

Zwischen Tradition und Globalisierung
Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung
Ökologischer Landbau
Band 1

Universität Hohenheim,
20.-23. März 2007

Hrsg.: S. Zikeli, W. Claupein, S. Dabbert, B. Kaufmann, T. Müller und A. Valle
Zárate

INHALTSVERZEICHNIS

Teil: Boden

Stoff- und Humusbilanzen und N-Fixierung / Vorträge	
Humusbilanzmethoden als Prognose- und Bewertungsinstrumente im ökologischen Landbau – allgemeiner und spezieller Anpassungsbedarf C. Brock und G. Leithold.....	1
Einfache Methode zur standortangepassten Humusbilanzierung von Ackerland unterschiedlicher Anbauintensität H. Kolbe.....	5
Einfluss des ökologischen Landbaus auf unterschiedliche Humuspools im Boden und Schlussfolgerungen zur Humusbilanzierung U. Hoyer, B. Lemnitzer und K.-J. Hülsbergen.....	9
Kalkulation der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen im ökologischen Landbau B. Jost , K. Schmidtke und R. Rauber.....	13
Stoff- und Humusbilanzen und N-Fixierung / Poster	
Stickstoffflüsse auf der Weide bei Vollweidehaltung im alpinen Raum Österreichs W. Starz und A. Steinwider.....	17
Auswaschungsverluste unter biologischer und konventioneller Bewirtschaftung W. Hein und H. Waschl.....	21
N-Bilanzen ökologischer und konventioneller Praxisbetriebe in Norddeutschland – Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS M. Kelm , R. Loges und F. Taube.....	25

N-Auswaschung unter ökologisch und konventionell bewirtschafteten Praxisflächen in Norddeutschland – Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS M. Kelm, R. Loges und F. Taube.....	29
---	----

Der Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst – Konzeption und Versuchsaufbau D. Schaub, H. M. Paulsen, H. Böhm und G. Rahmann.....	33
---	----

Düngung / Vorträge

Effekte veredelter Rohmaterialien angewandt als Dünger oder Wachstumsstimulatoren auf Pflanzenwachstum und -gesundheit E. Schulte - Geldermann, M. Behrens, M. R. Finckh, J. Heß und C. Bruns.....	37
--	----

Wirkungen von ‚Effektiven Mikroorganismen EM‘ auf pflanzliche und bodenmikrobiologische Parameter im Feldversuch J. Mayer, S. Scheid, F. Widmer, A. Fließbach und H.-R. Oberholzer.....	41
---	----

Einfluss der organischen Düngung auf Wachstum, Zusammensetzung und Nährstoffaufnahme eines leguminosenbetonten Zwischenfruchtgemenges K. Möller , W. Stinner und G. Leithold.....	45
---	----

Leguminosenkörnerschrote und andere vegetabile Dünger im Ökologischen Gemüsebau T. Müller , J. Riehle, I. Schlegel, Z. Li, M. von Schenck zu Schweinsberg - Mickan, H. Sabahi und R. Schulz.....	49
--	----

Düngung / Poster

A Rapid Bio-Test to Study the Activity Potential of Biofertilizers Based on <i>Trichoderma</i> sp. Z. Akter, G. Neumann, M. Weinmann und V. Römheld.....	53
--	----

Tastversuch zur Kompensation negativer Ertragsreaktionen nach Strohdüngung im (viehlosen) Getreideanbau H. Kolbe.....	57
---	----

Möglichkeiten der Optimierung der Wirtschaftsdüngung zu Winterweizen durch Berücksichtigung bodentypischer Gegebenheiten D. Westphal, R. Loges und F. Taube.....	61
--	----

Bodenfruchtbarkeit / Vorträge

Organische Substanz in ökologisch bewirtschafteten Böden, Quantität, Qualität und ihr Einfluss auf Getreideerträge H. Schmidt , C. Schüler und R. G. Jörgensen.....	65
---	----

Kann man mit Nahinfrarot-Spektroskopie die Bodenfruchtbarkeit bestimmen? T. Terhoeven-Urselmans , F. Ilein, H. Schmidt und B. Ludwig.....	69
---	----

Ökologische Sanitärösungen in Afrika: Beitrag zu nachhaltiger Abfallentsorgung und erhöhter Bodenfruchtbarkeit J. Germer, J. Grenz und J. Sauerborn.....	73
--	----

P, K, Mg, S und N-Versorgung von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau H. M. Paulsen und M. Schochow.....	77
---	----

Der Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst - Ertragsentwicklung in verschiedenen Fruchtfolgen und Kulturen 2003 bis 2005	
D. Schaub, H. M. Paulsen, H. Böhm und G. Rahmann.....	81
Ökologische Landwirtschaft in den Neuen EU-Mitgliedstaaten – Ergebnisse einer Befragung zu Fruchtfolgesystemen und Nährstoffmanagement	
P. von Fragstein und Niemsdorff.....	85

Humusbilanzmethoden als Prognose- und Bewertungsinstrumente im Ökologischen Landbau – allgemeiner und spezieller Anpassungsbedarf

Humus balance methods as management tools in organic farming - evaluation for adaptation

C. Brock¹ und G. Leithold¹

Keywords: soil fertility, nutrient management, humus balance

Schlagwörter: Bodenfruchtbarkeit, Nährstoffmanagement, Humusbilanz

Abstract:

Humus balances are intended to serve as instruments to support humus management in practice. Still, urgent need for adaptation especially with regard to application in organic farming has been stated.

Results presented in this paper show that there in fact is a difference in humus reproduction between conventional and organic farming that is not recognized in balance methods. In addition, the results exhibit a big uncertainty in balance results. They are pointing out basic problems of humus balance methods that are likely to be caused by an insufficient consideration of site-specific factors of the humus household and their interaction with farming.

Einleitung und Zielsetzung:

Humusbilanzen sind Instrumente zur Unterstützung des Humusmanagements. Der Vorteil von Bilanzmethoden liegt in der Möglichkeit zur Abschätzung der Humusreproduktion aufgrund einfacher und i.d.R. vorliegender Eingabedaten (Fruchtart, Düngerart und -menge). Die Anwendung konventioneller Humusbilanzmethoden im ökologischen Landbau liefert allerdings mit der regelmäßigen Ausweisung hoher Überschüsse wenig plausible Ergebnisse. Es ist anzunehmen, dass die tatsächliche Humusreproduktion deutlich überschätzt wird.

Bislang vorgenommene Anpassungen (HÜLSBERGEN 2003, LEITHOLD et al. 1997) konnten zwar die Plausibilität der Bilanzaussagen verbessern, bedürfen jedoch einer weiteren empirischen Überprüfung.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, etablierte Humusbilanzmethoden mit Blick auf deren Aussageschärfe insbesondere bei Anwendung auf Bewirtschaftungssysteme des ökologischen Landbaus hin zu überprüfen.

Methoden:

Humusbilanzen und gemessene Entwicklungen der Humusgehalte wurden in vier landwirtschaftlichen Dauerfeldversuchen mit Systemvergleichen konventionell – ökologisch sowie z.T. zusätzlicher Differenzierung von Düngungsart und -menge miteinander verglichen. Dazu wurden für alle einbezogenen Varianten Humusbilanzen nach VDLUFA (VDLUFA 2004) sowie mit der dynamischen HE-Methode (HÜLSBERGEN 2003) berechnet. Die reale Entwicklung der Humusgehalte in den Varianten wurde anhand von Zeitreihen zur Boden-C-Entwicklung (C_t oder C_{org} , nach Versuch einheitlich) vereinfachend mittels linearer Regression abgeschätzt. Für den direkten Vergleich mit den Bilanzsalden wurden auf dieser Grundlage unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Bearbeitungstiefe und unter Annahme einer Trockenrohddichte des Bodens von $1,5 \text{ g/cm}^3$ in Mengenangaben ($\text{kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) ermittelt.

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Justus-Liebig-Universität Gießen, Karl-Glöckner-Straße 21c, 35394 Gießen, Deutschland, Christopher.J.Brock@agr.uni-giessen.de

Für die Abschätzung des Anpassungsbedarfes wurden die bilanzierten und realen Abweichungen der Humusgehaltsentwicklung ökologischer Varianten von den jeweiligen konventionellen Vergleichsvarianten miteinander in Beziehung gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion:

Die Ergebnisse der Abschätzung des Anpassungsbedarfes konventioneller Bilanzmethoden für die Anwendung im ökologischen Landbau sind in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1: Anpassungsbedarf von Humusbilanzmethoden.

Versuch	Variante	Δ HEW	HE (dynamisch)		VDLUFA (obere Werte)	
			Δ Saldo	Differenz	Δ Saldo	Differenz
DOK Therwil (CH) (FAL&FIBL)	ConFym2					
	OrgFym2	-120,00	92,80	-212,80	104,34	-224,34
	Biodyn2	30,00	-116,00	146,00	-154,57	184,57
Da Darmstadt (IBDF)	ConMin1					
	OrgFym1	18,01	284,20	-266,19	224,48	-206,47
	Biodyn1	-36,38	278,40	-314,78	224,48	-260,86
	ConMin2					
	OrgFym2	-116,35	359,60	-475,95	355,88	-472,23
	Biodyn2	-295,39	353,80	-649,19	355,88	-651,27
	ConMin3					
OrgFym3	-75,65	452,40	-528,05	487,27	-562,92	
Biodyn3	-322,05	388,60	-710,65	487,27	-809,32	
BL Bad Lauchstädt (MLU Halle)	ConMin					
	OrgGS	244,29	-23,20	267,49	-68,07	312,36
	ConFym					
	OrgFym	154,29	-197,20	351,49	-35,76	190,05
Bn Bernburg (LLG Sachs.-Anh.)	ConMin1					
	OrgGS	-357,95	40,60	-398,55	61,04	-418,99
	OrgFym1	361,36	371,20	-9,84	398,51	-37,15
	ConMin2					
OrgFym2	132,95	324,80	-191,85	317,60	-184,65	
Mittelwert		-29,45	200,77	-230,22	212,18	-241,63

Gemessene Humusgehaltsentwicklung (Δ HEW) und Saldo HE-dynamisch sowie VDLUFA-obere Werte (Δ Saldo) jeweils relativ zur konv. Vergleichsvariante; Differenz = Δ HEW – Δ Saldo, jeweils in $\text{kg C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$.

Varianten: Con=Konventionell, Org=Organisch-biologisch, BioDyn=Biologisch-dynamisch
Fym=viehhaltendes System, GS=viehloses System, Min=mineralische Düngung, 1,2=Intensität
Auswertungszeitraum: DOK 1977-2005, Da 1990-2001, BL 1998-2003, Bn 1994-2004.

Bei der Anwendung der Bilanzmethoden auf ökologische Versuchsvarianten fällt die große Spannweite des Anpassungsbedarfes auf. In den Versuchen Da und Bn wurde die Humusproduktion ökologischer Varianten im Vergleich zu den jew. Konventionellen Vergleichsvarianten deutlich überschätzt, während in Versuch BL i.d.R. eine zu vernachlässigende Unterschätzung festgestellt werden kann. Die Varianten im DOK-Versuch verhalten sich besonders uneinheitlich.

Insgesamt zeigt sich, dass die Überschätzung ökologischer Varianten grundsätzlich umso größer ist, je mehr sich die Bewirtschaftung in den jeweiligen Vergleichsvarianten voneinander unterscheidet (Tab. 1). So weicht die Bewirtschaftung der Ver-

gleichsvarianten in den Versuchen Da und Bn deutlich stärker voneinander ab als in den Versuchen DOK und BL, wobei in Versuch BL die geringsten Abweichungen zu verzeichnen sind. Eine Ausnahme bildet die Variante „viehlos“ (OrgGS) in Versuch Bn, wobei sich dieser Umstand auch im geringen Anpassungsbedarf niederschlägt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich ein gegenüber einer konventionellen Vergleichsvariante höheres Bilanzsaldo ökologischer Varianten in der tatsächlichen Entwicklung der Humusgehalte so nicht widerspiegeln muss, wobei anscheinend Art und Umfang der organischen Inputs („Fym“ und „Min“ bzw. „GS“) die wesentlichen differenzierenden Faktoren zwischen den, aber auch innerhalb der Bewirtschaftungssysteme darstellen.

Allerdings ist bei der Beurteilung des Anpassungsbedarfes unbedingt die allgemeine Aussageschärfe der Bilanzmethoden zu beachten. Tab. 2 zeigt die mitunter großen Abweichungen von Bilanzsaldo und Humusgehaltentwicklung in den untersuchten Varianten. Zwar muss schon allein aufgrund der möglichen Fehler bei der Schätzung der Humusmengen ein Toleranzbereich von bis zu mehreren hundert $\text{kg C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ bei der Beurteilung der Methodenschärfe berücksichtigt werden. Gegenläufige Aussagen von Bilanz und realem Trend sind hiermit allerdings nicht zu erklären, da sich eine bilanzierte An- oder Abreicherung in der Tendenz nicht widersprechen darf.

Tab. 2: Aussageschärfe von Humusbilanzmethoden.

Variante	Methode	HEW ($\text{kg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$)	Saldo ($\text{kg C} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$)	Faktor
Beispiel: Varianten in Versuch Bn				
DOK-D2	HE	90,00	609,00	0,15
	LUFA-U	90,00	666,19	0,14
	LUFA-O	90,00	623,61	0,14
DOK-O2	HE	-60,00	817,80	-0,07
	LUFA-U	-60,00	912,52	-0,07
	LUFA-O	-60,00	882,52	-0,07
DOK-K2	HE	60,00	725,00	0,08
	LUFA-U	60,00	808,18	0,07
	LUFA-O	60,00	778,18	0,08
Mittelwerte				
Da	HE	-264,65	-248,11	1,07
	LUFA-U	-264,65	37,25	-7,10
	LUFA-O	-264,65	-42,75	6,19
BL	HE	977,05	-95,12	-10,27
	LUFA-U	977,05	68,63	14,24
	LUFA-O	977,05	9,71	100,62
Bn	HE	826,07	185,60	4,45
	LUFA-U	826,07	236,55	3,49
	LUFA-O	826,07	211,23	3,91

Faktor = gemessene (HEW) / bilanzierte Humusgehaltentwicklung (Saldo). Negatives Vorzeichen: gegenläufige Aussage! Methoden: LUFA-O=VDLUFA-Methode, obere Werte, ...U=...untere Werte, HE=Humuseinheitenmethode dynamisch, Auswertungszeitraum: DOK 1977-2005, Da 1990-2001, BL 1998-2003, Bn 1994-2004.

Hier zeigt sich ein grundlegender Überarbeitungsbedarf der Methoden. So stellt die Nicht-Berücksichtigung der spezifischen standörtlichen Ausprägung von Faktoren des Humushaushaltes in den Konzeptionen der Bilanzmethoden wahrscheinlich ein wesentliches Problem der Ansätze dar (BROCK & LEITHOLD 2006, KOLBE & PRUTZER 2005).

Schlussfolgerungen:

Die Untersuchungen zeigen einen deutlichen Überarbeitungsbedarf der angewendeten Humusbilanzmethoden auf, und zwar sowohl mit Blick auf die Anwendung im ökologischen Landbau, wie auch in Bezug auf die grundsätzliche Notwendigkeit der Neubewertung oder erstmalige Berücksichtigung von Faktoren der Humusdynamik und auftretenden Wechselwirkungen.

Die These einer häufigen Überschätzung von Systemen des ökologischen Landbaus trifft zwar mit Einschränkungen zu. Vor allem aufgrund der noch bestehenden grundsätzlichen Defizite der Bilanzmethoden ist hier jedoch eine differenzierte Betrachtung unabdingbar.

Grundsätzlich besteht die Herausforderung von Humusbilanzmethoden darin, bei Verwendung einfacher verfügbarer Eingabedaten einen sehr komplexen Kontext zu berücksichtigen. Hierbei kann keine hohe Präzision der Aussagen erreicht werden. Dennoch besteht unbedingter Fortentwicklungsbedarf der Bilanzmethoden. Die zuverlässige Erfassung und Prognose von Trends stellt dabei eine Mindestanforderung dar.

Danksagung:

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen eines laufenden Gemeinschaftsprojektes der Universitäten Giessen und TU München/Freising sowie der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft erstellt.

Die Autoren danken der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die Finanzierung der Arbeiten im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau sowie allen beteiligten Versuchsanstellern für die gute Zusammenarbeit und Bereitstellung von Datenmaterial.

Literatur:

Brock C., Leithold G. (2006): Balancing Soil Organic Matter in Organic Agriculture – A Theoretical Approach. In: Organic Farming and European Rural Development, Andreasen C., Esigaard L., Sondergaard Sorensen L. & Hansen G. (ed.), Proceedings of the European Joint Organic Congress, 30 – 31 May 2006 in Odense, Denmark, S. 218-219.

Hülsbergen K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwirtschaft. Shaker Verlag, Aachen.

Kolbe H., Prutzer I. (2004): Überprüfung und Anpassung von Bilanzierungsmodellen für Humus an Hand von Langzeitversuchen des Ackerlandes. OrganicEprints 3130.

Leithold G. Hülsbergen K.-J., Michel D., Schönmeier H. (1997): Humusbilanzierung – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Hrsg.): Umweltverträgliche Pflanzenproduktion. Initiativen zum Umweltschutz 5. Zeller Verlag, Osnabrück, S. 43-54.

VDLUFA (2004): Humusbilanzierung. Standpunkt des VDLUFA.

Einfache Methode zur standortangepassten Humusbilanzierung von Ackerland unterschiedlicher Anbauintensität**Site adjusted humus balance method for use in arable farming systems of different intensity**H. Kolbe¹**Keywords:** crop farming, soil fertility, humus balance method**Schlagwörter:** Pflanzenbau, Bodenfruchtbarkeit, Humusbilanzmethode**Abstract:**

Common humus balance methods give distinct inexact results (KOLBE & PRUTZER 2004) and do not meet nowadays requirements (KOLBE 2006b). Outgoing from the method of KÖRSCHENS et al. (2004) an improved, site adjusted, semi-quantitative method was developed for manual use in agricultural practice and consultation.

Einleitung und Zielsetzung:

Durch vielfältige Ansprüche aus der Betriebsberatung und gesetzlichen Erfordernissen haben sich die Anforderungen, die an die Verfahren zur Humusbilanzierung gestellt werden, deutlich erhöht (KOLBE 2006a). Als Ergebnis umfangreicher Überprüfungsarbeiten wurden erhebliche Mängel bei bestehenden Bilanzierungsmethoden aufgedeckt (BEUKE 2006, KOLBE 2005, KOLBE & PRUTZER 2004). In dieser Arbeit werden Grundzüge einer deutlich verbesserten Bilanzierungsmethode für Humus vorgestellt, die den heutigen Anforderungsprofilen im Integrierten und Ökologischen Landbau entsprechen.

Methoden:

Bei der VDLUFA-Methode (KÖRSCHENS et al. 2004) wird ein Saldo aus dem Humusverlust (Anbau humuszehrender Kulturarten) und der Humuszufuhr (Anbau humusmehrender Kulturarten, organische Düngung) berechnet. Diese Methode ist aus der ROS-Methode (KÖRSCHENS & SCHULZ 1999, AUTORENKOLLEKTIV 1977) für die unteren Werte und der HE-Methode (LEITHOLD et al. 1997) für die oberen Werte der Humifizierungskoeffizienten der Fruchtarten entstanden. Für die Optimierungsarbeiten standen Ergebnisse aus 39 konventionellen und ökologischen Dauerfeldversuchen zur Verfügung, die alle wesentlichen Standortbedingungen Deutschlands abdecken (KOLBE 2005).

Ergebnisse und Diskussion:

Für die Methodenoptimierung waren die unteren Werte der VDLUFA-Methode besser geeignet als die oberen Werte, da sie aus einer breiteren Versuchsbasis ermittelt worden sind (Varianz: HE = 0,036; ROS = 0,034). Die Arbeiten wurden in 4 Schritten durchgeführt.

1. Standortgruppen

Auf Grund der Ergebnisse von BEUKE (2006) und KOLBE (2005) konnten 6 Standortgruppen mit jeweils ähnlicher Reaktionsfolge identifiziert werden:

- **Standortgruppe 1:** Schwarzerden, Tonböden über 700 mm Niederschlag/Jahr, Sandböden mit C/N-Verhältnissen weiter als 12

¹FB Pflanzliche Erzeugung, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, G.-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig, Deutschland, Hartmut.Kolbe@smul.sachsen.de

- **Standortgruppe 2:** Sand, anlehmiger Sand und lehmiger Sand unter 8,5 °C Temp., toniger Lehm, Tonböden
- **Standortgruppe 3:** Sand, anlehmiger Sand und lehmiger Sand über 8,5 °C Temp.
- **Standortgruppe 4:** stark sandiger Lehm und sandiger Lehm unter 8,5 °C Temp.
- **Standortgruppe 5:** stark sandiger Lehm und sandiger Lehm, über 8,5 °C Temp.
- **Standortgruppe 6:** Lehmböden.

Es bestand eine systematische Abweichung zwischen den Ergebnissen der Humusbilanzierungen und der Reaktion der Humusgehalte der Standortgruppen (KOLBE 2006b). Ursache hierfür sind deutliche Unterschiede in den Umsetzungs- und Humifizierungseigenschaften der Standorte (Bodenart, Klima).

2. Humifizierungskoeffizienten der Fruchtarten

Ziel war es daher, das Ergebnis der Humusbilanzierung mit der Veränderung der Humusgehalte des Bodens in den Dauerversuchen so in Einklang zu bringen, damit eine Gleichbewertung jeder Standortgruppe gewährleistet wird (Zielfunktion: 0 kg C_{org} /ha u. Jahr \approx 0% Änderung d. C_{org} -Gehalte). Hierzu wurden die Humifizierungskoeffizienten der Fruchtarten einer systematischen Veränderung unterzogen bis die Zielfunktion erfüllt war und von einer möglichst hohen Anzahl an Varianten der Humusgehalt der Standortgruppe gerade eingehalten wird (Tab. 1).

Tabelle 1: Standortspezifische Humifizierungskoeffizienten der Fruchtarten (kg C/ha u. Jahr).

Standortgruppe	1	2	3	4	5	6
Hauptfruchtarten						
Hackfrüchte: Rüben, Kartoffeln	-510	-610	-710	-660	-760	-900
Mais: Silo- u. Körnermais	-310	-410	-510	-460	-560	-700
Getreide: einschließl. Öl- u. Faserpflanzen, Sonnenblumen	-30	-130	-230	-180	-280	-420
Körnerleguminosen	410	310	210	260	160	20
Mehrj. Feldfutter: Ackergras, Leguminosen, Leg.-Gras, Gemenge, Vermehrung						
je Hauptnutzungsjahr	850	750	650	700	600	460
im Ansaatjahr als Frühj.-Blanksaat	650	550	450	500	400	260
bei Gründeckfrucht	550	450	350	400	300	160
als Untersaat	450	350	250	300	200	60
als Sommerblanksaat	350	250	150	200	100	-40
Zwischenfrüchte						
Winterzwischenfrüchte	370	270	170	220	120	-20
Stoppelfrüchte	330	230	130	180	80	-60
Untersaat	450	350	250	300	200	60
Brache: Selbstbegrünung						
ab Herbst	430	330	230	280	180	40
ab Frühjahr des Brachejahres	330	230	130	180	80	-60
Brache: Gezielte Begrünung						
ab Sommer für folgende Brachejahre	950	850	750	800	700	560
ab Frühjahr des Brachejahres	650	550	450	500	400	260

3. Humifizierungskoeffizienten organischer Materialien

Auswertungsarbeiten von vielen Ergebnissen aus Dauerfeldversuchen zeigten, dass die bisher in der VDLUFA-Methode geltenden Humifizierungskoeffizienten für die organischen Materialien z. T. deutlich zu hoch angesetzt worden sind. Außerdem war eine Abhängigkeit der Koeffizienten von der Höhe an durchschnittlich zugeführter organischer Masse gegeben. Durch Übernahme und Anpassung dieser Koeffizienten in Folge weiterer Optimierungsarbeiten (Tab. 2) konnte die Methodenstreuung insgesamt auf ein Drittel reduziert werden (KOLBE 2006b).

Tab. 2: Reproduktionskoeffizienten organischer Materialien, ermittelt aus Feld-Dauerversuchen und Validierungsarbeiten.

Art organisches Material	Durchschn. Zufuhrmenge (t/ha FM)	Reproduktionskoeffizient (kg C/t FM)
Kompost (55% TM)	bis 10	92
	10 – 20	74
	über 20	58
Stalldung (25% TM)	bis 10	33
	10 – 20	26
	über 20	23
Gülle, Rind (7% TM)	bis 25	8,6
	über 25	8,1
Gülle, Schwein (8% TM)	bis 25	6,5
	über 25	5,8
Stroh (86% TM)	bis 3	83
	3 - 6	68
	über 6	41
Gründüngung (10% TM)	bis 10	5,5
	10 - 20	3,2
	über 20	1,0

4. VDLUFA-Versorgungsgruppen

Durch eine Gegenüberstellung der berechneten Humussalden mit den jeweils ermittelten N-Flächensalden der Versuche wurde eine Neubewertung der VDLUFA-Versorgungsgruppen in Abhängigkeit von dem Versorgungsniveau an mineralischer N-Düngung vorgenommen (KOLBE 2005). Als Grenze zur Erreichung der Versorgungsgruppe E wurden N-Salden von 50 kg/ha u. Jahr (ohne N-Deposition über die Atmosphäre) eingesetzt (Abb. 1). In ökologischen Anbauverfahren können nach diesen Ergebnissen deutlich höhere positive Humussalden angestrebt bzw. akzeptiert werden, als es im konventionellen Landbau nach der VDLUFA-Methode der Fall ist.

Schlussfolgerungen:

Für die Optimierungsarbeiten waren Ergebnisse aus repräsentativen Dauerfeldversuchen unbedingt erforderlich. Durch Einführung von Standortgruppen und Anpassung der Humifizierungskoeffizienten der organischen Materialien konnte eine deutliche Verringerung des Methodenfehlers erreicht werden. Diese verbesserte Methode der Humusbilanzierung ist für die Standortbedingungen Deutschlands mit ähnlicher Berechnungsgenauigkeit und Methodensicherheit anwendbar. Für die Berechnungen sind lediglich wenige Standortkenntnisse, die Abfolge der Fruchtarten in der Fruchtfolge und die Zufuhrhöhe an organischen Materialien erforderlich.

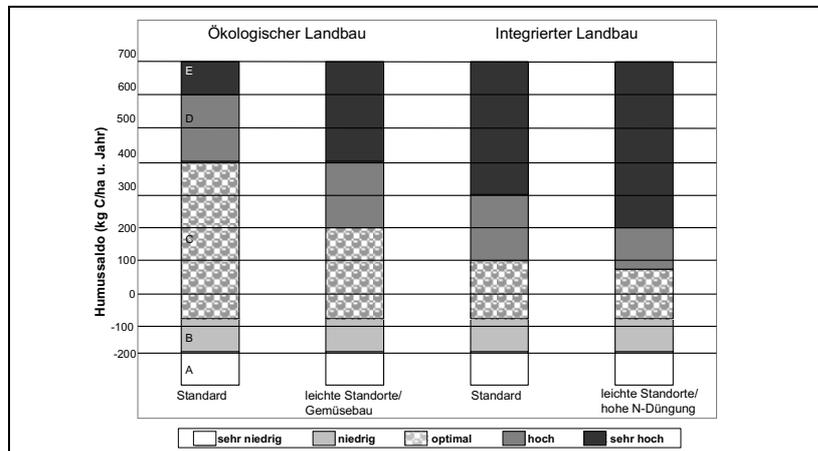


Abb. 1: Bewertungssystem für die Humusversorgung für verschieden intensive Anbausysteme.

Literatur:

Autorenkollektiv (1977): Empfehlungen zur effektiven Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Akad. d. Landw.-Wissensch. d. DDR, Agrarbuch, Leipzig.

Beuke K. (2006): Überprüfung der Humusbilanzierung anhand von Dauerversuchen in verschiedenen Klimaregionen Europas. Dipl.-Arbeit, FB Geowissenschaften, Univ., Trier.

Kolbe H. (2005): Prüfung der VDLUFA-Bilanzierungsmethode für Humus durch langjährige Dauerversuche. Arch. Agron Soil Sci 51: 221 – 239.

Kolbe H. (2006a): Anforderungen an die Humusbilanzierung in der Praxis des Ökologischen Landbaus. <http://orgprints.org/3516/> (Abruf: 27.09. 2006).

Kolbe H. (2006b): Methode zur standortangepassten Humusbilanzierung von Ackerland im Integrierten und Ökologischen Landbau. Poster, Vortragsveranstaltung mit Feldtag „Forschung zum ökologischen Landbau in Sachsen“, Roda, 14.06. 2006. <http://orgprints.org/8867/> (Abruf 27.09. 2006).

Kolbe H., Prutzer, I. (2004): Überprüfung und Anpassung von Bilanzierungsmodellen für Humus an Hand von Langzeitversuchen des Ackerlandes. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig. <http://orgprints.org/00003130/>, (Abruf 27.09. 2006).

Körshens M., Schulz, E. (1999): Die Organische Bodensubstanz, Dynamik – Reproduktion – ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte. UFZ-Bericht Nr. 13, UFZ Leipzig-Halle, Halle.

Körshens M., Rogasik J., Schulz E., Bönig H., Eich D., Ellerbrock R., Franko U., Hülsbergen K.-J., Köppen D., Kolbe H., Leithold G., Merbach I., Peschke H., Prystav W., Reinhold J., Zimmer J. (2004): Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Standpunkt. VDLUFA, Bonn.

Leithold G., Hülsbergen K.-J., Michel D., Schönmeier H. (1997): Humusbilanz – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. Initiativen zum Umweltschutz 5, Zeller Verlag, Osnabrück, S. 43 – 54.

Einfluss des ökologischen Landbaus auf unterschiedliche Humuspools im Boden und Schlussfolgerungen zur Humusbilanzierung

Impact of Organic Farming on different pools of soil organic matter and conclusions on humus balancing

U. Hoyer¹, B. Lemnitzer¹ und K.-J. Hülsbergen¹

Keywords: production systems, soil fertility, plant nutrition, humus

Schlagwörter: Betriebssysteme, Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung, Humus

Abstract:

Due to the results of organic matter balancing which showed a very high potential of soil organic matter accumulation in organic farming, a research project was started in spring 2005 with the objective to ascertain this hypothesis. Soil sampling was carried out on different organic and adjacent conventional farms in distinct regions of Germany. A comparison of the samples regarding C_{org} showed only minor differences between organic and conventional farms whereas the more sensitive indicators like C_{mic} and enzyme activities were more affected. However the main influencing factor of all these indicators in this investigation is soil texture. The cultivation system (intensive, extensive, stocking, crop rotation, tillage) is more important than the differentiation organic or conventional farming.

Einleitung und Zielsetzung:

Der Humusgehalt im Boden gilt als wesentlicher Indikator der Bodenfruchtbarkeit. Humusbilanzen erlauben (indirekte) Aussagen zur Humusversorgung ackerbaulich genutzter Böden. Die Anwendung konventioneller Humusbilanz-Methoden (VDLUFA-/Cross Compliance-Methode) in ökologisch wirtschaftenden Betrieben ($n = 74$) ergab überwiegend positive Humussalden ($> 300 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) (HÜLSBERGEN et al. 2005). Bei Einstufung der Humussalden erreichen ca. 40% der Betriebe die Gehaltsklasse D und 40% die Gehaltsklasse E. Letztere wird als „erhöhtes Risiko für Stickstoffverluste“ bewertet (VDLUFA 2004). Es ergibt sich die Frage, ob diese „theoretische“ Humusakkumulation in der Realität existiert und ob die Humusbilanzierung zu plausiblen Ergebnissen und umsetzbaren Empfehlungen im ökologischen Landbau führt.

In Dauerfeldexperimenten wurden positive Wirkungen des ökologischen Landbaus auf Humusgehalte und bodenbiologische Aktivitäten nachgewiesen, wobei sensitive Indikatoren wie Enzymaktivitäten und mikrobielle Biomasse stärker reagierten als die C_{org} -Gehalte (MÄDER et al. 2002). Untersuchungen unter Praxisbedingungen belegen, dass ökologische Flächen gegenüber konventionellen Vergleichsflächen zumeist höhere Humusgehalte aufweisen (EMMERLING 1998, MUNRO et al. 2002). Allerdings wurden hierbei die Betriebssysteme (Fruchtfolge, organische Düngung) nicht immer hinreichend charakterisiert; auch fehlen i.d.R. gleichzeitig durchgeführte Untersuchungen zur Humusbilanz.

Das im Jahr 2005 begonnene Forschungsprojekt „Humusbilanzierung im ökologischen Landbau“ hat zum Ziel, Zusammenhänge zwischen langjähriger Bewirtschaftung, Humusbilanz und Humusgehalten unter Versuchs- und Praxisbedingungen zu analysieren, vorhandene Bilanzmethoden zu prüfen und ggf. anzupassen. Nachfolgend

¹Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, TU München, Alte Akademie 12, 85354 Freising, Deutschland, uta.hoyer@wzw.tum.de, huelsbergen@wzw.tum.de

werden die Ergebnisse des paarweisen Vergleichs ökologischer (öko) und konventioneller (konv) Flächen dargestellt.

Methoden:

Im Frühjahr 2005 und 2006 wurden auf ökologisch und konventionell bewirtschafteten benachbarten Praxisflächen gleicher Bodenart in verschiedenen Regionen Deutschlands Testparzellen angelegt. Ausgewählt wurden Standorte die sich bezüglich Niederschlag, Temperatur und Bodenart deutlich unterschieden. Aus dem Oberboden (0-30 cm) wurden gestörte und ungestörte Bodenproben entnommen.

Im Labor erfolgte eine Analyse auf Textur (DIN ISO 11277), organischen Kohlenstoff (C_{org}), Gesamtstickstoff (N_t) (DIN ISO 10694), heißwasserlöslichen C (C_{hwl}) (VDLUFÄ-Methodenbuch), mikrobielle Biomasse (C_{mik}) (DIN ISO 14240-1), β -Glucosidase (β -Gluc), Katalase (Kat) und Trockenrohddichte. Zur Berechnung der Humusbilanzen wurden die langjährigen Bewirtschaftungsdaten für jede Beprobungsfläche anhand von Schlagkarteien und durch Befragung der Landwirte erfasst. Mit Hilfe des Betriebs- und Umweltmanagementprogramms REPRO (HÜLSBERGEN 2003) wurden die Humusbilanzen berechnet.

Ergebnisse und Diskussion:

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Laboranalysen betrachtet. Je höher der Feinanteil (FA, Ton + Feinschluff) des Bodens, desto höhere Gehalte an C_{org} , C_{hwl} , und C_{mik} wurden gefunden (Tab. 1a und 1b). Während die C_{org} -Gehalte relativ gute Korrelationen zu den Standort charakterisierenden Einflussgrößen FA und wirksame Mineralisierungszeit (WMZ), eine anhand Niederschlags- und Temperaturmittel berechnete Größe zur Abschätzung des Umsatzes organischer Substanz (KARTSCHALL 1986) aufwiesen, wurden bei den Kenngrößen C_{hwl} und den Enzymaktivitäten niedrigere Korrelationskoeffizienten zu den Standorteigenschaften berechnet (Tab. 1b); diese Parameter reagieren jedoch stärker auf Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Tab. 1: Beziehungen zwischen Standort- und Bodenparametern, Korrelationskoeffizienten nach Pearson ($p \leq 0,01$);

Tab. 1a (links): $n = 256$;

Tab. 1b (rechts): $n = 64$

	WMZ	C_{org}
Ton	-0,946	0,833
FA	-0,957	0,889
WMZ	-	-0,867

	C_{hwl}	β -Gluc	Kat
Ton	0,647	0,515	0,717
FA	0,712	0,517	0,697
WMZ	-0,664	-0,432	-0,731
C_{org}	0,882	0,529	0,627
C_{hwl}	-	0,627	0,705
β -Gluc	-	-	0,721

Die C_{org} -Gehalte waren bei den ökologisch bewirtschafteten Flächen nur tendenziell gegenüber den konventionell bewirtschafteten Flächen erhöht (Abb. 1). Dagegen zeigte sich bei der mikrobiellen Biomasse ein deutlicher Unterschied zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung (Abb. 2).

Die ökologisch bewirtschafteten Flächen weisen nur bei Standort 2 und 6 deutlich höhere Enzymaktivitäten auf als die konventionellen Vergleichsflächen (Tab. 2). Die Katalase als zellgebundenes Enzym repräsentiert die Tätigkeit der aeroben Mikroorganismen. Die β -Glucosidase-Aktivität widerspiegelt die Effizienz des Celluloseabbaus. Die Enzymaktivitäten sind von der Bewirtschaftung, insbesondere der Menge und Qualität der zugeführten organischen Substanz abhängig.

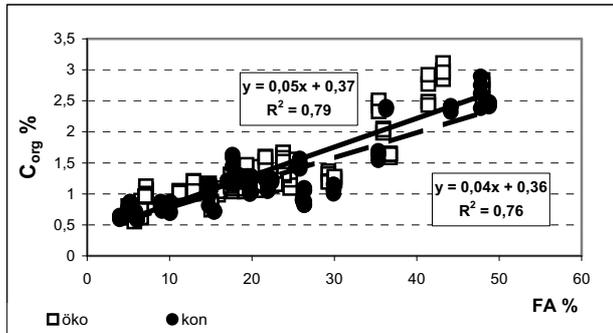


Abb. 1: Abhängigkeit des C_{org}-Gehaltes vom Feinanteil des Bodens, Messwerte und Regression.

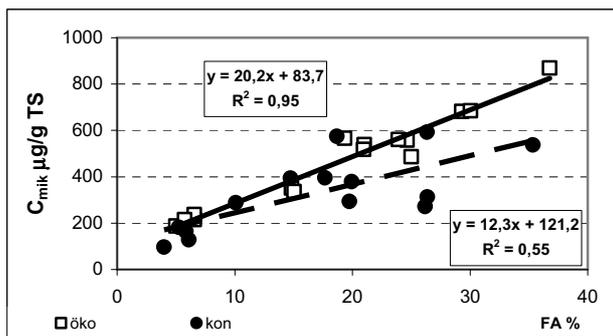


Abb. 2: Abhängigkeit der mikrobiellen Biomasse vom Feinanteil des Bodens, Messwerte und Regression.

Tab. 2: Aktivitäten von β -Glucosidase und Katalase bei 6 verschiedenen Betriebspaaren; jeweils Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (Stabw) von 5 Beprobungspartellen.

Standort	FA %		β -Glucosidase $\mu\text{g Saligenin g}^{-1}\text{ TS}$				Katalase Katalasezahl			
			öko		kon		öko		kon	
	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw	MW	Stabw
1	7	3,3	40,8	12,7	39,3	13,4	5,4	1,7	6,2	1,5
2	15	8,2	86,8	22,3	48,6	16,5	13,0	3,2	8,4	1,1
3	20	8,3	75,3	16,3	82,8	22,7	9,8	2,1	8,8	2,0
4	24	6,0	83,0	17,3	63,0	25,2	10,4	2,7	10,1	4,3
5	24	4,8	66,5	7,7	57,4	9,3	11,1	3,5	10,3	3,4
6	25	6,7	104,8	23,9	76,0	21,5	15,8	5,8	10,9	2,0

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse zeigen, dass unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus nicht immer höhere Humusgehalte auftreten als bei konventioneller Bewirtschaftung. Eine Erklärung hierfür mag sein, dass im ökologischen Landbau zunehmend Betriebssysteme mit vereinfachter Struktur und geringer Humusersatzleistung vorkommen (z.B. Marktfruchtbetriebe mit hohem Getreideanteil auf Standorten geringer Produktivität). Die konventionellen Vergleichsbetriebe können ebenfalls sehr unterschiedliche Strukturen aufweisen. Das heißt, die Standorteinflüsse und die Variabilität innerhalb der Systeme sind offenbar größer als die Differenzen zwischen ökologischem und konventionellem Landbau. Eine alleinige Unterscheidung zwischen ökologischem und konventionellem Landbau ist daher bei der Betrachtung von Humuseigenschaften nicht ausreichend. Vielmehr sollten die Betriebssysteme genauer charakterisiert werden. Bisher gibt es keine Hinweise darauf, dass Humusanreicherungen in einem Umfang stattfinden, wie es die VDLUFA-/Cross Compliance-Humusbilanzen ausweisen.

