

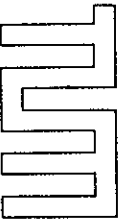
FORSCHUNGSVERBUND
AGRARÖKOSysteme
MÜNCHEN

Jahresbericht 2000

FAM-Bericht 48

Herausgeber:

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



<p>FORSCHUNGSVERBUND AGRARÖKOSysteme MÜNCHEN</p> <p>JAHRESBERICHT 2000</p>	
Teilprojekt:	LT 6 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. Gusser, Dr. G. Pommer und Prof. Dr. U. Schmidhalter
Mitarbeiter:	Dipl. Geogr. F. Locher, Yongxiu Liu
Institution:	Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Department für Pflanzenwissenschaften, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, TU München
I.	Einleitung mit Fragestellung
II.	Material und Methoden Teil 1: N ₂ -Bindung von Klee gras Teil 2: Nachfruchtwirkung von Klee gras
III.	Ergebnisse und Diskussion Teil 1: N ₂ -Bindung von Klee gras Teil 2: Nachfruchtwirkung von Klee gras
IV.	Schlussfolgerungen und Ausblick
V.	Publikationen V.1. Verwendete Literatur

I. Einleitung und Fragestellung:

Aufbauend auf den Ergebnissen des ersten Versuchsjahres dieses Teilprojektes wurden einerseits die im letztjährigen Bericht (LOCHER et al. 2000, FAM-Bericht 39) formulierten Ziele (Methodik zur Bestimmung des Leguminosenanteiles und Bedeutung des Leguminosenertrages für die Quantifizierung der N_2 -Bindung) weiter verfolgt, andererseits die gewonnenen Daten als Basis für eine Bewertung der Fruchtfolgewirkung von Klee gras in einer bodenkundlich differenzierten Fläche genutzt. Zwar ist aus Parzellenversuchen vieles zur Fruchtfolgewirkung leguminosenhaltiger Bestände bekannt (DREESMANN 1993, JENSEN 1996, WIVSTAD 1997), unklar ist aber wie der Übertrag der Erkenntnisse in heterogene Flächen zu erfolgen hat. Die Schwierigkeiten hierbei liegen u.a. in der wechselnden Bedeutung einzelner ertragsbestimmender Faktoren. Unter den N-limitierten Bedingungen des Ökologischen Landbaus kommt der N-Wirkung des Klee grasses eine zentrale Rolle zu, die aber durch andere Charakteristika des Standortes verändert werden kann. Unter solchen Bedingungen sind unterschiedliche Ertragsmuster von leguminosenhaltigen Gemengen und Nicht-Leguminosen zu erwarten, da N nur bei der Nicht-Leguminosen wachstumsbegrenzend ist. Durch den Vergleich der Ertragsmuster beider gibt es die Möglichkeit andere ertragsbegrenzende Faktoren als N sowie den direkten Einfluss des Klee grasses zu erkennen.

Beiden Aspekten wird in diesem Teilprojekt an Winterweizen nachgegangen, der in der scheyner Fruchfolge an Position sechs direkt nach Klee gras steht. Untersucht wird:

1. In wie weit Ertragsmuster von Klee gras und Winterweizen übereinstimmen und wie Übereinstimmungen bzw. Unterschiede erklärbar sind;
2. Ob Differenzierungen in der Fläche bzgl. Ertrag und/oder N_2 -Bindung der Vorfrucht Klee gras beim Winterweizen zu Unterschieden in der N-Versorgung bzw. bei den N-Verlusten führen.

II. Material und Methoden:

Teil 1: Untersuchungen an Klee gras

Die Vorgehensweise bei der flächigen Ertragshebung sowie die Anlage und Beprobung der ausgewählten Standorte wurden von LOCHER et al. 2000 (FAM-Bericht 39) beschrieben. Die Weiterverarbeitung der an den Standorten und in der Fläche gewonnenen, getrockneten Proben zur Messung mit FT-NIRS (Fourier-Transform-Nahinfrarot-Reflektions-Spektroskopie, Vektor 22/N, BRUKER, Ettlingen, Karlsruhe) beschränkte sich auf eine grobe Vermahlung (1,5 mm) mit einer Schneidmühle (BRABENDER, Duisburg, Deutschland). Die Spektren aus der FT-NIRS dienen zur Messung des Leguminosenanteiles der flächig gewonnenen Proben. Die dazu benötigte Kalibration entstand aus der Messung von Proben bekannten Leguminosenanteiles (5 % Schritte), die aus den Reiproben (Leguminosen und Gras) der Standortmessung zusammengestellt wurden ($n=411$). Die Spektren wurden mit einer Auflösung von 10 cm^{-1} und 30 scans je Probe in einem Wellenzahlenbereich von 10000-3500 cm^{-1} aufgenommen. Über multivariate statistische Verfahren (Partial Least Square, PLS) wurde ein Algorithmus berechnet (Software: Opus 3.1, BRUKER, Ettlingen, Deutschland), der die Bestimmung des Legu-

