

# Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau

in der Gesellschaft für  
Pflanzenbauwissenschaften

**Band 2**

**2000**

## **44. Jahrestagung**

vom 24. bis 26. August 2000  
in Kiel

### **Kurzfassungen der Referate und Poster**

Herausgegeben im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau  
in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

WISSENSCHAFTLICHER FACHVERLAG GIESSEN 2000

Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft  
für Grünland und Futterbau  
Band 2

Unredigierte Mitgliederinformationsschrift

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher Verantwortung der  
jeweiligen Autoren

Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau  
in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.

PD Dr. Martin Elsäßer, AG - Leiter

Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt  
für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft  
Atzenherger Weg 99  
D - 88326 Aulendorf

**44. Jahrestagung  
vom 23. bis 26. August 2000  
in Kiel**

**Kurzfassungen der Referate und Poster**

Herausgegeben im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und  
Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

WISSENSCHAFTLICHER FACHVERLAG  
GIESSEN 2000

© 2000 by Wissenschaftlicher Fachverlag  
Dr. Fleck  
Sudetenstraße 29  
D-35428 Niederkleen  
Tel.: 06447/1224  
Fax: 06447/1209  
e-mail WFV~BP.Fleck@t-online.de  
**ISBN 3-933303-49-4**

## Vorwort

Auf Einladung des Lehrstuhls Grünland und Futterbau der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel findet die 44. Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften vom 24.08. bis 26.08. 2000 in Kiel/Molfsee statt. Nach 1988 ist damit der Lehrstuhl Grünland und Futterbau zum zweiten Mal Gastgeber dieser Veranstaltung. Seinerzeit hatte der damalige Lehrstuhlinhaber Prof. Dr. Alois Kornher eingeladen.

Herr Prof. (em.) Dr. Kornher hat am 15.06. 2000 das 70. Lebensjahr vollendet.

Aus diesem Grunde habe ich als Gastgeber die diesjährige Veranstaltung Herrn Prof. (em.) Dr. Alois Kornher gewidmet. Ich verbinde dies mit den besten Wünschen für ihn und seine Frau.

Das Tagungsprogramm umfasst 12 Vorträge, zwei Workshops zu den Themen "Interaktion von Einzelpflanzen im Grünlandbestand" und "pflanzenbauliche und ökonomische Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Grünlandfutter bei der Fütterung von Hochleistungskühen" sowie 50 Posterbeiträge. Besonders die in den letzten Jahren beständig hohe – und in diesem Jahr nochmals gesteigerte - Anzahl der offerierten Poster zeigt zum einen die außerordentliche Aktivität der Forschungseinrichtungen im Bereich Grünland und Futterbau und ist zum anderen eine gute Dokumentation der aktuell bearbeiteten Fragestellungen sowohl der universitären Forschungseinrichtungen als auch der Landesanstalten.

Die "kleine" Exkursion am Freitag behandelt die Versuchsarbeiten des gastgebenden Lehrstuhles auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm und wird abgerundet durch den Besuch der Norddeutschen Pflanzenzucht in Hohenlieth. Die große Exkursion am Sonnabend mit dem Titel „Futterbau & Milchproduktion und Kulturgeschichte im östlichen Schleswig-Holstein" verbindet den fachlichen mit dem kulturellen Aspekt.

Die Teilnehmerliste weist über 150 Gäste aus dem In- und Ausland auf.

Besonders erfreulich ist die Tatsache, daß dieser Tagungsband zur Tagung vorliegt, ein herzlicher Dank für das rechtzeitige Einreichen der Manuskripte an alle Autoren! Dank gilt weiterhin dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein für die finanzielle Unterstützung der Veranstaltung sowie der Norddeutschen Pflanzenzucht Hohenlieth für die großzügige finanzielle Unterstützung und die Gastfreundschaft. Viele helfende Hände sind notwendig, um eine solche Veranstaltung zu organisieren, den Mitarbeitern des Lehrstuhls sei gedankt für den großen Einsatz für "unsere Tagung".

Kiel, im August 2000

Friedhelm Taube

# INHALTSVERZEICHNIS

## **Referate**

TAUBE, F., Einführung in die Arbeiten des Lehrstuhles Grünland und Futterbau an der Christian-Albrechts - Universität zu Kiel .....	7
HERRMANN, A., F. TAUBE und A. KORNER, Modellierung der Ertragsbildung und Qualitätsdynamik von Futterpflanzen - aktuelle Arbeiten am Lehrstuhl Grünland und Futterbau .....	15
WACHENDORF, M., Überwinterung und Leistungsfähigkeit von Weißklee - Eine zusammenfassende Auswertung von Feldversuchen an 12 Standorten in Europa .....	21
HOFMANN, MARTINA UND J. ISSELSTEIN, Einfluss variierter Schnittnutzung von Dauergrünland auf Etablierung, botanische Entwicklung und Ertragsleistung nach Wildpflanzen-Einsaat.....	27
THUMM, U., Vergleich von Luzerne und Weißklee als Mischungspartner in Grünlandansaat.....	33
STARK, G., Pflanzenbauliche und ökonomische Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Grünlandfutter bei der Fütterung von Hochleistungskühen - Ausgewählte ökonomische Aspekte -.....	39
LEIPNITZ, W. UND J. KIESEL, Anwendung einer GIS-gestützten numerischen Klassifikation zur Bestimmung von homogenen Räumen in einer Agrarlandschaft.....	45
LEISEN, E., Futterwert, Gärqualität und Mineralstoffgehalte von Grünland- und Kleegrassilagen aus Ökobetrieben 1997 bis 1999 .....	49
WOLF, D., Zur Qualität und Masse von „Winterfutter auf dem Halm“ unter den Aspekten Pflanzenbestand, Vornutzung und Erntetermin .....	55
NUSSBAUM, H., Silierbarkeit der Primäraufwüchse und Siliermitteleinsatz bei der Ausmagerung von Dauergrünland .....	61

## **Poster**

### **Futterbau**

LOGES, R., K. INGWERSEN, A. KASKE und F. TAUBE, Methodische Aspekte zur Bestimmung der N <sub>2</sub> -Fixierungsleistung von Leguminosen im Ackerfutterbau .....	67
--	----

WANG, SZU-HSIEN, K. SCHMALER und K. RICHTER, Blattflächenindex und Lichtnutzungseffizienz bei Silomaisorten mit unterschiedlicher Blattstellung.....	71
PICKERT, J. und R. SCHUPPENIES, Leistung verschiedener Weißklee - Gras - Gemische auf einem nordostdeutschen Niederungsstandort.....	75
HEUWINKEL, H. und F. LOCHER, Erfassung der Variabilität der N <sub>2</sub> -Bindung eines praxisüblichen Klee - Luzerne - Grases: Methodenentwicklung .....	81
<b>Nutzung, Düngung und Bewirtschaftung</b>	
FEDDERSEN, H. und R. BOCKHOLT, Auswirkungen unterschiedlicher Beweidungsintensitäten auf die Salzwiesenvegetation (dargestellt am Beispiel des WWF-Modellprojektes auf Hallig Langeneß).....	85
OPITZ VON BOBERFELD, W., H. FERLING und M. STERZENBACH, Zur Variabilität der N <sub>min</sub> -, Phosphat- und Kaliummengen auf Pferdeweiden .....	91
REX, M., Wirtschaftlich optimale Kalkung eines Grünlandbestandes .....	95
DYCKMANS, A., Die Rückführung von Intensivgrünland in naturnahe Grünlandbestände - Die Wirkung auf Ertrag, Qualität und Pflanzenbestand .....	99
SCHRÖPEL, R., Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten auf Ertrag, Qualität und Pflanzenbestand auf voralpinem Grünland.....	105
KÄDING, H., K. WÖHRLE, G. PETRICH, A. W. und K. MÜLLER, Managementmaßnahmen für die Erhaltung wertvoller Grünlandbereiche im Vogtland .....	109
HOCHBERG, H. und B. MÖLLER, Mähstandweide mit Fleischrindern als extensive Form der Grünlandbewirtschaftung .....	113
RUTZMOSE, K., Verlaufskurven von Inhaltswerten und Ertrag auf Grünlandstandorten in Bayern .....	117
ERNST, P. und N. HEITING, N-Vergleich bei Zufütterung statt N-Düngung auf Grünland .....	121
SCHERINGER, JOHANNA und J. ISSELSTEIN, Zur Variabilität der Stickstoffeffizienz in Futterbaubetrieben Niedersachsens.....	125
JAHNS, U. und F. TAUBE, Die Wirkung einer Schwefeldüngung auf Ertragsparameter von futterbaulich genutzten Grasbeständen in Schleswig-Holstein .....	129

JACOT, K., A. LÜSCHER, J. NÖSBERGER und U.A. HARTWIG, Bedeutung der Leguminosen und der symbiotischen N <sub>2</sub> -Fixierung für Wiesenökosysteme entlang eines Höhengradienten in den Alpen .....	133
WULFES, R., F. TAUBE und A. KORNER, Trockenmassebildung und Blattflächenentwicklung von Grünlandgräsern in Abhängigkeit von N-Düngung, Aufwuchszeitraum und Genotyp .....	137
MILIMONKA, A., H. GIEBELHAUSEN und I. BAECK, Wirkung differenzierter Bewirtschaftungsintensität auf die botanische Zusammensetzung ei- ner Weidenarbe .....	141
EBEL, G., A. MILIMONKA und K. RICHTER, Ansätze zur Untersuchung der großflächig - räumlichen Verteilung von Weidetierexkremen- ten.....	145
LANDWEHR, B., M. BENKE und J. ISSELSTEIN, Einfluss des Applikationszeitpunktes von Rinderharn auf Grasertrag, N-Ausnutzung und Nit- ratauswaschung.....	149
STRODTHOFF, J. und J. ISSELSTEIN, Methodische Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Variabilität des Futterangebotes einer extensiven Standweide auf Niedermoorgrünland .....	153
ZHANG, RONG, MARTINA HOFMANN und J. ISSELSTEIN, The effects of seed stratification and sward disturbance on germination and seedling emer- gence of grassland species .....	157
GANG, ZHAO, XÜ ZHIXIN und LI DEXIN, The investigation of the grazing behaviour of the native cattle and sheep in Inner Mongolia.....	161
RADEMACHER, I. GUNDA SCHULTE AUF'M ERLEY und W. KÜHBAUCH, Adaptionsmöglichkeiten von Gräsern an die Nährstoffverfügbarkeit - Vergleich der Wachs- tumsdynamik sowie physiologischer und morphologischer Parameter.....	165
SCHULTE AUF'M ERLEY, G., I. RADEMACHER und W. KÜHBAUCH, Blattlebensdauer und Chlorophyllabbau bei Deutsch Weidelgras ( <i>Lolium perenne</i> L.) und Rotschwingel ( <i>Festuca rubra</i> L.).....	169
LELLMAN, A., J. SCHELLBERG und W. KÜHBAUCH, Untersuchungen zum Nährstoffkreislauf im Grünlandbetrieb - mehrjähriger Systemvergleich nährstoffintensiver und nährstoffextensiver Wirtschaftsweise auf dem Versuchsgut Rengen.....	173
ANGER, M., Modellberechnung der N <sub>2</sub> O Emissionen auf Dauergrünland in Abhängigkeit von N-Düngung und Nutzungsart.....	177
KAISER, T., H. KAEDING, W. LEIPNITZ und P. HAASE, Entwicklung von Grünlandbeständen an der Unteren Havel (Westbrandenburg) bei Extensi- vierung und Teilvernässung.....	181

## **Stickstoffprojekt Karkendamm der Universität Kiel**

HERRMANN, A., A. KORNER, N. JOVANOVIĆ und F. TAUBE, Eine Simulationsstudie zum Witterungseinfluss auf Ertragsbildung und Qualitätsentwicklung bei Silomais.....	185
JOVANOVIĆ, N., M. WACHENDORF und F. TAUBE, N-Bilanz und -Effizienz von Silomais bei variiertem N- und Gülledüngung .....	189
INGWERSEN, B. M. WACHENDORF und F. TAUBE, N-Bilanz und -Effizienz von Dauergrünland bei unterschiedlicher Bewirtschaftung .....	193
BÜCHTER, M., M. WACHENDORF und F. TAUBE, Nitratwaschung unter Grünland in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform und der N-Düngungsintensität .....	197
KETELSEN, H. und M. BÜCHTER, Die Beprobung des oberflächennahen Grundwassers zur Abschätzung der Nitratbelastung un- ter beweidetem Grünland .....	201
GLIESCHE C.G., G. BRAKER, B. SCHUSTER und AFESFELDT, Diversität denitrifizierender Bakterien im Grundwasser unter Böden mit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsintensität .....	205
KARRASCH, M., C. WACHENDORF und F. TAUBE,, Der Einfluss der Beweidung auf die Höhe labiler Kohlenstoff- und Stickstoff-Fractionen in humosen Oberböden .....	209
KONYALI, A., W. JUNGE, K.H. SÜDEKUM und E. KALM, Einfluss unterschiedlicher Fütterungsstrategien auf die Milchleistung und N-Effizienz der Kuh.....	213
LUKAS, M., D. NIBBE, K.H. SÜDEKUM und A. SUSENBETH, Schätzung der Verdaulichkeit von Milchkuhrationen bei Weidegang .....	217
STORM, W.D. und C. LANGBEHN, Betriebswirtschaftliche Betrachtung unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme in Milch- vieh-Systemen.....	221
WACHENDORF, M., H. TROTT, K. VOLKERS und F. TAUBE, Steigerung der N-Effizienz im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb - Konzeption der pflanzenbaulichen Arbeiten in der zweiten Phase des N-Projektes Karkendamm .....	225

## **Boden & Methodik**

- SCHALITZ, G., A. BEHRENDT und W. LEIPNITZ,  
Schwermetall- und Schadstoffbelastung in der Überflutungsauwe der unteren Oder und Konsequenzen für die Nutztierhaltung ..... 229
- ANGER, M., P. KARANIS und W. KÜHBAUCH,  
Verlagerung der pathogenen Parasiten *Cryptosporidium* sp. und *Giardia* sp. mit dem Sickerwasser auf Grünland ..... 233
- SCHELLBERG, J. und M. HELMERT,  
Darstellung und Analyse ortsbezogener Daten im Grünlandversuchsbetrieb mittels GIS ..... 237

## **Saatgut, Keimungsphysiologie**

- ZIRON, C.,  
Zum Keimverhalten verbreiteter potenzieller Ungräser und Unkräuter..... 241

## **Futterkonservierung**

- BOCKHOLT, R. und P. DANIEL,  
Silier eignung der häufigsten autochthonen Pflanzenarten des Niedermoorgrünlandes . ..... 245
- DANIEL, P., E. JUCKEN-BAUER, W. OPITZ VON BOBERFELD, K.-D. ROBOWSKY und R. ZARUDZKI,  
Zur Methodik der Probenentnahme von Silagen ..... 249
- KAISER, E., K. WEISS und R. KRAUSE,  
Zur Beurteilung der Gärqualität von Grassilagen..... 253
- MÜLLER, J. und Ch. KALZENDORFF,  
Bestimmungsgrößen der Gärqualität von Grassilagen in nordwestdeutschen Milchviehbetrieben..... 259
- HERTWIG, F. und J. PICKERT,  
Energiegehalt der Welksilagen von nordostdeutschen Grünlandbeständen mit unterschiedlichem Gehalt an minderwertigen Futterpflanzen..... 263

## **Workshop: Interaktion von Einzelpflanzen**

- HOFMANN, M. und J. ISSELSTEIN,  
Keimlingsentwicklung verschiedener Graslandarten unter abgestufter Konkurrenz in simulierten *Lolium perene*-Narben ..... 267
- RADEMACHER, I., G. SCHULTE AUF'M ERLEY und W. KÜHBAUCH  
Adaptionsmöglichkeiten von Gräsern an die Nährstoffverfügbarkeit - Vergleich der Wachstumsdynamik sowie physiologischer und morphologischer Parameter ..... 269

# Einführung in die Arbeiten des Lehrstuhles Grünland und Futterbau an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

von

Friedhelm Taube

Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

## Einleitung

Bevor ausgewählte Arbeitsschwerpunkte unseres Hauses eingegangen wird, wird eine Situationsbeschreibung der Grünlandwirtschaft und des Futterbaus in Schleswig-Holstein unter Berücksichtigung Milchwirtschaft gegeben. Es werden wesentliche Problemfelder der Futterbereitstellung für Hochleistungsmilchviehherden beschrieben, die sich z. in den Arbeiten am Lehrstuhl Grünland und Futterbau (LGF) widerspiegeln. Danach werden einige Arbeiten am Lehrstuhl vorgestellt, wobei die zur Überwinterung des Weißkleees ebenso ausgeklammert sind wie die zur und Qualitätsmodellierung, da beide Gebiete in gesonderten Vorträgen behandelt werden.

## Aktuelle Situation

Schleswig-Holstein

Grünlandwirtschaft

von

Futterbau

Schles-

Schleswig-Holstein ist das Bundesland mit den höchsten Futterflächenanteilen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Dementsprechend spielt die Milchwirtschaft im Lande eine herausragende Rückblickend betrachtet sind bezüglich der Grünlandwirtschaft und des Futterbaus letzten 20 zwei Entwicklung zu beobachten, die sich folgendermaßen beschreiben lassen.

### 1. Phase: ca. 1980 - 1990; Steigerung der Leistungen des Grünlandes durch wesentliche Verbesserungen der Bewirtschaftungsmaßnahmen

Zunächst verursachte die Einführung der Milchquotenregelung Anfang der 80er Jahre eine deutliche Focussierung auf die Steigerung der Futterqualität des Grünlandes. Die sogenannte "Grünland", ein modellgestütztes zur Prognose der Ertrags- und Futterqualitätsentwicklung von Grünlandbeständen wurde jener Zeit zur Praxisreife entwickelt. intensive Beratung führte daß sich die Praxis der Futtermittelkonservierung innerhalb eines Jahrzehntes grundlegend änderte. War vor Einführung der Milchquotenregelung die Heubereitung die dominierende Form Futtermittelkonservierung, spielte sie 10 später kaum noch eine Rolle. Futterqualität der Konserven des 1. Schnittes wurde innerhalb dieser von vorher durchschnittlich weniger als 5,6 MJ NEL kg<sup>-1</sup> auf Spitzenwerte von durchschnittlich 6,25 MJ NEL kg<sup>-1</sup> Jahr 1991 gesteigert. Parallel wurde sowohl der N-Düngungsaufwand ha<sup>-1</sup> als auch der Kraftfutteraufwand je drastisch reduziert, während der Futterflächenbedarf in dieser von 0,45 auf 0,6 ar Kuh<sup>-1</sup> gestiegen ist. Dieses Jahrzehnt kann als das erste Jahrzehnt des Qualitätsgrundfutters vom Grünland mit einer Verdopplung der Grundfutterleistung Kuh<sup>-1</sup> beschrieben werden. Bezüglich der Flächenverhältnisse ist diese Zeitspanne durch nahezu konstante Flächenanteile des Grünlandes an der LN geprägt. Ackerfutterbau ist in Flächenanteilen ebenfalls nahezu konstant, erfährt jedoch hinsichtlich der Kulturartenauswahl deutliche Veränderungen. So werden Futterrüben und Klee gras in

dieser Zeitspanne in ihrer Bedeutung marginalisiert, Silomais und Getreideganzpflanzen erreichen zunehmende Bedeutung.

## **2. Phase: 1990 - ??; Abnehmende Konkurrenzfähigkeit des Grünlandes als Grundfutter in der Milchproduktion gegenüber Ackerfutterbausystemen**

Einige zeitlich parallel verlaufende Entwicklungen haben im letzten Jahrzehnt zu einer völligen Veränderung der Bedeutung des Grünlandes für die Milchproduktion in Norddeutschland geführt. Diese Entwicklungen sind folgendermaßen zu skizzieren:

### *a. Fortschritte in der Rinderzucht und Tierernährung*

Dies hat einen nahezu linearen Anstieg der Milchleistung je Kuh in Schleswig-Holstein von etwa 200 kg FCM Kuh<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup> seit Anfang der 90er Jahre verursacht. Daraus resultieren steigende Ansprüche insbesondere an die Energiedichte des Futters, die auf dem Grünland im Durchschnitt des Jahres wesentlich schwieriger zu befriedigen sind als auf dem Acker mit Kulturen wie Mais und Getreideganzpflanzen. So zeigen die Ergebnisse der Rinderspezialberatung in Schleswig-Holstein im Durchschnitt der Jahre 1995-1999 durchschnittliche Energiedichten für Grassilagen, Silomais und Getreide-GPS von 5,8; 6,4 und 6,0 MJ NEL kg<sup>-1</sup> und damit eine deutliche Überlegenheit der Ackerfutterbaukulturen.

### *b. Fortschritte in der Pflanzenzüchtung*

Die Fortschritte der Pflanzenzüchtung im Hinblick auf die Ertragsleistung und Futterqualität konzentrieren sich im letzten Jahrzehnt auf die Futterpflanzen Mais und Getreide. Hier sind die genannten Parameter Zuchtfortschritte von 2-3 % Jahr<sup>-1</sup> dokumentiert, die entsprechend die Gräser des Dauergrünlandes nicht abzubilden sind.

### *c. Veränderung der politischen Rahmenbedingungen: EU-Reform 1991-Prämienregelung*

Schleswig-Holstein als Gunststandort der Getreideproduktion wurde 1991 mit höchsten Prämienzahlungen ha<sup>-1</sup> Getreidefläche ausgestattet, was zu einer steigenden ökonomischen Konkurrenzfähigkeit der Ackerfutterbaukulturen Mais und Getreide gegenüber dem Daueregrünland führte.

### *d. Technischer Fortschritt in den Bereichen Herdenmanagement und Fütterungssysteme*

Im letzten Jahrzehnt wurden die automatischen Melksysteme zur Praxisreife entwickelt und im Bereich des Fütterungsmanagements entstanden die sogenannten Totalen Mischrationen (TMR). Beide Entwicklungen bedeuten eine Entwicklung weg von der Weidenutzung und hin zur ganzjährigen Stallhaltung,

### *e. Steigende Anforderungen an die "gute fachliche Praxis"*

Seit dem Inkrafttreten der sogenannten „Düngeverordnung“ sind die Nährstoffflüsse im Betrieb (sog. Feld/Stall-Bilanz) bzw. die Nährstoffflüsse in den Betrieb hinein und aus dem Betrieb heraus (sog. Hoftorbilanz) zu dokumentieren. Hier zeigt sich, daß spezialisierte Grünland/Milchvieh-Betriebe aufgrund der niedrigen Nährstoffverwertung durch die Kuh einerseits und aufgrund der im Vergleich zu Mais niedrigen Nährstoffverwertung des Dauergrünlandes andererseits weniger spezialisierten Betrieben mit hohen Ackerfutteranteilen unterlegen sind.

Da nahezu alle Schleswig-Holsteinischen Milchviehbetriebe aufgrund der Standortvoraussetzungen entweder Mais oder Getreide anbauen können, haben die skizzierten Ent-

wicklungen in der Summe zu einer nachhaltigen Reduktion der Milchproduktion vom Grünland bei gleichzeitig deutlich ansteigenden Maisanbauflächen geführt. Insbesondere "Optimierung der Nährstoff-Flüsse im Rahmen der guten fachlichen Praxis" ist nach unserer Ansicht ein zentraler Punkt der Grünland- und Futterbauforschung als Pflanzenbauwissenschaft fordert, Lösungen mit interdisziplinären zu suchen und Auswirkungen unterschiedlicher terproduktionssysteme Hinblick auf Leistungen und ökologische zu analysieren um Multifunktionalität Grünlandes "an" zu werden. Ich damit zur Vorstellung Hause.

## **Steigerung der Ausnutzung von Stickstoff im Produktionsprozess der Milcherzeugung durch Maßnahmen des Futterbaus, der Tierernährung sowie des Managements und der Zucht**

### **Einführung und Problemstellung**

Hoftorbilanzen der Rinderspezialberatung Schleswig-Holstein (ANONYMUS, 1999) sowie Berechnungen des Lehrstuhls Grünland und Futterbau (TAUBE et al., 1997) zeigen, daß die spezialisierten Milchvieh/Futterbaubetriebe Schleswig-Holstein vergleichsweise hohe Nährstoffüberschüsse aufweisen, die für das Nährelement Stickstoff deutlich über  $200 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$  betragen können. Diese Überschüsse entstehen aus dem unausgewogenen Verhältnis zwischen Stickstoffinput (hpts. Dünger und Futtermittel  $\approx 250\text{-}300 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) und Output (Milch und Fleisch  $\approx 50\text{-}80 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) solcher Betriebstypen. 85% der Milchkühe in Schleswig-Holstein werden auf Betrieben gehalten, die sich im Landschaftsraum der Geest befinden. Dieser Standort ist durch sehr sandige Böden mit Tongehalten häufig unter 5% gekennzeichnet, woraus eine äußerst geringe Sorptionskapazität für Wasser und Nährstoffe und damit einhergehend ein hohes Auswaschungsrisiko für wasserlösliche Verbindungen (z.B. Nitrat) resultiert.

Anhand von Feldversuchen auf diesem Standort ermittelte BENKE (1992) eine lineare Zunahme der Nitratmengen im Sickerwasser bei steigender N-Versorgung von Grünlandbeständen. Die Verluste aus dem System waren bei Weidenutzung dreimal so hoch wie bei Schnittnutzung, wohingegen die Art der N-Quelle - ob Mineraldünger oder biologische Fixierung durch den Weißklee - keine wesentlichen Unterschiede induzierte. Vor dem Hintergrund dieser und anderer Sickerwasseruntersuchungen stellt sich die Frage, ob die N-Verluste unter Grünland durch eine kombinierte Nutzung (Schnitt +Weide) reduziert werden können und inwiefern eine Applikation von Rindergülle hierbei interagiert.

Neben dem Grünland stellt der Silomais die Säule in der Futtermittelherstellung dieser Betriebstypen dar. Versuchsresultate auf den sandigen Böden im Schleswig-Holstein zeigen, daß N-Düngungsmengen von weniger als  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  ausreichen, um das Ertragspotential Silomaises auszuschöpfen (TAUBE et al., 1997). Auf dem ergrünland Vergleich die doppelte N-Düngungsmenge nicht aus, um vergleichbare bei Schnittnutzung zu Auch von Ackergras bzw. führt insbesondere N-Versorgung zu deutlich höheren als auf dem Dauergrünland. Auf Basis dieser Daten stellt sich die Frage, inwieweit die Auswahl der Kulturarten für die Grundfutterbereitstellung, insbesondere im Hinblick auf eine hohe N-Verwertungseffizienz und einen Ausgleich der Nährstoffbilanzen, überdacht werden muß.

Vor diesem Hintergrund wurde von verschiedenen Instituten der Universität Kiel ein interdisziplinäres Forschungsprojekt initiiert, welches 1997 startete. Es befaßt sich mit der Quantifizierung von N-Flüssen im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb bei verschiedensten Produktionsintensitäten und Managementstrategien. **Übergeordnetes Ziel dieses Projektes ist es, optimierte Produktionsstrategien zur Effizienzsteigerung der Umsetzung des eingesetzten Stickstoffs (Dünger, Futtermittel) in Produktstickstoff (Milch/ Fleisch) abzuleiten.**

### Vorstellung des Forschungsprojektes

Basis der Untersuchungen ist die quantitative Erfassung der wesentlichen N-Flüsse im System Boden-Pflanze-Tier. Abb. 1 gibt einen Überblick über die einzelnen Arbeitsgebiete des Projektes. Das Projekt wird auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm des Institutes für Tierzucht und Tierhaltung durchgeführt. Die gesamte Betriebsfläche (140 ha) und die gesamte Milchviehherde (**100 Kühe**) sind in das Projekt eingebunden. Die Herde ist in zwei Gruppen geteilt. Die Gruppe I wird im Sommer auf Weißklee-grasweiden und im Winter aus Rotklee-grassilagen (80%) und Maissilagen (20%) ernährt. Die Gruppe II wird im Sommer auf intensiv gedüngten Grasweiden und im Winter aus Maissilage (80%) und Klee-grassilagen (20%) ernährt. Zur Abdeckung von zusätzlichen Gradienten im Futterbau werden sowohl in die Weideflächen als auch in die Flächen für die Winterfutterproduktion Parzellenversuche gelegt. Analog wird seitens der Tierernährung verfahren, indem weitere Varianten im Tierexaktversuch, insbesondere in bezug auf die Abbaubarkeit der Nährstoffe, bewertet werden. Im Folgenden werden die in der ersten Projektphase bearbeiteten Themenbereiche kurz skizziert:

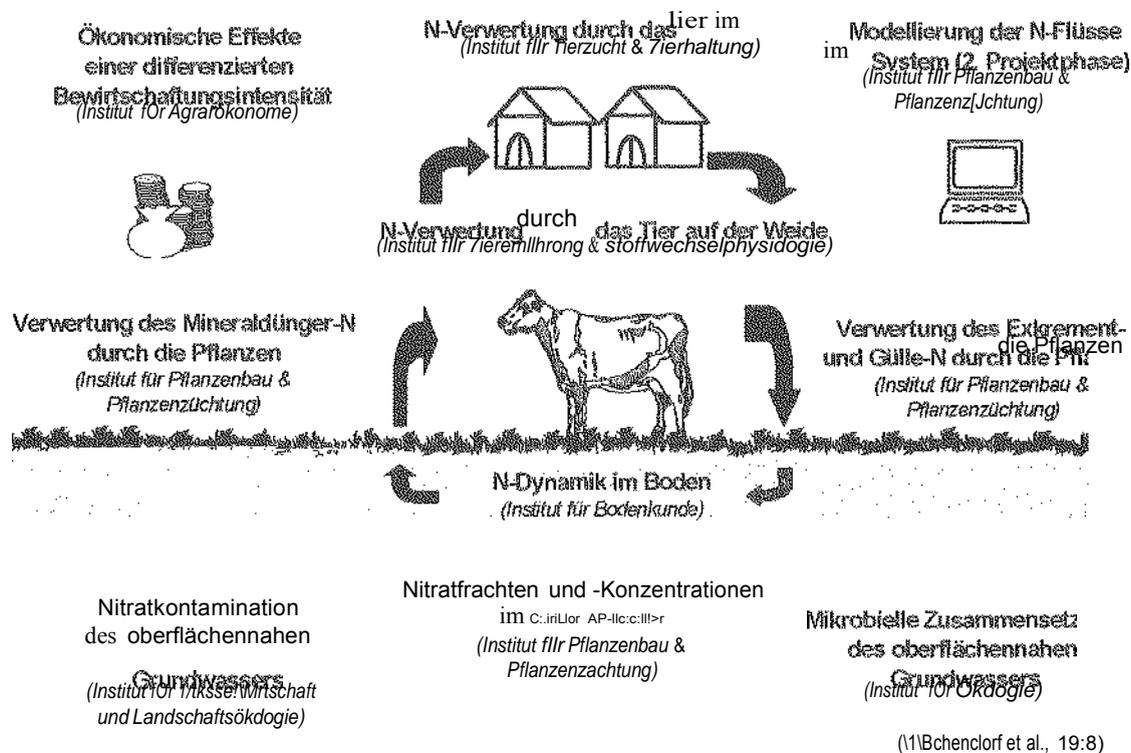


Abb. 1: Organisation der Arbeitsgebiete im Forschungsprojekt Karkendamm "N-Flüsse im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb"

**Bedeutung der Nährstoffversorgung für die N-Effizienz verschiedener Futterpflanzen (Institut für Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung, Universität Kiel)**

Den Kernbereich des Projektes stellen die insgesamt ca. 4 ha umfassenden Grünland-, Ackergras/Klee gras- und Mais-Parzellenversuche dar (WACHENDORF UND TAUBE, 1999). In allen Varianten dieser Versuche werden Energie- und N-Erträge sowie alle wesentlichen Nährstoffe erhoben. Mit Hilfe des Isotops  $^{15}\text{N}$  wird die Mineraldünger- und Gülle-N sowie die Stickstoffintegration im Silomaisversuch exakt ermittelt. Die Integration der Silomaisversuche einerseits und die Möglichkeit, N-Auswaschungsverluste nach der Silomaisernte zu quantifizieren, andererseits aber auch den Konkurrenzeinfluß der Untersaat auf die Entwicklung des Maises zu bestimmen (JOVANOVIĆ ET AL., 2000). Teil des Grünlandversuches sind neben reinen Schritt- und Weidesystemen (Umtriebsweiden mit Färsen) auch die in der Grünlandpraxis Schleswig-Holsteins weitverbreiteten Mähweidesysteme. Mittels der gewählten Versuchsanstellung lassen sich auch Aussagen darüber ableiten, inwieweit die Ergebnisse der simulierten Weidenutzung, eine kostengünstige Standardmethode in der Grünlandforschung, mit denen einer echten Weidenutzung übereinstimmen (INGWERSEN et al., 2000).

**Nitrat-Sickerwasserverluste in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung bei Mais und Grünland (Institut für Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung, Universität Kiel)**

Insgesamt sind 500 Saugkerzen als permanente Anlage in die Parzellen des oben beschriebenen Grünlandversuches installiert. Die Steuerung der Anlage erfolgt elektronisch, wobei erst ab einer kritischen Wasserspannung ein Vakuum an die Kerzen angelegt wird. Die Beprobung des Sickerwassers erfolgt wöchentlich. Weitere 300 Kerzen dienen der Untersuchung des Sickerwassers im Maisversuch. Aufgrund der wiederkehrenden Bodenbearbeitung erfolgt der Einbau nur temporär. Die Druckanlage geschieht wöchentlich mit einer transportablen Pumpe.

**Grundwasserqualität unter differenziert bewirtschaftetem Dauergrünland (Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie)**

Mittels Steigbrunnen wird in sämtlichen Weide- und Mähweidevarianten die Konzentration des Grundwassers an Nitrat-, Phosphat-, Kalium- und Chloridionen gemessen. Mittels eines Bromidtracers wird die laterale Wasserbewegung ermittelt. Aus dem Vergleich des Nitrat/Chlorid-Verhältnisses zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser lassen sich Rückschlüsse auf den Grundwasserstand im Unterboden ziehen.

**Mikrobiologische Zusammensetzung des Grundwassers unter differenziert bewirtschaftetem Dauergrünland (Institut für Ökologie, Universität Greifswald)**

Basierend auf der Annahme, daß Grundwasser, das unter häufig beweidetem Grünland neu gebildet wird, ein günstiges Milieu für denitrifizierende Bakterien darstellt, wird untersucht, inwieweit die Intensität der Grünlandnutzung das Ausmaß der Denitrifikationsprozesse beeinflusst. Die Identifizierung aller im Grundwasser vorkommenden Mikroorganismen anhand molekularbiologischer Methoden festgestellt werden, ob und welcher Anteil sich mit Nitrat für Denitrifikation im Grundwasser befinden. Daran schließen sich Untersuchungen an, die die Aktivität isolierter denitrifizierender Bakterien bestimmen sollen, um festzustellen, um welchen Betrag die Bakterien den Nitratgehalt des Grundwasser absenken. Er-

mittlung der im Stoffwechsel der Bakterien entstehenden gasförmigen Endprodukte (Lachgas bzw. elementarer Stickstoff) geben Aufschluß über weitere ökologische Konsequenzen der Intensität der Grünlandbewirtschaftung.

**Dynamik der organischen Bodensubstanz und ihre Bedeutung für den Stickstoffhaushalt futterbaulich genutzter Böden (Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg)**

Ziel der bodenkundlichen Untersuchungen ist es, Bewirtschaftungseffekte auf das Ausmaß der Festlegung und Nachlieferung von Bodenstickstoff in der Grünlandwirtschaft und im Maisanbau zu ermitteln. Eine vertiefte Kenntnis der Dynamik dieser Prozesse ermöglicht einen sowohl mengenmäßig als auch zeitlich gezielteren Einsatz mineralischer und organischer N-Dünger im Futterbau. Außerdem stellt die Umsetzung des mikrobiell oder in Pflanzenresten gebundenen Stickstoffs zum Ende der Vegetationsperiode eine wesentliche Größe für die Erklärung der Ursachen der Nitratauswaschung dar.

**Einfluß der Kraftfutterzusammensetzung auf die N-Verwertung durch das Tier auf der Weide (Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie, Universität Kiel)**

Das Weidefutter unterscheidet sich i.d.R. durch ein unausgewogenes Protein/Energie-Verhältnis aus. Gegenstand dieser Untersuchungen ist es, den Einfluß einer variierten Kraftfutterergänzung (schnell versus langsam verfügbare Energie) auf die Milchleistung und N-Verwertung von Kühen auf der Weide (intensiv mit mineralischem N gedüngter Grasbestand versus ungedüngter Klee grasbestand) zu ermitteln.

**Einfluß der Rationszusammensetzung auf die N-Verwertung durch das Tier im Stall (Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Universität Kiel)**

Analog zu den Untersuchungen auf der Weide wird in der Winterfutterperiode die Bedeutung einer simultanen Anflutung von energie- und stickstoffliefernden Substanzen auf die Proteinbiosynthese im Pansen der Kühe quantifiziert. Zu diesem Zweck werden neben zwei unterschiedlichen Grundfutterrationen (80% Maissilage + 20% Ackergras/Rotklee grassilagen versus 20% + 80%) alternativ 2 Kraftfuttertypen verabreicht, die sich bei gleicher Energiekonzentration in der Schnelligkeit der Energieverfügbarkeit deutlich unterscheiden.

**Quantifizierung der ökonomischen Effekte der einzelnen Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen (Institut für Agrarökonomie, Universität Kiel)**

Basis der ökonomischen Analysen bilden Daten von insgesamt 40 alternativen Grünland-Produktionsprozessen und über 50 Produktionsprozessen für den Feldfutterbau. Ziel dieser Berechnungen ist es, Szenarien für Betriebe mit gegebener Ressourcenausstattung zu entwickeln, die sowohl dem landwirtschaftlichen Betrieb zur Ermittlung einer optimalen Produktionsstruktur, als auch zur Abschätzung der Konsequenzen von Umweltpolitiken für die Produktion eines Betriebes dienen können.

Verknüpfung aller Einzelfragestellungen eröffnet die Möglichkeit, einen weiten Bereich von Produktionsalternativen im Produktionsprozeß Milch hinsichtlich der ökonomischen und ökologischen Effekte zu bewerten und optimale Produktionsintensitäten für die Zukunft zu formulieren. Aufbauend auf den Versuchsreihen der ersten Projektphase sollen vergleichende Untersuchungen optimierter Systeme des Futterbaus einen

Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten in der zweiten Projektphase bilden. Desweiteren sollen Erklärungsmodelle hinsichtlich ihrer Treffsicherheit überprüft werden.

## Literatur

- ANONYMUS, 1999: '99. Betriebswirtschaftliche Mitteilungen Nr. 530/31. Hrsg. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein.
- BENKE, M. 1992: Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter mittels der  $\sim$ atlgKerzen-IVI(th:ilde in Abhängigkeit von Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. Diss. der Agrarwiss.Fakultät der CAU
- INGWERSEN B., M. WACHENDORF AND TAUBE, 2000: Comparison of yield, nutritive value and botanical composition of grazed swards cut swards used by lated Proceedings 18th General of Grassland Federation, Aalborg, 452-454.
- JOVANOVIC, WACHENDORF AND TAUBE, 2000: of a grass understorey on the per- of silage maize. Proceedings of 18th Meeting of the European Grassland Aalborg, 446-448.
- TAUBE, WACHENDORF, GREEF und WULFES, 1997: Perspektiven semi-intensiver Produktionssysteme in Milchvieh-/Futterbauregionen Norddeutschlands. Ldw. 586-603.
- WACHENDORF, AND TAUBE, 1999: Nitrogen fertilizer management of grassland and maize for an improved nitrogen use on dairy farms. Proceedings of the 814 Workshop „Nitrogen USE Efficiency“ 1999, Lieke Belgium (im Druck).

## Bewertung von leguminosenbasierten Produktionssystemen im Hinblick auf Ertragsleistung, N-Fixierung, Futterqualität und Vorfruchtwert

Der Quantifizierung der N-Fixierungsleistung u., Leguminosenarten unter variierter sowie der des von Leguminosenstickstoff an ackerbaulich Folgekulturen hat der die beiden folgenden Projekte gewidmet:

1. "Ertrag, N-Fixierung und Vorfruchtwert unterschiedlich bewirtschafteter Leguminosen des Ackerfutterbaus" als Teilprojekt des von der geförderten Sonderforschungsbereichs 192 "Optimierung pflanzenbaulicher Produktionssysteme unter achtung ökologischer ökonomischer Aspekte"
2. "Stickstoffflüsse im Ökologischen Landbau" im des Forschungsschwerpunktes "Ökologischer Landbau und extensive Landnutzungssysteme" der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Experimentelle Basis dieser Untersuchungen bilden jeweils multifaktorielle Feldversuche auf den Versuchsbetrieben Hohenschulen und Lindhof dieser Versuche ist jeweils Effektes von Leguminosenart (Rotklee, Luzerne, Weißklee bzw. Erbse und Ackerbohne), Saatmischung (Reinsaat oder mit Gräsern bzw. Getreide) sowie Nutzungsart (Schnittnutzung oder Grünbrache bzw. Körnernutzung oder auf Ertragsleistung, Futterqualität, N-Fixierung sowie Vorfruchtwert

für verschiedene Folgefrüchte (Winterweizen, Hafer, Sommerweizen oder Kartoffeln) jeweils bei gestaffelter N-Düngung.

Neben der Beantwortung von produktionstechnischen Fragestellungen (LOGES et al. 1999, LOGES et al. 2000a) stellen methodische Untersuchungen eine wichtige Komponente der Forschungstätigkeiten im Rahmen dieses Arbeitsschwerpunktes dar. Hierbei werden u.a. unter Einsatz des stabilen Stickstoffisotops  $^{15}\text{N}$  zum einen alternative Verfahren zur Ermittlung der N-Fixierungsleistung von Leguminosen vergleichend analysiert, zum anderen die Verwertung mineralischer N-Düngung sowie der N-Mengen in den Leguminosenernterückständen untersucht. Beispiele hierfür werden im Beitrag WICHMANN et al. 2000 in diesem Tagungsband gegeben.

Über Zuwachsstudien, durchgeführt sowohl in den Leguminosenbeständen als auch in ihren Folgefrüchten werden Basisdaten sowohl zur Kalibration von dynamischen Wachstumsmodellen (siehe auch HERRMANN et al. 2000 in diesem Tagungsband) als auch von empirischen Modellen zur Berechnung von Leguminosen-N-Fixierungsleistungen (HOEGH-JENSEN, H. et al. 1998, LOGES et al. 2000b) herangezogen.

#### Literatur:

- HERRMANN, A., 2000: Modellierung der Ertragsbildung und Qualitätsdynamik von *Trifolium repens* L. – aktuelle Arbeiten am Lehrstuhl Grünland und Futterbau. 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, (in diesem Band).
- HOEGH-JENSEN, H., LOGES, E. S. JENSEN, F.V. JØRGENSEN & F. VINTHER, 1998: Empirisk model for symbiotisk kvælstofffiksering i breglplanter. (Empirical model for symbiotic nitrogen fixation of legumes). J. (Eds.) Kvælstofudvaskning og N-balancer i konventionelle og Økologiske produktionssystemer. FOJO-rapport nr. 69-89.
- LOGES, E., A. KASKE AND F. TAUBE, 1999: Dinitrogen fixation and nitrogen uptake of different legumes and nitrogen uptake of wheat. Olesen, J., Elton, J., Gooding, M., Jensen, C., Köpke, U.. Designing and testing crop rotations for organic farming. DARCOF Report no. 2.
- LOGES, E., M. WACHENDORF AND F. TAUBE, 2000a: Scaling up of milk production data from field plot to regional farm level. Proceedings of the European Invitational Expert Seminar of Life Cycle Assessments of Food Products in The Netherlands (the Netherlands), January 25-26, 1999. Agricultural data for Life Cycle Assessments Volume 1, 152-159.
- LOGES, E., INGWERSEN, A. KASKE UND F. TAUBE, 2000b: Methodische Aspekte zur Bestimmung der N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung von Leguminosen im Ackerfutterbau, tag, 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in Kiel vom 24.8.-26. 8. 2000
- WICHMANN, S., LOGES UND F. TAUBE, 2000: Ertrag und N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung von Erbsen/Gerste-GPS im Vergleich zu Rotklee gras. Poster 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Kiel.

Weitere Arbeiten des LGF werden in Form von Postern auf dieser Tagung präsentiert.

# Modellierung der Ertragsbildung und Qualitätsdynamik von Futterpflanzen – aktuelle Arbeiten am Lehrstuhl Grünland und Futterbau

von

A. Herrmann, A. Kornher und F. Taube

Institut für Pflanzenbau, Lehrstuhl Grünland und Futterbau  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## Einleitung

Der Lehrstuhl Grünland und Futterbau beschäftigt sich seit Beginn der 80er mit den Möglichkeiten, Ertrags- und Qualitätsveränderungen von mit Hilfe von Witterungsdaten modellhaft zu beschreiben. Durch fortlaufende Weiterentwicklungen des Modellansatzes Version 3.4 (Forage Production Quality). Eine ausführliche Beschreibung von findet sich u.a. in PEIERSEN-FREDRICH (1987), KORNIHER et al. (1991) und KORNIHER NYMAN (1992a, 1992b). Parameterisierungen Modells wurden vorgenommen für verschiedene sergenotypen, Gräsergemenge, Leguminosen, als auch für (Forage Non-Structural Carbohydrates) für die Modellierung wasserlöslicher Kohlenhydrate entwickelt (WULFES et al. 1999) auf das hier nicht näher eingegangen werden soll. In einigen neueren Projekten wird darüber hinaus versucht, den Anwendungsbereich des Modells auf auszuweiten.

kurzer Einblick in die Struktur und Funktionsweise um dann einen Überblick über den Einsatz des Modells auf zu entzogen ausgewählte Ergebnisse zur Modellierung Ertragsbildung Qualitätsentwicklung von und Silomais vorzustellen.

## Modellansatz

Das Modell umfasst ein Ertrags- ein Qualitätsmodul berechnet den täglichen Trockenmassezuwachs als Produkt aus relativer Wachstumsrate und vorhandener wobei angenommen wird, daß die relative eines ,normalen' Grünlandbestandes kurz nach Beginn einer Zuwachsperiode am höchsten ist. Während des Zuwachses nimmt die relative Wachstumsrate kontinuierlich ab, was durch eine invers-sigmoide Funktion der Blattfläche beschrieben wird. Die Parameter dieser Blattflächenfunktion, die vorhandene Biomasse zu des Aufwuchses und der Startwert der relativen Wachstumsrate charakterisieren das Wachstumspotentials und stellen somit bestandesspezifische dar. Einfluß von Witterungs- und Bodenverhältnissen wird über einen Wachstumsindex berücksichtigt, aus Temperatur, Strahlung Bodenwasser berechnet wird.

Die Modellierung Futterqualität beruht auf der engen zwischen phänologischer Bestandsentwicklung und Qualitätsveränderungen, wobei die Veränderungsrate der Qualität beeinflußt werden durch Genotyp, Management Umwelt. Diese Umweltbedingungen wie Temperatur, Photoperiode, Einstrahlung und Bodenwasser werden über exponentielle bzw. negativ exponentielle Funktionen in entsprechende Qualitäts-Veränderungsrate konvertiert. täglichen Veränderungsrate der

einzelnen Umweltfaktoren werden zu einer Umweltveränderungsrate multipliziert und diese aufsummiert. Die Qualitätsparameter werden nun als Funktion dieser akkumulierten Umweltveränderungsrate modelliert. Als besonders geeignet zur Beschreibung dieser Zusammenhänge haben sich Schwellenwert-Response-Funktionen erwiesen. Parameterisierungen wurden für verschiedene Qualitätsmerkmale (Rohprotein, Rohfaser bzw. ADF, Verdaulichkeit und Energiedichte) unterschiedlicher Arten, Genotypen, Bestände und Aufwüchse vorgenommen.

Basierend auf Zuwachserhebungen, Messungen der entsprechenden Qualitätsveränderungen und den zugehörigen Witterungsdaten werden die bestandsspezifischen Parameter des Ertrags- bzw. Qualitätsmoduls mittels eines dem Modell angegliederten Optimierungsverfahrens für die jeweiligen Genotypen, Bestände oder Aufwüchse ermittelt. Hierbei werden im Modell die vorgegebenen Parameterwerte iterativ solange verändert, bis die  $\chi^2$  zwischen gemessenen und berechneten Werten minimal wird. Ein Maß für die Güte der erzielten Modellanpassung stellen die Konstanten der linearen Regression zwischen beobachteten und berechneten Werten, sowie das Bestimmtheitsmaß dar. Mittels der auf diese Weise ermittelten bestandsspezifischen Parameter können anschließend mit dem Modell Simulationen für unterschiedliche Umweltverhältnisse und Nutzungsstrategien durchgeführt werden.

### **Modellierung von Grünland und mehrjährigen Ackerfutterbeständen**

In einer Reihe von Untersuchungen des Lehrstuhls wurde der Verlauf von Ertragszuwachs und Qualitätsveränderung für unterschiedliche Arten und Aufwüchse bestimmt. Diese Untersuchungen sind vor allem Arbeiten, in denen die Wirkung von Nutzungsstrategie und Stickstoffdüngung auf Zuwachsverlauf und Qualitätsveränderung unterschiedlicher Aufwüchse von Gräserarten und Gräsergemengen untersucht wurde (PETERSEN 1989, LAUER 1990, TAUBE 1993, WULFES 1993). Auch das Zuwachsverhalten und die Qualitätsveränderung verschiedener Aufwüchse von Rotklee und Rotklee-Gräsergemengen (WACHENDORF 1995) sowie von Weißklee-Gräsergemengen (WILHELMI 1993, Puzro 1998) wurde in einigen Projekten analysiert. Die Ergebnisse aller dieser Untersuchungen wurden in Modellparameterisierungen der unterschiedlichen Arten und Aufwüchsstypen benutzt. Basierend auf diesen Parameterisierungen können anschließend Simulationen unterschiedlicher Nutzungsregime und Umweltverhältnisse durchgeführt und ihre Effekte auf Ertragsbildung und Qualitätsveränderung analysiert werden (PETERSEN-FREDRICH et al. 1989). In Zusammenarbeit mit den Landwirtschaftskammern Hannover und Weser-Ems und der FAL Braunschweig konnten die weiteren Ergebnisse aus Untersuchungen von extensiviertem Grünland zur Bestimmung der bestandsspezifischen Parameter des Modells sowohl für den gesamten Bestandesaufwuchs als auch für einzelne Extensivarten benutzt werden (KORNHER et al. 1997). Im Rahmen der Weiterentwicklung des Modells werden auch Datensätze aus dem N-Projekt Karkendamm verwendet. Während die bisherigen Modellkalibrierungen ausschließlich auf Daten aus schnittgenutzten Grünlandbeständen basieren, bietet dieser komplexe Dauergrünlandversuch auch die Möglichkeit, Kalibrierungen für teilweises (Mähweiden) oder ausschließlich (Umtriebsweide) beweidetes Grünland zu erstellen (INGWERSEN et al. 2000).

Ein weiteres sehr umfassendes Material, das zur Parameterisierung des Modells verwendet werden konnte, stammt von Zuwachsbestimmungen und Qualitätsuntersuchungen, die von den Landwirtschaftskammern Schleswig-Holstein und Hannover im Laufe vieler Jahre für Praxisbestände von Dauergrünland im Rahmen der sogenannten „Reifeprüfung Grünland“ erarbeitet wurden. Das mit diesem Material parameterisierte Modell wird seit vielen Jahren vom Deutschen Wetterdienst benutzt,

um den Zuwachs und die Qualitätsveränderung aus Witterungsdaten fortlaufend zu berechnen. Die Ergebnisse der Ernteprognosen werden, wie bekannt, dem Landwirt über Fachzeitschriften, Faxabruf und Internet verfügbar gemacht.