Danksagung:

Das Forschungsprojekt wird gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung und das Bayerische Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten. Die Texturanalysen wurden in der Abteilung für Bodenphysik und Standortbeurteilung der Bayerischen LfL, die Enzymanalytik am Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Halle durchgeführt.

Literatur:

- Emmerling C. (1998): Bodenbiologische und -ökologische Aspekte nachhaltiger landwirtschaftlicher Bodennutzung. Habilitationsschrift, Universität Trier.
- Hülsbergen K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Berichte aus der Agrarwirtschaft. Shaker Verlag Aachen.
- Hülsbergen K.-J., Küstermann B. und Schmidt H. (2005): Humusmanagement im ökologischen Betrieb. In: Schriftenreihe der Bayer. LfL, 6:55-69
- Kartschall T. (1986): Simulationsmodell der Bodenstickstoffdynamik. Dissertation, Institut für Landwirtschaftliche Information und Dokumentation Berlin.
- Mäder P., Fließbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P. und Niggli U. (2002): Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1695-1697.
- Munro T. L., Cook H. F. und Lee H. C. (2002): Sustainability indicators used to compare properties of organic and conventionally managed topsoils. *Biol Agric Hortic* 20: 201-214.
- VDLUFA (2004): VDLUFA-Standpunkt: Humusbilanzierung – Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten.

Kalkulation der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen im ökologischen Landbau

Calculation of the symbiotic N₂ fixation and N balance of organically grown legumes

B. Jost¹, K. Schmidtke² und R. Rauber³

Keywords: nitrogen fixation, soil fertility, plant nutrition, crop farming, development of organic agriculture

Schlagwörter: N₂-Fixierleistung, Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung, Pflanzenbau, Entwicklung Ökolandbau

Abstract:

During last years procedures were developed to calculate the N₂ fixation and the N balance of grain and forage legumes under organic farming conditions. These procedures are distinctly improved by including the mineral soil nitrogen the legumes can use during the growing season. A system monitoring the plant available soil N was established in 2005 and 2006, which was distributed across Germany. Available soil N was assessed by means of non leguminous reference plants. Results from 2005 are recorded. It is the objective to make the calculation of the N balance of legumes interactively available in the near future via the internet portal ISIP (Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion). The target group are agricultural consulting services and organic farmers.

Einleitung und Zielsetzung:

Über die Bilanzierung der N-Flüsse können N-Überschüsse im Ackerbau erkannt und Maßnahmen zur Minderung des Bilanzüberschusses und Vermeidung umweltbelastender N-Emissionen eingeleitet werden. Um die Höhe des symbiotisch fixierten Stickstoffs beim Anbau von Leguminosen und die N-Flächenbilanz exakter ableiten zu können, wurden bestehende Kalkulationsverfahren (SCHMIDTKE 1997, SCHMIDTKE 2001, JOST 2003, JUNG 2003) weiter entwickelt und neuere Arbeiten zur N-Akkumulation von Leguminosen in Spross und Wurzel sowie die N-Rhizodeposition berücksichtigt. Zugleich werden die in der landwirtschaftlichen Praxis zu beobachtenden Ernteverluste sowie der Grad der Verunkrautung der Bestände in das Kalkulationsverfahren aufgenommen. Da die Höhe der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau einer Leguminose in starkem Maße vom Angebot an bodenbürtigem Stickstoff abhängt, muss zur Erzielung eines genauen Schätzergebnisses das standort- und jahresspezifische Boden-N-Angebot zusätzlich Eingang finden. Hierzu wurde ein bundesweites Monitoringsystem zur Erfassung des bodenbürtigen N-Angebotes beim Anbau von Leguminosen im ökologischen Landbau aufgebaut. Ziel ist es, in naher Zukunft die Kalkulationen zur N-Flächenbilanz über das Internetportal ISIP für die Beratung und Praxis interaktiv verfügbar zu machen.

Methoden:

In den Jahren 2005 und 2006 wurden auf jeweils 22 über Deutschland verteilte ökologisch bewirtschaftete Körner- und Futterleguminosenschläge nichtlegume Referenz-

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, Deutschland, bjost@uni-goettingen.de

²Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, Deutschland, schmidt@pillnitz.htw-dresden.de

³wie 1, rrauber@uni-goettingen.de

pflanzen parallel zu den Leguminosen etabliert. Dadurch sollte das am Standort gegebene Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden in der Vegetationsperiode erfasst werden. Die Referenzflächen sollten für unterschiedliche Standortbedingungen repräsentativ sein und in der Fruchtfolge praxisübliche Stellungen der Futter- und Körnerleguminosen abbilden.

Es wurden bei Futterleguminosen die Anbausysteme einjährige Nutzung (z.B. Persischer Klee in Reinsaat oder im Gemenge, Referenzpflanze Welsches Weidelgras) und überjährige Nutzung (z.B. Rotklee oder Luzerne in Reinsaat oder im Gemenge, Referenzpflanze Wiesenschwingel) unterschieden. Je Schlag wurden zwei Kleinpflanzen mit Referenzpflanzen von je 15 m² angelegt. Zu den Schnittterminen der Futterleguminosen

Tab. 1: Referenzflächen mit unterschiedlichen Ackerzahlen (AZ) zu Futterleguminosen - N-Erträge in Schnittgut und Stoppeln von I. Welschem Weidelgras (Referenz zu einjährigem Klee) und II. Wiesenschwingel (Referenz zu überjährigem Klee- bzw. Luzerne) im Jahr 2005.

Standorte	AZ		Schnittgut [kg N ha ⁻¹]	Stoppel [kg N ha ⁻¹]	Σ Spross [kg N ha ⁻¹]
Kiel	43	I	76,0	33,1	109,1
Jahnsfelde	46	I	50,7	11,0	61,7
Dürrröhrsdorf	58	I	75,6	7,9	83,5
Podemus	60	I	87,9	15,0	102,9
Reinshof ¹⁾	85	I	128,6	23,7	152,3
Adorf	22	II	54,7	12,7	67,4
Verl	27	II	105,9	31,6	137,5
Kiel	43	II	30,7	35,9	66,6
Jahnsfelde	46	II	101,6	20,2	121,8
Isernhagen	48	II	44,5	24,2	68,7
Heynitz	58	II	59,3	20,5	79,8
Rheinbach ²⁾	67	II	60,2	16,8	77,0
Kleve	70	II	98,3	17,9	116,2
Villmar	74	II	67,3	16,6	83,9
Reinshof ¹⁾	85	II	71,0	26,7	97,7

¹⁾ bei Göttingen, ²⁾ ohne den dritten Schnitt.

wurde aus diesen Kleinteilflächen das Schnittgut (zum Vegetationsende auch die Stoppelmasse) auf je 2 m² beerntet. Die Erntetermine waren an die ortstypische und witterungsabhängige Nutzung (2 bis 5 Schnitte) gebunden. Als Referenzpflanze auf den Standorten mit Körnerleguminosenanbau wurde Hafer ausgesät. Für eine Mitwirkung konnten Einrichtungen der Bundesländer gewonnen werden, die im ökologischen Landbau Sortenversuche mit Körnerleguminosen durchführen. Zum Nutzungszeitpunkt der entsprechenden Körnerleguminosen wurden jeweils 1,5 bis 2 m² Hafersprossmasse von Hand aus zwei getrennten Kleinteilflächen geerntet und der N-Gehalt in der Biomasse mittels Dumas-Verfahren bestimmt. Nachfolgend werden Ergebnisse aus dem Jahr 2005 präsentiert.

Ergebnisse und Diskussion:

In der Vegetationsperiode 2005 akkumulierten die Referenzpflanzen zwischen 61,7 und 152,3 kg N ha⁻¹ (Welsches Weidelgras, Referenzpflanze zu einjährigem Klee) und 66,6 bis 137,5 kg N ha⁻¹ (Wiesenschwingel, Referenzpflanze zu überjährigem Klee, Tab. 1). Da die Höhe des über die Referenzfrucht erfassten bodenbürtigen N-Angebotes nicht mit der Ackerzahl anstieg, dürfte das Angebot wesentlich durch die Unterschiede in der Bewirtschaftungsintensität und die Witterung bedingt sein.

Bei der Referenzfrucht Hafer war ebenfalls eine große Spannweite an bodenbürtigem N-Angebot zwischen den Standorten festzustellen (Tab. 2). So lagen z.B. zum Erntezeitpunkt der Körnererbsen zwischen 51,0 und 105,7 kg N ha⁻¹ im Spross des Hafers vor. Auch an den Standorten mit Körnerleguminosen bestand zwischen Ackerzahl und bodenbürtigem N-Angebot kein Zusammenhang. Die Erhebungen zum bodenbürtigen N-Angebot im ökologischen Landbau zeigen, dass beim Anbau von Futter- und Körner

leguminosen große, bewirtschaftungsbedingte Unterschiede im Angebot an bodenbürtigem N bestehen, die im Kalkulationsverfahren durch Berücksichtigung von Kenngrößen wie Vorfrucht und Düngung zur Vorfrucht einfließen müssen. Anhand bereits vorliegender Daten aus Feldversuchen kann gezeigt werden, dass die im Spross des Hafers enthaltene N-Menge deutlich mit der bodenbürtigen N-Aufnahme einer zeitgleich am Standort gewachsenen Erbse korreliert (Abb. 1). Diese Funktion wird zur Kalkulation der symbiotischen N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz der Erbse genutzt.

Über die Angabe des erzielten Kornertrages kann auf die gesamt-pflanzliche N-Akkumulation der Leguminose (Abb. 2) geschlossen werden, wobei die zwischen Blüte und Kornfüllungsphase vorherrschende Witterung zu berücksichtigen ist. So zeigte sich, dass bei feuchter Witterung zur Blüte und Kornfüll-

Tab. 2: Referenzflächen mit unterschiedlichen Ackerzahlen (AZ) zu Körnerleguminosen – Trockenmasse- und N-Erträge des Hafers zum Erntezeitpunkt von I. Grünspeiseerbse, II. Körnererbse, III. Ackerbohne, IV. Blaue Lupine.

Standorte	AZ		Spross-TM [dt ha ⁻¹]	Spross-N [kg ha ⁻¹]
Buchholz	32	I	65,7	65,1
Bad Kreuznach	35	I	106,2	103,4
Gülzow	38	I	68,2	80,0
Deppolds- hausen ¹⁾	46	I	88,4	75,4
Kiel	60	I	68,8	49,1
Roda	66	I	117,2	103,6
Reinshof ¹⁾	89	I	88,0	80,5
Güterfelde	31	II	50,3	51,0
Buchholz	32	II	64,3	63,4
Bad Kreuznach	35	II	101,8	87,5
Gülzow	38	II	85,4	105,7
Deppolds- hausen ¹⁾	46	II	82,2	89,7
Kiel	60	II	74,1	53,8
Alsfeld	61	II	86,3	89,0
Roda	66	II	102,0	86,1
Köln	68	II	42,0	51,5
Reinshof ¹⁾	89	II	86,7	92,8
Buchholz	32	III	37,9	59,0
Osnabrück	36	III	45,3	42,2
Roda	66	III	133,0	112,6
Güterfelde	31	IV	53,6	57,5
Bad Kreuznach	35	IV	108,6	77,9
Gülzow	38	IV	71,6	73,0

¹⁾ Standorte bei Göttingen.

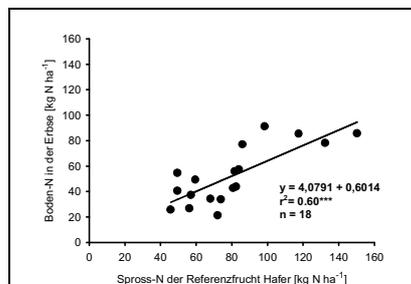


Abb. 1: Regression der mittels stabiler N-Isotope geschätzten gesamt-pflanzlichen N-Aufnahme aus dem Boden der Erbse auf die N-Menge im Spross eines zeitgleich am Standort gewachsenen Hafers (Daten aus Feldversuchen von SCHMIDTKE, 1997, SCHMIDTKE 2001, JOST 2003 UND WICHMANN 2004).

würde nach dem Kalkulationsverfahren der Erbse eine bodenbürtige N-Menge in Höhe von maximal 106 kg N ha⁻¹ zur Verfügung stehen (Gülzow, Tab. 2).

lungsphase ein geringerer N-Ernteindex als bei trockener Witterung zu verzeichnen ist (Schmidtke 2001). Das bodenbürtige N-Angebot, das den Erbsen im Jahr 2005 standortbezogen zur Verfügung stand, wird im Rahmen des Kalkulationsverfahrens über die Abfrage der Ackerzahl des betreffenden Schlags, der Verunkrautung des Bestandes sowie der vorfrucht-/düngedingten N-Nachlieferung des Bodens geschätzt. Hierbei fließt ein Jahresbasiswert ein, entsprechend der geringsten N-Aufnahme des Hafers. Dieser Wert lag im Jahr 2005 bei 51 kg N ha⁻¹ (Güterfelde, Tab. 2). Bei guten Standortbedingungen (Ackerzahl 75 bis 100) und sehr hohem vorfrucht-/düngedingten N-Angebot im Boden

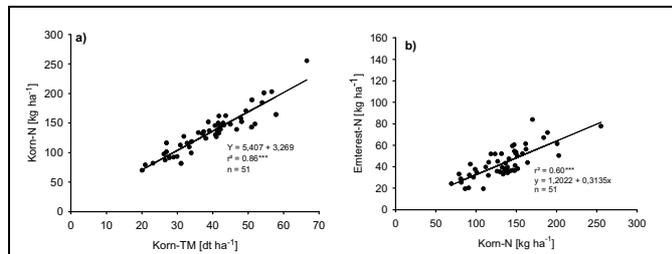


Abb. 2: Regression (a) der Korn-N-Menge auf den Korn-TM-Ertrag bei Körnererbsen und (b) der Korn-N-Menge in den Ernterückständen; trocken-warme Bedingungen zwischen Blüte und Ende Kornfüllungsphase.

Schlussfolgerungen:

Durch die Berücksichtigung der gesamt-pflanzlichen N-Mengen (Spross, Wurzel, Rhizodeposition) und insbesondere das den Leguminosen verfügbare Boden-N-Angebot stehen Kalkulationsmodelle zur Verfügung, die eine deutlich bessere Ableitung der N_2 -Fixierleistung und der N-Flächenbilanz ermöglichen. Für eine Vielzahl unterschiedlicher Standorte konnten die den Leguminosen während der Vegetationsperioden 2005 und 2006 zur Verfügung stehenden Boden-N-Mengen ermittelt werden. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Bewirtschaftung und die Witterung stark auf das Boden-N-Angebot Einfluss nehmen. Mit dem Verfahren wird im Internetportal ISIP ein Instrument zur anwenderfreundlichen Kalkulation der N-Flüsse verfügbar.

Danksagung:

Wir bedanken uns bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Kooperationsstellen sowie bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück.

Literatur:

ISIP: Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion: www.isip.de.

Jost B. (2003): Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N_2 -Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Dissertation, Universität Göttingen.

Jung R. (2003): Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne (*Medicago sativa* L.), Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Persischem Klee (*Trifolium resupinatum* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen - Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren zur Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz. Dissertation, Universität Göttingen.

Schmidtko K. (1997): Stickstoff-Fixierleistung und N-Flächenbilanz beim Anbau von Erbsen (*Pisum sativum* L.) unterschiedlichen Wuchstyps in Reinsaat und Gemengesaat mit Hafer (*Avena sativa* L.). Mitt Ges Pflanzenbauwiss 10: 63-64.

Schmidtko K. (2001): Umweltgerechter Anbau von Leguminosen – Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Quantifizierung der N-Flächenbilanz (Az. 07312). Abschlußbericht des Forschungsvorhabens, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (Dezember 2001), S. 1-234.

Wichmann S. (2004): Ertragsleistung, Futterqualitätsentwicklung, N_2 -Fixierungsleistung und Vorfruchtwirkung von verschiedenen Körnerleguminosenarten in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide. Dissertation, Universität Kiel.

Stickstoffflüsse auf der Weide bei Vollweidehaltung im alpinen Raum Österreichs

Nitrogen flows on the pasture at a seasonal grass-based system in the alpine area of Austria

W. Starz¹ und A. Steinwigger¹

Keywords: plant nutrition, grassland, cattle, pasture

Schlagwörter: Pflanzenernährung, Grünland, Rind, Weide

Abstract:

The aim of this investigation was to evaluate the dung distribution and the N-balance on the pasture in a seasonal grass-based system in organic farming. This investigation was carried out on the research farm (680 m altitude, 1000 mm precipitation hereof 600 mm during 200 days vegetation period, 6.5 °C average temperature, 34 ha grassland hereof 10 ha pasture areas, 14 brown swiss dairy cows 610 kg live weight and 14 holstein frisian 540 kg live weight) of the Institute for Organic Farming (HBLFA Raumberg-Gumpenstein) in the alpine area of Austria. Two pasture areas (former mowing pasture and permanent grassland), Beifeld (2 ha, plant up to sloped) and Stallfeld (1.8 ha, steady sloped), were exemplarily used to show the dung distribution and the calculated N-balance. The dung distribution on the Stallfeld was more homogeneous as on the Beifeld. A very high N removal was discovered on both areas. The accumulation (calculated 100-140 kg N ha⁻¹) of N was much lower than the removal (calculated 210-240 kg N ha⁻¹). One consequences of this high N removal was an increase of white clover (2005 12% and 2006 29% by weight), a legume which receives the N via fixation. The long term impacts on the grassland diversity could not responded by one research year and further investigations are necessary.

Einleitung und Zielsetzung:

Die Ausscheidungsmengen, die Verteilung auf der Fläche und die Stickstoffflüsse auf der Weide sind methodisch nicht leicht zu erfassen. Grundsätzlich handelt es sich bei der Vollweidehaltung um einen relativ geschlossenen Stoffkreislauf, da kaum mit betriebsfremden Futtermitteln ergänzt wird (STEINWIDDER 2005). Bei der Kurzrasenweide erfolgt die Nutzung (dauernde Beweidung mit maximal ein paar Tagen Ruhezeit) bei einer durchschnittlichen Bestandeshöhe von 8 cm. In diesem Stadium ist das Weidegras sehr reich an Nährstoffen und kann beispielsweise beim Rohprotein Werte von 27% in der Trockenmasse aufweisen (PÖTSCH et al. 2005). Dies verdeutlicht, dass hohe N-Mengen vom Tier über das Weidegras aufgenommen werden. Damit der Pflanzenbestand solche Inhaltstoffe aufweisen kann bedarf es intensiver Umsetzungsprozesse im Boden. Wie hoch die N-Auswaschungen bei Kurzrasenweidehaltung im alpinen Raum sind kann noch nicht gesagt werden. Probleme dürfte es nur an Harnstellen (ANGER et al. 2002, WACHENDORF et al. 2001) und Stellen wo bevorzugt Ausscheidungsverhalten gezeigt wird geben. Die N-Austräge unter Kotfladen sind durch die langsame Mineralisation vernachlässigbar (WACHENDORF et al. 2001).

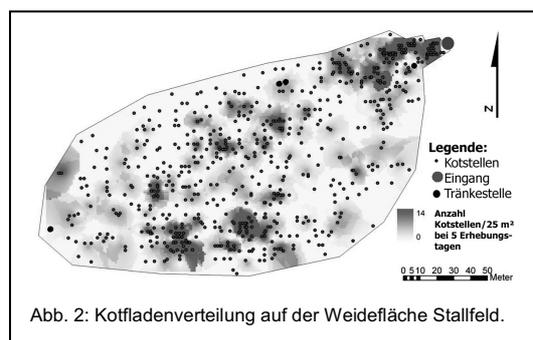
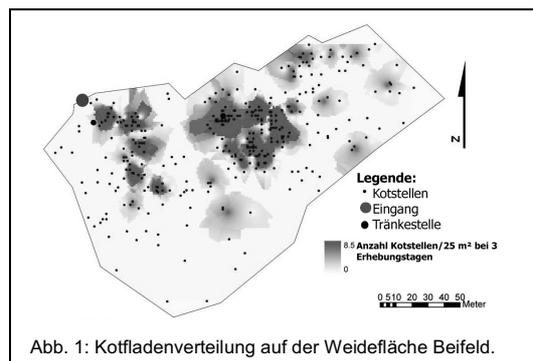
¹Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irdning, Österreich, walter.starz@raumberg-gumpenstein.at

Das Ziel der Untersuchung ist die Kotfladenverteilung, den N-Anfall und die N-Bilanz auf den Weideflächen zu erheben sowie daraus Konsequenzen für das biologisch bewirtschaftete Grünland zu ziehen.

Methoden:

Der Versuchsbetrieb (ca. 680 m Seehöhe innere ostalpine Tallage, ca. 1000 mm Niederschlag davon ca. 600 mm in der Vegetationszeit, 6,5 °C mittlere Jahrestemperatur, durchschnittliche Vegetationsdauer 200 Tage) des Bio-Instituts der HBLFA Raumberg-Gumpenstein ist seit jeher ein Betrieb mit Weidehaltung (Weidegang 2005: Mitte April bis Anfang November). Den 28 Stück Milchvieh (14 Stk. Braunvieh ca. 610 kg LG und 14 Stk. Holstein Frisian ca. 540 kg LG) stehen am Betrieb 34 ha arrondierte Grünlandfläche zur Verfügung, wovon 10 ha als Weide genutzt werden. Die Weidefläche ist durch die Hofgegebenheiten in mehrere Koppeln geteilt. Beispielhaft werden 2 Koppeln (Beifeld: Eben bis Hanglage und Stallfeld: gleichmäßig leicht geneigt, beides ursprünglich Dauergrünland Mähweide Flächen), die an den beweideten Tagen zur Gänze bestoßen wurden, für die Ausscheidungsverteilung und Stickstoffflüsse betrachtet. Die Beweidung erfolgte nach dem System der Kurzrasenweide. Hier erreicht die Pflanzendecke eine max. Aufwuchshöhe von ca. 8 cm und wird von den Tieren intensiv beweidet. Da mit fortschreiten der Vegetationszeit die Graszuwachsrate abnimmt muss pro Tier mehr Fläche zugeteilt werden (Beginn Vegetationsperiode 10 -20 Ar/Kuh, am Ende mind. 40 Ar/Kuh).

Die Feststellung der Kotfladenverteilung auf den beiden Weideflächen Beifeld und



Stallfeld erfolgte mittels GPS-Messung (PÖTSCH et al. 2005). Hierzu wurden im Jahr 2005 (pro Fläche 3 Messungen innerhalb von 14 Tagen) über den frisch angefallenen Kotfladen beider Weideflächen GPS-Messungen vorgenommen. Für die Berechnung der N-Bilanz wurden Daten zur Weidehaltung benötigt, die vom Stallpersonal während der Weideperiode aufgezeichnet wurden. Zu den dafür notwendigen Daten gehören die Größe der Weidefläche (Beifeld 2 ha, Stallfeld 1,8 ha), die Anzahl der weidenden Tiere (28 Kühe), die Verweildauer der Tiere auf den jeweiligen Weideflächen in Tagen und Stunden (Beifeld: 98 Tage und durch. 8,1 Std./Tag; Stallfeld 76 Tage und durch. 6,8 Std./Tag). Die Abschätzung der Weidegrasaufnahme erfolgte entsprechend dem Ener-

giebedarf der Kühe. Dieser wurde aus der Milchleistung, der Lebendgewichtsveränderung und dem Trächtigkeitsstadium der Kühe errechnet. Der daraus resultierende Weidegrasbedarf diente, unter Berücksichtigung des XP-Gehaltes im Weidegras, zur Berechnung der N-Aufnahme. Aus der N-Aufnahme abzüglich der N-Ausscheidung über die Milch den N-Ansatz für die Trächtigkeit wurde die Brutto N-Ausscheidung über Kot und Harn berechnet. Die Berechnung der N-Flächenbilanz erfolgte mittels der Rechnung N-Zufuhr (berechnete Ausscheidung der Kühe auf der Weide abzüglich unvermeidbarer bzw. Ausbringungsverluste von 13%, BMLFUW, 2006) minus N-Entzug (berechnete Weidefutteraufnahme und eventuell geerntetes Gras).

Ergebnisse und Diskussion:

Einen wichtigen Aspekt bei der Berechnung der Weidegrasaufnahmen stellten die Leistungsdaten der Kühe dar. So lag die durchschnittliche Menge an produzierter Milch im Jahr 2005 bei 6050 kg und wies einen Fettgehalt von

4,1% und einen Eiweißgehalt von 3,2% auf. Der Kraftfuttereinsatz lag 2005 bei 430 kg pro Kuh und in der Weideperiode Juni bis Oktober erfolgte keine Kraftfutter Zuteilung. Die Kotfladenverteilung auf den beiden untersuchten Weideflächen differierte sehr stark. Dies wird bei Betrachtung der Abbildung 1 und 2 deutlich. Sowohl beim Beifeld als auch beim Stallfeld kam es zu einer gehäuften Ansammlung von Kotfladen im Bereich der Eintriebsstelle. Um die Tränkestelle in Mitten des Beifeldes ist die Fläche eben, wo ein bevorzugtes Abliegen der Tiere erfolgt, was die Erklärung für die Anhäufung von Kotstellen in diesem Bereich ist. Die Kotfladenverteilung am Stallfeld war dagegen homogener, was auch eine bessere Dungverteilung durch die Kühe mit sich bringt.

Bei Betrachtung der N-Flächenbilanz des Bei- und Stallfeldes in Abb. 3 und 4 erkennt man die hohen N-Entzüge und relativ hohen N-Anfälle über die Tierausscheidungen auf den beiden Weideflächen. Diese Entzüge sind für die Biologische Landwirtschaft als sehr hoch anzusehen, wenn man die Düngerobergrenze von 170 kg N je ha (EG, 2006) beachtet. Somit könnte mit der organischen Düngung nicht auf eine ausgegli-

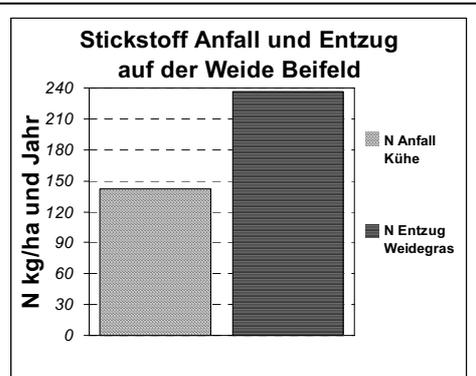


Abb. 3: N-Anfall und N-Entzug auf der Fläche Beifeld.

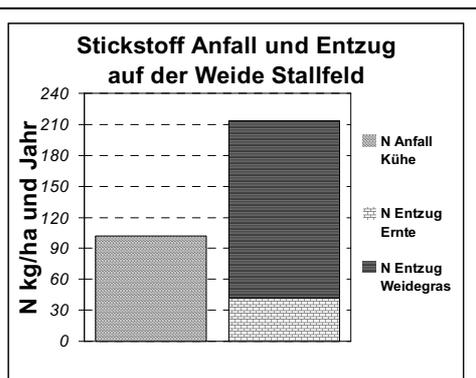


Abb. 4: N-Anfall und N-Entzug auf der Fläche Stallfeld.

chene N-Flächenbilanz ergänzt werden, da man die gesetzlichen Vorgaben überschreiten würde. Ein erkennbares Ergebnis dieser hohen N-Entzüge konnte im Folgejahr 2006 beobachtet werden. Der Weißkleeanteil am Beifeld betrug im Jahr 2005 12 Gewichtsprozent und stieg 2006 auf 29 Gewichtsprozent an. Der Grund hierfür dürfte in der guten Wüchsigkeit mittels oberirdischem Kriechtrieb und der Fähigkeit Luft-N über die Knöllchenbakterien zu fixieren liegen. Je Gewichtsprozent Klee im Pflanzenbestand kann von 2 und 4 kg fixiertem Stickstoff (DIETL & LEHMANN 2004) ausgegangen werden. Bei einer starken Zunahme des Weißkleeanteils in Weidebeständen (über 40%) ist zu beachten, dass es zu Pansenblähungen kommen kann. Diese Annahme wurde im Jahr 2006 von einigen Praxisbetrieben bestätigt.

Schlussfolgerungen:

Dem Problem von ungleichmäßig verteilten Kotfladen auf der Weide kann man so entgegenwirken, dass man versucht die Weidefläche in kleinere Einheiten einzuteilen, die mehr dem Gelände angepasst werden. Zusätzlich wäre es ideal wenn mehrere, gut verteilte Tränkeeinrichtungen auf der Fläche vorhanden sind um dadurch eine bessere Verteilung der Tiere auf der Weide zu fördern.

Die langfristigen Auswirkungen des Systems der Kurzrasenweide auf die N-Bilanz und den Pflanzenbestand auf den Weideflächen können nach dem ersten Versuchsjahr noch nicht eindeutig abgeschätzt werden. Bei der Kurzrasenweide handelt es sich um ein sehr intensives System der Weidenutzung. Inwieweit dieses System für die Biologische Landwirtschaft geeignet ist werden weiterführende Untersuchungen zeigen. Was nach diesem ersten Untersuchungsjahr gesagt werden kann ist, dass es auf den Weideflächen zu einem für die Biologische Landwirtschaft sehr hohen N-Entzug über das Weidegras kommt. Wie sich die Weißkleeanteile in den dynamisch agierenden Weidebeständen verändern, werden weitere Beobachtungen zeigen.

Literatur:

Anger M., Hüging H., Huth C., Kühbauch W. (2002): Nitrat- Austräge auf intensiv und extensiv beweidetem Grünland, erfasst mittels Saugkerzen- und N_{min} -Beprobung – I Einfluss der Beweidungsintensität. In: Journal of Plant Nutrition and Soil Science 156: 640-647.

BMLFUW (2006): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Richtlinien für die Sachgerechte Düngung. 6. Auflage, S. 59.

Dietl W., Lehmann J. (2004): Ökologischer Wiesenbau – Nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf, S. 97.

EG (2006): Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel (Abl. L 198 vom 22.7.1991); konsolidierte Fassung.

Pötsch E. M., Resch R., Greimeister W. (2005): Aspekte zur Vollweidehaltung von Milchkühen in Bezug auf Boden, Pflanze und Ökologie. In: Bericht über die Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, 09.-10.11.2005, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Österreich, S 5-9.

Steinwider A. (2005): Strategien bei Vollweidehaltung von Milchkühen. In: Bericht über die Österreichische Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, 09.-10.11.2005, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Österreich, S 1-3.

Wachendorf C., Trott H., Taube F. (2001): Stickstoffmineralisierung unter Exkrementenstellen: ^{15}N -Signatur verschiedener N-Fractionen. In: Mitteilung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 96: 305-306.

Auswaschungsverluste unter biologischer und konventioneller Bewirtschaftung**Leaching losses in organic and conventional management**W. Hein¹ und H. Waschl¹**Keywords:** production systems, crop farming, leaching losses**Schlagwörter:** Betriebssysteme, Pflanzenbau, Auswaschungsverluste**Abstract:**

In this project, located at Winklhof, a comparison between organic and conventional farming is done. The field trial combines a crop rotation with two levels of fertilisation intensities (one is 1.0 LU ha⁻¹ and the other is 1.8 LU ha⁻¹). The fertilisation-systems are stable-manure and liquid manure, the treatments were done organically. The aim of this project is to find out which production system is better for the environment in spite of crop yield, product quality and leaching losses. The last parameter was measured in lysimeters. A high amount of yearly precipitation could account the high amount of seepage water. Consequently the leaching losses of both production systems could be compared.

Einleitung und Zielsetzung:

Der biologische Landbau hat in Österreich einen hohen Stellenwert, sowohl auf Grünland- als auch auf Ackerbaubetrieben. Auch wenn man die umweltschonende Bewirtschaftung durch den Biolandbau als besser umweltverträglich ansieht als die konventionelle, liegen doch relativ wenige Daten über Auswaschungsverluste bei den verschiedenen Bewirtschaftungsmethoden vor. Mittels Lysimeterstationen können die Auswaschungsverluste bei unterschiedlicher Düngung gemessen werden. Wegen der geringen Niederschlagsmengen ist es im Osten Österreichs oftmals schwierig Sickerwässer zu gewinnen. Im Westen Österreichs, also in den niederschlagsreichen Regionen, gibt es derzeit eine Lysimeterstation in Winklhof, bei welcher in einem kombinierten Düngungs- Fruchtfolgeversuch die Auswaschung bei biologischer und konventioneller Bewirtschaftung gemessen wird.

Methoden:

Die Versuchsanlage wurde 2001 auf einer Außenstelle der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in Winklhof, am Schnittpunkt zwischen den Hauptproduktionsgebieten Hochalpen und Alpenvorland errichtet.

Als Bodenform liegt eine entkalkte Lockersediment-Braunerde vor, wobei sich die AB- und BC-Horizonte durch einen relativ hohen Grobanteil besonders für eine derartige Lysimeterstation anbieten.

Die Fruchtfolge wurde bestmöglich an die klimatischen Verhältnisse angepasst und umfasst folgende Kulturen: Sommerweizen mit Kleeegrasesaat – Klee gras – Klee gras – Winterweizen – Sommergerste – Kartoffeln. Die Düngungsintensitäten beinhalten zwei Stufen, wobei die niedrigere 1,0 GVE/ha, die höhere 1,8 GVE/ha beträgt. Bei der geringeren Düngungsstufe wird das organische System Stallmist/Jauche verwendet. Bei der höheren Düngungsstufe wird in Kombination von 1,0 GVE/ha mit Wirtschaftsdünger, der Rest mit mineralischer Ergänzung aufgedüngt. Die gesamte Bearbeitung und Pflege aller Kulturen erfolgt nach den Richtlinien des Biologischen Landbaus (siehe Tab. 1).

¹Institut für Biologische Landwirtschaft und Biodiversität der Nutztiere, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Raumberg 38, 8952 Irnding, Österreich, waltraud.hein@raumberg-gumpenstein.at

Zur Messung der Auswaschungsverluste dient eine Anlage mit 6 Lysimetern und 6 Saugkerzen. Die Planung und Errichtung dieser Lysimeterstation wurde von den Experten des Institutes für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in Petzenkirchen vorgenommen. Bei den Lysimetern handelt es sich um sogenannte „verfüllte Schwerkraft-Lysimeter“, die sich unter den gegebenen Verhältnissen besonders gut für Felduntersuchungen eignen. Auch wenn diese Anlage nicht direkt der Beratung dient, sind die Ergebnisse daraus durchaus für die Berater der Landwirtschaftskammer zu verwenden (STURM & KIEFER 2005).

Ergebnisse und Diskussion:

An Ergebnissen liegen aus diesem Versuch einerseits die Erträge der einzelnen Kulturpflanzen vor, andererseits die Auswaschungsverluste an Hauptnährstoffen bei den einzelnen Bewirtschaftungsformen.

Tab. 1: Übersicht Kulturarten.

		2002	2003	2004	2005	2006
	Dünger- variante	Kulturart	Kulturart	Kulturart	Kulturart	Kulturart
Lysimeter 1	biologisch	Rotklee gras	Rotklee gras	Winterweizen	Sommer- gerste	Kartoffel
Lysimeter 2	biologisch	Sommer- weizen	Rotklee gras	Rotklee gras	Winterweizen	Sommer- gerste
Lysimeter 3	biologisch	Kartoffel	Sommer- weizen	Rotklee gras	Rotklee gras	Winterweizen
Lysimeter 4	konventionell	Rotklee gras	Rotklee gras	Winterweizen	Sommer- gerste	Kartoffel
Lysimeter 5	konventionell	Sommer- weizen	Rotklee gras	Rotklee gras	Winterweizen	Sommer- gerste
Lysimeter 6	konventionell	Kartoffel	Sommer- weizen	Rotklee gras	Rotklee gras	Winterweizen

In erster Linie ist die Stickstoffauswaschung interessant, vor allem vor dem Hintergrund der EU-Nitratrichtlinie. Aber auch die anderen Pflanzennährstoffe, wie Kalium, Phosphor, Magnesium und Calcium sind von großer Wichtigkeit für alle pflanzenbaulichen Fragen. Nährstoffverluste durch Auswaschung können bei sachgerechter Bewirtschaftung und entsprechender Düngung vermindert werden (FELDWISCH & SCHULTHEISS 1999). Bei biologischer Bewirtschaftung liegen die Auswaschungsverluste meist unter jenen der konventionellen, wie sich auch bei diesem Versuch zeigt. Die Sickerwassermengen erreichen bei einem jährlichen Niederschlag von durchschnittlich 1400 mm rund 70% davon. Tab. 2 bringt die jährlichen Sickerwassermengen. Die Jahresschwankungen im Niederschlag schlagen deutlich zu Buche, wie an den extremen Jahren 2002 und 2003 zu erkennen ist. Die Auswaschungsverluste sind bei den einzelnen Pflanzennährstoffen unterschiedlich hoch; hier wurde jeweils die Düngung mit berücksichtigt. Allerdings wurden die jeweiligen Entzüge durch die Pflanzen noch nicht mit in die Bilanzen eingerechnet. Tab. 3 zeigt die Nitratkonzentration bei den Lysimetern. Die Bewirtschaftung, also die einzelnen Kulturen und die Düngung, sind stark daran gekoppelt. Im Jahresverlauf zeigt sich jede Maßnahme deutlich an den Nitratkurven; die Summe der Jahreswerte kann das nicht direkt wiedergeben.

Tab. 2.: Sickerwassermengen der einzelnen Lysimeter und jährlicher Niederschlag.

	2002	2003	2004	2005
Lys.1	1047,45	602,69	1169,88	1170,73
Lys.2	1115,67	637,68	1141,75	1096,76
Lys.3	1021,43	642,78	1123,2	1080,54
Lys.4	1100,58	707,97	1313,44	1113,97
Lys.5	1029,79	578,45	1125,64	1193,18
Lys.6	1203,87	702,52	1168,01	1073,29
Niederschlag	1682,8	1014,1	1539,7	1554,9

Bei den Pflanzennährstoffen beträgt die Auswaschung von Stickstoff gesamt zwischen 9 kg/ha bei Rotklee gras im Jahr 2003 und 227 kg/ha bei Kartoffeln im Jahr 2002, das sind die beiden Extremwerte, die beide der konventionellen Bearbeitung zu zuordnen sind. Den zweithöchsten Wert weist die Variante Winterweizen im Jahr 2004 mit 171 kg/ha auf, hier wieder aus konventioneller Bewirtschaftung. Ebenfalls sehr hoch ist die Variante Sommergerste im Jahr 2005 mit 141 kg/ha; in diesem Fall aus biologischer Bewirtschaftung, nur ist der Wert aus der konventionellen Variante nicht viel niedriger. Allerdings muss bei den Stickstoffwerten berücksichtigt werden, dass im Jahr 2001 der Boden durch den Einbau der Lysimeter gestört war und sich dadurch teilweise im Jahr 2002 und auch in weiterer Folge sehr hohe Werte ergeben. Außerdem zeigt sich deutlich, dass jeweils die Getreidearten und Kartoffeln wesentlich höhere Auswaschungen an Stickstoff mit sich bringen als die Klee grasvarianten.

Tab. 3 Nitratkonzentrationen (mg/l).

