

# FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSYSTEME MÜNCHEN (FAM)

Erfassung, Prognose und Bewertung nutzungsbedingter  
Veränderungen in Agrarökosystemen und deren Umwelt

## Jahresbericht 1999

FAM- Bericht 39

Herausgeber:

M. Jimenez, P. Schröder, J.C. Munch (GSF)

GSF-Forschungszentrum  
für Umwelt und Gesundheit

Technische Universität  
München/Weihenstephan

Februar 2000

FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSYSTEME MÜNCHEN  <b>JAHRESBERICHT 1999</b>	
Teilprojekt:	LT6    Kurztitel: Nutzungsstrategien Leguminosen
Thema:	Steuerung von N-Flüssen im Ökologischen Landbau durch standortangepaßte Nutzungsstrategien bei Leguminosen
Antragsteller:	Dr. H. Heuwinkel, Dr. H-J. Reents, Dr. R. Gutser, Dr. G. Pommer und Prof. Dr. U. Schmidhalter
Mitarbeiter:	Dipl. Geogr. F. Locher
Institution:	Lehrstuhl für Pflanzenernährung, TU München
I.	Einleitung mit Fragestellung
II.	Material und Methoden
III.	Ergebnisse und Diskussion
IV.	Schlußfolgerungen und Ausblick
V.	Publikationen
	V.1 Verwendete Literatur

## I. Einleitung und Fragestellung:

Die Fixierung von Luftstickstoff durch die Rhizobium-Leguminosen-Symbiose ist die einzige bedeutende Stickstoffquelle in Betrieben des Ökologischen Landbaus.

Die Quantifizierung dieses N-Gewinns gestaltet sich schwierig, da er innerhalb eines Schläges größeren Schwankungen unterliegt. Der Anbau von Leguminosen im Gemenge mit Nicht-Leguminosen (z. B. Klee-Luzerne-Gras = KLG) erschwert zusätzlich die Abschätzung der Menge fixierten Luft-Stickstoffs. Parzellenversuche zeigen, dass der N-Gewinn solcher Gemenge hauptsächlich durch den Leguminosenertrag bestimmt wird (BOLLER 1988, WEIBACH 1995). Damit ist es entscheidend, die Schwankungen des Leguminosenertrages im Gemenge auf wichtige Faktoren (z.B. Bodeneigenschaften, Witterung, Bewirtschaftung) zurückzuführen, um eine räumlich differenzierte Quantifizierung des N-Gewinns modellhaft beschreiben zu können.

Daraus folgen zwei Ziele für dieses Projekt:

- 1.) Die Entwicklung einer einfachen und verlässlichen Methode, den Leguminosenbeitrag zum Ertrag eines KLG zu quantifizieren, um Verteilungsmuster auf ihre Ursachen untersuchen zu können.
- 2.) Die Überprüfung der Annahme, dass der Leguminosenertrag als Maß für die  $N_2$ -Bindung auch flächenhaft eine hinreichend genaue Größe bei variierenden Standortbedingungen darstellt.

Die Beschreibung der räumlichen Differenzierung des Ertrages erfolgt in Zusammenarbeit mit der Landtechnik und wird durch eigene Beprobungen ergänzt.

## II. Material und Methoden:

Als Versuchsflächen wurden zwei KLG-Schläge (A04 und A09) mit unterschiedlicher Vorfrucht ausgewählt (Tab. 1).