In diesem Jahr wurde zur Weiterentwicklung der Reifeprüfung ein neues Projekt gestartet. Hierbei wird die Ertragsbildung und Qualitätsentwicklung Weidelgras dominierter Grünlandbestände sowohl im ersten als auch im zweiten Aufwuchs untersucht. Mit diesen Daten soll die Möglichkeit geschaffen werden, die Reifeprüfung Grünland auch auf die ersten Nachwüchse auszudehnen. Es ist geplant, diese Versuche nicht nur in den Kammerbereichen Schleswig-Holstein und Hannover, sondern auch in anderen Grünlandregionen der Bundesrepublik durchzuführen. würde die Einführung einer bundesweiten „Reifeprüfung Grünland“ ermöglichen. Erste Ergebnisse zum Zuwachsverhalten und der Qualitätsentwicklung erster Nachwüchse von Praxisbeständen konnten bereits in einem Projekt in Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer Hannover gesammelt werden (ROTTMANN-MEYER 1989)

### Modellierung von Pflanzen

Die Bedeutung von Getreide-Ganzpflanzensilage an der Grundfutterproduktion hat in den letzten Jahrzehnten eine deutliche Steigerung erfahren. Modellansatz, der die Ertragsbildung und Futterqualität von Getreide-Ganzpflanzen umfassend abbildet ist unseres Wissens aber bisher nicht vorhanden. Aus diesem wurde das am Lehrstuhl entwickelte Modell für Getreide-Ganzpflanzen angepaßt (HERRMANN et al. 2000), wobei möglichen Art- und Sortenunterschieden besondere Beachtung zukam. Langfristiges Ziel ist die Bereitstellung eines Prognose-Werkzeugs, mit dem der optimale Erntetermin und die zu erwartenden Erträge und Qualitäten für verschiedene Getreide-Ganzpflanzenarten und -sorten bei unterschiedlichen Umweltverhältnissen vorhergesagt werden können. Datengrundlage Modellierung bilden mehrere Untersuchungen, die an verschiedenen und -sorten auf der Versuchsstation Hohenschulen durchgeführt wurden (Winterweizen: 7 Sorten, 3 Jahre; Wintergerste: 4 Sorten, 2 Jahre; Winterroggen: 1 Sorte, 3 Jahre; Wintertriticale: 2 Sorten, 3 Jahre). Modellparameterisierungen wurden neben dem Ertrag für den TS-Gehalt, den Rohproteingehalt, die Verdaulichkeit und das Entwicklungsstadium durchgeführt.

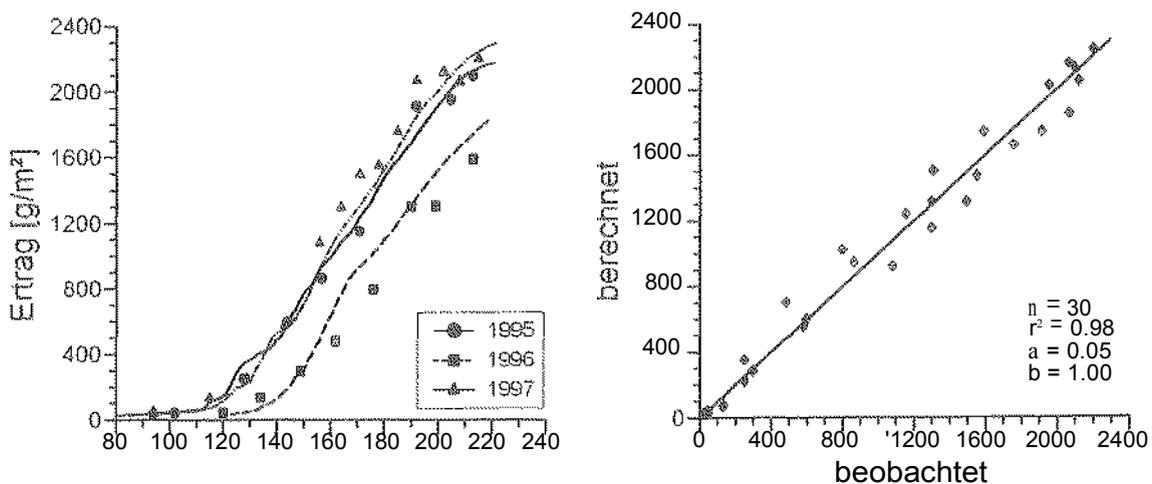


Abb.1. Modellkalibrierung zur Ertragsbildung von Winterweizen, Sorte Kraka (Symbole stellen die beobachteten Werte dar, Linien die berechneten Daten).

Die bisherigen Ergebnisse zeigen eine im allgemeinen gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Daten für alle Getreidearten und betrachteten Ertrags- und Qualitätskriterien. Innerhalb der Getreidearten waren keine deutlichen Sortenunterschiede zu beobachten. Beispielhaft sei deshalb hier die Ertragsbildung der Winterweizensorte Kraka dargestellt, s. Abb. 1. Der späte Vegetationsbeginn in 1996 und die im Vergleich zu den beiden anderen Versuchsjahren deutlich geringere Ertragsentwicklung werden vom Modell korrekt nachvollzogen. Für folgende Arbeiten ist die Einbeziehung weiterer Sorten und Anbauregionen geplant.

## Modellierung von Silomais

Eine Reihe bereits vorhandener Modelle wie beispielsweise CERES-Maize, DSSAT und MAIZE beschreiben die Ertragsbildung von Mais, wobei aber meist recht komplexe Ansätze verwendet werden und somit eine grosse Anzahl von Parametern geschätzt werden muß. Für einen praktischen Einsatz als Prognose-Werkzeug stellt dies erfahrungsgemäß eine nicht zu unterschätzende Erschwernis dar. Aus diesem Grund wird in einem aktuellen Projekt versucht, mit dem am Lehrstuhl entwickelten Modell FOPROQ die Ertragsbildung und Abreifentwicklung von Silomais abzubilden. Langfristiges Ziel ist es, analog zur Reifeprüfung Grünland, der landwirtschaftlichen Beratung ein Werkzeug zur Verfügung zu stellen, mit dem eine regional differenzierte Prognose des optimalen Erntetermines von Silomais möglich ist.

Die Datenbasis bilden Untersuchungen aus mehreren Projekten, in denen in regelmäßigen Zeitintervallen Zuwachserhebungen und Qualitätsuntersuchungen an Silomais durchgeführt wurden:

- Projekt der FH Kiel: 8 Sorten, 3 N-Varianten, 5 Versuchsjahre
- Projekt Karkendamm: 1 Sorte, 12 N-Varianten, 3 Jahre
- Kooperation mit PIONEER Hi Bred Northern Europe GmbH: 6 Sorten, 3 Jahre, 4 Standorte
- Kooperation mit 8 Sorten, 3 Jahre, 17 Standorte

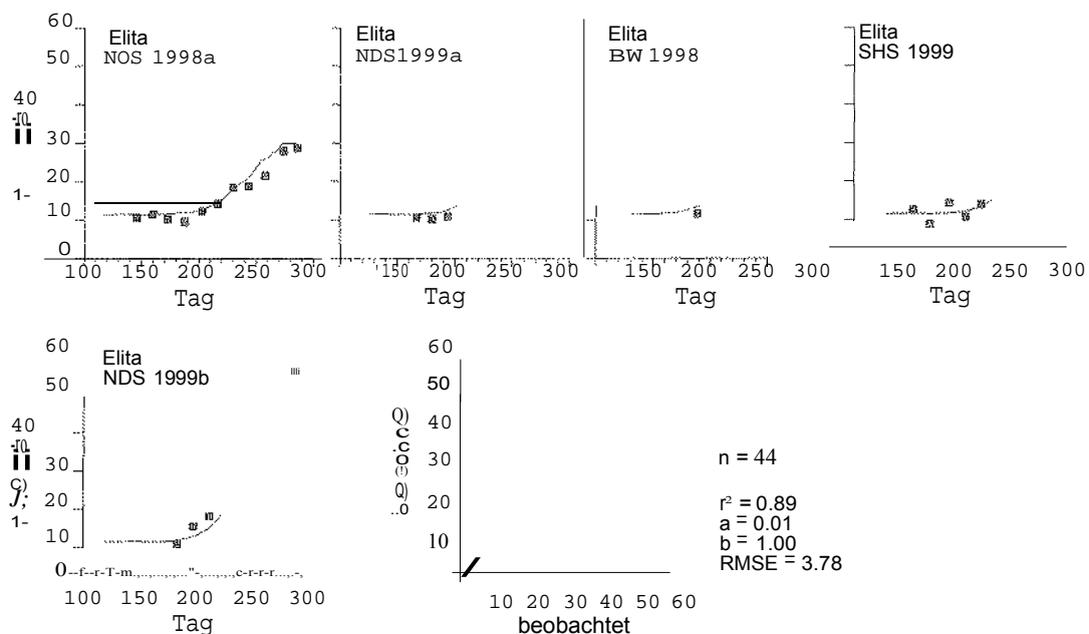


Abb.2. Modellkalibrierung zum TS-Gehalt von Silomais, Sorte Elita (Symbole stellen die beobachteten Werte dar, Linien die berechneten Daten).

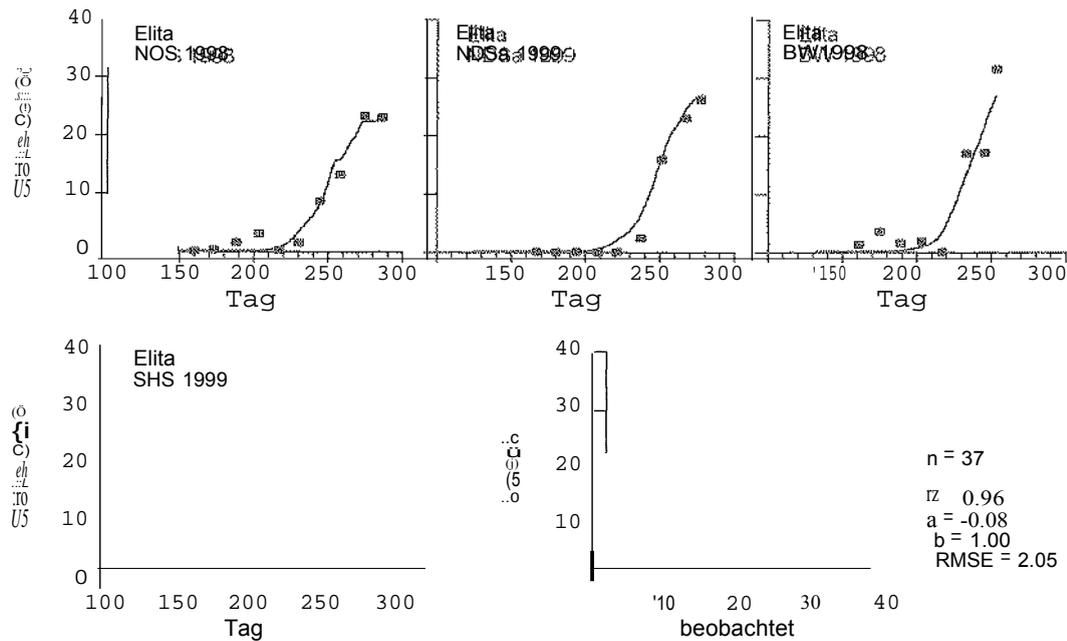


Abb.3. Modellkalibrierung zum Stärke-Gehalt von Silomais, Sorte Elita (Symbole stellen die beobachteten Werte dar, Linien die berechneten Daten).

Eine vorläufige Kalibrierung des Modells wurde durchgeführt für den Ertrag und das Entwicklungsstadium, sowie für die Qualitätskriterien Trockensubstanzgehalt (s. Abb. 2), Rohproteingehalt, Stärkegehalt (s. Abb. 3), Verdaulichkeit; die Kalibrierung für den Parameter Energiekonzentration wird zur Zeit bearbeitet. Da eine große Fluktuation im Mais-Sortenspektrum zu beobachten ist, wird versucht, die Schätzung der Modellparameter nicht sortenspezifisch sondern für Sortentypen durchzuführen und somit eine spätere Eingruppierung neuer Sorten zu ermöglichen. Die Ergebnisse der Modellkalibrierung belegen, daß eine sortentypenspezifische Modellierung prinzipiell möglich ist. Die bisher bearbeiteten Qualitätskriterien TS-Gehalt, Rohproteingehalt, Verdaulichkeit, Stärkegehalt und das Entwicklungsstadium zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen beobachteten und berechneten Daten. Ein Vergleich unseres Modells mit einem reinen Temperatursummen-Ansatz, wie er in Frankreich in der Praxis Verwendung findet, ließ eine deutliche Überlegenheit von FOPROQ erkennen.

Wie bei der Modellierung von Getreide-Ganzpflanzen konnte die für Futtergräser entwickelte Modellstruktur vollständig übernommen werden, lediglich für die Verdaulichkeit wurde eine kleine Modifikation eingeführt. FOPROQ hat sich somit auch für die Modellierung von Silomais als geeignetes Werkzeug erwiesen. Die laufenden Arbeiten beschäftigen sich mit der Bearbeitung weiterer Sorten und Qualitätsparameter wie der Energiekonzentration.

## Literatur

- HERRMANN, KORNHER, A. und TAUBE 2000) Cereals grown for whole crop silage: ModeHing of yield and quality. 29<sup>th</sup> Annual Crop Simulation Workshop, Biological Systems Simulation Group, Temple, TX, 6-7.
- INGWERSEN, B., WACHENDORF, und F. TAUBE (2000) N-Bilanz und N-Effizienz von Dauergrünland bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Kiel (in diesem Band).

- KORNHER, A., NYMAN, and F. TAUBE (1991) Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. *Das wirtschaftseigene Futter* 37, 232-248.
- KORNHER, A., WULFES, WACHENDORF, M. und F. TAUBE (1997) Untersuchungen zur Dynamik der Ertragsbildung und und Qualitätsentwicklung von Extensivgrünland. Schriftenreihe Inst. f. Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Kiel, Heft 03.
- KORNHER, A. and NYMAN (1992a) model for prediction of growth and quality change of grass swards. 14th General Meeting of the European Grassland Federation, Lahti/Finnland, 378-382.
- KORNHER, A. and NYMAN (1992b) Beschreibung eines Computermodelles zur Berechnung von Zuwachs und Ertrag sowie von Qualitätsveränderung und Qualität von Grünlandaufwüchsen. Rapport Lehrstuhl Grünland und Futterbau der Universität Kiel.
- LAUER, H. (1990) Untersuchungen zum jahreszeitlichen Verlauf der Ertragsbildung von ausgewählten Grünlandgräsern bei simulierter Weidenutzung. Diss., Univ. Kiel.
- PETERSEN, H.-W. (1989) Ertragsbildung ausgewählter Grünlandgräser im Nachwuchs in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Nutzung des Primäraufwuchses. Diss., Univ. Kiel.
- PETERSEN-FREDRICH, (1987) Quantitative Beschreibung des Ertragsverlaufes und der Qualitätsentwicklung von Grünlandbeständen durch dynamische rechnergestützte Modelle. Diss., Univ. Kiel.
- PETERSEN-FREDRICH, E.-C., KORNHER, and TAUBE (1989) Ertragsbildung unterschiedlicher Sortentypen des Deutschen Weidelgrases Vegetationsablauf in Abhängigkeit vom Nutzungsregime. 2. Mitteilung: Modellberechnungen. *Das wirtschaftseigene Futter* 35, 289-300.
- PUZIO, S. (1998) Untersuchungen zur Überwinterung und zum jahreszeitlichen Verlauf der Ertragsbildung von Weißklee in Abhängigkeit von der Witterung und der Sorteneigenschaft. Diss., Univ. Kiel.
- ROTSMANN-MEYER, (1989) Ertragsbildung im ersten Aufwuchs und Nachwuchsverhalten zweiter Aufwüchse von ökologisch differenten Praxisgrünlandbeständen nach unterschiedlicher Vornutzung unter besonderer Berücksichtigung der Qualitätsentwicklung. Diss., Univ. Kiel.
- TAUBE, F. (1993) Beziehung zwischen Stickstoffaufnahme und Ertragsbildungsprozessen bei ausgewählten Futtergräsern. Habilitationsschrift, Agrarwiss. Fakultät der Univ. Kiel.
- WACHENDORF, M. (1995) Untersuchungen zur Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Rotklee- und Rotklee gras in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz, der Stickstoffdüngung und der Grasart. Diss., Univ. Kiel.
- WILHELMI, (1993) Untersuchungen zur Ertragsbildung und zur Veränderung ausgewählter Qualitätsparameter im Zuwachsverlauf von Grünlandbeständen in Abhängigkeit von der botanischen Zusammensetzung (mit/ohne Weißklee), der Stickstoffdüngung und der Nutzungshäufigkeit Diss., Univ. Kiel.
- WULFES, (1993) Wachstumsanalytische Untersuchungen zur Dynamik der Qualitätsentwicklung von Deutschem Weidelgras und Knaulgras im Vegetationsablauf in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung und vom Standort. Diss., Univ. Kiel.
- WULFES, NYMAN, and A. KORNHER (1999) Modeling nonstructural carbohydrates in forage grasses with weather data. *Agricultural Systems* 61, 1-16.

# Überwinterung und Leistungsfähigkeit von Weißklee - Eine zusammenfassende Auswertung von Feldversuchen an Standorten in Europa

von

M. Wachendorf

Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

## Einführung und Problemstellung

Im Rahmen eines von der EU geforderten Projektes (COST 814) wurden an 12 europäischen Standorten zwischen Reykjavik (Island) und Pordenone (Italien) (Abb. 1) Versuche nach einem gemeinsamen Protokoll durchgeführt, die das Ziel hatten, über einen weiten Gradienten der geographischen Breite hinweg für zwei sehr unterschiedliche Weißkleearten (Huia, AberHerald) morphologische Determinanten im Überwinterungsverhalten des Klees sowie Effekte

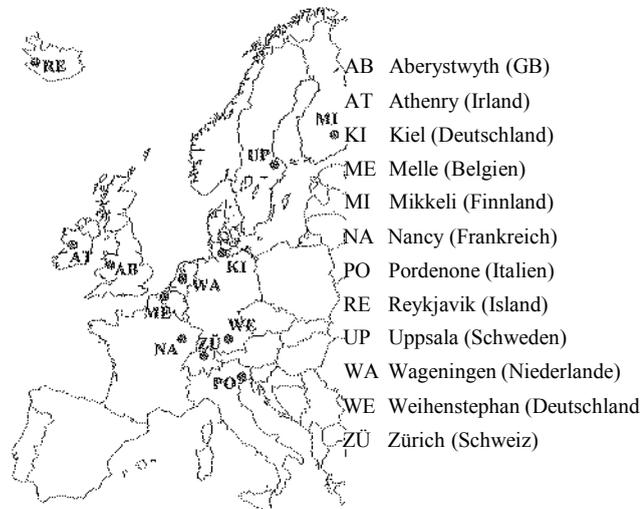


Abb. 1: COST 814-Versuchsstandorte in Europa

der Umwelt zu quantifizieren. In den mehrjährigen Feldversuchen wurden während des Winters alle relevanten morphologischen Parameter der Gemengepartner sowie Erträge und Kleeanteile der Klee/Gras-Mischungen während Vegetationsperiode erhoben. Die vorliegende Arbeit stellt einige Resultate einer Auswertung dieses komplexen Datensatzes mit Hilfe statistischer Modelle dar.

## Material und Methoden

Im Jahre 1991 entwarfen Mitglieder der COST 814 Arbeitsgruppe einen Versuchsplan (COST 814 common protocol), der die Durchführung der Feldversuche weitgehend vereinheitlichen sollte. Die Versuche wurden in den Jahren 1992 bis 1998 durchgeführt. Die Anlage der einzelnen Versuche war variabel. Für die vorgestellte Studie wurden Mischbestände mit 2 verschiedenen Weißkleearten (AberHerald, IGER, GB: winterfest und gutes Wachstum bei niedrigen Temperaturen; Huia, Grasslands Division, NS: geringe Winterhärte) und Deutschem Weidelgras (cv. Preference, in Ausnahmen auch andere) ausgewählt. In der Regel erfolgte eine geringe N-Düngung mit  $0-100 \text{ kg ha}^{-1}$ . Nur an einem Standort mit schwacher Grasetablierung wurden in einem Jahr  $300 \text{ kg N ha}^{-1}$  eingesetzt. Während im Winterhalbjahr wesentliche morphologische (Blattanzahl/-fläche, Stolonenlänge I-gewicht, Zahl und Gewicht der Wachstumsknospen und Nodienwurzeln) und chemische Parameter des Weißklee (Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten und Stärke in den Stolonen) sowie die Triebzahl des Grases erhoben wur-

den, wurden in der Vegetationsperiode die Erträge des Gesamtbestandes und der Mischungspartner gemessen. An allen Standorten wurden täglich Klimadaten erhoben. Zum Zweck einer multivariaten statistischen Auswertung der Daten wurde das Jahr in mehrere funktionale Perioden unterteilt, die sich allerdings nicht mit den Jahreszeiten decken, sondern vielmehr durch die Phänologie der Pflanzenbestände und den damit verbundenen Untersuchungsmethoden bestimmt wurden. Eine Grundannahme bei der Auswertung der Daten war, daß der Kleeanteil im 1. Aufwuchs ein zentraler Parameter für die Beschreibung der Leistungsfähigkeit des Weißkleees ist, da er zum einen den Erfolg der vorangegangenen Überwinterung und zum anderen das Leistungspotential für die folgende Vegetationsperiode reflektiert (COLLINS, 1991). Ausgehend vom Zeitpunkt des ersten Schnittes wurden rückschreitend Eigenschaften der Gemengepartner zum Zeitpunkt des Vegetationsbeginns ermittelt, welche den Kleeanteil im 1. Schnitt im Zusammenwirken den Umweltvariablen (aggregiert für diese Periode) beschreiben. In Fortführung dieser Methode bis zum Erreichen des Ausgangspunkts im Frühjahr entstand so eine Kette von witterungs-basierten Modellen, die die Dynamik der Weißkleeentwicklung aufeinanderfolgende Vegetationseinheiten beschreibt (Abb. 2). Für die statistische Analyse dieses komplexen Datensatzes war es zunächst notwendig, die zufälligen Effekte (z.B. Block innerhalb des Standortes) zu identifizieren, um die versuchsbedingte Kovarianzstruktur korrekt zu modellieren (CONNOLLY und WACHENDORF, 2000). Als fixe Faktoren dienten in den Modellen neben der Kleesorte als kategoriale Variable die Pflanzenparameter (biologische Kovariablen) und die Klimawerte (meteorologische Kovariablen). Die Verrechnung erfolgte mittels gemischter Modelle unter Anwendung des "Restricted Maximum Likelihood" Logarithmus mit der Prozedur MIXED des Programmpaketes SAS.

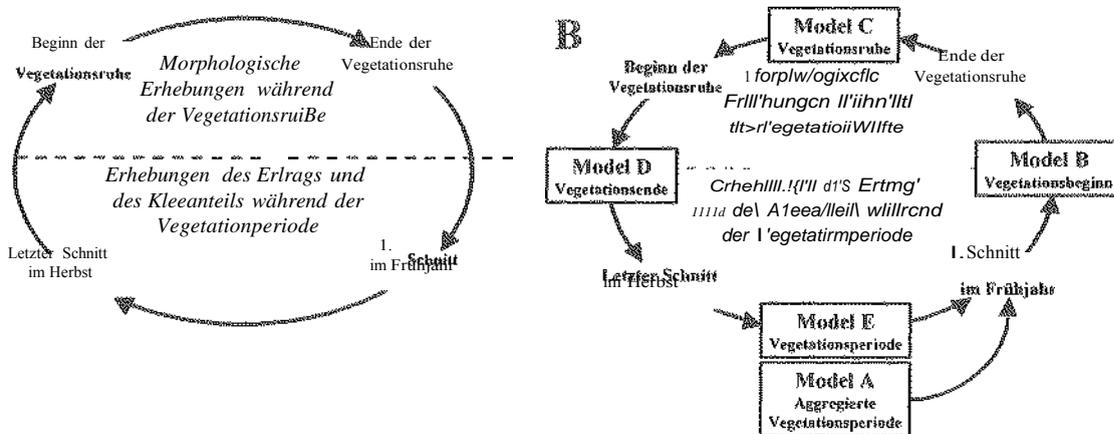


Abb. 2: Darstellung der (A) für die Modellierung getroffenen Aufteilung des Jahreszyklus des Weißkleees und der (B) Abfolge der resultierenden Modelle.

## Ergebnisse und Diskussion

Im folgenden werden 2 der insgesamt 5 Modelle ausgewählt und beschrieben. Das erste Model (Model A: Aggregierte Vegetationsperiode; s. Abb. 2B) verknüpft den durchschnittlichen Kleeanteil der Bestände mit demjenigen des 1. Schnittes im Frühjahr. Unter den verfügbaren, für den Zeitraum zwischen erstem und letztem Schnitt aggregierten, Klimavariablen üben lediglich die mittlere tägliche Niederschlagsmenge und die Temperatursumme signifikante Effekte aus (Tab. 1). Die signifikante Interaktion zwi-

sehen Kleeanteil im 1. Schnitt der Kleesorte belegt positive aber differenzierte Effekte auf durchschnittlichen jährlichen Kleeanteil. Die Differenz zwischen den beiden Kleesorten nimmt mit zunehmenden Kleeanteilen im Frühjahr ebenfalls zu (Abb. 3). Die signifikante Interaktion zwischen Kleeanteil im 1. Schnitt und dem Niederschlag gibt für zunehmende Kleeanteile im Frühjahr eine stärkere Zunahme der durchschnittlichen jährlichen Kleeanteile wieder, wenn nur geringe Niederschlagsmengen (gering: 1 mm Tag<sup>-1</sup>; hoch: 6 mm Tag<sup>-1</sup>) während der Vegetationsperiode fallen. Bestände mit Kleeanteilen im Frühjahr von über 40% weisen unter trockeneren Witterungsbedingungen höhere Jahresdurchschnittsanteile auf als unter feuchteren Bedingungen.

Tab. 1: Statistik des Modells für den durchschnittlichen jährlichen Kleeanteil (% d. TM). Die abhängige Variable wurde zur Logitskala transformiert. Kleesorte: Huia=0; AberHerald=1.

Einflußfaktor	Koeffizient	Std. Fehler	FG	t	>  t
KONSTANTE	-0.922	0.4167	33.7	1	0.0338
Sorte(C)	0.311	0.0749	121	<u>t</u>	
Kleeanteil (LISCP) (% d. TM)	0.641	0.0537	194		
Mittlere tägl. Niederschlagsmenge (PP) (mm)	-0.058	0.0974	29.2		
Temperatursumme >5°C (TS) (°C)	0.00044	0.000174	28.6	2.52	0.0175
LISCP*C	0.064	0.0320	180	2.01	0.0456
LISCP*PP	-0.070	0.0102	196	-6.86	0.0001

t-Werte von Haupteffekten sind nicht dargestellt, wenn sie in signifikanten Interaktionen enthalten sind

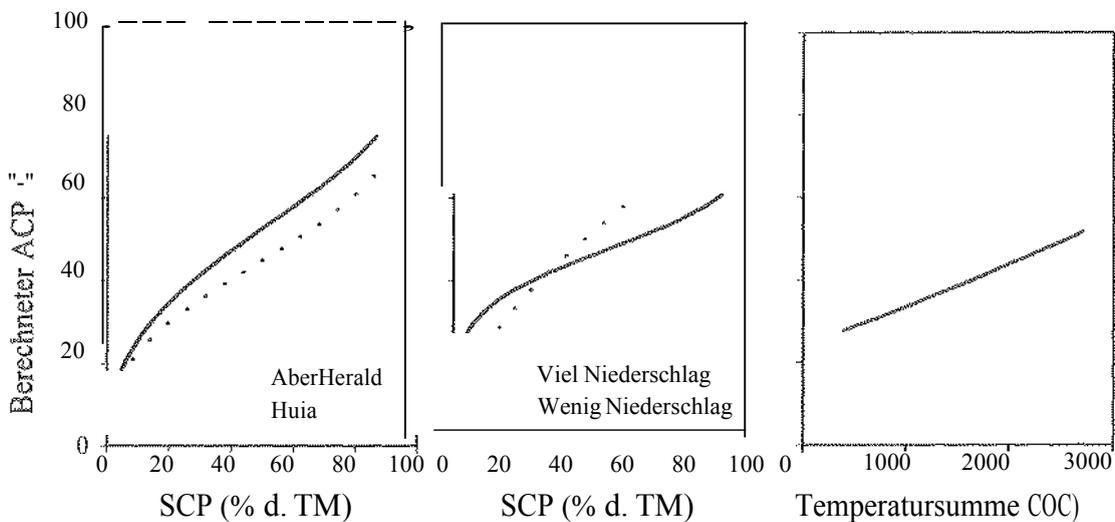


Abb. 3: Einfluß von Kleesorte, Kleeanteil im Frühjahr (SCP) (% d. TM), täglicher Niederschlagsmenge (mm) und Temperatursumme (°C) auf den durchschnittlichen jährlichen Kleeanteil (ACP) (% d. TM). Beide Klimavariablen wurden für den Zeitraum zwischen erstem und letztem Schnitt in der Vegetationsperiode aggregiert. Die Darstellungen beruhen auf Berechnungen mit dem Modell aus Tab. 1. Sämtliche in den Einzeldarstellungen nicht enthaltenen Variablen wurden konstant gesetzt.

Unter Betracht der Breite der Vertrauensintervalle beider Kurven (nicht dargestellt) sollte die umgekehrte Situation im Falle kleeärmerer Bestände (<40%) nicht überinterpretiert werden. Zusammenfassend weist diese Abbildung möglicherweise auf witterungsinduzierte Konkurrenzeffekte hin, insofern als der N-autonome Klee in geringerem

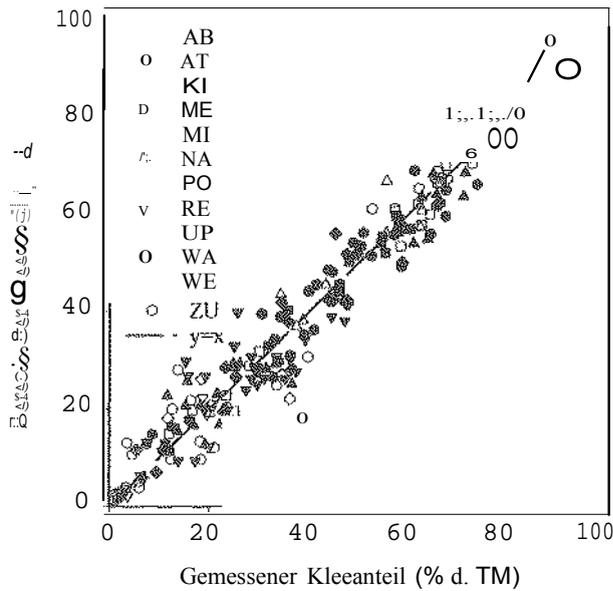


Abb.4: Beziehung zwischen gemessenem und berechnetem durchschnittlichen jährlichen Kleeanteil (% d. TM). Die Schätzwerte beruhen auf Berechnungen mit dem Modell aus Tab. 1.

für die Entwicklung des Kleeanteils im Frühjahr von Bedeutung sind. Unter den zahlreichen erhobenen morphologischen und chemischen Parametern erwiesen sich für diesen ca. 30-40 Tage dauernden Zeitraum lediglich die Kleeblattfläche und die Grastriebzahl als wichtige biologische Determinanten (Tab. 2 und Abb. 5). Die Kleesorte wirkt in Interaktion mit dem Niederschlag, der als durchschnittliche tägliche Menge für diesen Zeitraum aggregiert wurde. Die Sorte AberHerald profitiert von einer zunehmenden Niederschlagstätigkeit im zeitigen Frühjahr deutlich stärker als die Sorte Huia. Während der Sortenunterschied unter trockeneren Bedingungen gering ist, nimmt er bis auf 20% unter feuchten Bedingungen zu. Im Gegensatz zum Niederschlag, der als Mittelwert eine signifikante Wirkung ausübt, wirken sowohl die Strahlung als auch die

Tab. 2: Statistik des Modells für den Kleeanteil im 1. Schnitt (% d. TM). Die abhängige Variable wurde zur Logitskala transformiert. Die Werte der Kleeblattfläche wurden logarithmiert. Die Werte der Grastriebzahl wurden invertiert. Kleesorte: Huia=0; AberHerald=1.

Einflußfaktor	Koeffizient	Std. Fehler	FG	t	Pr> t
KONSTANTE	-4.506	3.9252	51.6	1.15	0.2563
Kleesorte (C)	-0.717	0.3019	93.8	— <sup>t</sup>	
Kleeblattfläche (LLAS) (cm <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	-0.700	0.4114	104		
Grastriebzahl (INVTNO) (m <sup>-2</sup> )	5400.598	1599.9884	101		
Temperatursumme >5°C (TS) (°C)	0.0369	0.01215	14.7		
Mittl. tägl. Niederschlagsmenge (PP) (mm)	0.539	0.4023	12.6		
Strahlungssumme (RRS) (J m <sup>-2</sup> )	-0.00039	0.000152	75.6		
PP*C	0.405	0.1550	94.7	2.62	0.0104
LLAS*RRS	0.000049	0.0000177	103	2.76	0.0069
INVTNO*TS	-23.702	8.3451	101	-2.84	0.0055

<sup>t</sup> t-Werte von Haupteffekten sind nicht dargestellt, wenn sie in signifikanten Interaktionen enthalten sind

Masse auf eine eingeschränkte Wasserversorgung reagiert als Gras, was sich dann in Form erhöhter Kleeanteile im Bestand manifestiert. Eine Zunahme der Temperatursumme von 600 auf 2600 °C in diesem Zeitraum hat eine Erhöhung des durchschnittlichen jährlichen Kleeanteils um ca. 20% zur Folge. Abb. 4 zeigt die Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Kleeanteilen. Das Modell basiert auf 207 Einzelbeobachtungen und umfasst Daten aller 12 Standorte. Im vorherigen Absatz wurde die Beziehung zwischen dem Kleeanteil im 1. Schnitt und dem durchschnittlichen jährlichen Kleeanteil dargestellt. Im folgenden soll gezeigt werden, welche Eigenschaften des Klees und des Grases zu Beginn der Vegetationsperiode

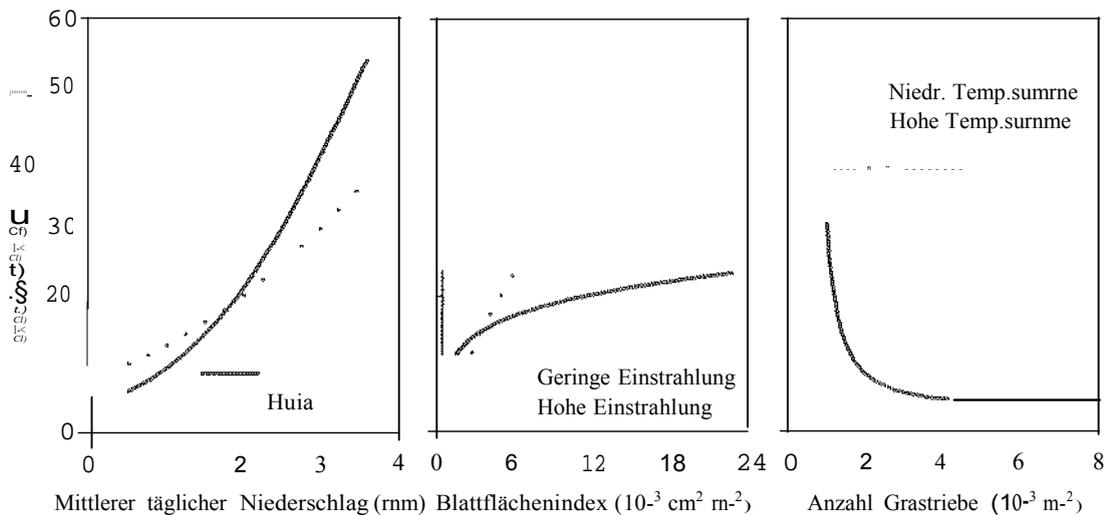


Abb. 5: Einfluß von Kleesorte (C), Kleeblattfläche (LAE) ( $10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$ ), Grastriebzahl (GTNOE) ( $10^{-3} \text{ m}^{-2}$ ), mittlerer täglicher Niederschlagsmenge (PP) (mm), Strahlungssumme (RS) ( $\text{J m}^{-2}$ ) und Temperatursumme (TS) ( $^{\circ}\text{C}$ ) auf den Kleeanteil im Frühjahr (SCP) (% d. TM). Beide Klimavariablen wurden für den Zeitraum zwischen Vegetationsbeginn und erstem Schnitt aggregiert. Die Darstellungen beruhen auf Berechnungen mit dem Modell aus Tab. 2. Sämtliche in den Einzeldarstellungen nicht enthaltenen Variablen wurden konstant gesetzt.

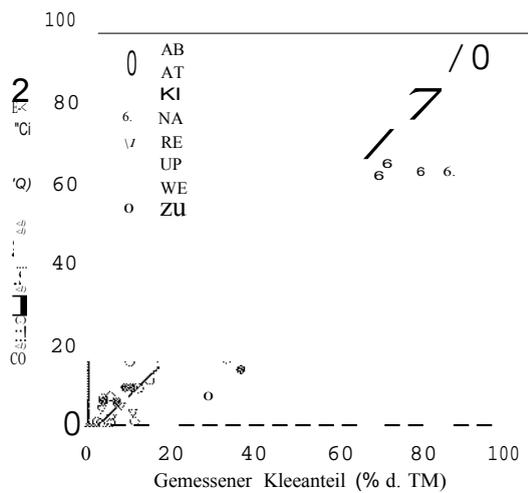


Abb. 6. Beziehung zwischen beobachtetem und berechnetem Kleeanteil im 1. Schnitt(% d. TM). Die Schätzwerte beruhen auf Berechnungen mit dem Modell aus Tab.

Nutzung. Im Gegensatz dazu verursacht eine Erhöhung der Triebzahl bei tieferen Frühjahrstemperaturen (Temperatursumme  $150^{\circ}\text{C}$ ) eine drastische Reduzierung der Kleeanteile. Abb. 6 zeigt die Beziehung zwischen gemessenen und berechneten Kleeanteilen im 1. Schnitt. Während sich im Bereich geringer ( $<20\%$  d.TM) und hoher Kleeanteile ( $>90\%$  d.TM) eine gute Übereinstimmung ergab, weisen die Werte im mittleren Bereich eine größere Streuung auf. Da von 4 Standorten keine Grastrieb-, Blattflächen-, oder Strahlungsdaten verfügbar waren, beruht dieses Modell auf Daten von insgesamt 8 Standorten.

Temperatur als Summenwerte, welche für die Frühjahrsperiode durch Akkumulation der Tageswerte ermittelt wurden. Hohe Kleeanteile werden durch eine große Kleeblattfläche induziert. Dieser Effekt ist unter günstigen Strahlungsbedingungen ( $35000 \text{ J m}^{-2}$ ) besonders stark ausgeprägt, wobei der Kleeanteil bei einer Zunahme der Blattfläche von nahe 0 bis  $24000 \text{ cm}^2 \text{ m}^{-2}$  auf das fünffache zunimmt, wohingegen es bei geringer Einstrahlung nur zu einer Verdopplung kommt. Desweiteren wird die Wirkung der Grastriebzahl durch die Temperatursumme modifiziert. Unter milden Frühjahrsbedingungen (Temperatursumme  $230^{\circ}\text{C}$ ) zeigt eine von unter 1000 auf 8000 Triebe  $\text{m}^{-2}$  zunehmende Triebzahl kaum eine Wirkung auf den Kleeanteil zur ersten

## Schlußfolgerungen

Die Studie belegt die Bedeutung der Pflanzenzüchtung für die Verbesserung der Überwinterungseigenschaften des Weißkleees. Wenngleich in den zugrundeliegenden Meßwerten systematische Sorteneffekte nicht erkenntlich waren, manifestiert sich in dem vorgestellten Modellzyklus die Überlegenheit der Sorte AberHerald über die Sorte Huia sowohl hinsichtlich des Überwinterungsvermögens als auch bezüglich der Ertragsanteile.

- Der Weißkleeanteil im 1. Schnitt der Vegetationsperiode hatte eine hohe Erklärungskraft für den durchschnittlichen jährlichen Kleeanteil

Die Kleeblattfläche und die Grastriebzahl zu Vegetationsbeginn hatten einen entscheidenden Einfluß auf den Weißkleeanteil im 1. Schnitt der Vegetationsperiode.

- Die für die einzelnen Perioden aggregierten Klimavariablen erklärten sowohl Standort- als auch Jahreseffekte in den Modellen. Die Unterteilung des Jahreszyklus in funktionale Perioden, deren rückschreitende Modellierung sowie die Visualisierung signifikanter Effekte und deren Interaktionen haben sich als hilfreiche Methoden erwiesen, komplexe Datensätze statistisch zu erfassen und dadurch verständlicher zu machen.

Mit insgesamt 4 Teilmodellen entstand ein Zyklus von witterungsbasierten Modellen, die die Dynamik der Weißkleeentwicklung für aufeinanderfolgende Vegetationseinheiten beschreiben.

## Literatur

- COLLINS, GLENDINING, M. J. AND RHODES, I., 1991: The relationships between stolon characteristics, winter survival and annual yields in white clover (*Trifolium repens* L.). *Grassland Forage Science* 46: 51-61.
- J. CONNOLLY and M. WACHENDORF, 2000: Combining data on clover overwintering across 12 sites. A time-based modeling strategy. *Proceedings of the COST 814 Final Conference in Pordenone, Italy, May 2000*, (im Druck). WACHENDORF, M., R.P. COLLINS, J. CONNOLLY, A. ELGERSMA, M. FOTHERGILL, E. FRANKOW-LINDBERG, A. GHESQUIERE, A. GUCKERT, P. GUINCHARD, A. HELGADOTTIR, A. LÜSCHER, T. NOLAN, P. NYKÄNEN-KURKI, J. NÖSBERGER, G. PARENTE, S. PUZIO, I. RHODES, C. ROBIN, A. RYAN, B. STÄHELI, S. STOFFEL, F. TAUBE, 2000: A Model Approach to White Clover Summer Dynamics at Twelve European Sites. *Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation, Aalborg, Denmark*, 137-139.

## Danksagung

Der Autor bedankt sich für die Überlassung des Datenmaterials und für die Unterstützung während der Auswertung bei den Mitarbeitern der COST 814 Arbeitsgruppe "Overwintering and Spring Growth of White Clover": Collins, J. Connolly, A. Elgersma, M. Fothergill, E. Frankow-Lindberg, A. Ghesquiere, A. Guckert, M. Guinchard, A. Helgadottir, A. Lüscher, T. Nolan, P. Nykänen-Kurki, J. Nösberger, G. Parente, S. Puzio, I. Rhodes, C. Robin, A. Ryan, B. Stäheli, S. Stoffel und Taube.

# Einfluß variiertes Schnittnutzung von Dauergrünland auf Etablierung, botanische Entwicklung und Ertragsleistung nach Wildpflanzen-Einsaat

Martina Hofmann und Johannes Issestein

## 1 Einleit1UD2

Für eine geplante Erhöhung der botanischen Diversität auf artenarmen Wirtschaftsgrünland ist die Rücknahme der Bewirtschaftungsintensität als alleinige Maßnahme häufig unzureichend (BAKKER et al. 1980). Als Ursachen für die ausbleibende Wiederansiedlung verlorengangener Graslandarten werden neben dem Fehlen einer artenreichen Kontaktvegetation (BULLOCK et al. 1994) bzw. eines entsprechenden Samenvorrats im Boden (BAKKER & BERENDSE 1999) ein Mangel an 'Regenerationsnischen' (GRUBB 1977) gesehen. Diasporenkeimung und Keimlingsetablierung von Graslandarten in bestehenden Grasnarben sind in hohem Maße von der Struktur und dem Konkurrenzvermögen der vorhandenen Vegetation abhängig. Lückige und konkurrenzschwache Grasnarben begünstigen im allgemeinen den Etablierungserfolg (SILVERTOWN & SMITH 1988, HOPKINS et al. 1999). In der vorzustellenden Untersuchung wird geprüft, ob die Narbenstruktur durch eine angepaßte Schnittnutzung und eine stärkere Störung so variiert werden kann, dass die Etablierungschancen eingebrachter Diasporen erhöht werden. Neben Abundanz der eingebrachten Arten wird die botanische Entwicklung Ertragsleistung Bestände über drei Jahre erhoben.

## 2 Material und Methoden

Die Versuchsfläche befindet sich in der Leineau acht km nördlich von Göttingen, 150 m über Jahresdurchschnittstemperatur beträgt langjährigen Mittel 8.7 °C, der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt bei 635 mm. Die vorherrschende ist toniger Lehm, Bodentyp Auenboden. Die im Oberboden betragen bzw. 8.1 mg je 100 g Boden. der Fläche handelt es sich um altes Dauergrünland, dass bisher als Heuwiese genutzt wurde.

1998 wurde ein mehrfaktorieller Versuch entsprechend den in Tabelle 1 aufgeführten Faktoren eingerichtet; seit Versuchsbeginn werden die Bestände nicht mehr gedüngt.

Tabelle 1: Varianten des Feldversuches

Faktoren		Stufen	
1	Schnittintervall vor§	1.1	1 Woche
		1.2	3 Wochen
		1.3	9 Wochen
2	Schnittintervall §	2.1	1 Woche
		2.2	3 Wochen
		2.3	9 Wochen
3	'Störung der Grasnarbe	3.1	keine Störung
		3.2	eggen
		3.2	Narbe entfernen

Spaltanlage mit vier Wiederholungen

Tabelle 2: Ausgesäte Arten

Pflanzenarten	Abkürzung
<i>Centaurea jacea</i>	
<i>Daucus carota</i>	
<i>Leontodon autumnalis</i>	
<i>Lotus corniculatus</i>	
<i>Plantago lanceolata</i>	
<i>Salvia pratensis</i>	SAPR
<i>Tragapogon pratensis</i>	TRAPR
<i>Trifolium pratense</i>	TRIPR

§ Schnittintervall vor / nach Ausbringen eines Diasporengemisches

Die differenzierte Schnittnutzung erfolgte von April 1998 bis Ende 1999. Ab 2000 werden alle Varianten einheitlich zweischnittig bewirtschaftet. Im Frühsommer 1998 wurde ein Diasporengemisch (Tabelle 2) mit einer Dichte von 200 nachgereiften Diasporen (Erntejahr 1997, Ökotypen von nahegelegenen Dauergrünlandflächen) je Art und m<sup>2</sup> breitwürfig über der Hälfte der Fläche jeder Versuchsparzelle (12m<sup>2</sup>), ausgesät. Unmittelbar vor Übersaat der Diasporen wurde in zwei Teilbereichen (je 0.5 m \* 0.5 m) die Narbendichte entweder durch Eggen vermindert oder vollständig entfernt. Folgende Merkmale wurden nachfolgend erfaßt: Keimlingsaufkommen und Überlebensrate der markierten Keimlinge, Ertragsanteile der ausgesäten Arten durch Sortieren von Teilproben des Erntegutes sowie Ertragsleistung, Narbenstruktur und Entwicklung der Bestandszusammensetzung.

### 3 Ergebnisse und Diskussi

Tabelle 3 zeigt den Jahresertrag, die Triebdichte und den Anteil offener Boden (=Narbenlückigkeit) exemplarisch für die drei durchgehend mit einer einheitlichen Schnittfrequenz bewirtschafteten Varianten im ersten Versuchsjahr, in die Wildpflanzen übergesät wurden. Die Triebdichte differenziert sich rasch und ist unmittelbar vor Übersaat der Diasporen Ende Mai 1998 in den wöchentlich geschnittenen Varianten doppelt so hoch wie in den selten geschnittenen Varianten; entsprechend ist auch die Narbenlückigkeit in den häufig geschnittenen Grasnarben wesentlich geringer als bei seltener Nutzung. Zusätzliche 'Störung' durch Eggen der Grasnarbe erhöht den Anteil offenen Bodens in allen Varianten deutlich.

Tabelle 3: Gesamtjahresertrag und Narbendichte unmittelbar vor Ausbringen des Sporengemisches (Mai 1998), ± sem

	(t/ha)	Grastriebe m <sup>2</sup> (* 1000)	Lückigkeit (%)	Lückigkeit (%)
Schnittintervall	keine Störung	keine Störung	keine Störung	eggen
1 Woche	4.1 ± 0.22	11.8 ± 1.05	14 ± 5.5	69 ± 1.3
3 Wochen	6.0 ± 0.33	9.2 ± 0.51	18 ± 1.3	74 ± 2.5
9Wochen	9.6 ± 0.48	6.4 ± 1.20	33 ± 3.1	79 ± 4.3

Ein Großteil der ausgesäten Arten läuft in den ersten sechs Wochen nach Übersaat der Diasporen auf. Lediglich bei PLLA sind auch nach dem folgenden Winter noch vereinzelt neue Keimlinge zu finden. Tabelle 4 zeigt den kumulierten Aufgang ein Jahr nach Übersaat. Dargestellt sind nur die Haupteffekte, da keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Schnittnutzung und Störung der Narbe auftraten. Die höchsten Keimlingszahlen werden bei LEAU und SAPR mit bis zu 30% in einigen Varianten gefunden, bei **TRIPR** dagegen ist der Aufgang in allen Varianten stets unter 10 %. Entsprechend der differenzierten Narbenstruktur variiert das Keimlingsaufkommen in den geprüften Varianten deutlich. Von größter Bedeutung für den Aufgang ist die Störung der Narbe, wogegen die Schnittnutzung nach Ausbringen der Diasporen nur bei einigen Arten einen Einfluß hat und die Schnittnutzung vor Ausbringen der Diasporen lediglich bei PLLA bedeutsam ist. Das Aufgangsverhalten der geprüften Arten läßt in Bezug auf die Intensität der Störung und der Schnittnutzung drei Reaktionsmuster erkennen: mit zunehmendem Aufgang bei abnehmender Narbenkonkurrenz reagiert LEAU und zeigt erst bei vollständiger Konkurrenzfreiheit maximale Keimlingszahlen. Offenbar sind die an unbewach-

senen Stellen ausgeprägten Licht- und Temperaturbedingungen notwendig, um den besonderen Keimungsansprüchen dieser Art zu genügen; in begleitenden Keimungsversuchen zeigte LEAU die größte Reaktionsfähigkeit in Bezug auf das Lichtangebot. TRIPR läuft als einzige Art weitgehend unabhängig von der Narbenstruktur auf; dies entspricht Beobachtungen in Laborversuchen mit geringer Bedeutung von variierten Licht- und Temperaturbedingungen auf die Keimung. Bei *CEJA* und den übrigen Arten ist für ein maximales Keimlingsaufkommen offenbar ausreichend, wenn die Narbenkonkurrenz durch Eggen vermindert wird; vollständige Konkurrenzfreiheit fördert den Aufgang nicht weiter.

