

## Stickstoffflüsse in verschiedenen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus – Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof

Iris Ruhe, R. Loges und F. Taube

### Problemstellung/Ziele:

Stickstoff (N) stellt bei ökologischer Bewirtschaftung von viehlosen Betrieben den ertragsbegrenzenden Faktor dar. Der N-Versorgungsgrad eines Betriebes wird im wesentlichen durch den Leguminosenanteil in der Fruchtfolge bestimmt. Hierbei beeinflusst vor allem die Nutzung der Leguminosen (als Gründüngung, Silagegewinnung, Körnerleguminose oder Zwischenfrucht) den N-Input. Die Optimierung der N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung der Leguminosen und ein möglichst geschlossener N-Kreislauf im Betrieb bilden die Grundlage des N-Managements. N-Verluste in Form von NitratAuswaschung führen neben dem Verlust des wichtigsten Produktionsfaktors (Stickstoff) auch zu einer Belastung des Grundwassers bzw. anderer Ökosysteme. Ziel dieses Projektes ist daher die Quantifizierung der wesentlichen N-Flüsse eines ökologisch wirtschaftenden Betriebes wie N-Fixierung, N-Exporte, Wirtschaftsdüngereinsatz und N-Auswaschung sowohl auf Einzelschlag- wie auch auf Betriebsniveau, um daraus möglichst N-effiziente Fruchtfolgesysteme bzw. Bewirtschaftungsmaßnahmen abzuleiten.

**Hypothesen:** Zahlreiche Studien (GEIER et al., 1998; BERG et al., 1999) weisen dem ökologischen im Vergleich zum konventionellen Landbau ein geringeres N-Verlustpotential zu. In der Regel basieren diese Aussagen auf dem Vergleich etwaiger N-Überschussalden bzw. auf Beobachtungen in Parzellenversuchen. Auf Betriebs- bzw. Schlagniveau am gleichen Standort bei vergleichbarer Betriebsausrichtung durchgeführte vergleichende Messungen des N-Austrages ökologischer und konventioneller Fruchtfolgesysteme wurden in Deutschland bisher nicht durchgeführt, sind aber zur Validierung systembedingter Unterschiede im Nitratstragspotential erforderlich. Vor diesem Hintergrund erfolgt im Versuchsprojekt „CONBALE“ (converting to organic farming consequences for N-balance and N-leaching) ein am gleichen Standort durchgeführter sowohl flächen- als auch produktionssystemorientierter Vergleich verschiedener ökologischer Ackerbausysteme mit einer regionstypischen konventionellen Ackerbaufuchtfolge.

**Methoden:** Im Rahmen eines 3-jährigen Projektes wurde auf dem Versuchsgut für ökologischen Landbau und extensive Landnutzungssysteme Lindhof der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ein Vergleich zwischen vier typischen Fruchtfolgen ökologisch wirtschaftender Betriebe mit einer konventionellen Referenzfruchtfolge hinsichtlich Ertragsleistung, N-Flüsse und NitratAuswaschung durchgeführt (s. Tab. 3). Die Erfassung der N-Flüsse stützt sich dabei auf Erhebungen des Düngemittleinsatzes, der Leguminosen-N<sub>2</sub>-Fixierung, der N-Exporte (s. Tab. 1), der NitratAuswaschung sowie der Gehalte des Bodens an mineralischem N zu ausgewählten Zeitpunkten (s. Tab. 2). Wichtigste N-Quelle der ökologischen Fruchtfolgen stellte die N<sub>2</sub>-Fixierung der Leguminosen dar, während diese Rolle im konventionellen System der mineralischen N-Düngung (Zuckerrüben: 92 kg N · ha<sup>-1</sup>, Winterweizen: 230 kg N · ha<sup>-1</sup>, Winterraps: 190 kg N · ha<sup>-1</sup>) zukam. Wirtschaftsdünger wurde