	RKG-RKG-WW-SG		SW-RKG-RKG-WW		Kart.-SW-RKG-RKG	
	Bio	Konv	Bio	Konv	Bio	Konv
2002	57,81	45,48	69,70	57,63	54,75	91,07
2003	45,53	30,72	11,17	6,27	34,81	56,28
2004	51,30	57,88	7,58	10,48	5,28	4,16
2005	58,85	54,33	30,32	37,13	23,15	11,46
EU-LIMIT	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00

Von den übrigen Pflanzennährstoffen wie Phosphor, Kalium, Magnesium und Calcium liegen bereits Daten über Auswaschung vor. Die Auswaschung bei Phosphor ist vergleichsweise gering, sie wird in g/ha angegeben. Abb. 1 gibt darüber Auskunft. Auch ist die Auswaschung bei den einzelnen Lysimetern recht gleichmäßig.

Beim Kalium ist die Situation eine andere; hier werden bei manchen Kulturen hohe Mengen ausgebracht, hingegen ist die Auswaschung eher bescheiden, aus Abb. 2 ist die jeweilige Höhe zu ersehen.

Völlig konträr ist die Sachlage bei Magnesium und Calcium. Hier werden mit der Düngung geringe Mengen ausgebracht, aber recht hohe Mengen ausgewaschen, besonders bei Calcium. Das ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass ab dem AB-Horizont der Kalkgehalt im Boden ansteigt, auch wenn der A-Horizont aus kalkfreier Lockersediment-Braunerde besteht.

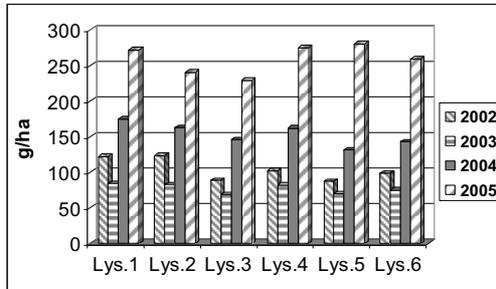


Abb. 1: P-Auswaschung in g/ha.

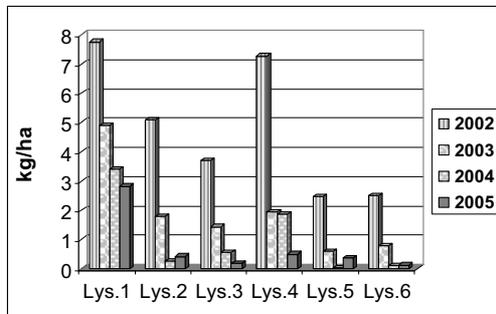


Abb.2: K-Auswaschung in kg/ha.

Schlussfolgerungen:

Aus den oben dargestellten Ergebnissen lassen sich erste Schlüsse ziehen. Grundsätzlich spielen die Höhe und Art der Düngung eine große Rolle, ebenso wie alle Bewirtschaftungsmaßnahmen, die im Laufe der Vegetationsperiode durchgeführt werden, aber genauso die jeweiligen Kulturpflanzen, die auf dem Feld stehen. So ist der Zeitpunkt der Düngung, des Häufelns, aber auch der Ernte entscheidend, ob und wie viel Nitrat ausgewaschen wird. Einen ganz einschneidenden Eingriff bildet die Ackerung von Klee gras vor dem Anbau von Winterweizen. Hier kommt es zur Auswaschung meist hoher Nitratwerte. Durch eine gezielte Kulturführung und eine geeignete den Witterungsbedingungen angepasste Fruchtfolge lässt sich die Auswaschung hoher Nitratmengen geringer halten, auch wenn sich gewisse Auswaschungsverluste nicht vermeiden lassen. Dass eine Winterbegrünung positive Auswirkungen auf die Auswaschung von Stickstoff hat, ist bekannt; unter gewissen klimatischen Verhältnissen ist es schwierig, nach der Hauptkultur noch eine Begrünung entsprechend zu etablieren.

Literatur:

Feldwisch N., Schultheiss U. (1999): Allgemeine ackerbauliche Aspekte. In: Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Frede, H.-G. und S. Dabbert (Hrsg.), Ecomed Verlag, Landsberg/Lech, 58-100.

Sturm S., Kiefer J. (2005): Bestimmung der Nitratauswaschung für die Beratungspraxis der Wasserversorgung – Einsatz von Freilandlysimetern zur Ableitung einer Vorgehensweise bei räumlicher und zeitlicher Dynamik in der Agrarlandschaft. Tagungsband zur 11. Gumpensteiner Lysimetertagung 2005, 217-220.

N-Bilanzen ökologischer und konventioneller Praxisbetriebe in Norddeutschland – Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS**N surpluses of organic and conventional farms in Northern Germany – Results from the COMPASS project**M. Kelm¹, R. Loges¹ und F. Taube¹**Keywords:** production systems, nutrient management, nitrogen surplus**Schlagwörter:** Betriebssysteme, Nährstoffmanagement, Stickstoffsaldo**Abstract:**

Nutrient balances are important agri-environmental indicators, which describe the magnitude of potential nutrient losses from farming systems to the environment. In order to analyze production systems at the entire farm scale, nitrogen balances and other agri-environmental indicators were assessed on 32 organic and conventional farms in Northern Germany. On organic farms, nitrogen fixation of legumes was determined on representative fields. Irrespective of the specialization (all-arable farms, dairy farms), nitrogen surpluses were always pronouncedly lower on organic farms compared to conventional farms. Organic farms generally conducted a sustainable nutrient management. However, the total nitrogen supply at the farm scale was not sufficient on many organic arable farms.

Einleitung und Zielsetzung:

Dem Stickstoff(N)-Saldo kommt im Rahmen der Umweltbewertung landwirtschaftlicher Produktionssysteme eine zentrale Bedeutung zu, da diese Kenngröße die Gesamtmenge an potenziellen N-Austrägen aus dem System in die Umwelt beschreibt. Stickstoff trägt in Form von Auswaschung (v. a. NO₃ (Nitrat)) und Ausgasung (NH₃ (Ammoniak), N₂O („Lachgas“)) zur Eutrophierung von Ökosystemen, zur Belastung von Grund- und Oberflächenwasser, und zum anthropogenen Treibhauseffekt bei. Die Minimierung der N-Emissionen ist demnach ein wesentliches Ziel bei der Gestaltung nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktionssysteme. Das interdisziplinäre Forschungsprojektes „COMPASS“ (Comparative assessment of land use systems) (TAUBE et al. 2006) der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel befasst sich seit 2004 mit der vergleichenden Analyse von Leistungen und ökologischen Effekten konventionell und ökologisch wirtschaftender Praxisbetriebe in Schleswig-Holstein. Die genaue Erfassung, Modellierung und Optimierung der Nährstoffflüsse repräsentativer Betriebe dient hierbei der Schließung vorhandener Datenlücken auf Betriebsebene, sowie der Entwicklung optimierter Anbausysteme.

Methoden:

Auf 32 Praxisbetrieben ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweise in Schleswig-Holstein wurden in den Jahren 2004-2006 eine vollständige Dokumentation der Bewirtschaftung durchgeführt, sowie repräsentative Bestände mit pflanzenbaulichen Methoden beprobt. Die untersuchten Betriebe gliedern sich je zur Hälfte in spezialisierte Ackerbau- und spezialisierte Milchvieh-Futterbaubetriebe. An jeweils einem Standort befinden sich ein konventioneller und ein ansonsten vergleichbarer ökologischer Betrieb. Dieses Vorgehen anhand paarweiser Vergleiche („Betriebspaare“)

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Herrmann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, Deutschland, rloges@email.uni-kiel.de

ermöglicht den Vergleich ökologischer und konventioneller Wirtschaftsweisen unter Ausschluss verzerrender Standort- und Umweltfaktoren (Boden, Witterung). Die untersuchten Standorte reichen von schweren Marschböden über lehmige Böden (überwiegend spezialisierter Marktfruchtanbau) bis hin zu sandigen, z. T. anmoorigen Futterbauregionen. Es wurden ausschließlich Betriebe mit deutlich überdurchschnittlicher Leistung („Spitzenbetriebe“) für das Projekt ausgewählt.

Anhand der Aufzeichnungen der Betriebe und eigenen Beprobungen wurden für die Wirtschaftsjahre 2003/04 und 2004/05 die N-Bilanzsalden auf der Ebene des Gesamtbetriebes in Form der Hoftorbilanz und der Feld-Stall-Bilanz bestimmt. Die Bilanzierung erfolgte nach der allgemein anerkannten Vorgehensweise. Lagerungs- und Ausbringungsverluste von NH_3 wurden entsprechend der Dünge-VO abgezogen. Um den größtmöglichen Realitätsbezug der Ergebnisse sicherzustellen, wurde die im ökologischen Landbau zentrale Größe der N_2 -Fixierung durch Leguminosen anhand eines empirischen Modells (HØGH-JENSEN et al. 2004) quantifiziert. Die dafür notwendigen Eingangsdaten wie der Ertrag und der N-Gehalt von Leguminosenbeständen wurden auf repräsentativen Praxisflächen der Betriebe mittels Probenahmen erhoben, ebenso wie Silage- und Weideerträge repräsentativer Futterbauflächen. Die dargestellten N-Salden sind daher weitaus realistischer, jedoch nicht identisch mit „stur“ nach der Dünge-VO ermittelten Salden. Aufgrund der angerechneten N_2 -Fixierung liegen die dargestellten N-Salden der ökologischen Betriebe deutlich über „offiziell“ für diese Betriebe erstellten N-Salden. Ferner wurde auf einer Anzahl ausgewählter Flächen die N-Auswaschung mit Saugkerzen beprob (siehe KELM et al. in diesem Tagungsband).

Ergebnisse und Diskussion:

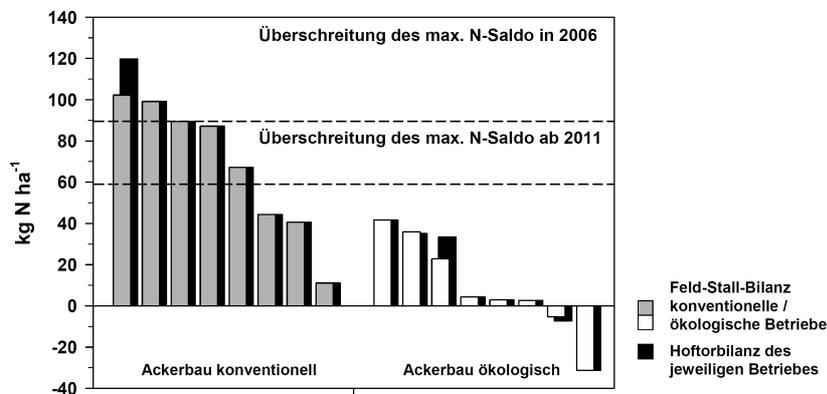


Abb. 1: N-Bilanzsalden (Feld-Stall und Hof; kg N ha^{-1}) konventioneller und ökologischer Marktfruchtbetriebe (Mittel der Wirtschaftsjahre 2003/04 und 2004/05).

Die untersuchten konventionellen Ackerbaubetriebe (4 viehlose Betriebe, 1 Betrieb mit Ferkelerzeugung ($1,5 \text{ GV ha}^{-1}$), 3 Betriebe mit Wirtschaftsdünger-Zukauf) weisen im Mittel einen N-Saldo (Feld-Stall) von $+68 \text{ kg N ha}^{-1}$ auf (Abb. 1). Dieser Wert liegt über dem nach der Düngeverordnung ab 2011 zulässigen N-Überschuss von $+60 \text{ kg N ha}^{-1}$. Die große Variation innerhalb der konventionellen Betriebsgruppe zeigt einen erheblichen Spielraum zur Optimierung des Nährstoffmanagements selbst auf den am Projekt teilnehmenden „Spitzenbetrieben“ auf.

Auf den ökologisch wirtschaftenden Ackerbaubetrieben (5 viehlose Betriebe, 1 Betrieb mit Schweinemast ($0,3 \text{ GV ha}^{-1}$), 2 Betriebe mit Mutterkuhhaltung ($0,1$ und $0,4 \text{ GV ha}^{-1}$)) liegt der mittlere N-Saldo (Feld-Stall) mit $+9 \text{ kg N ha}^{-1}$ auf deutlich niedrigerem N-Niveau gegenüber der konventionell wirtschaftenden Vergleichsgruppe (Abb. 1). Wesentliche Bestimmungsgrößen sind der Kleeanteil in der Fruchtfolge sowie dessen N_2 -Fixierungsleistung, welche sich auf den Praxisflächen in Abhängigkeit von Kleeanteil, Kleeertrag und Nutzungsregime (Mulchen, Schnittnutzung) zwischen 90 und 234 kg N ha^{-1} bewegte. Die N_2 -Fixierung durch Körnerleguminosen, Untersaaten und Zwischenfrüchte trug einen geringeren Teil zur gesamten N-Zufuhr auf Betriebsebene bei. 5 der 8 ökologischen Ackerbaubetriebe weisen N-Salden nahe Null oder sogar im negativen Bereich auf (Abb. 1). Unter Berücksichtigung einer „unvermeidbaren“ N-Auswaschung im Winterhalbjahr sind derart geringe bzw. negative N-Salden mittelfristig kaum noch als nachhaltig anzusprechen. Insbesondere der auf einigen ökologischen Marktfruchtbetrieben beobachtete Verzicht auf eine Klee-Gras-Hauptfrucht (die N-Zufuhr in den Betriebskreislauf erfolgt ausschließlich über Untersaaten, Zwischenfrüchte, Körnerleguminosen und zugekaufte organische Handelsdünger) ist aufgrund des latenten N-Mangels in der Fruchtfolge und des hohen Unkrautdrucks aus agronomischer wie betriebswirtschaftlicher Sicht zu hinterfragen, auch wenn Klee-Gras möglicherweise nicht selbst verwertet werden kann.

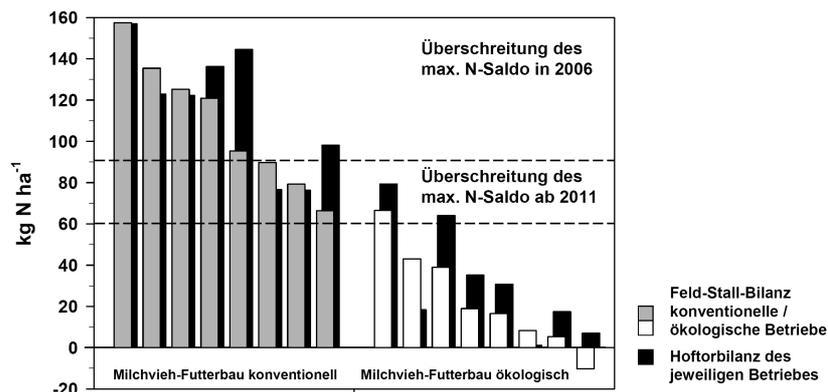


Abb. 2: N-Bilanzsalden (Feld-Stall und Hoftor; kg N ha^{-1}) konventioneller und ökologischer Milchvieh-Futterbaubetriebe (Mittel der Wirtschaftsjahre 2003/04 und 2004/05).

Für die spezialisierten Milchvieh-Futterbaubetriebe ergibt sich ein vergleichbares Bild, wenn auch auf deutlich höherem N-Niveau (Abb. 2). Der N-Saldo (Feld-Stall) der konventionell wirtschaftenden Betriebe (Viehbesatz: $0,95$ - $1,77 \text{ GV ha}^{-1}$) liegt im Mittel bei $+109 \text{ kg N ha}^{-1}$. Die große Variation weist auch hier auf ein erhebliches Optimierungspotenzial hin, welches einige Betriebe bereits weitgehend umsetzen. Der ab 2011 geforderte maximale Saldo von $+60 \text{ kg N ha}^{-1}$ konnte im Beobachtungszeitraum auch von den N-effizientesten konventionellen Milchvieh-Futterbaubetrieben nicht erreicht werden.

Der N-Saldo (Feld-Stall) der ökologisch wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetriebe bewegt sich zwischen $+67$ und -10 kg N ha^{-1} (Mittelwert 23 kg N ha^{-1}). Der Viehbesatz dieser Betriebe reicht von $0,47$ bis $1,28 \text{ GV ha}^{-1}$. Neben dem Viehbesatz ist die wich-

tigste Einflussgröße, wie bei den ökologischen Marktfruchtbetrieben, die N₂-Fixierung des Kleeegrases. Die N₂-Fixierungsleistung auf den Klee gras-Praxisflächen der ökologisch wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetriebe bewegte sich zwischen 137 und 393 kg N ha⁻¹. Ökologisch bewirtschaftete Dauergrünlandflächen wiesen in der überwiegenden Mehrzahl der kartierten Bestände Kleeanteile von unter 3% auf. Die N₂-Fixierungsleistung des Dauergrünlandes sowie dessen Ertragspotenzial sind daher im Vergleich zum Klee gras als relativ gering anzusprechen.

Bezüglich der Bilanzierungsform (Feld-Stall, Hoftor) ist anzumerken, dass die Hoftorbilanz eine weitaus bessere Abschätzung der gesamten potenziellen N-Verluste in die Umwelt zulässt, jedoch nach der neuen Düngeverordnung nicht mehr zulässig ist. Ungenauigkeiten in der Feld-Stall-Bilanz (und damit Möglichkeiten zur „Schönung“ der N-Bilanzen viehstarker konventioneller Betriebe) liegen in der ungenauen Bestimmung der N-Ausscheidung der Herde (Faustzahlen unabhängig vom Niveau des Kraftfuttereinsatzes u.a. Faktoren) und der geernteten Mengen an Silage, Weide gras und eigenem Futtergetreide. Dies wird an einigen der untersuchten Milchvieh-Futterbaubetriebe sehr deutlich (Abb. 2), auf denen ein (zu) hoher Kraftfuttereinsatz (konventionelle Betriebe) und tatsächliche (gemessene) Mengen an geernteter Silage zu einer N-Herdenbilanz führen, die deutlich über den anhand der Dünge-VO berechneten N-Ausscheidungen liegt und damit die Feld-Stall-Bilanz verzerrt. Auf zwei ökologischen Milchvieh-Futterbaubetrieben liegt die Feld-Stall-Bilanz jedoch über der Hoftorbilanz (Abb. 2), was in der geringen Leistung der Milchkühe und latenter Futterknappheit dieser Betriebe begründet ist.

Schlussfolgerungen:

Unter Berücksichtigung der N₂-Fixierung von Leguminosen wurden aussagekräftige N-Bilanzen für repräsentative ökologisch wirtschaftende Praxisbetriebe in Schleswig-Holstein erstellt. Diese weisen unabhängig von der einzelbetrieblichen Spezialisierung (Ackerbau, Milchvieh-Futterbau) deutlich geringere N-Überschüsse auf als die jeweilige Vergleichsgruppe konventionell wirtschaftender Betriebe. Zukünftige Anforderungen an das Nährstoffmanagement können auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben eingehalten werden. Die Mehrzahl der untersuchten ökologischen Betriebe betreibt ein nachhaltiges Nährstoffmanagement, jedoch ist vor allem auf ökologisch wirtschaftenden Marktfruchtbetrieben eine suboptimale N-Versorgung gegeben. Auf konventionellen Betrieben ist nach wie vor ein erhebliches Optimierungspotenzial im Hinblick auf die Reduktion der N-Austräge in die Umwelt und ein effizientes Nährstoffmanagement vorhanden. Der Sinn von Feld-Stall-Bilanzen ist generell zu hinterfragen.

Danksagung:

Dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (MLUR) sowie der Rentenbank Frankfurt/Main ist an dieser Stelle für die finanzielle Unterstützung des Projektes gedankt.

Literatur:

Høgh-Jensen H., Loges R., Jørgensen F., Vinther F., Jensen E. (2004): An empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. *Agr Syst* 82: 181-194.

Taube F., Kelm M., Verreet J.-A., Hüwing H. (2006): COMPASS – Vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion in ökologischen und konventionellen Betrieben Schleswig-Holsteins. In: Vorträge zur Hochschultagung 2006 der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, Heft 108 (2006), S. 121-129.

N-Auswaschung unter ökologisch und konventionell bewirtschafteten Praxisflächen in Norddeutschland – Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS**N leaching on organic and conventional farms in Northern Germany – Results from the COMPASS project**M. Kelm¹, R. Loges¹ und F. Taube¹**Keywords:** production systems, nutrient management, nitrogen leaching**Schlagwörter:** Betriebssysteme, Nährstoffmanagement, Stickstoffauswaschung**Abstract:**

Nitrogen (N) leaching, especially in the form of nitrate (NO₃⁻), still represents a major environmental impact from agriculture. In order to estimate potential N leaching losses under conditions on commercial farms in Northern Germany, N leaching was analyzed by using ceramic suction cups on representative fields on eight organic and conventional farms. On dairy farms, permanent grassland and maize for silage were analyzed as the main fodder crops. On arable farms, one crop with a high risk and one with a low risk of N leaching losses were selected. On permanent grassland, N leaching was pronouncedly lower on organic farms. If grass/clover on organic farms was ploughed, high amounts of N were leached in the following winter, irrespective if grass/clover was ploughed in spring or in late summer. N management on organic farms, especially the management of crop residues, still needs to be improved to meet the N demand of crops and to reduce N losses.

Einleitung und Zielsetzung:

Die Belastung des Grundwassers aus der Landwirtschaft, insbesondere durch Nitrat, ist nach wie vor ein aktuelles Problem. Über den Weg des oberflächennahen Grundwassers oder des Dränwassers trägt mit dem Sickerwasser ausgetragener Stickstoff (N) ferner zur Eutrophierung von Oberflächengewässern bei. Dem ökologischen Landbau wird allgemein ein geringeres Risiko von N-Auswaschungsverlusten zugeschrieben. Jedoch sind auch im ökologischen Landbau die Anbausysteme gezielt im Hinblick auf den Grundwasserschutz zu gestalten (HAAS 2001). Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes „COMPASS“ (Comparative assessment of land use systems) der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel (TAUBE et al. 2006) wurde die N-Auswaschung unter ökologisch und konventionell bewirtschafteten Praxisflächen in Schleswig-Holstein mittels Saugkerzen während zweier Sickerwasserperioden erfasst. Die Ergebnisse dienen der Abschätzung der N-Austragsgefährdung unter repräsentativen Praxisbedingungen, dem Abgleich mit bisherigen Versuchen auf Parzellenebene (DREYMANN 2005), sowie der Entwicklung optimierter Anbausysteme.

Methoden:

Auf 8 von 32 am Projekt COMPASS teilnehmenden Praxisbetrieben (KELM et al. 2007, in diesem Tagungsband) wurde während der Sickerwasserperioden 2004/05 und 2005/06 die Auswaschung von Stickstoff mittels Saugkerzen erfasst. Bei den hierfür ausgewählten Betriebspaaren (jeweils ein konventioneller sowie ein ansonsten vergleichbarer ökologischer Betrieb am selben Standort) handelt es sich um zwei

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel, Herrmann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, Deutschland, rloges@email.uni-kiel.de

Betriebspaare spezialisierter Milchvieh-Futterbaubetriebe (ein Betriebspaar auf den sandigen Böden der Schleswig-Holsteinischen Geest, ein zweites Betriebspaar auf lehmigeren Böden des östlichen Hügellandes) sowie um zwei Betriebspaare spezialisierter viehloser Marktfruchtbetriebe (an zwei unterschiedlichen Standorten im östlichen Hügelland). Auf jedem Betrieb wurde jeweils ein repräsentativer Schlag folgender Kulturarten beprobt:

Milchvieh-Futterbaubetriebe:

- Dauergrünland (1 Siloschnitt + Beweidung)
- nach Silomais (Sickerwasserperiode nach der Maisernte)

Marktfruchtbetriebe:

- Winterweizen nach Klee grasumbruch im Spätsommer (ökolog. Betriebe) bzw. nach Winterraps (konv. Betriebe)
- Klee gras (als Untersaat angelegt) (ökolog. Betriebe) bzw. Winterraps (konv. Betriebe) jeweils nach abtragender Getreide-Vorfrucht

Dauergrünland und Silomais stellen die Hauptfutterfrüchte auf Milchvieh-Futterbaubetrieben dar. Auf den Marktfruchtbetrieben folgte die Auswahl der beprobten Kulturen der Prämissen, jeweils das Fruchtfolgeglied mit dem höchsten und das mit dem niedrigsten N-Austragspotenzial zu erfassen. Auf je einem repräsentativen Schlag des Betriebes wurden 18 (Dauergrünland) bzw. 12 (Ackerkulturen) keramische Saugkerzen in 80 cm Tiefe installiert. Es wurde davon ausgegangen, dass Bodenlösung, die in dieser Tiefe im Winterhalbjahr versickert, nicht mehr von den Kulturpflanzen aufgenommen werden kann. Die Entnahme des Sickerwassers fand wöchentlich ab Beginn der Sickerung (je nach Witterung und Bodentyp etwa Anfang bis Mitte November) bis Mitte April statt. Die Analyse der Bodenlösung auf $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ und N_{org} erfolgte photometrisch an einem Autoanalyzer. Die wöchentliche Sickerwassermenge wurde mit Hilfe einer klimatischen Wasserbilanz unter Berücksichtigung der Bodenverhältnisse und der Pflanzenbestände berechnet.

Ergebnisse und Diskussion:

Auf Milchvieh-Futterbaubetrieben wiesen ökologisch bewirtschaftete Dauergrünlandflächen an beiden Standorten eine deutlich geringere N-Auswaschung auf als konventionell bewirtschaftetes Dauergrünland (Abb. 1). Dies ist, bei vergleichbarem Viehbesatz der Betriebe, in erster Linie auf die geringere Intensität der Weidenutzung auf ökologischen Betrieben und damit geringere Exkrementmengen während der Weidesaison zurückzuführen. Die N-Auswaschung nach Silomais war jedoch auf ökologisch bewirtschafteten Flächen höher als im konventionellen Anbau von Silomais in Monokultur. Als wesentliche Ursache hierfür kommt der Klee grasumbruch vor der Maisbestellung im Frühjahr in Betracht, durch den im Vergleich zu konventionell bewirtschaftetem Silomais deutlich höhere Mengen an organisch gebundenem N zur Verfügung standen. Die N-Flächenbilanzsalden der jeweiligen Vegetationsperiode (mineralische plus organische Düngung, Exkremente, N_2 -Fixierung, N-Menge in pflanzlichen Residuen, abzüglich N-Ertrag) lagen im ökologischen Anbau von Silomais zwischen +60 und +240 kg N ha^{-1} , im konventionellen Silomaisanbau jedoch nur bei -46 bis +36 kg N ha^{-1} . Auf eine Winterbegrünung verzichteten die ökologischen Futterbaubetriebe zugunsten intensiver Bodenbearbeitung im Herbst, um der mit dem Maisanbau verbundenen Queckenproblematik entgegenzuwirken. Auf den Marktfruchtbetrieben wiesen Winterweizenflächen unabhängig vom Anbausystem (Klee gras- bzw. Rapsvorfrucht auf ökologischen bzw. konventionellen Betrieben) hohe Mengen an ausgewaschenem Stickstoff auf (Abb. 2). In beiden Systemen konnte der Stickstoff aus den Residuen der Vorfrucht nicht vollständig über den Winter gerettet werden. In der abtragenden Fruchtfolgestellung wurde auf den ökologisch bewirtschafteten Flä-

chen jedoch eine deutlich niedrigere N-Auswaschung im Vergleich zum konventionellen System festgestellt.

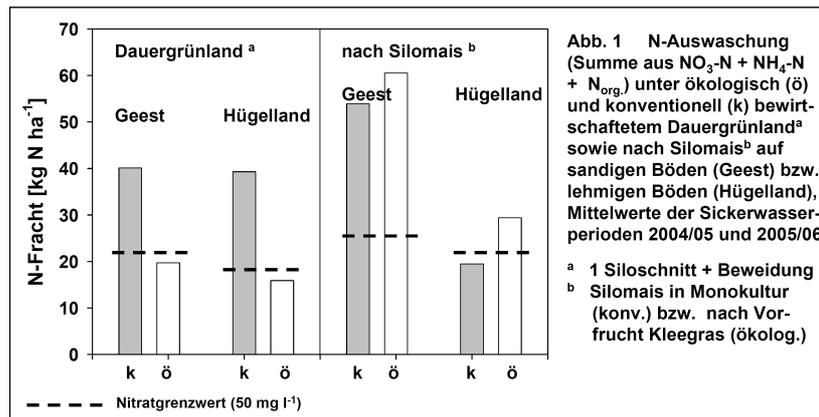


Abb. 1 N-Auswaschung (Summe aus NO₃-N + NH₄-N + N_{org}) unter ökologisch (ö) und konventionell (k) bewirtschaftetem Dauergrünland^a sowie nach Silomais^b auf sandigen Böden (Geest) bzw. lehmigen Böden (Hügelland), Mittelwerte der Sickerwasserperioden 2004/05 und 2005/06.

^a 1 Siloschnitt + Beweidung
^b Silomais in Monokultur (konv.) bzw. nach Vorfrucht Klee gras (ökolog.)

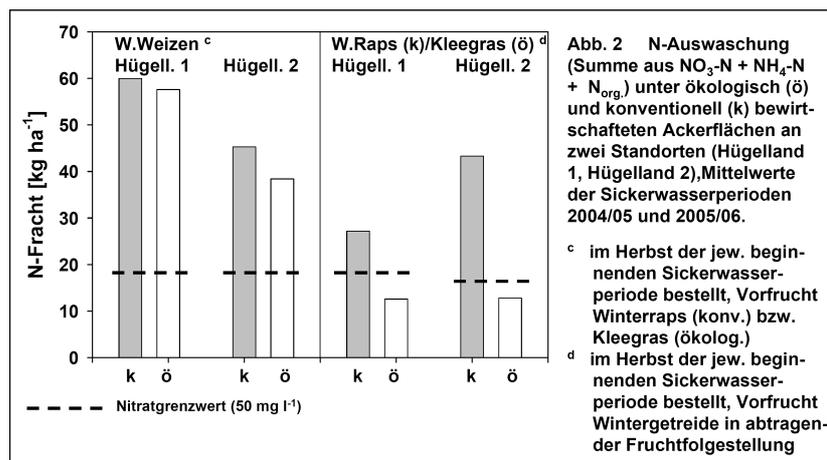


Abb. 2 N-Auswaschung (Summe aus NO₃-N + NH₄-N + N_{org}) unter ökologisch (ö) und konventionell (k) bewirtschafteten Ackerflächen an zwei Standorten (Hügelland 1, Hügelland 2), Mittelwerte der Sickerwasserperioden 2004/05 und 2005/06.

^c im Herbst der jew. beginnenden Sickerwasserperiode bestellt, Vorfrucht Winterraps (konv.) bzw. Klee gras (ökolog.)

^d im Herbst der jew. beginnenden Sickerwasserperiode bestellt, Vorfrucht Wintergetreide in abtragender Fruchtfolgestellung

Die Relevanz der in den ökologischen Anbausystemen festgestellten hohen N-Verluste durch Auswaschung ist in Bezug zum jeweiligen Anbauumfang der betreffenden Fruchtfolgeglieder zu sehen. Silomais macht auf den 8 ökologisch wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetrieben des COMPASS-Projektes im Durchschnitt nur 2% der Betriebsfläche aus. Mit möglicherweise zunehmender Bedeutung von Silomais im ökologischen Landbau ist den hohen N-Auswaschungsverlusten jedoch durch ein entsprechendes Anbausystem entgegenzuwirken. Auf Klee gras (12,7% der Fläche im Mittel der 8 ökologisch wirtschaftenden Marktfruchtbetriebe des Projektes) folgte jedoch im Durchschnitt der Erntejahre 2004-2006 zu 76% eine Winterung, und nur auf 24% der umgebrochenen Klee grasbestände folgte eine Sommerung. Im Hinblick auf die in der vorgestellten Untersuchung sowie in einer Anzahl früherer Arbeiten beo-

bachteten hohen N-Auswaschungsverluste besitzt diese Anbaupraxis eine nicht zu unterschätzende ökologische Relevanz, und führt zu vermeidbaren Verlusten wertvollen Stickstoffs aus dem Betriebskreislauf. Die standortspezifische kritische N-Fracht, bei denen im Mittel der beiden Versuchsperioden die mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser den geltenden EU-Grenzwert für Nitrat im Trinkwasser (50 ppm) überschreitet, ist in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellt. Aufgrund möglicher Denitrifikationsprozesse in den Bodenschichten zwischen der Tiefe der Saugkerzen (80 cm) und dem oberflächennahen Grundwasser ist der direkte Bezug zur Nitratbelastung des Grundwassers jedoch mit einer Unsicherheit behaftet. Unabhängig davon ist aus den dargestellten Ergebnissen ersichtlich, in welchen Anbausystemen eine potenzielle Gefährdung des Grundwassers besteht.

Schlussfolgerungen:

In Übereinstimmung mit einer Reihe früherer Arbeiten auf Parzellenebene (LOGES et al. 2006, DREYMANN 2005, TAUBE et al. 2005) konnten unter Praxisbedingungen auf ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Schleswig-Holstein vergleichsweise hohe N-Auswaschungsverluste unter Winterweizen nach einem Kleeerasumbruch im Spätsommer festgestellt werden. Auch nach einem Kleeerasumbruch im Frühjahr mit nachfolgendem Silomaisanbau wurde im folgenden Winter eine erhöhte N-Auswaschung beobachtet. Die nach wie vor in der Praxis nicht gelöste Fragestellung einer gezielteren Steuerung der N-Verfügbarkeit aus pflanzlichen Residuen im Hinblick auf den zeitlichen und mengenmäßigen Bedarf der Kulturpflanzen führt zu möglicherweise vermeidbaren N-Verlusten aus dem Betriebskreislauf. Die Optimierung des N-Kreislaufs ökologischer Anbausysteme wird auch weiterhin in zahlreichen Projekten des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau – an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel schwerpunktmäßig bearbeitet.

Danksagung:

Dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (MLUR) ist an dieser Stelle für die finanzielle Unterstützung des Projektes gedankt. .

Literatur:

- Dreyman S. (2005): N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Haas G. (2001): Organischer Landbau in Grundwasserschutzgebieten: Leistungsfähigkeit und Optimierung des pflanzenbaulichen Stickstoffmanagements. Verlag Dr. Köster, Berlin, 156 S.
- Loges R., Kelm M., Taube F. (2006): Nitrogen balances and energy efficiency of conventional and organic farming systems on fertile soils in northern Germany. *Advances in GeoEcology* 38: 407-414.
- Taube F., Kelm M., Loges R., Latacz-Lohmann U. (2005): Vergleich des ökologischen und konventionellen Ackerbaus im Hinblick auf Leistungen und ökologische Effekte auf Hohertragsstandorten Norddeutschlands. *Berichte über Landwirtschaft* 83: 165-176.
- Taube F., Kelm M., Verreet J.-A., Hüwing H. (2006): COMPASS – Vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion in ökologischen und konventionellen Betrieben Schleswig-Holsteins. In: Vorträge zur Hochschultagung 2006 der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, S. 121-129.

Der Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst – Konzeption und Versuchsaufbau**Long-term monitoring Trenthorst – conception and study setup**D. Schaub¹, H. M. Paulsen¹, H. Böhm¹ und G. Rahmann¹**Keywords:** long-term monitoring, production systems, soil fertility, plant nutrition**Schlagwörter:** Dauerbeobachtungsversuch, Betriebssysteme, Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung**Abstract:**

Although the crop rotation is an essential element of organic farming, only few long-term trials exist which compare different crop rotations under temperate climate. The long-term monitoring Trenthorst was established in 2003 and comprises the different crop rotations of two cash crop farms and three livestock farms specialised in dairy, pigs and goats/oil seeds respectively. In addition to the comparison of crop rotations under practical farm conditions the long-term monitoring study aims to analyse the development of soil parameters, yields and crop qualities after the conversion to organic agriculture. On each arable field four monitoring points were established, where the relevant parameters are measured. The yields of the first three years are presented in a separate paper (SCHAUB et al. 2007).

Einleitung und Zielsetzung:

Der ökologische Landbau beruht wesentlich auf langfristig wirkenden Maßnahmen, wie einer geeigneten Fruchtfolgegestaltung und organischer Düngung, so dass Langzeitversuche für ihn besonders wichtig sind. Von den Dauerbeobachtungsversuchen im ökologischen Landbau unter gemäßigten Klimabedingungen untersuchen allerdings relativ wenige die Wirkung verschiedener Fruchtfolgen (ENTZ et al. 2005, TAUBE et al. 2005, OLESEN et al. 2002, BECKMANN et al. 2001). Zumeist handelt es sich um Parzellenversuche, so dass im Vergleich zu Praxisbetrieben idealisierte Bedingungen herrschen und betriebliche Kreisläufe in Futterbaufuchtfolgen oft nur simuliert werden können. Um verschiedene ökologische Fruchtfolgen unter Praxisbedingungen vergleichen zu können, wurde der Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst eingerichtet. Er umfasst zwei Marktfruchtfolgen, die Fruchtfolge eines milchviehhaltenden Betriebes, eines schweinehaltenden Betriebes und eines Gemischtbetriebes mit Milchziegen- und Rinderhaltung. Ziel ist es, die Entwicklung von Bodennährstoffgehalten, von Erntemengen und -qualitäten sowie der Biodiversität auf den Betriebsflächen nach der Umstellung auf den ökologischen Landbau zu verfolgen und die Nährstoffkreisläufe auf ökologischen Betrieben detailliert zu untersuchen. Durch einen Vergleich der Ergebnisse mit den Resultaten von Parzellen-Langzeitversuchen kann deren Übertragbarkeit in die Praxis besser eingeschätzt werden. Im Folgenden wird der Versuchsaufbau detailliert beschrieben. Die Ertragsentwicklung ist Thema eines separaten Artikels (SCHAUB et al. 2007).

¹Institut für Ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Trenthorst 32, 23847 Westerau, Deutschland, dagmar.schaub@fal.de

Methoden:**Standort:**

Der Versuchsbetrieb Trenthorst liegt ca. 15 km südwestlich von Lübeck im Ostholsteinischen Hügelland, zwischen 10 und 30 m über NN. Die Flächen weisen eine geringe Hangneigung auf, die vorherrschende Bodenart ist Lehm. Unter Beachtung der Flächengrößen ergibt sich eine mittlere Ackerzahl von 54. Weitere Boden- und Klimadaten können den Tab. 1 und 2 entnommen werden.

Tab. 1: Standortdaten des Versuchsbetriebes Trenthorst.

Bodenart	vorherrschend L4D, L5D; z.T. sL3D bis LT4D
Bodenzahl	Mittelwert 56 (38 bis 60)
Ackerzahl	Mittelwert 54 (38 bis 59)
Grünlandzahl	Mittelwert 51 (42 bis 56)
Mittlerer Jahresniederschlag* (dav. April-Sept.)*	602 mm (340 mm)
Jahresdurchschnittstemperatur* (Ø April-Sept.)*	9,0 C (14,4 C)
Sonnenscheindauer* (dav. April-Sept.)*	1780 h (1260 h)

* für die Jahre 2003 bis 2005

Tab. 2: Bodendaten der Betriebe im Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst.

Betrieb	Körnungsanteil im Feinboden (Standardabweichung) [% in TM]			C _{org} Acker/Grünland [% in TM Feinboden]
	Sand	Schluff	Ton	
Marktf Frucht klein	41,6 (4,4)	35,9 (2,2)	20,7 (2,5)	1,37
Marktf Frucht verpachtet	48,1 (14,7)	30,8 (7,6)	20,4 (7,8)	1,26
Milchvieh	44,3 (6,2)	34,4 (3,9)	19,7 (3,1)	1,30/ 2,42
Gemischt	38,6 (3,9)	37,4 (2,0)	23,4 (2,5)	1,22/ 3,17
Schweinehaltung	43,3 (7,5)	35,7 (4,4)	19,1 (4,7)	1,32

Betriebsstruktur und Bodenbearbeitung:

Von den 600 ha Gesamtfläche werden 480 ha landwirtschaftlich genutzt. Vor Beginn der Umstellungsphase im Erntejahr 2001 wurde konventioneller Ackerbau betrieben mit der Fruchtfolge Winterraps-Winterweizen-Wintergerste und vereinzelter Grünbrache. Dabei kam seit 1997 kein Mineraldünger mehr zum Einsatz. Seit Anfang 2003 ist der Betrieb vollständig auf den ökologischen Landbau umgestellt und nach der EU-Ökoverordnung (EWG Nr. 2092/91) anerkannt. Der Versuchsbetrieb ist in fünf eigenständige Einzelbetriebe aufgeteilt, die jeweils unterschiedliche Produktionssysteme repräsentieren (Tab. 3).