minosenanteiles der Proben aus der flächigen Erhebung anhand der NIRS-Spektren ermöglichen. Aus dem Trockennassgehalt des Gemenges, Leguminosenanteil, N-Gehalt der Leguminosen (N_{Leg}) und dem Anteil des aus der Luft gebundenen Stickstoffs (N_{Lu}) wurde die N_2 -Bindung berechnet.

$$N_2\text{-Bindung [g/m}^2\text{]} = \text{Ertrag [g/m}^2\text{]} * N_{Leg} [\%] * N_{Lu} [\%]$$

Teil 2: Nachfruchtwirkung von Klee gras

Ebenso wie im ersten Projektteil zu Klee gras wurden auch hier flächige und standortspezifische Beprobungen durchgeführt, die sich 2000 auf den schon beschriebenen A09 beschränkten (LOCHER et al. 2000, FAM-Bericht 39).

In der Fläche wurde zur Reife des Bestandes mit einem Parzellenmähdrescher ein Kerndurchschnitt mäßig zwischen den Fahrgassen durchgeführt. Alle ca. 20 m erfolgte eine Ertragsmessung für eine Fläche von ca. 15 m^2 (88 Messpunkte). Der Trockenmassertrag ($60^\circ C$, 48 h) wurde vor der Entnahme einer Untertprobe von 200 g ermittelt. An allen Untertproben wurde das Tausend-Korn-Gewicht (TKG) bestimmt.

Gegenüber Klee gras kamen drei weitere Standorte hinzu, da die 1999 untersuchten Standorte nur geringe Unterschiede gezeigt hatten (LOCHER et al. 2000, FAM-Bericht 39). Ergänzt wurden Standorte, die im Klee gras bzgl. Ertrag, Leguminosenanteil und N_2 -Bindung auffällig verschieden gewesen waren. Die Lage aller Standorte im A09 ist Abb. 1 zu entnehmen. Die Entwicklung des Weizens wurde auf allen Standorten durch regelmäßige Ernten (Tab. 1, sechs Wiederholungen/Standort à 0,25 m^2 Erntefläche) bei gleichzeitiger Bestimmung des Entwicklungsstadiums verfolgt. Ab dem Ährenschieben erfolgte eine Trennung zwischen Ähre und Spross, zur Reife nach Korn und Stroh. Zur ersten Ernte wurde die Triebhöhe bestimmt, zur letzten Schlusserte die Ährenzahl, Ährenlänge (40 Einzelmessungen) und das TKG an zwei der sechs Wiederholungen. Die weitere Aufbereitung und Analyse der Proben erfolgte analog zum Klee gras. Ab März 2000 wurde an den Standorten wöchentlich der Wassergehalt in 10 cm Schritten für die Tiefe 0-100 cm (drei Wiederholungen/Standort, Diviner 2000, SENTEK, Stepeny, Australia) und die Saugspannung in den Tiefen 30, 60 und 90 cm (vier Einstichtensometer je Standort und Tiefe) gemessen.

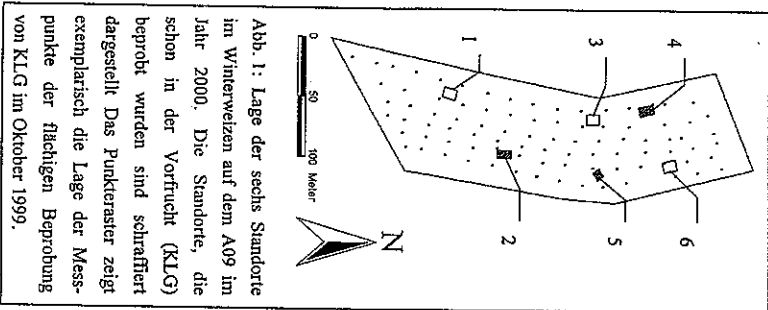


Abb. 1: Lage der sechs Standorte im Winterweizen auf dem A09 im Jahr 2000. Die Standorte, die schon in der Vorfrucht (KLG) beprobt wurden sind schraffiert dargestellt. Das Punktsymbol zeigt exemplarisch die Lage der Messpunkte der flächigen Beprobung von KLG im Oktober 1999.