nicht appliziert. Neben den Ackerbaufruchtfolgen wurden jeweils schnittgenutztes bzw. beweidetes, ökologisch bewirtschaftetes Dauergrünland sowie die natürliche Vegetation des an die Betriebsflächen angrenzenden Mischwaldes als Referenzsysteme mit in die Untersuchung einbezogen. Zur Beschreibung des Bodennitrostoffstatus wurden jeweils zu Beginn der Sickerwasserperiode (Anf. November) sowie zu Vegetationsbeginn (Anf. März)  $N_{\min}$ -Beprobungen auf 90 cm Tiefe durchgeführt. Die Bestimmung der ausgewaschenen N-Mengen stützt sich auf die wöchentliche Beprobung eines sämtliche Betriebsflächen des Lindhofs deckenden Netzes, bestehend aus ca. 350 keramischen Saugkerzen (vgl. RUHE et al., 2001). Zum Ausschluss des Effektes der kleinräumigen Bodenvariabilität auf die Untersuchungsergebnisse erfolgte die Installation der Saugkerzen auf allen Schlägen jeweils an Orten gleicher Bodenverhältnisse, basierend auf einer vorliegenden hochauflösenden Bodenkartierung (ZIOGAS, 1995). Die durchschnittliche Sickerwassermenge betrug in den 3 Beobachtungsperioden 187 mm. Eine dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung (EU-Norm) von  $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$  entsprechende N-Konzentration im Sickerwasser wäre bei dieser Sickerwassermenge bei einer N-Fracht von jeweils 21,5 kg N/ha überschritten.

### Ergebnisse/Diskussion:

Tab. 2 zeigt beim Vergleich der untersuchten Feldfrüchte eine ausgeprägte Variation der  $N_{\min}$ -Gehalte im dreijährigen Mittel der Versuchsjahre 1999-2002. Besonders hohe Herbst- $N_{\min}$ -Gehalte (über  $110 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) zeigen sich nach konventionellem Winterrap. Im Ökologischen Produktionssystem werden vor allem unter gemulchtem jedoch vor Winter noch nicht umgebrochenem Klee gras sowie nach im Herbst umgebrochenem Klee gras und nach Körnererbsen hohe Herbst- $N_{\min}$ -Gehalte registriert. Diese Kulturen weisen auch die höchsten N-Frachten im Sickerwasser auf. Während nach oben genanntem, zu Gründüngungszwecken angebauten, gemulchten Klee gras N-Frachten festgestellt werden, die unter Berücksichtigung der Sickerwassermenge zu Konzentrationen führen, die über dem EU-Grenzwert liegen, zeigen Klee grasbestände, die ausschließlich durch Siloschnitte genutzt wurden und erst nach Ende der Sickerwasserperiode im Frühjahr umgebrochen wurden die niedrigste Nitrat-N-Auswaschung. In Tab. 3 sind für die in die Untersuchung eingegangenen Ackerfruchtfolgen sowohl die Getreideerträge sowie die Nitrat-N-Verluste mit dem Sickerwasser im Fruchtfolgedurchschnitt dargestellt. Die auf beerntetem Klee gras (3-Schnittnutzung) basierenden ökologischen Anbausysteme 1 und 3 mit Klee grasumbruch im Frühjahr wiesen im Vergleich zur konventionellen Fruchtfolge (5) etwa halb so hohe N-Verluste bei 55% geringerem Getreidedurchschnittsertrag auf. Der Vergleich der ökologischen Anbausysteme 1 und 2 zeigt, dass unter den gegebenen Standortverhältnissen der Klee grasumbruch im Herbst zu einer Erhöhung des Nitrat-N-Austrags bei gleichzeitig negativem Effekt auf den Getreidedurchschnittsertrag der Fruchtfolge führte. Das auf mehrfach abgeschlegeltem Klee gras basierte ökologische Anbausystem 4 weist im Vergleich zum Anbausystem 3 (beerntetes Klee gras) deutlich höhere Getreidedurchschnittserträge auf, was allerdings zu Lasten einer Erhöhung der Nitrat-N-Auswaschung geht. Unter den gegebenen Standortverhältnissen bleibt festzuhalten, dass keines der untersuchten Ackerbausysteme bedenkenwerte Nitratauswaschung aufweist. In der Produktivität allerdings zeigt sich das konventionelle System gegenüber den ökologischen um mehr als das doppelte überlegen. Diese Ertrags/N-Auswaschungsrelationen weichen von anderen vorliegenden Arbeiten ab und machen die Notwendigkeit einer regionalspezifischen Bewertung der Landnutzung deutlich. Eine ungleich größere Variation ergab sich im Dauergrünland, hervorgerufen durch die unterschiedliche Bewirtschaftungsform. Während schnittgenutztes Grünland ähnlich niedrige N-Frachten wie der naturnahe Mischwald aufwies,

zeigte ausschließlich beweidetes Grünland die höchste N-Auswaschung aller betrachteten Anbausysteme.