Tab. 3: Betrachtete Fruchtfolgen im Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst.

Betrieb	Acker- bzw. Grünlandfläche [ha]	Tierbestand	Fruchtfolge
			* Klee gras-Untersaat
Marktf Frucht klein (MaB)	31	-	Klee gras – Winterweizen – Hafer – Erbse – Winterraps – Triticale*
Marktf Frucht verpachtet (PB)	105	-	Anpassung an Marktlage, Grundfruchtfolge Weizen/Ackerbohne – Klee – Winterweizen – Klee – Dinkel
Milchvieh (MiB)	64/39	70 Milchkühe und Kälber	2j. Klee gras – Winterweizen – Hafer/Ackerbohnen – Erbsen/Sommergerste – Triticale*
Gemischt (GB)	60/50	50 Mutterziegen und Lämmer sowie Junggrinder des MiB	Klee gras – Winterraps – Erbse/ Leindotter – Winterweizen – Öllein – Triticale
Schweinehaltung (SB)	68	43 Sauen und Ferkel	noch nicht etabliert, Anbau von Klee gras, Silomais, Lupine, Sommergerste, Ackerbohne, Hafer

Der größere Marktfruchtbetrieb ist verpachtet und passt seine fünfgliedrige Fruchtfolge an die Marktlage an. Auf den übrigen Betrieben besteht eine je sechsgliedrige Fruchtfolge, die den Bedarf des Einzelbetriebes (Erzeugung von Marktprodukten bzw. Futter) deckt. Bei der Konzeption der Fruchtfolgen des Gemischt- und des kleinen Marktfruchtbetriebes wurde Wert auf die Einbeziehung von Ölpflanzen gelegt, um Fragestellungen zu diesen Kulturen untersuchen zu können. Die Ackerflächen aller Betriebe sind in jeweils 6 Schläge aufgeteilt, so dass in sämtlichen Teilbetrieben mit Ausnahme des verpachteten Marktfruchtbetriebes alle Fruchtfolgeglieder in jedem Jahr auf einem Schlag vertreten sind. Der anfallende organische Dünger wird nur auf den Flächen des jeweiligen Teilbetriebes ausgebracht. In den Marktfruchtbetrieben werden die Fruchtfolgeglieder Klee bzw. Klee gras als Gründüngung gemulcht und das Stroh überwiegend als Strohdüngung eingearbeitet.

Die Bodenbearbeitung ist in den nicht verpachteten Teilbetrieben prinzipiell gleich. Zu sämtlichen Kulturen erfolgt eine in der Regel zweimalige Stoppelbearbeitung, gefolgt von einer Herbst- bzw. (in Ausnahmefällen) Winterfurche. Die Pflugtiefe beträgt 25-27 cm, nur in den Erntejahren 2005 und 2006 wurde zu Raps ein zusätzlicher Untergrundlockerer eingesetzt. Die Saatbettbereitung wird meist zweimal durchgeführt, als separater Arbeitsgang und in Kombination mit der Aussaat.

Im verpachteten Marktfruchtbetrieb wird zu Weizen und Dinkel die Vorfrucht Klee gras direkt untergepflügt (Pflugtiefe 20 cm). Danach erfolgt eine intensive Saatbettbereitung in zwei separaten Arbeitsgängen und in Kombination mit der Aussaat. Zu Körnerleguminosen und Körnerleguminosengemengen wird nach einer zweimaligen Stoppelbearbeitung eine Herbstfurche (Pflugtiefe 25 cm) und im Frühjahr nach einer separaten Saatbettbereitung die Aussaat in Kombination mit Saatbettbereitung durchgeführt. Klee gras wird in der Regel als Untersaat etabliert.

Dauerbeobachtungsversuch:

Auf sämtlichen Ackerflächen des Versuchsbetriebes Trenthorst sowie auf einer repräsentativen Auswahl von Grünlandschlägen wurden Dauerbeobachtungsflächen (DB-Flächen) mit einer Größe von jeweils einem Hektar eingerichtet. Auf allen Ackerflächen des Milchvieh- und des kleinen Marktfruchtbetriebes befindet sich für den Vergleich der Bewirtschaftung mit bzw. ohne mineralische Düngung je eine zusätzliche DB-Fläche. Während auf einer der zwei DB-Flächen je Schlag auf jegliche mineralische Düngung verzichtet wird, kommen auf der anderen DB-Fläche im ökologischen Landbau zugelassene Mineraldünger zum Einsatz, wenn dies durch die Entwicklung der Bodennährstoffgehalte notwendig werden sollte.

Innerhalb jeder Dauerbeobachtungsfläche wurden mit einem Abstand von je 60 m vier Dauerbeobachtungspunkte (DB-Punkte) georeferenziert, an denen die Probenentnahmen erfolgen. Zusätzlich wurden vier DB-Flächen auf benachbarten konventionell bewirtschafteten Schlägen eingerichtet, so dass der gesamte Versuch 53 DB-Flächen mit 212 DB-Punkten umfasst. Seit 2003 werden jährlich in Zusammenarbeit mit den Instituten für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft (FAL-PG), für Pflanzenernährung und Bodenkunde (FAL-PB) und für Agrarökologie (FAL-AOE) für jeden DB-Punkt Bodennährstoffgehalte und bodenbiologische Parameter bestimmt, Nährstoffanalysen und Bestandsbonituren an wachsenden Beständen durchgeführt sowie Erntemengen und -qualitäten ermittelt (Tab. 4). In mehrjährigem Abstand werden Daten zur Biodiversität erhoben. Zur genauen Charakterisierung der Bodenverhältnisse werden einmalig eine Körnungsanalyse für sämtliche DB-Punkte und eine Bodenprofilansprache in jeder DB-Fläche durchgeführt.

Tab 4: Erhobene Parameter im Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst.

Gegenstand	DB-Fläche/ Kultur	Zeitpunkt	Untersuchungsparameter
Boden	alle	vor Vegetationsbeginn (Februar/ März)	Mineralischer Stickstoff (N _{min})
			NO ₃ , NH ₄ in 0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe
			Pflanzenverfügbare Nährstoffe
			P, K, Mg in 0-30 cm Tiefe
			pH-Wert in 0-30 cm Tiefe
			Humusgehalt und mikrobielle Aktivität
			C _{org} , C _{mik} , N _i in 0-30 cm Tiefe
Pflanze (wachsender Bestand)	alle	Beginn Schossen (Körnerfrüchte), bzw. Erster Schnitt (Grünland u. Feldfutter)	Nährstoffanalyse N, P, K, Mg, S; Cu, Zn, Mn
Pflanze (Ernte)	Körner- früchte	Ernte	Ertrag
			Korn- u. Strohertrag, Trockenmasse, TKG
	Grünland u. Feldfutter	jeder Schnitt	Qualität
			Eiweiß-, Ölgehalt, TKG
			Mykotoxingehalt (Jahre 2003-2005)
			Ertrag
			Menge, Trockenmasse
			Nährstoffanalyse
			Weender Analyse, ADF, NDF, Co, Se
			Mykotoxingehalt (Jahre 2003-2005)
Biodiversität	Auswahl	mehnjähriger Abstand	Fauna
			Laufkäfer und Spinnen, Feldlerchen
			Flora

Zusammenfassung:

Der Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst mit dem Ziel des Vergleichs verschiedener ökologischer Fruchtfolgen unter Praxisbedingungen wurde erfolgreich etabliert. Seit 2003 werden jährlich eine Vielzahl von Boden- und Pflanzenparametern erhoben und ihre Entwicklung verfolgt.

Literatur:

Beckmann U., Kolbe H., Model A. und Russow R. (2001): Ackerbausysteme im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung von N-Bilanz und Effizienzkennzahlen. http://orgprints.org/3947/01/UFZ_GasfEmiss_Abschlb.pdf, (Abruf 20.8.2006).

Entz M., Hoepfner J. W., Wilson L., Tenuta M., Bamford K. C. und Holliday N. (2005): Influence of organic management with different crop rotations on selected productivity parameters in a long-term canadian field study. In: Köpke U., Niggli U., Neuhoff D., Cornish P., Lockeretz W. und Willer H. (eds.): Researching sustainable systems. Proceedings of the First Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research, 21 – 23 September 2005 in Adelaide, S. 206-207.

Olesen J. E., Rasmussen I. A., Askegaard M. und Kristensen K. (2002): Whole-rotation dry matter and nitrogen grain yields from the first course of an organic farming crop rotation experiment. *J Agric Sci* 139: 361-370.

Schaub D., Böhm H., Paulsen H. M. und Rahmann G. (2007): Der Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst – Ertragsentwicklung in verschiedenen Fruchtfolgen und Kulturen 2003 bis 2005. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 20.-23. März 2007 in Hohenheim.

Taube F., Loges R., Kelm M. und Latacz-Lohmann U. (2005): Vergleich des ökologischen und konventionellen Ackerbaus im Hinblick auf Leistungen und ökologische Effekte auf Hohertragsstandorten Norddeutschlands. *Berichte über Landwirtschaft* 83: 165-176.

**Effekte veredelter Rohmaterialien angewandt als Dünger oder
Wachstumsstimulatoren auf Pflanzenwachstum und -gesundheit**

**Crop growth and plant health effects of processed raw materials applied as
fertilisers or growth stimulators**

E. Schulte - Geldermann¹, M. Behrens², M. R. Finckh²,
J. Heß¹ und C. Bruns¹

Keywords: plant nutrition, plant protection, soil fertility

Schlagwörter: Pflanzenernährung, Pflanzenschutz, Bodenfruchtbarkeit

Abstract:

In an EU CRAFT project (COOP-CT-2004-508458) running from March 2004 to March 2006, an international consortium of producers of environmentally benign crop inputs, RTD performers and end users, evaluated the production and use of products manufactured from different raw materials such as seaweeds, pine needles, trees and herbaceous species or physically hydrolysed bovine fur and hair residues. At the field level, the products were applied as solid pellets or liquids, as fertilisers or sprays, respectively. This paper presents as an example results from field trials of organically grown potatoes and tomatoes at the University of Kassel. Assessments were performed on yield, plant health and quality aspects. In most of the experiments solid products (pellets) with nitrogen contents between 7 to 12% resulted in comparable growth effects as obtained with horneal fertilisers. However, one of the liquid products applied as a spray in potatoes increased yield significantly. A combination of the same liquid and a solid product based on plant raw materials reduced plant and fruit late blight in a field trial with open-field tomatoes. It is concluded that especially the combination of well adapted liquid and solid products can have promising effects on crop performance.

Einleitung und Zielsetzung:

Im Rahmen eines EU CRAFT Projektes (COOP-CT-2004-508458) (März 2004 bis März 2006) kamen Hersteller von organischen Zukaufdüngern und Pflanzenstärkungsmitteln, Wissenschaftler und Landwirte aus sechs europäischen Ländern zusammen, um neue organische Zusätze zur Düngung und Pflanzenstärkung im Gemüseanbau zu testen und weiterzuentwickeln.

Bei den Produkten handelte es sich um Dünge- und Pflanzenstärkungsmittel, hergestellt auf Basis pflanzlicher und tierischer Rohstoffe. Bei der Produktion sollen aktive organische Verbindungen extrahiert werden, die sich laut Hersteller positiv auf Pflanzenwachstum, Bodenleben, Pflanzengesundheit und Ernteproduktqualität auswirken. Als Basissubstanzen der Produkte wurden u. a. Seetang, Algen, Komposte, mehrere Kräuterarten, Kiefernadeln sowie physikalisch hydrolysiertes Rinderfell verwendet.

Die Zielstellung des Projektansatzes war die Überprüfung von Qualität und Wirkungsweise innovativer organischer Dünge- und Pflanzenstärkungsmittel. Produktqualität und -konsistenz wurden in Laboranalysen untersucht. Wirkungen auf Boden, Pflanzenwachstum und -gesundheit an mehreren Versuchskulturen aus Obst- und Gemüsebau an mehreren Standorten in Europa erhoben.

¹Fachgebiet Ökologischer Landbau, Universität Kassel, 37213 Witzenhausen, Deutschland

²Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Universität Kassel, 37213 Witzenhausen, Deutschland

Neben Ertragshebungen wurden Qualitätsparameter beim Erntegut wie z.B. Lagerfähigkeit, Stärke- und Zuckergehalte sowie Gehalte an sekundären Metaboliten untersucht. Feld- und Gewächshausversuche wurden sowohl in konventionellen als auch ökologische Bewirtschaftungssystemen durchgeführt. Hinsichtlich ökologischer Bewirtschaftungssysteme sollten potentielle Alternativen zu anderen organischen Düngemitteln (z.B. Hornmehl), sowie mögliche Effekte von Pflanzenstärkungsmitteln getestet und ggf. in die Anbausysteme integriert werden.

Die Versuche in Ökologischen Bewirtschaftungssystemen wurden an der Universität Kassel durchgeführt, ausgewählte Ergebnisse werden im Artikel dargestellt.

Methoden:

Auf Versuchsflächen der Universität Kassel wurden Wirkungsweisen ausgewählter, für den Ökologischen Landbau nach EU-Verordnung 2092/91 zugelassener organischer Zukaufdünger und Pflanzenstärkungsmittel (Wachstumsstimulation) im Feldversuch mit Kartoffeln, Tomaten und Spinat getestet (Tab. 1 u. 2).

Produkt	Hersteller	N:P:K (%)	Rohmaterial	Kultur (Anwendungsjahr)
Bio-Ilsa No.12	ILSA, Italien	12:0:0	Phys. Hydrol. Rinderfell	Kart. (04-06), Tom. (05); Spinat. (05)
Bio-Ilsa No.10	ILSA, Italien	10:0:0	Phys. Hydrol. Rinderfell	Spinat (05)
BioFeed Basis	AgroBio Products, NL	7,5:2:4	Pflanzen incl. Seetang; bakterielle u. pilzliche Extrakte, P u. K	Kart. (05-06); Tom. (05-06); Spinat. (05)
BioFeed Ecomix	AgroBio Products, NL	7,5:4:4	Tier. u. pflanzl. Mat.; bakterielle u. pilzliche Extrakte, P u. K	Kart.(04); Spinat. (05)

Produkt	Hersteller	Rohmaterial (extrahiert)	Kultur
BioFeed Quality	AgroBio Products, NL	Seetang, Knoblauch	Kart. (05-06); Tom. (05-06); Spinat
BioFeed Enzym	AgroBio Products, NL	Seetang, <i>Aspergillus aculeatus</i>	Kart.(04)
Ausma	Biolat, Litauen	Kiefernadeln	Kart.(04), Tom. (05-06)

Der Versuchsaufbau basierte jeweils auf einer voll randomisierten Blockanlage in vier Wiederholungen. Die varianzanalytische Auswertung der Versuche erfolgte mittels der GLM-Prozedur im Softwarepaket SPSS 11.5, Mittelwertvergleiche erfolgten nach Bonferroni-Holm ($p \leq 0,05$). Ergebnisse aus drei Kartoffelversuchen (2004 bis 2006) und einem zweijährigen Feldversuch mit Tomaten (2005 u. 2006) werden im Vergleich zu einer Referenzbehandlung dargestellt (Daten aus 2006 z. T. noch nicht vorhanden).

Ergebnisse und Diskussion:

Die getesteten Dünger zeigten in allen Versuchen ein mit der Referenz (Hornmehl) vergleichbares N-Mineralisationsverhalten im Boden. Im Versuchsjahr 2004 bei Kartoffeln war eine leicht verzögerte Mineralisation der Dünger *Bio-Ilsa No. 12* und *BioFeed Ecomix* zu erkennen, welches sich auch bei der Ertragserbung Mitte Juli abzeichnete. Zu diesem Zeitpunkt lagen sie um 8 bzw.10% unter dem Ertrag der Referenz, diese Ertragsdifferenz wurde allerdings bis zum Ende der Vegetation kompensiert (Tab. 3). In den anderen Versuchsjahren sowie bei den Tomaten- und Spinatversuchen

(Daten nicht dargestellt) waren das N-Mineralisationsverhalten und der Ertragsaufbau kaum unterschiedlich zur Referenzdüngung. Allerdings war der Kartoffelertrag zur Haupternte 2006 in den Parzellen gedüngt mit *Bio-Ilsa No. 12* und *BioFeed Basis* signifikant höher als in der Referenz, wenn auch absolut nur um jeweilig etwa $1\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tab. 3 : Relative Kartoffelerträge Mitte Juli und zur Endernte beim Einsatz von ausgewählten organischen Zukaufdüngern ($40\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) im Vergleich zur Referenzdüngung mit Hornmehl (=100)

Produkt	<i>Bio-Ilsa No. 12</i>		<i>BioFeed Basis</i>	<i>BioFeed Ecomix</i>
Jahr	2004	2006	2006	2004
Ertrag Mitte Juli	92 *	101 ^{n.s.}	103 ^{n.s.}	90 *
Endertrag	103 ^{n.s.}	103 *	103 *	100 ^{n.s.}

* = signifikante Differenz zur Referenzdüngung

Im Spinatversuch (2005) verursachte die Düngung mit *BioFeed-Ecomix* Auflaufschäden von 60-100%. Unter anderem aufgrund dieser Erkenntnisse wird *BioFeed-Ecomix* vom Produzenten nicht mehr hergestellt (STUTTERHEIM 2006). Die eingesetzten flüssigen Produkte zeigten keine befallsmindernde Wirkung bei den wichtigsten Kartoffelkrankheiten wie *P. infestans*, *R. solani* und *Alternaria*-Arten. Allerdings waren die Knollenerträge durch die Behandlung mit dem Wachstumsstimulant *BioFeed-Quality* im Jahr 2005 signifikant höher als in der Kontrolle ($+2\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Tab. 4). Da *BioFeed-Quality* keinen Einfluss auf den Krautfäulebefall oder sonstige wachstumsbegrenzende Faktoren hatte sowie die Menge an applizierten Nährstoffen nach Laboranalyse im Bereich von wenigen Milligramm lag, ist die Wahrscheinlichkeit einer physiologischen Anregung gegeben. Dieses wurde untermauert durch höhere Krautmasserträge bei Behandlung mit *BioFeed-Quality* bei den Zeiternten (75 und 97 Tage nach dem Legen). Ähnliches stellten NEUHOF et al. (2002) bei Kartoffeln fest.

Tab. 4.: Kartoffelerträge zur Endernte beim Einsatz von ausgewählten organischen Zukaufdüngern ($75\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) und eines Wachstumsstimulators im Vergleich zu den jeweilig unbehandelten Kontrollen in einem Versuch aus dem Jahr 2005. Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede (Bonferroni-Holm $P = 0,05$)

	Kontrolle		<i>BioFeed-Quality</i>	
	$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	rel. Ertrag	$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	rel. Ertrag
Keine N- Düngung	25,1 A	100	26,9 A	107
<i>BioFeed-Basis</i>	33,4 B	133	35,1 B	140
<i>Bio-Ilsa 12</i>	34,4 B	137	36,6 B	146
Mittelwert	32,8 a	100	34,7 b	106

Durch Anwendung mit Braunalgenextrakten wurde eine Stimulation des Krautwachstums erreicht, welches die Photosyntheseleistung und somit den Ertrag erhöhte, wohingegen KOLBE et al. (1998) durch Anwendung von Algenextrakten keine Ertragswirksamkeit feststellen konnte. Zur Bewertung des Pflanzenstärkungsmittels sind weitere Untersuchungen bezüglich der Art und Häufigkeit der Mittelapplikation sowie der Mittelformulierung hinsichtlich der Blatthafteigenschaften von Interesse. Nach NEUHOFF et al. (2002) hängt die Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln in hohem Maße von den genannten Faktoren ab.

Im Freiland-Tomatenversuchsjahr 2005 wurde der Blattbefall mit *Phytophthora infestans* bei der Sorte Matina (Dreschflegel e.V. Witzenhausen) durch die *BioFeed-Basis*, *BioFeed-Basis + BioFeed-Quality*, *BioFeed-Basis + Ausma* und *Ilsa 12* signifikant gegenüber der Referenz (Hornmehl) verringert (Daten nicht dargestellt). Die deutlich geringste Infektion wies eine Kombinationsbehandlung von *BioFeed-Basis + Ausma* auf. Diese Unterschiede ergaben sich auch im Anteil braunfauler Früchte, so dass der vermarktungsfähige Fruchtertrag der oben genannten Mittel/kombinationen höher war als in der Referenz mit Hornmehl. Ein signifikanter Unterschied zur Referenz konnte durch die Behandlungen *BioFeed-Basis* und *BioFeed-Basis + Ausma* nachgewiesen werden. Im laufenden Versuchsjahr (2006) bestätigen sich nach den bisher erhobenen Daten, bei insgesamt sehr geringem Befall mit *P. infestans*, diese Wirkungen allerdings nicht.

Schlussfolgerungen:

In den durchgeführten Versuchen zeigten sich insbesondere die eingesetzten organischen Dünger auf Pflanzenbasis als taugliche Alternative zu Hornmehldüngern in Bezug auf Mineralisationsverhalten und Ertragsaufbau. Die positiven Ergebnisse des eingesetzten Pflanzenstärkungsmittel *BioFeed Quality* auf den Kartoffelertrag, sowie die teilweise positiven Effekte der Kombination der getesteten neuartigen Dünger und Pflanzenstärkungsmittel auf den Befall von Blatt und Früchten mit *P. infestans* sowie Qualität bei Tomaten zeigen mögliche Anwendungsgebiete auf. Weitere Untersuchungen wären allerdings erforderlich um genauere Wirkungen, Mengendosierungen und optimale Applikationszeitpunkte zu erkennen um mögliche Anwendungen zu optimieren.

Danksagung:

Das CRAFT-Projekt wurde von der Europäischen Kommission im Rahmen des Sixth Framework Programme unterstützt (EC contract COOP-CT-2004-508458-BFPs).

Literatur:

Kolbe H. und Blau B. (1998) : Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln auf verschiedene Kulturarten, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft; 3. Jahrgang Heft 5.

Neuhoff D., Klinkenberg H. J., Köpke U. (2002): Kartoffeln im organischen Landbau: Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) (Mont. de Bary). Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Nr. 89, Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn.

Stutterheim N.C. (2006): Persönliche Mitteilungen, AgroBioProducts, Wageningen, Niederlande.

Wirkungen von ‚Effektiven Mikroorganismen EM‘ auf pflanzliche und bodenmikrobiologische Parameter im Feldversuch

Effects of ‚Effective Microorganisms EM‘ on plant and microbiological parameters in a field experiment

J. Mayer¹, S. Scheid¹, F. Widmer¹, A. Fließbach² und H.-R. Oberholzer¹

Keywords: soil fertility, plant nutrition, effective microorganisms

Schlagwörter: Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung, Effektive Mikroorganismen

Abstract:

The effectiveness of the bio-fertilizer ‚Effective Microorganisms‘ (EM) was investigated in a four years field experiment (2003-2006) at Zürich, Switzerland. The experiment was arranged to separate the effect of the microorganisms in the EM treatments (Bokashi and EMA) from its substrate (sterilized treatments). Crop yields and soil microbiological parameters as soil respiration and microbial biomass were determined. The EM treatments showed no effect on yield and soil microbiology which were caused by the EM microorganisms. Observed effects could be related to the effect of the carrier substrate of the EM preparation. The sampling time showed stronger effects on soil microbial biomass (SIR) and soil respiration compared to the effect of the treatments. Hence ‚Effective Microorganisms‘ will not be able to improve yields and soil quality in mid term (3 years) in organic arable farming.

Einleitung und Zielsetzung:

Das aus Japan stammende Präparat „Effektive Mikroorganismen“ (EM) ist in seiner Anwendung im ökologischen Landbau weit verbreitet. Die vom Hersteller empfohlenen Anwendungsgebiete des aus ca. 80 verschiedenen Mikroorganismen zusammengesetzten Präparates (Angaben der Hersteller <http://www.em-shop-schweiz.ch>) umfassen u. a. die Bereiche Tiergesundheit und -ernährung, Wirtschaftsdüngeraufbereitung, Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenbau. Praktiker berichten über deutlich positive Wirkungen des Präparates in der Landwirtschaft. Allerdings finden sich in der wissenschaftlichen Literatur nur wenige Hinweise, die eine breite Wirkungsweise von „EM“ belegen. Studien über Wirkungen im Ackerbau unter mitteleuropäischen Klimabedingungen fehlen.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Auswirkungen einer mehrjährigen Anwendung von „Effektiven Mikroorganismen“ auf den Pflanzenertrag sowie bodenmikrobiologische Parameter unter Feldbedingungen zu untersuchen.

Methoden:

Auf einer nach den Richtlinien der BioSuisse bewirtschaftenden Fläche der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART in Zürich (Regosol, schwach verbraunt, 8.5°C, 1042 mm) wurde von 2003 - 2006 ein Feldversuch (Blockanlage, 4 Wdh.) angelegt und verschiedene EM-Präparate und Präparatkombinationen ausgebracht (Tab. 1). Die Bokashi-Applikation und die erste EMA-Spritzung erfolgten zur Saat, die weiteren Spritzungen ab Vegetationsbeginn gleichmäßig verteilt bis zur Blüte bzw. nach den Schnitten bei Luzerne. Um die Wirkung der Mikroorganismen im Präparat von derjenigen der Trägersubstanz unterscheiden zu können, wurde neben der

¹Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Schweiz, jochen.mayer@art.admin.ch

²Forschungsinstitut für biologischen Landbau FIBL, Ackerstrasse, 5070 Frick, Schweiz

Kontrolle ohne EM-Behandlung jedem EM-Verfahren eine Kontrolle mit dem autoklavierten EM-Präparat gegenübergestellt.

Tab. 1: Verfahren des EM-Feldversuches. Bok = Bokashi (EM-Mikroorganismenkonzentrat + Zuckerrohrmelasse + Weizenkleie, fermentiert), Sp = Spritzung mit EMA (EM-Mikroorganismenkonzentrat + Zuckerrohrmelasse + H₂O, fermentiert), RM = Rottemist, au = autoklaviert.

Nr.	Verfahren	EM-Bokashi ¹	EMA Spritzung ¹	Rottemist ¹
1	Kontrolle	-	3 x Wasser	-
2	Bok+Sp	3 t ha ⁻¹	3 x	-
3	Bok+Sp au	3 t ha ⁻¹ au	3 x au	-
4	Sp	-	3 x ²	-
5	Sp au	-	3 x au ²	-
6	Bok+Sp+RM	3 t ha ⁻¹	3 x	10 t ha ⁻¹
7	Bok+Sp+RM au	3 t ha ⁻¹ au	3 x au	10 t ha ⁻¹

¹Applikationen bzw. Mengen pro Jahr ²2003 zusätzliche EM-Beizung des Kartoffelpflanzgutes.

Folgende Kulturen wurden im Versuchszeitraum angebaut: 2003 Kartoffeln, 2004 W-Gerste, 2005 Luzerne und 2006 W-Weizen. Neben den Ernteerträgen wurden die bodenmikrobiologischen Parameter mikrobielle Biomasse mit den Methoden „Substratinduzierte Respiration“ (SIR) und „Chloroform-Fumigations-Extraktion“ (CFE) sowie die Bodenatmung bestimmt. Die Bodenprobenahmen (0-20cm) erfolgten im März 2005, im Oktober 2005 jeweils kurz vor und nach der Ausbringung der EM-Präparate und im März 2006.

Ergebnisse und Diskussion:

Erträge

Die Erträge der nicht autoklavierten EM-Verfahren 2, 4 und 6 waren mit Ausnahme des Verfahrens 2 bei Kartoffeln (2003) tendenziell erhöht verglichen mit den Erträgen der Kontrolle (Verfahren 1) (Tab. 2).

Tab. 2: Hauptfruchterträge der Jahre 2003 bis 2005 (Mittelwerte).

Nr.	Verfahren	Kartoffeln 2003	W-Gerste 2004	Luzerne 2005 ¹
		(dt FM ha ⁻¹)	(dt FM ha ⁻¹)	(dt TS ha ⁻¹)
1	Kontrolle	274	29,5	140
2	Bok+Sp	270	40,0	145
3	Bok+Sp au	269	38,0	144
4	Sp	333	33,0	146
5	Sp au	306	28,8	138
6	Bok+Sp+RM	303	36,3	151
7	Bok+Sp+RM au	290	37,5	147

¹Summe von 4 Schnitten

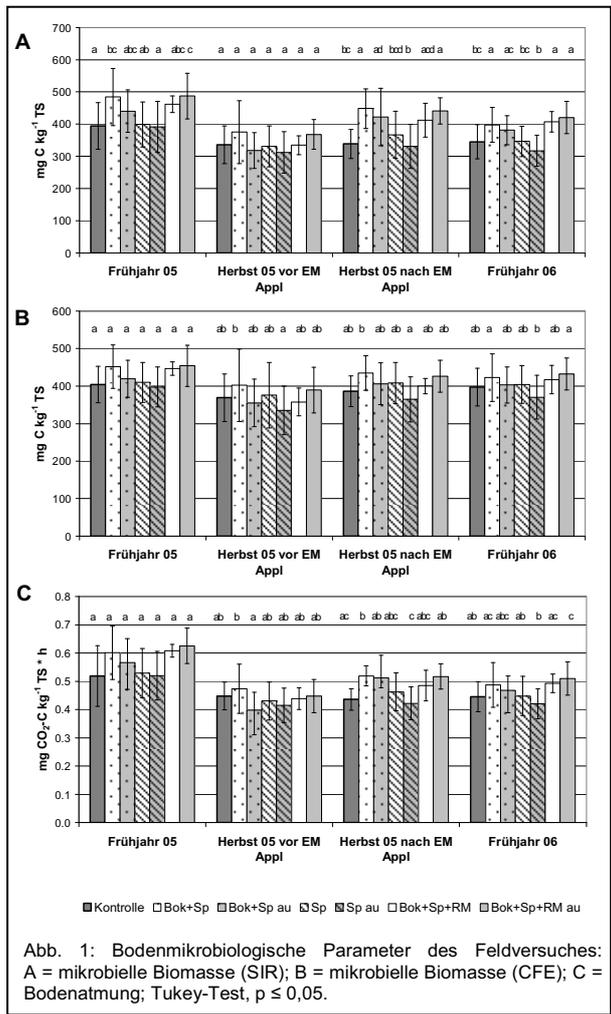
Am deutlichsten fielen die Unterschiede im zweiten EM-Applikationsjahr (2004) bei Gerste aus. Das Verfahren 2 zeigte mit einem Mehrertrag von 36% die größte Differenz zur Kontrolle (Verfahren 1), gefolgt vom Verfahren 6 mit einer zusätzlichen Rottemistapplikation (23%). Für das Verfahren 4 (reine EM-Spritzung) konnten die kleinsten Unterschiede beobachtet werden (12%). Trotz der vergleichsweise hohen Ertragsunterschiede waren diese nicht signifikant. Dies zeigte sich auch im Jahr 2003 für Kartoffeln und im Jahr 2005 bei Luzerne. Der Vergleich des jeweiligen Verfahrens mit seiner autoklavierten Kontrolle (2 vs. 3; 4 vs. 5; 6 vs. 7) zeigte ebenfalls keine Unterschiede. Mit dem Bokashi wurden den Flächen erhebliche Nährstoffmengen zugeführt (Verfahren 2, 3, 6 und 7). Die Nährstoffzufuhr betrug 401 kg N, 16 kg P, 33 kg K und 7 kg Mg pro ha und Jahr. Die potenziellen Ertragsdifferenzen zwischen

den Verfahren 2, 3, 6 und 7 und der Kontrolle (Verfahren 1) dürften deshalb Effekte aufgrund der Nährstoffzufuhr mit der Trägersubstanz Bokashi sein. Die Unterschiede zwischen den Verfahren 4 und 5 und der Kontrolle (Verfahren 1) lassen sich durch standortbedingte Unterschiede des Humusgehalts des Bodens der Versuchsanlage erklären (vergleiche Tabelle 3).

Bodenmikrobiologische Parameter

Die bodenmikrobiologischen Parameter zeigten eine ähnliche

Differenzierung zwischen den Verfahren wie die Hauptfruchterträge. Generell wiesen die Parameter mikrobielle Biomasse (SIR) (Abb. 1 A) und mikrobieller Biomasse-C (CFE) (Abb. 1 B) sowie die Bodenatmung (Abb. 1 C) der Verfahren 2 und 6 erhöhte Werte gegenüber der Kontrolle (Verfahren 1) und dem Verfahren 4 auf. In einzelnen Fällen waren diese Unterschiede signifikant. Die mikrobielle Biomasse (SIR) differenzierte am deutlichsten bei den Probenahmen im Frühjahr 05 und 06 sowie im Herbst 05 nach der Applikation der verfahrensspezifischen Zugaben, die mikrobielle Biomasse (CFE) und die Bodenatmung dafür nur bei den beiden Herbstbeprobungen und Frühjahr 2006. Das Verfahren 4 (Spritzung mit EMA) hatte keinen Einfluss und zeigte Werte für alle Parameter durchweg



in der Größenordnung der Kontrolle (Verfahren 1).

Bei der Beprobung im Herbst 2005 vor der EM-Applikation und im Frühjahr 2006 wurde nur zwischen den Verfahren 2 und 3 und für den Parameter Bodenatmung ein signifikanter Unterschied beobachtet. Für alle anderen Parameter und Probenahmetermine unterschieden sich die Verfahren nicht. Die statistische Auswertung der Daten (ANOVA) unter Berücksichtigung des Faktors autoklaviert / nicht autoklaviert ergab keinen signifikanten Unterschied. Dies lässt analog zu den Ertragsdaten darauf schließen, dass der durch Mikroorganismen begründete Effekt des EM-Präparates sehr klein ist und die beobachteten Effekte auf das Trägersubstrat zurückzuführen sind.

Generell war für die Parameter mikrobielle Biomasse (SIR) und Bodenatmung zu beobachten, dass die Unterschiede zwischen den Probenahmeterminen größer ausfielen als zwischen den Verfahren.

Tab. 3: Korrelationen der untersuchten bodenmikrobiologischen Parametern und Hauptfruchterträgen mit den C_{org} und Tongehalten der Parzellen der Versuchsanlage; $n = 28$; $p \leq 0,05$.

	Bodenmikrobiologische Parameter			Hauptfruchterträge		
	Bodenatmung	BM ¹ (SIR)	BM-C (CFE)	Kartoffeln ²	W-Gerste	Lu-zerne
	r^2			r^2		
C_{org}	0,80 – 0,90 ³	0,84 – 0,90	0,91 – 0,95	0,22 n.s. ⁴	0,76	0,81
Ton	0,68 – 0,80	0,63 – 0,76	0,71 – 0,87	0,28 n.s.	0,78	0,75

¹BM = mikrobielle Biomasse; ²Trockenjahr 2003; ³Bereich der 4 Probenahmetermine; ⁴n.s. = nicht signifikant.

Der C_{org} - und der Tongehalt in der Feldversuchsanlage zeigen eine enge Korrelation zu den Erträgen und den bodenmikrobiologischen Parametern. Die Korrelationsanalyse ergab sehr hohe signifikante Korrelationen an allen Probenahmeterminen ($r^2 = 0,80 - 0,95$) zwischen dem C_{org} -Gehalt und dem mikrobiellen Biomasse-C (CFE), der mikrobiellen Biomasse (SIR) und der Bodenatmung (Tab. 3). Für den Tongehalt wurden geringere signifikante Korrelationen im Bereich von $r^2 = 0,63 - 0,87$ ermittelt (Tab. 3). Dies lässt den Schluss zu, dass die beobachteten tendenziellen Unterschiede zwischen den autoklavierten und nicht autoklavierten Verfahren stark durch Bodenfaktoren beeinflusst waren und die beobachteten Effekte des EM-Präparates (Bodenatmung, Verfahren 2 und 3) geringer sein dürften.

Schlussfolgerungen:

Die dreijährige Anwendung verschiedener Aufbereitungen von „Effektiven Mikroorganismen“ im ökologischen Ackerbau zeigte unter mitteleuropäischen Klimabedingungen keine Effekte, die auf die Mikroorganismen des Präparates zurückzuführen waren. Die beobachteten Effekte auf Hauptfruchterträge sowie bodenmikrobiologische Parameter waren auf das jeweilige Trägersubstrat des Präparates, vor allem auf die Nährstoffzufuhr über Bokashi, zurückzuführen. Die jahreszeitlichen Einflüsse verursachten bei den bodenmikrobiologischen Parametern größere Unterschiede als die Verfahrenseffekte.

Danksagung:

Wir danken Andrea Bonvicini und Susanne Müller für die Durchführung der bodenmikrobiologischen Untersuchungen sowie Ernst Brack und Robert Richli für die Betreuung des Feldversuchs. Der Bionova-Hygiene GmbH sei für die Bereitstellung der EM-Präparate gedankt.

Einfluss der organischen Düngung auf Wachstum, Zusammensetzung und Nährstoffaufnahme eines leguminosenbetonten Zwischenfruchtgemenges**Influence of organic manuring on growth, composition and nutrient uptake of a cover crop mixture**K. Möller¹, W. Stinner¹ und G. Leithold¹**Keywords:** soil fertility, cover crop, nutrient management**Schlagwörter:** Bodenfruchtbarkeit, Zwischenfrucht, Nährstoffmanagement**Abstract:**

The effect of different management strategies on growth, composition and nutrient uptake of a cover crop mixture of summer vetch and oil radish were tested in field experiments on the Research Station Gladbacherhof. Slurry application and cereal straw management (incorporation vs. harvesting) affected composition of cover crop significantly: slurry application decreased legume content and biological N₂-fixation significantly. By this way the N-input in farm cycle were reduced. The higher the amount of straw residues were left on field, the higher the legume content was in the cover crop mixture. High legume content in cover crop mixtures not only increased N₂-fixation, but also P uptake of the cover crop. According to available literature additionally mobilised P increased the P supply of following crops. The harvest of cover crop sprout reduced nitrate leaching potential significantly especially when winter crops were following. The harvest of the cover crops increased the amounts of N cycling within the farming system. Hence it allows higher N manuring to selected crops with a high N demand.

Einleitung und Zielsetzung:

Durch den Anbau von Zwischenfrüchten (ZF) können Rest-N-Mengen im Boden vor Eintritt des Winters organisch gebunden und vor Auswaschung geschützt werden. Der Anbau von legumen ZF ermöglicht die Erhöhung der innerbetrieblich zirkulierenden N-Mengen. Nach MÖLLER & REENTS (1999) kann durch den Anbau von Leguminosen als ZF sowohl bei nachfolgenden Sommerungen als auch bei Winterungen eine signifikante Erhöhung der Erträge und der N-Aufnahme erzielt werden. Die Ansprüche einer möglichst hohen N-Bereitstellung für die nachfolgende Hauptfrucht bei gleichzeitig niedrigem Auswaschungsrisiko für Nitrat wurden am ehesten von einem Gemenge legumer und nicht-legumer Arten erfüllt. Biologisch wirtschaftende Betriebe mit güllebasierten Tierhaltungssystemen besitzen in aller Regel nicht genügend Lagerkapazität, um die gesamte Gülle zur Hauptfrucht ausbringen zu können. Dies führt dazu, dass meist ein Teil der Güllendüngung zur ZF ausgebracht wird. Bisher liegen keine Ergebnisse darüber vor, wie sich eine Güllendüngung auf Zusammensetzung, Wachstum und Nährstoffaufnahme eines leguminosenbetonten Gemenges auswirkt. Ferner ist nicht bekannt, wie sich die Ernte/nicht-Ernte des Stroh auf Wachstum, Zusammensetzung und Nährstoffaufnahme des nachfolgenden ZF-Gemenges auswirkt.