Tab. 1: Zeitpunkt der Zwischenernten und Entwicklungsstadium des Winterweizens auf dem A09 (Spannweiten der EC-Stadien ergeben sich aus standortbedingten Entwicklungsunterschieden).

Datum	26.04.2000	05.05.2000	16.05.2000	05.06.2000	24.06.2000	17.07.2000
EC-Stadium	30	32	39-45	61-69	75-79	92

Die Aufbereitung und Darstellung der flächigen Daten erfolgte wie schon in LOCHER et al. (2000, FAM-Bericht 39) beschrieben mit GIS (ArcView 3.1, ESRI, New York, USA). Statistische Maßzahlen entstammen der Verrechnung mit einer Tabellenkalkulation (Excel97, MICROSOFT, Richmond, USA)

III. Ergebnisse und Diskussion:

Teil 1: N₂-Bindung von Klee gras

Die N-Gehalte und der Anteil des aus der Luft gebundenen Stickstoffs (N_{fix}) wurden an Standortorten gemessen, die die Heterogenität der Bodeneigenschaften im A09 abdeckten. Es zeigte sich, dass weder der N-Gehalt der Leguminosen noch deren N_{fix} standortabhängige Unterschiede aufwiesen. Die Variabilität war zu allen vier Nutzungsarten gering (Tab. 1), was sich bisher auch im Jahr 2000 auf dem A13 bestätigte. Daher konnten beide Faktoren in der Berechnung der N₂-Bindung als konstant angenommen werden.

Tab. 2: Stickstoffgehalt der Leguminosenfraktion und Anteil des aus der Luft gebundenen Stickstoffs (N_{fix}) im KLG des A09 zu den vier Nutzungsarten im Jahre 1999. Dargestellt sind Daten der Standortprobung (n=6-9).

Nutzung	N-Gehalt der Leguminose [%]				N _{fix} [% des Leguminosen-N]							
	Standort 2	Standort 5	Standort 4	Standort 2	Standort 5	Standort 4	Standort 2	Standort 5				
1	3,2	0,20	3,0	0,11	3,4	0,20	96	1,3	95	0,8	94	2,2
2	2,4	0,13	2,3	0,13	2,5	0,26	97	0,6	97	0,7	93	1,7
3	3,4	0,08	3,4	0,04	3,5	0,11	96	2,0	96	1,8	87	3,2
4	4,3	0,10	4,1	0,14	4,3	0,25	94	2,5	94	1,1	77	6,8

\bar{x} = Mittelwert s = Standardabweichung.

Bei der Entwicklung einer Methode zur Bestimmung des Leguminosenanteiles mit NIRS zeigte sich in der Kreuzvalidierung eine hohe Übereinstimmung zwischen tatsächlichem Leguminosenanteil und der Vorhersage mit NIRS, was zu einem Vorhersagefehler (RMSECV) von nur 3 % Leguminosenanteil führte. Zur Kalibration war eine Spektrenvorbehandlung nötig (erste Ableitung und Vektornormierung der Spektren), um Korngrößeneinflüsse und dadurch bedingte Streueffekte zu mindern. Die Ergebnisse belegen, dass die Messung des Leguminosenanteiles mit Hilfe der FT-NIRS einer visuellen Schät-

zung in Genauigkeit und Wiederholbarkeit der Messergebnisse überlegen war. Entwicklungsbedarf besteht hinsichtlich der Stabilität der Kalibration (SHENK & WESTERHAUS 1991), um vor allem Effekte der Arzsummensetzung und Einflüsse von Schnittmitten (WACHENDORFF et al. 1999) und Standort (BUXTON & MERTENS 1991) auszuschalten.