Tab. 1: Zeitpunkte der Nutzungsernte, Vor- und Folgefrucht der Versuchsflächen

Acker	Nutzung Nr.				Vorfrucht	Folgefrucht
	1	2	3	4*		
A04	26.05.99	18.07.99	28.08.99	28.10.99	Roggen	Kartoffel
A09	26.05.99	18.07.99	28.08.99	07.10.99	Sonnenblume	Winterweizen

\*keine Nutzung, nur Ertragshebung

Die Erhebungen gliedern sich in zwei Teile:

### 1. Flächendeckende Ertragshebung:

Zu jeder Nutzung durch den Betrieb (Tab. 1) wurde eine manuelle Ertragshebung durchgeführt (Ausnahme: A04 im Mai). Dazu wurden mit einem Kreiseimähwerk vor dem eigentlichen Schnitt im A09 sechs (A04: vier) parallele Reihen gemäht. Mit einer Feldwaage wurden die Erträge in Abständen von 15 m (A04: 20 m) für

jeweils 15 m<sup>2</sup> Fläche bestimmt. Technische Probleme führten dazu, dass die anschließenden flächigen Erhebungen mit dem Feldhäcksler unvollständig blieben. Der Trockensubstanzgehalt wurde durch Ziehen einer Unterprobe mit einem Probenstecher, Wägung, Trocknung bei 60°C und Rückwaage ermittelt. Insgesamt wurden ca. 90 (A04: 80) Teilflächen je Nutzung erfaßt, deren Lage (Mittelpunkte) mit GPS eingemessen wurde. Gleichzeitig erfolgte eine visuelle Bonitierung des Leguminosenanteils. Die Daten der Ertragshebung wurden mit dem geographischen Informationssystem ArcView 3.1 unter Anwendung des Inverse Distance Weighting- Verfahrens (KRAVCHENKO ET AL. 1999) verrechnet.

### 2. Messung der $N_2$ -Bindung an ausgewählten Standorten:

Im A09 wurden an drei (A04: zwei) anhand von Vorinformationen (Ertrag, Boden, EM38) ausgewählten Standorten Messungen zur  $N_2$ -Bindung durchgeführt. Die Standorte werden im Folgenden mit A09 Süd, A09 Mitte, A09 Nord, bzw. A04 Süd und A04 Nord bezeichnet. Diese Standorte decken die sehr heterogenen Bodeneigenschaften innerhalb der Schläge ab. In einer etwa 10\*10 m großen Meßfläche wurden 6-9 Teilflächen à 1-1,4 m<sup>2</sup> ausgewiesen, um den Anteil fixierten Stickstoffs ( $N_{fix}$ ) mit der Isotopenverdünnungsmethode zu messen (weitere Einzelheiten zur Methode s. HEUWINKEL ET AL. 1995, FAM-Bericht 5). Es erfolgte die Bestimmung des Leguminosenanteils durch Handsortierung. Die Fraktionen wurden auf den Gehalt an Stickstoff und <sup>15</sup>N mit einem Massenspektrometer (EUROPA SCIENTIFIC ANCA SL 20-20) gemessen.

## III. Ergebnisse und Diskussion:

### 1. Ergebnisse der Ertragshebungen:

Auf der Basis der ersten drei Schnitttermine stimmte der aus den Einzelbeprobungen errechnete durchschnittliche Trockensubstanzertrag [dt/ha] gut mit den durch Wiegen des gesamten Erntegutes gewonnenen Ertragsdaten überein (Tab. 2). Dies belegt, dass die Vorgehensweise bei der manuellen Ertragshebung flächenrepräsentativ war, weshalb auch die Variabilität des Ertrages realistisch abgebildet sein sollte.

Beide Äcker erreichten beim zweiten Schnitt mit 43,8 dt/ha bzw. 45,2 dt/ha die höchsten Erträge. Die Variabilität des Ertrages blieb über die ersten drei Schnitte stabil bei ca. 20%. In diesem Zeitraum lagen aufgrund ausgiebiger und gleichmäßig verteilter Niederschläge auch sehr gute Wachstumsbedingungen für KLG vor. Ab Ende August, also nach dem dritten Schnitt im Hauptnutzungsjahr, setzte eine längere Trockenphase ein, die ein verzögertes Wachstum der Bestände zur Folge hatte. Dies spiegelt sich im Oktober in niedrigen Erträgen auf beiden Äckern wider (Tab. 2). Der erhöhte Variationskoeffizient dieses Termins deutet eine stärkere Differenzierung der Standorte an und könnte ein Hinweis sein, dass die Wasserverfügbarkeit als ertragslimitierender Faktor wichtig wurde.