Tabelle 4: Aufgang (in% Diasporen) ein Jahr nach Ausstreuen der Diasporen (Faktorstufen-Mittelwerte)

Variante \ Pflanzenart		CEJA	DACA	LEAU	LOCO	PLLA	SAPR	TRAPR	TRIPR
Vor §	1 Woche	14	9	28	12	12	21	14	6
	3 Wochen	12	9	22	13	15	22	17	6
	9 Wochen	16	10	28	15	16	24	17	7
Nach§	1 Woche	13	9	29	10	15	20	17	5
	3 Wochen	15	10	27	15	18	22	20	7
	9 Wochen	14	9	21	15	10	24	11	8
'Störung' der Narbe	keine Störung	12	7	15	10	5	13	10	7
	eggen	16	12	27	16	20	28	18	7
	Narbe entfernen	14	9	33	15	18	26	20	7
ANOVA, Signifikanz der F-Werte #									
Vor		ns	ns	Ns	ns	**	ns	ns	ns
Nach		ns	ns	*	*	***	ns	**	ns
Störung		**	**	***	**	***	***	***	ns

§ Schnittintervall vor / nach Ausbringen eines Diasporengemisches

# ns, nicht signifikant; \* p < 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\*p < 0.001

Tabelle 5 zeigt die Überlebensraten ein Jahr nach Übersaat. Die Schnittnutzung nach Ausbringen der Diasporen ist der bedeutendste Faktor für das Überleben der aufgelaufenen Keimlinge. Verglichen mit einem Nutzungsintervall von *CEJA* bzw. drei Wochen ist die Mortalität in den neunwöchentlichen Varianten wesentlich erhöht. Besonders hohe Keimlingsverluste unter der zunehmenden Beschattung *TRIPR* der hochwachsenden Grasnarbe zeigen LEAU, LOCO und *TRAPR*. Offenbar vermögen diese Arten nicht oder nur unzureichend bei Konkurrenz im Sproßbereich morphoplastisch zu 'reagieren' und in günstigere Lichtbereiche zu gelangen. Eine vergleichsweise geringe Reaktionsfähigkeit auf zunehmende Beschattung konnte für Keimlinge dieser Arten in Versuchen unter weitgehend *TRIPR* Konkurrenzbedingungen beobachtet werden (HOFMANN & ISSELSTEIN 2000). Demnach ist vor allem in der frühen Phase der Keimlingsentwicklung eine intensive Nutzung der anstehenden Vegetation von entscheidender Bedeutung, um die Konkurrenz der Altnarbe zu brechen, die Beschattung der Keimlinge zu vermindern und somit einen hohen Etablierungserfolg zu sichern (JONES & HAYES 1999). Dies gilt auch für typische Arten der Wiesenvegetation, die als adulte Pflanzen als ausgesprochen nutzungsempfindlich gelten. Ein Jahr nach Übersaat der Diasporen ist die Etablierungsrate im Mittel über die geprüften Arten in den nach Übersaat häufig geschnittenen Grasnarben mit 9 % bezogen auf die ausgebrachte Samenzahl funffach höher verglichen mit den nach Übersaat selten geschnittenen Grasnarben.

Tabelle 5: Überlebensrate (in % Keimlinge) ein Jahr nach Ausstreuen der Diasporen (Faktorstufen-Mittelwerte)

Variante \ Pflanzenart									TRIPR
Vor	1 Woche	70	61	63	50	61	62	56	45
	3 Wochen	64	59	55	46	79	61	55	44
	9 Wochen	75	57	68	52	68	61	47	42
Nach	1 Woche	79	66	81	71	87	68	56	64
	3 Wochen	79	72	73	59	81	78	64	58
	9 Wochen	51	38	32	19	41	39	36	10
'Störung' der Narbe	keine Störung	64				69	49	59	47
	eggen	66				62	53	52	39
	Narbe entfernen	80	68	76	52	78	85	46	46

	ANOVA, Signifikanz der F-Wert								
Vor	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
Nach	***	**	***	***	***	***	*	***	***
Störung	*	*	***	ns	*	***	ns	ns	ns

Infolge der zweijährig differenzierten Schnittnutzung in Kombination mit der erfolgreichen Etablierung übergesäter Arten verändert sich die botanische Zusammensetzung der Grasbestände deutlich. Abbildung 1 zeigt die Anteile von einzelnen Arten und Artengruppen im ersten Versuchsjahr drei Monate nach Beginn der differenzierten Nutzung und für das dritte Jahr, in dem alle Bestände wieder einheitlich als Zwei-Schnitt-Wiese bewirtschaftet werden.

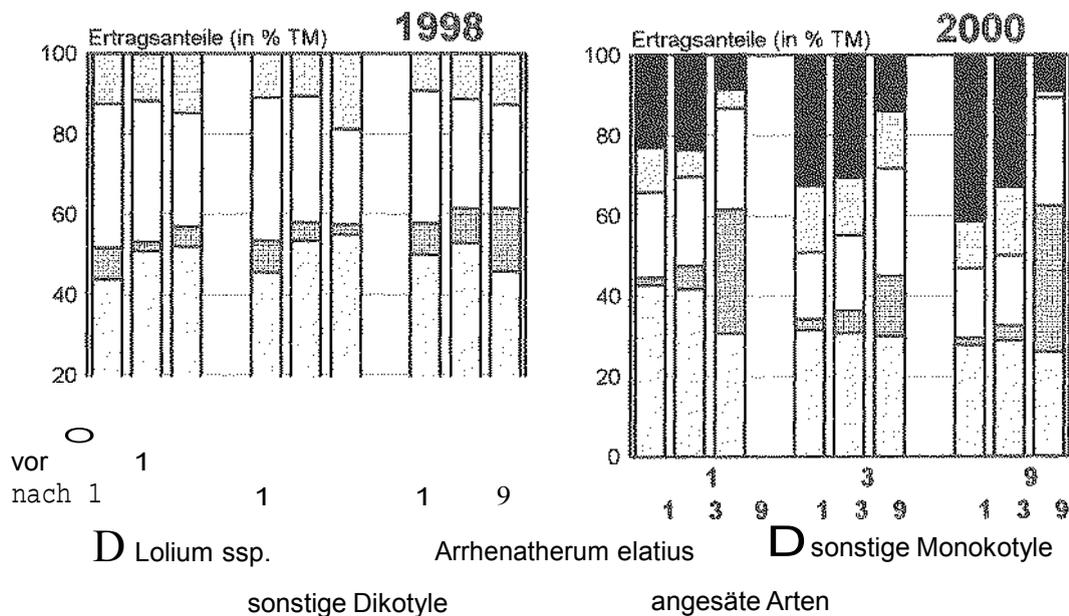


Abbildung 1: Einfluß der 1998/99 differenzierten Schnittnutzung auf die Entwicklung der Massenanteile ausgewählter Arten bzw. Artengruppen im Frühjahrsaufwuchs

Im Ausgangsbestand nehmen Gräser einen Anteil von 80 bis 90% ein, wobei als Hauptbestandbildner *Lolium ssp.*, *Alopecurus pratensis* und *Poa pratensis* vorherrschen. Der Biomasse-Anteil der Zweikeimblättrigen wird fast vollständig von *Taraxacum officinale* gebildet; weitere dikotyle Arten sind nur vereinzelt und in geringen Anteilen zu finden. Unabhängig von der Etablierung der eingebrachten Arten kommt es in Folge des Nutzungsregimes zu einer deutlichen Verschiebung der Artenanteile. Erwartungsgemäß bleibt der *Lolium perenne*-Anteil in den durchgehend häufig genutzten Narben vergleichsweise hoch, während er in den selten geschnittenen Varianten deutlich zugunsten

Obergräser- hier vor allem *Arrhenatherum elatius*- abnimmt. den vor Übersaat der Diasporen selten und nachfolgend häufig geschnittenen Grasnarben ist nicht nur der zahlenmäßige, sondern auch mengenmäßige Etablierungserfolg am höchsten. zum Zeitpunkt der Übersaat recht lückigen Narben (vgl. Tabelle 3) ermöglichen in Kombination mit günstigen Lichtangebot eine optimale Entwicklung der eingebrachten Arten, wodurch der relative Anteil der Hauptbestandbildner vermindert wird.

Im dritten Jahr werden die - bei nunmehr einheitlicher Schnittnutzung in allen Varianten getrennt nach angesäten und nicht angesäten beerntet. Tabelle 6 zeigt Gesamtertrag und die Ertragsanteile der zwei Jahre zuvor übergesäten Arten, wobei zur Erfassung einzelner das Erntegut in zerlegt wurde. Ertragsleistung variiert zwischen 2.6 und 3.4 t ha und ist in üoerge ;att:m Narben geringfügig höher als in den nicht übergesäten den Gesamtertrag der übergesäten Narben ist der Einfluß der Schnittnutzung 'vor' gesichert, mit niedrigsten in den vorher dreiwöchentlichen Rhythmus geschnittenen Beständen. Erklärung hierfür könnte sein, dass sich in den vorher häufiger geschnittenen Beständen der *perenne*-Anteil ertragwirksam ausgedehnt wogegen in den vorher seltener geschnittenen Narben die Etablierung und vor allem die Entwicklung der angesäten Arten nun wesentlich zum Ertrag beitragen.

Tabelle 6: (in t TM/ha) und Biomasse-Anteil eingebrachter t) (in% TM) im 1. Schnitt (22. Mai), zwei Jahre nach Ausstreuen der Diasporen

Vornutzung		TMt/ha	TMt/ha	CEJA	DACA	LEAU	LOCO	PLLA	TRAPR	TRIPR
Vor	Nach	ohne <sup>2)</sup>	mit <sup>2)</sup>							
1	1	2.6	3.1	7.3	2.1	4.4	0.5	4.3	2.9	6.6
1	3	3.1	3.3	4.7	2.9	3.1	0.1	5.1	3.5	2.2
1	9	3.0	3.4	0.6	1.1	0.4	0.1	2.3	3.2	0.6
3	1	2.8	2.8	5.1	1.9	6.8	0.2	10.6	2.9	6.7
3	3	3.0	3.0	3.4	3.7	3.9	0.7	8.9	6.7	7.4
3	9	3.1	2.8	0.4	6.5	0.6	0.4	3.0	7.5	1.4
9	1	2.9	3.5	9.9	1.7	4.6	2.2	8.3		12.0
9	3	2.5	3.3	4.1	4.3	4.4	0.7	6.0	6.8	9.1
9	9	3.4	3.3	2.0	3.8	0.4	0.1	2.4	6.1	2.3
ANOVA, Signifikanz der F-Werte #										
Vor		ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
Nach		ns	ns	***	ns	***	**	**	*	**
Vor* Nach		ns	ns	ns	ns		**	***	ns	ns

1) aufgrund Mangel an Saatgut wurde SAPR nur in Zählfenstern, nicht aber breitflächig ausgesät

2) ohne=Bestände ohne Ausstreuen von Diasporen, mit=Grasbestände mit Ausstreuen von Diasporen

Während der Etablierungserfolg gemessen an der Pflanzenzahl bei LEAU und CEJA am höchsten und bei am niedrigsten ist, werden die höchsten Massenanteile im ersten Aufwuchs des dritten Jahres bei TRIPR mit über 12% ermittelt und sind bei LEAU vergleichsweise niedrig. Die in den Vorjahren differenzierte Schnittnutzung wirkt sich mit Ausnahme von DACA bei allen Arten signifikant auf die Ertragsanteile aus. Während die Schnittnutzung vor Übersaat erwartungsgemäß nur von geringer Bedeutung ist, beeinflusst die Schnitthäufigkeit nach Auflaufen der Keimlinge deutlich die Massenanteile. Die Mehrzahl der geprüften Arten bildet höchste Ertragsanteile in den nach Übersaat häufig geschnittenen Narben; nur TRAPR reagiert deutlich nutzungsempfindlich und bildet bei häufigem Schnitt nur geringe Biomasse. Offenbar wird bereits die frühe Entwicklungsphase dieser *Arrhenatherion*-Charakterart durch häufige Nutzung beeinträchtigt, wenn auch dieses Nutzungsregime das Überleben der Keimlinge begünstigt.

#### 4 Eu:santm4 nt`lss;Jn2 und Ausblick

Aus den vorliegenden Ergebnissen kann geschlossen werden, dass auch vergleichsweise produktive Grasbestände bereits in relativ kurzer Zeit erfolgreich diversifiziert werden können. Voraussetzung für das Gelingen ist, dass neben dem Einbringen von standortangepasstem Saatgut vor allem die Konkurrenz der bestehenden Grasnarbe stark vermindert wird. Dies kann durch gezielte 'Störung' Narbenstruktur hier Eggen vor Übersaat kombiniert mit sehr häufiger Schnittnutzung in der ersten nach Auflaufen der Keimlinge - erfüllt werden. Bereits zwei Jahre nach Einbringen der Diasporen können Ertragsanteile von 30 % in den diversifizierten Beständen erreicht werden. Es bleibt zu prüfen, in welchem Maße die erfolgreich etablierten Arten langfristig im Bestand ausdauern und welches Nutzungsregime neben einer futterbaulichen Verwertung des Aufwuchses auch die generative Entwicklung der Zielarten zulässt.

#### Literatur

- BAKKER, J.P., DEKKER, M., DEVRIES, Y., 1980: The effect of different management practices on a grassland community and the resulting fate of seedlings. *Acta Botanica Neerlandica* 29, 469-482.
- BAKKER, J.P., BERENDSE, F., 1999: Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends in Ecology and Evolution* 14, 63-68.
- BULLOCK, J.M., CLEARHILL, B., DALE, M.P., SILVERTOWN, J., 1994: A experimental study of vegetation change due to sheep grazing in a species-poor grassland and the role of seedling recruitment into gaps. *Journal of Applied Ecology* 31, 493-507.
- GRUBB, P.J., 1977: The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Review* 52, 107-145.
- SILVERTOWN, J., SMITH, B., 1988: Gaps in the canopy: the missing dimension in vegetation dynamics. *Vegetatio* 77, 57-60.
- HOPKINS, A., PYWELL, R.E., PEEL, S., JOHNSON, R.H., BOWLING, P.J., 1999: Enhancement of botanical diversity of permanent grassland and impact on hay production in Environmentally Sensitive Areas in the UK. *Grassland Forage Science* 163-173.
- HOFMANN, M., ISSELSTEIN, J., 2000: Keimlingsentwicklung verschiedener Graslandarten unter abgestufter Konkurrenz in simulierten *Lolium perenne*-Narben. 44. Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau, Kiel (in diesem Band).
- JONES, A.T., HAYES, M.J., 1999: Increasing floristic diversity in grassland: the effect of management regime and provenance on species introduction. *Biological Conservation* 87, 381-390.

#### Danksagung

Wir danken Barbara Hohlmann, Anke Busch, den Mitarbeitern des Institutes und zahlreichen hier nicht genannten Helfern für ihre - auch bei Regen oder brütender Sonne - stets gewissenhafte Datenerhebung.

#### Anschrift der Verfasser

M. Hofmann / J. Isselstein, Universität Göttingen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, email: mhofman4@ / jissels@gwdg.de

# Vergleich von Luzerne und Weißklee als Mischungspartner in Grünlandansaaten

von

Ulrich Thumm

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland

## 1. Einleitung, Fragestellung

Sowohl über Luzerne als auch Weißklee sind in den letzten Jahren an verschiedenen Stellen sowohl zu futterbaulichen als auch physiologischen Fragestellungen eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt worden (z.B. MOSIMANN *et al.* 1998, MILIMONKA und RICHTER 1997, SCHUBIGER *et al.* 1997, LEX und SIMON 1993).

Das hier vorgestellte Versuchsvorhaben entwickelte sich aus einer vorangegangenen Untersuchung zur Etablierung von Grünlandbeständen ohne Düngung in dem nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus geführten Versuchsbetrieb Kleinhohenheim der Universität Hohenheim. Hier hatten sich in einem Großparzellenversuch stark durch Leguminosen dominierte Bestände entwickelt, die Gräser wurden zunächst weitgehend zurückgedrängt. Daher sollte in einem Exaktversuch unter vergleichbaren Standortbedingungen der Einfluss von Nutzungshäufigkeit und N-Versorgung auf Bestandesetablierung sowie Aufwuchsmenge und -qualität von mittel- und großblättrigen Weißkleearten untersucht werden. Luzerne wurde miteinbezogen, da die heute zur Verfügung stehenden Weidetypen auch bei höherer Nutzungsintensität eine ausreichende Nutzungsdauer erwarten lassen und insbesondere in ökologischen Betrieben auf geeigneten Standorten auch bei Wechselgrünland bzw. mehrjährigem Feldfutterbau Verwendung finden können. Aus tierernährerischer Sicht kann der langsame Abbau von Luzerne im Wiederkäuermagen vorteilhaft sein. PEYRAUD (1995) berichtet über höhere Milchleistungen bei einer Einbeziehung von Luzerne in die Ration von Hochleistungskühen.

## 2. Material und Methoden

Am Standort Hohenheim (400 m ü. mittlere Jahrestemperatur, 687 mm Niederschlag /Jahr, tiefgründige Pseudogley-Parabraunerde) wurde im Sommer 1996 nach Grünlandumbruch einheitliche Grasgrundmischung, die aufgrund der Vielfalt ihrer Zusammensetzung geplanten Nutzungs- und Nutzungsmaßnahmen anpassungsfähigen sollte, angesät (Tab. 2). Durch drei verschiedene Leguminosenbeimischungen und Kontrollvariante wird die Saatmischung variiert. Jungbestand ab Folgejahr Düngungs- und Nutzungsintensität unterworfen (Tab. 1)

Vor dem 1. Schnitt der 4-Nutzungsvariante erfolgte in allen Versuchspartzen eine Bonitur nach Methode KLAPP-STÄHLIN. Die Inhaltsstoffgehalte den Aufwüchsen wurden mit dem NIRS-Verfahren geschätzt. Referenzanalytik erfolgte den üblichen VDLUFA-Methoden, Bestimmung des Energiegehaltes nach dem Futterwerttest

Tabelle 1: Versuchsaufbau

Versuchsanlage:	3-faktorielle Spaltanlage	
Wiederholungen:	4	
Parzellengröße:	30m <sup>2</sup>	
Varianten:	I. Nutzungshäufigkeit	S3 = 3 Nutzungen/Jahr* S4 = 4 Nutzungen/Jahr
	II. N-Düngung:	NO=O N1 = 30 kgN/ha je Aufwuchs** N2 = 60 kg N/ha je Aufwuchs**
	III. Leguminosenzusatz:	LO = ohne L1 = 2 kg/ha <i>Trifolium repens</i> , Milkanova L2 = 2 kg/ha <i>Trifolium repens</i> , Gigant L3 = 10 kg/ha <i>Medicago sativa</i> , Luzelle

\* 1. HauptnutzungsJahr 2 Nutzungen/Jahr

\*\* N-Düngung (kg/ha-Jahr): bei 3 Nutzungen NI= 90, N2 = 180, bei 4 Nutzungen NI= 120, N2 = 240

Tabelle 2: Zusammensetzung der Grasgrundmischung (kg/ha)

<i>Alopecurus pratensis</i>	1,0
<i>Arrhenatherum elatius</i>	0,5
<i>Dactylis glomerata</i>	1,0
<i>Festuca pratensis</i>	12,0
<i>Festuca rubra</i>	5,0
<i>Lolium multiflorum</i> *	1,0
<i>Poa pratensis</i>	5,0
<i>Phleum pratense</i>	3,0
<i>Trisetum flavescens</i>	0,5
Summe	29,0

\*geplant war *Lolium perenne*, aufgrund einer Saatgutfehllieferung wurde versehentlich *Lolium multiflorum* angesät.

### 3. Ergebnisse

In Tab. 3 ist die Entwicklung der Pflanzenbestände dargestellt. Im 1. Hauptnutzungsjahr werden in den Varianten mit Leguminosenansaat (L1, L2, L3) unabhängig von Art, Sorte und Nutzungsintensität Leguminosenanteile zwischen 41 und 45% erreicht. Bei Verzicht auf Leguminosen in der Saatmischung (LO) ist 4 bzw. 6% Weißklee spontan aufgetreten. Wie aufgrund der Saatmischungszusammensetzung zu erwarten war, traten als Hauptbestandbildner die Grasarten *Festuca pratensis* und *Phleum pratense* auf. Im 2. Hauptnutzungsjahr ergab sich eine gravierende Bestandesumschichtung, der angesäte Weißklee (L1, L2) nahm rasch ab, die Weißkleeanteile lagen sogar niedriger als in LO. Die Grasanteile stiegen in diesen Varianten entsprechend an und lagen über 90%. Dagegen konnte die Luzerne (L3) ihren Anteil bei 4-Schnittnutzung auf fast 70% steigern. In den Folgejahren sank der mittlere Luzerneanteil dann langsam ab und lag im 4. Jahr noch bei 48% (4 Nutzungen) bzw. bei 15% (3 Nutzungen). Bei 3 Nutzungen war im 4. Jahr in einigen Parzellen schon ein Totalausfall der Luzerne zu beobachten. Unter der Konkurrenz von Luzerne konnte sich von den angesäten Gräsern ausschließlich *Lolium*

*multiflorum* behaupten und seine Anteile mit dem Rückzug der Luzerne entsprechend ausdehnen. In den Varianten LO, LI, spielt *Lolium multiflorum* keine Rolle. Hier treten mit etwa ähnlichen Anteilen die Arten *Alopecurus pratensis*, *Phleum pratense* und *Trisetum flavescens* auf und *Arrhenatherum elatius*, *Festuca pratensis* sowie *Poa pratensis* als Begleiter.

Tabelle 3: Zusammensetzung der Pflanzenbestände (Ertragsanteile der Artengruppen Gräser, Leguminosen in%, Mittel der N-Stufen)

Variante		1. Jahr (1997)			2. Jahr (1998)			3. Jahr (1999)			4. Jahr (2000)		
		Gr.	Kr.	Leg.									
3 Nutzungen	L0	86	8	6	87	4	9	77	2	21	80	9	11
	L1	57	2	41	94	1	5	93	2	5	87	5	8
	L2	55	2	43	98	1	1	94	2	4	88	6	6
	L3	56	2		44	+	56	70	+	30	85	+	15
4 Nutzungen	L0	89	7	4	89	3	8	77	3	20	76	6	18
	L1	54	3	43	91	3	6	83	2	15	84	5	11
	L2	55	3	42	94	2	4	86	2	12	81	6	13
	L3	53	2		31	+	69	48	1	51	48	4	48

Bei 3 Nutzungen/Jahr wird der TM-Ertrag (Tab. 4) in den Varianten LO, L1, L2 im wesentlich von der N-Düngung beeinflusst. Nur durch Luzerneinsaat (L3) ist ein deutlicher und in NO und NI signifikanter Mehrertrag erzielbar. Ein Einfluss der N-Düngung ist dabei nicht mehr erkennbar. Eine ähnliche Reaktion der Erträge ist auch bei 4 Nutzungen/Jahr zu beobachten. Auch hier treten keine Unterschiede bei LO, L1, L2 auf, was aufgrund des schnellen Rückgangs der Weißkleeanteile allerdings auch nicht erwartet werden konnte. Die Luzernevariante (L3) weist dagegen Mehrerträge zwischen ca. 35 (N3) und 60 dt TM/ha (N1) auf. Unerwartet niedrig lagen die Rohproteingehalte (XP) selbst bei 4-maliger Nutzung mit maximal 19% in der Variante L4. Entsprechend hoch liegen die Rohfasergehalte (XP) mit 31-34% (3 Nutzungen/Jahr) bzw. 26-28% (4 Nutzungen/Jahr). Somit bleiben auch die Energiegehalte (NEL) mit maximal 5,8 MJ/kg TM bei 4-Schnittnutzung niedrig. Eine höhere Nutzungsintensität wäre aus Futterwertgesichtspunkten angezeigt. Bei L3 (Luzerneinsaat) liegt der Energiegehalt mit 0,1-0,2 MJ signifikant niedriger als in L1 bzw. L2 (Weißkleeinsaat). Allerdings ist bei der Bewertung zu berücksichtigen, dass die 1. Aufwüchse (max. 6,2 MJ NEL/kg in Variante S4 LI) deutlich energiereicher sind als die Folgeaufwüchse, diese Unterschiede jedoch hier aus den Jahresmittelwerte nicht hervorgehen.

Die Mineralstoffgehalten der Variante L3 differenzieren sich durch signifikant niedrigere K-Gehalte und höhere Mg-Gehalte, während nur bei niedriger Nutzungsintensität auch höhere P-Gehalte auftreten.

Der N-Entzug mit den Aufwüchsen erhöht sich nur in Variante N2 bei 4 Nutzungen unter dem Einfluß der N-Düngung signifikant. Allerdings liegt der N-Entzug in der Va-

riante L3 etwa doppelt so hoch wie bei den sonstigen Ansaatvarianten und erreicht Spitzenwerte von bis zu 485 kg N/ha·Jahr.

Tabelle 4: TM-Ertrag, Inhaltsstoffgehalte und N-Entzug (Mittel 1.-3. Untersuchungs-jahr)

Variante			dt/ha	o/o	0fo	MJ je kg TM	p o/o	o/o	o,o	kg/ha	
I U	NO		89	11,0	31,0	5,22	0,29	2,63	0,16	157	
			96	11,8	32,3	5,09	0,29	2,63	0,16	186	
			90	10,5	32,0	5,22	0,28	2,67	0,15	152	
			153	15,9	32,9	4,96	0,32	2,79	0,19	389	
			114	9,2	33,3	5,02	0,27	2,51	0,14	169	
			118	9,3	33,6	5,03	0,27	2,53	0,13	175	
			110	9,5	33,5	5,09	0,27	2,60	0,13	167	
			151	14,0	33,9	4,94	0,30	2,64	0,18	338	
			133	8,9	34,3	5,03	0,26	2,52	0,12	189	
			144	10,2	34,4	4,99	0,26	2,62	0,13	235	
			132	10,2	34,0	5,04	0,27	2,62	0,13	214	
			156	13,5	34,1	4,88	0,29	2,67	0,16	337	
	GD5%			27	1,5	0,9	0,16	0,03	0,18	0,01	64
	II go			84	15,7	25,9	5,83	0,36	3,19	0,20	212
				96	15,9	26,8	5,72	0,37	3,30	0,20	244
				94	15,9	26,5	5,69	0,36	3,25	0,20	240
			149	18,9	27,2	5,52	0,37	3,08	0,22	450	
			98	13,3	27,6	5,80	0,37	3,20	0,17	209	
			105	14,3	28,1	5,65	0,37	3,31	0,18	241	
			104	14,2	28,0	5,68	0,37	3,30	0,18	237	
			165	18,4	28,3	5,50	0,36	3,13	0,21	485	
		LO	129	13,9	28,7	5,64	0,36	3,20	0,17	285	
		L1	133	14,8	28,6	5,57	0,36	3,34	0,18	316	
			131	14,8	28,3	5,61	0,35	3,23	0,18	311	
			166	18,2	28,2	5,44	0,36	3,17	0,21	484	
GD5%			13	1,2	0,9	0,08	0,02	0,15	0,02	43	

Eine wichtige Differenzierung im TM-Zuwachs ergibt sich zwischen den Varianten LO, L1, L2 (Grasansaat ohne Leguminosen bzw. mit Weißklee) und L3 (mit Luzerne). Wie in Abbildung 1 dargestellt ist wird in den Varianten L1, L2 und L3 der maximale TM-Ertrag im 1. Aufwuchs erreicht, während bei L3 der Maximalertrag erst im 3. Aufwuchs

auftritt und somit der Zeitpunkt des maximalen Futteraufkommens vom Frühjahr in den Sommer verschoben wird.

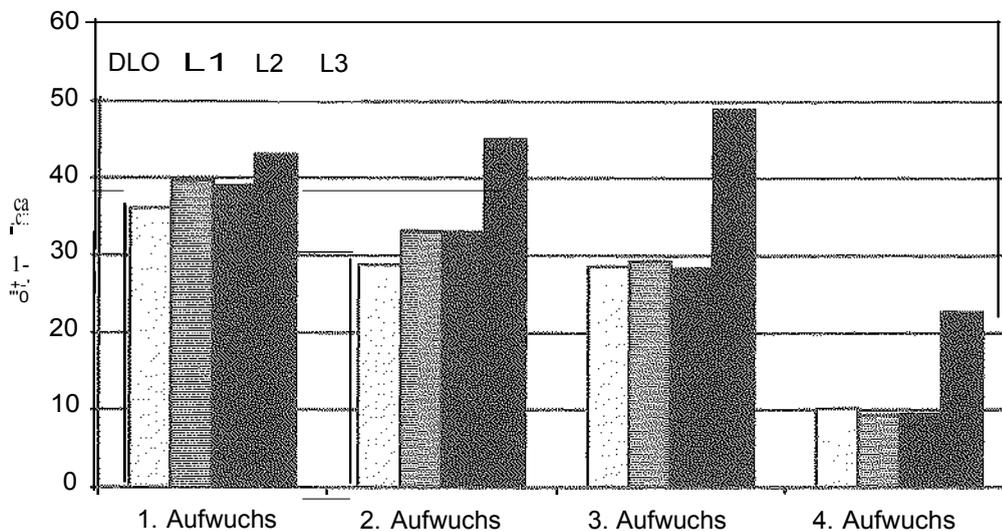


Abbildung 1: TM-Ertrag der einzelnen Aufwüchse der Variante S4 (4 Nutzungen/Jahr, Mittel der N-Stufen und Untersuchungsjahre)

#### 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Der Kleeanteil in den Varianten mit Weißklee geht schon nach einem Jahr stark zurück. Daher unterscheiden sich bezüglich Ertragsleistung und Inhaltsstoffgehalte nicht von der Kontrolle ohne Leguminoseneinsaat. Zwischen den beiden geprüften Weißklee-sortentypen traten keine signifikanten Unterschiede auf.

Luzerne dagegen reagiert sehr konkurrenzstark und drängt zunächst die Gräser stark zurück. In den Folgejahren nimmt ihr Ertragsanteil kontinuierlich ab (bei 4 Nutzungen/Jahr bis auf 48% im 4. Jahr), wobei dieser Rückgang entgegen den ursprünglichen Erwartungen bei niedriger Nutzungsfrequenz ausgeprägter ist. Von den angesäten Gräsern kann *Lolium multiflorum* als einzige Art dem Konkurrenzdruck standhalten, beim Rückzug der Luzerne freiwerdenden Raum besiedeln und somit die Entwicklung unerwünschter Arten bzw. Lückenbildung verhindern. Die Trockenmassebildung ist wesentlich höher als in den Varianten mit Weißklee und erreicht ihr Maximum im Sommer. Trotz im Vergleich zu den Varianten mit Weißkleeansaat höheren Rohproteinwerten bleiben die Energiegehalte niedriger.

Insbesondere unter Standortbedingungen mit knappem Wasserangebot in den Sommermonaten kann durch die Einbeziehung von Luzerne in die Allsaatmischung eine hohe TM-Ertragsleistung erzielt werden. Allerdings ist mit der Entwicklung artenarmer Bestände zu rechnen, die im Zeitverlauf ihre Zusammensetzung ändern und in etwa 5-jährigem Abstand zu erneuern bzw. in Ackerrotationen zu integrieren sind.

#### Literatur

LEX, J. und U. SIMON, 1993: Zum Einfluß der Mischungspartner und der Nutzungsintensität auf Ertragsbildung und Futterwert von Weißklee-Gras-Gemengen. 1.

- Mitteilung: Weißklee-Ertragsanteil und Trockenmasseertrag. Wirtschaftseigene Futter 39, 69-86.
- MILIMONKA, A. und K. RICHTER, 1997: Einfluß unterschiedlicher Nutzung auf Wachstumsmerkmale des Weißklee in Rein- und Gemengebeständen. 41. Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau, Aulendorf, 49-54.
- MOSIMANN, E., C. CHALET, E. MANU und N. DINCA, 1998: Melanges luzerne-graminees: frequence des utilisations et pâture. Revue Suisse d'Agriculture 30:5, 229-234.
- PEYRAUD, J.L., 1995: Luzerne deshydratee et mais. Production Laitiere Moderne 252, 68-69.
- SCHUBIGER, F.X., BOSSHARD und J. LEHMANN, 1997: Futterwert von Weißklee. Agrarforschung 4:2, 75-78.

# Pflanzenbauliche und ökonomische Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Grünlandfutter bei der Fütterung von Hochleistungskühen

## - Ausgewählte ökonomische Aspekte -

G. Stark

### 1. Einleitung

Milchviehhaltung ist auf Dauer nur dann rentabel, wenn sie kostenorientiert betrieben wird. gilt auch Hochleistungsherden von 10.000 kg Jahresleistung. Unterstellt man, daß der Unternehmer in der Regel nur einen geringen Einfluss auf den Milchpreis hat, so stehen die im Mittelpunkt ökonomischen Betrachtung. Im Einzelfall sind also die Produktionskosten je kg Milch zu optimieren.

Von GOERTZ (1999) werden die Kosten der Milcherzeugung mit 105 bis 56 Pfg. je kg Milch Leistungen von 4.000 bis 9.000 kg angegeben. Dabei fallen alleine auf die variablen Kosten etwa 35 Pfg/kg Milch. Der größere Teil ist unter (mittel-) europäischen Bedingungen auf die hohen Faktorkosten für Boden (Nutzungskosten), Arbeit (Löhne oder Lohnansatz) und Kapital (Stallplatz) anzusetzen. Die hohen Faktorkosten erfordern und verstärken daher den Trend zu hohen Milchleistungen.

### 2. Ausgewählte ökonomische Aspekte

In den nachfolgenden Ausführungen werden innerhalb der vielfältigen Zusammenhänge und Interaktionen nur einzelne ausgewählte Aspekte für eine ökonomische Wertung angesprochen (Abb. 1).

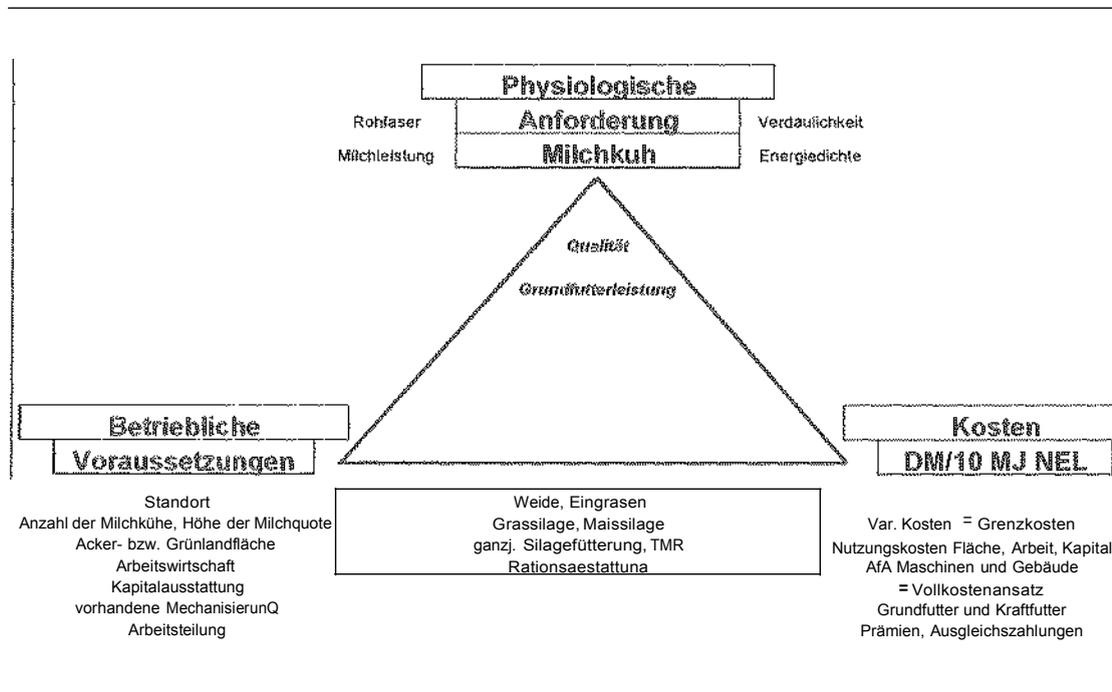


Abb. 1 Zusammenhang Milchkuh-Betriebliche Voraussetzungen-Kosten

Bei der Fütterung von Hochleistungskühen sind hinsichtlich der Bewertung des Grünlandeinsatzes folgende Einflussgrößen zu berücksichtigen:

Mit steigender Milchleistung

- 2.2.(fast) linear steigende Markterlöse (bei sinkenden Inhaltsstoffen)
- 2.3.steigende Energiekonzentrationen im Grundfutter notwendig
- 2.4.steigende Grundfutterkosten (DM/10 MJ NEL) bei höherer Energiekonz.
- 2.5.sinkende Gesamtfutterkosten (DM/kg Milch) (günstigere Verteilung des Erhaltungsbedarfes)
- 2.6.steigende Kosten für die Bestandesergänzung
- 2.7.sinkende Festkosten durch Stallplatzeinsparung
- 2.8.sinkender Arbeitszeitbedarf
- 2.9.Einfluss Ausgleichszahlungen und agrarpolitische Rahmenbedingungen  
Flächenprämien, Quotenpreise

## 2.2.. Nährstoffbedarf in Abhängigkeit von der Milchleistung

Mit steigender Milchleistung erhöht sich der Gesamt-Nährstoffbedarf. Dabei wird der produktive Anteil (Leistungsbedarf) größer, weil der Erhaltungsbedarf gleich bleibt. 1 Kuh mit 10.000 kg Milchleistung benötigt einen Erhaltungsbedarf, während 2 Kühe mit 5000 kg die doppelte Menge Erhaltungsbedarf benötigen. Daraus ergibt sich die für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wichtige Erkenntnis, daß der Nährstoffbedarf je kg erzeugte Milch von 6,14 auf 4,78 MJ NEL sinkt (Tab. 2). Dies bestätigt der RINDERREPORT BAYERN (1999) an Hand von Praxisergebnissen.

Andererseits steigen die Anforderungen an die Energiekonzentration der eingesetzten Futtermittel von etwa 6,0 MJ NEL/kg T auf 7,0 MJ NEL/kg T in Richtung Kraftfutterniveau. Auch der notwendige Eiweißanteil in der Ration nimmt zu.

Tab. 2 Energiebedarf in Abhängigkeit von der Milchleistung

Milchleistung	kg	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
Grundfutter	MJ NEL	24.334	24.998	25.642	26.296	26.950	26.950
Kraffutter	MJ NEL	6.386	9.142	11.897	14.653	17.408	20.853
Gesamtenergiebedarf	MJ NEL	30.720	34.140	37.539	40.949	44.358	47.803
	MJ NEU/kg	6,14	5,69	5,36	5,12	4,93	4,78
notw. Energiekonzentration	MJ NEL/kg T	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0
notw. theor. T-Aufnahme	kg T/Tag	14,0	15,1	16,1	17,0	17,9	18,7

Energiegehalt bei 650 kg LG, einschl. Erhaltungsbedarf

Der sinkende Nährstoffbedarf je kg Milch lässt vermuten, dass ein gewisser Spielraum für steigende Nährstoffkosten für Grundfutter besteht.

## Grundfuttererzeugung und Grundfutterqualität

Be begrenztem Trockenmasseaufnahmevermögen sind für höchste Milchleistungen beste Futterqualitäten notwendig. Dabei lässt nur junges Gras des ersten Aufwuchses eine Nährstoffkonzentration von nahe 7,0 MJ NEL je kg T erwarten. Bereits mit den Folgenutzungen geht ein Abfall der Konzentration einher. Da mit der Bereitung von Winterfutter in Form von Silage und Heu ebenfalls ein Rückgang der Nährstoffkonzentration verbunden ist, stellt sich zunächst die Frage nach der Erzeugung von Weide und Grünfutter.

Dem Vorteil der vergleichsweise hohen Energiekonzentration in Weidefutter stehen die Nachteile, wie SUDEKUM (1999) berichtet, der geringen Strukturwirkung, dem Rückgang der Futteraufnahme und der geringeren mikrobiellen Rohprotein-Synthese von Weidefutter gegenüber. Dies führte zu einer deutlich niedrigeren Milchleistung im Vergleich zu einer TMR-Ration. Daraus ist zu schließen, daß Weide keine größere Bedeutung bei der Fütterung von Hochleistungskühen spielen wird.

### Grundfutterkosten und Grundfutterqualität

In der Betrachtung der verschiedenen Grundfuttermittel zeigt sich, daß unter Vollkostenbedingungen Grünlandprodukte in der Regel nicht nur teurer sind als Maissilage oder Kraftfuttermittel, sondern auch in der Nährstoffkonzentration diesen unterlegen sind (Tab. 3). Nur das angesprochene Grünfutter oder Weidefutter können als hochkonzentriertes und noch relativ preiswertes Futter konkurrieren.

Weidefutter ist unter Vollkostenbedingungen nach STARK (1998) zwar als "theoretisch" günstig einzustufen. Allerdings sind höchste Energiekonzentrationen nur mit sehr hohen Weideresten zu erreichen. Dies führt zu einem geringem Gesamtertrag und damit zu höheren Kosten. Zudem steigt bei fehlender Arrondierung der Arbeitszeitaufwand für Austreiben und Weidemanagement an. Im Einzelfall erreichen die Vollkosten von Weidefutter dann das Niveau von Grassilage.

Vorteile der Weidehaltung sind demnach nur bei hofnahen Standorten umzusetzen. größer werdenden Herden und steigendem Flächenbedarf scheidet die Weidewirtschaft häufig aus praktischen aus. Daher hat sich bundesweit in den letzten 20 Jahren der Trend zu Silagevarianten aus technischer wie aus arbeitswirtschaftlicher Sicht verstärkt. Vor allem in wachsenden Betrieben wird den wenigen Arbeitsspitzen der Vorzug vor dem täglichen Grünfutterholen oder Weidegang gegeben. Dabei sind die Häckslervarianten gegenüber der Ladewagentechnik eindeutig im Kommen.

Tab. 3 Kosten ausgewählter Grundfuttermittel

Futtermittel				1992 vor Agrarreform	1993 bis 1999 nach Agrarreform	nach 2000 AGENDA2000
Kraftfutter	DM/dt	DM/dt	DM/dt			
	1) 33	23	18,5	0,48	0,34	0,28
	2) 48	70	42	0,64	0,93	0,56
MLF II, E3	36	30	28	0,54	0,54	0,45
Grundfutter	Pr./Mien, Ausgleichszahl	G)	DM/ha	DM/ha		
Weide			200	0,43	0,43	0,39
Grünfutter			200	0,43	0,43	0,39
Grassilage			200	0,47	0,47	0,43
Heu			200	0,70	0,70	0,65
Extensiv-Heu (KULAP)	5,		450	0,56	0,38	0,38
Kleegrassilage			0	0,65	0,65	0,65
Silomais	6,		586	0,40	0,32	0,28
GPS (Getreide)	61		586	0,43	0,34	0,33

1) Winterweizen und -gerste, zzgl. 2 DM/dt für Mahlen, Mischen und Lager, 7,27 MJ NEU/kg

2) 7,5 MJ NEU/kg

3) 6,7 MJ NEU/kg

4) Vollkosten: Var. Kosten + Nutzungskosten Fläche + Afa Maschinen/Gebäude + Lohn- und Zinsansatz

5) z.B. KULAP Schnittzeitpunktaufgabe 16. Juni

6) Ausgleichszahlung Silomais, Getreide nach AGENDA 2000; Grünland nach Bayer. KULAP

Eine höhere Grundfutterqualität, sprich Energiekonzentration, die durch eine höhere Nutzungsfrequenz und damit zeitlich frühere Nutzung erzielt wird, führt bei Grünland zu steigenden Kosten. Dabei fällt der Kostenanstieg in Silage oder Heu deutlicher aus als bei

Weide oder Grünfütter. Dieser Effekt wird durch die aktuelle Energieverteuerung und Reduzierung der Gasölbeihilfe noch verstärkt.

Auf die Praxis übertragen würde der Hochleistungsbetrieb Grassilage aus dem frühen ersten Schnitt benötigen und (zumindest) teilweise auf die Folgeschnitte verzichten. Wie aber den Vorteil des ersten Schnittes nutzen und die Nachteile der teureren Folgeschnitte vermeiden? Bei Silomais hat die Praxis mit Verfahren wie Hochschnitt- oder Pflückhäckselverfahren bereits in der gleichen Richtung reagiert.

Maissilage ist kostenmäßig am günstigsten zu beurteilen. Auch ohne Flächenprämie zählt Mais zu den kostengünstigen Grundfüttermitteln. Der Kostennachteil von Klee- und Ackergräser ist sowohl auf die geringeren Erträge als auch auf die höheren Kosten der Mehrfach-Ernte und entsprechend geringen Erntemengen zurückzuführen.

Der Vergleich der Grund- und Kraftfüttermittel zeigt, daß unter Vollkostenbedingungen die Unterschiede zwischen Grundfutter und Kraftfutter zunehmend geringer ausfallen. Dies lässt den Schluss zu, dass es vielmehr eine Frage der Optimierung der Gesamtration aus Grünlandprodukten, Maissilage und Kraftfutter ist, wenn sich rein grasbetonte Fütterungsregime für Hochleistungskühe nicht realisieren lassen.

### **Milchleistung und Futterflächenbedarf**

Bei einer jährlichen Milchleistungssteigerung von ca. 80 kg pro Jahr werden in Deutschland jährlich etwa 80.000 Milchkühe weniger benötigt. bis 2008 festgelegter Milchquote wird sich bis zum Ende des AGENDA-Zeitraumes die Kuhzahl um etwa 480.000 verringern und etwa 250.000 ha Futterfläche, vorwiegend Grünland freigesetzt werden.

Die Deutschland zugestandene Quotenaufstockung von 418.000 to entspricht der Milchleistungssteigerung eines einzigen Jahres. Bei freiwerdenden Grünlandflächen eröffnet sich Milchviehbetrieben zumindest teilweise die Möglichkeit, sich auf gute, hofnahe Standorte zu konzentrieren. In diesen Fällen würde sich auch die Kombination aus Weidewirtschaft und gleichzeitiger ganzjähriger Silagewirtschaft anbieten.

### **Milchleistung und Festkostenverteilung**

Milchviehhaltung auf sehr hohem Leistungsniveau zeichnet sich durch eine günstige „Festkostenverteilung“ aus, d.h. die Festkosten je Stallplatz verteilen sich bei 10.000 kg wesentlich günstiger als bei 7.500 oder 6.000 kg. Insgesamt stellt sich mit steigender Milchleistung sowohl eine Senkung der variablen wie auch der festen Kosten ein. Dabei ist der Effekt der Festkostensenkung fast doppelt so hoch wie der der variablen Kosten. In einem Kostenvergleich von Beratungsbetrieben stellt KOESLING (1999) den Effekt steigender Milchleistung auf die Stückkosten heraus (Tab. 4). Danach sanken die variablen Kosten um 2,5 Pfg/kg Milch und die Festkosten um 5,3 Pfg/kg Milch. Die sinkenden Futterkosten resultieren aus dem immer kleiner werdenden anteiligen Erhaltungsbedarf je kg Milch. Je 1.000 kg Milchleistungssteigerung könne man danach mit einer Kostensenkung von 2-3 Pfg oder 5 % ausgehen.

Unter Berücksichtigung von Quotenkosten stieg der Gewinn noch um knapp 2 Pfg je kg Milch. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, daß es selbst bei Leistungsniveaus über 10.000 Tab. 4 Kosten bei unterschiedlicher Milchleistung

Leistungsniveau	kq	7.500	10.000
Erlös	Pfg/kg	64,0	62,8
Grundfutter	Pfg/kg	9,0	8,5
Krafffutter	Pfg/kg	9,5	8,0
Bestandsergänzung	Pfg/kg	4,4	5,2
sonstige var. Kosten	Pfg/kg	10 0	85
Summe var. Kosten insgesamt	Pfg/kg	32 9	30 2
Arbeit, Lohnansatz	Pfg/kg	10,5	8,6
Stallplatz	Pfg/kg	6,5	4,8
Zinsansatz	Pfg/kg	3,9	3,1
sonst. Festkosten	Pfg/kg	34	25
Summe Festkosten Lohn- und Zinsansatz	Pfg/kg	24 3	19 0
Gesamtkosten	Pfg/kg	57 2	492
Gewinn	Pfg/kg	6,8	13,6
Quotenkosten	Pfg/kg		50
"Gewinn nach Quote"	Pfg/kg	68	86

Quelle: KOESLING T., Arbeiten der DLG Band 196, 1999

DM noch sinnvoll ist, die Leistung zu steigern. Allerdings ist der Spielraum durch Quotenkosten (vorerst noch) begrenzt.

### **Künftige Rahmenbedingungen**

Neben den Beschlüssen zur AGENDA 2000 bestimmen der technischen Fortschritt, die Auswirkungen der Steuerreform, Energiesteuer und die Haushaltssparmaßnahmen die Rahmenbedingungen Milchviehbetriebe für die nächsten 6 bzw. 8 Jahre.

Mit der AGENDA 2000 wird die Politik des Preisdruckes Hinblick auf das Weltmarktpreisniveau von Getreide, Milch und Rindfleisch vor dem Hintergrund von zumindest teilweise liberalisierten Märkten und vor der angekündigten EU-Osterweiterung fortgeführt. Entscheidend für die Entwicklung der Rinderhaltung und des Futterbaues ist die Frage der Milchquotenregelung, deren Fortschreibung bis 2008 zwar beschlossen ist, aber über deren Ende noch immer keine Klarheit besteht.

Die Preissenkung von Getreide in Höhe von 15 % in 2 Schritten wird in Abhängigkeit der vorherrschenden Marktsituation das Preisniveau um theoretisch 3,5 DM/dt verringern. Wenn auch derzeit keine nennenswerten Preissenkungen am Markt feststellbar sind, so ist zumindest mit anhaltend niedrigen Mischfuttermittelpreisen zu rechnen. Die Beibehaltung der Silomaisprämie und die niedrige Krafffutterpreise werden die bisherige Entwicklung fortführen und über höhere Milchleistungen bei begrenzter Milchquote künftig immer weniger Futterflächen beanspruchen.

### **Zusammenfassung**

Abschließend ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht klar herauszustellen, dass auch höchste Milchleistungen trotz des Gesetzes des abnehmenden Ertragszuwachses noch deutliche ökonomische Vorteile liefern können. Die für die 10.000 kg-Kuh notwendigen Grundfutterqualitäten können mit reinen Grasprodukten in der Praxis kaum bereitgestellt werden. Dabei gilt auch aus ökonomischer Sicht der Grundsatz: Grundfutterqualität geht vor Grundfutterkosten. Vielmehr ist es eine Frage der Optimierung der Gesamtration aus

Grassilage, Maissilage und Kraftfutter unter Berücksichtigung der Vollkosten (Arbeit und Maschinen).

Bei steigenden Herdengrößen wird der Milchviehbetrieb sich zunehmend aus Gründen der Arbeitswirtschaft und der Kapitalknappheit auf die Viehhaltung, sprich Stall konzentrieren und die Außenwirtschaft abgeben (müssen). Bei steigenden Energiekosten wird sich die "Eintages-Silage" durchsetzen und das tägliche Eingrasen oder der Weidegang zurückgehen. Mit hoher Schlagkraft und hohen Maschinenauslastungen lassen sich die Anforderungen der Tierernährung nach hoher Grundfutterqualität und die der Betriebswirtschaft nach niedren Kosten durchaus vereinbaren.

Die Komplexität der Zusammenhänge beschränkt eine ökonomische Gesamtaussage auf den Einzelbetrieb. Einer DLG-Umfrage zufolge gibt die Praxis ein Antwort auf die Frage, wie sich in Hochleistungsherden der Einsatz von Weide, Grassilage und Maissilage darstellt. 86 % der befragten Betriebe gaben TMR-Rationen aus praktischen, arbeits- wie betriebswirtschaftlichen Gründen den Vorzug.