Methoden:

Die Ergebnisse beruhen auf Versuchen auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof der Universität Gießen aus den Jahren 2002 bis Sommer 2005, bei denen die pflanzenbaulichen Systemwirkungen der Vergärung von Gülle und sonstigen Koppelprodukten untersucht wurden. Im abgebildeten System mit einer ortsfest ange-

¹Professur für Organischen Landbau, Universität Gießen, Karl Glöcknerstr. 21c, 35394 Gießen, Deutschland, kurt.moeller@alumni.tum.de

legten achtfeldrigen Fruchtfolge (2x Klee gras, Winterweizen, Kartoffeln, Winterroggen, Erbsen, Dinkel, Sommerweizen) wurde ein ZF-Gemenge (90 kg Sommerweizen und 5 kg Ölrettich ha^{-1}) innerhalb von ein bis drei Tagen nach der Ernte der Druschfrüchte (Winterweizen <WW>, Winterroggen <WR>, Erbsen <Erb> und Dinkel <Di>) gesät. Die Aussaattermine der ZF nach den verschiedenen Hauptfrüchten waren gleich. Nach Winterweizen wurde das gesamte Stroh vor der ZF-Einsaat abgefahren. Bei den übrigen drei Hauptfrüchten wurde es je nach Variante entweder abgefahren oder auf der Fläche zur Strohdüngung belassen. Die Aufwüchse der ZF nach Erbsen wurden Anfang Oktober vor der Einsaat von Dinkel je nach Variante geerntet oder als Gründüngung auf der Fläche eingearbeitet. Die ZF-Aufwüchse nach den Winterungen wurden Ende Oktober geerntet bzw. bis zur Einarbeitung im Winter auf dem Feld belassen. Die Güllendüngung erfolgte zur ZF nach WW, wobei mindestens eine von fünf Varianten keine Güllendüngung erhielt. Die Messung der Aufwuchsmengen von Stroh und ZF erfolgte durch Schnitt von 2 mal je $0,5 \text{ m}^2$ pro Parzelle. Nach Feststellung der Frischmasse wurde ein Aliquot gehäckselt und bei $60 \text{ }^\circ\text{C}$ bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Bei den ZF wurde vor der Wägung und Weiterverarbeitung eine Trennung in die Leguminen (LEG) und nicht-leguminen (NL) Bestandteile vorgenommen. Zu Vegetationsende im November wurden Bodenproben in 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm zur Ermittlung der Gehalte an mineralischem Stickstoff (N_{min}) im Boden gezogen.

Tab. 1: Ertrag, Zusammensetzung und Nährstoffgehalte der Zwischenfrüchte (Sommerweizen, Ölrettich) in Abhängigkeit von ihrer Vorfrucht und Stellung innerhalb der Fruchtfolge

Hauptfrucht	nachfolgendes Zwischenfruchtgemenge							
	Reststrohmengen ¹⁾	Trockenmasse	Leg-Anteil	N-Haushalt		Mineralstoffgehalte		
				N_i	C/N	P	K^+	Mg^{2+}
[dt ha^{-1}]	[dt ha^{-1}]	[%]	[%]			[‰]	[‰]	[‰]
WW	15,2a	32,5b	49,7b	3,24a	13,0c	5,47b	4,16a	2,89b
WR	70,9c	25,9a	60,0c	4,10c	10,6a	5,42b	4,20a	2,46a
Erb	30,1b	30,8b	33,5a	3,63b	11,6b	5,16a	4,92b	2,48a
Di	63,8c	36,1c	69,7d	3,66b	11,9b	5,37b	4,04a	2,58a

¹⁾ auf dem Feld verbleibende durchschnittliche Reststrohmengen nach Ernte und ggf. Abtransport

Die statistische Verrechnung (Varianzanalysen unter Einbeziehung des Jahreseffektes, Regressionsanalysen) wurde mittels des Statistikprogrammes SPSS 12,1 vorgenommen. Für multiple Mittelwertvergleiche wurde der Tukey-Test bei einem Signifikanzniveau von 5% verwendet. Statistische Unterschiede werden durch Verwendung unterschiedlicher Buchstaben kenntlich gemacht.

Ergebnisse und Diskussion:

Die Sprossmasse aufwüchse unterschieden sich nach den verschiedenen Hauptfrüchten, sie wiesen ferner erhebliche Differenzen beim Leguminosenanteil auf (Tab. 1). Die niedrigsten LEG-Anteile wurden in der ZF nach Erbsen festgestellt, obwohl hier die Saatstärke legumer Arten indirekt durch die Ausfallerbse erhöht war. Dies dürfte am erhöhten N-Angebot nach Ernte von Körnererbse (höhere residuale Boden-Rest-N-Mengen, höheres N-Angebot aus dem Erbsenstroh) liegen. Dadurch wurden die NL Bestandteile der ZF (Ölrettich) zu Lasten der Leguminosen einseitig gefördert.

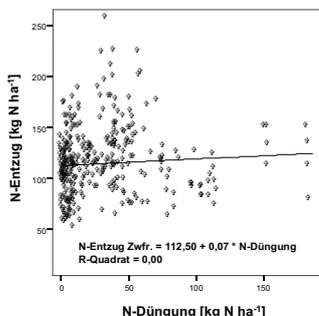


Abb. 1: Beziehung zwischen der N-Düngung zur ZF und der N-Aufnahme des Gemenges

Bei den ZF nach Wintergetreide wurden die niedrigsten legumenen Anteile nach WW festgestellt. Dies lässt darauf deuten, dass sowohl die Getreidestroh-Düngung (z.B. nach WR und Dinkel) durch ihre N-immobilisierende Wirkung als auch die Gülledüngung zur Aussaat der ZF auf die Zusammensetzung des ZF-Bestandes Einfluss nehmen: Es besteht eine positive Korrelation zwischen dem C-Angebot aus organischen Düngern (Stroh- bzw. Stoppel-C und Gülle-C) zur ZF, und dem LEG-Anteil in der ZF (Tab. 2). Für N wurden entgegen gesetzte Wirkungen festgestellt (nicht dargestellt).

Tab. 2: Strohdüngung und ihre Auswirkungen auf Ertrag, Zusammensetzung und N-Gehalte der Zwischenfrüchte (Sommerwicken, Ölrettich) in Abhängigkeit von der Ernte des Getreidestrohs

	Reststrohmengen	Trockenmasse	Leg-Anteil	Ertrag Leg	Ertrag NL	N-Aufnahme
	[dt ha ⁻¹]	[dt ha ⁻¹]	[%]	[dt ha ⁻¹]	[dt ha ⁻¹]	[kg N ha ⁻¹]
Strohdüngung	49,9b	32,4	65,9 b	21,5	12,1 a	120
Stoppelreste ¹⁾	11,0a	32,8	55,7 a	19,3	15,0 b	113

¹⁾ durchschnittliche Reststrohmengen in der Stoppel nach Ernte und Abtransport des Strohs (ca. 20% des Gesamtaufwuchses)

Im Gemenge konnte keine Beziehung zwischen der Höhe der organischen N-Düngung zur ZF-Aussaat und der anschließenden N-Aufnahme durch den ZF-Spross ermittelt werden: Es bestand weder eine Beziehung zwischen den verabreichten Gülle-N-Mengen und der späteren N-Aufnahme, noch eine zwischen der gesamten organischen N-Düngung (Gülle-N + Stroh-N) und der N-Aufnahme der ZF (Abb. 1). Der Verzicht auf eine Gülledüngung wird offenbar vollständig durch eine höhere N₂-Fixierung kompensiert (Abb. 1). Mit steigendem Leguminosenanteil im Gemenge sinkt das CN-Verhältnis im ZF-Aufwuchs signifikant. Eine Gülledüngung zur ZF bewirkt also nicht nur eine Reduzierung des Anteils der Leguminosen im Gemenge, sie geht auch zu Lasten des CN-Verhältnisses und der biologischen N₂-Fixierung in der ZF, denn nicht gedüngte Flächen weisen vergleichbare N-Aufnahmen und Rest-N-Mengen im Boden zu Vegetationsende auf. Ferner konnte eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Leguminosenanteil im Gemenge und dem P-Gehalt und damit auch der P-Aufnahme des Gemenges festgestellt werden. Diese Wirkung war v.a. dort festzustellen, wo das Gemenge ausschließlich aus Sommerwicken und Ölrettich bestand und keine Erbsen enthielt. Der P-Gehalt der Leguminosen in Gemengen ohne Erbsen betrug ca. 5,55 ‰ und war damit deutlich

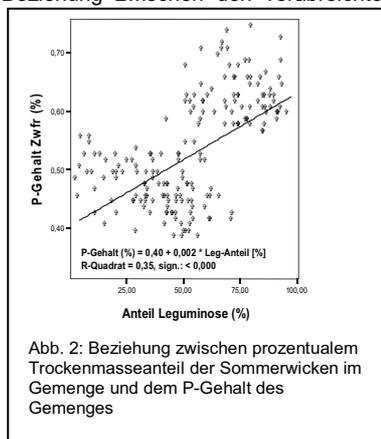


Abb. 2: Beziehung zwischen prozentualen Trockenmasseanteil der Sommerwicken im Gemenge und dem P-Gehalt des Gemenges

höher als der P-Gehalt der nicht-legumen Gemengepartner (ca. 5,08 ‰). In der auf Erbsen folgenden ZF betrug der P-Gehalt der Leguminosen ca. 4,64 ‰ und war damit deutlich niedriger als die durchschnittlichen P-Gehalte der nicht-Leguminosen. Dieser Effekt schlägt sich auch in den P-Gehalten in Tab. 1 nieder, wo die auf Erbsen folgenden ZF die niedrigsten P-Gehalte aufwies. Die Nicht-Leguminosen im Gemenge wiesen mit ca. 4,97 ‰ K deutlich höhere Konzentrationen auf als die Leguminosen mit durchschnittlich 3,95 ‰ K. Aus diesem Grunde wurden mit steigendem Leguminosenteil sinkende K-Konzentrationen im Spross gemessen (Ergebnisse nicht dargestellt). Beim Magnesium unterschieden sich die Gehalte zwischen den legumen und den nicht legumen Gemengepartnern nicht.

Tab. 3: Auswirkungen der Zwischenfruchternte auf die N_{min} -Gehalte im Boden zu Vegetationsende [kg N_{min} -N ha⁻¹] in Abhängigkeit des Umbruchszeitpunktes der Zwischenfrucht

Zeitpunkt Umbruch:	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Herbst				
Spross geerntet	24,4a	18,8a	10,5a	52,3a
Spross eingearbeitet	33,9b	28,0b	13,5b	73,2b
Winter:				
Spross geerntet	15,1b	6,21	4,50	25,8b
Spross eingearbeitet	12,3a	6,00	4,48	22,9a

Die Ernte des ZF-Sprosses und der damit verbundene Abtransport des enthaltenen N reduziert die Nitratauswaschungsfahr über Winter v.a. dann signifikant, wenn die Einarbeitung der ZF bzw. deren Stoppel im frühen Herbst vor der Aussaat einer Winterung erfolgt. Bei einem Winterumbruch wirkt sich die Ernte der ZF nicht auf die N_{min} -Gehalte im Boden zu Winterbeginn aus (Tab. 3).

Schlussfolgerungen:

Die Stellung eines ZF-Gemenges aus Leguminosen und Nicht-Leguminosen in der Fruchtfolge beeinflusst deren Ertragsleistung kaum, sofern die Aussaat zu einem vergleichbaren Zeitpunkt stattfindet. Die Zusammensetzung des Gemenges wird dagegen sowohl durch die zuvor gestandene Hauptfrucht als auch durch Düngungsmaßnahmen maßgeblich bestimmt. Wird Gülle zur Aussaat ausgebracht, so beeinträchtigt dies die biologische N_2 -Fixierung des Gemenges erheblich und reduziert damit den N-Input in den Betriebskreislauf. Zusätzlich steigt das CN-Verhältnis der ZF. Hohe LEG-Anteile im ZF-Gemenge sind in N-limitierten Anbausystemen nicht nur wegen einer höheren biologischen N_2 -Fixierung vorteilhaft, sondern auch wegen der höheren P-Mobilisierung aus dem Boden, die durch eine stärkere Protonenabgabe der Wurzeln bewirkt wird. Der auf diese Weise zusätzlich mobilisierte P aus dem Boden steht nach CAVIGELLI & THIEN (2003) mittelfristig zu 100 % den nachfolgenden Kulturen zur Verfügung. Allerdings scheinen sich die unterschiedlichen Leguminosen in ihren P-mobilisierenden Eigenschaften deutlich zu unterscheiden. Zur Reduzierung der Nitratauswaschungsfahr sollten die ZF-Aufwüchse v.a. dann geerntet werden, wenn nachfolgend eine Winterung ausgesät wird. Die Ernte der ZF und deren anschließende Verfütterung oder Vergärung in einer Biogasanlage bewirkt zudem eine Erhöhung des mobilen N-Düingepools und ermöglicht damit eine gezielte Steigerung der Düingung zu ausgewählten besonders N-bedürftigen Kulturen.

Literatur:

Cavigelli M. A., Thien S. J. (2003): Phosphorus Bioavailability following Incorporation of Green Manure Crops. Soil Sci Soc Am J 67: 1186-1194.

Möller K., Reents H. J. (1999): Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte nach Körnererbsen auf die Nitratstickstoffgehalte im Boden und auf das Wachstum der Folgefrucht (Kartoffeln, Weizen). In: Hoffmann H., Müller S. (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum ökolog. Landbau, Berlin, 23.-25. 2. 1999, S. 109-112.

Leguminosenkörnerschrote und andere vegetabile Dünger im Ökologischen Gemüsebau

Legume seed meals and other plant based fertilisers in organic vegetable production

T. Müller¹, J. Riehle¹, I. Schlegel¹, Z. Li², M. von Schenck zu Schweinsberg – Mickan¹, H. Sabahi³ und R. Schulz¹

Keywords: soil fertility, plant nutrition, vegetable production, crop farming

Schlagwörter: Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung, Gemüsebau, Pflanzenbau

Abstract:

The potential of different plant based organic fertilisers (PBOF) to substitute animal based organic fertilisers (ABOF) in organic vegetable production were investigated in incubation, pot and field experiments. PBOFs have the potential to replace ABOFs. Particularly legume seed meals show fast net N-release even at low soil temperatures. Considerable differences in nitrate contents of vegetables can be found between the different fertilisers although fresh matter and N yields are nearly identical.

Einleitung und Zielsetzung:

Düngemittel tierischer Herkunft sind als Folge der BSE-Krise mit Ausnahme von Hornprodukten im Ökologischen Landbau nicht mehr zugelassen. Andere Düngemittel rein pflanzlicher Herkunft (vegetabile Düngemittel) sind als Ersatz bereits weit verbreitet. Auch Leguminosenkörnerschrote habend das Potenzial die entstandene Lücke auszufüllen. Vorliegende Untersuchungen zeigen, dass sich die verschiedenen Dünger in ihrem Umsatzverhalten stark unterscheiden. Die gefundenen Unterschiede hängen zum einen von der chemischen Zusammensetzung der Dünger, zum anderen aber auch von der Bodentemperatur ab (MÜLLER & v. FRAGSTEIN 2006a, b, v. FRAGSTEIN & MÜLLER 2006). Ferner muss davon ausgegangen werden, dass das Umsatzverhalten insbesondere der Leguminosenkörnerschrote stark von der Verteilung der Größenfraktionen der Schrote sowie von den Sorten und Anbaubedingungen abhängt. Ziel unserer Untersuchungen war es, weiteren Aufschluss über das Umsatzverhalten der verschiedenen Dünger bei unterschiedlichen Temperaturen unter kontrollierten Bedingungen und unter praxisnahen Feldbedingungen im Vergleich zu Referenzdüngern tierischer Herkunft zu erhalten. Ferner wurden der Einfluss der Sorten sowie der Größenfraktionierung der Leguminosenkörnerschrote untersucht.

Methoden:

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Inkubationsexperimente bei unterschiedlichen Temperaturen (8 Wochen bei 5 und 20 °C), Gewächshausversuche sowie Freilandversuche (März bis Juni 2005) in Anlehnung an MÜLLER & v. FRAGSTEIN (2006a, b) und v. FRAGSTEIN & MÜLLER (2006) durchgeführt (ökologisch bewirtschafteter Versuchsbetrieb „Kleinhohenheim“, Uni Hohenheim, Stuttgart, schluffiger Lehm, Parbraunerde). Die Eigenschaften der untersuchten organischen Handelsdünger sowie der Körnerschrote von Lupine (*Lupinus luteus* L., *Lupinus angustifolius* L.) und Ackerbohne (*Vicia faba* L.) sind in Tab. 1 dargestellt. Unter anderem wurden das käufliche Mischprodukt Bioilsa® (Tierhaare, Federmehl, pflanzl. Ölkuchen) sowie die

¹Institut für Pflanzenernährung, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, tmuller@uni-hohenheim.de

²College of Agronomy and Bio-technique, China Agriculture University, Beijing, China

³Environm. Science Research Inst., Dept. of Agroecology, Shahid Beheshti Uni., Evin, Tehran

vegetabilen Dünger OrganoplantN® (Rückstände aus Lebensmittelproduktion), OrganoQuickN® (Vinasse) und Maltaflor® (Malzkeime, Vinasse) in die Versuche mit einbezogen. Zum Vergleich wurde in den Inkubations- und Gefäßversuchen auch Kalkammonsalpeter als Mineraldünger mitgeführt. Die getesteten Gemüsearten waren Rukola (*Eruca sativa* Mill.) im Gefäßversuch, Kopfsalat (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) im Gefäß- und Feldversuch sowie Weißkohl (*Brassica oleracea* L. convar. *capitata* var. *capitata* L. f. *alba*) im Feldversuch. Alle Dünger wurden in N-äquivalenten Mengen eingesetzt (Inkubationsversuche: 230 mg N kg⁻¹ Boden, Gefäßversuch mit Kopfsalat/Rukola: 240/120 mg N kg⁻¹ Boden, Feldversuch mit Kopfsalat/Weißkohl: 124 kg N ha⁻¹/218 kg N ha⁻¹). In derzeit laufenden Inkubationsversuchen bei Temperaturen zwischen 5 und 20°C werden ferner Körnerschrote und unterschiedlicher Lupinensorten einschl. Süß- und Bitterlupinen sowie Korngrößenfraktionen von Leguminosenkörnerschroten untersucht.

Tab. 1: Eigenschaften der in Inkubations-, Gefäß- und Feldversuchen verwendeten Dünger.

Organische Dünger	N Hersteller (%)	N gemessen (%)	C gemessen (%)	C:N	Versuche
tierische Dünger:					
Hornspäne	14	15,5	47,1	3,0	I
Hornmehl	12	14,4	44,8	3,1	IGF
Schweineborsten	13	14,6	48,3	3,3	G
Mischprodukt:					
Bioilsa®	11	11,0	44,4	4,0	IGF
vegetabile Dünger:					
OrganoPlantN®	6	4,9	27,3	5,5	IG
OrganoQuickN®	5	5,1	27,5	5,4	I
Maltaflor®	4	3,8	40,6	10,7	IGF
Rizinusschrot	5	5,1	46,5	9,1	G
Körnerschrote:					
Schrot Blaue Lupine		5,2	43,2	8,3	G
Schrot Gelbe Lupine		6,3	45,3	7,2	IG
Ackerbohnschrot		3,9	43,8	11,2	IG

I = Inkubationsversuche, G = Gefäßversuch, F = Feldversuch; * = % lufttrockener Dünger.

Die Inkubationsversuche wurden zum größten Teil in offenen Gefäßen mit Ausgleich des Wasserverlustes nach gravimetrischer Kontrolle durchgeführt. In einzelnen Experimenten wurde die CO₂-Entbindung aus dem Boden in geschlossenen, aber regelmäßig belüfteten Gefäßen in Anlehnung an ISERMEYER (1952) gemessen. Mikrobielle Biomasse (C und N) wurde mit der Chloroform-Fumigations-Extraktionsmethode (CFE) gemessen (JÖRGENSEN & MUELLER 1996, JÖRGENSEN 1996, VANCE et al. 1987, BROOKES et al. 1985). Zur Abscheidung lebender Wurzeln im Gefäß- und Feldversuch wurde die CFE-Methode um einen Präextraktionsschritt erweitert (mod. nach MAYER 2003, MÜLLER et al. 1992). Nitrat und Ammonium wurden bei der CFE-Methode im nicht fumigierten 0,5 M K₂SO₄-Extrakt sowie im 0,05 M K₂SO₄-Präextrakt (nur Feld-/Gefäßversuch) gemessen. Neben den Frisch- und Trockenmassen der Pflanzen wurden auch die N-Gehalte mit dem Elementaranalysator ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion:

Im Inkubationsversuch zeigten die Hornprodukte bei 20°C die höchste Netto-N-Mineralisation, gefolgt von Bioilsa und OrganoQuickN. Dabei wurden bis zu 60% des applizierten organischen N mineralisiert. Maximale Gehalte an mineralischem N wurden nach 2 bis 4 Wochen erreicht. Schwindende Ammoniumgehalte nach 2 Wochen zeigten, dass die Nitrifikation zeitgleich abließ. Sinkende Gehalte an mineralischem N zwischen Woche 4 und Woche 8 deuten auf eine erneute Netto-Immobilisation hin. Dies wird jedoch nur zum Teil von einem Anstieg der mikrobiellen Biomasse begleitet,

was für eine Festlegung in mikrobiellen Residualprodukten spricht. Denitrifikation als Erklärung für das Verschwinden von Nitrat ist unwahrscheinlich, da regelmäßig belüftet und Wassergehalte unter 60 % WHK eingestellt wurden. Die N-Immobilisation war bei den beiden vegetabilen Düngemitteln OrganoPlantN und Maltaflor besonders deutlich ausgeprägt, was auf einen späten Umsatz C-reicher Komponenten zurückgeführt werden kann. Wie erwartet waren Netto-N-Mineralisation und Nitrifikation während der Inkubation bei 5°C deutlich verlangsamt. Dieser Temperatureffekt war aber bei den Hornprodukten deutlich stärker ausgeprägt als bei den vegetabilen Düngemitteln. Insbesondere die Leguminosenkörnerschrote und OrganoQuickN zeigten während der ersten 2 Wochen bei 5°C eine schnellere Netto-N-Mineralisation als die Hornprodukte. Einige der vegetabilen Dünger mineralisierten netto bei 5°C (vorübergehend) mehr N als bei 20°C. Dies wird auf eine zeitliche Entkopplung des Umsatzes von N-reichen schnell umsetzbaren Komponenten (Brutto-Mineralisation) und N-armen langsam umsetzbaren Komponenten (Brutto-Immobilisation) zurückgeführt (MÜLLER & v. FRAGSTEIN 2006a, MAGID et al. 2001). Auch die gemessenen Gehalte an mikrobiellem N und K₂SO₄-löslichem organischem N waren für die meisten vegetabilen Dünger bei 5°C höher als bei 20°C, was auf einen verlangsamteten Umsatz der mikrobiellen Biomasse und ihrer Residualprodukte hindeutet. Bei KAS, OrganoQuickN, OrganoPlantN und bei den Leguminosenkörnerschroten konnte bei Aufsummierung aller gemessenen Fraktionen bei 5°C ein N-P Rimingeffekt nachgewiesen werden.

Im Gefäßversuch zeigten die Kopfsalat-Varianten mit vegetabilen Düngern durchweg höhere Erträge als die Varianten mit tierischen Düngern, allerdings waren die Unterschiede nur in Einzelfällen signifikant. Bei Rukola erreichten Rizinussschrot und Gelbe Lupine tendenziell höheren Erträgen als die tierischen Dünger. Summiert man alle gemessenen Variablen auf (Oberirdische Pflanzenmasse, mineralischer N, mikrobielle Biomasse, K₂SO₄-löslicher organischer N), so errechnet sich unter Berücksichtigung der ungedüngten Variante eine scheinbare N-Freisetzung aus den organischen Düngern zwischen 49 % (Schweineborsten) und 72 % (Rizinussschrot) im Kopfsalat-Experiment und zwischen 28 % (Maltaflor) und 60 % (Rizinussschrot) im Rukola-Experiment. Besonders auffallend war, dass die Nitratgehalte im Kopfsalat bei Maltaflor um bis zu 70% signifikant niedriger lagen als bei den anderen Düngungsvarianten, obwohl sich die Frischmasse- und N-Erträge nur wenig von einander unterschieden. Im Feldversuch konnten bei den abschließend geernteten Frischmassen keine Unterschiede zwischen den untersuchten Varianten Hornmehl, Bioilsa und Maltaflor festgestellt werden (ca. 390 g/Kopf Kopfsalat, 1190 g/Kopf Weißkohl). Bei der Zwischenernte nach etwa der halben Vegetationszeit zeigten die mit Maltaflor gedüngten Varianten 13% (Weißkohl 875 g/Kopf) bzw. 22% (Kopfsalat 118 g/Kopf) höhere oberirdische Frischmassen als die mit Hornmehl gedüngten Varianten. Nach zwischenzeitlich erheblichem Anstieg der N_{min}-Werte im Boden verblieben nach der Ernte in allen Varianten weniger als 40 kg N ha⁻¹ auf dem Acker. Allerdings waren die mikrobiellen Biomassen im Vergleich zur ungedüngten Variante signifikant erhöht, was auf ein gewisses Remineralisierungspotential mit der Gefahr einer N-Auswaschung ohne geeignete Folgekultur spricht. Summiert man alle gemessenen Variablen auf (Oberirdische Pflanzenmasse, mineralischer N, mikrobielle Biomasse, K₂SO₄-löslicher organischer N), so errechnet sich unter Berücksichtigung der ungedüngten Variante eine scheinbare N-Freisetzung aus den organischen Düngern zwischen 13% (Hornmehl) und 22% (Maltaflor) für den Kopfsalat-Versuch und zwischen 59% (Bioilsa) und 73% (Maltaflor) für den Kohlversuch. Diese z.T. relativ niedrigen Werte deuten ebenfalls auf ein weiteres Mineralisierungspotential hin, das mit Hilfe einer geeigneten Folgekultur ausgenutzt werden sollte. Auffällig war auch in den Feldversuchen, dass die Nit-

ratgehalte von Kopfsalat und Weißkohl bei Düngung mit Maltaflor z.T. signifikant niedriger waren als bei den anderen beiden Düngemitteln, obwohl sich die Erträge kaum von einander unterschieden. Da die Ammoniumgehalte im Boden durchweg niedrig waren, wären Erklärungsmöglichkeiten, dass bei Düngung mit Maltaflor Nitrat früher oder ein Teil des N direkt in organischer Form aufgenommen wird. Laufende Untersuchungen zeigen, dass bei Lupinenkörnerschroten erhebliche sortenbedingte Unterschiede existieren, die bei der Düngung berücksichtigt werden müssen. Unterschiede existieren auch zwischen vermahlungsbedingten Korngrößenfraktionen.

Schlussfolgerungen:

Vegetabile Düngemittel einschließlich der Leguminosenkörnerschrote haben das Potential, Düngemittel tierischer Herkunft im ökologischen Gemüseanbau zu ersetzen. Im zeitigen Frühjahr mit niedrigen Bodentemperaturen sind ausgewählte vegetabile Düngemittel, darunter insbesondere Leguminosenkörnerschrote, den Düngemitteln tierischer Herkunft hinsichtlich der N-Verfügbarkeit sogar überlegen. Leguminosenkörnerschrote bieten als einzige der hier untersuchten Düngemittel eine gesicherte Herkunft aus ökologischer Produktion. Maltaflor bietet Vorteile, wenn eine sehr schnelle N-Verfügbarkeit erforderlich ist. Dennoch sind die zu erwartenden Nitratgehalte in der geernteten Ware vergleichsweise niedrig.

Danksagung:

Wir danken der Fa. Biofa, Münsingen, für die finanzielle Unterstützung sowie Hans Bucher für die Unterstützung beim Feldversuch.

Literatur:

- Brookes P. C., Landman A., Pruden G. und Jenkinson D. S. (1985): Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method for measuring microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biol. Biochem* 17: 837–842.
- Isemeyer H. (1952): Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. *Z. Pflanzenernähr Bodenkd* 56: 26-38.
- Jørgensen R. G. (1996): The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: Calibration of the k_{EC} value. *Soil Biol Biochem* 28: 25–31.
- Jørgensen R. G. und Mueller T. (1996): The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: Calibration of the k_{EN} value. *Soil Biol Biochem* 28: 33–37.
- Magid J., Henriksen O., Thorup-Kristensen K. und Müller T. (2001): Disproportionately high N mineralisation rates from green manure at low temperatures – implications for modelling and management in cool temperate agroecosystems. *Plant Soil* 228: 73-82.
- Mayer J. (2003): Root effects on the turnover of grain legume residues in soil. Doktorarbeit, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel.
- Müller T. und von Fragstein P. (2006a): Organic fertilisers derived from plant materials: I. Turnover in soil at low and moderate temperatures. *J Plant Nutr Soil Sci* 169: 255-264.
- Müller T. und von Fragstein P. (2006b): Organic fertilisers derived from plant materials: II. Turnover in field trials. *J. Plant Nutr Soil Sci* 169: 265–273.
- Müller T., Jørgensen R. G. und Meyer B. (1992): Estimation of soil microbial biomass C in the presence of living roots by fumigation extraction. *Soil Biol Biochem* 24: 179-181.
- Vance E. D., Brookes P. C. und Jenkinson D. S. (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol Biochem* 19: 703–707.
- Von Fragstein P. und Müller T. (2006): Plant based organic fertilisers – a viable nutrientsource for organic market gardens. *Acta Horticultura* 70: 255-260.

Development of a Rapid Bio-Test to Study the Activity Potential of Biofertilizers**Entwicklung eines schnellen Bio-Tests zur Untersuchung des Wirkungspotentials von mikrobiellen Pflanzenstärkungsmitteln.**Z. Akter¹, M. Weinmann¹, G. Neumann¹ und V. Römheld¹**Keywords:** development of organic agriculture, soil fertility, cultivation, plant nutrition, biofertilizer**Schlagwörter:** Entwicklung Ökolandbau, Bodenfruchtbarkeit, Bodenbearbeitung, Pflanzenernährung, Pflanzenstärkungsmittel, *Trichoderma***Abstract:**

Plant-growth-promoting soil microorganisms are increasingly distributed on the world market. Nutrient mobilization, stimulation of root growth, enhanced resistance to environmental stress factors are discussed as possible mechanisms. These assumptions are based only on scarce scientific evidence due to limited reproducibility of pot and field experiments, limited information concerning the conditions for successful application, limited standardization of inoculum preparation and quality. Thus, the development of rapid screening tests is to demonstrate the principle effectiveness of biofertilizers prior to set-up of labourous pot or field experiments is urgently required.

*In this study, a rapid bio-test with cucumber (*Cucumis sativa* L.) as an indicator plant was developed to evaluate the effectiveness of five commercial biofertilizers based on *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. (Biohealth-G, Biohealth-WSG, Biomex, Vitalin T50 and SP11) using germination rate, root and shoot biomass, maximum root length, and leaf area as test parameters. The experiment was repeated twice with 6 replicates in hydroponic culture under controlled conditions (pH 5.5, 22°C; Light: 230 mmol cm⁻² sec⁻¹). Biofertilizers were applied at the rate of 3 g per 2.5 l mineral nutrient solution. Germination rate was increased by 20 - 25% in all biofertilizer treatments compared to the control. After 2 weeks culture period, root dry weight and leaf area of Biohealth-G, Vitalin T50, SP-11 and Biomex-treated cucumber seedlings were significantly increased. Biohealth-G and Vitalin T50 showed significantly higher main root length and Biohealth-G higher shoot dry weight than the remaining treatments, while Biohealth-WSG did not cause differences compared to untreated control plants. The pathogen-antagonistic potential of *Trichoderma* strains can be easily tested by co-inoculation with the pathogenic fungus *Gaeumannomyces graminis* on malt extract peptone agar plates. The results suggest that the activity potential of different *Trichoderma*-based biofertilizers could be easily screened by using the described bio-test with cucumber seedlings.*

Introduction and Objectives:

Bio-effectors based on plant-growth-promoting soil microorganisms are increasingly distributed on the world market. Mobilization of sparingly available plant mineral nutrients, stimulation of root growth, enhanced resistance to environmental stress factors and direct or indirect suppression of plant pathogens and induced resistance are discussed as possible mechanisms for the effectiveness of these products. However, these assumptions are based only on scarce scientific evidence which is further abused by a lack of standards for production and quality control. Therefore, rapid

¹Institute of Plant Nutrition, University of Hohenheim (330), 70593 Stuttgart, Germany, zafrin@uni-hohenheim.de

screening tests to evaluate the potential effectiveness of a given product, prior to more detailed and labourous investigations are urgently needed.

In this study test plants with bioindicator potential for toxins and plant growth regulators (*Lepidium* and Cucumber) were investigated for responses to biofertilizer treatments under controlled conditions.

Methods:

(1) Germination test:

Seed surface sterilization: 3 min in 30 % H₂O₂, 2 min in 70% ethanol, Two times washing with sterile distilled H₂O. Seeds of *Cucumis sativa* cv. Vorgbirgstrauben and *Lepidium* were sown in rolls with 4 layers of moist filter paper (MN 710, Machery and Nagel, Dueren, Germany). The filter rolls were soaked with 2.5 mM CaSO₄ containing 1% (w/v) of different commercial bio-fertilizers. Different biofertilizers, such as T-50 and Sp-11 were collected from Vitalin Pflanzengesundheit GmbH, Ramstadt, Germany; BioHealth-WSG and BioHealth-G from Humintech GmbH, Düsseldorf, Germany and Biomex from Omex Agriculture Inc., Manitoba, Canada. Rolls with each 15 seeds were placed in upright position into a closed plastic box and incubated in the dark for 4 d at 22C with 6 replicates per t treatment (Fig. 1).

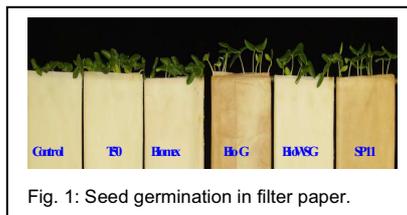


Fig. 1: Seed germination in filter paper.

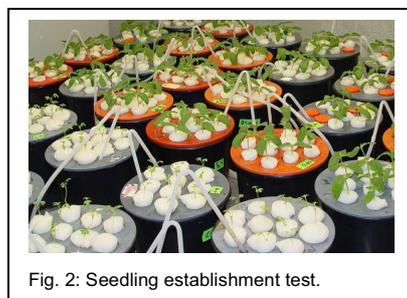


Fig. 2: Seedling establishment test.

(2) Seedling establishment test:

Seedlings, germinated for 4 days in filter rolls (see (1)) were subsequently grown for 7 days under controlled conditions (22C; 230 mmol li ght cm² sec⁻¹) in 2.5 L aerated nutrient solution (mM: 2 Ca(NO₃)₂; 0.7 K₂SO₄, 0.5 MgSO₄, 0.25 KH₂PO₄, 0.1 KCl; μM: 10 H₃BO₄, 0.5 MnSO₄, 0.5 ZnSO₄, 0.2 CuSO₄, 0.01 (NH₄)₆Mo₇O₂₄, 20 Fe-EDTA; pH 5.5) supplied with biofertilizers 1.5 - 3g pot⁻¹. Each pot contained 10 seedlings in 6 replications (Fig. 2).

Results and Discussion:

Most consistent responses were obtained with cucumber (cv. Vorgebirgstrauben).

Germination test: biofertilizers increased germination rate by 20-25 % at 4 days after sowing (DAS) (Fig. 4A). Seedling emergence and plant development was accelerated by approximately 2 days after inoculation with the biofertilizers.

Similar responses have been reported by other authors (HARMAN et al. 2004, OZBAY et al. 2004, ARORA et al. 1992) and enhanced seed germination induced by seed inoculation with *Trichoderma* spp. has been related to the production of growth factors such as auxin, cytokinin or gibberelic acid (GA3) and even ethylene.

Seedling establishment test in hydroponics: Biofertilizers increased dry matter of roots (50-90%) and shoots (30-80%) and particularly leaf area (70-100%) during early seedling growth (7d culture period in nutrient solution, Fig. 4B and C). A differential effect on root morphology was observed in hydroponic culture. Maximum root length increased by 30% in T50 and BioHealth-G (Fig. 4D), while T50 stimulated particularly

lateral root formation (Fig. 3). The increase in shoot growth and leaf area in *Trichoderma* treated seedlings suggests a common beneficial role of *Trichoderma harzianum* in improving plant growth (Yedidia et al., 2001). The mechanisms involved in increasing growth responses induced by *Trichoderma* sp might be the production of growth-stimulating compounds (GRAVEL et al. 2006, HARMAN et al. 2004, YEDIDIA et al. 2001, ALTOMARE et al. 1999, CHANG et al. 1986).

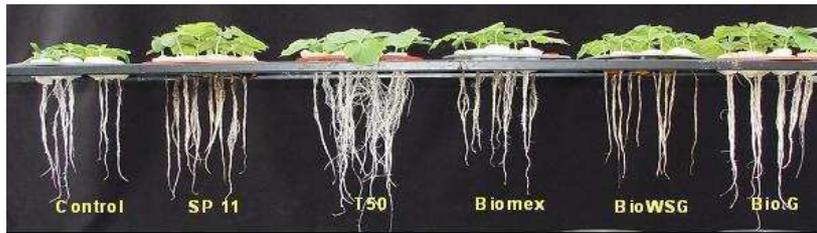


Fig. 3: Shoot and root development of cucumber in hydroponics with and without *Trichoderma* treatments

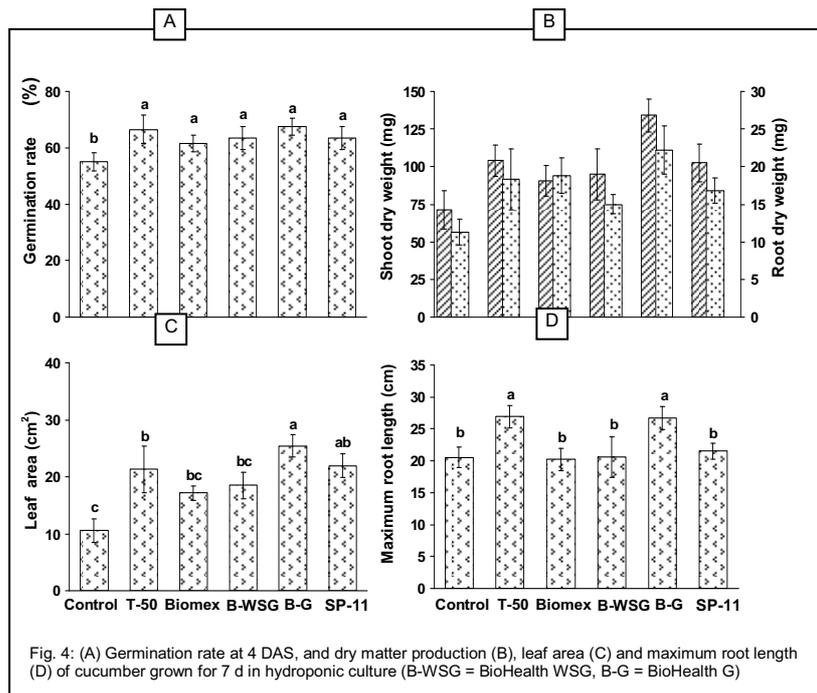


Fig. 4: (A) Germination rate at 4 DAS, and dry matter production (B), leaf area (C) and maximum root length (D) of cucumber grown for 7 d in hydroponic culture (B-WSG = BioHealth WSG, B-G = BioHealth G)

Conclusions:

Cucumber (cv. Vorgebirgstrauben) is a suitable test plant to demonstrate effects of various commercial *Trichoderma*-based biofertilizers on germination, plant development, and root growth within culture periods of 4 – 12 days in simple culture systems (filter paper germination test and hydroponic culture).