Tab. 2: Trockenmasseerträge des KLG der Versuchsfelder A04 und A09 im Jahre 1999. Dargestellt sind Daten der flächigen Ertragshebung (n = 80-90) im Vergleich mit den betrieblich ermittelten Werten.

Nutzung Nr.	A04				A09			
	Flächige Ertragshebung			Betrieb	Flächige Ertragshebung			Betrieb
	TS [dt/ha]	s [dt/ha]	Vk [%]	TS [dt/ha]	TS [dt/ha]	s [dt/ha]	Vk [%]	TS [dt/ha]
1	n.b.	n.b.	n.b.	42	36,8	7,7	21	37
2	43,8	7,5	17	40,2	45,2	10,5	23	46,6
3	26,1	6,6	25	23,5	34,8	7,0	20	30,5
4	8,1	4,2	52	n.b.	10,3	3,8	37	n.b.

TS = Trockensubstanz, s=Standardabweichung, Vk=Variationskoeffizient, n.b.=nicht bestimmt

Ein Vergleich der Ertragskarten des Ackers A09 (Abb. 1) der Ernte 3 und 4 zeigt, dass sich der Bereich relativ hohen Ertrages (schwarz), ebenso wie der niedrigen Ertrages (weiß), zu Ernte 4 deutlich auf Kosten des mittleren Ertrages (grau) ausgedehnt hatte. Es zeigte sich jedoch auch, dass die Zentren hohen und niedrigen Ertrages ihre Lage nicht veränderten. Deshalb zeigte sich trotz wechselnder Niveaus ein ähnliches Verteilungsmuster des Ertrages sowohl an den dargestellten, als auch an allen anderen Terminen.

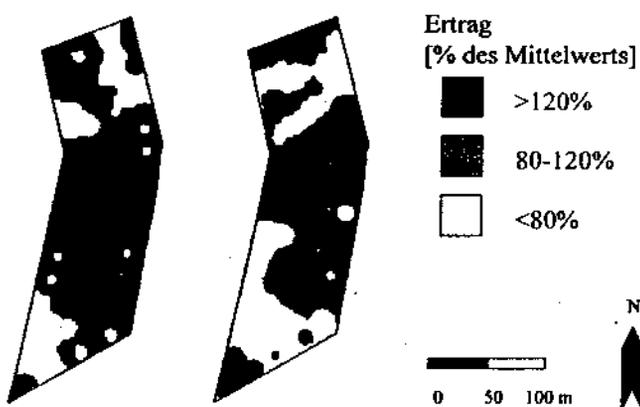


Abb. 1: Verteilung des Ertrages [in % des Mittelwertes] von Klee-Luzerne-Gras im A09 zu zwei Ernten (3: links und 4: rechts), die im Ertragsniveau sehr verschieden waren. Dargestellt sind drei Ertragsklassen relativ zum Mittelwert des gesamten Schläges nach der manuellen Ertragshebung (n = 90).

Auch der Leguminosenanteil variierte innerhalb eines Schläges beträchtlich, aber die visuelle Bonitierung ergab ebenfalls ein stabiles Verteilungsmuster. Da Messungen hierzu noch fehlen (s.a. Ausblick), wurde auf eine Darstellung dieser Daten verzichtet. Innerhalb der Leguminosenfraktion war eine Veränderung in der Artzusammensetzung zu beobachten. Während im Mai Rotklee, Weißklee und Luzerne noch zu ähnlichen Teilen im Gemenge vorlagen, wurde in den folgenden Schnitten die Luzerne zur dominanten Leguminose.