## Literatur

- GOERTZ, D, 1999. Produktionskosten der Milcherzeugung Deutschland  
Arbeitsbericht 3/99, S. 16
- KOESLING, T., 1999. Was steigt schneller, die Kosten oder die Erlöse? *In* Fütterung  
der 10.000-Liter-Kuh; Arbeiten der DLG, Band 196, S. 93
- RINDERREPORTBAYERN, 1997,1998,1999
- SCHWARZ, 1999. Kann die Qualität des Grundfutters der Leistungssteigerung in  
der Milchviehhaltung folgen? *In* DLG-Grünlandtagung 1999, Perspekti-  
ven einer umweltgerechten und effektiven Milchproduktion auf dem  
Grünland. DLG, FrankfurtiMam
- STARK G., 1998. Materialsammlung Futterwirtschaft
- STARK G., 1999. Agrarpolitische Rahmenbedingungen für die Futterproduktion. *In*  
DLG-Grünlandtagung 1999, Perspektiven einer umweltgerechten und  
effektiven Milchproduktion auf dem Grünland. DLG, FrankfurtiMam
- SÜDEKUM K.-H. 1999. Grenzen der Energiedichte von Grünlandaufwüchsen in  
Hinblick auf die Fütterung von Hochleistungskühen

## Anschrift des Verfassers

Georg Stark

Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, München

Infanteriestr. 1, 80757 München;

E-Mail: Georg.Stark@lba.bayem.de

# Anwendung einer GIS-gestützten numerischen Klassifikation zur Bestimmung von homogenen Räumen in einer Agrarlandschaft

von

Wolfgang Leipnitz und Joachim Kieselb

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg

<sup>a</sup> Fernschmittgss:station t"atumen Lue, Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

<sup>b</sup> Institut für Lru[ldsch l.fts:sysltemtan: lyle Eberswalder Straße 15374 IVIütntctteij er2

## 1. Einleitung

Die Übertragung punktuell ermittelter Ergebnisse größere Gebiete ist nicht möglich, weil der Gültigkeitsbereich in Landschaft unbekannt ist. Mit mathematischen Verfahren zur Klassifizierung von Objekten werden Landschaftsausschnitte mit ähnlichen Merkmalen definiert. Durch eine bestimmte Zugehörigkeitswahrscheinlichkeit können alle Objekte als homogen angesehen werden. Unter Zuhilfenahme eines GIS-Systems erfolgen sowohl Bereitstellung von raumbezogenen Merkmalen, auf deren Basis Übertragung der Punktergebnisse auf ähnliche Raumeinheiten vonstattengeht, als auch die Visualisierung der Klassifizierungsergebnisse. Ziel der Arbeit steht darin, eine über die Gültigkeit der in Paulinenaue Versuchsergebnisse Agrarlandschaft machen zu können.

## 2. Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich bei einer Gesamtfläche von etwa 2400 km<sup>2</sup> über die und Havelländischen Luches Dos- seluches. Es enthält die Flächen von 116 Gemeinden. ist 65 km und etwa 40 km breit.

Die numerische Klassifikation erfolgt in zwei Schritten. Dabei werden unterschiedliche Ebenen In ersten Ebene wird nach der einer klassifiziert. Die Daten sind der Gemeindedatei des Datenspeichers aus dem Jahre 1977 und im Vergleich dazu auch dem Datenspeicher „CORINE-Landnutzung“ aus dem Jahre 1996 entnommen worden. In der zweiten Ebene wird die die den Ort Paulinenaue einschließt, nach qualitativen Bodenmerkmalen, Jahresniederschlägen, der dominierenden Hangneigung, mittleren Höhe über und dem Relief erneut klassifiziert.

Für die numerische Klassifikation wurde die Methode der hierarchischen Clusteranalyse herangezogen (LEIPNITZ, HABERSTOCK und KIESEL 1998). Knapp 4000 Daten stehen für dieses Beispiel der Klassifizierung zur Verfügung.

Die Visualisierung Ergebnisse erfolgt mit ArcView, einem modernen, leistungsreichen Desktop-GIS, das sowohl analytische als auch Visualisierungsfunktionen bereitstellt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Daten aus der Gemeindedatei des Datenspeichers Boden

Die Struktur des Untersuchungsgebietes ist in der Tabelle<sup>1</sup> beschrieben.

Tabelle 1: Struktur der Luchgemeinden im Untersuchungsgebiet

Merkmal	Minimum (o/o)	Maximum (%)	Mittelwert (%)	Standardabweichung
Ackerland	13	79	40,5	15,7
Grünland	0	67	29,8	15,1
Wald	0	77	18,8	17,6
Wasserflächen	0	13	1,9	2,4

Mit diesen 4 Variablen werden im Mittel 91 % der Liegenschaftsfläche einer Gemeinde erklärt.

Das Ergebnis der Clusteranalyse besteht in der ersten Ebene aus 5 Clustern. Die Cluster 1 und 2 nehmen die größte Fläche ein.

Cluster 1 - ein Raumtyp mit vorrangig forstwirtschaftlicher Landnutzung

Cluster 1 ist etwa 810 km<sup>2</sup> groß und vereinigt 39 Gemeinden. Er bildet zwei Zentren, die das Untersuchungsgebiet im Osten und Westen flankieren. Er ist gekennzeichnet durch einen Anteil von 39 % Wald mit Schwankungen von 19 bis 77% und Variationskoeffizienten von 32 %. Ackerland und Grünland haben Anteile von 28 bzw. 21 % bei Schwankungen von 13 bis 45% bzw. 3 bis 41 % mit Variationskoeffizienten von 32 bzw. 44%. Wasserfläche macht über 1% aus.

Cluster 2 - ein Raumtyp mit vorrangiger Ackernutzung

Cluster 2 ist knapp 955 km<sup>2</sup> groß und besteht aus 70 Gemeinden und stellt sich komplex medial in Nord-Süd-Richtung dar. Er enthält 49 % Ackerland mit Schwankungen von 24 bis 79% bei einem Variationskoeffizienten von 27% und einen Grünlandanteil von 35% mit Schwankungen von 8 bis 67% bei einem Variationskoeffizienten von 42 %. Die Anteile an Wald und Wasserflächen sind in bezug auf das Untersuchungsgebiet unterdurchschnittlich. In diesem Cluster befindet sich der Ort Paulinenaue.

Obwohl die Ergebnisse der ersten Klassifizierung die Gültigkeitsbereiche und die Flächenausdehnung einer Klasse schon recht deutlich aufzeigen, kann damit allein noch keine Aussage über die Gültigkeit der in Paulinenaue erzielten Versuchsergebnisse für die Agrarlandschaft abgeleitet werden. Eine Untergliederung der Klassifikation unter Berücksichtigung standörtlicher Faktoren muss nun folgen. In der zweiten Ebene wird Cluster 2 erneut klassifiziert. Das Ergebnis sind 6 Cluster (2.1 ... 2.6). Mittelwerte der Bodenarten des Acker- und Grünlandes von Cluster 2 und die Ergebnisse der Klassifizierung in der zweiten Ebene mit den zwei wichtigsten Clustern sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Cluster 2.1 - der die Liegenschaften des Ortes Paulinenaue einschließt - entspricht bei den Mittelwerten der einzelnen Variablen weitgehend denen des übergeordneten Clusters 2. Dieses Ergebnis hängt mit der großen Anzahl von 58 Gemeinden und dem knapp

Tabelle 2 Ergebnisse der Klassifizierung in der zweiten Ebene des Clusters 2

		Cluster 2	Cluster 2.1	Cluster LL
Ackerland %		34,31	34,66	35,14
	Anlehm. Sand	40,41	39,83	55,71
	Lehmiger Sand	18,93	20,31	8,14
	Stark lehm. Sand	3,77	3,45	1,00
	Lehm	0,66	<b>0,10</b>	0
	Moor	1,67	1,59	<b>0</b>
Grünland %		18,21	12,93	58,29
	Lehm. Sand	19,81	18,98	32,14
		1,94	1,29	<b>0</b>
	Ton	0,76	<b>0</b>	0
	Moor	59,27	66,71	9,57
weitere faktoren	Mittl.Höhe(m ü.NN)	36,47	35,55	45,29
	Niederschlag(mm)	542	541	556
	Wasserstufe	3,06	2,98	3,00
	Hangneigung (°)	1,37	1,33	1,86
		1,49	1	2,00
n		70	58	7
Fläche, km <sup>2</sup>		955	847	31

89 %igen Clusters 2 zusammen. Er vereinigt in sich die „Gemeinden“ mit besonders hohem Grünlandanteil auf Moorboden.

Aus Abbildung 1 geht hervor, dass Cluster 2.1 fast ausschließlich im Zentrum des Untersuchungsgebietes liegt. In Paulinenaue ermittelte Versuchsergebnisse sind mit hoher Wahrscheinlichkeit in 58 Gemeinden des Untersuchungsgebietes gültig. Gültigkeitsbereich bedeckt eine Fläche in der Agrarlandschaft von knapp 850 km<sup>2</sup>.

### 3.2. Daten aus dem Datenspeicher „CORINE-Landnutzung“

Die Ergebnisse der Klassifizierung in der ersten Ebene mit Daten aus dem Speicher "CORINE-Landnutzung" stimmen fast mit denen überein, die mit Daten aus dem Speicher der Gemeindedatei „Boden“ gerechnet wurden. Die zeitliche Spanne von 20 Jahren führte also zu keiner anderen Klassifizierung der Gemeinden, obwohl sich speziellen Untersuchungen zufolge die Anteile am Acker- und Grünland verschoben haben. nach hat der an Ackerland zugenommen, der des Grünlandes abgenommen. Da dieser Prozess in etwa gleichem Maße auf alle Gemeinden gewirkt hat, ergibt sich keine andere Klassifizierung in den Berechnungen.

## 4. Literaturverzeichnis

LEIPNITZ, W., HABERSTOCK & J. KIESEL, 1898: Raumbezogene Klassifizierung großer agrarisch genutzter Landschaften. Arch. Acker- Pfl. Boden., 445-453

2015  
1:5000  
GEMDAT  
Landnutzung  
01  
02  
03  
04  
05  
06  
07  
08  
09  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



# Futterwert, Gärqualität und Mineralstoffgehalt von Grünland und Kleegrassilagen aus Ökobetrieben 1997 bis 1999

von

E. Leisen

Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe

## Einleitung

Die erfolgreiche Milchviehhaltung hängt gerade im ökologischen Landbau von hohen Grundfutterleistungen der ab. Diese sind bei Silagefütterung wiederum gekoppelt an gute und Gärqualität.

Zur Gärqualität von Silagen aus extensiven Grünlandbeständen gibt es unterschiedliche Ergebnisse. von Weißbach und Honig (1996) und Sterzenbach (1999) deuten darauf hin, dass gärobiologisch einwandfreie Silagen nur schwer aus extensiven Grünlandbeständen zu erzeugen sind. Demgegenüber verschlechterte sich die Gärfähigkeit und aerobe Stabilität nach Untersuchungen von Elsässer (1999) mit zunehmender Elsässer folgert daraus, dass die Gärfähigkeit nicht nur von der Stickstoffdüngung, sondern besonders auch von der Pflanzenzusammensetzung beeinflusst wird.

Ökologisch wirtschaftende Futterbaubetriebe kaufen nur wenig Grundnährstoffdünger zu oder verzichten gänzlich auf deren Einsatz. Über Milch und Fleisch ist die Nährstoffabfuhr nur gering. Allerdings müssen sich auch ökologisch wirtschaftende Betriebe die Frage ob Pflanzen und letztendlich auch Tiere ausreichend mit Mineralstoffen versorgt sind?

## Material und Methoden

In Westfalen-Lippe wurden 1997, 1998 und 1999 im Öko-Landbau auf Praxisbetrieben Silageproben gezogen und bei der LUFA Münster analysiert. Untersucht wurden Futterwert (257 Proben), Gärqualität (210 Proben), Makronährstoffgehalte (Ca, Mg, 114 Proben, S 40 Proben), Mikronährstoffe (Cu, Fe, 45 Proben, Proben).

Zum Vergleich standen aus dem konventionellen Landbau Ergebnisse der LUFA Münster zur Verfügung: im gleichen Zeitraum Futterwert von Silagen, Gärqualität von 386 Silagen, Mineralstoffgehalte von 2767 Silagen.

Anmerkungen zum Probenumfang:

Etwa 35 Prozent der sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau lassen ihre Hauptgrundfutterpartien auf Futterwert untersuchen. Untersuchungen zur Gärqualität werden bisher nur wenig nachgefragt, im konventionellen Landbau wurden nur 7 Prozent der Proben dahingehend untersucht. Mit finanzieller Unterstützung durch das Projekt "Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen" konnte bei 82 Prozent der Silageproben aus dem Öko-Landbau auch die Gärqualität bestimmt werden.

## Ergebnisse

### Futterwert

Silagen von Ökobetrieben unterschieden sich von denen aus konventionellen Betrieben zumindest im Durchschnitt der Proben vor allem im TS-Gehalt, Rohproteingehalt und Zuckergehalt (Tabelle 1).

**Tabelle 1:**

Futterwert von Grünland- und Klee-Grassilagen aus ökologischem und konventionellem Landbau in Westfalen-Lippe 1997, 1998 und 1999

Jahr		Anzahl Proben	TS-Gehalt (%)	Rohasche (% in TS)	Rohprotein (% in TS)	Zucker (% in TS)	Energie (MJNEL/kg TS)
1997	Öko	71	45,1	11,0	15,8	5,4	6,0
	Konv	1477	40,8	11,5	16,0	4,2	6,0
1998	Öko	98	46,4	12,3	14,4	5,3	5,9
	Konv	1797	42,3	11,7	16,1	4,0	5,9
1999	Öko	88	45,5	10,4	14,3	6,7	6,1
	Konv	1979	42,0	10,5	14,7	6,2	6,1
1997-1999	Öko	257	45,7	11,2	14,8	5,8	6,0
	Konv	5253	41,7	11,2	15,6	4,8	6,0
Ziel- und Vergleichswerte			35-40	Unter 10		3 - 8	über 6,1
Quelle: LUFA Münster							

Im ökologischen Landbau fielen die Silagen in allen drei Versuchsjahren deutlich trockener aus. Sehr hohe TS-Gehalte von durchschnittlich über 50 Prozent gab es vor allem auf Grünland in 1997 (Tabelle 2). Ursache für hohe TS-Gehalte sind vermutlich geringere Aufwuchsmenge und die stärkere Verbreitung von Ballensilierung. Die Rohproteingehalte lagen im Mittel etwas niedriger als im konventionellen Landbau, allerdings mit einer großen Schwankungsbreite zwischen 8,7 und 22 Prozent. Besonders niedrig waren die Rohproteingehalte in kleearmen welsch-weidelgras-dominierten Beständen.

**Tabelle 2:**

Futterwert von Grünland- und Klee-Grassilagen des 1. und 2. Schnittes aus ökologischem Landbau in Westfalen-Lippe 1997 und 1998

	Trocken- substanz (%)	Roh- asche (% in TS)	Roh- protein (% in TS)	Zucker (% in TS)	Energie (MJNEL/kg TS)
1997					
<u>Grünland:</u> 1.Schnitt		10,2		6,9	6,0
2.Schnitt	51,7		17,6		
<u>Klee gras:</u> 1.Schnitt	39,7	10,3	16,0	6,6	6,1
2.Schnitt	39,3		17,1	2,8	6,0

1998					
Grünland: 1. Schnitt					
2. Schnitt				6,0	
		10,7			6,0
2. Schnitt	43,8	11,9	14,5	4,9	

Die Energiegehalte waren meist zufriedenstellend bei Einzelwerten zwischen 3,8 und 6,9 NEL/kg TS. Die Aschegehalte lagen sowohl im konventionellen als auch im ökologischen Landbau häufig zu hoch.

### Gärqualität

Die Gärqualität fiel 1998 und 1999 meist gut bis sehr gut aus, 1997 kam es teilweise zu erhöhter Buttersäurebildung. In der Benotung (DLG-Bewertungsschlüssel) gab es keine Unterschiede zwischen konventionellem und ökologischem Landbau (Tabelle 3).

**Tabelle 3:**  
Gärqualität von Grünland- und Jeel[!rassilae:n aus oKellOI lsc:neJtn und lmnventionehem Landbau in Westfalen-Lippe 1997,1998 und 1999

Ernte-	Anzahl Proben	Milchsäure e% in TS)	Buttersäure % in TS)	... % in TS)	Ammoniak-N-Anteil % in Gesamt-N)	- Wert	Gesamt- nachDLG	DLG- Note (1)
1997								
Öko	71	n.b. (2)	0,8	1,3	6,7	4,9	64	2,8
Konv.	155	n.b.	0,8	1,9	9,3	4,6	68	2,7
1998								
Öko	96	6,4	0,2	2,0	7,2	4,9	78	2,2
Konv.	131	7,6	0,2	2,0	10,0	4,8	77	2,2
1999								
	43	6,2	0,1	1,9	6,7	4,8	87	1,6
Konv.	100	7,2	0,1	2,5	8,8	4,5	83	1,8
1997-1999								
Öko	210		0,4	1,7	6,9	4,9	76	2,2
Konv.	386		0,4	2,1	9,4	4,6	76	2,2
Anzustrebende Werte		über	keine	2,0-	tmter	4,1		
Nach DLG-Schlüssel		3,0		3,5	10,0	4,7(3)		

(1) DLG-Bewertung der Gärqualität Note 1: sehr gut, Note 3: mäßig, Note 5: sehr schlecht

(2) n.b.: nicht bestimmt

1997 waren 20 Prozent der Silagen als schlecht bis sehr schlecht bewertet worden (Tabelle 4). Erhöhte Buttersäuregehalte traten 1997 vor allem bei KleegrassHagen auf (Tabelle 5) die im Mittel mit knapp 40 Prozent TS feuchter waren als die Grünlandsilagen mit gut 50 Prozent TS. In einer Befragung wurden 1997 die Ursachen für Fehlgärung und erhöhte Buttersäurebildung erhoben. Ungünstige Witterung zur Erntezeit, stärkere Verschmutzung oder veraltete Aufwüchse scheinen die Gründe gewesen zu sein. Bei höheren Rohproteingehalten von mehr als 20 Prozent (7 Proben) wurden gute Gärqualitäten festgestellt (mittlere DLG-Note 1,8). Die Essigsäuregehalte waren in Silagen des ökologischen Landbaues vor allem 1997 im Mittel relativ niedrig. Hier besteht bei Luftzutritt die Gefahr der Nacherwärmung. Geringere Milchsäure-,

Essigsäuregehalte und Ammoniakwerte sowie etwas höhere pR-Werte im Mittel der Proben aus ökologischem Landbau sind ursächlich zumindest zum Teil wohl auf die höheren Trockensubstanzgehalte zurückzuführen.

Tabelle 4:

Gärqualität von KJ.....w0Ji:- und GrünlandsHagen aus ökologischem Landbau, Ernte 1997

	Buttersäure		Essigsäure- gehalt		Ammoniak-N		DLG-		DLG-Note (1)		
	‰ in TS)	Anteil % (2)	‰ in TS)	Anteil % (2)	(Anteil an Gesamt-N)	Anteil % (2)	Punkte für pH-Wert	Anteil % (2)	Anteil % (2)		
Angestreb	0		2- 3,5 (bei Nachgärefahr)		unter 10		25				
	0	45	unter 1,0	59	unter 10	89	25	24	1	8	
	0,1 bis 0,3	19	1,0 bis 1,9	20	10	15	8	15,1 bis 24	17	2	31
	0,4 bis 1,0	14	2,0 bis 3,5	19	über 15	3		5,1 bis 15	24	3	39
	1,1 bis 2,0	8	über 3,5	2				5	25	4	14
	über 2,0	14						bis-5 unter-5	10	5	8
Minimum	0		0,2		1,9		- 16		1		
Maximum	8,9		6,1		17,9		25		5		
Mittel	0,8		1,3		6,7		11		2,8		

- (1) DLG-Bewerhmg der Gärqualität  
 Note 1 =sehr gut, Note 2 =gut, Note 3 =mäßig, Note 4 =schlecht, Note 5 =sehr schlecht  
 (2) Anteil %: Verteilung der Proben auf die Gehalts-/Qualitätsstufen

Tabelle 5:

liarqtJaiJität von Grünland- und leegntssJtla en des 1. und 2. Schnittes  
 aus ök4ll01 is<::lleJm Landbau in Westfalen- 1997 und 1998

	Butter- säure ‰ in TS)	Essig- säure (%in TS)	Ammoniak- N-Anteil (% in Gesamt-N)	pH-Wert	Gesamt- nachDLG	DLG- Note (1-5) <sup>1)</sup>
1997						
<u>Grünland: 1.Schnitt</u>	0,6	0,7			54	
2.Schnitt		0,7			57	
<u>Kleegras: 1.Schnitt</u>	0,8			4,7	67	2,7
2.Schnitt		1,6	9,5	4,9	58	3,0
1998						
<u>Grünland: 1.Schnitt</u>	0,1			5,0	74	
2.Schnitt	0,2		7,1		78	
<u>Kleegras: 1.Schnitt</u>	0,2	1,8	6,5	4,8	81	
2.Schnitt	0,1		7,7		81	1,9

1) DLG-Bewertung der Gärqualität Note 1 =sehr gut, Note 3 =mäßig, Note 5 =sehr schlecht

## Mineralstoffgehalte

Bei den Makronährstoffen wurden aus der Sicht der Tierernährung vergleichsweise niedrige Gehalte an P und hohe Gehalte an Ca festgestellt. Hohe Ca-Gehalte traten in kleereichen Aufwüchsen, niedrige Ca-Gehalte in kleearmen Aufwüchsen auf. Die Mg-Gehalte lagen teilweise ebenfalls unterhalb der erforderlichen Gehalte, vor allem im Frühjahr. Na war in fast allen Silagen nur in geringer Menge vorhanden, wobei es aber deutliche Standortunterschiede gab. Bei den Spurenelementen lagen die Werte vor allem bei Cu, Zn und Se relativ niedrig (Tabelle 6).

**Tabelle 6:** Mineralstoffgehalte von Grünland- und Kleegrassilagen aus ökologischem und konventionellem Landbau in Westfalen-Lipp 1997, 1998 und 1999

Jahr	Anzahl Proben	Ca	P	K	Na	Cu	Fe	Zn	Mn	Se	
		(g/100 g TS)					(m l/ TS)				
1997	26	0,73	0,30	2,80	0,16	0,06					
1998	39	0,71	0,35	2,75	0,18	0,11					
1999	49 (2)	0,89	0,30	2,57	0,18	0,09	7	447	31	89	
Konv	1081	0,58	0,34	2,94	0,17	0,17					
1997-1999	65	0,78	0,32	2,71	0,17	0,09					
Konv		0,58	0,37	3,08	0,18	0,17					
Ziel- und erLUFAMünster		0,50	0,35-	Unter	über	über	10	50	50	50	
		0,70	0,45	3,0	0,15	0,10				0,15-0,20	

(1) Anzahl Proben: Bezieht sich auf Makronährstoffuntersuchung (Ca, P, K, Mg, Na)

(2) 1999 wurden bei 45 Proben auch Cu, Fe, Zn, Mn und bei 16 Proben Selen bestimmt

Aus der Sicht der Pflanzenernährung trat eine schwache Versorgung vor allem bei P auf. Versorgungsgrad lag auf einigen Betrieben über Jahre bei 80 Prozent und sogar darunter. Mit waren die Futterpflanzen dagegen meist mehr als ausreichend versorgt. S-Mangel trat in vier von 40 Proben auf (Tabelle 7).

**Tabelle 7:** Versorgungsgrad<sup>1)</sup> von Grünland und Klee in der Pflanzenernährung

	Anzahl Proben	P	K	S
Klee	1997	14	91	163
Grünland	1997	12	95	143
Klee	1998	25	104	147
Grünland	1998	14	110	153
Grünland und Klee	1999		90	141
Anzustrebender Gehalt in mg/100 g TS (entsprechend Versorgungsgrad = 100)			0,24	1,49
			- 0,44 <sup>2)</sup>	- 2,24 <sup>2)</sup>
				N/S = 15:1 <sup>3)</sup>

1) Versorgungsgrad = 100 entspricht einer ausreichenden Versorgung mit dem entsprechenden Nährstoff (Berechnung in Anlehnung an Knauer 1963, zitiert bei Voigtländer und Jacob, 1987)

2) je nach Alter des Futters (RF-Gehalt) werden bei P und K unterschiedliche Gehalte angestrebt

3) N/S-Verhältnis als Maß der S-Versorgung

Der Vergleich von Silagen aus ökologischem und konventionellem Landbau zeigt: Ökologisch erzeugte Silagen

waren im Mittel trockener und enthielten weniger Protein (bei allerdings großer Schwankungsbreite)

wurden nach DLG-Bewertungsschlüssel für Gärqualität in allen drei Jahren etwa gleich benotet

zeigten bei einzelnen Merkmalen der Gärqualität Unterschiede, die zumindest teilweise auf die höheren TS-Gehalte zurückzuführen sind

sollten durch zügigeres Silieren feuchter eingefahren werden. Durch niedrigere TS-Gehalte kann die Gefahr der Nacherwärmung vermieden und der Siliervorgang gefördert werden

In der Tierernährung müssen über Mineralfutter Na sowie Cu, Zn, Se, bei entsprechend niedrigen Gehalten auch P, Ca und Mg gegeben werden. Aufgrund der vielfach niedrigen Na-Gehalte sollten Lecksteine auf keiner Weide fehlen. Unklar ist, wie die Ernährung der Futterpflanzen mit Phosphor verbessert werden kann.

### **Literatur**

ELSÄBER, M., 1999: Auswirkungen reduzierter Stickstoffdüngung auf Erträge, Futterwert und Botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnis im Boden. Habilitationsschrift, Hohenheim

VOIGTLÄNDER, G. UND JACOB, H., 1987: Grünlandwirtschaft und Futterbau. Ulmer-Verlag, Stuttgart

WEIßBACH UND HONIG, 1996: Über die Vorhersage und Steuerung des Gärverlaufs bei der Silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. Landbauforschung Völkenrode 46, 10 - 17

STERZENBACH, M., 1999: Gäreigenschaften extensiv bewirtschafteter Grünlandbestände. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau d. Ges. Pflanzenbauwiss. Bericht 43. Jahrestagung Bremen, 68 - 73

### **Anschrift des Verfassers:**

**Dr. Edmund Leisen, Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Nevinghoff  
48147 Münster, email: [Edmund.Leisen@lk-wl.nrw.de](mailto:Edmund.Leisen@lk-wl.nrw.de)**

# Zur Qualität und Masse von „Winterfutter auf dem Halm“ unter den Aspekten Pflanzenbestand, Vornutzung und Erntetermin

von

Daniel Wolf

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II  
- Grünlandwirtschaft und Futterbau - der Justus-Liebig-Universität Gießen

## 1. Problemstellung

Extensive Verfahren der Landnutzung, wie die Winterrassenshaltung von Mutterkühen gewinnen in peripheren Regionen zunehmend an Bedeutung (OPITZ VON BOBERFELD 1997). Neben der Auswahl des geeigneten Bodentyps und Strategien zur Vermeidung von Nährstoffakkumulationen im Boden ist das Winterfutter in diesem Zusammenhang von herausragender Bedeutung. STERZENBACH (2000) untersuchte die Silierbarkeit und Silagequalität von Aufwüchsen auf Grenzstandorten. Auf Zufütterung kann im Winter nicht verzichtet werden, dennoch ist Winterfutter auf dem Halm die kostengünstige und aufwendungsarme Futtergrundlage. Über die Qualität solchen "Winterfutters auf dem Halm" liegen für mitteleuropäische Verhältnisse kaum Informationen vor. Nachfolgend sollen Ergebnisse zum Ertrag und zur Qualität von Frischfutter im Winter aus zwei eingesäten Freilandversuchen vorgestellt werden. Dabei interessiert neben dem Einfluss des Zeitpunktes der Winternutzung insbesondere die Eignung verschiedener Arten, die Dauer der Schonung der Bestände vor der Winternutzung sowie die Auswirkungen der N-Düngung. Als Zielgrößen für die Qualität werden der Verpilzungsgrad und die Energiedichte dargestellt.

## 2. Material und Methoden

Zur Untersuchung der Fragestellung wurden ca. 6 km südöstlich von Gießen auf dem Gelände der Versuchstation Linden-Forst (160 m ü. NN) zwei Freilandversuche angelegt.

Das Jahr 1998 war mit einem Jahresmittel von 8,7°C und einer Niederschlagsmenge von 892 mm kühler und regenreicher als 1999, mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 10,10°C und nur 699 mm Niederschlag. Tabelle 1 zeigt die durchschnittlichen Temperaturen, die Niederschlagsmenge sowie die Anzahl der Tage mit einer geschlossenen Schneedecke > 1 cm, der Wintermonate.

Tab. 1: Klimadaten der Wintermonate

Winter t	1998/1999			1999/2000		
	Mittlere Temperatur [°C]	Niederschlag [mm]	Schneedecke > 1 cm [d]	Mittlere Temperatur [°C]	Niederschlag [mm]	Schneedecke > 1 cm [d]
November	2,5	75	2	4,0	35	2
Dezember	1,6	38	8	3,3	76	3
Januar	3,2	46	2	1,7	34	-
Februar	1,4	37	4	4,5	54	

In Tabelle 2 und 3 sind die Varianten der beiden Versuche dargestellt, die im Winter 1998/1999 und 1999/2000 beerntet wurden. In den Mischungen des Hauptversuchs wurden die Partner drillreihenweise eingesät, so dass in den Zwei-Arten-Gemischen einem Partner jede zweite und in der Drei-Arten-Mischung jede dritte Reihe zur Verfügung steht. Auf die Darstellung der Ergebnisse der Mischungen wird verzichtet, sie liegen aufgrund additiver Mischungseffekte zwischen den Ergebnissen der beteiligten Partner in Reinsaat

Die Energiedichte des getrockneten und gemahlten Materials wurde mit dem Hohenheimer Futterwerttest über Gasbildung, Rohfett und Rohprotein, nach der Formel 16e (STEINGASS & MENKE 1986; MENKE & STEINGASS 1987) geschätzt. Die Ergosteralkonzentration wurde nach Verseifung und Extraktion in Petrolether mit der HPLC am UV-Detektor bestimmt (ANONYMUS 1993).

Tab. 2 Hauptversuch , angelegt Juli 1997

Faktoren	Stufen
1. Ansaaten	1.1 <i>Festuca arundinacea</i> ELFINA + MALIK 1.2 x <i>Festulolium</i> PAULITA 1.3 x <i>Festuca arundinacea</i> + x <i>Festulolium</i> Qg! 1.4 <i>Festuca arundinacea</i> + x <i>Festulolium</i> 1.5 <i>Festuca arundinacea</i> + <i>Lolium perenne</i> 1.6 x <i>Festulolium</i> + <i>Lolium perenne</i> 1.7 <i>Festuca arundinacea</i> + x <i>Festulolium</i> + <i>Lolium perenne</i>
2. Vornutzung	2.1 Anfang Juni (=1 x) 2.2 Anfang Juni +Mitte Juli ( 2 x)
3. Nutzungstermine	3.1 Anfang Dezember 3.2 Mitte Januar 3.3 Ende Februar
Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen, Düngung: April +Juli je 50 kg N * ha <sup>-1</sup> (KAS 27%)	

Tab. 3 Stickstoff-Düngungsversuch, angelegt März 1998

Faktoren	Stufen
1. N-Düngung (KAS 27o/o)	1.1 0 kg N*ha <sup>-1</sup> 1.2 50 kg N*ha <sup>-1</sup> 1.3 100 kg N*ha <sup>-1</sup> 1.4 150 kg N*ha <sup>-1</sup>
2. Düngungstermin	2.1 Ende Juli 2.2 Ende August
3. Nutzungstermin	3.1 10.-12. Dezember 3.2 14.-16. Januar 3.3 18.-20. Februar
Lateinisches Rechteck mit vier Wiederholungen, Narbe: <i>Festuca arundinacea</i> ELFINA + MALIK	

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 TS- Ertrag

Abb.1 zeigt die TS-Erträge des Hauptversuchs getrennt für die beiden Winter 1998/1999 und 1999/2000. Der größte Effekt geht in beiden Wintern vom Faktor Vornutzung aus; die Aufwüchse die länger in den Winter hinein wachsen konnten, erzielen höhere Erträge.

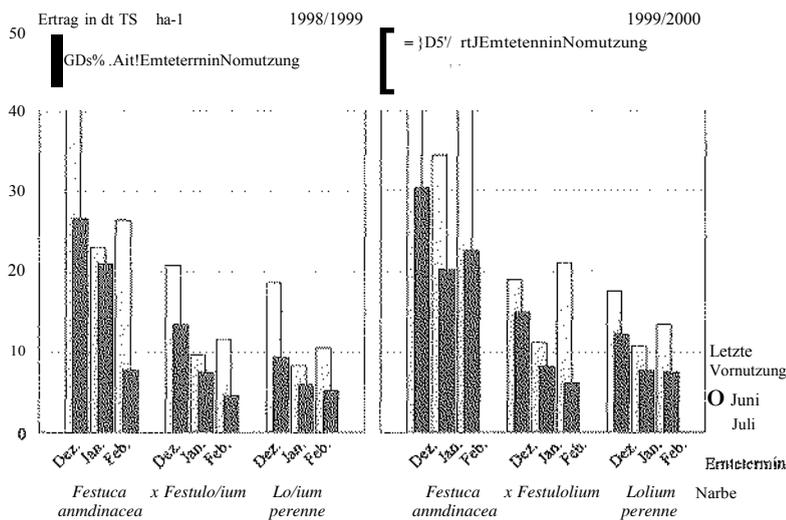


Abb. 1: Einfluss von Art, Erntetermin und Vornutzung auf den Ertrag

Gesichert ist auch der Einfluss des Erntetermins im Winter. Die Erträge nehmen von Dezember bis Januar ab. Bei später Vornutzung bleiben sie von Januar bis Februar gleich oder werden niedriger. Bei Schonung der Bestände ab Juli bleiben die Erträge von Januar und Februar auf einem Niveau oder steigen bei *Festuca arundinacea* und *x Festulolium* wieder an. Dies kann mit

den im Februar bereits günstigeren Witterungsbedingungen und Strahlungsintensität zusammenhängen, die das Verhältnis zwischen Abbau und Wachstum zu Gunsten des Wachstums verschieben.

*Festuca arundinacea* führt in beiden Jahren zu signifikant höheren Erträgen als die beiden anderen Arten, mit der Ausnahme Vornutzung im Juni und Winternutzung im Februar. *x Festulolium* und *Lolium perenne* zeigen bis auf den zweiten Winter, wo der Bastard aus *Festuca pratense* und *Lolium multiflorum* bei früher Vornutzung einen deutlich höheren Ertrag erzielt, keine signifikanten Unterschiede. 1999/2000 sind die Erträge unter den günstigeren klimatischen Bedingungen auf höherem Niveau als 1998/1999. Die Ertragsanteile in den Mischungen liegen 1998/1999 für *Festuca arundinacea* gegenüber den beiden anderen Arten zwischen 25 und 51 o/o. *x Festulolium* hat in beiden Wintern gegenüber *Lolium perenne* die höheren Anteile. Im Winter 1999/2000 macht der Anteil des sich langsam entwickelnden *Festuca arundinacea* immer über 50 o/o (54%-86 o/o) aus.

Im N-Düngungsversuch steigen die TS-Erträge mit zunehmendem N-Aufwand. Ebenfalls gesichert ist die Wirkung des Erntetermins auf den Ertrag, der in der Regel mit der Zeit abnimmt. Auch vom Zeitpunkt der N-Düngung geht ein gesicherter Einfluss aus: Die Ende August gedüngten Bestände können meist die Ertragsleistung der früher gedüngten nicht mehr erreichen. Das Niveau der Erträge liegt im Winter des Ansaatjahres mit Werten zwischen 23 und 53 dt \* ha TS<sup>-1</sup> deutlich über dem des Folgewinters mit Erträgen zwischen 7 und 39 dt \* ha TS<sup>-1</sup>. Dass trotz der günstigeren Witterung und im Gegensatz zum Hauptversuch im zweiten Jahr geringere Erträge erzielt wurden, lässt sich mit dem Ley-Effekt (ÜPITZ VON BOBERFELD 1994) erklären.

### Futterqualität

Abb. 2 zeigt die Energiedichten der Aufwüchse des Hauptversuchs. Wichtigster Faktor ist die Vornutzung; das physiologisch jüngere Material erzielt die höheren Energiedichten. Mit zunehmendem Alter der Bestände nimmt die Energiedichte ab. Nur 1998/1999 ist die Wirkung des Faktors Art gesichert; *Festuca arundinacea* erzielt die höchsten Energiedichten. Bei *x Festulolium* treten gegenüber *Festuca arundinacea*, bei im Juli vorgeernteten Beständen, im Dezember und im Februar signifikant höhere Werte auf. Möglicherweise kommt nur im kalten Winter 1998/1999 die Fähigkeit von *Festuca arundinacea*, unter niedrigen Temperaturen zu wachsen (BURNS & CHAMBLEE 1979) gegenüber den beiden anderen Arten zum tragen, während im milden Winter 1999/2000

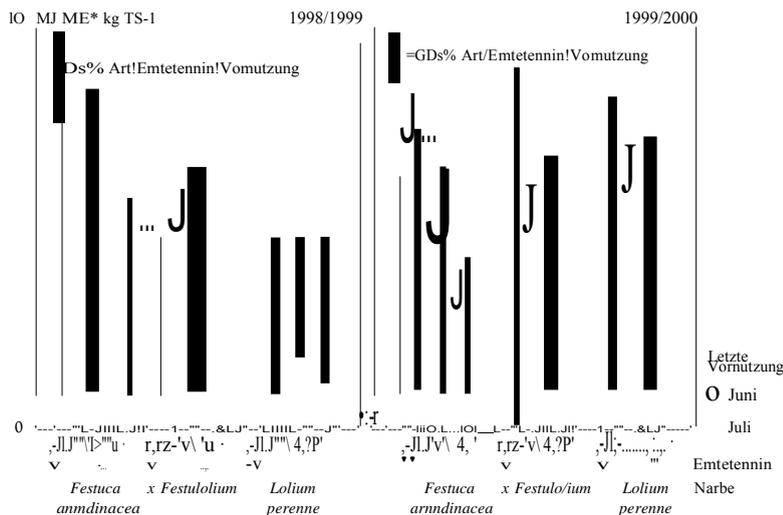


Abb. 2: Einfluss von Art, Erntetermin und Vornutzung auf die Energiedichte

steigender Düngungsintensität fällt die Energiedichte ab. Im folgenden Jahr ist die Wirkung des Faktors N-Düngung mit geringerem Einfluss als die anderen Faktoren ebenfalls gesichert. Insbesondere zur ersten Winternutzung im Dezember bleiben die Werte der spät gedüngten Variante auf einem Niveau. Möglicherweise ist unter den Bedingungen des milderen Winters mit nur fünf Tagen geschlossener Schneedecke, die Seneszens und damit auch der mikrobielle Abbau der organischen Substanz verringert. Ausserdem kann eine Verlagerung von energiereichen Stoffen in tiefere Stengelregionen oder Wurzelbereiche aus den gleichen klimatischen Gründen erst später eingesetzt haben.

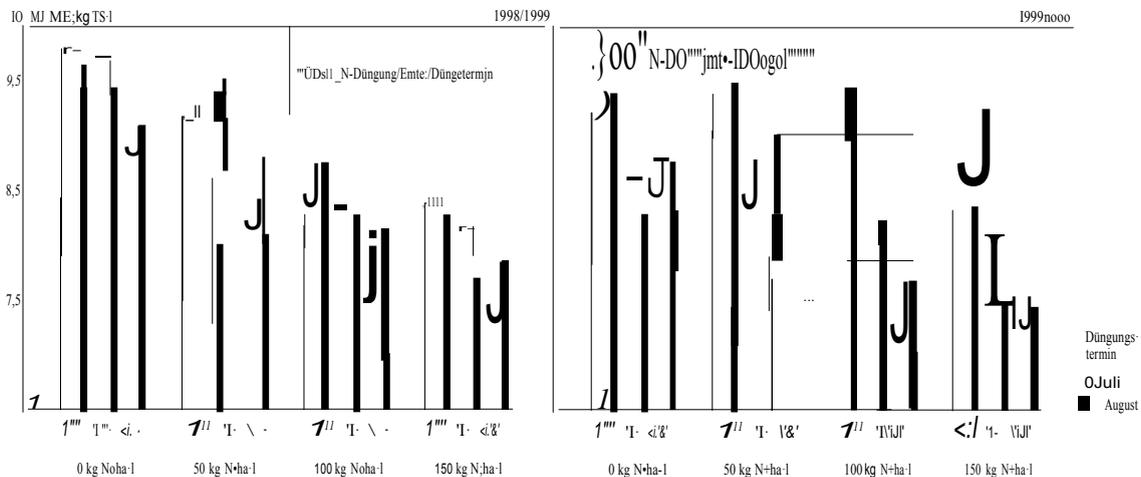


Abb. 3: Einfluss von N-Düngung, Ernte- und Düngungstermin auf die Energiedichte

Mit dem Verlauf des Winters nimmt die Energiedichte ab. 1998/1999 ist der Einfluss des Faktors Düngungstermin auf die Energiedichte nicht signifikant. Im zweiten Winter hält dagegen der späte Düngungstermin das Material physiologisch jünger und führt zu höheren Energiedichten; 1999/2000 war unter den günstigen klimatischen Verhältnissen eine bessere Ausnutzung der späten N-Gabe möglich.

Ergosterol, ein Zellwandbestandteil bei Pilzen, der nicht oder kaum in Pflanzen vorkommt, kann als Indikator für den Verpilzungsgrad verwendet werden (SEITZ et al. 1977). Aus Abb. 4 geht hervor, dass der Faktor Art einen entscheidenden Einfluss auf

dieser Vorteil gegenüber *Festulolium* und *Lolium perenne* nicht messbar ist. Im zweiten Untersuchungsjahr sind die Energiedichten bei *Festuca arundinacea* niedriger als im ersten. Umgekehrt verhält es sich bei *Festulolium* und bei *Lolium perenne*. Die Energiedichten des Düngungsversuchs sind in Abb.3 dargestellt. 1998/1999 geht vom Faktor N-Düngung die größte Wirkung aus; mit

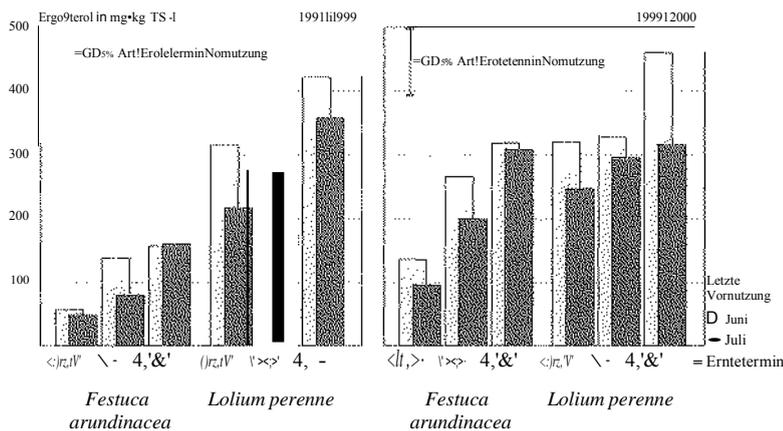


Abb 4: Einfluss von Art, Erntetermin und Vornutzung auf die Ergosterolkonzentration

kann das jüngere Material der späten Vornutzung erwartungsgemäß der Kontaminierung mit Pilzen länger standhalten.

Die Ergosterolkonzentrationen des Düngungsversuchs, vgl. Abb.5, stammen von im Juli gedüngten und im Januar geernteten Varianten. Ist 1998/1999 nur die ungedüngte Variante

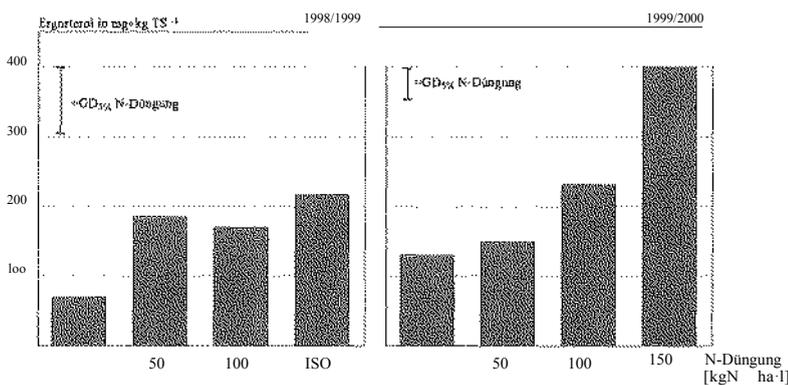


Abb 5: Einfluss von der N-Düngung auf die Ergosterolkonzentration

gennger verpilzt als die drei auf einem Niveau liegenden gedüngten, so lässt sich im darauffolgenden Winter eine Abstufung mit der Düngungsintensität erkennen. Ein wichtiger Grund für die hohen Ergosterolkonzentrationen bei hoher N-Düngung liegt in der Struktur der Bestände. Je höher die N-Gabe, desto dichter und überständiger präsentiert sich der Bewuchs im Winter und bietet in seiner großen Bestandesdichte günstige dauerfeuchte Bedingungen für den Pilzbefall. Der Aufwuchs der ungedüngten Variante ist dagegen niedrig aber nicht lagernd und locker bestockt, so dass die Bestände wesentlich besser durchlüftet sind.

Die Ergosterolkonzentrationen liegen in Bereichen von 50-400 mg \* kg TS<sup>-1</sup>. Bei im Spätherbst geernteten, überständigen Wiesenbeständen findet ÜPITZ VON BOBERFELD (1996) Gehalte von bis zu 190 mg \* kg TS<sup>-1</sup>.

#### 4. Zusammenfassung

Ein später Nutzungstermin im Winter führt bei allen untersuchten Arten zu geringen Erträgen und geminderter Qualität.

*Festuca arundinacea* erzielt die höchsten Erträge, hat den geringsten Verpilzungsgrad und Energiedichten von über 9 MJ ME \* kg TS<sup>-1</sup>.

- Das physiologisch jüngere Material der späten Vornutzung führt zwar zu niedrigeren Erträgen, hat aber eine bessere Qualität.

Niedrige N-Gaben haben gegenüber hohen N-Gaben niedrigere Erträge, aber auch qualitativ besseres Futter zur Folge.

## 5. Literatur

- ANONYMUS, 1993: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln.- 3. Ergänzungslieferung, Verl. VDLUFA Darmstadt
- BURNS, J., C. & D. S. CHAMBLEE, 1979: Climatic and Adaptive Factors that Influence Growth and Persistence.- In: BUCKNER, R.,C. und L.P. BUSH (Hrsgb.): Tall Fescue.- Agronomy Wisconsin.
- MENKE, K.H. & H. STEINGASS, 1987: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 2. Mitteilung: Regressionsgleichungen.- Übers. Tierern. 59-94.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., 1994: Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen.- Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., 1996: Qualitätsveränderungen einschließlich Mykotoxinproblematik von Primäraufwüchsen einer Glatthaferwiese (*Arrhenatherion elatioris*).- Agrobiol. Res. 52-62.
- ÜPITZ VON BOBERFELD, W., 1997: Winteraußenhaltung von Mutterkühen in Abhängigkeit vom Standort unter pflanzenbaulichem Aspekt.- Ber. Ldw. 75, 604-618.
- ÜPITZ VON BOBERFELD, W. & M. STERZENBACH, 1999: Winteraußenhaltung von Mutterkühen unter den Aspekten Standort, Umwelt und Futterwirtschaft.- Z. Kulturtechn. u. Landentw. 258-262.
- SEITZ, L. M., H. MOHR, R. BURRONGHS & S. SAUER, 1977: Ergosterol as an indicator of fungal invasion in grains.- Cereal Chem. 1207-1217.
- STEINGASS, H. & K. MENKE, 1986: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 1. Mitteilung: Untersuchungen zur Methode.- Übers. Tierern. 251-270.
- STERZENBACH, M., 2000: Nutzungsmöglichkeiten von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteten Grünlandes durch Mutterkühe.- Diss. Gießen, Im Druck.

# Silierbarkeit der Primäraufwüchse und Siliermitteleinsatz bei der Ausmagerung von Dauergrünland

von

Hansjörg Nußbaum, Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf

## 1. Einleitung

Reduzierte Nutzungshäufigkeit und Verzicht auf Düngung im Zuge der Umsetzung verschiedener Förderprogramme verändert die Verwertung und die Konservierbarkeit der Aufwüchse. wurden die ersten Aufwüchse von extensiv Flächen in aller konserviert. Landwirtschaftliche Betriebe sind jedoch weitgehend auf Silagebereitung ausgerichtet. Die Gärfähigkeit von Futterpflanzen wird maßgeblich vom wasserlöslicher Kohlenhydrate, Pufferkapazität, dem TS-Gehalt und epiphytischen Keimbesatz bestimmt. bei physiologisch älteren Aufwüchsen die an wasserlöslichen ab- und demgegenüber die Gerüstsubstanzen zunehmen, könnte Einsatz enzymhaltiger Silierzusätze bei der Silierung extensivierter Aufwüchse sinnvoll sein. Die zur Anwendung kommenden Enzymgemische sind pilzliche Kulturextrakte, ihre Wirkung hängt nach Literaturangaben von Dosierung, Enzymaktivität, und der Silage, Temperatur und des Ausgangsmaterials ab (McDoNALD et al., 1991).

Es stellt sich ob die Verwendung enzymhaltiger die Silierbarkeit der bei der Extensivierung von Grünlandbeständen anfallenden Aufwüchse verbessern und Silagen positiv beeinflussen können.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Versuchsablauf

In den Jahren 1994 bis 1997 wurden an vier Standorten in Baden-Württemberg bislang vierschürige Dauergrünlandflächen nicht mehr gedüngt entweder vier- oder zweimalig pro Jahr beerntet. Untersucht wurden und Futterwert aller Aufwüchse sowie der Primäraufwüchse. Standort Aulendorf schlossen sich Silierversuche mit unterschiedlichen Silierzusätzen sowie Verdauungsversuche an.

### 2.2 Varianten

Die Silierversuche beinhalten folgende Varianten:

Faktor 1:	Nutzungshäufigkeit	a) Vierschürig („Frühschnitt“, Mitte Mai)
Faktor 2:	Siliermittel	b) Zweischürig ("Spätschnitt", Mitte Juni) a) Kontrolle b) Zusätze: - Silo Guard (Natriumhydrogensulfit, $\beta$ -Glukanasen) - Generator (Cellulasen, Hemicellulasen, Hefeinhibitor) Rohalase (Cellulasepräparat zur Glutenfiltration) Milchsäurebakterien und Melasse
Faktor 3:	Dosierung	unterschiedliche Dosierung der Enzymkomponenten laut Tabelle 1

**Tabelle 1: Siliermittel und ihre Dosierung in den einzelnen Versuchsjahren**

1994		1996	
Variante	Dosierung	Variante	Dosierung
Kontrolle		Kontrolle	
Generator mit Inhibitor		Rohalase	0,1 kg /t FM
Silo Guard <b>II</b>		Rohalase	0,2 kg /t FM
		Rohalase	0,3 kg /t FM
1995		Silo Guard II	1,0 kg /t FM
Kontrolle		Silo Guard <b>II</b>	0,5 k /t FM
Generator mit Inhibitor	je 0,2 kg /t FM		
Generator ohne Inhibit.	0,2 kg /t FM	1997	
Silo Guard <b>II</b>	1,0 kg /t FM	Kontrolle	
Silo Guard <b>II</b>	0,5 kg /t FM	Silo Guard <b>II</b>	1 kg /t FM
Silo Guard II	0,25 k /t FM	MSB lus Melasse	20 k /t FM

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Silierversuche am Standort Aulendorf

Da sich der Faktor „Dosierung“ kaum auf die Parametern des Futterwertes und der Gärqualität auswirkte, werden nachfolgend nur die Auswirkungen der Faktoren „Nutzungshäufigkeit“ und „Siliermittel“ dargestellt.