Best results were obtained by using seeds with sub-optimal germination rates (approx. 50%). For high quality seeds, this is easily achieved by artificial seed aging treatments: e.g. 1-2 days incubation enclosed in plastic bags at 40-45°C in a water bath (data not shown).

References:

- Altomare C., Norvell W. A., Björkman T., Harman G. E. (1999): Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *App Env Microbiol* 65: 2926-2933.
- Arora D. K., Elander R. P., Mukerji K. G. (1992): *Handbook of Appl Mycol Fungal Biotech* vol 4 Marcel Dekker, NY, USA.
- Chang Y. C., Baker R., Kleifeld O., Chet I. (1986): Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis* 70:145-148.
- Gravel V., Antoun H., Tweddell R. (2006): *The Plant Growth Regulation Society of America Quarterly Reports on Plant Growth Regulation and Activities of the PGRSA* Vol. 34, No. 2.
- Harman G. E., Howell C. R., Viterbo A., Chet I., Lorito M. (2004): *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature rev* 2: 43-56.
- Ozbay N., Brown W. M., Newman S. E. (2004): The effect of the *Trichoderma harzianum* strains on the growth of tomato seedlings. *Proc. XXVI IHC. Managing Soil-Borne Pathogens* Ed. A. Vanachter *Acta Hort.* 635 pp.
- Yedidia I., Srivastva A. K., Kapulnik Y., Chet I. (2001): Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant Soil* 235: 235-242.

Tastversuch zur Kompensation negativer Ertragsreaktionen nach Strohdüngung im (viehlosen) Getreideanbau

Field trial for negative yield effect compensation after straw application in (stockless) cereal production systems

H. Kolbe¹

Keywords: plant nutrition, soil fertility, straw application

Schlagwörter: Pflanzenernährung, Bodenfruchtbarkeit, Strohdüngung

Abstract:

After straw application unfavourable yield effects are also known from (stockless) organic farming systems (BECKMANN et al. 2002). Therefore, different methods of straw application (without, standard before ploughing, after ploughing, after sawing) were combined with application of green materials (legumes, grasses) and cultivation of oats as the following crop. Results of these trials should lead to principal solutions in optimization of these cultivation systems.

Einleitung und Zielsetzung:

Die Strohdüngung führt auch im ökologischen Landbau über eine zwischenzeitliche N-Festlegung zu Ertragseinbußen bei den nachgebauten Früchten (BECKMANN et al. 2002, 2001, SCHMIDT 2004). Daher wurden in einem Feldversuch verschiedene Verfahren der Strohdüngung in Kombination mit N-liefernden Materialien (Leguminosen, Nichtleguminosen) zur Nachfrucht Hafer geprüft. Ergebnisse dieses ersten Versuches sollen prinzipielle Lösungsmöglichkeiten zur Optimierung der Anbauverfahren aufzeigen.

Methoden:

Versuchsort: Öko-Feld Roda (Sachsen), Lößlehm, 68 Bodenpunkte, Versuchsjahre 2002 – 2005, 368 – 723 mm Niederschlag je Jahr.

Versuchsart: Feldversuch mit Ortswechsel als Blockanlage mit 4 Wiederholungen.

Einbindung von 11 Varianten der Stroh- und Grüngutdüngung in das Anbauverfahren zu Hafer:

A1 Strohernte – Pflug	B3 Zufuhr Leguminosenhäcksel – Pflug – Zufuhr Strohhäcksel
A2 Zufuhr Strohhäcksel – Pflug	B4 Zufuhr Leguminosenhäcksel – Pflug – nach Aussaat Zufuhr Strohhäcksel
A3 Pflug – Zufuhr Strohhäcksel oberflächlich	B5 Zufuhr Strohhäcksel – Pflug – Zufuhr Leguminosenhäcksel z. Zt. Schossen
A4 Aussaat – Zufuhr Strohhäcksel oberflächlich	C1 Strohernte – Zufuhr Grashäcksel – Pflug
B1 Strohernte – Zufuhr Leguminosenhäcksel – Pflug	C2 Zufuhr Strohhäcksel – Zufuhr Grashäcksel – Pflug
B2 Zufuhr Strohhäcksel – Zufuhr Leguminosenhäcksel – Pflug	

Fruchtfolge (viehlos): mehrjährige Leguminosen (1) – Getreide (W.-Weizen) (2) – Hafer (3).

Versuchsanlage: Bodenbearbeitung mit Pflug im Herbst. Saatbettbereitung im Frühjahr und Einsaat von Hafer der Sorte *Lutz*.

Zufuhr an Stroh: Stroh-Häcksel (W.-Weizen) von 43 dt TM/ha.

¹FB Pflanzliche Erzeugung, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, G.-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig, Deutschland, Hartmut.Kolbe@smul.sachsen.de

Zufuhr an Grüngut: Leguminosen (Klee, Luzerne) sowie Gras von anderen Flächen geerntet, gehäckselt und Aufbringung in der Menge von 2 kg N/1 dt Stroh ($\approx 150 - 220$ dt FM/ha).

Analysemethoden: N_{\min} -Methode nach HOFFMANN (1991); Rohprotein: Kjehldahl-Verfahren (BUCHHOLZ 1993); Chlorophyll-Gehalt (letztes voll ausgebildetes Blatt): Minolta-Spad-502; Statistische Analysen (Kornertrag): Varianzanalyse, Tukey-Test für $p = 0,05$ bzw. $0,10$ mit SPSS.

Ergebnisse und Diskussion:

Der negative Einfluss der Strohzufuhr vor dem Pflügen (Var. A2, B2, C2) im Vergleich zu keiner Strohzufuhr (A1, B1, C1) war auf die erfassten Merkmale zwar stetig aber relativ gering ausgeprägt (Kornerträge signifikant bei $p = 0,10$). Auch eine geringfügige Absenkung der N_{\min} -Werte konnte zum 1. und 2. Untersuchungstermin in diesen Varianten nachgewiesen werden, während eine Absenkung der Chlorophyllwerte der obersten Blätter sowie der Gehalte an Rohprotein der Körner nur in Variante A2 (mit früher Strohzufuhr) erfolgte (Abb. 1 u. 2).

Dagegen führte die Zufuhr von Grüngut allgemein zu einer Anhebung der N_{\min} -Werte im Boden, der Chlorophyll-Werte und geringfügig auch der Rohprotein-Gehalte im Hafer sowie zu einem signifikanten Anstieg der Kornerträge. Bei gleichzeitiger Zufuhr von Stroh vor dem Pflügen in Kombination mit einer Gründüngung (B2, C2 im Vergleich zu B1, C1) wurden dagegen die N_{\min} -Werte beim 3. Untersuchungstermin (nach der Ernte) sowie die Chlorophyll- und Rohproteingehalte, auf Grund der offensichtlich später einsetzenden Mineralisation in diesen Varianten, etwas angehoben. Die durch die Strohzufuhr verursachte Ertragsdepression konnte jedoch nicht durch Zufuhr von Grüngut kompensiert werden.

Eine späte Zufuhr an Leguminosenhäcksel zum Schossen bei Strohzufuhr vor dem Pflügen (Var. B5 im Vergleich zu B2) führte zu ähnlichen Reaktionen der N_{\min} -Werte und der Kornerträge wie in Variante A2. Die Chlorophyllwerte und die Gehalte an Rohprotein wurden jedoch entsprechend der späten N-Freisetzung z.T. deutlich angehoben (vgl. BECKMANN et al. 2002). Dagegen war eine Zufuhr an Stroh-Häcksel nach dem Pflügen auf die Bodenoberfläche (Var. A3, B3) offenbar durch keine Ertragsdepression gekennzeichnet (Abb. 1 u. 2).

Schlussfolgerungen:

Es wurde eine zwar stetige, aber geringe negative Wirkung einer Strohdüngung auf die Kornerträge der Nachfrucht Hafer festgestellt. Es bestand offenbar kaum eine Wechselwirkung zwischen der zusätzlichen Zufuhr von Stickstoff durch Grüngut und der Strohdüngung vor dem Pflügen (übliches Verfahren). Eine alleinige Grüngutzufuhr erhöhte zwar die N_{\min} -Werte im Boden, Rohproteingehalte im Korn und auch die Kornerträge des nachfolgenden Hafers, doch zusätzliche frühe Strohzufuhr vor dem Pflügen führte immer zu einer verzögerten N-Freisetzung und auch zu einer geringfügigen Abnahme der Kornerträge. Dagegen konnte der negative Ertragseffekt durch Strohzufuhr auf die Pflugfurche weitgehend verhindert werden.

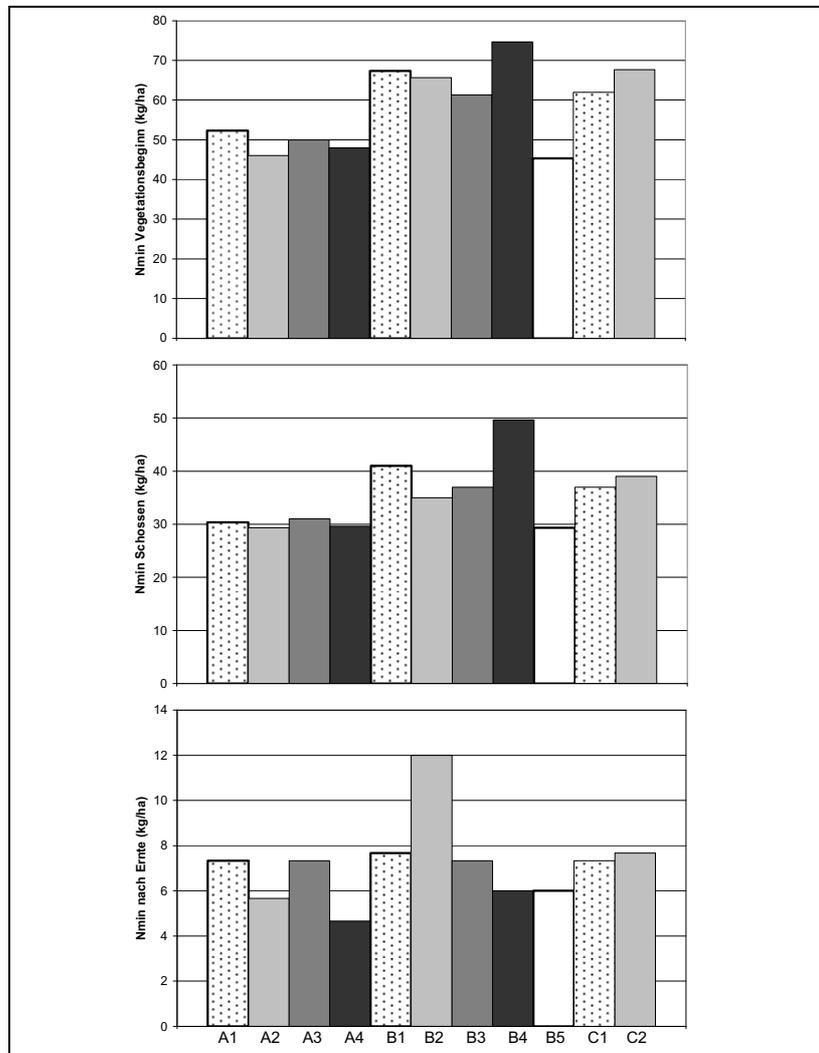


Abb. 1: Einfluss verschiedener Verfahren der Stroh- und Grüngutzufuhr auf den Verlauf der N_{min}-Werte im Boden (0 – 60 cm Bodentiefe) im Durchschnitt von drei Versuchsjahren.

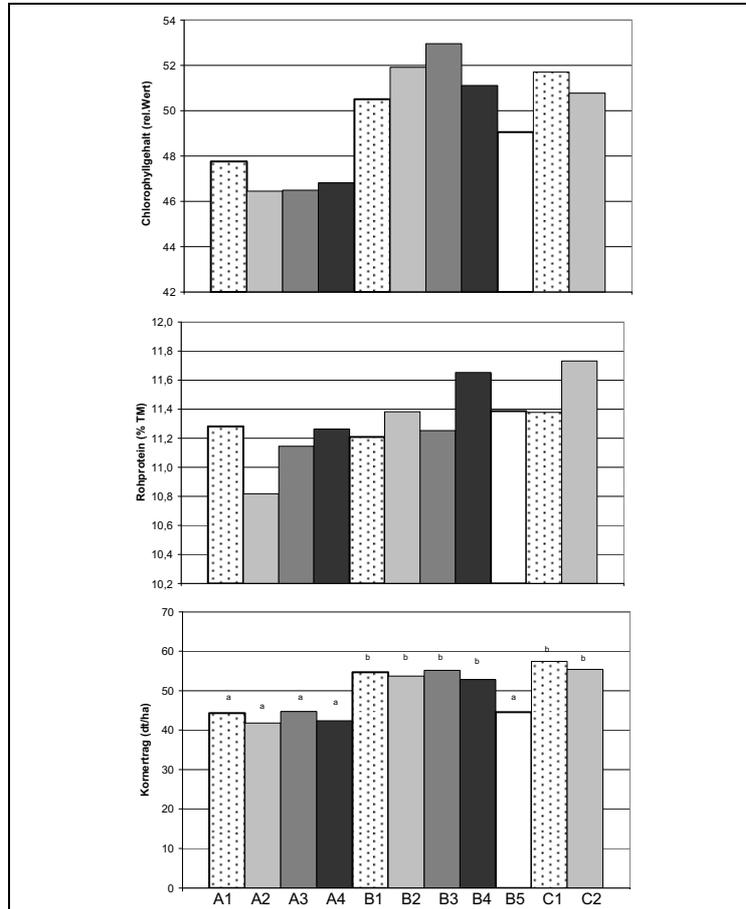


Abb. 2: Einfluss verschiedener Verfahren der Stroh- und Grüngutzufuhr auf den Verlauf der Gehalte an Chlorophyll im Blatt, an Rohprotein im Korn sowie auf die Kornträge von Hafer im Durchschnitt von drei Versuchsjahren.

Literatur:

Beckmann U., Kolbe H., Model A., Russow R. (2001): Ackerbausysteme im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung von N-Bilanz und Effizienzkennzahlen. UFZ-Bericht Nr. 14, UFZ-Umweltforschungszentrum, Halle, 138 S.

Beckmann U., Kolbe H., Model A., Russow R. (2002): Ackerbausysteme im ökologischen Landbau – Untersuchungen zur N_{min} -, N_2O -N- und NH_3 -N-Dynamik sowie Rückschlüsse zur Anbau-Optimierung –. Initiativen zum Umweltschutz 35, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 226 S.

Buchholz H. (1993): Pflanzliche Inhaltsstoffe. VDLUFA-Methodenbuch Bd. III, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Hoffmann G. (1991): Die Untersuchung der Böden. VDLUFA-Methodenbuch Bd. I, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

Schmidt H. (2004): Viehloser Öko-Landbau, Beiträge, Beispiele, Kommentare. Köster Verlag, Berlin, 212 S.

Möglichkeiten der Optimierung der Wirtschaftsdüngung zu Winterweizen durch Berücksichtigung bodentypischer Gegebenheiten

Possibilities for optimisation of organic fertilisation in winter wheat by considering soil conditions

D. Westphal¹, R. Loges¹ und F. Taube¹

Keywords: crop farming, plant nutrition, site specific farming

Schlagwörter: Pflanzenbau, Pflanzenernährung, teilflächenspezifischer Ackerbau

Abstract:

In organic farming, N supply to non-legumes often does not meet the N-demand of the respective crops, which then results in low yields and unsatisfactory product quality. The present study analysed the potential of a site specific application of organic fertilizers to improve N-efficiency of organic winter wheat production. Under a constant management, strong yield variations were caused by different soil types. On average of two experimental years (2005/06), liquid manure application of 135 kg N ha⁻¹ increased the crop yields by 50%. The crude protein content was significantly improved as well. Interactions of soil type and fertilisation on yield and quality parameters were absent, except for a significantly higher utilisation of N from liquid manure on soils with a higher water storage capacity under dry conditions of the growing period 2006.

Einleitung und Zielsetzung:

Eines der wichtigsten Probleme im ökologischen Ackerbau stellt die N-Versorgung von nicht zur Luft-N-Bindung befähigten Kulturen dar. Neben dem Problem einer rein mengenmäßig ausreichenden N-Versorgung, stellt die Synchronisation zwischen der vor allem witterungsabhängigen N-Verfügbarkeit und dem N-Bedarf in entscheidenden Wachstumsstadien der Pflanze eine besondere Schwierigkeit dar. Die Folge sind oft unbefriedigende Erträge und häufig unzureichende Qualitäten im Marktfruchtbau. Durch den gezielten Einsatz organischer Wirtschafts- bzw. Zukaufdünger lassen sich sowohl die Erträge, als auch Qualitäten ökologisch angebaute Marktfrüchte verbessern (TAUBE et al. 2005). Auf den meisten Betrieben sind jedoch die Verfügbarkeiten bzw. die Importmöglichkeiten von organischen Düngemitteln beschränkt. Außerdem ist die Verwertungseffizienz von organischen Düngern eher gering. Häufig werden erst beim Einsatz höherer N-Mengen befriedigende Resultate erzielt (DREYMAN 2005). Die teilflächenspezifische Ausbringung von Düngemitteln wird im konventionellen Ackerbau seit langem als Möglichkeit zur Verbesserung der N-Effizienz diskutiert. Zu diesem Thema liegen jedoch bisher keine wissenschaftlichen Erkenntnisse im ökologischen Ackerbau vor. In einem Teilprojekt des interdisziplinären Forschungsprojektes „Hof Ritzerau“ werden Möglichkeiten und Grenzen einer bodenartsspezifischen Applikation von Wirtschaftsdüngern im Hinblick auf Ertragswirkungen und ökologische Aspekte untersucht. Dabei werden zwei Fragestellungen näher betrachtet:

1. In welcher Wiese beeinflusst die *Bodenart* die Ertragswirkungen und N-Verwertung einer einheitlichen Jauchedüngergabe bei Winterweizen nach einer einheitlichen Vorfrucht?
2. Beeinflusst ein durch die Variation der *Vorfrucht* verursachter Unterschied im N-Versorgungsstatus der Fläche, die Ertragswirkungen bzw. N-Verwertung einer bodenartsspezifisch ausgebrachten Jauchedüngung?

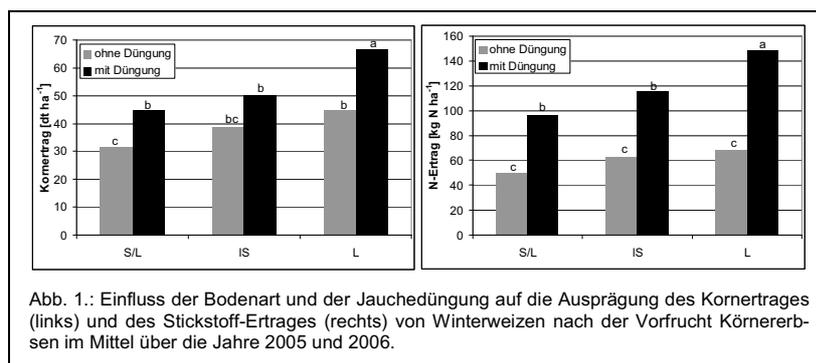
¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel, Deutschland, dwestphal@email.uni-kiel.de

Methoden:

Die Untersuchungen wurden auf dem im ostholsteinischen Hügelland Schleswig-Holsteins gelegenen und nach Bioland-Richtlinien bewirtschafteten Hof Ritzerau (Bodenart: IS, 48 Bp, 8,5C Jahresdurchschnittstemp eratur, 750 mm Durchschnittsjahresniederschlag) in den Versuchsjahren 2005 und 2006 auf den Betriebsschlägen mit Winterweizen durchgeführt. Vor Untersuchungsbeginn wurden die jeweiligen Schläge bodenkundlich kartiert. Für die erste Teilfragestellung wurden nach der einheitlichen Vorfrucht Körnererbsen jeweils Teilareale unterschiedlicher Bodenarten (IS, S/L, L) ausgewählt. Zur Analyse des Effektes der Fruchtfolgestellung des Weizens auf die Ergebnisse wurde ein zweites Telexperiment parallel in Weizen nach Klee gras bzw. Körnererbsen bei Variation der Bodenarten IS und S/L durchgeführt. Auf den ausgewählten Flächen wurden neben einer ungedüngten Kontrolle Parzellen eingerichtet, die jeweils in zwei Teilgaben zu EC 29 und EC 39 mit insg. 135 kg Gesamt-N ha⁻¹ in Form von Rinderjauche gedüngt wurden. Die Applikation erfolgte mit Schleppschläuchen. Neben Pflanzen- und Bodenbeprobungen im Zuwachsverlauf wurde zur Ernte ein Parzellendrusch zur Erhebung der Ertragsleistung und der Ertragsstrukturanalyse durchgeführt. Die statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit dem Programmpaket SAS Version 8.0. Die Varianzanalysen wurden mit der Prozedur GLM durchgeführt. Die multiplen Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem Student-Newman-Keuls-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%. In den Ergebnissen sind signifikante Unterschiede durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Tab. 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen der Telexperimente

Versuchsfaktor:	Faktorstufen Telexperiment 1: (Einfluss der Bodenart)	Faktorstufen Telexperiment 2: (Einfluss der Vorfrucht)
Düngungsstufe	0: ohne Düngung 1: 135 kg Gesamt-N/ha EC 29: 90 kg N/ha EC 39: 45 kg N/ha	0: ohne Düngung 1: 135 kg Gesamt-N/ha EC 29: 90 kg N/ha EC 39: 45 kg N/ha
Bodenart	1: IS (lehmgiger Sand) 2: S/L (Sand über Lehm) 3: L (Lehm)	1: IS (lehmgiger Sand) 2: S/L (Sand über Lehm)
Versuchsjahr	1: 2005 2: 2006	1: 2005 2: 2006
Vorfrucht	1: Körnererbsen	1: Körnererbsen 2: Klee gras
Wdh.	Je Jahr 2 Schläge mit 2 Wdh.	Je Jahr und Vorfrucht 2 Teilschläge

Ergebnisse und Diskussion:

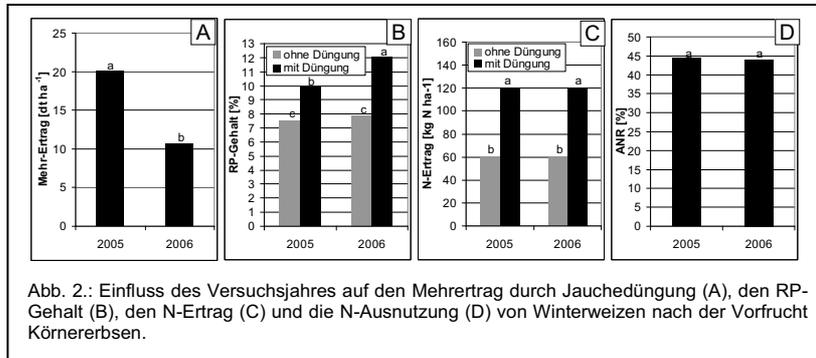


Abb. 2.: Einfluss des Versuchsjahres auf den Mehrertrag durch Jauchedüngung (A), den RP-Gehalt (B), den N-Ertrag (C) und die N-Ausnutzung (D) von Winterweizen nach der Vorfrucht Körnererbsen.

Unabhängig von der geprüften Bodenart bzw. Vorfrucht führte die Düngung mit Rinderjauche zu einer deutlichen Steigerung des Korntrages und der Korn-RP- Gehalte (Abb. 1 u. 3.) bzw. der N-Erträge. Die leichteren Bodenarten S/L und IS waren nur mit einer Jauchedüngung in der Lage, den Ertrag zu erreichen, der auf den schwereren Lehmboden auch ohne Düngung erreicht wurde. Die Bodenart nahm keinen Einfluss auf die Ausprägung der Korn-RP-Gehalte. Unabhängig von der Bodenart lagen die Korn-RP-Gehalte bei knapp 8%, mit Jauchedüngung bei 11% (o. Abb.). Abb. 2 zeigt die unterschiedliche Ausprägung der untersuchten Parameter in den bisherigen beiden Versuchsjahren.

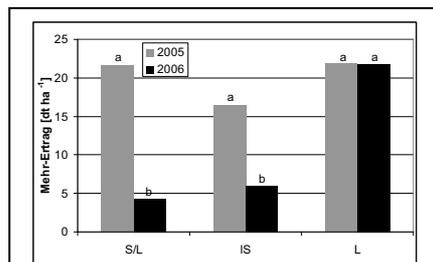


Abb. 3.: Einfluss von Bodenart und Jahr auf den Mehrertrag von Winterweizen nach der Vorfrucht Körnererbsen.

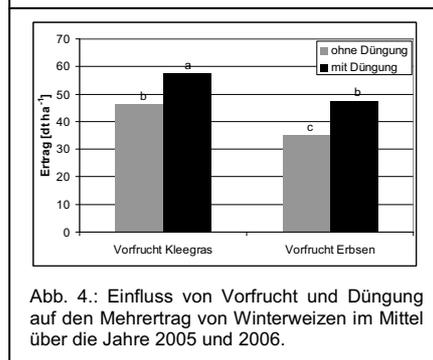


Abb. 4.: Einfluss von Vorfrucht und Düngung auf den Mehrertrag von Winterweizen im Mittel über die Jahre 2005 und 2006.

In Bezug auf den N-Ertrag wurden die in 2005 festgestellten Mehrerträge durch Düngung über entsprechend höhere Korn-Rohproteingehalte im Jahr 2006 kompensiert, so dass in beiden Jahren gleiche N-Mengen geerntet wurden und eine gleich hohe Effizienz der N-Düngung (ANR) von ca. 45% festgestellt wurde (Abb. 2).

Im normal feuchten Jahr 2005 wurden durch die Jauchedüngung auf allen Bodenarten gleich hohe Ertragszuwächse nach der Vorfrucht Erbsen erreicht. Im trockenen Jahr 2006 dagegen fielen die Mehrerträge durch Düngung auf den leichteren Bodenarten (IS, S/L) deutlich geringer als auf Lehm aus (Abb. 3).

Im zweiten Teilexperiment zeigten sich Ertragsvorteile des Weizens nach Klee-gras gegenüber dem nach Körnererbsen (Abb. 4). Erst durch Jauchedüngung wurde nach Erbsen ein Ertrag erzielt, der dem des ungedüngten Weizens nach Klee-gras entsprach. Nach beiden Vorfrüchten war es erst durch die Gabe von Rin-

derjauche möglich, höhere Rohproteingehalte zu erzielen und backfähiges Getreide zu ernten. 2006 lag der durch Düngung erzielte Ertragszuwachs weit hinter dem Ertragszuwachs 2005 (Abb. 5). Zusätzlich ist in der Tendenz abzusehen, dass der Ertragszuwachs 2006 nach Klee gras geringer war als nach Erbsen. In Kombination mit leicht höheren RP-Gehalten des gedüngten Weizens nach Erbsen führte dieses im trockeneren Jahr 2006 zu einer im Vergleich zur Vorfrucht Klee gras besseren Ausnutzung der Düngergabe nach der schwächeren Vorfrucht Erbsen. Dieses deutet an, dass nach der Vorfrucht Klee gras nicht Stickstoff sondern Wasser der erst-limitierende Wachstumsfaktor war.

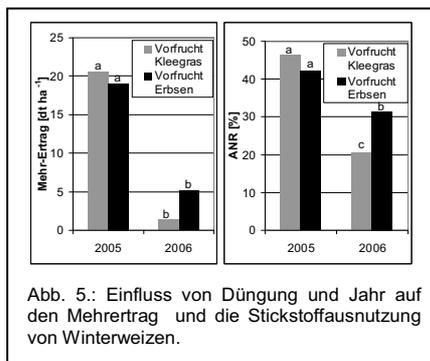


Abb. 5.: Einfluss von Düngung und Jahr auf den Mehrertrag und die Stickstoffausnutzung von Winterweizen.

Schlussfolgerungen:

Ertragsleistung und Qualität von Winterweizen zeigten sich in ihrer Ausprägung stark beeinflusst durch die Faktoren Bodenart, Jahreswitterung, Vorfrucht und N-Düngung. Die eingesetzte Rinderjauche führte zu einem hohen N-Ausnutzungsgrad von bis zu 45%. Dieser liegt weit über dem von Rindergülle (DREYMANN 2005) und ist auf den mineralischen Charakter von Jauche zurückzuführen. Im Durchschnitt der bisher 2 Versuchsjahre war der Effekt einer teilflächenspezifischen Düngung gering aber insbesondere im extremen Anbaujahr 2006 gegeben. Unter den trockenen Verhältnissen des Versuchsjahres 2006 setzte die höher bonitierte Bodenart Lehm die eingesetzte Düngung besser in Ertrag um. Auf Standorten mit Gefährdung durch Frühsommertrockenheit erscheint eine bevorzugte Düngung von höher bonitierten Teilflächen sowohl aus ertraglicher Sicht als auch zur Vermeidung unnötig hoher Mengen nicht ausgenutzten Stickstoffs angebracht.

Im zweiten Teilexperiment zeigen sich deutliche Effekte der Wahl der Vorfrucht auf die Ertrags- und Qualitätsleistung von Weizen. Die eingesetzte Düngung wurde vom Weizen nach der - in Bezug auf die N-Nachlieferung - schwächeren Vorfrucht Erbsen geringfügig besser verwertet als von dem nach Klee gras und erscheint bei knapper Verfügbarkeit cleverer nach der schwächeren Vorfrucht aufgehoben.

In Folge der am Versuchsstandort vorherrschenden geringen Bodenvariabilität (- nur knapp 5% der Flächen entsprechen der Bodenart Lehm -), stellt die mit hohen Kosten verbundene teilflächenspezifische Jauchedüngungsapplikation keinen Vorteil dar, da nur in Extremjahren nicht Stickstoff sondern Wasser ertragslimitierender Faktor ist.

Danksagung:

Die Untersuchungen werden vom Betriebseigentümer Günther Fielmann finanziert.

Literatur:

Dreyman S. (2005): N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Taube F., Loges R., Kelm M., Latacz-Lohmann U. (2005): Vergleich des ökologischen und konventionellen Ackerbaus im Hinblick auf Leistungen und ökologische Effekte auf Hohertragsstandorten Norddeutschlands. Berichte über Landwirtschaft 83:165-176.

**Organische Substanz in ökologisch bewirtschafteten Böden,
Quantität, Qualität und ihr Einfluss auf Getreideerträge****Organic matter in organic managed soils
quantity, quality and the effect on cereal yields**H. Schmidt¹, C. Schüler² und R. G. Jörgensen³**Keywords:** soil fertility, soil biology, crop farming, plant nutrition**Schlagwörter:** Bodenfruchtbarkeit, Bodenbiologie, Pflanzenbau, Pflanzenernährung**Abstract:**

In an on-farm investigation a total of 39 fields of 9 organic managed farms (main crop winter cereals) were sampled in the years 2005 and 2006. Several soil variables were evaluated as well as crop yield, weather data and the field history. Results of statistical analyses (mean, range, standard deviation, correlation and multiple linear regression) are presented. Comparable to physical and chemical variables certain fields were also characterised by soil biological variables. Main factors of cereal N-yield were pre crop, crop rotation, soil type and soil organic matter content (SOM). Soil biological variables had only a low influence. Nitrogen availability was affected by physical and biological soil factors, the weather and management measures as straw fertilization and pre crop. Negative correlations between SOM and yield or N-availability were probably caused by the connection of SOM and environmental factors.

Einleitung und Zielsetzung:

Im Rahmen des Projekts „Untersuchung ackerbaulicher Probleme langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe“ (gefördert durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau) wird unter anderem die Problematik sinkender oder vergleichsweise geringer Getreideerträge auf einzelnen Betrieben untersucht. Beobachtungen der betreffenden Praktiker und einzelne Bodenuntersuchungsergebnisse weisen auf eine geringe N-Nachlieferung aus der organischen Substanz im Boden (OS) als eine mögliche Ursache hin. Zur Analyse des Problems wurden in zwei Jahren gezielt ausgewählte Praxisflächen untersucht. Die Ziele der Untersuchung sind (i) die Beschreibung von Quantität und Qualität der OS auf Schlägen mit unterschiedlichem Ertragsniveau, (ii) Identifizierung und Gewichtung von OS beeinflussenden Faktoren und (iii) Ermittlung des Einflusses der OS auf den Getreideertrag. Als erster Schritt in der Analyse der Untersuchungsergebnisse und der evaluierten Praxiserfahrungen werden hier die erfassten Daten mit statistischen Verfahren auf Aussagefähigkeit und Zusammenhänge geprüft.

Methoden:

In den Jahren 2005 und 2006 wurden auf neun Betrieben mit langjährig ökologischer Bewirtschaftung insgesamt 39 Flächen (Hauptfrucht Wintergetreide) untersucht (Tab. 1), je Betrieb möglichst Schläge mit Leguminosen- und mit Getreidevorfrucht. Die numerische Bewertung der Vorfrucht basiert auf Quantität und Qualität der Leguminosen (z.B. Getreide<Erbsen<Klee gras). Im Zeitraum März/April erfolgte die Entnahme

¹Stiftung Ökologie und Landbau, Modellprojekt Öko-Ackerbau, Himmelsburger Str. 95, 53474 Ahrweiler, Deutschland, schmidt@soel.de

²Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, Deutschland, schueler@wiz.uni-kassel.de

³Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, Deutschland, joerge@wiz.uni-kassel.de

von Bodenproben an drei Messpunkten je Schlag (15 m Abstand) aus der Schicht 0-20 cm (8 Einstiche auf 16 m²) und an zwei der Punkte aus den Schichten 0-30, 30-60 und 60-90 cm (3 Einstiche auf 16 m²). Die analysierten biologischen, chemischen und physikalischen Bodenparameter sind in Tabelle 1 aufgeführt. Der Getreideertrag wurde durch Beerntung von 4 x 1 m Drillreihe je Messpunkt ermittelt. Angaben der Betriebsleiter dienen zur Bewertung der Vorrüchte und zur Berechnung von Humus- (VDLUF 2004) und N-Bilanzwerten. Kurzfristige Witterungsdaten und langfristige Klimaangaben wurden von den nächstgelegenen Wetterstationen verwendet. Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS.

Tab. 1: Betriebsübersicht und ermittelte Parameter (in Klammern: Methode).

Betriebsübersicht	
Bundesland	3 x Niedersachsen; 1 x Hessen; 4 x Bayern; 1 x Baden-Württemberg
Höhe ü. NN	3 x 0-100 m; 2 x 200-300 m; 4 x 500-700 m
GV/ha	2 x 0 GV/ha; 2 x 0,2-0,3 GV/ha; 3 x 0,4-0,5 GV/ha; 2 x 0,7-1 GV/ha
Ø Ertragsniveau	(in kg N/ha im Korn) 4 x 50-60 kg N/ha; 5 x 80-100 kg N/ha
Parameter	
Boden 0-20 cm	C _{org} , N _t , pH, P, K, Mg, Korngrößen (LUFA-Methodik)
	C und N in mikrobieller Biomasse: C _{mik} , N _{mik} (Fumigation/Extraktion)
	Basalatemung: CO ₂ (ISERMEYER 1952)
	Ergosterol: Erg (DJAJAKIRANA et al. 1996)
Boden 0-90 cm	Wasser: H ₂ O & Nitrat- & Ammonium-N: N _{min} (LUFA-Methodik)
Getreidekorn	% N (C/N-Analysator); N x Ertrag= N im Korn je ha: GN
Betrieb	Fruchtfolge, Düngung: in Humus- und N-Bilanz berücksichtigt; Vorrücht klassifiziert: Getreide 1, Körnerleguminosen bzw. Getreide in weiter Reihe mit Untersaat 2, Klee gras o. Leguminosengründung (Hauptfrucht) 3

Ergebnisse und Diskussion:

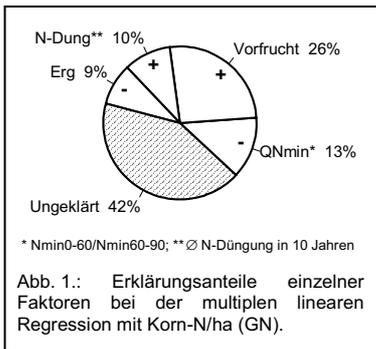
Wie die großen Unterschiede in Lage und System der Betriebe erwarten lassen, weisen sowohl die Standort- und Managementparameter als auch die quantitativen und qualitativen OS-Parameter eine große Spannweite auf (Tab. 2). Niedrige Werte beim Verhältnis von mittlerer Standardabweichungen (SA) je Schlag zur gesamten SA (SA%) lassen auf eine hohe Differenzierung zwischen den einzelnen Schlägen schließen. Parameter mit hohen SA%-Werten wie C/N_{mik} können wahrscheinlich hingegen nur wenig zur Charakterisierung einzelner Schläge beitragen. Zwei Schläge wurden aufgrund extremer Ausreißer durch hohe Tongehalte (50%) nicht mit ausgewertet.

Tab. 2: Mittelwerte, Minimum und Maximum ausgewählter Parameter sowie das Verhältnis von mittlerer Standardabweichungen je Schlag zur gesamten Standardabweichung (SA%).

OS-Parameter					andere Parameter				
Parameter	Mittel	Min.	Max.	SA%	Parameter	Mittel	Min.	Max.	SA%
Corg [%]	1,75	0,84	3,79	13	Steine [%]	12,2	0,0	48,5	9
Nt [%]	0,18	0,10	0,39	13	Sand [%]	35,8	1,6	84,0	10
C/N	9,79	7,32	12,76	22	Schluff [%]	46,3	10,6	83,2	13
Cmik [µg/g]	264	76	693	24	Ton [%]	17,4	2,9	61,6	22
Nmik [µg/g]	45,2	11,3	114,5	20	pH	6,07	5,10	7,30	23
C/Nmik	5,94	3,47	8,87	50	P [mg/100g]	5,15	0,44	14,85	20
QCmik [% Corg]	1,51	0,69	2,85	36	K [mg/100g]	13,5	5,0	39,2	29
QNmik [% Nt]	2,48	1,03	5,01	34	Nmin [kg/ha]	69,2	24	138	36
Erg [µg/g]	0,80	0,11	3,89	24	H2O [%]	16,9	10,7	28	22
QErg [% Cmik]	0,31	0,09	0,99	42	Ertrag [dt TM/ha]	41,8	15,3	85,1	21
CO₂ [µg/g/d]	19,0	3,4	60,4	20	GN [kg/ha]	73,1	20,13	153,3	20
qCO₂ [mgCO ₂ /gCmik/d]	75,3	11,9	196,9	37	GN-Nmin [kg/ha]	4,2	-56,2	102,1	28

Viele Parameter der OS korrelieren positiv und relativ hoch mit dem Gehalt an C_{org} , so z.B. die Bodengehalte an N_t (r 0,94), C_{mik} (r 0,68), N_{mik} (r 0,66) und Erg (r 0,84). Andere Parameter, vor allem die Quotienten (z.B. C/N), weisen jedoch nur geringe direkte Zusammenhänge mit dem Gehalt an OS auf (Ergebnisse nicht dargestellt). Besonders diese Größen lassen einen, über die Quantität der OS hinaus gehenden, Informationswert zur Qualität der OS erwarten.