## 2. Ergebnisse der Standortbeobachtung:

### 2.1 Stickstofffixierung

Im Mittel lag der Anteil Stickstoff, der aus der Atmosphäre fixiert wurde ( $N_{atm}$ ), auf beiden Äckern zu jeder Nutzung und in jeder Wiederholung sehr hoch bei mindestens 90 % (Abb. 2). Dies bedeutet, dass mehr als 90 % des Leguminosenstickstoffs als Gewinn in die Stickstoffbilanz eingingen. Dies bestätigt die Annahme, dass der N-Ertrag der Leguminosen zur Darstellung der  $N_2$ -Bindung genügen könnte.

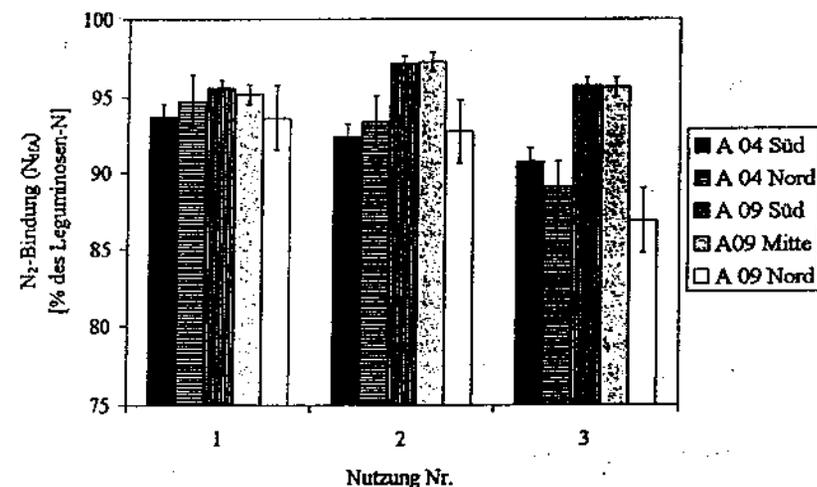


Abb. 2: Anteil des aus der Atmosphäre fixierten Stickstoffs ( $N_{atm}$ ) am Gesamtstickstoff der Leguminosen. Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung der ersten drei Nutzungen aller ausgewählten Standorte beider Versuchsfelder.

Ob sich die gute Wasserversorgung dieses Jahres positiv auf die Fixierleistung an den unterschiedlichen Standorten auswirkte, lässt sich schwer beurteilen. Reaktionen von Leguminosen auf Trockenstress werden mehrfach beschrieben. So reagiert die Fixierleistung von Rotklee empfindlich auf Trockenheit (SCHMIDTKE 1997). Auch führt Trockenheit zu einer Hemmung der Nitrogenaseaktivität (HØGH-JENSEN 1997).

Ab der zweiten Nutzung dominierte die Luzerne, die ohnehin als trockenheitstoleranter als Rot- oder Weißklee gilt. Dennoch ist zu fragen, ob die gefundenen hohen Fixierleistungen nicht nur durch die günstige Witterung dieses Jahres bedingt sein könnten.

## 2.2 Gesamtstickstoffgehalt

Der Stickstoffgehalt von Leguminosen war vom Erntetermin beeinflusst, ohne dass der Standort ihn weiter differenzierte (Abb. 3). Die Messung des N-Gehaltes der Leguminosen als Basis zur Berechnung des N-Ertrages muß deshalb nicht standortdifferenziert erfolgen, scheint aber nach den vorliegenden Daten zu jeder Nutzung erforderlich.