##### 3.1.1 Das Ausgangsmaterial für die Konservierungsversuche

Die Nutzungsverzögerung von Mitte Mai bis Mitte Juni spiegelt sich in den Parametern des Futterwertes wider (Tabelle 2). Die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten wurden am Standort Aulendorf im Mittel von 20,6 auf 13,0% i.TS vermindert. Da die Pufferkapazität von Mitte Mai bis Mitte Juni ebenfalls von 5,1 auf 4,3 abnahm, verminderte sich das Z/PK-Verhältnis von 4,2 auf 3,3. Damit waren auch die spätgenutzten Aufwüchse gut silierbar, was auch durch den Vergärbarkeitskoeffizienten von 75 (Frühschnitt) bzw. 69 (Spätschnitt) wiedergegeben wird.

**Tabelle 2: Futterwert und Silierbarkeit der Primäraufwüchse**

Jahr	Var.	Datum	% i. TS		TM <sub>L</sub>	NEL MJ/kg TS	WSC % i. TS	PK	Z/PK	NO <sub>3</sub> mg/kg TS
			XP	XF						
1994	früh	16.05.	8,6	20,2	34,9	6,3	21,8	4,2		94
	spät	17.06.	7,4	26,3	34,7	5,6	15,5	3,2		104
1995	früh	23.05.	10,1	22,0	48,7	6,4	21,4	4,1		121
	spät	27.06.	8,7	29,3	41,0	5,0	12,0	3,6		107
1996	früh	29.05.	10,3	23,8	45,4	6,2	18,5	6,1		922
	spät		9,0	29,5	40,4	5,3	12,9	6,39		1538
1997	früh		11,3	19,6	37,8	6,7	20,8	6,2		2111
	spät	03.07.	6,4	31,5	55,2	4,8	11,5	4,0	2,9	1185
94-97 früh Mai			10,1	21,4	41,7	6,4	20,6	5,2	4,2	812
spät Juni			7,9	29,1	42,8	5,2	13,0	4,3	3,3	734

##### 3.1.2 Silagequalität und Einfluss der Siliermittel 1994

Der Futterwert wurde durch die enzymhaltigen Silierzusätze, unabhängig vom Nutzungsregime, nicht beeinflusst. Alle Silagen hatten aufgrund hoher Zuckergehalte im Erntegut niedrige pR-Werte und waren frei von Buttersäure. Durch den späten Schnitt sank der Gehalt an Milch- und Essigsäure ab. Die beiden enzymbehandelten zweischnittigen Varianten hatten dabei weniger Milchsäure als die Kontrolle, wobei sich das

Präparat "Generator" signifikant abhob. Beim Frühschnitt wiesen die Silagen mit Enzymzusätzen hochsignifikant niedrigere NH<sub>3</sub>-N-Gehalte auf, bei den Spätschnittsilagen hatte dagegen die unbehandelte Silage weniger Ammoniak. Demnach ist der Einfluss der Silierzusätze auf den Ammoniakgehalt der Silagen nicht gerichtet.

**Tabelle 3: Futterwert und Gärqualität der Silierversuche 1994**

Nutzung	Variante	TM <sub>k</sub>	% i. TS		NEL	% i. TS			NH <sub>3</sub> N:N
		%	XP	XF	MJ/kg TS	PH	Msre	Esre	%
Früh	Kontrolle	3	8,8	21,7	5,7	4,2	10,5	3,0	16,6
	Generator	37,2	8,8	21,3	5,6	4,2	10,6	2,8	9,1
	Silo Guard II	35,8	8,7	21,8	5,7	4,1	10,4	2,9	9,7
	5 o/o		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	
Spät	Kontrolle	36,3	6,6	27,6		4,2	6,2	1,8	9,9
	Generator	37,3	6,9	28,5	5,1	4,1	5,5	1,9	10,6
	Silo Guard II	36,7	6,7	28,2	5,3	4,2	5,8	2,0	11,4
	LSD 5 %	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,07	0,69	n.s.	1,50

### 3.1.3 Silagequalität und Einfluss der Siliermittel 1995

Die Silierzusätze hatten weder bei Früh- noch bei Spätschnitt Einfluss auf Energiekonzentration, und XA-Gehalte (Tabelle 4). Eine signifikante Verminderung der ... konnte das Mittel "Generator" beim im Mai geernteten Aufwuchs ermittelt werden. lag im Mittel Frühschnittvarianten aufgrund hoher TS-Gehalte (48,5 %) bei 5,1, bei den Spätschnittvarianten (39,3% TS) dagegen bei 4,4. Trotzdem waren alle Silagen buttersäurefrei. wurden nur bei physiologisch jungen Aufwüchsen durch die signifikant beeinflusst. Sowohl mit "Generator" als Silo Guard II behandelte Silagen wiesen höhere Milchsäuregehalte auf. Die Essigsäuregehalte lagen bei Spät- gegenüber etwas höher. Einfluss der Silierzusätze war nicht gegeben. Frühschnitt war ein geringfügiger, signifikanter Effekt von "Generator" auf den Ammoniakgehalt zu beobachten, wobei dieser Effekt wahrscheinlich auf den des Inhibitors zurückzuführen ist.

**Tabelle 4: Futterwert und Gärqualität der Silierversuche 1995**

Nutzung	Variante	TM <sub>k</sub>	% i. TS		NEL	% i. TS			NH <sub>3</sub> N:N
		%	XP	XF	MJ/kg TS	PH	Msre	Esre	%
Früh	Kontrolle	48,0	10,3	23,5	6,1	5,1	10,2	0,9	6,6
	Generator mit In.	49,0	10,5	22,6	6,0		11,7	1,4	5,8
	Silo Guard 1,0	48,5	10,3	23,3	6,0	5,1	10,8	0,8	6,6
	5 %		n.s.	0,38	n.s.	0,08	0,99	n.s.	0,09
Spät	Kontrolle	41,0	8,3	29,6	4,9	4,5	6,9	1,6	14,0
	Generator mit In.	38,9	8,7	29,7	4,8	4,4	6,8	1,7	12,5
	Silo Guard II, 1,0	37,9	8,5	30,1	4,9	4,4	7,1	1,8	12,9
	LSD 5 %		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,16	n.s.

### 3.1.4 Silagequalität und Einfluss der Siliermittel 1996

Die Behandlung der früh genutzten Primäraufwüchse mit Enzymen hatte mit Ausnahme der Variante "Rohalase" keine signifikanten Auswirkungen auf den Energiegehalt der Silagen (Tabelle 5). Demgegenüber hatte bei den spät genutzten Aufwüchsen die mit "Rohalase" behandelten Aufwüchse eine signifikant höhere Energiekonzentration als die Kontrollsilage. "Silo Guard 11" wirkte sich in den Silagen bei Frühschnitt nicht, bei Spätschnitt signifikant positiv auf die Energiekonzentration aus.

Alle Silagen waren unabhängig vom Nutzungszeitpunkt und Siliermittelzusatz frei von Buttersäure. Durch die Nutzungsverzögerung wiesen die Silagen niedrigere Milchsäure- und höhere Essigsäuregehalte auf. Während bei Spätschnitt keine Auswirkungen der Silierzusätze auf den pH-Wert zu beobachten waren, lagen bei Frühschnitt die mit „Silo-Guard 11“ sowie die mit "Rohalase" behandelten Silagen signifikant niedriger als die Kontrollsilage.

**Tabelle 5: Futterwert und Gärqualität der Silierversuche 1996**

Nutzung	Variante	TM <sub>t</sub>	% i. TS		NEL	% i. TS			NH <sub>3</sub> N:N
		%	XP	XF	MJ/kg TS	pH	Msre	Esre	%
Früh	Kontrolle	47,1	11,0	23,7	6,3	4,8	7,2	1,1	6,3
	Rohalase 0,2 kg	45,1	11,2	24,1	6,1	4,6	8,7	1,7	6,7
	Silo Guard 1,0 kg	41,7	11,6	24,1	6,2	4,4	8,9	2,0	7,8
	LSD 5 %	1,02	0,26	0,62	0,12	0,14	0,85	0,17	0,89
Spät	Kontrolle	37,4	9,1	30,6	5,2	4,4		2,0	6,5
	Rohalase 0,2 kg	37,6	9,3	29,2	5,4	4,4	5,4	2,1	6,3
	Silo Guard 1,0 kg	37,5	9,8	28,8		4,4	4,7	2,0	5,8
		0,41	n.s.	n.s.		n.s.	0,70	0,17	n.s.

### 3.1.5 Silagequalität und Einfluss der Siliermittel 1997

Die kombinierte Applikation von Milchsäurebakterien und Melasse (20 kg / t FM) wirkte sich bei Frühschnitt positiv auf die Energiekonzentration der Silagen aus (Tabelle 6). Diese Silagen sind durch signifikant niedrigere Essig- sowie erhöhte Milchsäuregehalte und einem niedrigeren pH-Wert gekennzeichnet.

**Tabelle 6: Futterwert und Gärqualität der Silierversuche 1997**

Nutzung	Variante	TM <sub>t</sub>	% i. TS		NEL	% i. TS			NH <sub>3</sub> N:N
		%	XP	XF	MJ/kg TS	pH	Msre	Esre	%
Früh	Kontrolle	36,1	13,0	21,4	6,4	4,3	4,0	0,7	7,3
	Silo Guard 1,0 kg	38,2	12,7	20,6	6,4	4,4	3,8	0,7	6,4
	MSB + Melasse	40,8	12,7	19,4	6,8	4,1	4,9	0,4	6,2
	5 %	2,88	n.s.	0,51	n.s.	0,09	n.s.	0,14	0,86
Spät	Kontrolle	58,2	6,8	30,3	4,7	4,8	1,0	0,3	13,4
	Silo Guard 1,0 kg	56,8	6,8	31,3	4,7	4,6	0,9	0,2	14,6
	MSB + Melasse	55,6	7,3	27,8	4,6	4,3	1,8	0,3	13,4
	5 %			0,90	n.s.	0,0		n.s.	n.s.

Dieser Effekt war bei Spätschnitt nur noch hinsichtlich Milchsäuregehalt und pR-Wert, nicht jedoch bezüglich der Energiekonzentration zu beobachten. "Silo Guard JJ" wirkte sich kaum auf die des Futterwertes bzw. der Gärqualität aus. Signifikante Unterschiede ergaben sich bei diesem Zusatz zwar hinsichtlich XF-Gehalt bei dem früh genutzten Aufwuchs, was auf eine Wirksamkeit der Enzymkomponenten schließen ließe, bei Spätschnitt jedoch hatte diese Variante einen höheren Rohfasergehalt als die Kontrollsilage. die Wirkung der nicht gerichtet.

### 3.2 Verdauungsversuche

#### 3.2.1 Versuchsjahr 1994

Die Nutzungsverzögerung bewirkte einen Rückgang organischen Substanz von 80,8 % 66,9 % (Tabelle 7) und Energiekonzentration von 6,6 NEL/kg TS. Bei dem frühgenutzten Aufwuchs hatten die Enzyme Einfluss auf die Verdaulichkeit der organischen den Silagen aus Aufwüchsen waren zwischen der Kontrollsilage und der mit "Generator" Silage Unterschiede festzustellen. "Silo Guard II" versetzten Silagen wiesen eine signifikant niedrigere Verdaulichkeit organischen Substanz niedrigere Energiekonzentration

Tabelle 7: Verdauungsversuch 1994

Nutzung	Parameter Variante	DT %	DOS %	DXF %	NEL MJ/kg TS
Früh	Kontrolle	75,6		79,5	6,6
	Generator	73,3		81	6,2
	Silo Guard II			<b>80,0</b>	6,3
	LSD 5 %	n.s.	n.s.	n.s.	
Spät	Kontrolle	63,4	66,9	62,1	
	Generator	63,5	67,7	66,4	5,4
	Silo Guard II	59,0	62,3	60,7	4,9
	5 %	<b>1,65</b>	<b>2,49</b>	<b>2,80</b>	<b>0,23</b>

#### 3.2.2 Versuchsjahr 1997

Die Verdaulichkeit der organischen Substanz ging von Mitte Mai bis Juni von 80,6 % auf 57,6 % zurück (Tabelle 8). Frühschnitt hatten die Silierzusätze zwar keine Auswirkungen auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz, jedoch auf Grund einer besseren Verdaulichkeit der TS eine höhere Energiekonzentration. dem spätgenutzten Aufwuchs wurden durch die kombinierte Zugabe von Melasse alle Parameter der Verdaulichkeit signifikant verbessert und die Energiekonzentration um 1,2 NEL/kg TS signifikant erhöht. "Silo Guard III" wirkte sich bei dem spätgenutzten Aufwuchs ebenfalls positiv auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz und die Energiekonzentration aus, wenngleich die Unterschiede gegenüber der Variante „Melasse+MSB" nicht so hoch ausfielen.

**Tabelle 8: Verdauungsversuch 1997**

Nutzung	Parameter	DT	DOS	DXF	NEL
	Variante	%	%	%	MJ/k TS
Früh	Kontrolle	75,4	80,6 a	79,7	6,8
	Silo Guard II	77,0	80,8 a	79,9	7,1
	Melasse + MSB	78,7	81,3 a	80,6	7,1
	<b>LSD 5%</b>		n.s.	n.s.	
Spät	Kontrolle	51,0	57,6	51,5	4,4
	Silo Guard II	59,4	64,1	59,1	5,0
	Melasse + MSB	68,3	72,7	70,7	5,6
	<b>LSD 5 %</b>	<b>6,03</b>	<b>4,85</b>	<b>6,12</b>	<b>0,43</b>

#### 4. Zusammenfassung

1. Durch die Verzögerung der Nutzung von Mitte Mai auf Mitte Juni verschlechterte sich die Verdaulichkeit (dO) der Primäraufwüchse von 80,6 auf 57,6 %, die Energiekonzentration wurde von 6,8 auf 4,4 MJ NEL/kg TS vermindert.
2. Bei verzögerter Nutzung des ersten Aufwuchses ist trotz verminderter Zuckergehalte aufgrund niedrigerer Pufferkapazität die Silierbarkeit bei Anwelksilage gegeben.
3. Die durch Verzicht auf Stickstoffdüngung extensivierten Aufwüchse sind unabhängig vom Schnittzeitpunkt nitratarm.
4. Durch die Nutzungsverzögerung war aufgrund ruckläufiger Zuckergehalte die Konzentration an Milchsäure vermindert. Die anderen Parameter der Gärqualität waren weniger beeinflusst, Buttersäure trat trotz Nitratmangels nicht auf.
5. Durch die Zugabe von enzymhaltigen Siliermitteln wurden die Futterwertparameter weder bei Früh- noch Spätschnitt noch in Abhängigkeit von der gewählten Dosierung beeinflusst. den physiologisch älteren Primäraufwüchsen 1997 verbesserte der Silierzusatz "Silo Guard II" zwar die Verdaulichkeit der organischen Substanz und demzufolge die Energiekonzentration, jedoch ist dieser Effekt mehr dem Einfluß der keimhemmenden Zusatzstoffe zuzuschreiben. Demnach ist die Zugabe von Enzymen nicht geeignet, spätschnittbedingte Effekte hinsichtlich der Energiekonzentration auszugleichen.
6. Die gleichzeitige Zudosierung von Milchsäurebakterien und Melasse (20 kg/t FM) wirkte sich positiv bezüglich der Verdaulichkeit (dO) und Energiekonzentration sowie Parametern der Gärqualität aus.

#### 5. Literatur

McDONALD, HENDERSON, N. and HERON, S. (1991): The Biochemistry of silage. Chalcombe Publications, 2nd Ed, Academic Press London and New York.

# Methodische Aspekte zur Bestimmung der N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung von Leguminosen im Ackerfutterbau

von

Ralf Loges, Kathrin Ingwersen, Axel Kaske und Friedhelm Taube

Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Universität Kiel

## Einleitung

Bei gegebenen Standortverhältnissen wird die Stickstofffixierungsleistung von Leguminosengrasbeständen vor allen Dingen durch die Wahl der Leguminosenart sowie durch wirtschaftungsmaßnahmen wie N-Düngung, Nutzungsform und Saadmischungszusammensetzung bestimmt (HEICHEL HENJUM, 1991; WACHENDORF et al., 1994; LOGES, 1998). Die N-Fixierungsleistungen von Leguminosenbeständen lassen sich alternativ verschieden aufwendigen Methoden bestimmen. Feldversuchen werden meist folgende Techniken angewandt:

Differenzmethode (HARDY und HOLSTEN, 1975)

Natural-<sup>15</sup>N-abundance- Methode (SHEARER und KOHL, 1986)

<sup>15</sup>N-Anreicherungstechnik (HEICHEL und HENJUM, 1991).

Die Berechnung N-Fixierungsleistung beruht in den meisten Fällen allein auf Basis der N-Mengen TM-Ertrag. Stickstoff nicht mineralischer bzw. leicht pflanzenverfügbaren Boden-N-Fractionen werden häufig, aufgrund des großen Aufwandes ihrer Bestimmung, nicht in die Berechnung N-Fixierung einbezogen (WACHENDORF et al., 1994). Gerade bei ein- bzw. überjährigen Kleeergrasbeständen findet parallel zur N-Ertragsbildung auch eine erhebliche Akkumulation von Stickstoff im nicht emtbaren Pflanzenmaterial statt (LOGES, 1998), welche Flächenbilanzierung auf Basis oben genannten ertragsbasierten Methoden unberücksichtigt bleibt. Ziel dieser Studie ist es zu klären, wie weit die Quantifizierung der N-Fixierung unterschiedlicher Leguminosengrasbestände abhängig ist von:

der Bestimmungsmethode

der Berücksichtigung N-Mengen nicht Pflanzenmaterial bzw. im Boden.

## Material und Methoden

Basis der Untersuchung ist ein mehrjähriger Feldversuch der auf dem Versuchsbetrieb Hohenschulen der Universität Kiel [Bodenart/-typ: sL / lessivierte Braunerde aus weichselglazialen Geschiebemergel / 50-55 0-Jahresniederschlag: 716 mm; 0-Jahrestemperatur: 7,8 °C] Jahren 1997-99 im Rahmen des 192 ohne zusätzliche N-Düngung mit folgenden Faktoren in vierfacher Wiederholung durchgeführt wurde:

1. Leguminosenart  
Rotklee (RK) (Sorte: Maro)  
Weißklee (WK) (Sorte: Milkanova)  
Luzerne (LZ) (Sorte: Planet)  
Leguminosenreinsaat
2. Saadmischungs-  
Verhältnis: Leguminosen/Gras-Gemenge (jeweils mit Dt. Weidelgras, Sorte: Mandat)
3. Nutzungsform:  
I-jähriger Ackerfutterbau (4-Schnittnutzung)  
I-jährige Gründüngung (Grünbrache) (2x Mulchen)

Zu den Schnittzeitpunkten wurden jeweils der TM-Ertrag und zum letzten Schnitt im Oktober zusätzlich die Menge der Ernterückstände (Wurzeln und Stoppeln) sowie die leicht pflanzenverfügbaren Boden-N-Fractionen (CaCh-extrahierbares Nmin-N und Norg-N) erhoben. Am Pflanzenmaterial welches parallel in mit <sup>15</sup>N-angereicherten bzw. nicht mit <sup>15</sup>N-angereicherten Unterparzellen gewonnen wurde, wurden N-Gehalte sowie die <sup>15</sup>N-Anreicherungsgrade bestimmt. Die Berechnung der Jahres-NrFixierungsleistung erfolgte zum einen ertragsbasiert alternativ mit: der einfachen Differenzmethode ( $N_{fix(einf)} = N_{Leguminosengras(erntbar)} - N_{Referenz(erntbar)}$ ), der einfachen ISN-Anreicherungstechnik bzw. der einfachen natural- <sup>15</sup>N-abundance-Methode. (Berechnungen siehe LEDGARD et al., 1985), zum anderen wurden gleichen Techniken erweiterte Berechnungen beruhend auf den Stickstoffmengen der Gesamtpflanze (Sproß, Stoppel und Wurzel) unter Berücksichtigung der Nmin- und Norg-Gehalte des Bodens durchgeführt (erweiterte Differenzmethode:  $N_{fix(erw)} = N_{Leguminosengr.-Ganzpfl.} - N_{Referenz-Ganzpfl.} + (Boden-N_{Leguminosengr.} - Boden-N_{Referenz})$ ); erweiterte Natural- <sup>15</sup>N-Abundance-Methode/erweiterte <sup>15</sup>N-Anreicherungstechnik:  $N_{fix(15N-erw)} = N_{fix(ISN-Ganzpflanze)} + (Boden-N_{Leguminosengr.} - Boden-N_{Referenz})$ ). Als Referenzfrucht für die Bestimmung der N-Fixierungsleistungen diente jeweils ein gleich bewirtschafteter, ebenfalls ungedüngter Dt. Weidelgrasreinbestand.

## Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 ist Einfluß von Leguminosenart, Saatmischung und Nutzungsform auf die Höhe der N-Fixierungsleistung von Leguminosengrasbeständen am Versuchstandort Hohenschulen im Jahr 1997, ermittelt mit erweiterter Differenzmethode, dargestellt. Betrachtet man den Einfluß der Nutzungsform, so stellt man fest, daß bei Schnittnutzung Vergleich zum zweimaligen Mulchen der Gründungsbestände höhere N<sub>2</sub>-Fixierungsleistungen erreicht. Leguminosengrasgemenge erzielen Mittel der Leguminosenarten ähnliche NrFixierungen wie Leguminosenreinsaaten. Während unter Schnittnutzung mit Weißklee geringere N<sub>2</sub>-Mengen fixieren als solche Rotklee oder Luzerne, zeigt sich Weißklee im Mittel seiner Saatmischungen bei Gründungsnutzung gegenüber Rotklee und Luzerne hinsichtlich der N<sub>2</sub>-Fixierung überlegen.

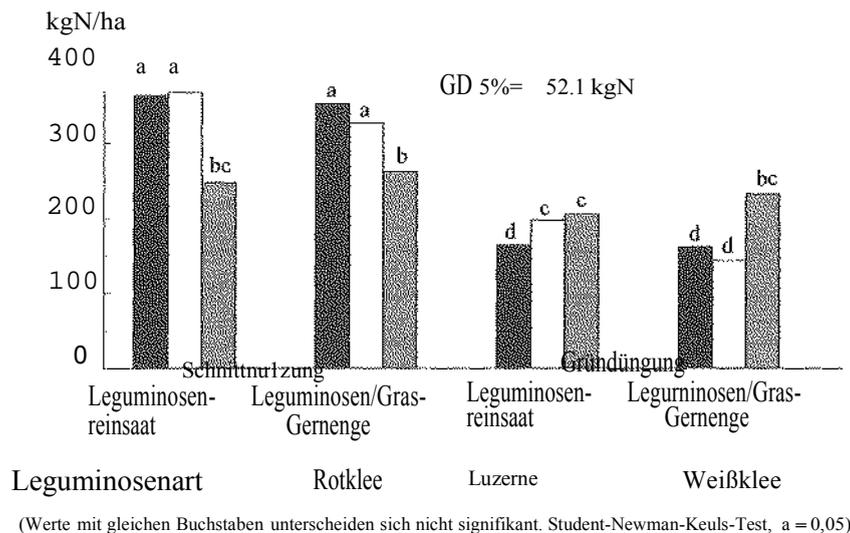


Abb. 1: Mit der erweiterten Differenzmethode ermittelte N<sub>2</sub>-Fixierungsleistungen verschiedener Leguminosen/Gras-Bestände (Versuchsstandort Hohenschulen 1997)

Die Abbildungen 2 bis 3 auf der Basis gleichen Pflanzenmaterials einen Methodenvergleich in bezug auf  $N_2$ -Fixierungsleistungen zwischen einfacher Differenzmethode und  $^{15}N$ -basierten Techniken. Während mit der einfachen  $^{15}N$ -Anreicherungstechnik, abgesehen von einer leichten Streuung, praktisch eine Übereinstimmung zu den mit einfacher Differenzmethode erzielten Ergebnissen gefunden wurde (Abb.2), wichen die Ergebnisse der einfachen Natural- $^{15}N$ -abundance-Methode deutlich von denen einfacher Differenzmethode ab (Abb.3). Unabhängig von Leguminosenart und Nutzungsform lagen die mit der einfachen Natural- $^{15}N$ -abundance-Methode ermittelten  $N_2$ -Fixierungsleistungen nur bei ca. 55% der Messwerte der einfachen Differenzmethode.

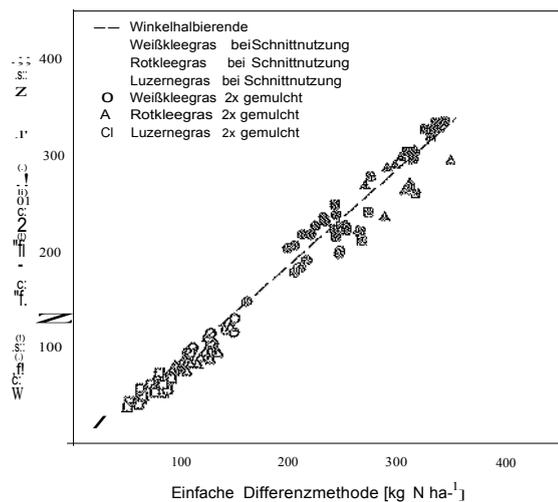


Abb. 2: Vergleich von Methoden zur Bestimmung der  $N_2$ -Fixierung: Einfache Differenzmethode vs. Einfache  $^{15}N$ -Anreicherungstechnik

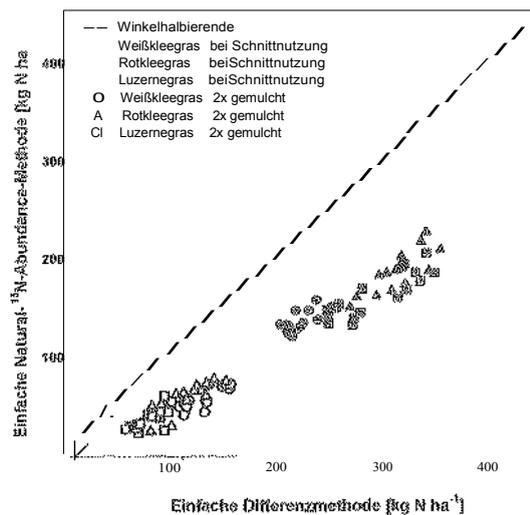


Abb. 3: Vergleich von Methoden zur Bestimmung der  $N_2$ -Fixierung: Einfache Differenzmethode vs. Einf. Natural- $^{15}N$ -abundance-Methode

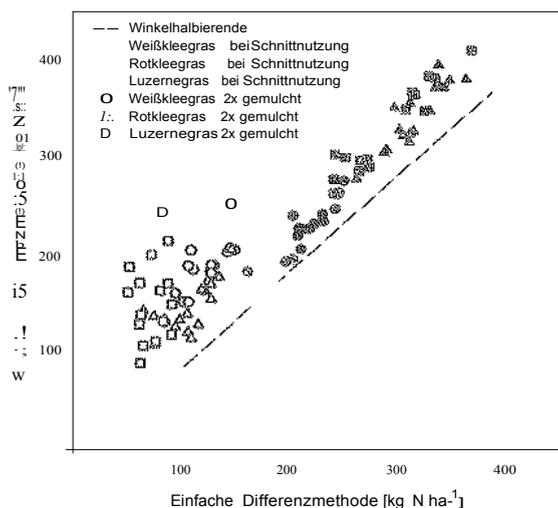


Abb. 4: Vergleich von Methoden zur Bestimmung der  $N_2$ -Fixierung: Einfache Differenzmethode vs. Erweiterte Differenzmethode

In Abb. 4 sind die Fixierungsleistungen nach einfacher Differenzmethode denen gegenübergestellt, die mit der erweiterten Differenzmethode unter Berücksichtigung von  $N_{min}$ -N und  $N_{org}$ -N sowie der N-Mengen in den nichterottbaren Pflanzenteilen wurden. Hierbei führt die einfache Differenzmethode im Vergleich zur erweiterten zu einer Unterschätzung der Fixierungsleistungen von 60 kg N /ha. Dieser Unterschied ist im wesentlichen auf die größeren N-Mengen in den Stoppeln und Wurzeln bzw. die leicht höheren Bodengehalte an  $N_{min}$ -N und  $N_{org}$ -N der Leguminosengrasbestände im Vergleich zur jeweils gleich bewirtschafteten Referenzfrucht Weidegras zurückzuführen.

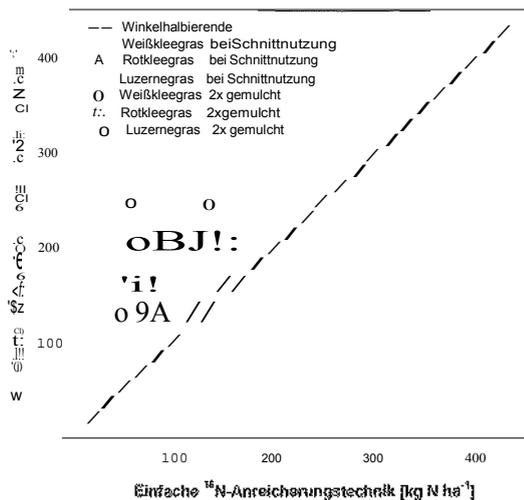


Abb. 5: Vergleich von Methoden zur Bestimmung der N<sub>2</sub>-Fixierung: Einfache <sup>15</sup>N-Anreicherungs-technik vs. Erweiterte <sup>15</sup>N-Anreicherungs-technik

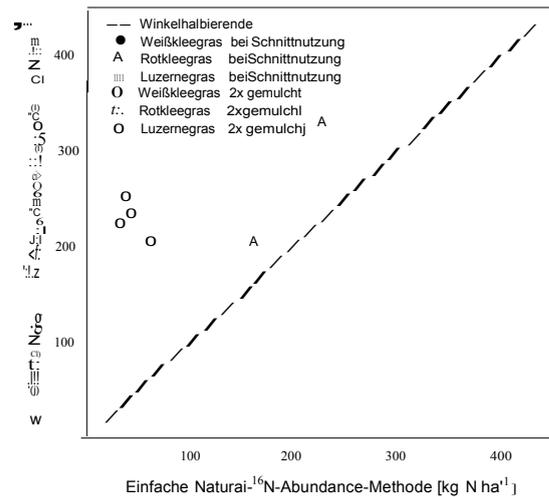


Abb. 6: Vergleich von Methoden zur Bestimmung der N<sub>2</sub>-Fixierung: Einf. Nat.-<sup>15</sup>N-abundance-Methode vs. Erw. Nat.-<sup>15</sup>N-abundance-Methode

Die Gegenüberstellung der ermittelten Ergebnisse mit den Resultaten ihrer nur auf emtbarem N basierten einfachen Berechnung (Abb. 5 bzw. 6) zeigt dem Vergleich Differenzmethoden ähnliches Bild. Die einfache <sup>15</sup>N-Anreicherungs-technik führt im Mittel verglichen zu erweiterter Form zu 78 kg N/ha niedrigeren N-Fixierungsleistungen. Die Ergebnisse der einfachen Natural-<sup>15</sup>N-abundance-Methode liegen im Vergleich zu erweiterter Form um 70 kg N/ha niedriger. Aufgrund der Schwierigkeit, repräsentativ zu erheben, ist die Wurzel- und Stoppel-N-Mengen sowie Nmin-N bzw. Norg-N-Gehalte ist weiterhin festzustellen, daß die Einbeziehung dieser Fraktionen die Streuung der Messwerte erheblich erhöht.

## Schlußfolgerungen

Die Höhe der symbiontischen N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung läßt sich durch verschiedene Kombinationen der Faktoren Leguminosenart und Nutzungsform in weiten Bereichen variieren. Die Wahl der Messtechnik hat deutlichen Einfluß auf die Höhe der ermittelten N<sub>2</sub>-Fixierung. Dieser Fakt muß beim Vergleich von unterschiedlichen Studien berücksichtigt werden. Eine Nichtberücksichtigung der N-Akkumulation im nicht emtbaren Pflanzenmaterial bzw. Boden, führt bei der Bestimmung der N<sub>2</sub>-Fixierung im Falle überjähriger Leguminosengrasgemenge zu einer deutlichen Unterschätzung ihrer Fixierungsleistung.

## Literatur

- HARDY, R. W. F. und H. D. HOLSTEN 1975: Methods for measurement of dinitrogen fixation. Secti V.: Agronomy and Ecology John Wiley and Sons, New York, 451-486.
- HEICHEL, G. H. und K. I. HENJUM 1991: Dinitrogen Fixation, Nitrogen Transfer, and Productivity of Forage Legume-Grass Communities. Crop Sci., 31, 202-208.
- LEDGARD, S. F.; J. R. SIMPSON, J. R. FRENEY und F. J. BERGERSEN 1985: Effect of reference plant on estimation of Nitrogen Fixation by subterranean Clover. Aust. J. Agric. Res., 36, 663-676.
- LOGES, R., 1998: Ertrag, Futterqualität, N<sub>2</sub>-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotklee-grasbeständen. Dissertation, Universität Kiel, Lehrstuhl Grünland und Futterbau
- SHEARER, G. and D. H. KOHL, 1986: N<sub>2</sub>-Fixation in field settings, estimations based on natural <sup>15</sup>N abundance. Aust. J. Plant Physiol. 13, 699-756.
- WACHENDORF, M., A. KORNER, und F. TAUBE, 1994: Leistungsmerkmale von Rotklee und Rotklee/Gras-Gemengen. Tagungsband der 38. Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau, 117-124.

# Blattflächenindex und Lichtnutzungseffizienz bei Silomaisorten mit unterschiedlicher Blattstellung

von

S.-H. Wang, Schmalzer und Richter

Institut für Pflanzenbauwissenschaften - Fachgebiet Grünlandssysteme -  
Humboldt-Universität zu Berlin

## 1. Einleitung

In den gemäßigten Klimazonen besitzt der Wachstumsfaktor Licht eine große Bedeutung für den Ertrag des Mais. Mais nutzt als C4-Pflanze die Sonnenenergie besonders effizient, allerdings nur bei hohem Wärme- und Strahlungsangebot und einem zügig gebildeten, leistungsfähigen Assimilationsapparat vom Silomaisbestand absorbierte Sonnenstrahlung hängt vom Blattflächenindex und der Blattstellung ab (MADDONNI & ÜTEGUI 1996). Für die Lichtaufnahme und die Ertragsbildung können blattreichere Sorten sowie eine vertikale Blattstellung von Vorteil sein (PO:MER et al. 1981). Blattstellung wird dabei durch den Winkel, den die Blätter mit der Horizontalen bilden, beschrieben. Nach BöSE (1998) kann die Sonnenstrahlung bei einer pyramidalen Blattstellung (so genannter HT-Wuchstyp) tiefer in den Maisbestand einfallen und effizienter genutzt werden. In den kolbennahen Blättern könnten dadurch mehr Assimilate gebildet werden, wodurch der Kolben besser ernährt werden soll.

wesentliche Fragestellung für die im Folgenden beschriebenen Experimente war, ob Maisbestände mit größerer Blattfläche und pyramidalen Blattstellung eine höhere Lichtaufnahme bzw. Lichtnutzungseffizienz (LUE) erreichen und dadurch im Ertrag und in der Futterqualität überlegen sind. Weiterhin wurde der Einfluss der Bestandsdichte auf Ertrag und Blattflächenindex des Mais geprüft.

## 2. Material und Methoden

Die Versuche mit Maissorten der Reifegruppen "früh" und „mittelfrüh“ wurden im Jahre 1998 am Standort Berge (westlich von Berlin, nordostdeutsches Tiefland) als zweifaktorielle Spaltanlagen mit den Faktoren Sorte und Bestandsdichte in vier Wiederholungen angelegt (Tab. 1). Innerhalb einer Reifegruppe unterscheiden sich die Sorten in der Blattstellung. Unter "Normaltyp" wird verstanden, dass die Maispflanze oberhalb des Kolbens ein dichtes Blätterdach bildet und die Blätter im Bestand eher horizontal ausgerichtet sind. Unter pyramidalem Wuchstyp wird verstanden, dass die Blätter oberhalb des Kolbens steiler aufrecht stehen, das Kolbenblatt und die Blätter unterhalb des Kolbens mehr horizontal ausgerichtet sind.

Tabelle 1: Prüffaktoren und -stufen

Reifegruppe	Siloreifezahl			- Bestandsdichte
Versuch				Pflanzen m <sup>-2</sup>
früh	a1 Arsenal	S 210	normal	b1 8
Versuch I	a2 A adir*	S 220	ramidal	b2 10
mittelfrüh	a1 Banguy	ca. S 240	normal	b1 8
Versuch II	a2 Attribut	S 240	ramidal	b2 10

\*Die Sorte Agadir wurde im Jahre 1998 nach der Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes mit einer Siloreifezahl von S 230 neu in die Reifegruppe mittelfrüh eingestuft.

Während des Maiswachstums wurden wöchentlich folgende Prüfmerkmale bestimmt:

Mittlerer Blattflächenindex (alle Blätter der Maispflanze sowie in Wuchsabschnitten von jeweils 50 cm von Bodenoberfläche bis Rispen Spitze mittels Messgerät LAI-2000

**Trockenmasseertrag (TM)**

mittels Messgerät LAI-2000 (WELLES & NORMAN 1991) und manueller Messung

- mittels Messgerät LAI-2000 und PAR-Sensor/ Ceptometer (RöVER 1994)

Lichtinterzeption [%] = (Lichtintensität oberhalb einer Blattschicht - Lichtintensität unterhalb einer Blattschicht) / Lichtintensität unterhalb einer Blattschicht x 100

**Lichtnutzungseffizienz (LUE)** als Quotient aus dem akkumulierten Trockenmasseertrag und der von den Pflanzen aufgenommenen Lichtmenge während des Maiswachstums (WESTGATE et al. 1997)

Sie ist ein Maß für die Trockenmasseproduktion in g je MJ aufgenommener photosynthetisch aktiver Strahlung (PAR).

### 3. Ergebnisse

Die Blattstellung wird für die verschiedenen Maissorten anhand der Blattwinkel deutlich (Tab. 2). Bei den Sorten ‚Agadir‘ und ‚Attribut‘ (pyramidaler Wuchstyp) ist zu erkennen, dass die Blätter von der Stängelbasis bis zum Kolben stärker horizontal ausgerichtet waren, oberhalb des Kolbens aber steiler aufgerichtet waren. Der Kolben war bei allen Sorten in einer Höhe von ca. 73...83 cm angelegt. Bei der zum Vergleich herangezogenen Sorte ‚Arsenal‘ in der Reifegruppe "früh" waren die Blätter mit Ausnahme der in Rispennähe angelegten Blätter stärker geneigt, während die mittelfrühe Sorte ‚Banguy‘ sich durch eine steilere Blattstellung in allen Blattetagen auszeichnete. Bei einer höheren Bestandsdichte richteten sich die Blätter häufiger etwas horizontaler aus, wobei aber in Abhängigkeit von Sorte und Wuchsabschnitt unterschiedliche Reaktionen auftraten.

Alle Sorten erreichten bis Ende Juli (BBCH-Stadium 69) den höchsten Blattflächenindex (Abb. 1 und Tab. 3). Die Sorte ‚Arsenal‘ wies in der Reifegruppe "früh" einen größeren Blattflächenindex auf als die Sorte ‚Agadir‘, während in der Reifegruppe "mittelfrüh" die Sorte ‚Banguy‘ die Sorte ‚Attribut‘ übertraf. Diese Unterschiede zwischen den Sorten unterschiedlichen Wuchstyps in den beiden Reifegruppen waren signifikant.

Tabelle 2: Mittlerer Blattwinkel in Abhängigkeit von Sorte und Bestandsdichte nach vollständiger Blattentwicklung (BBCH-Stadium 69)

Reife- gruppe	Sorte	Bestands- dichte Pflanzen m <sup>-2</sup>	Blattwinkel (Grad °)				
			alle Blätter	Wuchsabschnitt (cm)			
				0...50	50...100	100...150	>150
früh	Arsenal	8	48	35	45	44	58
		10	49	45	45	44	54
	Agadir	8	53	41	51	45	63
		10	53	34	46	53	64
mittelfrüh	Banguy	8	53	52	54	48	59
		10	50	48	51	51	49
	Attribut	8	51	46	50	56	50
		10	47	39	49	46	50

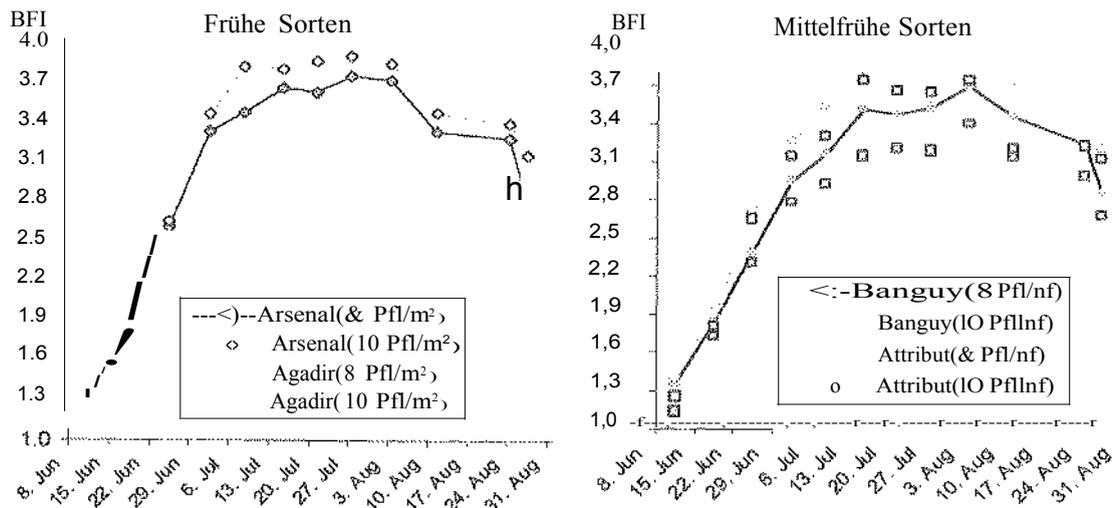


Abbildung 1: Blattflächenindex in  $m^2 m^{-2}$  in Abhängigkeit von Reifezeitpunkt und Bestandsdichte während des Maiswachstums

Sorten mit normaler Blattstellung in beiden Reifezeitpunkten jeweils geringere Trockenmasseerträge als die Vergleichssorten. Alle Sorten haben eine Lichtinterzeption von  $> 96\%$  erreicht. Der Unterschied in der Lichtinterzeption zwischen den Sorten mit unterschiedlicher Blattstellung war innerhalb der Reifezeitpunkte nicht signifikant. Die Trockenmassebildung stand bis kurz vor Ernte (BBCH-Stadium 83) in linearer Beziehung zur Menge der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung. Der Anstieg oder die Steigung kennzeichnet dabei die Lichtnutzungseffizienz (Abb. 2 und Tab. 3). Die Lichtnutzungseffizienz der Sorten mit normaler Blattstellung war innerhalb der Reifezeitpunkte deutlich höher als bei den Sorten mit pyramidalen Blattstellung. Die Sorten mit pyramidalen Blattstellung wiesen gegenüber den Sorten mit normaler Blattstellung die höhere Lichtaufnahme in den unteren, kolbennahen Blattetagen auf (Daten nicht gezeigt). Die verbesserte Lichtaufnahme hat bei den ausgewählten Sorten offenbar weniger Einfluss auf den Ertrag. Unter den gegebenen Standortbedingungen und Standortbedingungen (z.B. durch das Wasserangebot) wirken sich Sorteneigenschaften stärker auf den Ertrag aus.

Tabelle 3: Trockenmasseertrag (TM), Lichtnutzungseffizienz (LUE), Blattflächenindex (BBCH Stadium 69) und Lichtinterzeption (BBCH Stadium 69) von Silomais in Abhängigkeit von Sorte und Bestandsdichte

Reife- gruppe	Sorte	Bestandsdichte $m^{-2}$	TM $dt ha^{-1}$	LUE $gMf^{-1}$	Lichtinterzeption	
					Blattflächenindex	Interzeption %
früh	Arsenal	8	165,5	3,18	3,86	98,1
		10	161		3,40	98,1
	Agadir	8	147,2	3,03	3,33	97,0
		10	144,5		3,55	97,2
mittel- früh	Banguy	8	179,4	3,80	3,71	97,4
		10	182,7		4,03	97,9
	Attribut	8	174,1	3,43	3,47	96,7
		10	172,2		3,78	97,3

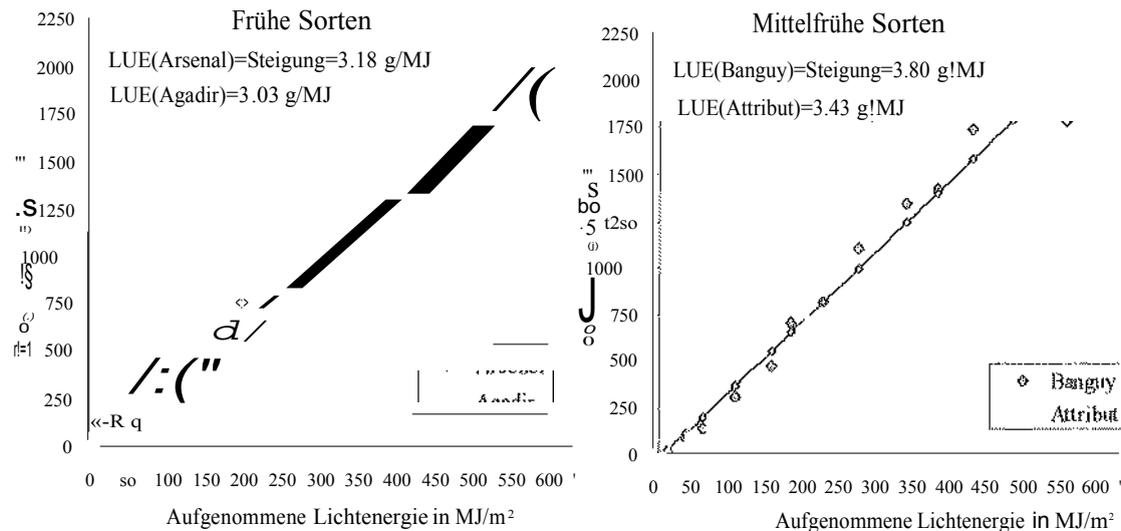


Abbildung 2: Beziehung zwischen Trockenmasseertrag und aufgenommener Lichtenergie (PAR) bei einer Bestandsdichte von 8 Pflanzen  $m^{-2}$

#### 4. Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Im Jahre 1998 wurden am Standort Berge Versuche mit Silomais mit unterschiedlicher Siloreifezahl, Blattstellung und Bestandsdichte durchgeführt.

Ein Anstieg des Ertrages durch eine pyramidale Blattstellung, die eine effizientere Nutzung des Lichtangebots durch die Maisbestände erwarten ließ, konnte in den Feldversuchen nicht nachgewiesen werden. Die geprüften Sorten mit pyramidaler Blattstellung wiesen gegenüber den Vergleichssorten innerhalb der Reifegruppe "früh" und "mittel-früh" jeweils den geringeren Blattflächenindex, die geringere Lichtnutzungseffizienz und damit den geringeren Trockenmasseertrag auf. Die Blattstellung verursachte keinen signifikanten Unterschied in der Lichtinterzeption.

Ein Anstieg der Bestandsdichte von 8 auf 10 Pflanzen  $m^{-2}$  führte zu einem größeren Blattflächenindex und einer etwas höheren Lichtinterzeption, aber mit Ausnahme der Sorte 'Banguy' nicht zu einem höheren Ertrag.

#### Literatur

- BöSE, S., 1998: 'Heliotrop'-Maissorten nutzen die Sonnenenergie effizienter und versprechen Vorteile. - *Neue Landwirtschaft* 2, 48-51.
- MADDONNI G.A. und M.E. ÜTEGUI, 1996: Leaf area, light interception and crop development in maize. - *Field Crops Research* 48, 81-87.
- POMMER, G., W. SANCHEZ und H. HÄCKEL, 1981: Auswirkung verschiedener Reihenweiten und Bestandesdichten auf den Ertrag von Maissorten mit waagerechter und aufrechter Blatthaltung. - *J. Agronomy & Crop Science* 150, 113-128.
- RÖVER A., 1994: Lichtabsorption und Ertrag in Abhängigkeit vom Blattflächenindex bei Zuckerrüben. - *Zuckerindustrie* 119, 664-670.
- WELLES J.M. und J.M. NORMAN, 1991: Instrument for indirect measurement of canopy architecture. *Agronomy Journal* 83, 818-825.
- WESTGATE, M.E., F. FORCELLA, D.C. REICOSKY und J. SOMSEN, 1997: Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: Radiation-use efficiency and grain yield. - *Field Crops Research* 49, 249-258.

# Leistung verschiedener Weißklee-Gras-Gemische auf einem nordostdeutschen Niederungsstandort

von

Jürgen Pickert <sup>1</sup> und Rudolf Schuppenies <sup>2</sup>

Landesanstalt für Landwirtschaft Brandenburg  
Abteilung Grünland- und Futterwirtschaft, Paulinenaue

<sup>2</sup> Paulinenaauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V., Paulinenaue

## 1. Zusammenfassung

Entgegen früheren Erfahrungen verliefen zu Beginn der 90er Jahre Prüfungen mit neuen Weißkleearten in Paulinenaue auf nordostdeutschem Niedermoor (KÄDING UND PETRICH 1997) und auf Tiefpflug-Sanddeckkultur (SCHUPPENIES 1996) erfolgreich. Weil praktisch kaum Erfahrungen in der Bewirtschaftung von Weißklee-Gras-Gemischen auf solchen Standorten in Nordostdeutschland vorliegen, wurde von 1994 bis 1999 die Leistung verschiedener Weißklee-Gras-Gemische unter variierter Stickstoffdüngung geprüft.

## 2. Material und Methoden

Bei dem Versuch handelte es sich um eine 2-faktorielle Spaltanlage mit den Faktoren N-Düngung (3 Stufen: 0, 40, 90 kg N/ha/Aufwuchs) und Grünlandmischung (Tab. 1, handelsübliche Mischungen verschiedener Züchter). Ansaat erfolgte als Frühjahrsblanksaat mit einer Aussaatmenge von 30 kg/ha am 03. 05. 1994 auf einer grundwasserbeeinflussten Tiefpflug-Sanddeckkultur (Humusgehalt ca. 7 %, 6,4) in Paulinenaue im Havelländischen Luch (SCHUPPENIES 1997). Die Phosphor- und Kaliumversorgung aller Prüfglieder wurde durch jährliche Düngung mit 37 kg und 210 kg K/ha als Thomas-Kali sichergestellt. N-Düngung erfolgte mit Kalkammonsalpeter zu jedem Aufwuchs. Im Ansaatjahr wurden 3 Aufwüchse, in den Folgejahren jeweils 4 Aufwüchse geerntet. Die Witterungsverläufe während der Versuchsdauer waren durch Jahre mit hohen Sommertemperaturen gekennzeichnet. Auf Entwicklung der Bestände hatte vor allem der Winter 1995/96 einen großen Einfluss. einem Mittelwert der Tagestemperatur von -2,5 °C und einer Niederschlagssumme von 66 mm für die Monate Dezember bis Februar war dieser Winter sehr kalt und niederschlagsarm. Weißklee und Deutsches Weidelgras wurden dadurch stark in Mitleidenschaft gezogen. Allerdings kam der Witterungsverlauf im Versuchsjahr 1996 der Regeneration von Deutschem Weidelgras und Weißklee sehr entgegen.