Tab.1: Leistungen der Einzelkulturen (Frucht) in Abhängigkeit von der Wirtschaftsweise (als dreijähriges Mittel der Versuchsjahre 1999-2002).

Wirtschaftsweise	Fruchtfolgeglied			Ertrag (dt/ha)	N-Entzug (kg N/ha)	N-Input N-Fixierung** (kg N/ha)
	Frucht	Vorfrucht	Folgefucht			
Ökolog.	<b>Kleegr. beerntet</b>	Wi-Weizen mit US	<b>Hafer FU</b>	73 (TM)	212	227
Ökolog.	<b>Kleegr. gemulcht</b>	Wi-Weizen mit US	<b>Hafer FU</b>	/	/	170
Ökolog.	<b>Kleegr. beerntet</b>	Wi-Roggen mit US	<b>Winterweizen</b>	75 (TM)	219	243
Ökolog.	<b>Körnererbsen</b>	Winterweizen	<b>Winterweizen</b>	39*	126	144
Ökolog.	<b>Hafer</b>	Kleegr. beerntet	<b>Erbsen HU</b>	52*	87	/
Ökolog.	<b>Hafer</b>	Kleegr. gemulcht	<b>Erbsen HU</b>	58*	97	/
Ökolog.	<b>Wi-Weizen mit US</b>	Kleegras	<b>Winterroggen</b>	38*	72	/
Ökolog.	<b>Wi-Weizen mit US</b>	Körnererbsen	<b>Kleegras</b>	34*	65	/
Ökolog.	<b>Wi-Roggen mit US</b>	Hafer/Wi-Weizen	<b>Kleegras</b>	32*	48	/
				Ertrag	N-Entzug	mineral. N-Düng.
Konv.	<b>Zuckerrüben</b>	Winterweizen	<b>Winterweizen</b>	539 (FM)	98	92
Konv.	<b>Winterweizen</b>	Zuckerrüben	<b>Winterraps</b>	87*	156	225
Konv.	<b>Winterraps</b>	Winterweizen	<b>Winterweizen</b>	39*	128	190
Konv.	<b>Winterweizen</b>	Winterraps	<b>Zuckerrüben</b>	95*	170	235

US = Untersaat; Kleegr. = Rotklee-Dt. Weidelgras-Gemenge; beerntet = 3-Schnittnutzung; gemulcht = 2 Mulchschnitte mit einem Schlegelhäcksler; FU = Frühjahrsumbruch; HU = Herbstumbruch; \* bei 14% Kornfeuchte; \*\* ermittelt mit der erweiterten Differenzmethode auf Unterparzellen

Tab.2: Herbst- und Frühjahrs-N<sub>min</sub>-Gehalte und N-Fracht in der Sickerwasserperiode der untersuchten Einzelkulturen in Abhängigkeit von der Wirtschaftsweise (als dreijähriges Mittel der Versuchsjahre 1999-2002).

Wirtschaftsweise	Frucht	Folgefucht	Herbst-	Frühjahr	N-Fracht (kg N/ha)
			Nmin-N (kg N/ha)	Nmin-N (kg N/ha)	
Ökolog.	Kleegras beerntet	Hafer FU	36.1 d	22.7 e	1.9 e
Ökolog.	Kleegras gemulcht	Hafer FU	85.8 b	50.2 ab	30.3 a
Ökolog.	Kleegras beerntet	Winterweizen	63.1 c	36.2 cd	21.3 b
Ökolog.	Körnererbsen	Winterweizen	66.3 c	42.8 bc	13.8 bcd
Ökolog.	Hafer nach Klee	Erbsen HU	43.3 d	38.2 c	17.5 bc
Ökolog.	Wi-Weizen nach Klee	Winterroggen	39.8 d	24.7 de	10.0 cd
Ökolog.	Wi-Weizen/US n. Erbsen	Kleegras	40.0 d	32.7 cde	6.8 d
Ökolog.	Winterroggen/US	Kleegras	38.5 d	30.2 cde	6.8 de
Konv.	Zuckerrüben	Winterweizen	77.9 bc	39.6 c	17.1 bc
Konv.	Wi-Weizen nach ZR	Winterraps	51.1 d	31.7 cde	10.3 cd
Konv.	Winterraps	Winterweizen	112.2 a	55.9 a	27.8 a
Konv.	Wi-Weizen nach Wi-Raps	Zuckerrüben	69.6 c	34.5 cde	21.0 b

Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Student-Newman-Keuls-Test,  $\alpha = 0,05$ ); Winterweizen/US = Winterweizen mit Untersaat; Kleegras = Rotklee-Dt. Weidelgras-Gemenge; beerntet = 3-Schnittnutzung; gemulcht = 2 Mulchschnitte mit einem Schlegelhäcksler; Grenzwert der TrinkVO (EU-Norm) von 50 mg NO<sub>3</sub>-I-1 entspricht einer errechneten N-Fracht von 21,5 kg N / ha

Tab.3: Einfluss des Anbausystems auf Nitrat-N-Auswaschung und Getreideertrag im Durchschnitt der Fruchtfolge (FF) (Versuchsbetrieb Lindhof, 1999-2002).

	Anbausystem	Fruchtfolge (FF)	Leguminosenanteil der FF (%)	jährlicher N-Input im Mittel der FF [kg N/ha]	Nitrat-N-Auswaschung [kg N/ha]	Getreideertrag im Durchschnitt der FF [dt/ha]
1	Ökologischer Gemischtbetrieb N-extensiv	Kleegras (Schnittnutzung) Hafer Winterroggen	33	88*	8.2 d	40.1
2	Ökologischer Gemischtbetrieb N-extensiv	Kleegras (Schnittnutzung) Winterweizen Winterroggen	33	88*	12.7 bcd	35.3
3	Ökologischer Gemischtbetrieb N-intensiv	Kleegras (Schnittnutzung) Hafer Körnerleguminose Winterweizen	50	93*	9.6 cd	41.7
4	Ökologischer (Öko) Ackerbaubetrieb N-intensiv	Kleegras (Gründung) Hafer Körnerleguminose Winterweizen	50	86*	17.5 bc	46.1
5	Konventioneller Ackerbaubetrieb [kg N/ha]: ZR: 92; WW: 230; WR: 190)	Zuckerrüben Winterweizen Wintererbsen Winterweizen	---	185**	19.0 b	91.1
6	Dauergrünland Öko schnittgenutzt	---	---	---	6.3 d	---
7	Dauergrünland Öko beweidet	---	---	---	44.7 a	---
8	Mischwald	---	---	---	3.8 d	---

= biologische N<sub>2</sub>-Fixierung der Leguminosen, \*\* = mineralische Stickstoffdüngung (Grenzwert der TrinkVO (EU-Norm) von 50 mg NO<sub>3</sub> l<sup>-1</sup> entspricht einer errechneten N-Fracht von 21,5 kg N / ha)

**Fazit:** Mittels optimierter Produktionstechnik bzw. Fruchtfolgeplanung (Zwischenfrüchte nach Problemkulturen bzw. verbessertes Kleegrasmanagement und Verlagerung des Herbstumbruchs ins Frühjahr) lassen sich unnötige N-Auswaschungsverluste in viehlos wirtschaftenden Betrieben vermeiden und unabhängig vom Produktionssystem im Fruchtfolgedurchschnitt deutlich unter den EU-Grenzwerten halten.

**Literaturangaben:**

BERG, M., HAAS, G. und U. KÖPKE (1999): Nitrat- und Stickstoffaustrag im Systemvergleich: Produkt- und Flächenbezug. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 12, 237-238.

GEIER, U., FRIEBEN, B., HAAS, G., MOLKENTHIN, V. und U. KÖPKE (1998): Ökobilanz Hamburger Landwirtschaft: Umweltrelevanz verschiedener Produktionsweisen, Handlungsfelder Hamburger Umweltpolitik. In: U. Köpke (Hrsg.) Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

RUHE, I., LOGES, R. und F. TAUBE (2001): Vergleichende Analyse der N-Flüsse in Fruchtfolgen N-intensiver und N-extensiver ökologischer Produktionssysteme unter besonderer Berücksichtigung der Nitratverluste. In: H. J. Reents (Hrsg.): Beitr. 6. Wiss.-Tagung Ökol. Landbau, Freising-Weißenstephan, Verlag Dr. Köster, 237-240.

ZIOGAS, G. (1995): Geologie und Böden der Versuchsbetriebe Lindhof und Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel: quartärgeologische und bodenkundliche Kartierung, Genese, Vergesellschaftung, Ökologie, Funktionen. Dissertation CAU Kiel.