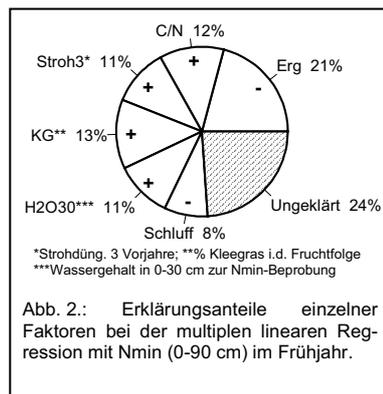
Bei der Korrelationsanalyse der OS-Menge (C_{org}) mit sechzehn möglichen Standort- und Managementfaktoren ergeben nur die Standortparameter (i) mittlere Jahrestemperatur (r -0,84), (ii) Frosttage (Frost, r 0,81), (iii) durchschnittliche Sommerniederschläge (Mai-September; r 0,76), und (iiii) Schluffgehalt (r -0,58) signifikante Korrelationen mit einem Koeffizienten über 0,5. In der multiplen linearen Regression (schrittweise) können mit den Faktoren Jahrestemperatur, Sommerniederschläge und Schluffanteil 84% der Varianz von C_{org} erklärt werden. Auch die meisten anderen OS-Parameter werden vor allem durch Standortfaktoren beeinflusst. Die Quotienten C/N, QC_{mik} , QN_{mik} und $QErg$ weisen jedoch auch hohe Korrelationskoeffizienten in Verbindung mit Managementfaktoren auf (z.B. Klee grasanteil in der Fruchtfolge, Umfang der Strohdüngung, Humusbilanz der letzten 3 Jahre).



Zur Prüfung der Erträge der unterschiedlichen Getreidearten und -sorten dient als Messgröße der N-Entzug mit dem Korn (GN). Die verschiedenen Bodenparameter wurden unter Berücksichtigung des Steinanteils und der Bodendichte auf Volumengehalte umgerechnet, um die auf dem Feld absolut vorhandenen Mengen abzubilden. Die Korrelationsanalyse von GN mit Bewirtschaftungs-Parametern ergibt signifikante Koeffizienten für die Vorfrucht ($r=0,58$) und die N-Bilanz des Vorjahres ($r=0,42$), den Getreide- ($r=-0,48$) und den Klee grasanteil ($r=0,41$) in der Fruchtfolge sowie die Strohdüngung (3 Vorjahre, $r=-0,48$). Deutliche

Korrelationen mit OS-Parametern treten mit $QErg$ ($r=-0,39$), C_{org} ($r=-0,33$), und C/N ($r=-0,3$) auf. Auch der Schluffanteil (r 0,37) und die nutzbare Feldkapazität (r 0,39) weisen hohe Koeffizienten auf. Die multiple lineare Regression (schrittweise) weist auf weitere Faktoren hin, die in einer einfachen Korrelationsanalyse überlagert sein können (Abb. 1), hier die N-Düngung und die N_{min} -Tiefenverteilung (QN_{min}). Der negative Zusammenhang von GN und C_{org} lässt darauf schließen, dass C_{org} in diesem Fall vor allem die unterschiedlichen Standorteinflüsse (Klima, Bodenphysik) widerspiegelt.

Die höchsten Korrelationskoeffizienten von N_{min} -Werten mit physikalischen oder chemischen Standort- und Managementparametern ergeben die Pflugtiefe (r 0,57), der Tonanteil ($r=-0,52$), der Sandanteil (r 0,35) und der Bewuchs über Winter



(Monate ohne Bewuchs, $r=-0,34$), bekanntermaßen ein wichtiger Faktor der Nitratverlagerung und damit der N_{\min} -Menge im Frühjahr. Hohe Korrelationskoeffizienten mit N_{\min} ergeben auch die bodenbiologischen Messgrößen QN_{mik} ($r=-0,50$), qCO_2 ($r=-0,46$) und C/N_{mik} ($r=0,42$). Die multiple lineare Regression (schrittweise, Abb. 2) weist sowohl auf OS-Parameter (Erg & C/N) als auch auf die Bewirtschaftung (% Klee gras in der Fruchtfolge & Strohdüngung) und auf physikalische Bodeneigenschaften (Schluffanteil, Wasserhaltefähigkeit) als relevante Faktoren hin. Wasserhaushalt und Bodenart spielen erfahrungsgemäß sowohl bei der N-Mineralisation als auch bei der Nitratverlagerung eine große Rolle.

Als ein Anhaltspunkt für die N-Mineralisation in der Vegetationsperiode dient die Differenz von Korn-N-Menge und N_{\min} im Frühjahr ($GN-N_{\min}$). Die höchsten Korrelationskoeffizienten werden bei den Parametern Sand ($r=0,48$), Ton ($r=0,55$), Schluff ($r=0,5$), pH ($r=0,49$), Strohdüngung ($r=-0,59$), Getreideanteil ($r=-0,45$) und C/N ($r=-0,45$) ermittelt. Die multiple lineare Regression (schrittweise) weist zusätzlich auf Zusammenhänge mit der Niederschlagshöhe und der Basalatmung (CO_2) hin (Abb. 3). Witterung, Bodenart und Vorfrucht sind bekannte Faktoren der N-Mineralisation. Inwieweit, in dem sich abzeichnenden Zusammenhang zwischen Strohdüngung, OS-Qualität und N-Mineralisation, die Strohdüngung nur den eng mit ihr verbundenen Getreideanteil in der Fruchtfolge widerspiegelt wird weiter geprüft.

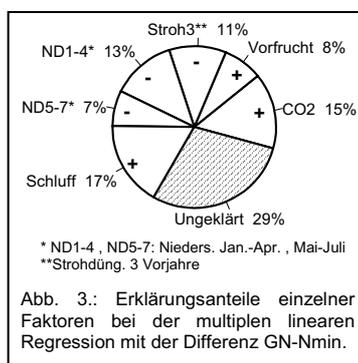


Abb. 3.: Erklärungsanteile einzelner Faktoren bei der multiplen linearen Regression mit der Differenz $GN-N_{\min}$.

Schlussfolgerungen:

Die bisher durchgeführte Auswertung des umfangreichen Datenmaterials lässt folgende Schlussfolgerungen zu: (1) bodenbiologische Parameter können, wie physikalische und chemische Bodeneigenschaften, in der Praxis für einzelne Schläge charakteristische Werte aufweisen; (2) trotz großer Auswirkungen der stark variierenden Standortbedingungen sind Managementeinflüsse auf Ertrag und N-Versorgung nachweisbar; (3) die Auswirkungen der Qualität organischer Bodensubstanz zeigt sich vor allem im Zusammenhang von Quotienten bodenbiologischer Kenngrößen und der N-Versorgung; (4) die Strohdüngung und/oder der Getreideanteil in der Fruchtfolge scheinen die N-Mineralisationseigenschaften des Boden deutlich zu beeinflussen; (5) ein Grund für die z. T. auftretenden negativen Korrelationen von Humusgehalt (C_{org}) und Ertrag bzw. N-Versorgung ist wahrscheinlich auf den Zusammenhang von C_{org} und Standortfaktoren zurückzuführen, da für das Wachstum ungünstige Bedingungen (niedrige Temperaturen, Trockenheit, Nässe, Bodenverdichtungen) durch den resultierenden niedrigen mikrobiellen Umsatz zu hohen C_{org} -gehalten führen können, günstige Auswirkungen hoher Humusgehalte werden so überdeckt.

Literatur:

Djakirana G., Joergensen R. G., Meyer B. (1996): Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biol Fert Soils*(22): 299-304.

Isermeyer H. (1952): Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate im Boden. *Z Pflanz Bodenkunde*(56): 25-38.

VDLUFA (2004): VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung - Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. VDLUFA Selbstverlag, Bonn.

Kann man mit Nahinfrarot-Spektroskopie die Bodenfruchtbarkeit bestimmen?**Is near-infrared spectroscopy capable to determine soil fertility?**T. Terhoeven-Urselmans¹, F. Ilein¹, H. Schmidt² und B. Ludwig¹**Keywords:** soil fertility, plant nutrition and soil biology**Schlagwörter:** Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung und Bodenbiologie**Abstract:**

Near-infrared reflectance spectroscopy is known for its inexpensiveness, rapidity and accuracy and may become a useful tool for the assessment of soil fertility. The objectives of this study were (i) to evaluate the ability of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict several soil chemical and biological characteristics of organically managed arable land and (ii) to test if different sample pre-treatments yield comparable results. Spectra of the VIS-NIR region (400-2500 nm) from 56 either fresh or pre-treated (quick-freezing, freeze-drying and grinding) soil samples were recorded. A modified partial least square regression method and cross-validation were used to develop an equation over the whole spectrum (1st to 3rd derivation). Soil chemical and biological characteristics and ratios of them were predicted. The soil chemical characteristics pH (CaCl₂) and contents of C_{org}, N_i and extractable P (Olsen), K (CAL) and Mg (CaCl₂) were generally predicted well, except for the K content, which was predicted satisfactorily. The predictions were better for pre-treated samples than for fresh ones. The RSC (the ratio of standard deviation of laboratory results to standard error of cross-validation) ranged between 2.5 (pH) and 4.1 (Mg) and the correlation coefficient *r* between 0.91 (Mg) and 0.97 (N_i), respectively. NIRS-predictions of biological characteristics were for fresh samples slightly better than for pre-treated. Exceptions were content of ergosterol and the ratio of ergosterol content to C_{mic}. Respiration rate and contents of C_{mic}, N_{mic} and P_{mic} were predicted well. The RSC was between 2.5 (P_{mic}) and 4.6 (ergosterol) and *r* between 0.89 (respiration rate) and 0.93 (C_{mic}). Ratios of C_{mic}/N_{mic} and ergosterol/C_{mic} and the metabolic quotient were predicted satisfactorily. Nitrogen mineralization rate could not be predicted satisfactorily. The good and satisfactory results for soil chemical and biological characteristics indicate that there is marked potential of NIRS for soil fertility assessment. Quick-freezing and subsequent freeze-drying of samples is a promising method to maintain stability of biological sample characteristics.

Einleitung und Zielsetzung:

Eine hohe Bodenfruchtbarkeit zur Erhaltung der Ertragsfähigkeit ist in der ökologischen Landwirtschaft grundlegende Voraussetzung. Die Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit, zu der meist eine Vielzahl bodenchemischer und -biologischer Messgrößen herangezogen wird, ist zeit- und kostenaufwendig und die bodenbiologischen Messergebnisse unterliegen oft aufgrund des Lagerungseinflusses vor der Analyse Schwankungen. Nahinfrarot-Spektroskopie ist aufgrund seiner Schnelligkeit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit und geringen Kosten in der Untersuchung von Agrarprodukten seit Jahrzehnten eine Standardmethode (NORRIS et al. 1976). Es wurde auch gezeigt, dass der Einsatz von NIRS in der Bodenkunde erfolgreich war, um die Gehalte an organischem Kohlenstoff (C_{org}) und Gesamtstickstoff (N_i) und den pH-Wert zu

¹Fachgebiet Umweltchemie, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, Deutschland, ttu@uni-kassel.de

²Stiftung Ökologie und Landbau, Himmelsburger Str. 95, 53474 Ahrweiler, Deutschland

bestimmen (MORON & COZZOLINO 2002). Die Vorhersage des mikrobiellen Biomasse-C und der Stickstoffmineralisationsrate in Böden und Streu war bisher nicht zufrieden stellend (TERHOEVEN-URSELMANS et al. 2006). Als Hauptgrund wurde die Trocknung der Proben vermutet. Eine Unterteilung der mikrobiellen Biomasse in Bakterien und Pilze wurde mittels NIRS bisher für Wald-Humusaufgaben (PIETIKAINEN & FRITZE 1995) aber noch nicht für Ackerböden gezeigt. In dieser Arbeit soll untersucht werden, ob (i) bodenchemische und –biologische Messgrößen von ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen mit NIRS vorhergesagt werden können und (ii) ob verschiedene Probenvorbereitungsarten zu vergleichbaren Ergebnissen führen.

Methoden:

Probenherkunft sowie bodenbiologische und chemische Analysen:

Im März 2005 sind bundesweit insgesamt 56 Bodenproben von neun biologisch wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieben genommen worden. Die Beprobungstiefe war 0-20 cm. Es wurden die bodenchemischen Messgrößen pH-Wert, Magnesiumgehalt (beide CaCl_2) und Gehalte an Kalium (CAL), Phosphor (Olsen), N_t und C_{org} (C/N-Analyser) nach Siebung auf zwei mm bestimmt. Als bodenbiologische Messgrößen wurden die Gehalte an mikrobiellem Kohlenstoff (C_{mik}), Stickstoff (N_{mik}) und Phosphor (P_{mik}) (Chloroform-Fumigation-Extraktion), Ergosterol (Ethanolextraktion und Messung an HPLC) und die Raten der Respiration (Inkubation für drei Tage bei 25 °C, Titration nach Isermeyer) und N-Mineralisation (Inkubation für 0,14 und 28 Tage bei 25 °C, CaCl_2 -Extraktion, kolometrische Nitratbestimmung) bestimmt. Die Bodenproben und die Analyseergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojekts *Untersuchung ackerbaulicher Probleme langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe* (gefördert durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau) ermittelt und von der Stiftung Ökologie und Landbau zur Verfügung gestellt.

NIRS-Messungen:

Die Nahinfrarot-Reflexionsspektroskopie-Messungen sind mit einem Foss-NIRSystem Spektrometer (Silver Spring, USA) an den frischen (A) und an den mit flüssigem Stickstoff schockgefrorenen, gefriergetrockneten und abschließend vermahlenden (B) Proben durchgeführt worden. Die Spektren wurden im sichtbaren und nahinfrarot-Bereich (VIS-NIR 400-2500 nm) aufgenommen. In der Kreuzvalidierung wurde mit der „modifizierten-partiellen-kleinste-Quadrate“-Methode (SHENK & WESTERHAUS 1991) und der Streulichtkorrektur „SNV and detrend“ eine Gleichung erstellt. Dabei sind die erste bis dritte Ableitung, verschiedene Schrittweiten der Ableitung und verschiedene Spektrenglättungen mit dem Ziel, das beste mathematische Modell zu erhalten, berechnet worden. Als Ausreißer sind Proben definiert worden, deren Differenz zwischen Referenz- und Vorhersagewert größer als das 2,5fache des Standardfehlers der Kreuzvalidierung (SECV) war. Der Anteil der Ausreißer lag zwischen null und max. neun Prozent (Gehalte an C_{mik} (A) und Ergosterol (B)). Gute Vorhersagen der Kreuzvalidierung hatten einen RSC > 2 (Verhältnis von Standardabweichung der Referenzwerte zu SECV), einen Korrelationskoeffizient r von $r \geq 0,9$ und einen Regressionskoeffizienten a von $0,9 \leq a \leq 1,1$. Befriedigende Vorhersagen lagen in den Bereichen $1,4 \leq \text{RSC} \leq 2,0$, $r \geq 0,8$ und $0,8 \leq a \leq 1,2$. Unbefriedigende Ergebnisse lagen vor, wenn der RSC < 1,4 bzw. $r < 0,8$ war.

Ergebnisse und Diskussion:

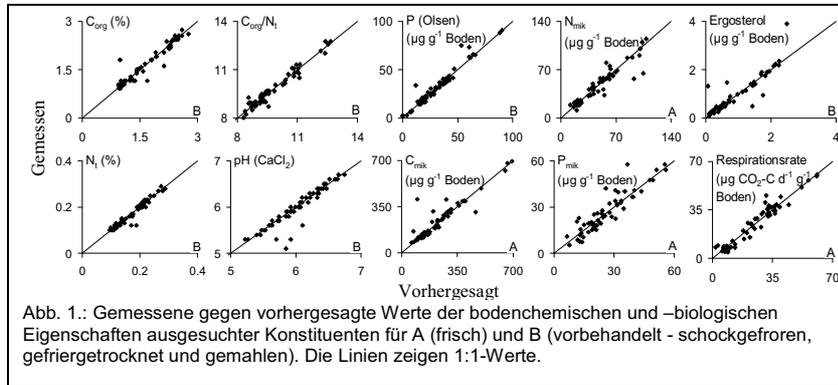
Die Proben deckten gleichmäßig einen weiten Wertebereich ab (Abb. 1) und stellen somit eine aussagekräftige Datenbasis dar. Die bodenchemischen Eigenschaften wurden mit den vorbehandelten Böden (B) besser als mit frischen Böden (A) durch NIRS vorhergesagt (Tab. 1).

Tab. 1: Kreuzvalidierungsstatistik der chemischen und bodenbiologischen Bodeneigenschaften (n=56). Es ist nur die optimale Probevorbehandlung bei der NIRS-Messung (A = frisch; B = vorbehandelt - schockgefroren, gefriergetrocknet und gemahlen) dargestellt. Die beste mathematische Behandlung der Kreuzvalidierung, der RSC (Verhältnis von Standardabweichung der Referenzwerte zum Standardfehler der Kreuzvalidierung) und der Korrelationskoeffizient (r) und Regressionskoeffizient (a) einer linearen Regression (gemessen gegen vorhergesagte Werte) sind dargestellt.

	Konstituent [Einheit]	Behandlung	Math. Behandlung ¹	RSC	r	a
Chemische Eigenschaften	C _{org} [% (TM)]	B	2,10,1	3,38	0,96	0,96
	N _t [% (TM)]	B	3,10,5	2,92	0,97	0,99
	C _{org} /N _t	B	3,20,1	3,65	0,97	0,99
	pH (CaCl ₂)	B	2,5,5	2,5	0,92	1,04
	P (Olsen) [µg g ⁻¹ Boden]	B	2,5,5	3,20	0,97	1,02
	K (CAL) [mg K ₂ O 100 g ⁻¹ Boden]	B	1,1,1	1,82	0,95	1,01
	Mg (CaCl ₂) [mg MgO 100 g ⁻¹ Boden]	B	3,10,5	4,08	0,91	0,91
Biologische Eigenschaften	C _{mik} [µg g ⁻¹ Boden]	A	2,5,5	3,57	0,93	0,92
	N _{mik} [µg g ⁻¹ Boden]	A	3,20,10	3,34	0,93	0,90
	C _{mik} /N _{mik}	A	3,1,1	1,43	0,84	0,89
	P _{mik} [µg g ⁻¹ Boden]	A	1,15,1	2,50	0,91	1,02
	Ergosterol [µg g ⁻¹ Boden]	B	2,15,1	4,58	0,90	0,99
	Ergosterol/C _{mik} [%]	B	2,10,1	2,02	0,83	0,96
	Respirationsrate [µg CO ₂ -C d ⁻¹ g ⁻¹ Boden]	A	1,10,1	3,62	0,89	0,77
	Metabolischer Quotient [mg CO ₂ -C d ⁻¹ g ⁻¹ C _{mik}]	A	3,20,5	1,67	0,78	1,01
	N-Mineralisationsrate [µg NO ₃ -N d ⁻¹ g ⁻¹ Boden]	A	3,1,1	1,14	0,76	1,00

¹ die drei Zahlen geben die Höhe der Ableitungsfunktion, die Schrittweite der Ableitung und die Schrittweite der Glättung in Datenpunkten an.

Der pH-Wert, das C_{org}/N_t-Verhältnis und die Gehalte von C_{org}, N_t und Mg wurden gut vorhergesagt, wogegen der Gehalt an Kalium befriedigend vorhergesagt wurde (Tab. 1). Der RSC lag bei den guten Vorhersagen zwischen 2,5 (pH) und 4,1 (Mg) und r zwischen 0,91 (Mg) und 0,97 (P). Damit konnten deutlich bessere Ergebnisse für P gezeigt werden als durch VAN GROENINGEN et al. (2003): für kalifornische Reisböden fanden sie einen Zusammenhang von r = 0,84. Die bodenbiologischen Eigenschaften konnten, mit Ausnahme des Ergosterolgehaltes und des Ergosterol/C_{mik}-Verhältnisses, besser für frische Proben (A) bestimmt werden (Tab. 1), wobei der N_{mik}-Gehalt und die Raten der Respiration und N-Mineralisation auch gleich gut von vorbehandelten Proben vorhergesagt werden konnten (Daten nicht gezeigt).



Gute Vorhersagen konnten für die Gehalte an C_{mik} , N_{mik} , P_{mik} , Ergosterol und die Respirationsrate durch NIRS gemacht werden (Tab. 1, Abb. 1). Die RSC-Werte waren mit bis zu 4,6 für den Ergosterolgehalt sehr hoch. Darüber hinaus war der SECV mit 0,14 $\mu\text{g Ergosterol g}^{-1}$ Boden (Daten nicht gezeigt) sehr niedrig, was eine sehr gute Vorhersagegenauigkeit bedeutet. LUDWIG et al. (2002) konnten für australische Waldböden C_{mik} und kumulierte Respiration befriedigende und für N_{mik} nur unbefriedigende Vorhersagen treffen. Diese schlechteren Ergebnisse können in der Trocknung (Luft-trocknung) der Proben vor der NIRS-Messung begründet sein. Die Verhältnisse von C_{mik}/N_{mik} und Ergosterol/ C_{mik} und der metabolische Quotient konnten befriedigend vorhergesagt werden, wogegen die N-Mineralisationsrate nicht befriedigend vorhergesagt werden konnte, da der RSC bei 1,1 lag.

Schlussfolgerungen:

NIRS hat gezeigt, eine große Bandbreite an bodenchemischen und -biologischen Eigenschaften vorhersagen zu können. Somit hat NIRS das Potential, für ökologisch wirtschaftende Betriebe eine erste Einschätzung der Bodenfruchtbarkeit zu treffen. Auch an vorbehandelten Proben (schockgefroren, gefriergetrocknet und gemahlen) können gute Vorhersagen getroffen werden. Somit könnten auch von großen Probenkollektiven bodenbiologische Messgrößen sicher bestimmt werden, ohne dass Laborkapazitätsgrenzen überschritten werden.

Literatur:

- Ludwig B., Khanna P., Bauhus J., Hopmans P. (2002): Near infrared spectroscopy of forest soils to determine chemical and biological properties related to soil sustainability. *Forest Ecol Manag* 171: 121-132.
- Moron A., Cozzolino D. (2002): Application of near infrared reflectance spectroscopy for the analysis of organic C, total N and pH in soils of Uruguay. *J Near Infrared Spec* 10: 215-221.
- Norris K. H., Barnes R. F., Moore J. E., Shenk J. S. (1976): Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *J Anim Sci* 43: 889-897.
- Pietikainen J., Fritze H. (1995): Clear-cutting and prescribed burning in coniferous forest: comparison of effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification. *Soil Biol Biochem* 27: 101-109.
- Shenk J. S., Westerhaus M. O. (1991): Population structuring of near infrared spectra and modified partial least squares regression. *Crop Sci* 31: 1548-1555.
- Terhoeven-Urselmans T., Michel K., Helfrich M., Flessa H., Ludwig B. (2006): Near-infrared spectroscopy can predict the composition of organic matter in soil and litter. *Journal Plant Nutr Soil Sci* 169: 168-174.
- Van Groeningen J. W., Mutters C. S., Horwarth W. R., van Kessel C. (2003): NIR and DRIFT-MIR spectrometry of soils for predicting soil and crop parameters in a flooded field. *Plant Soil* 250: 155-165.

Ökologische Sanitärlösungen in Afrika: Beitrag zu nachhaltiger Abfallentsorgung und erhöhter Bodenfruchtbarkeit**Ecological sanitation in Africa: Contribution to sustainable waste disposal and improved nutrient management**J. Germer¹, J. Grenz¹ und J. Sauerborn¹**Keywords:** soil fertility, nature protection and environmental compatibility, Ghana**Schlagwörter:** Bodenfruchtbarkeit, Naturschutz und Umweltverträglichkeit, Ghana**Abstract:**

While plant nutrient deficiencies are a major constraint to increasing crop yields in many rural parts of Sub-Saharan Africa, excess nutrients in organic wastes and wastewater cause environmental and hygienic problems in urban areas. We report on an ongoing research aimed at implementing principles of ecological sanitation on a university campus near Accra, Ghana. Alternative sanitation including dry urinals and separating toilets was installed in buildings. Pure urine, urine-water mix, greywater from baths and kitchens and faeces are treated and stored separately. Except for faeces, all materials are used to fertilise annual (urine) and perennial (urine-water, greywater) crops. Urine application significantly boosted maize and sorghum growth. Pathogens present in urine and urine water mix, e.g. Escherichia coli, could be largely deactivated by six weeks of storage. A survey revealed no fundamental objections of farmers against the use of sanitary products. Scenario calculations suggest that recycling organic wastes and urine may contribute to alleviating nutrient deficiencies, particularly with regard to P and in densely settled areas. Future research should aim at developing hygienically safe, resource-efficient ways of urine application.

Einleitung:

In vielen Regionen Afrikas südlich der Sahara (SSA) stehen Pflanzennährstoffmangel und Degradation der Ackerflächen Nährstoffüberschüsse und Entsorgungsprobleme in Ballungsgebieten gegenüber. Niedrige Gehalte der Böden an Nährstoffen und organischer Substanz gelten als wichtige biophysikalische Ursache geringer Erträge (SANCHEZ et al., 1997). Trotz absoluter Zuwächse nahm die Agrarproduktion in SSA von 1999-2001 bis 2005 um 4,1% pro Kopf ab (FAO, 2006). Strategien zur Erhöhung der Produktivität durch Mineraldüngung hatten vor allem aufgrund mangelnder Infrastruktur und hoher Düngerpreise wenig Erfolg. Auf Ackerflächen in SSA werden durchschnittlich 5 kg N, 3 kg P und 2 kg K ha⁻¹ a⁻¹ als Mineraldünger ausgebracht, weltweit sind es 60, 24 bzw. 17 kg ha⁻¹ a⁻¹. Durch das Bevölkerungswachstum in SSA um 2,4% a⁻¹ (PRB, 2005) nehmen sowohl die Nachfrage nach Agrarprodukten als auch die zu entsorgende Menge organischer Abfälle zu. Vielerorts fehlen die Mittel für Bau, Betrieb und Instandhaltung von Entsorgungsinfrastruktur, woraus Umweltbelastung und hygienische Probleme resultieren. Ökologische Kreislaufwirtschaft (Ecological Sanitation, EcoSan) trägt zur Lösung beider Problemkomplexe bei. Das Konzept basiert auf Trennung von Stoffströmen unterschiedlichen Nährstoffgehalts und verschiedener Keimbelastung durch alternative Sanitärtechnologie, sowie Rückführung von Nährstoffen und Wasser auf landwirtschaftliche Flächen (GERMER & SAUERBORN, 2006). Die Elemente der EcoSan-Strategie werden an einem in Ghana laufenden Projekt erläutert, erste Ergebnisse aus Feldversuchen mit Urin- und Grauwasserdüngung

¹Institut für Pflanzenbau und Agrarökologie in den Tropen und Subtropen (380b), Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland, jgermer@uni-hohenheim.de

vorgestellt und das Potential zur Bereitstellung von Nährstoffen durch Sanitärprodukte in SSA abgeschätzt.

Methoden:

Unweit von Accra (Ghana) befindet sich der Campus der Valley-View-Universität mit derzeit 1.000, zukünftig 5.000 Studenten. Auf dem 120 ha großen Gelände wird seit 2003 in Zusammenarbeit mit den Universitäten Hohenheim und Weimar sowie deutschen Unternehmen ein EcoSan-Modellprojekt etabliert (<http://www.uni-hohenheim.de/respta/vvu.php>). In Fakultätsgebäuden, Cafeteria und Wohnheimen werden Urin, Fäkalien und Bad- und Küchenabwässer (Grauwasser) durch Trenntoiletten, Trockenurinale und separate Leitungen getrennt aufgefangen. Reiner Urin aus den Trockenurinalen wird zur Düngung von Getreide eingesetzt, Urinwassergemisch aus den Trenntoiletten zur Düngung und Bewässerung der Dauerkulturen Mango (*Mangifera indica*), Cashew (*Anacardium occidentale*) und Avocado (*Persea americana*). Papaya (*Carica papaya*), Banane und Kochbanane (*Musa x paradisiaca*), sowie Maniok (*Manihot esculenta*) werden mit Grauwasser behandelt. Die Nährstoffeffizienz von Urin wird in einem Feldversuch (randomisiertes Blockdesign, 5 Wiederholungen, 52,6 m² Parzellengröße) im Vergleich mit einer ungedüngten Kontrolle, Mineraldünger, Rinderdung bzw. Kompost, und Hühnermist untersucht. Die Nährstoffzufuhr entspricht 100 kg N, 44 kg P und 83 kg K ha⁻¹ pro Saison. Der Nährstoffgehalt von Urin und Betriebsdüngern wird durch Zugabe von TSP, KCl und Harnstoff angepasst, um in jeder Behandlung das gleiche Nährstoffangebot bereitzustellen. Mineraldünger wird mit und ohne Bewässerung appliziert, um wachstumsfördernde Effekte des im Urin enthaltenen Wassers auszugleichen. In den Jahren 2004 und 2005 wurde Mais angebaut. Da in beiden Jahren Dürreschäden auftraten, wurde 2006 auf Sorghum (mit 50% reduzierter Nährstoffzufuhr) umgestellt. Die Akzeptanz der Sanitärprodukte bei allen Beteiligten wurde ermittelt und Belastungen mit pathogenen Keimen untersucht. Zudem wurde das Nährstoffpotential von Urin und kompostierbaren Abfällen in SSA auf Basis von Produktionsstatistiken errechnet und mit den jährlichen Entzügen durch den Pflanzenbau verglichen.

Ergebnisse und Diskussion:

2004 zeigten sich deutliche Wirkungen der Urindüngung auf das vegetative Wachstum von Mais, der aufgrund von Trockenstress jedoch nicht zur Erntereife gelangte. Auch 2005 lag der saisonale Niederschlag mit 250mm unter dem langjährigen Mittel, aber in den drei Monaten vor Aussaat fielen 195mm, viermal soviel wie im Vorjahr. Die Korn-erträge betragen maximal 1,5 t ha⁻¹. Es war ein signifikanter Unterschied zwischen Urin und Betriebsdünger und der Kontrollvariante vorhanden (Abb. 1). Der Niederschlag in der Saison 2006 betrug 440 mm. Die Erträge aller Varianten, außer mineralischer Mischdüngung ohne Wasser, lagen weit über der Kontrolle (Abb.2). Der Sorghum-Korntrag der Urinvariante, 1,9 t ha⁻¹, entsprach 190% des nationalen Durchschnitts der Jahre 2000 bis 2005 (FAO, 2006). Über die Entwicklung der Dauerkulturen lässt sich noch kein abschließendes Urteil fällen. Die Bewässerung mit Grauwasser ermöglichte jedoch die erfolgreiche Etablierung auch von Kulturen mit hohem Wasserbedarf, z.B. Banane, Papaya und Avocado.

Im begleitenden Hygieneprogramm wurden *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Enterococci* und *Clostridium perfringens* in allen untersuchten Flüssigkeiten nachgewiesen. Die persönliche Hygiene der mit Transport und Ausbringung betrauten Arbeiter unterliegt daher strengen Regeln.

Die Pathogenübertragung wird durch zeitliche, räumliche und Temperaturbarrieren verhindert. Zwischen Ausbringung von Urin oder Grauwasser und der Ernte muss mindestens ein Monat vergehen. Es darf kein Kontakt zwischen Flüssigkeiten und Erntegut stattfinden; gedüngt werden nur Feldfrüchte, die vor Verzehr gegart werden. In Urin und Urinwassergemisch enthaltene *E. coli* und Salmonellen wurden durch Lagerung fast umgehend abgetötet, Enterokokken innert 2 und Clostridien innert 6 Wochen um 90% reduziert. Dafür ist vor allem das sich aufgrund Ureaseaktivität einstellende alkalische Milieu verantwortlich. Derzeit wird ermittelt, ob und ab wann die Hygienisierung durch Lagerung für eine Gemüsedüngung ausreichend ist. Der Überlauf der universitätseigenen Biogasanlage und Fäkalschlammkompost wiesen starke Keimbelastungen auf und werden daher nicht für die landwirtschaftliche Nahrungsmittelproduktion genutzt. Alle Beteiligten nehmen Aufgaben wie die Urinausbringung bereitwillig wahr. Eine

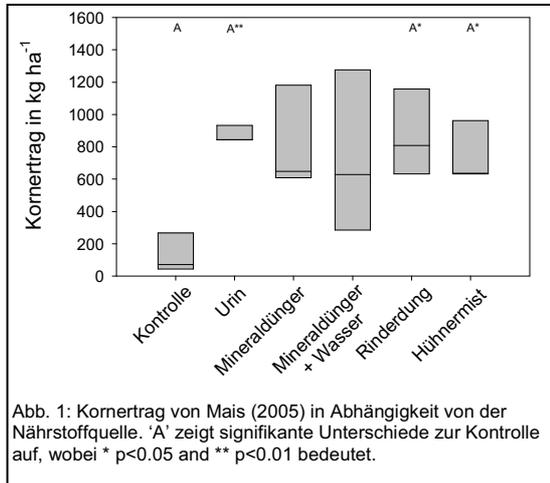


Abb. 1: Korntrag von Mais (2005) in Abhängigkeit von der Nährstoffquelle. 'A' zeigt signifikante Unterschiede zur Kontrolle auf, wobei * p<0.05 and ** p<0.01 bedeutet.

Meinungsumfrage in den umliegenden Dörfern zeigte keine grundsätzliche Abneigung aus religiösen, kulturellen oder sozialen Gründen. In Zukunft wird die Universität mehr Urin produzieren, als auf dem Campus verwertet werden kann. Um überschüssigen Urin nutzbringend einzusetzen, ist geplant, Felder der angrenzenden Gemeinden zu düngen, wofür diese Nahrungsmittel an die Cafeteria der Universität liefern. Fast 75% der befragten Farmer standen dem Tauschprogramm positiv gegenüber.

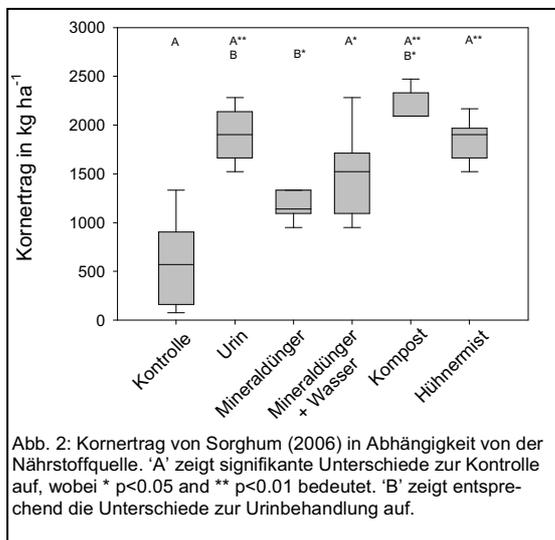


Abb. 2: Korntrag von Sorghum (2006) in Abhängigkeit von der Nährstoffquelle. 'A' zeigt signifikante Unterschiede zur Kontrolle auf, wobei * p<0.05 and ** p<0.01 bedeutet. 'B' zeigt entsprechend die Unterschiede zur Urinbehandlung auf.

Meinungsumfrage in den umliegenden Dörfern zeigte keine grundsätzliche Abneigung aus religiösen, kulturellen oder sozialen Gründen. In Zukunft wird die Universität mehr Urin produzieren, als auf dem Campus verwertet werden kann. Um überschüssigen Urin nutzbringend einzusetzen, ist geplant, Felder der angrenzenden Gemeinden zu düngen, wofür diese Nahrungsmittel an die Cafeteria der Universität liefern. Fast 75% der befragten Farmer standen dem Tauschprogramm positiv gegenüber.

Die durchschnittliche pro-Kopf-Nährstoffaufnahme in SSA beträgt 2-3 kg N, 0,3-0,5 kg P und 1-2 kg K a^{-1} (FAO, 2006). Rund 80-90% (N, K) bzw. 50-80% (P) davon werden mit jährlich rund 500l Urin ausgeschieden (Maurer et al., 2003). Berechnungen für Kenia (33,8 Mio. Einwohner; PRB, 2005) lassen einen Urinausstoß von 16,9 Mio. t a^{-1} , entsprechend 6,9 kg N, 0,5 kg P und 2,1 kg K ha^{-1} Ackerfläche, erwarten. Werden pro Kopf und Tag 300g organische Abfälle produziert, so entspricht dies weiteren 5,6 kg N, 2,4 kg P und 6,4 kg K $ha^{-1} a^{-1}$. Dem EcoSan-Potential von 12,5 kg N, 2,9 kg P und 8,5 kg K (ohne Fäzes) stehen in Kenia Austräge von rund 91 kg N, 19 kg P und 100 kg K $ha^{-1} a^{-1}$ gegenüber (Grenz & Sauerborn, in Druck). Auf nationaler Ebene wäre der Beitrag von EcoSan zur Verbesserung der pflanzlichen Nährstoffversorgung moderat. In Ballungsräumen ist das Potential jedoch größer. Die Rückführung organischer Reststoffe ist für die langfristige Sicherung der Versorgung mit dem nicht erneuerbaren Nährstoff P essentiell. Am wichtigsten ist der Beitrag von EcoSan zur Abfallentsorgung einzuschätzen.

Schlussfolgerungen:

Ökologische Kreislaufwirtschaft trägt zur Verminderung von Nährstoffmangel in der Landwirtschaft und von Entsorgungsproblemen bei. Genauere Kenntnisse zur Umsetzbarkeit von EcoSan in den Tropen, insbesondere zu hygienischen Aspekten, sind erforderlich. Dabei sollte besonders in Dauerkulturen der Einsatz von Sanitärprodukten unter Maßgabe der IFOAM Basic Standards (2005) gefördert werden, da der EcoSan-Ansatz in seiner kreislaufwirtschaftlichen Ausrichtung den Prinzipien der organischen Landwirtschaft nahesteht.

Danksagung:

Das Projekt „Ökologische Kreislaufwirtschaft an der Valley-View-Universität“ wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (Fkz. 02 WD 0476).

Literatur:

FAO (2006): Statistical Database, FAOSTAT. faostat.fao.org (Abruf 8.07.2006).

Germer J., Sauerborn J. (in Druck): Nährstoff- und Wasserrecycling zur Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion - Das Beispiel der Valley-View-Universität in Accra, Ghana. Deutscher Tropentag 2006, Bonn.

Grenz J., Sauerborn J. (in Druck): The potential of organic agriculture to contribute to sustainable crop production in Sub-Saharan Africa. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*.

IFOAM (2005): IFOAM norms for organic production and processing, version 2005. Bonn, Germany.

Maurer M., Schwegler P., Larsen T. A. (2003): Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery. *Water Science and Technology* 48: 37-46.

PRB (2005): DataFinder. <http://www.prb.org/datafind/datafinder7.htm> (Abruf 8.07.2006).

Sanchez P. A., Shepherd K. D., Soule M. J., Place F. M., Buresh R. J., Izac A. M. N., Mokwunye A. U., Kwasiga F. R., Ndiritu C. G., Woome P. L. (1997): Soil fertility replenishment in Africa: an investment in natural resource capital. In: Buresh, R. J. et al. (Hrsg.): *Replenishing soil fertility in Africa*. Soil Science Society of America, Madison, USA, S. 1-46.

P, K, Mg, S und N-Versorgung von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau**P, K, Mg, S and N-supply of organic mixed cropping systems with oil crops**H. M. Paulsen¹ und M. Schochow¹**Keywords:** production systems, plant nutrition, nutrient uptake**Schlagwörter:** Betriebssysteme, Pflanzenernährung, Nährstoffaufnahme**Abstract:**

Oil crops can be integrated in organic crop rotations in mixed cropping with other crops. The cropping system achieves only low oilseed yields but increases productivity per area in total yield. In theory soil nutrients in mixed cropping systems can be used more efficiently due to different root architecture and growing times of the plants. But even the nutrient demand should increase with higher productivity. In the study nutrient content and uptake of seeds and straw of mixtures of winter rape with winter-barley, peas, or rye, of spring peas with spring rape, mustard or false flax, of blue lupine with safflower or false flax, of spring wheat with linseed or false flax and of linseed with false flax were screened. Productivity per area was increased in many cases and nutrient contents of plants in the mixtures were frequently elevated compared to sole cropping systems. Nutrient demand of mixed cropping is elevated due to its higher productivity and often determined by the suppressive partner.