## 3. Ergebnisse

### N-Düngung und Weißkleeanteil

Weißklee konnte sich, wenn auch mit unterschiedlichen Anteilen, je nach N-Menge und Entwicklung der Graspartner über eine bestimmte Zeit in allen Düngungsstufen behaupten (Tab. 2). In gelungenen Ansaaten mit 1,8 bis 3,0 kg/ha Weißklee wurden Ertragsanteile von weit über 50% Klee erreicht und langjährig erhalten. In den meisten nahm der Kleeanteil mit den Aufwüchsen zu und lag deutlich über den anzustrebenden Anteilen von 25 bis 30 %. von 40 kg/ha und Aufwuchs wurden in den ersten beiden Jahren in allen Mischungen hohe Kleeanteile bonitiert, die danach von zu Jahr abfielen. 6. Versuchsjahr war in allen Mischungen Weißklee praktisch nur noch in Spuren vorhanden. In Mischungen mit hohen Anteilen

besonders von Rohrschwingel aber auch von Wiesenschwingel bzw. Wiesenschweidel wurde der Weißklee schneller als in den anderen Mischungen verdrängt. Nach den für das Deutsche Weidelgras ungünstigen Wintern 1995/96 und 1996/97 nahm der Weißklee 1997 vor allem in den weidetgrasgeprägten Mischungen hohe Anteile ein. Dieser zwischenzeitlich erreichte Ertragsanteil war vor allem beim 1. Aufwuchs umso höher, je größer der Anteil von Deutschem Weidelgras in der Ansaatmischung war. **N-Gaben** von haben schon im Ansaatjahr die Ausbreitung des Weißkleees behindert, ihn nicht völlig verdrängt. So stellten sich im 1. Aufwuchs des ersten Hauptnutzungsjahres in allen Mischungen noch beachtliche Kleeanteile ein. Die Fortsetzung der hohen N-Düngung hat dann im Zusammenhang mit dem strengen Winter 1995/96 zu einem starken Rückgang des Weißkleees geführt. Allerdings konnte sich der Weißklee auch bei der sehr hohen N-Düngung nach erneuten Auswinterungsverlusten in den Mischungen mit hohen Anteilen an Deutschem Weidelgras 1997 noch einmal deutlich erholen, bevor im 6. Versuchsjahr überhaupt kein mehr gefunden wurde.

#### **N-Düngung und Ertrag**

Im ersten Hauptnutzungsjahr wurden die höchsten Erträge Danach fielen sie deutlich ab und stellten sich je nach Verlauf der Jahreswitterung auf ein standorttypisches Niveau ein, das für den Versuchsstandort in Abhängigkeit von der Höhe N-Düngung zwischen 60 und 100 dt TM/ha liegt (Tab. 3). hohen Weißkleeanteilen wurden ohne N-Düngung Trockenmasseerträge von 60 bis 70 dt/ha erreicht. höchsten Trockenmasseerträge erzielte die Mischung BG VI mit einem hohen Anteil an Rohrschwingel vielseitige Mischung III und die Mischungen mit hohen Anteilen an Wiesenschwingel bzw. Wiesenschweidel waren den Mischungen mit hohen Anteilen an Deutschem Weidelgras vor allem nach einem starken Winter sowie in den letzten Versuchsjahren überlegen. Die N-Düngung steigerte die Trockenmasseerträge der Mischungen. Allerdings lag in den ersten vier Versuchsjahren eine signifikante Wechselwirkung zwischen N-Düngung und Mischungen vor. In den letzten beiden Versuchsjahren trat sie nicht mehr auf, und alle Mischungen reagierten gleichgerichtet auf die N-Düngung.

#### **Effektivität der N-Düngung**

Während der waren vor allem Gaben von 40 kg N/ha zum 1. und 4. Aufwuchs effektiv, wenn man als Grenzgröße eine Leistung von 10 kg Trockenmasse/kg Stickstoff, bezogen auf den Ertrag ohne Stickstoff, unterstellt (Tab. 4). N-Gaben von 90 kg/ha waren unökonomisch. Im Versuchszeitraum 1996/97, der durch die harten Winter geprägt war, führte die N-Gabe von 40 kg/ha nur bei der Mischung mit Rohrschwingel zu einer Ertragssteigerung über 10 kg TM/kg N, wiederum nur beim 1. und 4. Aufwuchs. Eine effektive Ertragssteigerung durch Erhöhung der N-Gabe auf 90 kg/ha blieb auf Ausnahmen beschränkt. In den Versuchsjahren stieg die Wirkung einer N-Gabe von 40 kg/ha bei allen Mischungen auf Grund der rückläufigen Weißkleeanteile deutlich an. Von Ausnahmen abgesehen war auch die weitere Erhöhung der N-Düngung auf 90 kg/ha effektiv. Mischungen mit hohen Anteilen von Deutschem Weidelgras schnitten bei der hohen Düngung zum 4. Aufwuchs deutlich besser ab.

#### **4. Schlussfolgerung**

Auf dem nordostdeutschen Niederungsstandort ließ sich Weißklee in unterschiedlichen Mischungen gut etablieren. N-Düngung war erforderlich, um seine Ertragsanteile auf

ein futterwirtschaftlich sinnvolles Maß zu bringen. Bei einer N-Düngung von 40 kg/ha!Aufwuchs konnte er sich fünf und bei 90 kg N/ha!Aufwuchs vier Jahre im stand halten. Neben der N-Düngung sind die Konkurrenzkraft der Graspartner in der Mischung dafür verantwortlich, wie schnell der Weißklee aus dem Bestand verdrängt wird. In Mischungen mit hohen Anteilen der auf ungünstige Winterwitterung weniger stark reagierenden Schwingelarten, besonders Rohrschwingel, wurde Weißklee schneller zurückgedrängt als in Mischungen mit hohen Anteilen von Deutschem delgras. weiter Weißkleeanteil zurückging, umso steigerte die N-Düngung den <sup>den</sup> Ist Weißklee Bestand vertreten, sind 40 kg N/ha!Aufwuchs zumeist ökonomisch gerechtfertigt, 90 kg N/ha!Aufwuchs dagegen nicht. wenn Weißklee nicht oder nur noch in geringen Anteilen vorhanden ist, sind auch 90 kg N/ha auf dem Standort vertretbar. Unter praktischen Bedingungen sollte die N-Düngung zu Weißkleemischungen flexibel gehandhabt und der Entwicklung Weißkleeanteile angepasst werden.

### 5. Literatur

- KÄ.DING, H.; G. PEIRICH und Autorenkollektiv, 1997: Eignung von Weißkleesorten für unterschiedliche Standorte einzelner Bundesländer Deutschlands. Arch. Acker-Pfl. Boden, Vol. , 295-304
- SCHUPPENIES, R., 1996: Weißkleesorten-Konkurrenzversuch. Jahresbericht der LVGF Paulinenau 30-34
- SCHUPPENIES, R., 1997: N-Düngung zu Weißkleemischungen. Jahresbericht der LVGF Paulinenau, 38-44

Tab. 1: Artenzusammensetzung g der Mischungen

	1	2				7	8	
			C	Tivoli Mix-Plus	Revital 301	Revital 501	BG III	BG VI
DW	10	10	68				13	0
WS	47					35	17	
WSL		47					7	
WL	17	17	26			20	10	27
WR	10	10			10		10	10
RoS	10	10					10	
RS							10	
KN							10	
WSt							10	10
WK	6	6	6	10	10	10	10	10
RK						10		
HK							3	

Erklärung: DW=Dt. Weidelgras, WS=Wiesenschwingel, WSL=Wiesenschweidel; WL=Wiesenslieschgras, WR=Wieserispse, RoS=Rotschwingel, RS=Rohrschwingel, KN=Knaulgras, WSt=Weißes Straußgras, WK=Weißklee, RK=Rotklee, HK=Hornklee

Tab. 2: Einfluss der N-Düngung ( N kg/ha/Aufwuchs) auf den Ertragsanteil von Klee (%) im 1. und 3. Aufwuchs

ha	Mischung	DW <sup>1</sup>	1994		1995		1996		1997		1998		1999	
			1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
			GI	10	48	94	71	70	6	40	76	75	13	49
Glm. <sup>2</sup>	10	43	89	51	62	5	35	81	76	23	50	43	75	
C	68	53	82	65	70	34	49	77	64	20	49	69	76	
Tivoli Mix-Plus	90	36	85	84	92	43	61	83	74	30	51	68	73	
Revital 301	56	70	88	86	85	66	76	86	73	34	54	66	78	
Revital 501	25	60	92	73	84	38	63	88	80	18	42	31	62	
BG III	13	81	89	73	80	38	63	84	80	28	39	34	69	
BG VI	0	47	92	74	76	9	30	30	42	3	16	18	60	
40	GI	10											4	
	G I m. WSL <sup>2</sup>	10											9	
	C	68											4	
	Tivoli Mix-Plus	90											2	
	Revital 301	56											6	
	Revital 501	25											5	
	BG III	13											3	
	BG VI	0											0	
90	I	10											0	
	Glm. <sup>2</sup>	10											0	
	C												0	
	Tivoli Mix-Plus	90											0	
	Revital 301	56									1		0	
	Revital 501	25									1		0	
	BG III										1		0	
	BG VI	0									1		0	
0	Mittel		55	89	72	77	30	52	76	71	21	44	46	70
40	Mittel		41	40	47	34	11	17	36	38	10	4	3	4
90	Mittel		22	19	36	10	2	4	8	11	3	1	0	0

<sup>1</sup> Anteil von Deutschem Weidelgras in der Ansaatmischung (%), <sup>2</sup> Wiesenschweidel statt Wiesenschwingel

Tab. 3: Einfluss der N-Dünung (N kg/ha/Aufwuchs) auf den Ertrag (dt TM/ha)

N	Mischun	1994						Mittel
0	GI	66,1	120,4	60,0	64,6	43,0	65,4	69,9
	Gim. WSL <sup>1</sup>	65,3	127,3	58,8	62,9	47,6	66,5	71,4
	C	69,9	124,9	61,0	56,2	38,7	57,9	68,1
	Tivoli Mix-Plus	60,5	116,8	70,9	58,2	41,8	57,1	67,6
	Revital301	71,5	130,9	70,1	63,8	40,3	54,5	71,9
	Revital 501	67,2	126,2	65,2	56,1	44,1	56,3	69,2
	BG III	77,4	136,6	82,3	76,8	50,7	68,2	82,0
	BG VI	68,6	140,0	69,3	69,5	65,7	72,3	80,9
40	I	80,4	144,0	71,9	61,6	80,1	74,8	85,5
	Gim. WSL <sup>1</sup>	78,6	145,1	73,5	71,3	80,8	78,2	87,9
	C	67,9	129,6	62,6	53,0	72,1	55,5	73,4
	Tivoli Mix-Plus	75,5	134,7	69,2	52,8	68,6	62,4	77,2
	Revital 301	80,4	136,0	72,9	60,9	78,0	67,6	82,6
	Revital 501	82,1	142,3	70,7	60,4	70,6	65,0	81,8
	BGIII	82,8	146,0	78,7	76,9	85,9	75,3	90,9
	BGVI	86,5	160,6	92,1	90,0	110,6	92,0	105,3
90	GI	88,4	143,0	90,6	85,7	99,0	110,7	102,9
	Gim. WSL <sup>1</sup>	84,4	154,2	77,9	71,6	96,2	98,2	97,1
	C	80,9	135,0	83,0	78,0	93,0	95,0	94,2
	Tivoli Mix-Plus	89,2	147,5	76,9	71,3	101,1	95,3	96,9
	Revital 301	88,6	158,9	80,7	72,9	110,8	105,8	102,9
	Revital 501	91,7	150,5	69,5	65,3	94,3	93,1	94,1
	BGIII	90,1	148,9	84,0	79,1	100,2	101,5	100,6
	BG VI	89,7	173,1	104,8	104,0	137,5	134,8	124,0
0	Mittel	68,3	127,9	67,2	63,5	46,5	62,3	72,6
40		79,3	142,3	74,0	65,9	80,8	71,4	85,6
90		87,9	151,4	83,4	78,5	104,0	104,3	101,6
Mittel	I	78,3	135,8	74,2	70,6	74,0	83,6	86,1
	GI m. WSL <sup>1</sup>	76,1	142,2	70,1	68,6	74,9	81,0	85,5
	C	72,9	129,8	68,9	62,4	67,9	69,5	78,6
	Tivoli Mix-Plus	75,1	133,0	72,3	60,8	70,5	71,6	80,5
	Revital 301	80,2	141,9	74,6	65,9	76,4	76,0	85,8
	Revital 501	80,3	139,7	68,5	60,6	69,6	71,5	81,7
	BGIII	83,4	143,8	81,7	77,6	78,9	81,7	91
	BGVI	81,6	157,9	88,7	87,8	104,6	99,7	103,4
F-Wert	A	s.	s.	n.s.	s.	s.	s.	s.
	B	s.	s.	s.	s.	s.	s.	s.
	AxB	s.	s.	s.	s.	n.s.	n.s.	
GD (5%)	A	5,1	2,9		6,5	7,7	11,4	12,0
	B	4,6	6,2	6,4	6,4	7,1	7,2	4,9
	aufStufe	8,0	10,8	11,1	11,0	12,3	12,4	
	AB aufStufe	9,0	10,5	20,7	12,1	13,8	16,2	

Wiesenschweidel statt Wiesenschwingel

Tab. 4: Effektivität der N-Düngung (kg TM/kg N) in Abhängigkeit vom Versuchsjahr

Auf- Wuchs	Mischung	N-Düngungsbereich 0 bis 40 kg/ha/Aufwuchs			N-Düngungsbereich 40 bis 90 kg/ha/Aufwuchs		
		1994/95	1996/97	1998/99	1994/95	1996/97	1998/99
		1	<b>GI</b>	20,5	2,6	16,3	7,7
	<b>Gim. WSL<sup>1</sup></b>	19,3	0,5	15,5	6,1	5,9	14,2
	<b>C</b>	3,4	6,4	8,6	3,4	1,6	16,8
	Tivoli Mix-Plus	12,5	6,0	6,0	6,1	2,8	19,1
	Revital301	5,4	- 9,4	14,4	5,7	1,2	22,2
	Revital 501	18,8	2,0	15,6	8,1	1,7	14,9
	BGIII	12,8	3,3	20,0	4,2	10,1	18,5
	BGVI	17,9	22,5	25,4	8,5	5,1	10,9
2	<b>GI</b>	12,1	2,9	13,4	- 1,3	5,8	16,3
	<b>GI m. WSL<sup>1</sup></b>	5,7	6,0	7,0	8,6	3,6	12,2
	<b>C</b>	3,4	1,6	11,3	8,0	1,7	13,4
	Tivoli Mix-Plus	6,4	4,6	14,2	14,8	3,9	18,0
	Revital 301	0,4	2,1	12,7	17,8	7,6	15,9
	Revital 501	6,9	- 1,9	6,6	7,3	2,4	13,5
	BGIII	- 1,7	- 2,9	7,1	9,1	0,8	11,9
	BGVI	10,9	3,9	12,6	4,0	1,8	17,7
3	<b>GI</b>	3,9	6,0	11,8	5,9	13,9	12,5
	<b>Gim. WSL<sup>1</sup></b>	8,0	9,9	14,4	3,8	3,5	6,1
	<b>C</b>	1,9	1,3	7,2	5,0	17,9	15,7
	Tivoli Mix-Plus	13,4	1,6	4,5	5,6	12,4	18,6
	Revital 301	8,0	3,0	14,4	3,5	9,2	16,2
	Revital 501	7,4	5,1	7,8	4,1	3,8	11,8
	BGIII	3,9	0,8	11,1	0,7	4,3	9,2
	BGVI	6,7	9,8	16,6	4,1	6,9	22,0
4	<b>GI</b>	21,8	0,4	16,5	-10,6	12,6	5,8
	<b>Gim. WSL<sup>1</sup></b>	11,8	12,5	19,1	- 7,2	- 8,3	3,0
	<b>C</b>	3,0	-11,3	11,6	4,0	24,2	14,5
	Tivoli Mix-Plus	17,8	5,9	15,4	0,0	7,1	9,8
	Revital 301	7,5	4,1	22,1	8,2	1,8	16,6
	Revital 501	11,5	7,0	13,9	- 3,4	-4,2	11,7
	BGIII	7,3	5,5	14,7	- 7,6	7,7	0,9
	BGVI	25,3	18,0	26,1	- 1,8	12,9	19,2
1-4	<b>GI</b>	13,5	2,8	14,5	2,0	10,7	13,7
	<b>Glm. WSL<sup>1</sup></b>	11,1	7,2	14,0	4,3	1,2	8,9
	<b>C</b>	1,0	0,5	9,7	5,3	11,4	15,1
	Tivoli Mix-Plus	11,8	- 2,2	10,0	7,6	6,6	16,4
	Revital301	5,0	0,0	15,9	8,9	5,0	17,7
	Revital 501	11,1	3,1	11,0	5,1	0,9	13,0
	BGIII	5,3	- 1,1	13,2	2,9	1,9	10,1
	BGVI	13,8	13,5	20,2	4,5	6,7	17,4

<sup>1</sup> W1esenschwe1del statt W1esenschwmgel

# Erfassung der Variabilität der N<sub>2</sub>-Bindung eines praxisüblichen Klee-Luzerne-Grases: Methodenentwicklung

von

Rauke Heuwinkel und Felix Locher  
LS für Pflanzenernährung, TU München, 85350 Freising

## Problemstellung

Die N<sub>2</sub>-Bindung leguminosenhaltiger Gemenge ist nur mit aufwendigen Untersuchungen zuverlässig messbar. Flächig differenzierte Daten liegen deshalb entweder nicht vor oder sind mit großen Unsicherheiten behaftet, die sich in der Genauigkeit der N-Bilanz von (Teil)Schlägen und Betrieben fortpflanzen. Ausgehend von These, dass die N<sub>2</sub>-Bindung leguminosenhaltiger Gemenge ganz wesentlich den N-Ertrag der Leguminosen bestimmt wird (BOLLER 1988, WEIßBACH 1995), ist diese aus dem Trockenmasseertrag des Bestandes, dem Beitrag der Leguminosen (Leguminosenanteil) und dem N-Gehalt der Leguminosen erchenbar. Leguminosenanteil, der nur durch die sehr arbeitsaufwendige Handsortierung sicher ermittelt werden kann, stellt dabei den am schwierigsten zu messenden dar. Deshalb wird diese Größe oftmals durch eine visuelle Schätzung ermittelt, deren Qualität von der Erfahrung des Schätzers abhängt, unabhängig davon aber zu einem gewissen Teil subjektiv bleibt. der Vergangenheit wurde aufgezeigt, dass Nah-Infrarot-Reflektions-Spektroskopie (NIRS) diese Schätzung vereinfacht und objektivieren kann (COLEMAN et al. 1985, PETERSEN et al. 1987, PIIIMAN et al. 1991, SHAFFER et al. 1990, WACHENDORFF et al. 1998).

Ziel dieses Projektes war es deshalb eine Methodik zur Messung des Leguminosenanteiles in Vielartengemengen zu entwickeln, um in Kombination mit differenziert erhobenen Ertragsdaten die tatsächliche Variabilität N<sub>2</sub>-Bindung Rotklee-Luzerne-Grases aufzeigen zu können.

## Material und Methoden

Die Untersuchungen seit 1999 als Teilprojekt des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM) auf praxisüblich bewirtschafteten Schlägen der Versuchsstation Klostergut Scheyern. In der siebengliedrigen Fruchtfolge ökologischen Betriebsteils der Versuchsstation steht an Position eins und fünf (KLG), das als Untersaat der Vorfrucht (Roggen bzw. Sonnenblume) wird. An fünf ausgewählten Standorten wurden im KLG zu jeder der vier Nutzungen Proben zur Methodenentwicklung mit geschnitten. Nach Handsortierung, Trocknung (60°C, 48 Std.) und Vermahlung (BRABENDER 1,5 mm Sieb) wurde ein Teil der durch die Trennung gebildeten Fraktionen Leguminosen bzw. Gräser über die Ernten hinweg vereint, um genügend Material zur Erstellung von Standards mit abgestuftem Leguminosengehalt (5% Schritte) zu haben. Dabei blieb von jeder Probe soviel Material zurück, dass diese als 0% bzw. 100% Probe ebenso mit dem NIR-Spektrometer vermessen werden konnte. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Mengen dominierte in den Mischproben der dritte Erntetermin (August).

In zwei Schlägen (A04: 2,25 ha und A09: 2,35 ha) wurden flächig differenzierte Ertragsmessungen durch Messung des Frischmasse- und Trockenmasseertrages von 12m<sup>2</sup> großen Teilflächen vorgenommen. Diese Flächen waren in regelmäßigen Abständen über das Feld verteilt (90 pro Schlag). Die getrockneten Unterproben dieser Flächen

wurden zur Messung am NIRS weiterverarbeitet (s.o.). Die Interpolation der flächig erhobenen Daten in den Schlag erfolgte mit IDW (Inverse Distance Weighing) im Programm ARCVIEW GIS.

Zur NIRS diente ein FT-NIR (Vector 22N-C, BRUKER OPTIK), das mit einem externen NIR-Integrationskugelmodul ausgestattet ist, bei dem ein Probenbecher (Durchmesser 9 cm) über einen Messtleck von 2 cm Durchmesser rotiert. Jeder Standard (insgesamt 66) wurde im Bereich von  $7500\text{ cm}^{-1}$  bis  $3950\text{ cm}^{-1}$  ( $1333\text{-}2531\text{ nm}$ ) mit einer Auflösung von  $10\text{ cm}^{-1}$  und 30 scans pro Probe dreifach vermessen. Alle Spektren gingen in die Kalibration ein. Tatsächliche Proben wurden nur einfach gemessen. Mit Hilfe des von BRUKER angebotenen Softwarepaketes OPUS-NT (Version 2.06) erfolgte die weitere Spektrenbearbeitung und statistische Auswertung.

### Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 1 sind zwei typische Spektren von Reinproben aus Leguminosen und Gräsern im Original und mit ihrer ersten Ableitung dargestellt. Die Unterschiede sind insgesamt gering. Bereiche die sich zur Unterscheidung als wichtig erwiesen (an der x-Achse markiert), decken sich z.T. mit den Angaben von PETERSEN et al. (1987) (um  $5000\text{ cm}^{-1}$ ).

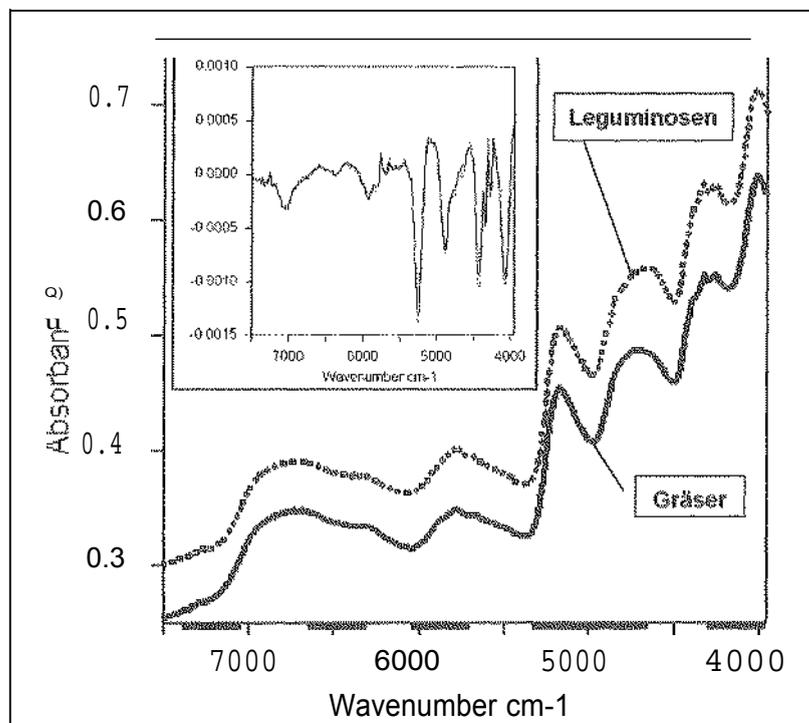


Abb. 1: Typische Originalspektren von Leguminosen- und Grasreinfractionen, die durch Sortierung eines Rotklee-Luzerne-Grases gewonnen wurden. Bereiche, die zur Probendifferenzierung wichtig waren, sind auf der x-Achse durch schwarze Balken markiert. Die kleine Grafik zeigt die erste Ableitung beider Kurven, d.h. Unterschiede im Kurvenverlauf der Spektren werden damit deutlicher.

Die Bearbeitung der Daten, d.h. Spektrenvorbehandlung und Regressionsanalyse, erfolgte bisher primär mit den Optimierungsroutinen von OPUS-NT. Danach erwies sich die multiplikative Streukorrektur (MSC) als beste Datenvorbehandlung zur Ermittlung einer engen Beziehung zwischen Spektrum und Leguminosenanteil. Schon mit 4 Rängen (d.h. Vektoren der Hauptkomponentenanalyse) wurde ein optimaler Bezug zum Inhaltsstoff Leguminose erreicht (Abb. 2). Durch Kreuzvalidierung der Standards errechnete sich ein mittlerer Vorhersagefehler für den Leguminosenanteil von 1,6 %. Das war trotz der geringen Anzahl Standards (SHAFFER et al. 1990) ein ver-

gleichsweise guter Wert (SHAFFER et al. 1990, WACHENDORFF et al. 1998). Dies ließ vermuten, dass die Proben bisher nur eine geringe Variabilität erfassten, was mit der Dominanz des dritten Schnittes in den Mischungen zu erklären wäre.

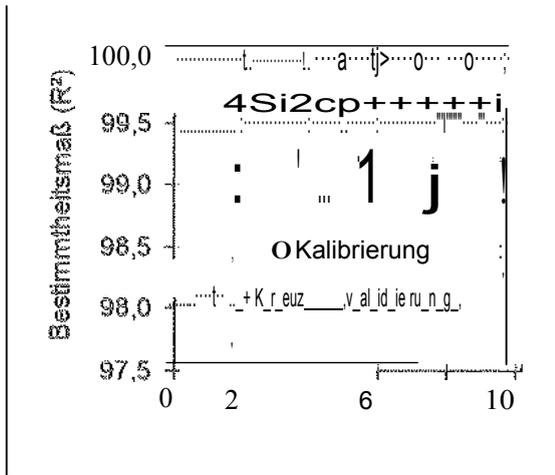


Abb. 2: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Hauptkomponentenanalyse zur Kalibrierung von Spektren und Leguminosenanteil und deren Kreuzvalidierung. Schon mit vier Rängen (Vektoren) erzielte die eine optimale Übereinstimmung mit dem wahren Wert.

Trotzdem wurde das Modell in einer ersten Anwendung zur Analyse der Proben aus der flächigen Ertragserhebung herangezogen. Ergebnisse für 1999 und auch für den ersten Schnitt 2000 stimmten gut mit dem ‚Bild‘ zur relativen Verteilung des Leguminosenanteiles überein, das u. a. durch die visuelle Bonitur entstand. Auch wurde mit dem keine Probe mit weniger als 0% bzw. mehr als 100% Leguminosengehalt eingestuft. Beispielhaft ist hier die dritte Ernte des Jahres 1999 vom A09 dargestellt (Abb. 3 links). Nach schwankte der Leguminosenanteil im Schlag zwischen 41 und 96%, während visuell 45-95% geschätzt worden waren. Demnach schien das Modell doch schon relativ viel der möglichen Streuung abzudecken, was weiter zu prüfen ist.

Beim Vergleich der Verteilung des Leguminosenanteiles im Schlag mit des Trockenmasseertrages des Bestandes (Abb. 3) zeigte sich, dass nicht immer hohe träge mit hohem Leguminosenanteil einhergehen müssen und vice versa. Demzufolge war mit einer starken Differenzierung des N-Gewinns in der Fläche zu rechnen. Im gegebenen Beispiel bewegte sich der Trockenmasseertrag des Bestandes zwischen 174 und 509 g TM/m<sup>2</sup> bei im Mittel 348 g TM/m<sup>2</sup>. Damit betrug, bezogen auf den Aufwuchs, die N<sub>2</sub>-Bindung zu diesem Termin im Mittel 7,5 g N/m<sup>2</sup>, wobei dieser Wert im Schlag zwischen 3,0 und 10,0 g N/m<sup>2</sup> (bzw. 30-100 kg N/ha) schwankte.

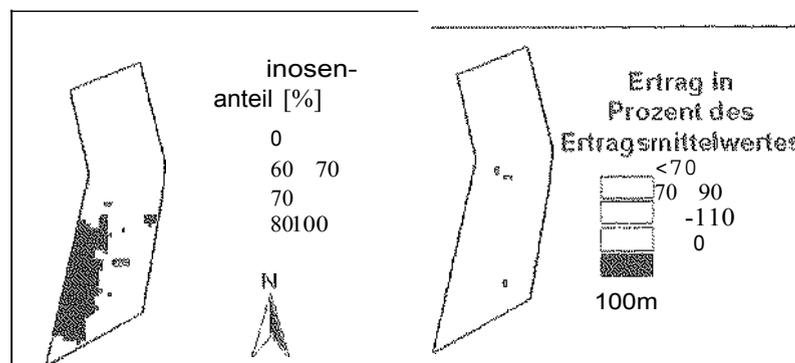


Abb. 3: Verteilung des mit gemessenen Leguminosenanteiles am Trockenmasseertrag (links) und des Trockenmasseertrages (rechts) im Rotklee-Luzerne-Gras des A09 am 26.08.1999. Der Trockenmasseertrag wurde relativ zum mittleren Ertrag des Schlages (348 g TM/m<sup>2</sup>) dargestellt. Beide Karten entstanden durch Interpolation von 90 Einzelwerten (Methode: Inverse Distance Weighing, Power 2, ARCVIEW)

## Schlußfolgerung

Es bestätigte sich die gute Eignung der NIRS zur Messung des Leguminosenanteiles in KLG. Schon mit wenig Standards konnte ein relativ stabiles Modell erstellt werden. Wie wichtig Faktoren wie Standort, Art, Sorte, Alter, Verarbeitung, etc. für die Vorhersagesicherheit dieses Modells sind ist noch zu prüfen. Eine intensive Validierung des Modells, die nach den Ergebnissen anderer (PITMAN et al. 1991, SHAFFER et al. 1990, WACHENDORFF et al. 1998) bevorzugt mit handsortierten und wieder vermengten Benerfolgen sollte, wird dazu Hinweise erbringen.

Kombiniert mit Ertragsmessungen entsteht ein Werkzeug mit dem sowohl N-Bilanzen von Fruchtfolgen mit Leguminosenhaltigen Gemengen verbessert werden können, als auch eine großflächige Analyse der Wechselwirkung zwischen Standorteigenschaften und N<sub>r</sub>-Bindeleistung eines Gemenges möglich wird.

Zur Anwendung während eines Erntevorganges ist in einem weiteren Schritt die Erarbeitung geeigneter Kalibrationen für feuchte Proben und/oder kaum zerkleinerter Proben nötig.

## Danksagung

Thomas Festner möchten wir für seine Versuchsbetreuung danken. Forschungsaktivitäten des FAM werden durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (0339370) unterstützt. Die Pacht- und Betriebskosten der Versuchsstation Klostersgut Scheuern trägt das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultur, Wissenschaft und Kunst.

## Literatur

- BoLLER, (1988): Biologische Stickstoff-Fixierung von Weiß- und Rotklee unter Feldbedingungen. Landwirtschaft Schweiz, 1 (4), 251-253.
- COLEMAN, S.W., BARTON II, und MEYER, R.D. (1985): The use of near-infrared reflectance spectroscopy to predict species composition of forage mixtures. Crop Science, 85, 834-837.
- PETERSEN, J.C., BARTON F.E., WINDHAM, und HOVELAND, S. (1987): Botanical composition definition of Tall Fescue-White Clover mixtures by near infrared reflectance spectroscopy. Crop Science, 27, 1077-1080.
- PITMAN, W.D., PIACITELLI, C.K., AIKEN, G.E. und BARTON II, F.E. (1991): Botanical composition of tropical grass-legume pastures estimated with near-infrared reflectance spectroscopy. Agronomy Journal, 83, 103-107.
- SHAFFER, J.A., JUNG, G.A., SHENK, J.S. und ABRAMS, S.M. (1990): Estimation of botanical composition in Alfalfa/Ryegrass mixtures by near infrared spectroscopy. Agronomy Journal, 82, 669-673.
- WACHENDORF, M., INGWERSEN, und TAUBE, (1998): Prediction of the clover content of red clover- and white clover-grass mixtures by near-infrared reflectance spectroscopy. Grassland Forage Science, 54, 87-90.
- WeißBACH, F. (1995): Über die Schätzung des Beitrages der symbiontischen N<sub>2</sub>-Fixierung durch Weißklee zur Stickstoffbilanz von Grünlandflächen. Landbauforschung Völkenrode, 45 (2), 67-74.

# Auswirkungen unterschiedlicher Beweidungsintensitäten auf die Salzwiesenvegetation

(dargestellt am Beispiel des „WWF-Modellprojektes“ auf Hallig Langeneß)

von

Heike Feddersen und Renate Bockholt

Fachgebiet Grünland Futterbau,  
Agrarwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

## 1. Einleitung und Projekt

Die Salzwiesen der Halligen unterliegen seit jeher der landwirtschaftlichen Nutzung. Naturbedingte Bewirtschaftungerschwernisse, sowie der strukturelle landwirtschaftliche Wandel der 70-er Jahre und die verstärkte Vorweide der überwinternden Ringelgänse setzten die Landwirte unter einen immer stärkeren Existenzdruck, dessen Problemlösung in einer starken Intensivierung der Weidenutzung gesucht und mit partieller Überbeweidung praktiziert wurde (MELF, 1986). Angesichts dieses Problems verabschiedete das schleswig-holsteinische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1987 das Halligprogramm mit dem Ziel durch eine Form des Vertragsnaturschutzes die Halligbewirtschaftung zu extensivieren.

Begleitend zu diesem Programm führt der WWF auf der im Nationalpark "Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer" gelegenen Hallig Langeneß einen Modellversuch durch, um die Vegetationsentwicklung der Salzwiesen bei verschiedenen extensiven Beweidungsvarianten durch Rinder einschließlich bei Brache zu untersuchen.

## 2. Material und Methoden

Auf der 20 ha großen WWF-Salzwiese werden vier Beweidungsintensitäten praktiziert (s. Abb.1): Die Hausferne wird "intensiv" (1,3 GV/ha), die Mittelhallig "extensiv" (0,6 GV/ha) und die Norder- und Schaffenne "sehr extensiv" (0,4 GV/ha) beweidet. Vollständig aus der Nutzung herausgenommen ist seit 1982 die relativ hoch gelegene Süderferne und seit 1987 der relativ niedrig liegende Kornkoog. Die Vegetation der verschiedenen Nutzungsstufen liegenden Dauerbeobachtungsflächen

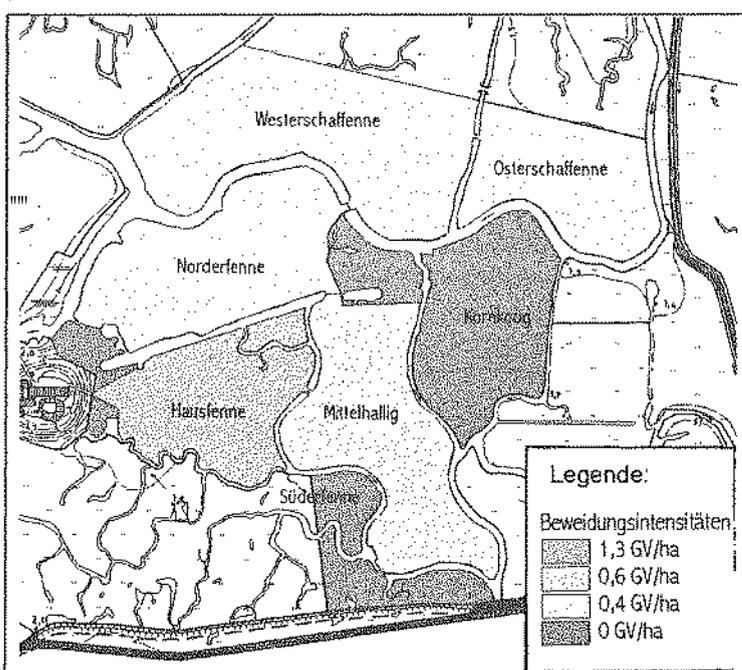


Abb.1: Beweidungsintensitäten der WWF-Salzwiese

wird seit 1993 jährlich Anfang August aufgenommen. Zur Auswertung der Vegetationsaufnahmen wurde ein graphentheoretisches Clusteranalyseverfahren nach ZAHN (1971) herangezogen, welches die Gruppierung der Dauerquadrate mit ähnlicher Artenzusammensetzung ermöglichte. Ergänzend wurden die Standortfaktoren Niveauhöhe und Grundwasserflurabstand untersucht. 1993 wurde das gesamte Untersuchungsgebiet von HAGGE und 1998 von der Autorin flächendeckend kartiert und Vegetationskarten angefertigt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Vegetationsentwicklung in großräumiger Betrachtungsweise

Der Vergleich der Vegetationskarten von 1993 und 1998 mittels Flächenbilanz zeigte, daß Fennen mit schwächerem Beweidungsdruck einer größeren Vegetationsdynamik unterliegen als intensiver beweidete Flächen (s. Tab. 1).

Das Vegetationsbild der „intensiv“ beweideten Hausfenne hat sich innerhalb der fünf Jahre kaum verändert (s. Abb. 2). Unbeeindruckt von den Standortbedingungen kommt hier überwiegend ein kurzverbissener *Festuca rubra*-Rasen (Rotschwingel-Rasen) vor. Lediglich in der geringfügig tiefer gelegenen von kleinen Priel durchzogenen Kernzone der Fenne, in der das Wasser nach Überflutungen länger steht, tritt die Übergangsgesellschaft *Juncetum geradii* (Bottenbinsen-Gesellschaft) / *Festuca rubra*-Rasen auf.

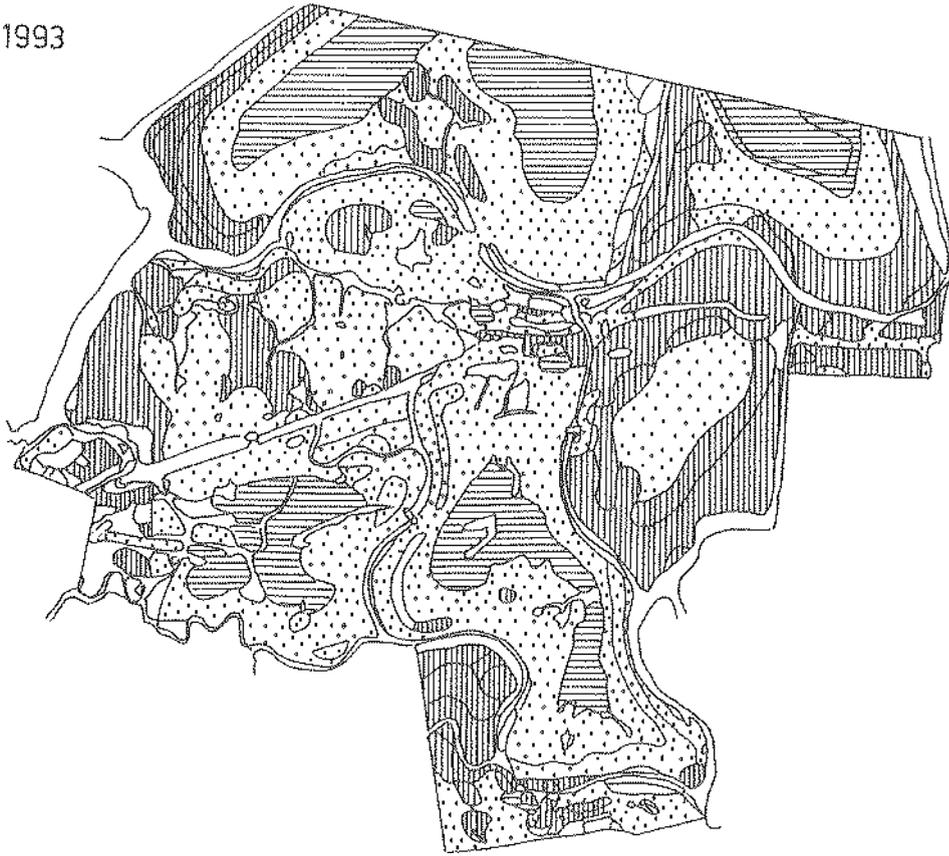
Auch die „extensiv“ beweidete Mittelhallig ist überwiegend vom *Festuca rubra*-Rasen geprägt. Lediglich im tiefer liegenden Saumbereich eines kleinen Prielsystemes, welches die Fenne in Nord-Süd-Richtung durchzieht, kann sich das *Juncetum geradii* bzw. die Übergangsgesellschaft *Juncetum geradii* / *Festuca rubra*-Rasen behaupten. *Leontodon autumnalis* konnte entsprechend der Entwicklung auf der „intensiv“ beweideten Parzelle seine Flächenanteile entlang der höherer gelegenen, parallel zum Priel verlaufenden Erhebung vergrößern.

Auf der „sehr extensiv“ beweideten Norder- und Schaffenne konnte eine deutliche Verschiebung der Pflanzengesellschaften in Gesellschaften älterer Sukzessionsstadien festgestellt werden. Der *Festuca rubra*-Rasen hat sich innerhalb von fünf Jahren auf Kosten des *Juncetum geradii* und der Übergangsgesellschaft *Juncetum geradii* / *Festuca rubra*-Rasen ausgebreitet und beide Gesellschaften vollständig verdrängt. Die *Elytrigia*-Gesellschaft (Strandquecken-Gesellschaft) hat sich auf Kosten des *Festuca rubra*-Rasens vor allem vom Saumbereich der großen Priele her ausgebreitet. Zusammen mit der *Elytrigia*-Gesellschaft / *Festuca rubra*-Rasen dominiert sie nach zehnjähriger Nutzungsänderung auf mehr als der Hälfte der beiden Fennen.

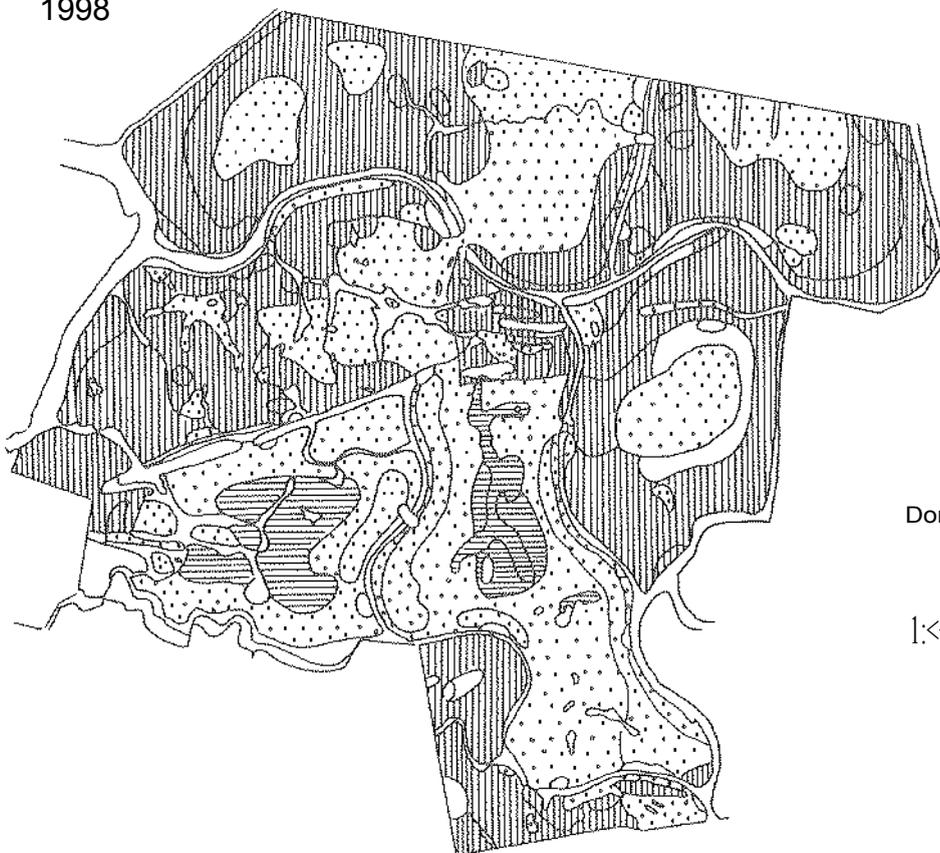
Die Vegetationsentwicklung und -ausprägung der brachliegenden Fennen wird entscheidend von den Standortbedingungen und vom Zeitpunkt der zurückliegenden Nutzungsänderung beeinflusst. In der seit 18 Jahren unbeweideten, relativ hoch gelegenen Süderfenne ist die Vegetationsdynamik nur noch gering. Das Endstadium der Salzwiesensukzession, die *Elytrigia*-Gesellschaft, ist 1993 auf der Hälfte der Fenne erreicht, ein weiteres Viertel ist von der Übergangsgesellschaft *Elytrigia*-Gesellschaft / *Festuca rubra*-Rasen geprägt. Innerhalb der fünf folgenden Jahre konnten die *Elytrigia*-Arten ihre Bestände weiter verdichten und dominieren 1998 die Parzelle fast flächendeckend. Lediglich in zwei Bereichen vermögen sich kleine *Atriplex prostrata* (Spießmelde) Bestände, teilweise in kleinflächigem Wechsel mit der *Elytrigia*-Gesellschaft, behaupten.

Der seit dreizehn Jahren unbeweidete, etwas tiefer gelegene Kornkoog belegt allerdings, daß Brache nicht automatisch eine „Queckenflur“ nach sich ziehen muß. Im Zentrum der

1993



1998



Dominierende Art

Juncus gerardi

[<<<] Festuca rubra

— Agropyron spec.

Abb.2: Vegetationskarten der WWF-Salzwiese, Bestand 1993 und 1998  
(vereinfachte Darstellung)

Fenne, welche von einem hoch anstehenden Grundwasserflurabstand geprägt ist, präsentiert sich nach wie vor ein artenreicher *Festuca rubra*-Rasen mit einem reichen Blütenmeer von *Aster tripolium* (Strandaster), *Suaeda maritima* (Strandsode) und *Limonium vulgare* (Strandflieder). Durch zunehmende Niveauhöhe und tiefere Grundwasserflurabstände leitet ein anschließender Saum der Übergangsgesellschaft *Festuca rubra*-Rasen / *Elytrigia*-Gesellschaft bzw. *Atriplex prostrata* / *Elytrigia*-Gesellschaft allerdings auch auf dieser Brache in die *Elytrigia*-Gesellschaft über.

Tab. 1: Flächenanteile [%] der bedeutendsten Pflanzengesellschaften im Jahr 1993 und 1998 in unterschiedlichen Nutzungsstufen.

Nutzungsform	„intensiv“ beweidet (1,3 GV/ha)		„extensiv“ beweidet (0,6 GV/ha)		„sehr extensiv“ beweidet (0,4 GV/ha)		13-jährige Brache; tief gelegen		18-jährige Brache; hoch gelegen	
	1993	1998	1993	1998	1993	1998	1993	1998	1993	1998
<b>Pflanzengesellschaft</b>										
<i>Juncetum gerardii</i>			14	14	10	0				
<i>Festuca rubra</i> -Rasen	49	60	5	44	28		30	22		
<i>Festuca rubra</i> -Rasen, Ausb.	11	11	21							
<i>Leontodon autumnalis</i>					42				21	0
<i>Festuca rubra</i> -Rasen I							0	11		
<i>Atriplex prostrata</i> -Bestände									21	0
<i>Elytrigia</i> -Gesellschaft					4	17	47	51	50	87

### 3.2 Detaillierte Vegetationsentwicklung in Dauerbeobachtungsflächen

Die nachfolgende Auswahl an Clustern zeigt die detaillierte Vegetationsentwicklung der gruppierten Dauerquadrate für typische Vegetationstypen in den vier verschiedenen Nutzungsstufen (s. Abb. 3):

Die vom *Festuca rubra*-Rasen geprägten Dauerquadrate der „intensiv“ beweideten Parzelle sind in Cluster 1 gruppiert. Das Vegetationsbild ist durch die gesamte Versuchslaufzeit hindurch von dieser Pflanzengesellschaft charakterisiert und wird 1998 zu fast  $\frac{2}{3}$  von der namensgebenden Art dominiert. *Agrostis stolonifera* (Weißes Straußgras) erreicht schwankende Deckungsgrade von 20-40 %. Der Anteil der typischen Salzwiesenkräuter mit ca. 20 % ist vergleichsweise mit dem Kräuteranteil der vom *Festuca rubra*-Rasen geprägten Dauerquadrate der extensiv beweideten Fenne deutlich geringer.

Cluster 2 repräsentiert die Vegetationsentwicklung der im Saumbereich der Priele liegenden Dauerquadrate auf der „sehr extensiv“ beweideten Fenne. Zu Versuchsbeginn vom *Festuca rubra*-Rasen geprägt hat sich nach fast 10-jähriger Versuchslaufzeit eine Übergangsgesellschaft aus *Festuca rubra*-Rasen / *Elytrigia*-Gesellschaft ausgebildet, in deren Entwicklung die *Elytrigia*-Arten ihre Deckungsgrade von 10 % auf 50 % vergrößerten.

Die Vegetationsentwicklung hochgelegener, prielnaher Standorte auf der 18-jährigen Brachfläche wird durch Cluster 3 demonstriert. Die *Elytrigia*-Arten konnten sich kontinuierlich ausbreiten und bilden inzwischen 90 %-ige dichte Bestände aus, in denen

Gräser genauso wie kleinwüchsige Kräuter einer starken Lichtkonkurrenz unterliegen und zurückgedrängt werden.

Die im Zentrum der 13-jährigen Brache liegenden in Cluster 4 gruppierten Dauerquadrate belegen, daß sich auf Brachflächen auch artenreiche Bestände ausbilden können. Die durch niedrige Niveauhöhe und hohe Grundwasserstände gekennzeichnete Flächen ist von einem blütenreichen *Festuca rubra*-Rasen geprägt. Hier bestimmen Kräuter wie *Aster tripolium*, *Triglochin maritimum* (Stranddreizack), *Juncetum geradii* (Bottenbinse) sowie *Atriplex prostrata* das Vegetationsbild.

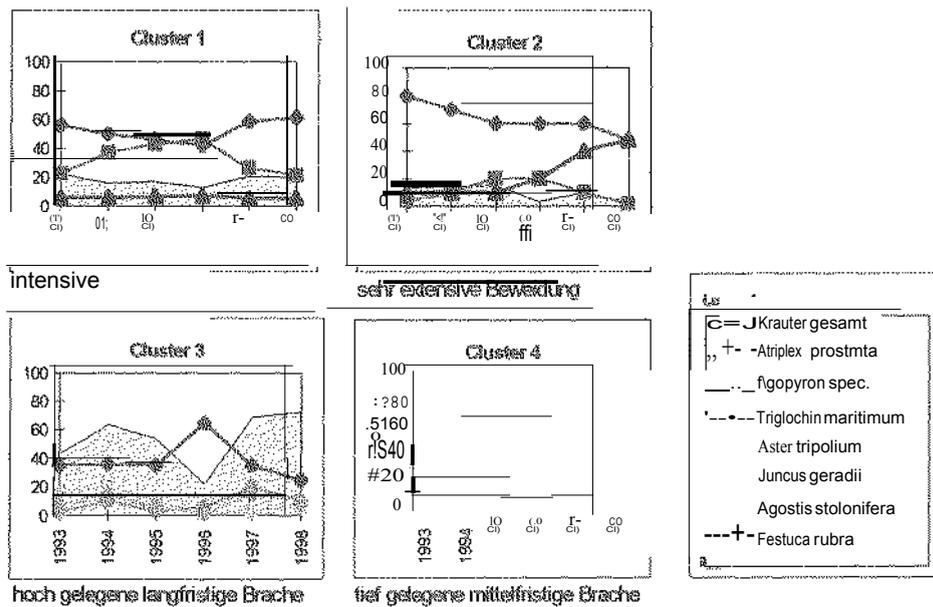


Abb. 3: Beispiele für die Vegetationsentwicklung der geclusterten Dauerquadraten

#### 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Sukzession und das heutige Vegetationsbild der „WWF-Salzwiese“ ist nach zehnjährigem Modellversuch in den Fennen unterschiedlicher Nutzungsintensität sehr differenziert, da die Ausprägung der Salzwiesenvegetation entscheidend vom Beweidungsgradienten und abiotischen Faktoren beeinflusst wird.