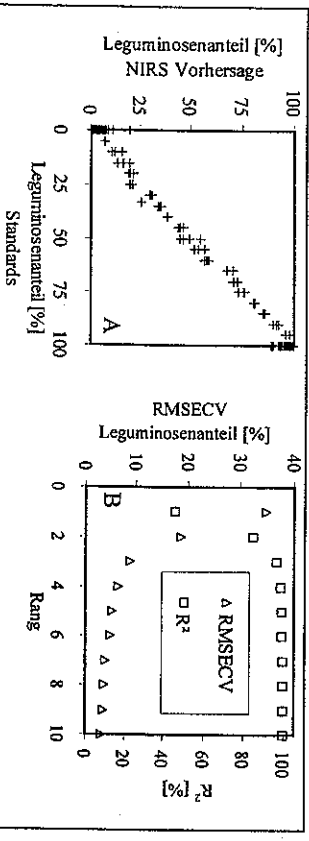


Abb. 2: Ergebnisse der Kalibration zur Ermittlung des Leguminosenanteiles in Klee grasproben mit FT-NIRS. A: Aus der Kreuzvalidierung der Vergleich von vorhergesagtem und tatsächlichem Leguminosenanteil der Standards (n = 411). B: Entwicklung des Vorhersagefehlers (RMSECV) und des Bestimmtheitsmaßes (R²) mit steigender Zahl der Ränge im PLS-Verfahren.

Nach den bisherigen Ergebnissen verbleiben nur noch Ertrag und Leguminosenanteil als Größen, die die räumliche Variabilität der N₂-Bindung verursachen können. Es zeigte sich, dass beide Parameter benötigt werden, da das Muster des Trockenmasse-Ertrages nicht dem des Leguminosenanteiles entspricht (Abb. 3). Gleichzeitig wies 1999 aber nicht nur die Verteilung des Ertrages (LOCHER et al. 2000, FAM-Bericht 39) sondern auch die des Leguminosenanteiles über alle Nutzungsarten jeweils eine große Ähnlichkeit auf. Für beide Parameter waren deshalb unabhängig voneinander Bezüge zu Bodeneigenschaften zu vermuten.

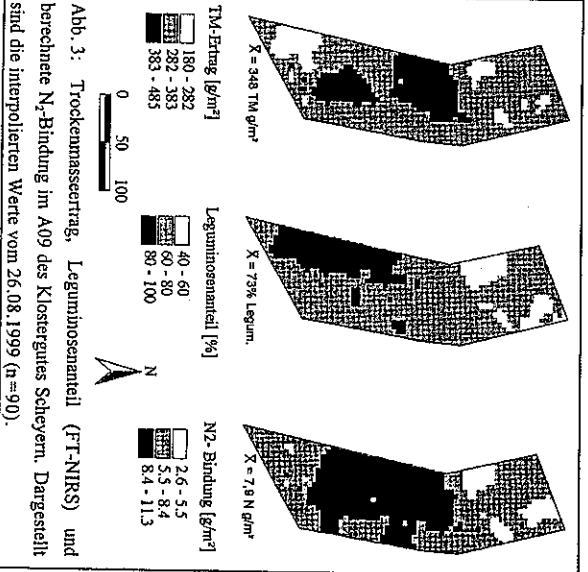


Abb. 3: Trockensmasseertrag, Leguminosenanteil (FT-NIRS) und berechnete N₂-Bindung im A09 des Klosterzweiges Scheyern. Dargestellt sind die interpolierten Werte vom 26.08.1999 (n=90).

Teil 2: Nachfruchtwirkung von Kleegras

Beim Weizen lagen im Jahr 2000 Flächen mittleren bis hohen Ertrages in den nördlichen zwei Drittel des A09, geringe dagegen überwiegend im südlichen Drittel (Abb. 4). Damit waren kaum Ähnlichkeiten mit den Verteilungen beim Kleegras erkennbar. Die Differenzierung fiel insgesamt gering aus: der größte Teil der Fläche erreichte 85-115 % des Durchschnittsertrages.

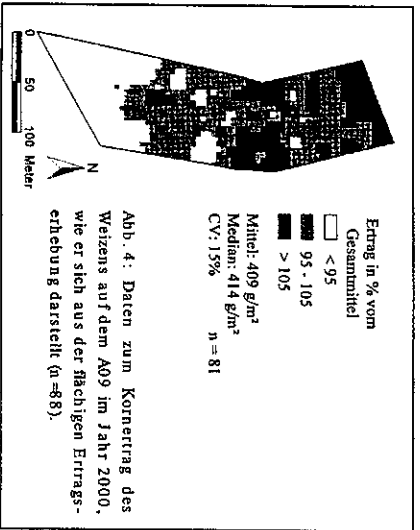


Abb. 4: Daten zum Kornerrtrag des Weizens auf dem A09 im Jahr 2000, wie er sich aus der flächigen Ertrags-erhebung darstellt (n=88).