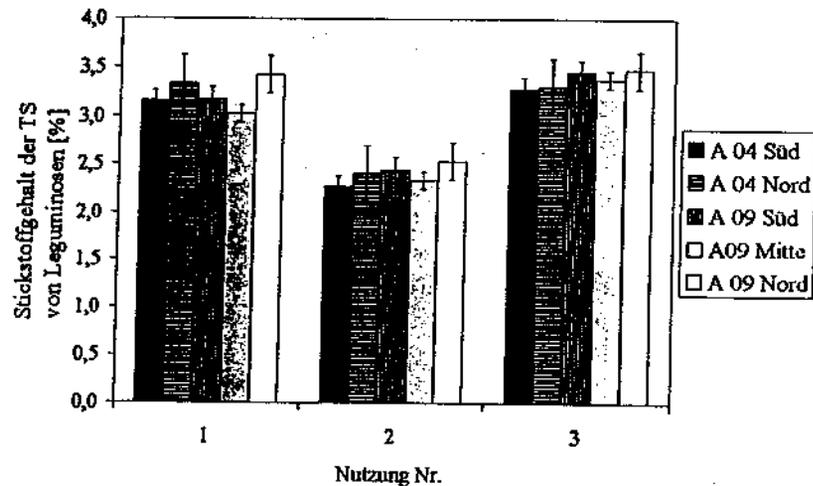


Abb. 3: Stickstoffgehalt in der Trockensubstanz von Leguminosen [%]. Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung der ersten drei Nutzungen aller ausgewählten Standorte beider Versuchsfelder.

## IV. Schlußfolgerung und Ausblick:

Die in diesem Jahr gefundenen Verteilungsmuster des Ertrags und damit des N-Gewinns deuten auf eine Beziehung zu Bodeneigenschaften hin, deren Interpretation aber bisher nur eingeschränkt möglich ist. Da die Variabilität bei reduziertem Wasserangebot zunahm, könnte die beobachtete Verteilung bei weniger Niederschlag anders ausfallen, was im nächsten Jahr zu prüfen ist.

Es ließ sich bestätigen, dass aufgrund der konstant hohen Fixierleistung eine geringfügige Korrektur des N-Ertrages der Leguminosen genügt (z.B. um den Faktor 0,9), um den N-Gewinn zu quantifizieren. Damit werden zur Abschätzung

der  $N_2$ -Bindung nur die Ertragsverteilung der Leguminosen und deren nutzungsabhängiger N-Gehalt benötigt.

Beide Parameter sollen zukünftig mit Hilfe der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) auf schnelle und verlässliche Weise ermittelt werden. Die Bestimmung der N-Gehalte wird von den LUFA-Anstalten z.T. als Standardverfahren eingesetzt, während es zur Bestimmung des Leguminosenanteiles in Gemengen bisher nur vereinzelt Erfahrungen gibt. WACHENDORF ET AL. (1999) messen mit NIRS den Leguminosenanteil mit einem Standardfehler von 7% bis 14%. Erste eigene Versuche zeigen, dass ein geringerer Prognosefehler erreicht werden könnte. Voraussetzung ist die Erstellung einer Kalibration, die eine Vielzahl an Proben mit großer Heterogenität umfaßt.

## V. Publikationen

### V.1 Verwendete Literatur

- Boller, B.C. (1988): Biologische Stickstoff-Fixierung von Weiß- und Rotklee unter Feldbedingungen. *Landwirtsch.Schweiz*, 1 (4), 251-253
- High-Jensen, H. (1997): Biological Nitrogen Fixation in Clover-Ryegrass-Systems. Ph.D. thesis, Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen
- Kravchenko, A., Bullock D. G. (1999): A comparative Study of Interpolation Methods for Mapping Soil Properties. *Agron. J.* 91, 393-400
- Schmidtke, K. (1997): Einfluß von Rotklee in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen auf symbiontische  $N_2$ -Fixierung, bodenbürtige N-Aufnahme und  $CaCl_2$ -extrahierbare N-Fractionen im Boden. Diss. J. Liebig-Universität Gießen, Eigenverlag Universität Gießen
- Wachendorf, M., Ingwersen B. und Taube, F. (1999): Prediction of the clover content of red clover- and white clover-mixtures by near-infrared reflectance spectroscopy. *Grass and Forage Science* 54, 87-90
- Weißbach, F. (1995): Über die Schätzung des Beitrages der symbiontischen  $N_2$ -Fixierung durch Weißklee zur Stickstoffbilanz von Grünlandflächen. *Landbauforschung Völkenrode*, 45 (2), 67-74