In den von der Internationalen Naturschutz-Union (IUCN) für Nationalparke postulierten Zielen werden die Erhaltung der Salzwiesen und der Artenvielfalt sowie der Schutz typischer Salzwiesenarten genannt. Dementsprechend ist eine intensive Beweidung abzulehnen, da sie einen relativ kurzen, monotonen sowie vegetations- und strukturarmen Rasen bedingt (vgl. auch KIEHL, 1997). Ebenso ist die komplette Nutzungsaufgabe von relativ hoch gelegenen Fennen mit großem Grundwasserflurabstand zu vermeiden, da diese Standorte innerhalb kürzester Zeit „Verquecken“ und die *Elytrigia*-Arten durch ihre starke Konkurrenzskraft die kleinwüchsigen typischen Salzwiesenarten verdrängen und dadurch die Bestände aus botanischer Sicht verarmen (DIJKEMA 1983, BAKKER 1985, KIEHL 1994).

Um den geforderten Naturschutzzielen gerecht zu werden sollte folglich eine extensive landwirtschaftliche Nutzung mit einer durchschnittlichen Besatzstärke von 0,6 GV / ha praktiziert werden, wobei der Weidenauftrieb aus Sicht des Brutvogelschutzes nicht vor dem 1. Juni erfolgen sollte.

Insgesamt bietet sich ein Bewirtschaftungs mosaik verschiedener Nutzungsformen in unterschiedlicher Intensität an. Der vielgestaltige, vegetations- und strukturreiche Teppich des Bewirtschaftungs mosaiks sollte sich dabei sowohl aus Mahd- als auch aus

Weideflächen zusammensetzen. Die Beweidung sollte in differenzierten Intensitäten erfolgen. Einige können ohne Nutzung ihrer natürlichen Sukzession überlassen werden. Als Brachflächen bieten sich tief gelegenen, reich strukturierten, von zahlreichen oder langanhaltenden Überflutungen geprägten Standorte an. Hoch gelegene, strukturärmere Flächen, welche seltener überflutet werden, sind dagegen bevorzugt in der Nutzung zu behalten, da sich sonst bereits nach einigen Jahren artenarme Queckenbestände entwickeln.

1992 überarbeitete Fassung des Halligprogramms, dem eine nachhaltige, umweltgerechte Landbewirtschaftung verankert ist, bietet mit seinen verschiedenen Möglichkeiten um das gewünschte Mosaik unterschiedlicher Vegetations- und Strukturtypen umzusetzen. Anzustreben ist die Erweiterung des Halligprogramms durch Programme, welche Maßnahmen des Küstenuferstrandstreifenprogramms der Landesregierung Schleswig-Holsteins auch auf den Halligen umsetzt. sollten an Priel-Gräben langfristig aus Nutzung genommen werden, da das Vieh die Grasnarbe an den zerstört. Schaffung solcher von Verbiß und ungestörter sich frei entwickelnder Salzwiesenbereiche wirkt sich auf beweidungsempfindliche Salzwiesenarten wie *portulacoides* (Portulakkeilmelde) *Artemisia maritima* (Strandbeifuß) aus. Auch aus Sicht des Brutvogelschutzes sind solche naturbelassene, zu begrüßen.

## Literatur

- BAKKER, J. (1985): The of grazing on commutles, populations soil conditions on marshes. *Vegetatio* 62, 391-398.
- DIJKEMA, S. (1983): The salt vegetation of the coast, and halligen. In: Dijkema, S. J. Wolff (Hrsg): *Flora vegetation of the W-islands and coastal areas*. Report 9 of the working Group, Balkema, Rotterdam, 185-220.
- HAGGE, (1993): Vegetation "WWF-Salzwiese" auf der Langeneß Maßstab 1: 2000. WWF-Projektbüro Husum, unveröff., 9 S.
- KIEHL, M. STOCK (1994): Natur- oder Kulturlandschaft? Wattenmeersalzwiesen zwischen Ansprüchen von Naturschutz, und Landwirtschaft. In: Lozan, J. v. Westernhagen (Hrsg.): *Warnsignale aus dem* Blackwell, pp 190 - 196, Berlin.
- KIEHL, (1997): Vegetationsmuster in Vorlandsalzwiesen in Abhängigkeit Beweidung und abiotischen Standortfaktoren, Mitteilung der Arbeitsgemeinschaft Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg. Arbeitsgemeinschaft Geobotanik Schleswig-Holstein und Harnburg e. V., Kiel, 124 S.
- MELF (1986): Halligprogramm: Sicherung und Verbesserung der Erwerbsquellen der Halligbevölkerung der Landschaftspflege und Landwirtschaft, des Küstenschutzes und des Fremdenverkehrs. Kiel, MELF, 36 S.
- MELF (1987): für die Gewährung eines Pflegentgelts im Rahmen des Halligprogramms. Amtsblatt für Schleswig-Holstein 1987 Nr. S. 269-271.
- ZAHN, T. (1971): Graph-Theoretical Methods for Detecting and Describing Gestalt Clusters. *Transactions on computers*, Vol. C-20, NO. 1, 68-86.

# Zur Variabilität der $N_{min}$ -, Phosphat- und Kaliummengen auf Pferdeweiden

von

W. Opitz, V. Boberfeld, Ferling und Sterzenbach

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II  
- Grünlandwirtschaft und Futterbau - der Justus-Liebig-Universität Gießen

## 1. Problemstellung

Aufgrund von Nährstoffrückflüssen durch Exkremeinte liegt bei Weidenutzung ein weitestgehend geschlossener Nährstoffkreislauf vor (MANNETJE & JARVIS 1990); Folgen davon sind erhöhte  $N_{min}$ -Konzentrationen im Sickerwasser sein. Pferde neigen dazu, Exkremeinte konstant in bestimmten Weidebereichen abzusetzen. Diese Bereiche bleiben bei der Futteraufnahme weitestgehend verschont; es bilden sich Geilstellen, besiedelt durch Gräser und Kräuter mit hohen N-Ansprüchen, die durch Kahlfraßstellen unterbrochen sind (OPITZ V. BOBERFELD 1994). Im Gegensatz zu Rinderweiden, die durch Rinder beweidet werden, gibt es für Pferdeweiden kaum Informationen zur Variabilität der Nährstoffmengen innerhalb der Koppeln (ANGER 1993, Hü: Miv! 1994, OPITZ V. BOBERFELD 1996, ANGER et al. 1997).

Ziel der Untersuchungen war es, herauszufinden, ob die Weidezone Auswirkungen auf die Variabilität der Nährstoff-Mengen der Böden hat. Dazu wurden Kahlfraß- und Restflächen getrennt untersucht. Um einen eventuellen tierartbezogenen Unterschied herauszuarbeiten, dienten Rinderweiden für Vergleichszwecke.

## 2. Material und Methoden

Untersucht wurden Kahlfraß- und Restflächen vier verschiedener Pferde- und Rinderweiden mit einer Besatzdichte von 4 bis 10 GV\*ha<sup>-1</sup> im Vorderen Odenwald – 130 m ü. NN, pH 6,0-7,0 – im November nach Abtrieb der Tiere vor der Bildung von Sickerwasser. Unmittelbar nach der Probenahme mit dem Pürkauer-Bohrstock erfolgte die Extraktion von  $NH_4$  und  $NO_3$  in 1 N  $K_2SO_4$ ; die Extrakte wurden konserviert und auf  $NH_4$  und  $NO_3$  untersucht. Phosphat und Kalium wurden quantitativ in einem Calcium-Acetat-Laktat-Auszug erfaßt.

## 3. Ergebnisse

Tierart und Weidezone hatten keinen Einfluß auf die Bodenreaktion. Restflächen wiesen sowohl auf Pferde- als auch Rinderweiden erhöhte  $N_{min}$ -Werte auf, vgl. Abb. 1. Die  $NH_4$ -N-Mengen lagen auf Pferdeweiden signifikant höher als auf Rinderweiden; ein Einfluß der Weidezone war hier nicht insgesamt festzustellen. In den Restflächen waren die  $NH_4$ -N-Mengen 10-20 kg\*ha<sup>-1</sup> jedoch niedrig.

Die Beprobung der Restflächen ergab im Vergleich mit den Kahlfraßbereichen signifikant höhere  $NO_3$ -N-Mengen; die Kahlfraßstellen und Rinderweiden ergaben vergleichbare Werte.

Bei den Phosphat-Mengen gab es keine Unterschiede zwischen Kahlfraß- und Restfläche; bei den Kalium-Mengen traten jedoch signifikant höhere Werte auf als bei Pferdeweiden, vgl. Abb. 2.

Rinderweiden wiesen signifikant höhere Kalium-Mengen als Pferdeweiden auf; beim Rind waren die Kalium-Mengen in den Kahlfraßstellen höher als in den Restflächen, vgl. Abb. 3.

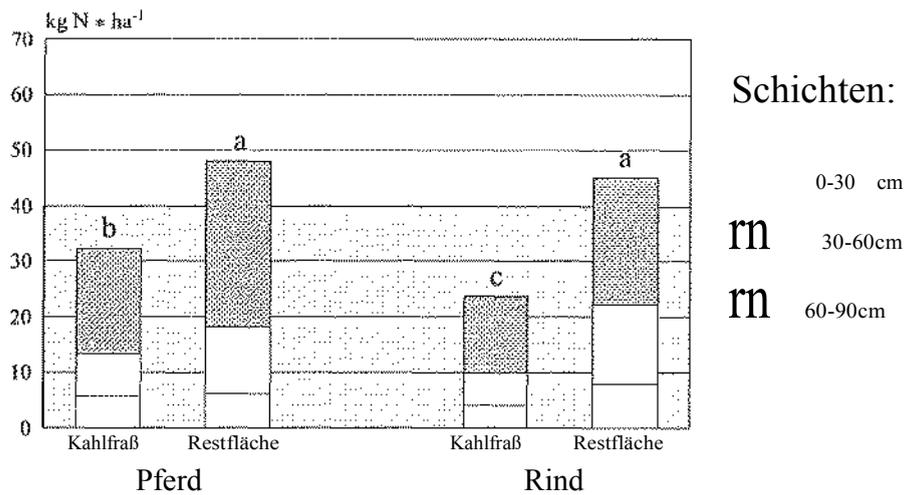


Abb. 1: Nmin-Mengen in Abhängigkeit von Tierart und Weidebereich

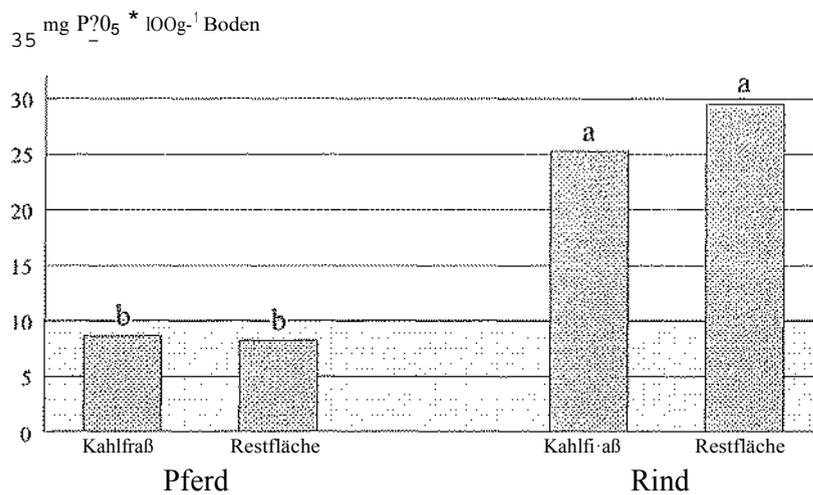


Abb. 2: Phosphat-Mengen in Abhängigkeit von Tierart und Weidebereich

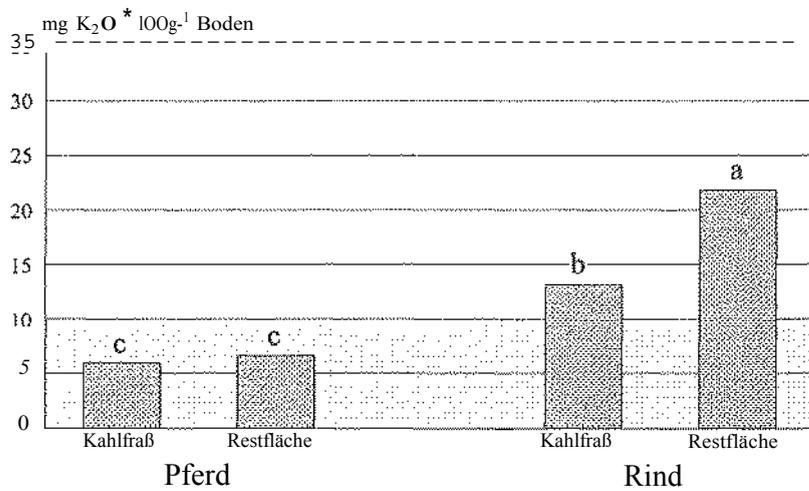


Abb. 3: Kalium-Mengen in Abhängigkeit von Tierart und Weidebereich

#### 4. Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

Unter den gegebenen Bedingungen kann nicht von einer erhöhten Nährstoffbelastung auf Pferdeweiden gesprochen werden.

Durch eine gut organisierte Nutzung, eine an die Bewirtschaftung angepaßte Düngungsstrategie und gegebenenfalls Mischbeweidung sowie Nachmahd namentlich der "Restflächen" läßt sich einer einseitigen Strapazierung der Weidenarben durch Pferde und Nährstoffverfrachtungen gegensteuern.

#### 5. Literatur

- ANGER, M., 1993: Zur Dynamik der Nmin-Werte unter Grünland unter besonderer Berücksichtigung von Urin- und Kotflecken. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. Q, 321-324.
- ANGER, M., A. RORN & C. TRITTEL, 1997: Bewertung der Nitratverluste auf Weiden verschiedener Standorte durch die Beprobung von Exkrementflecken. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 10, 131-132.
- HOMM, A., 1994: Variabilität der Nitratmengen unter Weidenarben. Diss. Gießen.
- MANNETJE, L. & S. C. JARVIS, 1990: Nitrogen flow and losses in grasslands. Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed., Banska Bystrica (CSR), 114-131.
- ÜPITZ v. BOBERFELD, W., 1994: Grünlandlehre. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- ÜPITZ v. BOBERFELD, W., 1996: Weidemanagement im Gestüt. Hrsg.: Verein zur Förderung der Forschung im Pferdesport e.V.. 8. FFP-Tagung zur Pferdegesundheit, 40-58.



# Wirtschaftlich optimale Kalkung eines Grünlandbestandes

M.REX

## 1 Einleitung

Auch auf dem Grünland ist das Erreichen und Halten eines optimalen Reaktionszustands im Bodens notwendig zur Sicherung der Nährstoffverfügbarkeit, der Erträge und der Bestandsqualität (OPITZ v. BOBERFELD, 1974). Nach jüngsten Empfehlungen des VDLUFA liegen auf dem in einem pH-Bereich, der für stark humose Böden auf Ackerland empfohlen wird. dem hier beschriebenen Versuch wird Wirkung langjähriger jährlicher Kalkung Mähweide mit zwei unterschiedlichen Kalkformen auf Bodenreaktion und den Ertrag dargestellt und deren Wirtschaftlichkeit diskutiert.

## 2 Material und Methoden

Auf einem Grünlandstandort auf einer erodierten Lössparabraunerde bei Rösrath im Bergischen seit 1990 ein Kalkdüngungsversuch durchgeführt (Tab. 1). Nutzung des Grünlandes erfolgt als Mähweide mit überwiegender Schnittnutzung. In der Regel wird nur Aufwuchs beweidet. Vor Versuchsbeginn eine Neueinsaat mit der Standardmischung vorgenommen und 1996 nach dem zweiten Schnitt und Totalherbizid wiederholt.

Tabelle 1: Kenndaten des Versuchsstandortes Rösrath

Höhe: 165 m ü. NN	Klima: 795 mm mittl. Niederschlag	10,3 °C mittl. Jahrestemperatur
Boden: Geologische Herkunft: Löß	: erod. Parabraunerde	Ackerzahl: 50
Bodenart: stark toniger Schluff	17,5% Ton	79,0 % Schluff 2,3 % Humus
<b>Bodenuntersuchungsergebnisse bei Versuchsanlage:</b>		
pH(CaCl <sub>2</sub> ): 5,8	19 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (CAL)	9 mg K <sub>2</sub> O (CAL) 13 mg Mg (CaCl <sub>2</sub> )

Versuch umfasst fünf Varianten. Neben der ungekalkten Kontrolle bestehen gekalkte Versuchsglieder mit zwei Kalkformen, die in jeweils zwei Kalkstufen verabreicht werden. einer Aufkalkungsphase über vier Jahre mit 500 kg bzw. 1000 kg CaO/ha/Jahr wird Kalkung seit 1994 in Höhe von 300 kg bzw. 600 kg CaO/ha fortgesetzt.

Als Kalke kamen Kohlensäure Kalke und Konverterkalke aus nicht raumbeständiger abgeseibter Konverterschlacke "Konverterkalk feucht-körnig" (REX, 1994) zum Einsatz (Tab. 2). Kalke wurden jährlich im Frühjahr vor Vegetationsbeginn ausgebracht

Tabelle 2: Kenndaten der ausgebrachten Kalkdünger

Kalkform	Versuchsjahre	o/o Caü		Siebdurchgang (o/o) bei x mm				
		basisch	wirksam	Reaktivität (%)	< 0,16	< 0,315	< 1,0	< 3,15
Kohlensäure Kalke	1990-95			100	98,8	100,0		
	1996-97	56,5		30	3,1	5,6	98,8	100,0
	1998			44	2,0	8,1	100,0	
	1999	56,6		99	99,8	100,0		
Konverterkalke	1990-95	47,6		43	30,3	49,9	74,9	98,6
	1996-97	49,0		40	28,3	46,4	71,6	97,1
	1998-99	49,4		41	24,1	42,0	69,3	97,2

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Ausgehend von einem suboptimalen pH-Wert um 5,7 zu Versuchsbeginn stieg der pH-Wert mit einer hohen Kalkaufwandsmenge auf Werte um pH 6,5 an (Abb. 1). Durch die halbe Kalkgabe wurde der pH-Wert im Boden nur leicht angehoben und im Mittel der Jahre etwa gehalten. Dagegen nahm auf der Kontrolle "ohne Kalk" der pH-Wert bis 1996 stetig bis unter pH 5 ab und stieg im Jahr nach der Neueinsaat auf allen Varianten kurzfristig an. In ihrer pH-Wirkung auf den Boden unterschieden sich die beiden Kalkformen nicht signifikant.

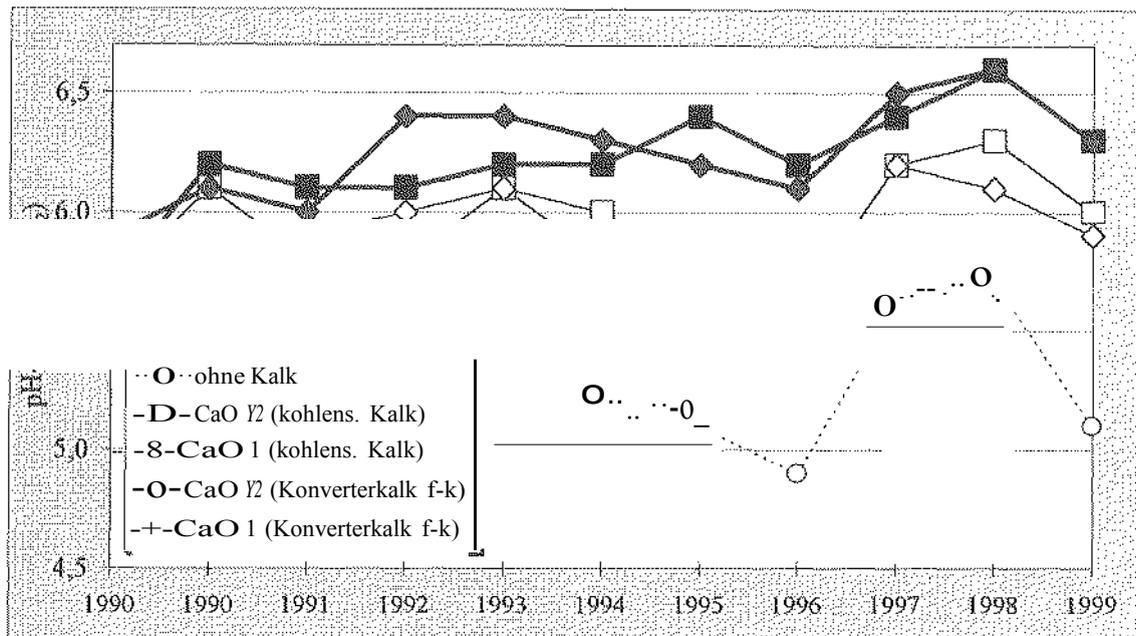


Abbildung 1: Entwicklung der pH-Werte im Boden bei unterschiedlicher Kalkdüngung im Versuchszeitraum 1990-99

Durch beide Kalkformen wurden im Durchschnitt der Versuchslaufzeit signifikante Mehrerträge erzielt. Vor allem in den letzten drei Jahren nach Neueinsaat fielen die Mehrerträge generell höher als 10 dt Trockensubstanz aus und erreichten beim Konverterkalk nahezu 24 dt. Die Ertragswirkung der kohlensauren Kalke blieb hinter der der Konverterkalke zurück (Tab. 3).

Tabelle 3: Erträge und Mehrerträge durch Kalkdüngung von 1990 - 1999

Jahr	Schnitte	Kalk Form kg.CaO/ha beiCaO1	ohne CaO	Kohlensaurer Kalk		Konverterkalk		GD <sub>5%</sub>
			Ertrag	CaO%	CaO 1	CaO 2	CaO 1	
1990	5 Schnitte	1000	146,7	0,3		5,6		6,1
1991	3 Schnitte	1000	123,3		8,6			4,5
1992	4 Schnitte	1000	132,4		7,8			4,7
1993	4 Schnitte	1000	146,3	2,2	4,3			7,2
1994	3 Schnitte	600	100,4	9,8				12,7
1995	4 Schnitte	600	117,2	6,2				8,7
1996	2 Schnitte	600	59,5	3,9		9,0		4,4
1997	3 Schnitte	600	98,3	11,4	10,1	12,4	18,8	8,3
1998	4 Schnitte	600	93,4	11,7	14,2	12,9	18,1	7,8
1999	4 Schnitte	600	129,5	16,0	15,3	20,9	23,9	11,3
ff1990- - 99		760	114,7	7,7	10,6	11,8	14,1	2,3
o 1990-99 (rel.)			100	107	109	110	112	2

Unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, d.h. unter Annahme eines Erlöses von 18,00 DM/dt Trockenmasse und Kalkkosten von 0,15 DM/kg Caü, wurden die mittleren Ertragskurven der gesamten Versuchslaufzeit berechnet und daraus die optimale Kalk-Düngungsmenge abgeleitet. (Abb. 2). Für den Konverterkalk ergeben sich als jährliches wirtschaftliches Düngungsoptimum 475 kg Caü/ha, für den kohlensauren Kalk 525 kg Caü/ha/Jahr. Die Kalkung mit Konverterkalk wurde damit effizienter in Mehrertrag umgesetzt.

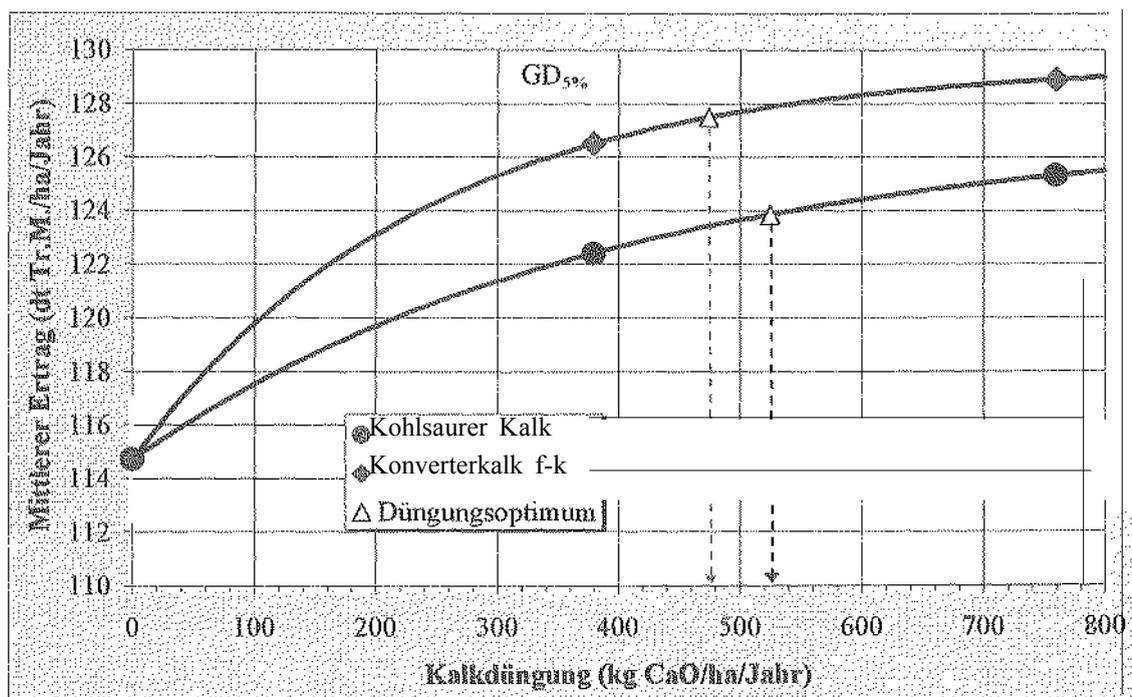


Abbildung 2: Durchschnitts-Ertragskurven 1990-99 und wirtschaftliche Düngungsoptima in Abhängigkeit von der Kalkform und -menge

Bezogen auf das jeweilige wirtschaftliche Düngungsoptimum konnte mit dem kohlensauren Kalk ein kalkbereinigter Mehrerlös von 86 DM/ha, beim Konverterkalk von 160 DM/ha erzielt werden (Tab. 4). Tabelle zeigt, dass insbesondere in den letzten Versuchsjahren bei stark abnehmenden pR-Werten auf den ungekalkten Parzellen generell eine hohe Wirtschaftlichkeit der Kalkungsmaßnahmen gegeben war.

Unter Berücksichtigung der mittleren pH-Werte der letzten drei Versuchsjahre, hätte sich bei wirtschaftlich optimaler, jährlicher Düngung im Verlauf des Kalkversuchs ein "optimaler" pH-Wert von pH 6,3 bei kohlensaurem Kalk und 6,2 bei Konverterkalk feucht-körnig eingestellt. Diese optimalen pR-Werte liegen demnach am oberen Ende des nach VDLUFA anzustrebenden pH-Bereichs (5,6 - 6,3) für einen solchen Standort.

Die vergleichsweise hohen Erträge führten zu hohen Nährstoffentzügen, die beim Calcium Werte von maximal 280 kg Caü/ha mit durchschnittlichen jährlichen Mengen von 150 kg Caü/ha erreichten, während jährlich im Mittel 26 kg Mg/ha entzogen wurden. Bei Phosphatentzügen von 135 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha lagen die Ca/P-Verhältnisse im Aufwuchs auf den gekalkten Varianten weitgehend im optimalen Bereich zwischen 1,6 und 2,0.

Tabelle 4: Wirtschaftlichkeit der Kalkdüngung im Versuchszeitraum 1990 - 1999  
(18 DM/dt Heu-Tr.M. und 0,15 DM/kg CaO)

Jahr	Frucht	Kalk-Form kg CaO/ha bei CaO1	ohne CaO	Kohlensaurer Kalk		Konverterkalk f-k	
			0 DM/ha	CaOY1	CaOY2	1 (DM/ha)	
1990	5 Schnitte	1000	2641	70	- 20		37
1991	3 Schnitte	1000	2219	110	5	28	- 2
1992	4 Schnitte	1000	2383	28	10	107	85
1993	4 Schnitte	1000	2633	- 35	73	193	75
1994	3 Schnitte	600	1807	131	220	211	193
1995	4 Schnitte	600	2110	67	81	176	113
1996	2 Schnitte	600	1070	25	127	117	140
1997	3 Schnitte	600	1770	159	92	178	249
1998			1681	166	166	187	236
1999	4 Schnitte	600	2331	243	185	331	340
Ø 1990 - 99		760	2065		77	155	139
Ø 1990 - 99 (rel.)			100	104	104	108	107

#### 4 Schlussfolgerung

Die auf intensiver Mähweide durchgeführten jährlichen Kalkungen hatten signifikante Mehrerträge zur Folge. durchschnittlich jährlich 380 kg CaO/ha wurde der Ausgangs-pH-Wert gehalten. doppelte Kalkmenge ließ den pH-Wert in den optimalen Bereich ansteigen, der im wirtschaftlichen Düngungsoptimum einen Wert von pH 6,3 beidene eingesetzten Kalkformen unterschieden sich in ihrer Wirkung auf den Reaktionszustand des Bodens nicht, allerdings signifikant in ihrer Ertragswirkung. Durch Konverterkalk fielen die Mehrerträge um ca. 4 dt Trockenmasse/ha höher aus als beim kohlensauren Vergleichskalk, dessen wirtschaftlich optimale Kalkmenge im Durchschnitt des Versuchs bei 760 kg CaO/ha/Jahr lag und damit um 50 kg höher als beim Konverterkalk Dies erbrachte eine höhere Wirtschaftlichkeit der Kalkung mit Konverterkalk mit einem durchschnittlichen Mehrerlös von 150 DM/ha gegenüber der Kontrolle "ohne Kalk", der in den letzten Jahren bis auf 340 DM/ha zunahm.

#### Literatur

- Opitz v. Boberfeld, W., 1974: Düngungsintensität und Pflanzenbestände der Mähweiden. Kali-Briefe 12, Fachgebiet 1; 1. Folge, 1-11.
- Rex, M., 1993: Eigenschaften von Konverterkalk aus nicht raumbeständiger Konverterschlacke und dessen Wirkung auf chemische und physikalische Bodeneigenschaften sowie den Ertrag. VDLUFA-Schriftenreihe 37, 617-620.

#### Anschrift des Verfassers

Dr. Martin Rex, Versuchsanstalt Kamperhof, Landwirtschaftliche Beratung Themasdünger, Mintarder Straße 264, D-45481 Mülheim an der Ruhr

# Die Rückführung von Intensivgrünland in naturnahe Grünlandbestände

- Die Wirkung auf Ertrag, Qualität und Pflanzenbestand -

von

Andreas Dyckmans

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft  
Bundesallee 50, 38116 Braunschweig

## 1. Einleitung

In den 1970er Jahren der Intensivierung der Landwirtschaft der Grünlandanteil an LF und verbliebene Rest wurde intensiver bewirtschaftet. Es kam insbesondere zu stark gestiegenem Düngemiteleinsatz, regelmäßigen Bestandserneuerungen sowie zu Standorteingriffen Wasserregulierungen etc.. Das hat zu zahlreichen ökologischen Nachteilen bzw. Problemen. Artenarme, nicht standortangepasste und wenig nutzungselastische Bestände waren die Folge. Steigendes Umweltbewußtsein läßt seit geraumer Zeit Forderungen nach Umkehr der Bewirtschaftungsintensität laut werden, und darin einbezogen ist auch die Extensivierung der Grünlandwirtschaft. Dabei ist Extensivierung ein absoluter Begriff. Ein Maßnahmenkatalog ist Abhängigkeit von Zielvorgaben, seien es ökologische oder agrarpolitische, ist sehr vielgestaltig. Zwei wichtige Maßnahmen sind die Reduzierung der Düngung sowie die Reduzierung der Nutzungshäufigkeit des Grünlandes. Die Rückführung bisher intensiv bewirtschafteten Grünlandes in naturnahe Grünlandbestände kann jedoch nicht als einfache Umkehrung der Regeln der Intensivierung abgeleitet werden.

Im Rahmen des Versuchsprojektes soll die Wirkung des Düngeverzichts auf die Rücknahme der Nutzungsfrequenz auf vormals intensiv genutztem Grünland frischer bis feuchter Lagen auf das Ertragsverhalten, die Entwicklung der Qualität sowie die Entwicklung des Pflanzenbestandes dargestellt werden.

## 2. Material und Methoden

Auf bisher intensiv genutztem Dauergrünland frischer bis feuchter Lagen wurden Dauerbeobachtungsflächen (15 m x 15 m, Kernparzelle = 10 m x 10 m) angelegt. Verglichen wurden jeweils die Varianten:

- konventionell  
Nutzungsbeginn und Düngung praxisüblich (Anfang Mai, 5 Schnitte)  
N-Düngung: 200 kg/ha,  
qualitätsorientiert
- naturschutzorientiert  
Nutzungsbeginn und -frequenz praxisüblich (Anfang Mai, 5 Schnitte),  
ohne N-Düngung,  
naturschutzorientiert
- naturschutzorientiert  
Nutzungsbeginn verspätete (1. und 2. Schnitte),  
ohne N-Düngung,

Untersucht wurden das Ertragsgeschehen, die Auswirkungen auf futterbauliche Qualitätsparameter sowie die Veränderungen in der Bestandszusammensetzung.

### 3. Standortbeschreibung:

In der folgenden Abbildung 1 sowie der Tabelle 1 sind die untersuchten Standorte beschrieben:

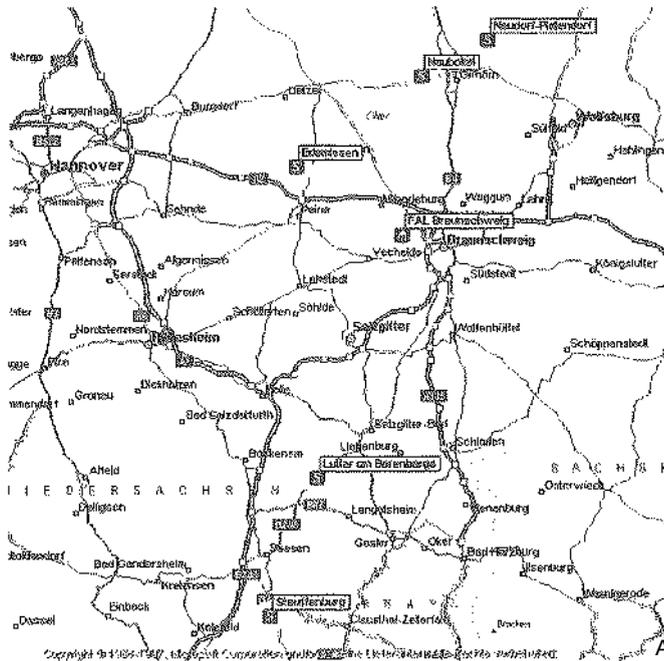


Abb. 1: Kartenausschnitt südöstliches Niedersachsen

Tabelle 1: Bodenbeschreibung

	Bodenart	Krumenstärke	Untergrund
Stauffenburg	lehmiger Ton	ca. 30 cm	Lehm, Ton, grau bis rötlich, zäh
Lutter	Lehm	ca. 25-30 cm	bis 60 cm Tiefe Lehm, darunter Sandanteile
Erlemissen	humoser Sand	20-30 cm	bis 55-65 cm Tiefe Sand, darunter tonig
Neudorf	humoser Sand	10-40 cm	Sand (Humus-Sand-Humus-Sand)
Neubokel	humoser Sand	15-25 cm	reiner Sand

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Ertragsverhalten

Bei Extensivierungsmaßnahmen stellt sich besonders für die Landwirte die Frage, welche Erträge bei veränderter Düngungsintensität zu erwarten sind. Die Ergebnisse des hier vorgestellten Versuchs geben keinen Überblick über die Auswirkungen verschiedener Düngungsstufen, zeigen jedoch im Versuchsmittel deutlich die Stickstoffwirkung auf der konventionell bewirtschafteten Variante (Abbildung 2). Durch einen verspäteten Nutzungsbeginn und in Folge davon einer verminderten Nutzungshäufigkeit sinkt der Ertrag nicht weiter im Vergleich zur ungedüngten Variante mit qualitätsorientiertem Nutzungsbeginn. Vergleicht man die drei Säulengruppen, erkennt man darüber hinaus deutliche Unterschiede in der Standortqualität

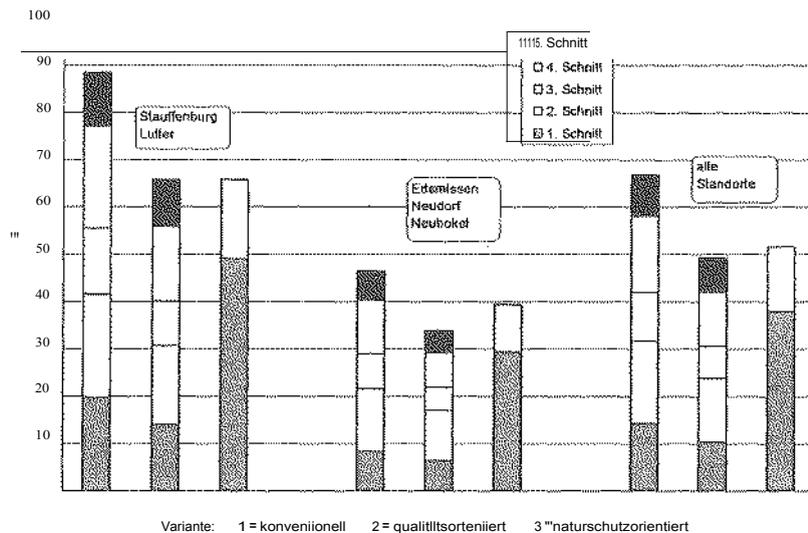


Abb.2: Auswirkung von Nutzungsbeginn und Düngung auf den TM-Ertrag im Mittel der Versuchsjahre

Die die Versuchszeit gemittelten Ergebnisse geben nur einen Trend wieder, auf Einzelinformationen zu den Standorten und den Versuchsjahren sowie beispielsweise die Kompensationswirkung von sich etablierendem Klee muß hier verzichtet werden.

## 4.2 Futterwerteigenschaften

Der Zeitpunkt des ersten Schnittes beeinflusst die Qualität des Futters sehr. Je später erste Nutzung erfolgt, um so Masse wächst auf um so schlechter ist die Qualität. Dies besonders Frühljahrs- Frühlommernaufwüchse zu, bei denen durch das Schossen der Gräser und das Aufwachsen der Kräuter zur Zeit Blüte ein relativ hoher Anteil Stengel gebildet. In der Tabelle 2 wird die Entwicklung einiger wichtiger Qualitätsparameter dargestellt. Dabei wird deutlich, daß der Schnittzeitpunkt größeren Einfluß ausübt als die Düngung.

### Rohproteingehalte

Die Rohproteingehalte gehen ausbleibender N-Düngung deutlich zurück, liegen aber mit 13,4% bis 14,9% noch einem guten Bereich. Durch den verspäteten Schnittermin sinkt der Rohproteingehalt deutlich.

### Rohfasergehalte

Die Rohfasergehalte der Varianten 1 und 2 unterscheiden sich nicht grundsätzlich voneinander. verspätete Schnitterruin bei Variante 3 läßt den Gehalt auf 28% bis 30% der TM ansteigen.

### Verdaulichkeit

Analog zum Rohnährstoffgehalt sind die Ergebnisse zur Verdaulichkeit. Zwischen den Varianten 1 und 2 bestehen keine nennenswerten Differenzierungen. Unterschiede treten zwischen den Standorten auf, wobei die Reihenfolge analog der der Energiegehalte ist.

Tabelle 2: Auswirkung von Nutzungsbeginn und Düngung auf die Futterqualität

Standorte / Variante	Rohprotein %TM			Rohfaser% TM			OOM%			NELMJ/kgTM		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Stauffenburg	18,8	18,9	9,6	21,8	20,2	28,0	79	80	64	6,7	6,7	5,1
Lutter	18,2	14,9	7,4	21,3	20,9	28,6	78	79	63	6,6	6,6	4,8
...	18,9	13,4	9,3	23,4	24,3	29,8	74	75	60	6,0	6,1	4,6
Neudorf	20,6	14,7	10,2	23,8	24,0	30,0	73	73	61	6,2	6,1	4,8
Neubokel	20,0	14,1	9,2	23,2	23,0	28,4	72	73	62	5,9	5,9	4,9

### Energiegehalte

Auch bei den Energiegehalten treten zwischen den Varianten 1 und 2 keine Unterschiede auf. Deutliche Abstufungen sind zwischen den Standorten erkennbar, die, vergleicht man auch die Erträge, die gesamte Qualität der Standorte widerspiegeln. Die naturschutzorientierte Bewirtschaftungsvariante läßt erwartungsgemäß den Energiegehalt deutlich sinken.

Neben Energiegehalt ist den Futterbaubetrieb auch der Energieertrag von Bedeutung. Stellt man den Trockenmasseertrag dem Energieertrag gegenüber wird deutlich, daß der Energieertrag zurückgehen kann, auch wenn der Trockenmasseertrag sich durch Bewirtschaftungsauflagen nicht weiter negativ verändert

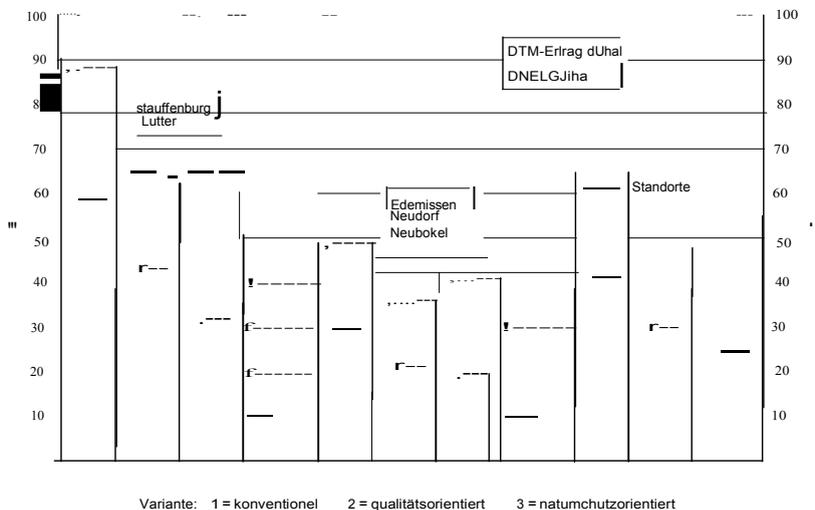


Abb.3: Auswirkung von Nutzungsbeginn und Düngung auf den Energieertrag (Mittel der Standorte bzw. Standortgruppen und Versuchsjahre)

### 4.3 Vegetation -- ökologische Bewertung:

Intensiv bewirtschaftete Grünlandbestände sind häufig gräserreich und arm an Kräutern und Leguminosen. Ein Gesichtspunkt von Extensivierungsmaßnahmen ist die Wiederherstellung von artenreichen und nutzungselastischen Dauergrünlandnarben. Aber können durch Extensivierungsmaßnahmen derartige Bestände etabliert werden?

Im folgenden werden die botanischen Veränderungen auf den einzelnen Standorten als Folge der Bewirtschaftungsmaßnahmen dargestellt. Dazu werden in den Tabellen zum Zweck der Übersichtlichkeit jedoch nur die wichtigsten Arten zu Beginn und zum Ende des Beobachtungszeitraumes dargestellt.

Staufrenburg	1		2		3			1		2		3	
	1993	1998	1993	1998	1993	1998		1993	1998	1993	1998	1993	1998
Agropyron repens	5	2	3	0	2	30	Holcus lanatus	0	2	1	10	0	50
Lolium perenne	40	25	20	5	21	5	Lolium perenne	42	10	20	15	22	0
Poa pratensis	36	15	40	17	23	1	Poa pratensis	17	20	30	1	40	0
Poa trivialis	10	26	21	25	23	40	Poa trivialis	8	47	12	23	0	10
Restliche Gräser	5	4	6	1	26	14	Restliche Gräser	23	21	27	21	38	35
Trifolium repens	1	24	3	50	2	7	Ram.nrulus repens	3	0	3	20	0	2
Restliche Kräuter	3	4	7	2	3	3	Restliche Kräuter	7	0	7	10	0	3
Summe Gräser	96	72	90	48	95	90	Summe Gräser	90	100	90	70	100	95
Summe Kräuter	4	28	10	52	5	10	Summe Kräuter	10	0	10	30	0	5
Futterwertzahl	7,6	7,6	7,4	7,6	7,4	6,7	Futterwertzahl	7,4	7,2	7,2	5,8	7,4	4,8
Artenanzahl	13	10	11	9	12	11	Artenanzahl	17	11	19	12	21	15

TM-Ertragsanteil in% (nach Klapp/Stiilin)

	1		2		3			1		2		3	
	1993	1997	1993	1997	1993	1997		1993	1997	1993	1997	1993	1997
Agrostis tenuis	0	25	0	0	0	0	Holcus lanatus	1	0	1	5	1	5
Aloperurus pratensis	25	20		5	50	3	Lolium perenne		1	36	0	25	0
Holcus lanatus	50	7	28	80	38	20	<b>Poa</b>	35	48	17	20	39	13
Poa trivialis	0	25	0	3	0	30	Poa trivialis	5	40	5	24	10	5
Restliche Gräser	1	22	2	7	5	13	<b>Fettide</b>	16	1	16	1	25	2
Summe Gräser	76	99	86	95	93	66	<b>Summe Gräser</b>	92	90	95	50	100	85
Summe Sauergäser	0	0	0	0	0	34	<b>Summe Kräuter</b>	8	10	5	50	0	15
Summe Kräuter	24	1	14	5	7	0	<b>Futterwertzahl</b>	7,5	6,9	7,6	6,3	7,6	4,8
Futterwertzahl	4,8	6,3	5,8	4,4	5,7	4,4	Artenanzahl	22	13	21	17	17	12
Artenanzahl	14	11	21	15	17	14							

TM-Ertragsanteil in% (nach Klapp/Stiilin)

Neubokel	1		2		3	
	1993	1998	1993	1998	1993	1996
Agrostis tenuis	0	20	0	27	0	10
Aloperurus prat.	26	2	26	0	15	15
Festuca rubra	0	48	0	25	0	5
Poa pratensis	18	10	30	10	35	30
Restliche Gräser	3	16	0	9	0	10
Achillea millefolium	25	0	27	8	42	15
Taraxacum officinale	25	0	5	0	5	5
Restliche Kräuter	3	4	12	21	3	10
Summe Gräser	47	96	56	71	50	70
Summe Kräuter	53	4	44	29	50	30
Futterwertzahl	6,1	5,1	5,8	5,1	6,2	6,1
Artenanzahl	18	15	12	17	13	12

TM-Ertragsanteil in% (nach Klapp/Stiilin)

Einheitliche Aussagen zur Reaktion von Pflanzenbeständen auf eine Rückführung der Bewirtschaftungsintensität sind nicht möglich. Extensivierungsmaßnahmen führen nicht zwangsläufig zu artenreichen und nutzungselastischen Beständen. Im untersuchten Zeitraum kam es eher zur Artenverarmung.

Die Futterwertzahlen entwickelten sich sehr unterschiedlich:

- ↳ ertragreiche Standorte zeigten kaum Veränderungen,
- ↳ weniger ertragreiche Standorte zeigten einen Rückgang bereits bei der qualitätsorientierten Nutzung,
- ↳ einheitlich ist die negative Entwicklung bei der Naturschutz-Variante.

## 5. Schlußbemerkung

Die natürliche Produktivität eines Standortes bestimmt die Möglichkeiten der Extensivierung. Nicht alles bislang intensiv genutztes Grünland ist in artenreiche Bestände rückführbar, sondern verlangt aufgrund unterschiedlicher Nährstoffversorgung der Böden eine Mindestnutzungsintensität. Extensiv bewirtschaftetes Grünland kann durchaus gute Futterqualität liefern, wenn qualitätsorientiert genutzt wird. Eine besondere Rolle sowohl hinsichtlich Ertrags- wie auch Qualitätserwartung kommt dem Weißklee (*Trifolium repens*) zu. Einheitliche Konzepte für die Extensivierung sind mithin nicht möglich; Extensivierungsmaßnahmen müssen vielmehr standortbezogen ausgerichtet werden. Damit kommt es zwangsläufig zu einem Nebeneinander unterschiedlicher Intensitätsstufen bei der Grünlandbewirtschaftung. Extensiviert werden sollte dort, wo es meßbare Erfolge im Hinblick auf Pflanzenbestand und Umwelt gibt. Intensive Bewirtschaftung sollte dort erfolgen, wo sie ohne Probleme für die Umwelt möglich ist.

## Literatur

- BORSTEL VON, U., (1993): Grünland künftig extensiver nutzen! ; Top Agrar; S. 78-82
- DYCKMANS, A.; MACK, · WEISSBACH, F., (1999): The Effect of Extensification on Yield, Forage Quality and Botanical Composition at Different Grassland Locations; Landbauforschung Völkensrode, Sonderheft 206, S. 125-139
- KÜRBAUCH W.; DAHMEN THOME U, (1991); Veränderungen der Grundfutterproduktion als Folge einer Umstellung von konventioneller Mähweidenutzung auf extensive Schnittnutzung auf dem Standort Rengen; Wirtschaftseigene Futter, 37(1-2) S. 100-112
- ELSÄSSER M.; BRIEMLE G, (1992): Grünland extensiv nutzen- worauf kommt es an?; Top Agrar, S. 86-90
- SCHNOTZ G., (1996): N-Bindungsvermögen und Futterwertigenschaften von Leguminosen-Gras-Mischungen bei extensiver Grünlandnutzung; 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften in Hohenheim - Kurzfassungen der Vorträge und Poster; Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen; V. 9, S. 65-66
- SPATZ G.; PRICKET., (1992): Quantitatives und qualitatives Ertragsverhalten unterschiedlich spät geschnittener Grünlandbestände; Agribiological research (Germany, F.R.); S. 121-130

# Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten auf Ertrag, Qualität und Pflanzenbestand auf voralpinem Grünland

von

Schröpel

**Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung und Grünlandwirtschaft,  
Spitalhof Kempten**

## 1. Einleitung und Problemstellung

Seit Wirtschaftsjahr 1989/90 können landwirtschaftliche Betriebe in Bayern, die durch Umstellung auf extensive Wirtschaftsweisen bzw. durch Einschränkung in der zeugung bestimmter Überschussprodukte zur Marktentlastung und Verbesserung der ökologischen Verhältnisse beitragen, eine Förderung erhalten. Damit werden Einkommensminderungen für die Dauer des fun:fjährigen Verpflichtungszeitraumes ausgeglichen. Dieses Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) wurde 1993 und 1998 überarbeitet. Mittlerweile wird das Programm von fast allen Landwirten im Grünlandgebiet in Anspruch genommen, vor allem wegen der verbesserten Förderung (Grünlandprämie). Ursprünglich beinhaltete das KULAP die Honorierung von Schnittzeitpunkten sowie eines Verzichtes auf schnellwirkende mineralische Stickstoffdünger. neuere Erkenntnisse über Auswirkungen von solchen Extensivierungsmaßnahmen auf voralpinem Dauergrünland fehlten, wurde am Standort Spitalhof ein entsprechender Exaktversuch angelegt. Außerdem sollte der Versuch als Demonstrationsobjekt für Auszubildende und Praktiker dienen.