Warum und wie sich Unterschiede herausbildeten wurde an den Standorten untersucht. Die in der Fläche erkennbare Differenzierung bestätigte sich auch dort (Tab. 3). Standort 1 und 2 lagen im Bereich geringen Ertrages, Standort 4 war dem mittleren und die anderen dem Hochertragsbereich zuzuordnen (vergl. Tab. 3 mit Abb. 1 & 4). Damit unterschieden sich im Weizen auch jene Flächen, die im Kleegras nicht verschieden gewesen waren, was unterschiedliche Interaktionen beider mit dem Standort vermuten läßt. Je nach Standort kann es in unterschiedlichen Zeiträumen zu einer Reduktion des ursprünglich angelegten Ertragspotentials. So wären z.B. gemessen an der Triebdichte Ende April (Schoßbeginn) Standort 6 und 1 gleich schwach einzustufen gewesen, dagegen Standort 5

waren, was unterschiedliche Interaktionen beider mit dem Standort vermuten läßt. Je nach Standort kann es in unterschiedlichen Zeiträumen zu einer Reduktion des ursprünglich angelegten Ertragspotentials. So wären z.B. gemessen an der Triebdichte Ende April (Schoßbeginn) Standort 6 und 1 gleich schwach einzustufen gewesen, dagegen Standort 5

Standort Nr.	Kornerrtrag [g/m ²]	TKG [g]	Ährenlänge [cm]	Ährenzahl/m ²	Triebdichte/m ²				
1	334	63	42,5	7,4	0,8	315	45	959	90
2	375	53	41,8	6,9	1,2	368	67	1076	107
3	567	85	43,1	7,1	1,0	453	53	1087	89
4	423	85	40,7	6,8	1,1	383	55	1025	169
5	538	58	43,1	7,6	0,6	455	27	1232	79
6	577	80	39,5	8,8	1,2	423	47	970	175

welkaus stärker (Tab. 3). Tatsächlich entwickelte sich Standort 6 zu einem der ertragsstärksten, während Standort 1 der schwächste blieb. Die Ursache dafür war in der unterschiedlichen Anzahl ausgebildeter Ähren pro Fläche, eine Folge der Triebreduktion, sowie in der Ährenlänge zu suchen, während das TKG kaum Einfluss hatte.

Die Reduktionsprozesse werden durch wachstumslimitierende Faktoren ausgelöst (BORGH 1999), von denen Wasserverfügbarkeit und Stickstoffangebot hier näher untersucht wurden. So änderte sich auf allen Standorten der Wassergehalt erst im Juni, was auch die Daten zur Saugspannung bestätigten (Abb. 5). Höhe Niederschläge im Juli verbesserten die Wasserversorgung sehr schnell. Bezogen auf die Entwicklung des Weizens kann der Wasserversorgung damit nur in der Phase der Kornausbildung (Ährenlänge) eine differenzierende Funktion zu. Die Reduktion der Triebzahl mußte damit eher durch N-Mangel verursacht worden sein. Nach den vorliegenden Daten zur N-Aufnahme der Pflanzen war Anfang Mai ein großer Unterschied im N-Gehalt und N-Ertrag der Pflanzen von Standort 1 und 6 erkennbar (Tab. 4). Verglichen mit BERGMANN (1986) befand sich der Weizen der Standorte 1 und 2 zu EC 30-32 im N-Mangel, während die anderen etwas (Standorte 3-5) bzw. deutlich (6) oberhalb vom Grenzwert von 2,3 % lagen. Dies spiegelt sich auch im Ausmaß der Triebreduktion wieder. Nur 34 % der angelegten Triebe wurden auf Standort 1 und 2 zu Ähren ausgebildet 37% auf 4 und 5 und immerhin 43% auf Standort 3 und 6. Bis Anfang Juni gleichen sich die standortabhängigen Unterschiede im N-Gehalt des Weizens einander an und es verblieb eine Differenzierung im N-Ertrag, die ein direktes Abbild der Trockenmasseerträge war (Tab. 4).

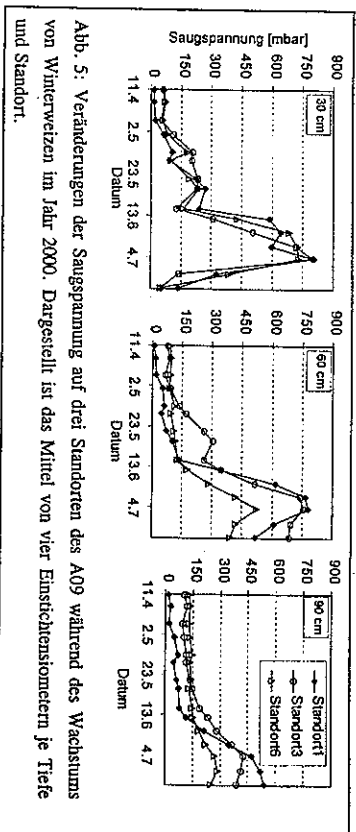


Abb. 5: Veränderungen der Saugspannung auf drei Standorten des A09 während des Wachstums von Winterweizen im Jahr 2000. Dargestellt ist das Mittel von vier Einstichsensoren je Tiefe und Standort.