Einleitung und Zielsetzung:

Die Integration von Ölrüchten in die Fruchtfolge ökologisch wirtschaftender Betriebe scheitert oft an Anbaurisiken, die durch Schädlingsbefall (z. B. Raps) und Verunkrautung (z. B. Öllein) gegeben sind. Ökologisch erzeugtes Öl erzielt jedoch hohe Marktpreise. Zudem sind die Presskuchen aus der Ölherstellung in der Tierfütterung willkommene Lieferanten für Energie, Eiweiß und Aminosäuren. Mischfruchtanbau mit Ölpflanzen (PAULSEN et al. 2003) ist eine Anbaumethode für Ölpflanzen, die zwar nur geringe Ölfruchterträge erwarten lässt, aber zu einer insgesamt höheren Flächenproduktivität führen kann. Positiv auswirken können sich hier z. B. unterschiedliche Durchwurzelungstiefen, Stützwirkungen, Wurzelausscheidungen, Beschattungseffekte sowie Stickstoffanreicherungen durch Leguminosen. Es sollte ermittelt werden, ob Mischfruchtanbausysteme die im Boden verfügbaren Nährstoffe (N, P, K, S, Mg), z. B. durch räumliche oder zeitliche Unterschiede des Wachstums der verschiedenen Gemengepartner, besser ausnutzen können als Reinanbausysteme oder ob es zu direkten oder indirekten Konkurrenzbeziehungen der Pflanzen um Nährstoffe kommt (BAL-SCHUN & JACOB 1972, KRANTZ & JACOB 1977 a und b). Die Erfassung der Nährstoffgehalte und -entzüge bildet eine Grundlage für die Fruchtfolgegestaltung und Düngung im ökologischen Landbau. Darüber hinaus ist die Nährstoffversorgung eine entscheidende Größe für die Ausbildung ausreichender Produktqualitäten.

Methoden:

Es wurden zweijährige Feldversuche an vier Standorten in Deutschland durchgeführt (Trenthorst (SH): TRT, Wilmersdorf (BB): WIL, Gülzow (MV): GLZ und Pfaffenhofen (BY): PFA). Folgende Mischfruchtanbausysteme wurden in randomisierten Blockanla-

¹Institut für ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Trenthorst 32, 23847 Westerau, Deutschland, hans.paulsen@fal.de

gen mit einem Reihenabstand von 12,5 cm in alternierenden Reihen (Abb. 1) angebaut. Die Saatstärken in Körner/m² sind in Klammern angegeben: W-Raps x W-Gerste (35/175), W-Raps x W-Erbisen (35/40), W-Raps x W-Roggen (35/140), S-Erbisen x S-Raps (60/50), S-Erbisen x Weißer Senf (60/40), S-Erbisen x Leindotter (80/360), Blaue Lupine x Saflor (75/75), Blaue Lupine x Leindotter (100/360), S-Weizen x Leindotter (200/360), S-Weizen x Öllein (200/400) und Öllein x Leindotter (400/360). Zusätzlich wurden alle Kulturen in Reinsaat angebaut. Korn- und Strohproben wurden nach Säureaufschluss an der ICP-OES auf P, K, Mg und S analysiert, die N-Gehalte im Korn per Elementaranalyse nach Dumas und bei den Strohproben nach dem Kjeldahl-Verfahren. Die Stroherträge wurden durch m²-Schnitt vor der Ernte bestimmt, die Kornerträge entstammen dem Parzellendrusch. Die Biomasseerträge wurden aus Korn- und Strohertrag ermittelt. Die Versuche wurden nach Klee gras angelegt. Die Bodennährstoffversorgung mit P, K und Mg sowie die pH-Werte lagen in der Versorgungsstufe C und darüber.



Abb. 1: Sommerweizen und Leindotter im Mischfruchtanbau, Trenthorst 2005.

Ergebnisse und Diskussion:

An den Standorten und in den Anbaujahren waren die Bestände sehr unterschiedlich entwickelt. Um eine Übersicht über generelle Effekte des Mischfruchtanbaus auf die Nährstoffversorgung der Pflanzen zu erlangen, wurden diese Unterschiede zunächst außer Acht gelassen und sind Gegenstand zukünftiger Auswertungen. Deutlich wurde, dass Standort und Pflanzenart zunächst das Nährstoffniveau in den Pflanzen determinieren. In den Versuchen waren die Nährstoffgehalte bei den bisher durchgeführten Auswertungen auch nicht nachweisbar mit dem Ertrag korreliert. Es kann daher angenommen werden, dass eine eventuell verbesserte oder verschlechterte Nährstoffversorgung der Pflanzen im Mischfruchtanbau gegenüber den Pflanzen gleicher Art im Reinsaatbau durch spezifische Bedingungen des Anbausystems verursacht wurden. Um diese Effekte zu erkennen, wurden die Nährstoffgehalte von Korn und Stroh der Pflanzen in Mischsaat mit denen der jeweiligen Reinsaat verglichen und statistisch zu sichernde Unterschiede aufgelistet (Tab. 1).

Tab. 1: N, P, K, Mg und S-Gehalte in Korn und Stroh von Mischkulturen im Vergleich zu den Gehalten der Reinsaat, Auftreten signifikanter Effekte an vier Standorten (+ = höherer Gehalt in der Mischkultur, - = geringerer Gehalt in der Mischkultur, (+) i. d. R. höherer Gehalt der Mischkultur.

	Korn					Stroh				
	N	P	K	Mg	S	N	P	K	Mg	S
WR x					+			-		+
WG	+	+			+	+	+	+	+	+
WR x					+					
WE				-		-				+
WR x		+					+			
SE										
WR x						-	-		+	-
WRo					-	-	-	-	+	+
E x								(+)		+
SR										
E x		+	+	+		+	+	-	(+)	
WS						++			+	+
E x		+			-					-
LD	+	-				+++	+	++	+	+
E x		+								-
LDbreit	+					++	+	++	+	+
Lu x					(+)		+			
FD					(+)				+	
Lu x					(+)					+
LD		-	-			+	+			+
SW x	+	(+)			+	-	-	++	-	+
LD		+	+	+	+		(+)	(+)	+	+
SW x						-	-		-	-
OL		+		(+)		(+)	++	++	+	++
OL x		+		(+)			+		+	+
LD		(-)		+					+	+

¹Trenthorst 04 Demonstrationsanbau.

Wenn Unterschiede in den N, P, K, Mg oder S-Gehalten zwischen den gleichen Kulturen in Reinsaat oder Mischkultur messbar waren, war die Versorgung in der Mischkultur in der Regel besser. Die interspezifische Konkurrenz in den Mischkulturen war offensichtlich geringer als die intraspezifische Konkurrenz in den Reinkulturen. Dieses Erkenntnis entspricht den Erwartungen, die eingangs an den Mischfruchtanbau gestellt wurden. Beim Öllein im Mischfruchtanbau mit Sommerweizen oder Leindotter sowie beim Leindotter im Mischfruchtanbau mit Erbsen waren bei fast allen Nährlementen positive Effekte messbar (Tab. 1). Werden die Nährstoffzüge betrachtet, zeigt sich, dass die Mischungen höhere Werte aufweisen können als die Reinsaaten. Erklärt werden kann dies damit, dass bei den geprüften Mischungen in der Regel relative Gesamterträge (RYT) > 1 (DE WIT & VAN DEN BERG 1965) auftraten und somit höhere Flächenproduktivitäten gegenüber der Reinsaat vorliegen.

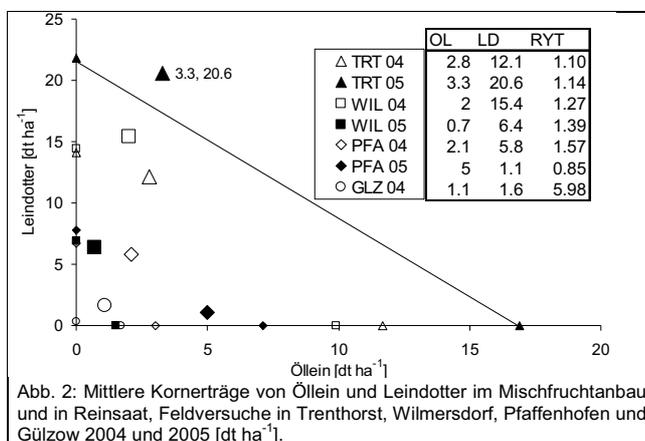


Abb. 2: Mittlere Kornerträge von Öllein im Mischfruchtanbau mit Leindotter und in Reinsaat, Feldversuche in Trenthorst, Wilmersdorf, Pfaffenhofen und Gülzow 2004 und 2005 [dt ha⁻¹].

In Abb. 2 sind die erzielten Kornerträge von Öllein im Mischfruchtanbau mit Leindotter dargestellt. Die eingezeichnete Linie verbindet die auf den Achsen eingezeichneten Erträge der beiden Reinsaaten für den Standort Trenthorst in 05 und kennzeichnet einen RYT von 1. Der Gesamtertrag der Mischung liegt mit 3,3 dt ha⁻¹ Öllein und 20,6 dt ha⁻¹ Leindotter rechts dieser Linie und hat einen RYT-Wert von 1,14. Die Nährstoffzüge der Mischung Öllein x Leindotter liegen dabei in der Regel über dem Entzügen des Ölleins in Reinsaat (Tab. 2). Die Mischung wird vom Leindotter dominiert, und das Ertragsniveau und der Nährstoffzug der Mischung deutlich nach oben verschoben; in den Bereich den auch der Leindotter in Reinsaat erreicht.

Tab. 2: N, P, K, Mg und S-Aufnahme von Korn und Stroh von Öllein in Mischfruchtanbau mit Leindotter im Vergleich zur Aufnahme der Reinsaaten, Auftreten signifikanter Effekte an vier Standorten und in zwei Jahren (+ = höhere Aufnahme ..., - = geringere Aufnahme durch die Mischkultur

	OLLD versus OL										OLLD versus LD									
	Korn und Stroh					Stroh					Korn und Stroh					Stroh				
	N	P	K	Mg	S	N	P	K	Mg	S	N	P	K	Mg	S	N	P	K	Mg	S
TRT 04	+				+															
TRT 05	+	+	+	+	+	+	+		+	+					+			+	+	+
WIL 04	+	+			+															+
WIL 05	+	+			+															
PFA 04	+	+	+	+	+	+			+	+					+	+	+		+	+
PFA 05									-						+			+	+	+
GLZ 04						+					+	+	+	+	+	+	+	+		

Höhere Biomasseerträge führten hier zu höherer Nährstoffaufnahme. Der dominante Partner determinierte die Nährstoffaufnahme der Gemenge. Beim Gemengeanbau von Leguminosen mit Nicht-Leguminosen, z. B. beim Anbau von Erbse und Leindotter, trat in der Mehrzahl der Fälle ebenfalls ein durchaus relevanter erhöhter P, K, Mg und S-Bedarf gegenüber der Reinsaat der Kulturen auf (Tab. 3).

Tab 3: N, P, K, Mg und S-Aufnahme von Korn und Stroh von Erbsen und Leindotter im Mischfruchtanbau im Vergleich zur Aufnahme der Reinsaat, Auftreten signifikanter Effekte an vier Standorten und in zwei Jahren (+ = höhere Aufnahme ..., - = geringere Aufnahme durch die Mischkultur).

ELD vs. E	Korn und Stroh					Stroh				
	N	P	K	Mg	S	N	P	K	Mg	S
TRT 04	+3	+31	+2	+2		+10	+34	+4	+8	
TRT 05		+3	+19	+2		+6	+16	+2	+7	
WIL 04	+17	+2	+44	+2	+8	+70	+12	+54	+6	+18
WIL 05					+1	+14	+3	+6	+1	+3
PFA 04										+3
PFA 05										
GLZ 04										
GLZ 05					+1	+15		+9	+2	+3
ELD vs. LD	N	P	K	Mg	S	N	P	K	Mg	S
TRT 04			+20		-1			+23		
TRT 05			+6	+2,4	+2	+68		+29	+2	
WIL 04										+4
WIL 05	+9		+6	+0,6						
PFA 04	+24	+3	+43	+2	+1,5	+73	+9	+58	+3,5	+3
PFA 05	+22	+2		+1		+98	+9	+24	+2,9	
GLZ 04										
GLZ 05	+11	+1	+8	+1,7	0,6	+16		+10	+1,5	+1,3

Schlussfolgerungen:

Die Messungen zeigen, dass, beim Mischfruchtanbau mit Ölfrüchten eine verbesserte Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen gegenüber der Reinsaat auftreten kann. Die Nährstoffaufnahme der Mischungen war in der Regel höher als die Nährstoffaufnahme der Reinsaat. Die Nährstoffaufnahme orientiert sich bei Mischungen, die von einem Mischungspartner stark dominiert werden an der Nährstoffaufnahme des dominanten Partners. Bei Mischungen in denen Verdrängungsprozesse weniger stark ausgeprägt sind, kommt es eher zu einer Addition der Nährstoffansprüche.

Danksagung:

Diese Arbeit wurde durch das Bundesprogramm ökologischer Landbau gefördert.

Literatur:

Balschun H., Jacob F. (1972): Interspecific competition among *Linum usitatissimum* L. and species of *Camelina*. *Flora* 161 (1-2), 129 S.

Kranz E., Jacob F. (1977a): Competition of *Linum* with *Camelina* for minerals. 1. Uptake of sulphate-S-35. *Flora* 166 (6): 491-503.

Kranz E., Jacob F. (1977b): Competition of *Linum* with *Camelina* for minerals. 2. Uptake of P-32-phosphate and Rb-86. *Flora* 166 (6): 505-516.

Paulsen H. M., Dahmann C., Pscheidl M. (2003): Anbau von Ölpflanzen im Mischbau mit anderen Kulturen im ökologischen Anbau. In: Freyer B (ed) Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau : ökologische Landbau der Zukunft , 24.-26. Februar 2003 in Wien.

Wit de C. T., Berg van den J.P. (1965): Competition between herbage plants. *Neth J Agric sci* 13:212-221.

Der Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst - Ertragsentwicklung in verschiedenen Fruchtfolgen und Kulturen 2003 bis 2005

Long-term monitoring Trenthorst – development of yields of different rotations and crops 2003 to 2005

D. Schaub¹, H. M. Paulsen¹, H. Böhm¹ und G. Rahmann¹

Keywords: long-term monitoring, production systems, soil fertility, plant nutrition

Schlagwörter: Dauerbeobachtungsversuch, Betriebssysteme, Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung

Abstract:

Only few long-term trials under temperate climate analyse the effect of different crop rotations. To compare various crop rotations (two cash crop and three livestock farms) under the same site conditions the long-term monitoring Trenthorst was established in 2003. A detailed description of the study is given in SCHAUB et al. (2007). The following paper presents the yields of three farms (dairy, cash crop and mixed) for the years 2003 to 2005. The dairy and cash crop farm obtained similar average yields, whereas the yields of the mixed farm were lower. This can be attributed to more inhomogeneous fields and to the oil crops in the rotation of the mixed farm, which led to a lower yield potential of the rotation and to weed problems.

Einleitung und Zielsetzung:

Obwohl die Fruchtfolge im ökologischen Landbau eine zentrale Rolle spielt, befassen sich relativ wenige Dauerversuche mit einem Vergleich verschiedener Fruchtfolgevarianten unter gemäßigten Klimabedingungen. Zumeist handelt es sich um Parzellenversuche, so dass die Untersuchungsbedingungen von der Situation auf Praxisbetrieben abweichen und betriebliche Kreisläufe in viehhaltenden Betrieben oft nur simuliert werden können. Um verschiedene ökologische Fruchtfolgen unter Praxisbedingungen vergleichen zu können, wurde 2003 der Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst eingerichtet. Der vorliegende Artikel stellt die Ertragsentwicklung für drei ausgewählte Teilbetriebe (Marktfrucht-, Milchvieh- und Gemischtbetrieb) in den Jahren 2003 bis 2005 dar.

Methoden:

Der Versuchsbetrieb Trenthorst liegt ca. 15 km südwestlich von Lübeck auf lehmigen Böden und ist seit 2003 vollständig auf den ökologischen Landbau umgestellt. Eine genaue Beschreibung des Dauerbeobachtungsversuchs (DB) und der Standortbedingungen sind bei SCHAUB et al. (2007) zu finden. Tab. 1 und 2 geben einen Überblick über die hier betrachteten Fruchtfolgen und die dazugehörigen Bodenverhältnisse.

Tab. 1: Bodenverhältnisse der betrachteten Betriebe im Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst.

Betrieb	Körnungsanteil [%]			C _{org} [% in TM] nur Acker	Boden-/Ackerzahl
	Sand	Schluff	Ton		
Marktfrucht klein	41,6	35,9	20,7	1,37	57/54
Milchvieh	44,3	34,4	19,7	1,32	56/54
Gemischt	38,6	37,4	23,4	1,22	56/54

¹Institut für Ökologischen Landbau, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Trenthorst 32, 23847 Westerau, Deutschland, dagmar.schaub@fal.de

Tab. 2: Flächen, Tierbestände sowie Fruchtfolgen der betrachteten Betriebe des Dauerbeobachtungsversuchs Trenthorst

Betrieb	Acker- bzw. Grünlandfläche [ha]	Tierbestand	Fruchtfolge (seit 2003)
Marktfrucht (MaB)	31	-	* Klee gras-Untersaat Klee gras – Winterweizen – Hafer – Erbse – Winterraps – Triticale*
Milchvieh (MiB)	64/39	70 Milchkühe u. Kälber	2j. Klee gras – Winterweizen – Hafer/ Ackerbohnen – Erbsen/Sommergerste – Triticale*
Gemischt (GB)	60/50	50 Mutterziegen u. Lämmer sowie Jung-rinder des MiB	Klee gras – Winterraps – Erbse/ Leindotter – Winterweizen – Öllein – Triticale*

Zur Ertragsbestimmung der Marktfrüchte wurden an jedem DB-Punkt 2 m² von Hand beerntet. Die ermittelten Erträge an den vier bzw. acht DB-Punkten eines Schlages wurden als Messwiederholungen für den Ertrag des Gesamtschlages betrachtet. Zur Auswertung wurden in SPSS (Version 12.0) Varianzanalysen durchgeführt und die Mittelwerte mit Hilfe des LSD-Tests (bei Varianzhomogenität) bzw. des Dunnett-T3-Tests (bei fehlender Varianzhomogenität) verglichen. Um die Erträge verschiedener Fruchtarten vergleichbar machen und einen Fruchtfolgeertrag berechnen zu können, wurden die Erträge der einzelnen Kulturen in Getreideeinheiten (GE) umgerechnet.

Ergebnisse und Diskussion:

Mit Winterweizen erträgen von 56,4 dt/ha und Triticaleerträgen von 37,5 dt/ha im Durchschnitt der drei Betriebe in den ersten drei Versuchsjahren wurden gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt.

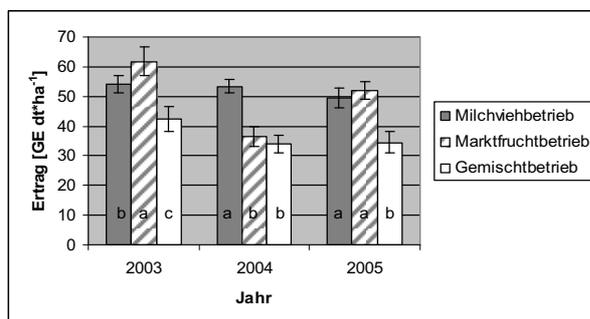


Abb. 1: Durchschnittserträge der Körnerfrüchte in drei Fruchtfolgen des Dauerbeobachtungsversuchs Trenthorst

(unterschiedliche Buchstaben innerhalb eines Jahres = signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)).

Abb. 1 stellt die durchschnittlichen GE-Erträge der Körnerfrüchte für die einzelnen Jahre und Fruchtfolgen dar. Abgesehen von 2004 erzielten MiB und MaB ähnliche Hektarerträge. Das schlechtere Ergebnis des MaB im Jahr 2004 ist auf deutlich verringerte Erträge bei Erbsen (wegen sehr starken Blattlausbefalls) und Winterweizen zurückzuführen. Würde man das Fruchtfolgeglied Klee gras einbeziehen, lägen die GE-Erträge des MiB aufgrund des zweijährigen Klee grasanbaus deutlich unterhalb der Erträge des MaB und etwa auf gleicher Höhe wie im GB. Der GB erzielte in den ersten drei Versuchsjahren deutlich niedrigere Hektarerträge als die anderen beiden Betriebe.

Ursache hierfür ist das durch die Einbeziehung von Ölfrüchten geringere Ertragspotential dieser Fruchtfolge. Zudem ist ihre unkraut-unterdrückende Wirkung schlechter als bei den Fruchtfolgen des MaB und MiB, was stellenweise zu Problemen insbesondere mit Wurzelunkräutern führte. Ein weiterer Grund sind die inhomogeneren Flächen des GB im Gegensatz zu den recht einheitlichen Schlägen des MaB und MiB und die tendenziell schwereren Böden.

Die ungünstigeren Bodenverhältnisse des GB werden auch beim Ertragsvergleich einzelner in unterschiedlichen Fruchtfolgen enthaltener Kulturen deutlich. So waren die Rapsertträge im MaB trotz der ungünstigeren Vorfrucht (Erbsen gegenüber Klee-gras) meist höher als im GB (Abb. 2). Der Jahreseinfluss auf die Ertragsvarianz, verursacht u. a. durch Unterschiede im Witterungsverlauf und Schädlingsbefall, war allerdings größer als der Fruchtfolgeeinfluss. Beim Vergleich des letzten Fruchtfolge-gliedes (2003 und 2004 Dinkel, ab 2005 Triticale) erzielte der GB ebenfalls schlechtere Erträge als der MaB.

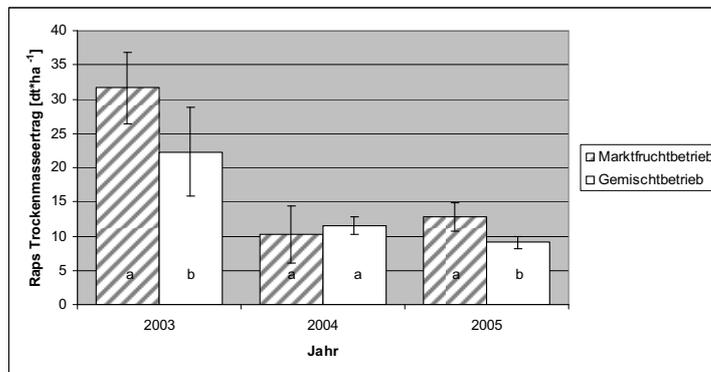


Abb. 2: Durchschnittliche Kornerträge von Winterrapsertrag in zwei Fruchtfolgen des Dauerbeobachtungsversuchs Trenthorst. unterschiedliche Buchstaben innerhalb eines Jahres = signifikante Unterschiede ($p < 0,05$).

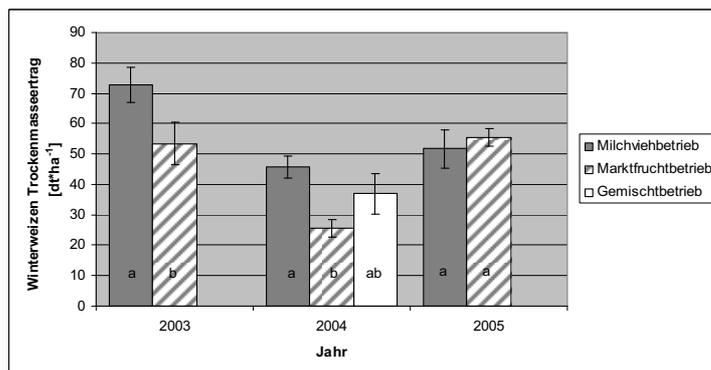


Abb. 3: Durchschnittliche Kornerträge von Winterweizen in drei Fruchtfolgen des Dauerbeobachtungsversuchs Trenthorst. 2003 u. 2005 im GB Sommer- statt Winterweizen, daher hier keine Angabe, unterschiedliche Buchstaben innerhalb eines Jahres = signifikante Unterschiede ($p < 0,05$)

Bei Winterweizen lagen die Erträge des MiB meist am höchsten (Abbildung 3), was auf die gute Fruchtfolgeposition (nach zweijährigem Klee gras, gegenüber einjährigem Klee gras im MaB und Erbse/Leindotter im GB) zurückgeführt werden kann. Allerdings war auch hier der Einfluss des Jahres entscheidender als der Fruchtfolgeeinfluss. Zudem waren die Klee graserträge im MiB oft signifikant höher als im MaB, so dass auch dadurch eine bessere Vorfrucht Wirkung für Weizen gegeben war.

Um die Schwankungsbreite der Messungen an den vier bzw. acht DB-Punkten innerhalb eines Schrages einzuschätzen, wurde für die drei oben genannten Betriebe die Standardabweichung des Ertragsmittelwertes berechnet. Diese lag im Durchschnitt der Jahre je nach Kultur zwischen 8 und 24 %. Um festzustellen, wie repräsentativ die auf den DB-Flächen ermittelten Erträge für den gesamten Schlag sind, wurden die DB-Erträge mit den schlagbezogenen Ertragsaufzeichnungen des Betriebes verglichen. Letztere lagen in der Regel unter oder innerhalb des Fehlerbereichs des jeweiligen DB-Ertrages. Die niedrigeren Ergebnisse des Betriebes lassen sich durch Randeffekte und die gegenüber dem Versuchswesen höheren Ernteverluste im Praxisbetrieb erklären. Ein in die entgegengesetzte Richtung wirkender Faktor, der aber durch die oben genannten Effekte meist überkompensiert wird, sind die im Betriebsergebnis enthaltenen Verunreinigungen des Ernteguts, da für die DB Kornreinerträge ermittelt wurden. Hinzu kommt die Heterogenität innerhalb eines Schrages, die noch weitergehend untersucht werden muss. Insgesamt besteht jedoch ein sehr enger Zusammenhang zwischen den beiden Ertragszahlen (Korrelationskoeffizient 0,9). Der DB-Ertrag liegt durchschnittlich 6 % über dem vom Betrieb ermittelten Schlagenertrag und kann unter Berücksichtigung der oben genannten Fehlerquellen als repräsentativ für den gesamten Schlag angesehen werden.

Schlussfolgerungen:

Nach den ersten drei Jahren der jeweils sechsjährigen Fruchtfolgen zeichnet sich ab, dass die Durchschnittserträge der Körnerfrüchte in der Marktfrucht- und Milchviehfruchtfolge in ähnlichen Größenordnungen liegen, während die Erträge in der Fruchtfolge des Gemischtbetriebes tendenziell niedriger sind. Dies lässt sich zum einen auf das geringere Ertragspotential der Fruchtfolge des Gemischtbetriebes und ihre schlechtere Unkrautunterdrückungswirkung zurückführen, zum anderen auf die inhomogeneren Flächen und tendenziell schwereren Böden.

Literatur:

Schaub D., Böhm H., Paulsen H. M. und Rahmann G. (2007): Der Dauerbeobachtungsversuch Trenthorst – Konzeption und Versuchsaufbau. 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 20.-23. März 2007 in Hohenheim.

**Ökologische Landwirtschaft in den Neuen EU-Mitgliedstaaten –
Ergebnisse einer Befragung zu Fruchtfolgesystemen und Nährstoffmanagement**

**Organic agriculture in New Member Countries of the EU -
Results of a questionnaire about rotational and nutrient Management**

P. von Fragstein und Niemsdorff¹

Keywords: EU-New Member Countries, organic agriculture, rotational management, nutrient management

Schlagwörter: EU-Neue Mitgliedstaaten, Ökolandbau, Fruchtfolgegestaltung, Nährstoffmanagement

Abstract:

Within the EU-Project CHANNEL a status quo-analysis on organic agriculture practice was made for all new member countries, including Romania and Bulgaria as new accession countries and Austria and Germany as old member countries.

Rotational and nutrient management in crop husbandry was evaluated through questionnaires answered by experts of each country. Examples of typical rotations were proved with regard to duration, share of legumes and distribution of legumes.

21 of 93 rotations were shorter than 4 years and seemed to be very susceptible to unavoidable phytosanitary and compatibility problems. 20 of 93 rotations only consisted of non-legumes. Correspondingly the complete N management of these rotational systems has to be organised through external N sources: (1) a weak point in terms of dependencies upon conventional systems (purchase of farm yard manure, organic fertilizers, etc.), (2) a weak point in terms of missing contribution of forage (grass-) legumes towards weed and humus management in the long-term perspective of organic rotations.

The application of farm yard manure is common practice in most of the participating countries. The practice of mostly uncovered, unprotected manure heaps indicates another field of improvement in order to avoid excessive degradation of organic matter during storage and uncontrolled nutrient leaching.

The use of fertilizers seems to be quite restricted in the partner countries. Although rotational management and the application of farm yard manure or composts can substantially contribute to nutrient balances there are still some nutrients that have to be considered separately: (1) environmental influences can cause increased Ca losses through leaching, (2) P and K have to be taken into account especially in rotations with a high share of root crops and other vegetables. The other fact is derived by the presented examples for crop rotations and the found necessity for external nutrient inputs which contains N in first priority, but other nutrients as well. 23 answers from 14 partner countries are hardly sufficient to reflect the described situation.

Einleitung und Zielsetzung:

In dem EU-Projekt CHANNEL (FOOD-CT-2004-003375) waren alle neuen Mitgliedstaaten der EU, also Ungarn, Polen, Slowenien, Tschechische Republik, Slowakische Republik, Litauen, Lettland, Estland, Zypern und Malta, vertreten, daneben Bulgarien und Rumänien als kommende sowie Österreich und Deutschland als alte Mitgliedstaaten. Ziel des Projektes war es, über wesentliche Aspekte ökologischer Landwirtschaft mittels Befragungen auf administrativer Ebene, Experten-Ebene wie auch wissen-

¹Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, Deutschland, pvf@mail.wiz.uni-kassel.de

schaftlicher Ebene ein Bild zur Situation und dem Verständnis des Ökologischen Landbaus in den einzelnen Ländern vermittelt zu bekommen. Aus dem Bereich pflanzenbaulicher Praxis sollen Einblicke in Fruchtfolgegestaltung sowie Nährstoffmanagement gegeben werden.

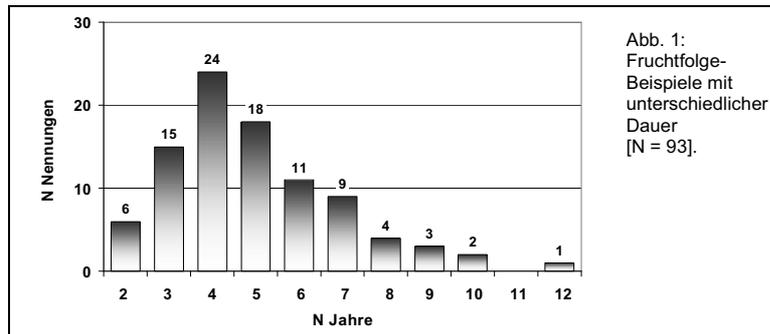
Methoden:

Ein Fragebogen wurde an alle Partner übermittelt, der mit Hilfe von Experten – im Wesentlichen Beratern des Ökolandbaus, Lehrern, zum Teil Praktikern – bearbeitet wurde. Pro Land lag mindestens einer, in einigen Fällen auch mehrere ausgefüllte Fragebögen mit durchschnittlich vier bis sechs Fruchtfolgebeispielen zur Auswertung vor. Diese erfolgte über SPSS.

Ergebnisse und Diskussion:

Befragt nach typischen Fruchtfolgen des Ökolandbaus in den einzelnen Ländern wurden insgesamt 93 Fruchtfolgebeispiele angegeben. Überprüft wurden dieselben anhand der Kriterien – Dauer der Rotation, Anteil von Nicht-Leguminosen, Position der Leguminosen in den Rotationen.

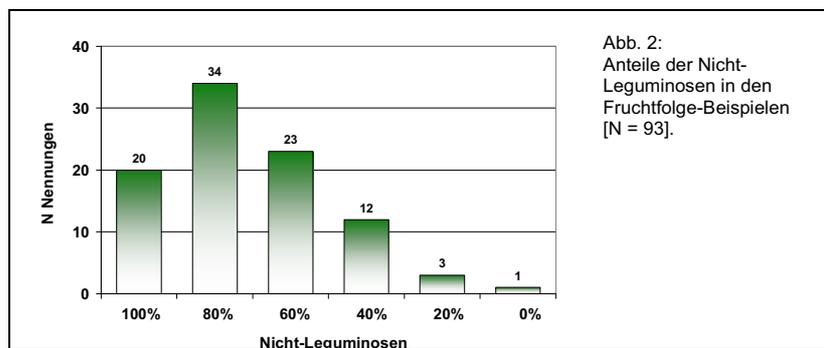
Inwieweit die benannten Beispiele dem Anspruch ‚Geeignet für den Ökolandbau‘ genügen, erscheint in einigen Fällen außerordentlich zweifelhaft (Abb. 1). 6 Fruchtfolgen wiesen nur eine zweijährige, 15 eine dreijährige Dauer auf. Aus phytopathologischer Sicht wie auch aus Gründen der Inkompatibilität, insbesondere unter den Leguminosenarten, sind diese Beispiele kritisch zu beurteilen und in ihrer Nachhaltigkeit zu hinterfragen. Die übrigen Beispiele (72 von 93) entsprachen eher der Praxis im Ökologischen Landbau und wiesen Längen zwischen 4 und 12 Jahren auf.



Ein weiteres entscheidendes Kriterium für die Tragfähigkeit einer Fruchtfolge im Ökologischen Landbau ist deren Anteil an Leguminosen, insbesondere an solchen des Feldfutterbaus als wesentliche Säule zum Aufbau und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit (DAVIS & ABBOT 2006). Die Überprüfung der 93 Fruchtfolge-Beispiele ließ erkennen, dass 20 keine Leguminosen aufwiesen (Abb. 2). Da die Zuordnung zwischen Futterleguminosen, Körnerleguminosen und Leguminosen im Gemengeanbau unterschiedlich, lassen sich die leguminosen-freien Fruchtfolgen klar benennen, während Fruchtfolgen mit Leguminosen-Anteilen weiterer Differenzierung bedürfen.

Ein- oder zweijährige legume Feldfutter sind wesentliche Stützen für Humus und N-Bilanz von Fruchtfolgen (KÖPKE & KELLER 1997, LEITHOLD & HÜLSBERGEN 1997). Von den vier gezeigten Beispielen (Tab. 1) sind die ersten beiden Folgen in ihrer Sequenz insofern kritisch zu beurteilen, da sie das Feldfutter direkt auf die Körnerleguminosen folgen lassen und dadurch geringere Fixierleistungen der Luzerne ausgelöst werden dürften. Die vierjährige Periode abtragender Kulturen sollte nach

der zweiten Getreidekultur jeweils durch die Erbse unterbrochen werden, um deren Fruchtfolge Wirkung optimal auf die Nachkulturen umsetzen zu lassen. Dies ist eines von mehreren Beispielen mit offensichtlichem Optimierungsbedarf hinsichtlich der Position einzelner Kulturen. Obschon Maßnahmen wie optimale Fruchtfolgegestaltung, Gründüngung, Streifenanbau, Mischanbau als wesentliche Voraussetzung für die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit in demselben Projekt von allen Partnern eingeschätzt wurde (HARTL 2006), belegen die benannten Beispiele einen dringenden Bedarf für intensive Schulung der Beratung, der Praxis sowie junger Landwirte/Landwirtinnen und Gärtner/innen vor Beginn ihrer Karriere.



(1)	(2)	(3)	(4)
Luzerne Luzerne	Luzerne Luzerne	Luzerne Weizen	Rotklee Rotklee
Weizen Mais Gerste Roggen Erbse	Weizen Dinkel Gerste Roggen Erbse	Hirse Roggen	Roggen Gerste Erbse Hafer

Tab. 1: Beispiel für Fruchtfolgen und deren Klassifizierung

Jahre	7	7	4	6
Futter-Leg (%)	29	29	25	33
Körner-Leg (%)	14	14	0	17
Gemenge (%)	0	0	0	0
Nicht-Leg (%)	57	57	75	50

Als wesentliche Maßnahmen des Nährstoffmanagements wurden Fruchtfolge (86%), Hofdünger- (79%) und Kompostanwendungen (57%) sowie Einsatz von Zukaufdüngern (64%) angegeben. Bezüglich der Stallmist- und Kompost-Pflege überwogen die Antworten für Nichtabdeckung (79% vs. 43% bzw. 57% vs. 50%). Die sehr begrenzte Anzahl benannter Zukaufdünger in den einzelnen Ländern – lediglich 23 Antworten von 14 Projektpartnern – lässt auf unausgewogene Nährstoffbilanzen schließen. Dies deckt sich mit Ergebnissen aus Befragungen ökologisch bewirtschafteter Gemüsebaubetriebe (v. FRAGSTEIN et al. 2004), deren Fokus hauptsächlich auf ausreichender N-Versorgung lag und nur noch untergeordnet die Versorgung mit Kalium oder anderen Nährstoffen erkennen ließ.

Die Bewertung der Fruchtfolgen basiert auf Angaben, die als typisch für die ökologische Bewirtschaftung in den einzelnen Ländern wiedergegeben wurden. Entsprechend können diese auch nicht über etwaige Überprüfungen am konkreten Beispiel in weiterführenden Analysen aufgrund fehlender standortspezifischer Daten nachgezeichnet werden, wie etwa mittels Humus-, Nährstoff- oder Energiebilanzen oder spezifischer Vor- und/oder Nachfruchteffekte.

Schlussfolgerungen:

Das Fruchtfolgemanagement erscheint in vielen Fällen optimierungsbedürftig, (1) wenn die Dauer von Rotationen vier Jahre unterschreitet, (2) wenn Rotationen aufgrund fehlender Leguminosen vollständig auf N-Zufuhr über Wirtschaftsdünger oder zugekaufte organische Handelsdünger angewiesen sind, (3) wenn die Anordnung von aufbauenden und zehrenden Kulturen nicht ausbalanciert ist.

Das Nährstoffmanagement wird in allen Ländern im Wesentlichen über Fruchtfolgegestaltung und Einsatz von Hofdüngern bestimmt. Bei letzteren lassen die Antworten zu einer Verbesserung in der Hofdüngerpflege anraten, um über Abdeckungen Qualitäts- und Nährstoffverlusten vorbeugen zu können. Die geringe Anzahl an benannten Düngern lassen ein grundsätzliches Überdenken der P- und K-Versorgung angebracht erscheinen, im Besonderen bei Fruchtfolgen mit hohen Anteilen an Feldgemüsearten. Regelmäßige Bodenuntersuchungen sollten begleitend für die Erstellung von Düngeplänen und Nährstoffbilanzen vorgenommen werden.

Danksagung:

Das Projekt wurde aus Mitteln des 5. Rahmenprogramms der EU (FOOD-CT-2004-003375) finanziert. Dank gilt außerdem den Projektteilnehmern für die Beschaffung aller Informationen.

Literatur:

Davis J., Abbott L. (2006): Soil fertility in organic farming systems. In: Kristiansen, P., Taji, A., Reganbold, J. (eds.): Organic agriculture – a global perspective. CSIRO Publishing, Collingwood VIC: S. 25-52.

Hartl W. (2006): Results of the soil fertility questionnaire. In: final conference, 'Budapest conference 060406 kurz.pdf', <http://www.channel.uni-corvinus.hu> (Abruf: 01.10.2006).

Fragstein und Niemsdorff P. von, Geyer B., Reents H. J. (2004): Status Ökologischer Gemüsebau – Betriebsbefragungen. Projektbericht, BLE-Projekt-02OE222.

Köpke U., Keller E. R. (1997): Ökologischer Landbau. In: Keller E. R., Hanus H., Heyland K. U. (Hrsg.): Handbuch des Pflanzenbaus, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, Bd. 1, Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion, S. 625-702.

Leithold G., Hülsbergen K. J. (1997): Grundlagen und Methoden zur Humusbilanzierung im Ökologischen Landbau. In: Köpke, U. (Hrsg.), Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung Ökologische Landwirtschaft, Schriftenreihe, Institut für Organischen Landbau, 4: S. 56-62.