Tab. 4: N-Gehalt und N-Ertrag des Winterweizens auf sechs Standorten im A09 zu drei für die Ertragsbildung kritischen Terminen im Jahr 2000 (Mittelwert von drei Wiederholungen).

Standort	N-Gehalt [%]						N-Ertrag [g/m ²]					
	05.05.00	16.05.00	05.06.00	05.05.00	16.05.00	05.06.00	x	s	x	s	x	s
1	2,1	0,08	1,6	0,06	1,4	0,29	3,0	0,7	4,2	0,7	7,8	1,5
2	2,2	0,11	1,5	0,03	1,1	0,02	3,8	0,7	5,2	1,6	6,9	1,2
3	2,5	0,14	1,7	0,04	1,3	0,16	5,0	1,4	5,6	0,6	10,2	1,0
4	2,5	0,11	1,7	0,02	1,3	0,03	4,0	0,5	5,4	1,0	9,3	2,2
5	2,4	0,21	1,6	0,01	1,2	0,02	4,7	1,2	6,5	0,5	9,8	1,8
6	3,2	0,26	2,1	0,17	1,4	0,03	4,3	1,0	5,7	1,7	10,2	1,4

IV. Schlussfolgerung und Ausblick:

Mit der NIRS steht ein vielversprechendes Instrument zur Analyse von Gemengen auf ihren Leguminosenanteil zur Verfügung, das sich auch unter den variablen Bedingungen in Scheyern bewährt. Damit konnte erstmalig gezeigt werden, dass auch mit Klee gras die Differenzierung der N₂-Bindung innerhalb eines Schläges groß ist. Ursächlich konnte diese auf Variationen des Ertrages an sich und des Leguminosenanteiles zurückgeführt werden. Die Bedeutung, die die Stabilität der Lage von Flächen hoher bzw. geringer Bindeleistung über die Vegetation für die kurz- und langfristige Nachfruchtwirkung haben, ist bisher noch unklar. So zeigte der untersuchte Weizen zwar Differenzierungen, die z.T. auf eine N-Limitierung zurückgeführt werden konnten, ohne aber direkt in Beziehung zu den Beobachtungen an der Vorfrucht zu stehen. Die starken Einflüsse, die vom Witterungsverlauf auf solche Beobachtungen ausgehen, erfordern für weitergehende Aussagen einen größeren Datensatz.

Die Aussagekraft und Stabilität der NIRS-Kalibration über Scheyern hinaus wird in der nächsten Projektphase zu prüfen sein. Der geringe Aufwand mit dem über NIRS zuverlässige Daten zur Verteilung der N₂-Bindung entstehen, wird es ermöglichen, den benötigten Datensatz für eine bessere Einschätzung der langfristigen Wirkung dieser Verteilungsmuster zu erheben.

V. Publikationen

V.1 Verwendete Literatur

- BERGMANN, W. (1986): Farbadas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. G. Fischer Verlag, Jena.
- BORGH, B. (1999): Nitrogen as determinant of wheat growth and yield. In: Satorre, E.H. and G.H. Slafer (eds.), *Wheat: ecology and physiology of yield determination*, The Haworth Press, New York, 67-84.
- BUXTON, D.R. und MERTENS, D.R. (1991): Errors in forage-quality data predicted by near infrared reflectance spectroscopy. *Crop Science* 31, 212-218.
- DREESMANN, S. (1993): Pflanzenbauliche Untersuchungen zu Rotklee- und Luzernegrasfrüchten in der modifizierten Fruchtfolge Zuckerrübe-Winterweizen-Wintergerste. Dissertation Universität Bonn.
- JENSEN, E.S. (1996): Compared cycling in a soil plant system of pea and barley residue nitrogen. *Plant and Soil* 182, 13-23.
- SHENK, J.S. und WESTERHAUS, M.O. (1991): Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy. *Crop Science* 31, 469-474.
- 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
- WIVSTAD, M. (1997): Green manure crops as a source of nitrogen in cropping systems. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria 34