## 2. Material und Methoden

Tab 1 Versuchspan

Düngung/ Nutzung	Variante					
	Konv.	Gülle	15.06.	01.07.	b. Aush.	v. Au h.
Anz. Nutzungen	4	4	3	3	4	2
1. Schnitt	Mitte Mai	Mitte Mai	15.06.	01.07.	Mitte Mai	01.07.
Gülle	3x20 m <sup>3</sup>	4x20 m <sup>3</sup>	3x20 m <sup>3</sup>	1x20 m <sup>3</sup>	-	-
Stallmist	-	-	-	160 dt	-	-
27%	1x (40N)	-	-	-	-	-

Standort: Kempten/Allgäu  
 Naturraum: Allgäuer Hügelland  
 Boden: Parabraunerde aus würmeiszeitlicher Moräne  
 Grünlandnarbe: Weidelgras-Weißklee-Weide  
 Datenerhebungen: Erträge, Energiedichte  
 Pflanzenbestand nach KLAPP-STAEHLIN  
 Versuchsdauer: 8 Jahre

Von den sechs Versuchsvarianten entsprechen drei den 1989 im KULAP vorgesehenen Möglichkeiten der extensiven Grünlandbewirtschaftung. In der Variante "Gülle" wird mit viermaliger Gülledüngung und frühzeitigem ersten Schnitt die Möglichkeit optimaler Grünlandbewirtschaftung bei Verzicht auf mineralischen Stickstoff simuliert. Die beiden Varianten "15. 06." und "01. 07." beinhalten neben dem im KULAP vorgesehenen Termin für den ersten Schnitt auch eine praxisgerechte Verminderung bzw. Veränderung der Düngung.

Im Vergleich zu diesen Varianten wurde eine konventionelle Variante geprüft mit der Verwendung von mineralischem Stickstoff (Kalkammonsalpeter) statt Gülle. Die Höhe der Stickstoffgabe wurde dem in der Gülle enthaltenen Gesamtstickstoff angepasst.

Im Vergleich zu den KULAP-Varianten wurden zwei weitere Parzellen geprüft, um Hinweise auf die Auswirkung von totalem Düngerverzicht zu bekommen.

### 3. Ergebnisse und Wertung

Auf die einzelnen Versuchspartellen wurden unterschiedliche Düngermengen ausgebracht. Die Stickstoffmengen sind in Tabelle 2 dargestellt. Sie reichten von 128 kg N/ha und Jahr in Variante "15.06." bis 173 kg N/ha in der Variante "konventionell".

Tab. 2: Ausgebrachte Nährstoffmengen

Variante	Gülle/Stallmist	GesamtN /ha kg
konv.	63,3 m <sup>3</sup>	173
Gülle	84,0 m <sup>3</sup>	160
15.06.	64,2 m <sup>3</sup>	128
01.07. b.	20,8 m <sup>3</sup> /169 dt	151
Aush. v.		0
Aush.	—	0

Die Trockenmasse-Erträge bewegten sich bei den gedüngten Varianten zwischen 131 dt und 78 dt TM/ha und Jahr, bei den ungedüngten Varianten zwischen 55 dt und knapp 82 dt TM/ha und Jahr (Abb. 1).

Erstaunlicherweise erreichten die ungedüngten Parzellen ihr Ertragsniveau bereits im ersten Jahr nach Versuchsbeginn. Diese Beobachtung widerspricht den Erkenntnissen von ELSÄBER, der bei

Fettwiesen mit einer Aushagerungszeit von ca. 8-10 Jahren berichtet. Im Durchschnitt der Versuchsjahre erbrachten die gedüngten Varianten knapp 104 dt TM/ha, die ungedüngten 65 dt (Abb. 2). Das entspricht einer Verminderung um 38 %. Diese Werte stimmen mit Erhebungen anderer Autoren überein (VON BORSTEL 1986).

Bei den ungedüngten Varianten hatte die Schnitthäufigkeit keinen Einfluss auf die Ertragshöhe. Mit 65 bzw. 66 dt TM/ha waren die Erträge statistisch nicht zu unterscheiden. Bei den gedüngten Varianten waren deutliche Ertragsunterschiede festzustellen.

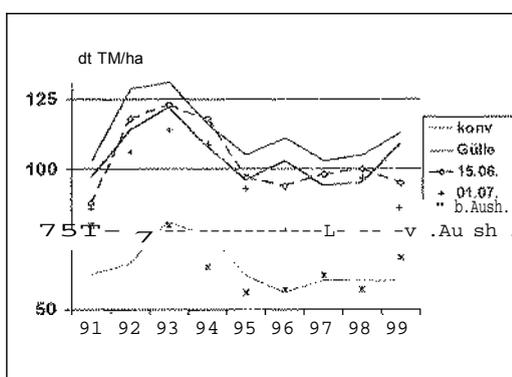


Abb. 1: Trockenmasse-Erträge in dt /ha

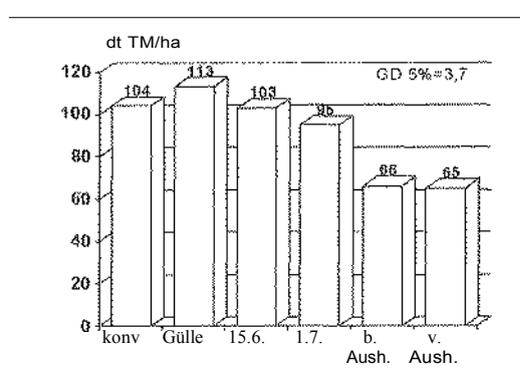


Abb. 2: Trockenmasse-Erträge im Durchschnitt von 8 Jahren

In der "Gülle-Variante" wurden im Durchschnitt der Jahre um 8,7 dt TM höhere Erträge erzielt als in der "konventionellen Variante", obwohl 13 kg N/ha weniger Gesamtstickstoff ausgebracht wurde. Die Ursache für diese Unterschiede könnten im unterschiedlichen Kleebesatz zu suchen sein, der in der Gülle-Variante nach acht Versuchsjahren mit 17,5 % dreimal so hoch war wie in der konventionellen Variante. Bemerkenswert ist die Ertragshöhe der Variante "15.6.", die bei deutlich verminderter Düngung das gleiche Ertragsniveau erreichte wie die konventionelle Variante.

Der Einfluss der unterschiedlichen Bewirtschaftung auf die Energiedichte ist in Abb. 3 dargestellt. Erwartungsgemäß verringerte sich der Energiegehalt im Futter mit zunehmender Alterung, insbesondere im 1. Aufwuchs. Während bei Schnittterminen Mitte Mai Energiedichten von 6,2 MJ NEL/kg TM erreicht wurden, sanken die Werte bei späteren Nutzungen auf 5,4 MJ/kg ab. Für die Verwertung über Milchvieh sollten die Energiekonzentrationen über 6,5 MJ/kg TM liegen, somit wäre das Futter aus späten Nutzungen bestenfalls für Jungvieh geeignet.

In den nachfolgenden Aufwüchsen war der Unterschied zwischen den intensiven und extensiven Varianten nicht so ausgeprägt wie im 1. Aufwuchs. Erstaunlich war der hohe Energiegehalt der Variante "beschleunigte Aushagerung", der bei allen Aufwüchsen Werte über 6,2 MJ NEL/kg TM erreichte. Die Ursache dafür ist im Pflanzenbestand zu suchen.

In dem für den Landwirt wesentlichen Parameter "Energieertrag pro ha" zeigt sich eindeutig die Abnahme von den intensiven zu den extensiven Varianten (Abb. 4).

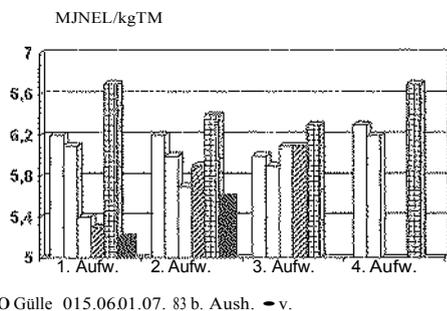


Abb. 3:  
Energiekonzentration in MJ NEL/kg TM

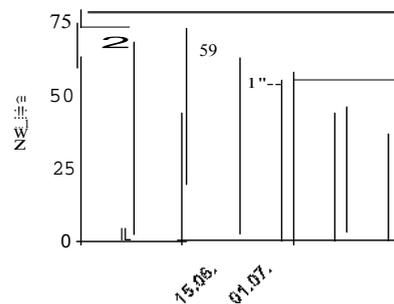


Abb. 4:  
Energieertrag in  $10^3$  MJ NEL/ha

Die Auswirkungen der Extensivierungs-Maßnahmen auf den Pflanzenbestand waren unterschiedlich (Abb. 5). Ohne jegliche Düngung nahm vor allem der Anteil an *Lolium perenne* deutlich ab, von ursprünglich 60 % Anteil (vgl. Variante "konventionell") auf Werte unter 20 %. Dagegen breiteten sich verschiedene Kräuter deutlich aus.

Bei "beschleunigter Aushagerung" entstand eine "Gänseblümchenwiese" mit hohen Anteilen an *Trifolium repens* und *Plantago lanceolata*. Die "verlangsamte Aushagerung" mit zwei Schnitten pro Jahr begünstigte v.a. *Taraxacum officinale*, *Plantago lanceolata* und *Rauneulus acer*. Erwartungsgemäß konnte sich *Trifolium repens* mit drei Prozent Ertragsanteil nicht etablieren. Der Anteil "sonstiger Gräser" oder "sonstiger Kräuter" stieg in beiden Varianten nicht an. Es konnten sich kaum neue, insbesondere extensive Pflanzenarten in den Versuchspartellen ansiedeln.

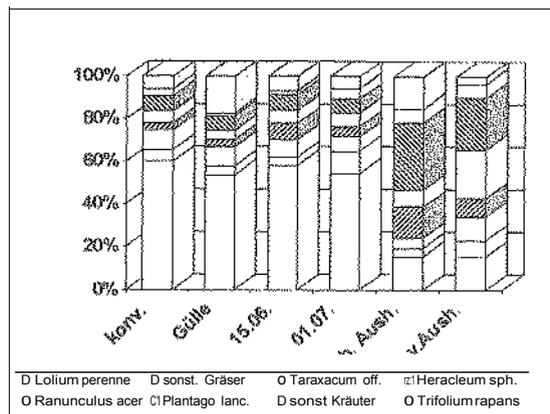


Abb. 5: Pflanzenbestand nach 8 Versuchsjahren

Die gemäß dem KULAP-Programm gedüngten Flächen zeigten keine dramatischen Veränderungen des Pflanzenbestands nach 8 Versuchsjahren, abgesehen von der Zunahme von *Trifolium repens* bei der "Gülle-Variante" und der Ausbreitung von *Ranunculus acer* und *Heracleum sphondylium* bei den spät genutzten Varianten (15.06. und 01.07.). Diese Ergebnisse stehen in einem gewissen Gegensatz zu den in Aulendorf durchgeführten Extensivierungen, wo eine Zunahme der Kräuter nicht beobachtet werden konnte.

Offensichtlich sind die Auswirkungen von Extensivierungs-Maßnahmen auf den Pflanzenbestand stark standortabhängig.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Extensivierungs-Maßnahmen im Rahmen des KULAP-Programms einen relativ geringen Einfluss auf den Pflanzenbestand haben. Es ist keinesfalls zu erwarten, dass innerhalb weniger Jahre extensive, vielseitige und nutzungselastische Pflanzengesellschaften entstehen.

#### 4. Zusammenfassung

In einem mehrjährigen Versuch wurde der Einfluss verschiedener Maßnahmen der Grünland-Extensivierung geprüft.

Verringerte Düngung und Nutzungsfrequenz beeinflussten die Trockenmasse-Erträge in geringem Maße. Der Verzicht auf Düngung ließ die Erträge deutlich absinken. Die Energiedichte wurde vor allem vom Zeitpunkt der Nutzung beeinflusst.

Später 1. Schnitt und verminderte Düngung veränderten den Pflanzenbestand nur geringfügig. Deutliche Verschiebungen im Pflanzenbestand verursachte der völlige Verzicht auf Dünger.

Eine artenreiche, extensive Pflanzengesellschaft wurde nach acht Versuchsjahren nicht erreicht.

#### Literatur

STAATL. LEHR- UND VERSUCHSANST. FÜR TIERHALTUNG UND GRÜNLANDWIRTSCHAFT, AULENDORF: Tätigkeitsbericht 1997 bis 1998

ELSÄßER, 1992: Konsequenzen unweitgerechter Grünlandbewirtschaftung  
Landwirtschaftliches Jahrbuch, 69. Jahrgang

BAYERISCHER AGRARBERICHT 1996

VONBORSTEL: Naturschutz und Bewirtschaftung von Grünlandflächen, Jahrestagung AG Grünland und Futterbau, Nandlstadt, S. 76-91

#### Autor

Rainer Schröpel, Landwirtschaftsdirektor, Staatl. Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung und Grünlandwirtschaft, Spitalhofstr. 9, 87437 Kempten.

# Managementmaßnahmen für die Erhaltung wertvoller Grünlandbereiche im Vogtland

von

Käding<sup>1</sup>, K. Wöhrle<sup>2</sup>, G. Petrich<sup>1</sup>, A. Werner<sup>1</sup>, K. Müller<sup>2</sup>

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e. V., Müncheberg

<sup>1</sup>Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie

<sup>2</sup>Institut für Sozioökonomie

## 1. Einleitung und Problemstellung

Bergwiesen sind einer traditionellen Kulturlandschaft mit hohem kulturhistorischen Wert. Sie beherbergen viele in ihrem Bestand bedrohte Pflanzenarten. Die Erhaltung wertvoller Grünlandbereiche wird vor allem durch Aspekte des Naturschutzes (Arten- und Biotopschutz), des Landschaftsbildes und der Erholungseignung bestimmt (BÖHNERT 1998). Ein kulturelles Bedürfnis der Gesellschaft, gerade wegen der starken Uniformierung der Kulturlandschaft, Beispiele einer reichen, mannigfaltig strukturierten Landschaft zu erhalten (HUNDT 1964).

## 2. Material und Methoden

Die Modellstudie basiert auf der betriebspezifischen Flächenausstattung und Produktionsrichtung eines Landwirtschaftsbetriebes in Markneukirchen (Vogtland). Die Datenermittlung erfolgte auf sämtlichen Grünlandschlägen des Modellbetriebes. Detaillierte Inventuren der vorhandenen Biotope stellte das Planungsbüro (BÖHNERT REICHHOFF 1996 und 1998) zur Verfügung. Diese bildeten die Grundlage für die Auswahl der Grünlandschläge und Schläge vor allem in der Größe innerhalb der Bewirtschaftungseinheiten.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Struktur und Flächennutzung des Modellbetriebes

Die Auswertung digitalisierter Flurkarten und Biotopkartierungen der Grünlandflächen der Agro-Dienst-Marktfrucht GmbH Markneukirchen ergab folgende Flächenanteile (Tab. 1).

Tabelle 1: Schläge und Flächengröße (ha) des Grünlandes

	Schläge (Anzahl)	Fläche (ha)
Grünland gesamt	279	634
Grünlandschläge mit Biotop	126	323
Grünlandschläge ohne Biotop	153	311

Die Erhaltung der wertvollen Grünlandbereiche im Vogtland setzt eine biotoperhaltende bzw. -fördernde Bewirtschaftungsstrategie voraus. In der vom Institut erarbeiteten Modellstudie wurde eine naturschutzfachliche Optimalvariante der vom Landwirtschaftsbetrieb favorisierten Betriebsvariante gegenübergestellt. Bei der naturschutzfachlichen Optimalvariante erfolgt eine gezielte Bewirtschaftung der Biotope und der Restschläge ausschließlich nach naturschutzfachlichen Vorgaben. Sie sieht eine einheitliche schlag-

bezogene landwirtschaftliche Nutzung orientiert am Flächenanteil des größten Biotops am Gesamtschlag vor. Die Betriebsvariante basiert auf dem Bewirtschaftungskonzept des Modellbetriebes.

Für die einzelnen Biotope, die Restflächen der Schläge und Grünlandschläge ohne Biotope wurden Nutzungsstrategien zur Erhaltung und Entwicklung bestimmter Pflanzengesellschaften aufgezeigt (Tab. 2).

Tabelle 2: Pflegenutzung zur Erhaltung wertvoller Grünlandbereiche

Biotoptyp	Pflegenutzung			
	Optimal	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet
Bergwiese	einmalige Mahd (ab 1.7.)	Mahd mit Nachweide	Mähweide	ohne Nutzen
magere Frischwiese	Zweimalige Mahd (ab 15.6.)	Mähweide	Weide	ohne Nutzen
Borstgrasrasen	einmalige Mahd (ab 1.7.)	Mahd mit Nachweide	Weide	ohne Nutzen
Nasswiese/Jeleinse enried	späte Mahd (ab 1.8.)	Mahd	Mähweide	ohne Nutzen
Binsen-, Waldsimen-, Schachtelhalmsum f	späte Mahd (alle 1 Jahre)	späte Mahd (alle 3-5 Jahre)		ohne Nutzung
sonstige Frischwiese	Mähweide	Weide/Mahd	Weide	ohne Nutzen

In Abbildung 1 sind die Optimal- und Betriebsvariante für die Nutzungsstruktur des Grünlandes dargestellt.

Optimalvariante sind 323 ha als reine Mähfläche bzw. Mähfläche mit Nachweide vorgesehen. In der Betriebsvariante werden gegenwärtig lediglich 119 ha gemäht. Folglich enthält die Betriebsvariante einen entsprechend höheren Flächenanteil an Mähweiden bzw. reinen Weideflächen.

Etwa 81 ha der Grünlandfläche werden zu den Bedingungen des Vertragsnaturschutzes bzw. der Landschaftspflegeleitlinie bewirtschaftet.

Die zweimalige Mahd magerer Frischwiesen in der Optimalvariante ist aus ökologischer Sicht wünschenswert. Als teuerste Bewirtschaftungsform wird sie in der Betriebsvariante aber nicht praktiziert.

Für die Heuproduktion werden im Modellbetrieb die weniger hängigen Flächen genutzt, da sie technologisch einfacher zu bewirtschaften sind und das Produkt entsprechend kostengünstiger ist. Um aber gerade Bergwiesen und magere Frischwiesen zu schützen und zu entwickeln sollte neben der üblichen JCULAP-Förderung hier ein zusätzlicher finanzieller Anreiz geschaffen werden.

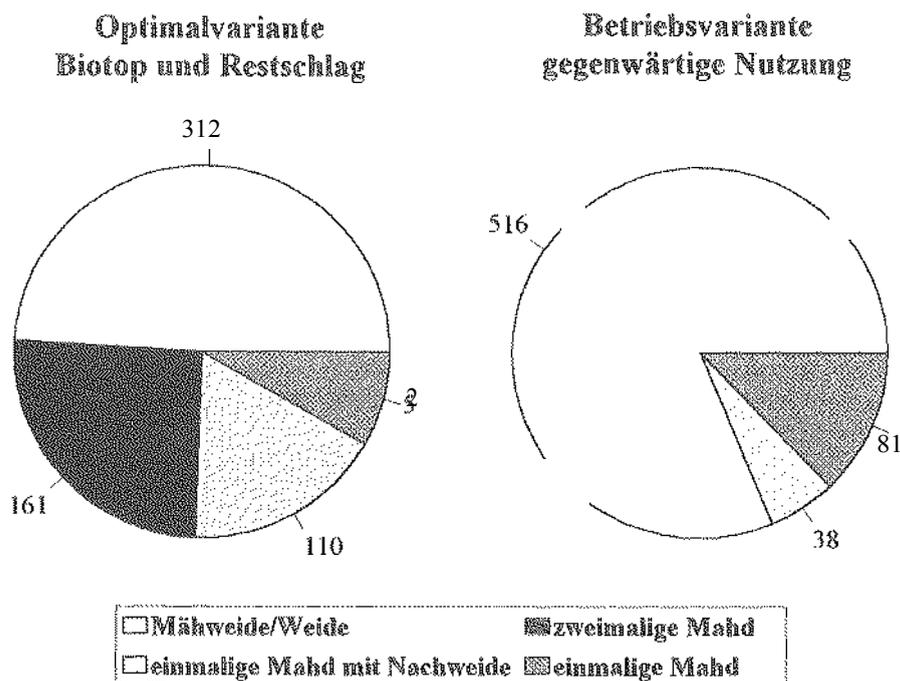


Abbildung 1: Nutzungsstruktur des Grünlandes (ha)

### 3.2. Futteranfall und Futterbedarf im Modellbetrieb

Ausgehend von der Ertrags- und Qualitätseinschätzung einzelner Pflanzenbestände durch die Sächsische LfL (OLSCHEWSKI RIEHL 1998) und unter Zuhilfenahme der DLG-Futterwertkataloge (DLG 1998) wurde der Futteranfall bei einer Bewirtschaftungsintensität kalkuliert.

Für die tierische Produktion ist neben dem Trockenmasseertrag die Energiedichte der einzelnen Pflanzenbestände entscheidend. Durch Abzug der Weideverluste bzw. Feldverluste bei der Konservatfuttergewinnung erfolgte eine Umrechnung in Nettoerträge bzw. -energie für verschiedene Nutzungssysteme.

Dem Futteranfall ist der Futterbedarf in der Sommer- und Winterperiode gegenübergestellt. Futterproduktion und Futterbedarf sind im Modellbetrieb unausgeglichen. Das Futteraufkommen übersteigt wesentlich den Futterbedarf. Während der Vegetationsperiode beträgt die Energieerzeugung 0,76 GV/ha Grünlandfläche.

Die Futterverwertung vorrangig durch Pensionstiere im Sommer erfolgt, ist der Bedarf an Winterfutter relativ gering. Deshalb wird nur ein geringer Mähflächenanteil des Grünlandes zur Konservatfuttergewinnung genutzt. Die Erhöhung des Mähflächenanteils ist naturschutzfachlich im positiven Sinne ließe sich durch eine größere Anzahl eigener Tiere bzw. Versorgung der Pensionstiere mit Winterfutter erreichen. Betriebswirtschaftliche Folgen wären aber Kostenerhöhungen und Schmälerung des Betriebsergebnisses.

Geprüft werden sollten auch Absatzmöglichkeiten für den Verkauf von Heu. Bergwiesenheu ist auf Grund der Pflanzenbestandszusammensetzung sehr wertvoll und besonders für Pferde- und Kleintierhaltung geeignet.

#### 4. Schlussfolgerungen

Die Erhaltung der Kulturlandschaft auf Bergstandorten mit ihren zahlreichen gefährdeten Pflanzenarten ist gesellschaftlich notwendig. Der Landwirt ist im wesentlichen derjenige, der mit seiner nachhaltigen, produktiven Bewirtschaftung und Pflege naturnahe Lebensräume auch in Zukunft erhalten kann.

Die reine Pflege aufgelassener landwirtschaftlicher Flächen in benachteiligten Gebieten ist durch den öffentlichen Haushalt nicht zu finanzieren. Artenreiche Bergwiesen können durch ein- bis zweischürige Mahd bzw. Mähweidenutzung zu entsprechenden Terminen naturschutzfachlich optimal bewirtschaftet werden. Für alle naturschutzrelevanten Flächenanteile werden vorwiegend extensive Nutzungsformen mit geeigneten Managementstrategien favorisiert.

Heuproduktion auf Bergwiesen ist ein teures Produktionsverfahren, besonders bei großen Feld-Hof-Entfernungen und wird deshalb wenig praktiziert. Mahd der stark hängigen Grünlandflächen verursacht wesentlich höhere Verfahrenskosten als Weidenutzung und wird durch geltende Rahmenbedingungen (KULAP) nicht ausgeglichen.

Die Erhaltung wertvoller und schutzwürdiger Grünlandgesellschaften im Vogtland ist durch eine Landbewirtschaftung zu sichern, die der traditionellen Bewirtschaftung nahesteht.

#### Literatur

BÖHNERT, W.: Gefährdete südwestsächsische Bergwiesen. Naturschutzbund Deutschland (NABU), 1998.

BÖHNERT, W. & REICHHOFF, L.: Arbeitskarten Biotopkartierung Sachsen, Planungsbüro für Ökologie, Naturschutz, Landschaftspflege und Umweltwerbung, 1998.

HUNDT, R.: Bergwiesen des Harzes, Thüringer Waldes und Erzgebirges. Pflanzensoziologie, Gustav Fischer Verlag Jena 1964.

MENKE, & HUSS, : Tierernährung und Futtermittelkunde. Verlag Bugen Ulmer Stuttgart, Uni-Taschenbücher 63, 1987.

OLSCHEWSKI, & RIEHL, G.: mündliche Mitteilungen, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Referat Grünland, 1998.

WÖHRLE, ; KÄDING, ; WERNER, A.; MÜLLER, K.: Modellstudie zur Erhaltung wertvoller Grünlandbereiche im Vogtland. Abschlussbericht 8/1999.

DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage 1997.

# Mähstandweide mit Fleischrindern als extensive Form der Grünlandbewirtschaftung

von

Hans Hochberg und Bernd Möller

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena und Landwirtschaftliches Unternehmen Oberweißbach e.G.

## Einleitung

Fleischrinder der Nutzungstyp unter den Wiederkäuern, in den 90er Jahren zugenommen hat. Inzwischen werden in Thüringen 16 verschiedene Fleischrinderrassen gehalten. Vielfalt ermöglicht die extensive Weidewirtschaft und Landschaftspflege unter verschiedenen natürlichen Bedingungen der vor- und Thüringens. Die Grünlandextensivierung zwingt aus wirtschaftlichen Gründen zu aufwandminimierten Weideverfahren.

## Material und Methoden

Langjähriger Weidegroßversuch mit 15 Mutterkühen und Kälbern, Genotyp: Kühe SBTxFLF, Kälber LIMx(SBTxFLF), ohne Zufutter, 15,47 ha Weidefläche, Düngung: 60 kg N/ha und Jahr, Kaliphosphatdüngung, hoher Mähflächenanteil und sukzessive Erweiterung der Weide im Verlauf der Vegetationsperiode.

Zielgrößen waren Weideertrag, Weideleistung, Lebendgewichtszunahmen Tiere, Weidefutterqualität, Pflanzenbestandszusammensetzung sowie Bodennährstoffversorgung.

Der Weideertrag ist nach den Tab. 1 zusammengestellten Konventionen und die Weideleistung nach den von WEIßBACH (1993) vorgeschlagenen Richtwerten kalkuliert worden.

Tabelle 1: Schätzung des Weideertrages

Zielgröße	ME	Kalkulationsalgorithmus
Weideertrag	dt TM/ha	Weidefutterverbrauch (Trockenmasseverzehr) + Weiderest (roz. Anteil des TM-Verzehrs) + Mähertra
VWeidefutterverbrauch Mutterkuh in der Säugeperiode	kg TM/Säugezeit auf der Weide	Lebendmasse x 2,2 kg TM/100 kg LM x Säugetage auf der Weide <sup>1)</sup>
VWeidefutterverbrauch Mutterkuh ohne Kalb oder Jun d	kg TM/Weideperiode	Lebendmasse x 1,8 kg TM/100 kg LM x VWeidetage
Weidefutterverbrauch Kalb <sup>3)</sup>		$[(200 \text{ kg LM} + \text{Abtriebsgewicht}) : 2] \times 2,5 \text{ kg TM}/100 \text{ k} \times \text{Weidetage}^4)$
Lebendmasse	kg	$(\text{Auftriebsgewicht} + \text{Abtriebsgewicht}) : 2$

1) Zeitraum von Abkalbetermin in der Weide bzw. von Auftriebsdatum des Kalbs bis Weideende

2) bei Mutterkühen Zeitraum von Weideauftrieb bis Abkalbung

3) nur anwendbar bei Kälbern mit Abtriebsgewicht von über 200 kg Lebendmasse

4) Anzahl der auf der Grundlage der durchschnittlichen täglichen Lebendgewichtszunahme während der Weideperiode errechneten Weidetage im Gewichtsbereich von 200 kg LM bis Abtriebsgewicht

Zur Erfassung der Lebendgewichtszunahme der Tiere erfolgten Einzeltierwägungen der Mutterkühe und Kälber jeweils zu Weideauf- und -abtrieb.

Mehrjährig durchgeführte Weidefutterprobenahme diente der Analyse der Rohnährstoffgehalte (Rfa, RA) sowie der in-vitro-Verdaulichkeit der Organischen Substanz (ELOS) durch die um eine Schätzung der Futterqualität vornehmen zu können.

Jährlich wurden auf Dauerbeobachtungsflächen vegetationskundliche Aufnahmen in Form der Ertragsanteilschätzung nach KLAPP-STÄHLIN durchgeführt.

## Ergebnisse

### Flächenproduktivität und Tierleistungen

Langjährige Untersuchungen zur Flächenproduktivität und zu den Tierleistungen auf dem Mittelgebirgsstandort Oberweißbach (HOCHBERG et al, 1998) zeigen, dass eine sehr gute Lebendmasse-Zunahme der Kälber auf der Weide erreicht wird (Tab. 2).

Tabelle 2: Flächenproduktivität und Tierleistungen

Lebendmassezunahme	ME	6-jähriges Mittel
Kühe	g/Tier/Tag	
Kälber, männlich		248
Kälber, weiblich		1.226
Weide-Ertrag		1.034
Mähertragsanteil	dt/ha	62,2
Besatzstärke	o/o	57
Weideleishmg	GV/ha	1,4
Fleischzuwachs	GJNEL/ha	28,2
	kg/ha	274

Die Kreuzungskälber realisieren Zunahmen, die denen herkömmlicher Verfahren vergleichbar sind. Sie stehen aufgrund verminderter Flächenproduktivität jedoch eine geringe Weideleistung und Fleischerzeugung pro Flächeneinheit gegenüber.

Im Vergleich zur konventionellen Wirtschaftsweise sind zwar keine niedrigeren Leistungen, aber eine um 10 % geringere Weideleistung kalkuliert und nur 55 % Fleischzuwachs ermittelt worden.

Futteraufwuchs ermöglichte eine bedarfsgerechte Versorgung von nur 1,4 GV/ha.

Die sechsjährigen Untersuchungen in Oberweißbach zeigen einen Rückgang im Flächenbedarf bei tendenziell steigendem Ertragsniveau und zunehmend größerem Mähflächenanteil trotz konstantem Tierbesatz, was den stabilisierenden Effekt langjähriger Mähstandweide deutlich macht. Diese Entwicklung steht im engem Zusammenhang mit den Veränderungen im Pflanzenbestand.

### Weidefutterqualität

Das Verfahren der Mähstandweide bietet die Möglichkeit, den Mutterkühen kontinuierlich gut verwertbares Weidefutter anzubieten. Möglich wird das dadurch, dass Futterbedarf und -angebot aufeinander abgestimmt werden, indem im Verlauf der Vegetationsperiode vorher für Konservatfutterbereitung genutzte Flächen in die Beweidung einbe-

zogen werden, so dass immer weidereifes Futter vorhanden ist. Es gibt bei diesem Weideverfahren kein überständiges Futter (Tab. 3).

Bei sachgerechter Weideführung wird den Tieren stets eiweißreiches Futter mit hoher Energiedichte und aus ernährungsphysiologischer Sicht günstigem Rohfasergehalt bereitgestellt.

Tabelle 3: Futterqualität bei extensiver Mähstandweide im Mittelgebirge (Oberweißbach 1992... 94)

Zeitraum	Parameter			
	(o/o i. d. TS)	(o/o i. d. TS)	ELOS (o/o)	(MJ NEL/kg TS)
Mai	20,8	21,6	71,8	6,46
Juni	26,5	18,7	59,8	5,44
Juli	25,9	16,0	55,9	5,37
August	23,4	21,5	64,8	5,76
September	23,7	19,2	67,3	5,69
Oktober	20,2	22,9	69,1	6,14
Mittel	23,4	20,0	64,8	5,81

### Pflanzenbestand

Auf dem Mittelgebirgsstandort Oberweißbach hat sich bei extensiver Mähstandweide mit Fleischrindern während der zehnjährigen Beobachtungsperiode die Artenvielfalt sowohl auf Ansaat- wie auch Dauergrünland erhöht. Bei geringer Trittdichte, regelmäßigem Verbiß und jährlich einer Mähnutzung haben vor allem die Grünlandkräuter stark zugenommen, konnten sich auch die Gräser der mageren Bergweiden wieder etablieren und sind Rote-Liste-Arten, wie z.B. Arnica montana, im Bestand erhalten geblieben. Im Ergebnis dieser langjährigen Mähstandweide mit einem Mähflächenanteil von 85 % und angemessenen Pflegemaßnahmen erreichten diese Weiden innerhalb weniger Jahre eine ausgewogene Bestandeszusammensetzung, wie Abb. 1 und 2 verdeutlichen.

Auf dem Rotschwengel-Straußgras-Weide haben sich das Deutsche Weidelgras, die Wiesenrispe und Weißklee deutlich ausgebreitet und die vorherrschenden Arten zurückgedrängt. Die ausgewogene Bestandeszusammensetzung ist sich eingestellt und in vertretbarem Maße gehalten (Abb. 1).

Unter der beschriebenen Bewirtschaftungsintensität hat sich bei artenarmen Dominanzbeständen (Ansaaten) innerhalb der Untersuchungsperiode eine ständige und starke Umschichtung vollzogen. Im 6./7. Versuchsjahr ist eine ausgewogene Zusammensetzung festzustellen, die den folgenden Bestand zur allmählichen Herausbildung einer Dauerweidenarbe führte (Abb. 2).

### Zusammenfassung

Erhöhung der Artenvielfalt sowohl auf Ansaat wie auch auf Dauergrünland, starke Zunahme der Artenvielfalt, Wiederansiedlung der Gräser magerer Bergwiesen, Rote-Liste-Arten im Bestand erhalten geblieben. Ausgewogene Zusammensetzung des Bestandes innerhalb weniger Jahre. Hohe Narbendichte und dadurch geringerer Unkräuteranteil.

## Literatur

WEIßBACH, F. (1993): Energiebedarf von Weidetieren und zweckmäßiger Weidetierbesatz.-Tierzüchter 45, 11.-S. 18-21

HOCHBERG, D. ZOPF, H. WARZECHA, R. FRÜH, D. BACHMANN, S. MOHRING (1998): Grünlandextensivierung in Thüringen-Ergebnisse der Begleituntersuchungen zum KULAP.-F/E-Bericht Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena.-114 S.

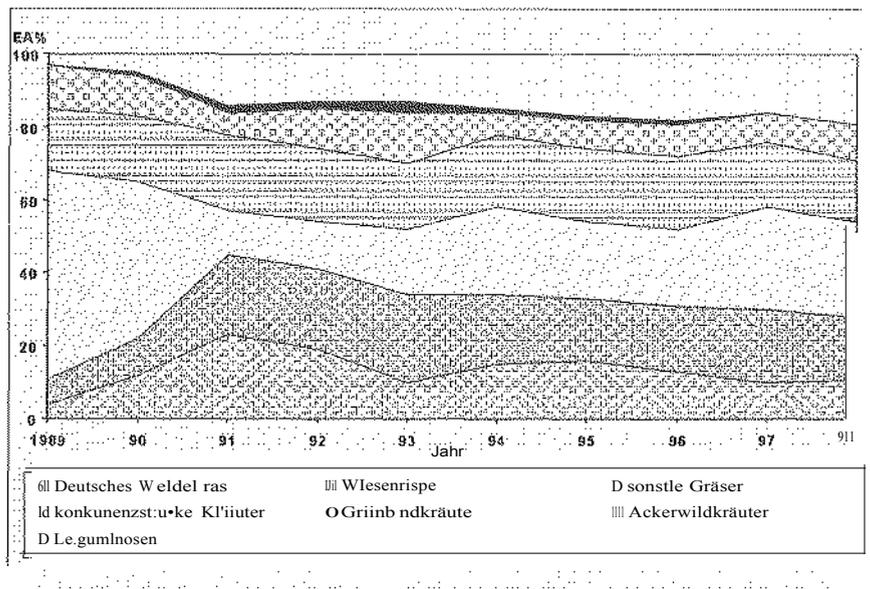


Abbildung 1: Veränderungen in der Bestandeszusammensetzung von Dauergrünland bei extensiver Mähstandweide mit Fleischrindern (Oberweißbach, Thüringer Wald 1989-1998)

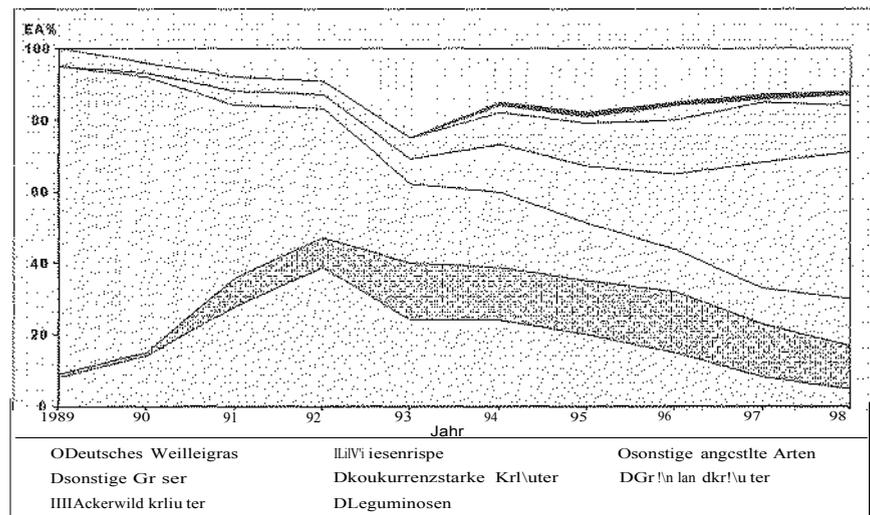


Abbildung 2: Veränderungen in der Bestandeszusammensetzung von Ansaatgrünland bei extensiver Mähstandweide mit Fleischrindern (Oberweißbach, Thüringer Wald 1989-1998)

# Verlaufskurven von Inhaltswerten und Ertrag auf Grünlandstandorten in Bayern

von  
Karl Rutzmoser

Bayerische Landesanstalt für Tierzucht Grub  
85586 Poing bei München

## 1. Einleitung

Die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe und der Mengenertrag der Futterpflanzen ändert sich während des Wachstums. Veränderungen bestimmen den Futterwert, so dass der Zeitpunkt der Ernte erhebliche Auswirkungen für die Fütterung hat. In mehrjährigen Untersuchungen wurde der Aufwuchsverlauf von Grünlandflächen verfolgt. Aus diesen Daten sollen Verlaufskurven entwickelt werden, welche die Entwicklung mit relativ einfachen Funktionen beschreiben.

## 2. Beteiligte Einrichtungen und Standorte

Das Untersuchungsvorhaben zum Aufwuchsverlauf von Grünlandflächen wird seit 1997 von der Grub und dem Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e. V. (LKP) mit den Erzeugerringen wirtschaftseigenes Futter bearbeitet. Geschäftsführer der angeschlossenen Trocknungsgenossenschaften sorgen in ihrem Bereich für die Auswahl Fläche (betriebsüblich bewirtschaftet) und laufende Probenahme. In der Tabelle 1 sind die zur Auswertung verwendeten Standorte aufgeführt.

Standort, Landkreis	1997	1998	1999
Achsheim, Augsburg	4		
Lalling, Deggendorf	3	3	
Hersbruck, Nürnberg Land			3
Kempton, Allgäu	5	5	5
Erkheim, Memmingen	5	4	4
Maitenbeth, Mühldorf	4	5	4
Grub, Ebersberg	4	6	4
Röckersbühl, Neumarkt Opf.	3	4	3
Neuhof/Zenn, Neustadt, Aisch	3		
Tirschenreuth, Opf.		4	4
Gunzenhausen, Mittelfranken	4		4
Donauaalthem, Dillingen			4
Dietramszell, Wolfratshausen	4	4	4
Kirchdorf a. H., Rosenheim	6	5	6
Lengenfeld, Neumarkt Opf., Klee gras	4	4	4
Rettenbach, Mindelheim., ökol. Landbau	4	4	4

## 3. Probenahme und Untersuchung

Die Probenahme muß sich auf kleine Stichprobenflächen beschränken. Die Größe der Probenahme fläche wird so gewählt, dass das gesamte Aufwuchsmaterial in drei

Teilproben mit je etwa 1 kg Frischmasse genommen werden kann. So werden bei einem jungen Bestand bis zu 4 qm, (2 \* 2m) gebraucht, bei älteren Beständen muß bis auf 0,5 qm zurückgegangen werden. Vor allem bei Beständen mit höherem Ertrag wird auch alternativ eine größere Fläche (2 bis 10 qm) gemäht, der Frischertrag bei der Probenahme gewogen (Eigenwiegung) und davon 3 Teilproben genommen.

Die Untersuchung erstreckt sich über die gesamte Wachstumszeit, je nach Standort von Ende April bis Oktober. Etwa bis Juni wird die wöchentliche Probenahme, danach ein zweiwöchiger Abstand angestrebt.

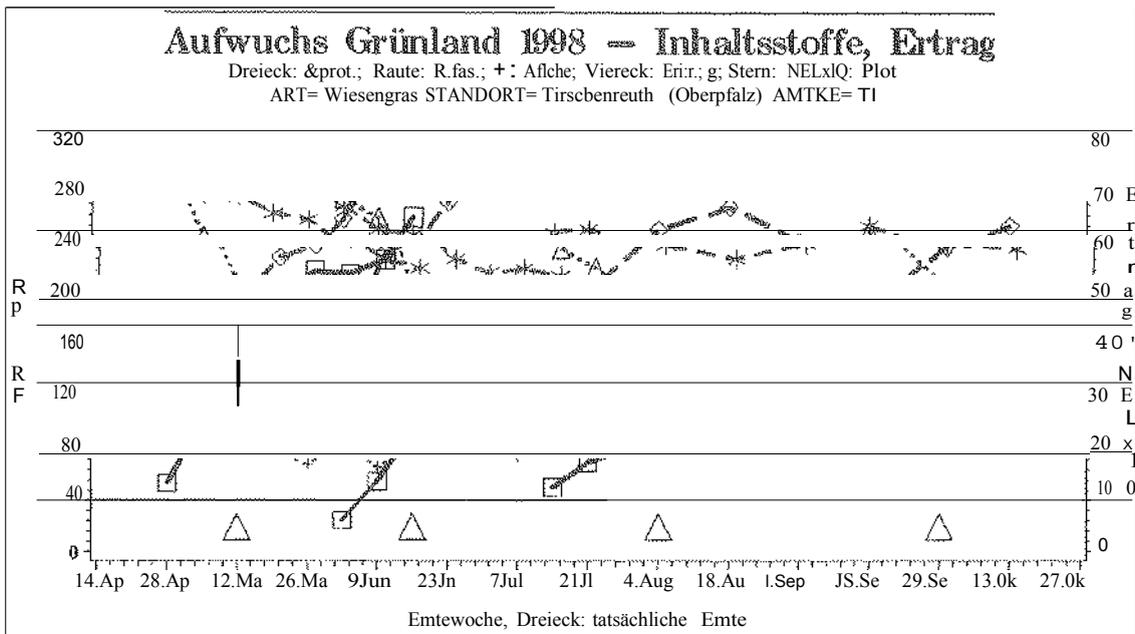


Abbildung 1: Beispiel Standort Tirschenreuth

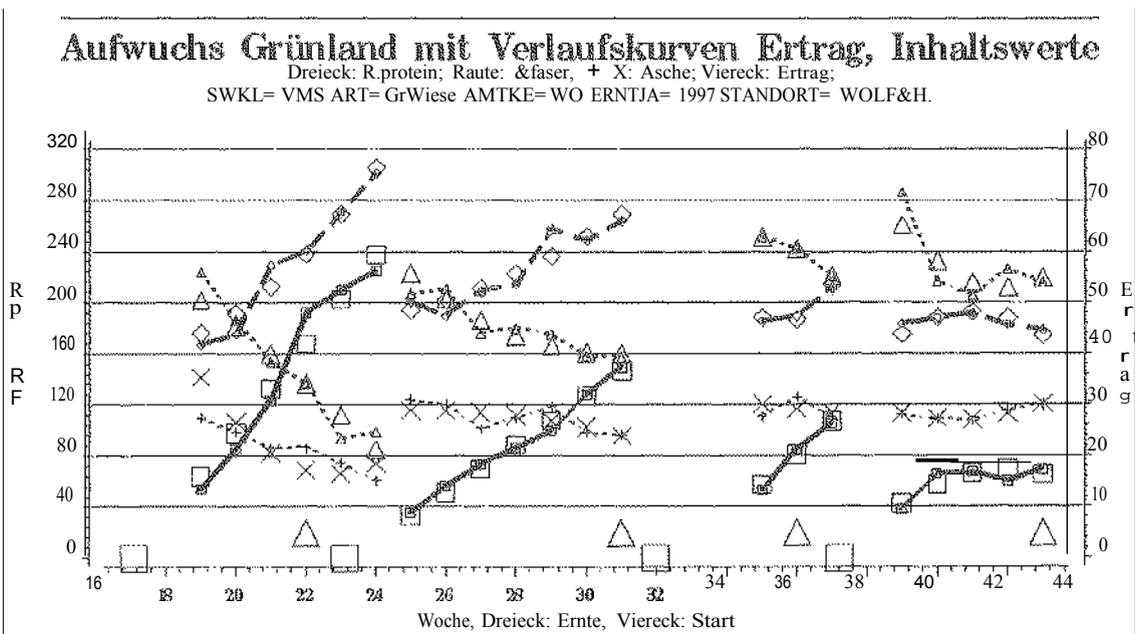


Abbildung 2: Beispiel Standort Wolfsthal, mit Schätzwerten

Von den Frischgrasproben werden im Futtermittellabor der BLT Grub die Roh Nährstoffgehalte mit dem NIRS-Verfahren (Nahe-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie) bestimmt

und daraus der Energiegehalt berechnet. Aus dem Frischgewicht der Proben und der mitgeteilten Probenfläche wird der Trockenmasseertrag (in dt T je ha) ermittelt. Ergebnisse der (drei) Teilproben eines Probenahmeschnittes werden gemittelt.

#### 4. Umsetzen der Beobachtungswerte in Verlaufskurven

Wie in der Abbildung 1 dargestellt, sind von einem Standort in einem Jahr die Werte der Aufwüchse zu Trockenmasse (T)-ertrag, Rohprotein, Rohfaser und Rohasche (g/kg T) in ein- bis zweiwöchigem Abstand verfügbar. Zunächst wurde für jeden einzelnen Aufwuchs eine linear-quadratische Regression des T-ertrages auf die Jahreswoche berechnet. Schnittpunkt mit der x-Achse (Ertrag = 0) wurde als Startpunkt der Ertragskurve gesetzt. Lag dieser vor dem erfolgten Schnitt des Voraufwuchses, wurde der Schnittpunkt dafür genommen. Bei einzelnen ansteigenden Kurven des Erstaufwuchses wurde linear auf den Startpunkt gerechnet. Kam der Startpunkt nach dem Schnitt des Voraufwuchses zu liegen, wird der Unterschied als Verzögerungszeit genommen. Für die Rohnährstoffe wurden ebenfalls linear-quadratische Regressionsgleichungen bestimmt. In der Grafik 2 sind beispielhaft die errechneten Schätzwerte für den Standort aus den Gleichungen zu den Beobachtungswerten dazugefügt.

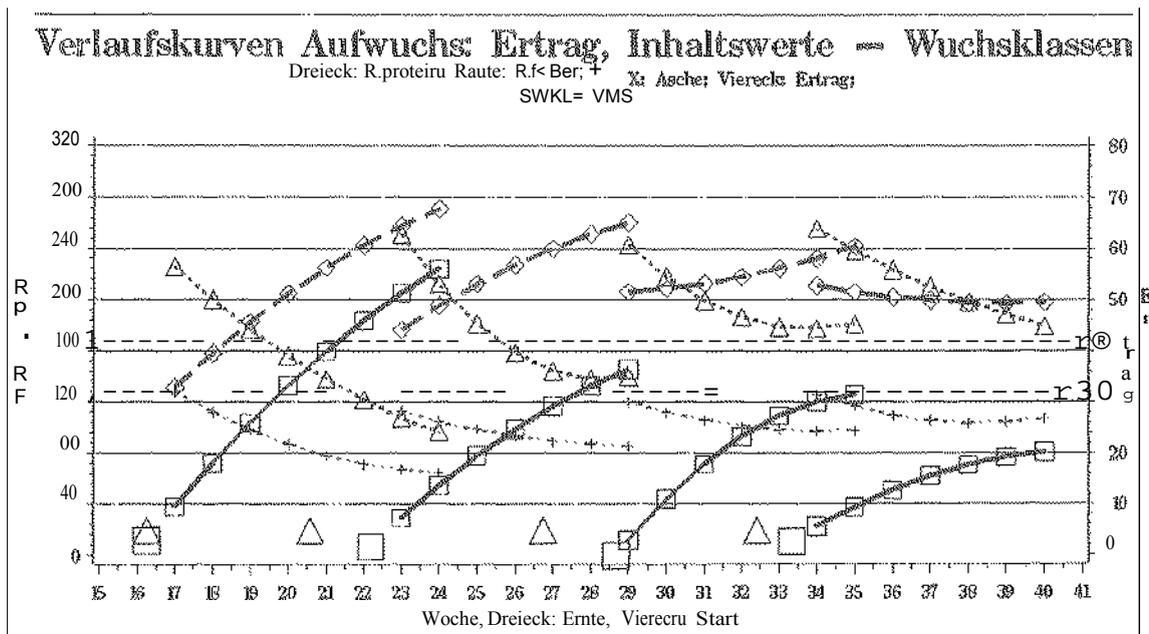


Abbildung 3: Beispiel Verlaufskurven Wuchsklasse VMS

#### 5. Zusammenfassen der Verlaufskurven in „Wuchsklassen“

Um allgemein verwendbare Kurven zu erhalten, wurden die Standorte nach der Anzahl an Aufwüchsen und der Wüchsigkeit (T-Erträge) in "Wuchsklassen" eingeteilt. Dabei wurden folgende Gruppen zusammengefasst:

SN3 = mäßig bis mittlere Standorte mit 3 Schnitten

= Vielschnitt ab 4 Schnitte, mittlere Wüchsigkeit im nördlichen Bayern

VMS = Vielschnitt ab 4 Schnitte, mittlere Wüchsigkeit im südlichen Bayern

VWU = Vielschnitt ab 4 Schnitte, wüchsige Standorte.

Die Koeffizienten der Regressionsgleichungen für die einzelnen Aufwüchse wurden auf den jeweiligen Startpunkt umgerechnet. Dann konnten die Koeffizienten über Wuchsklassen und Aufwüchse gemittelt werden.

In der Abbildung 3 sind die gemittelten Verlaufskurven beispielhaft für die Wuchsklasse VMS dargestellt. In der Tabelle 1 sind für die unterschiedenen Wuchsklassen die Faktoren der Gleichungen zum T-ertrag aufgeführt. Diese beziehen sich auf Wochen ab der jeweiligen Startwoche.

Tabelle 1. Faktoren der Verhlmf am rven T- . -tt aJ;!;-in den Wau-h!!!i:LI .....:Pn

Wuchs-Klasse	Auf-wuchs	Schnitt Woche	Start Woche	Fakt. Abs.	Fakt. Lin.	Fakt. Quad.
SN3	1.		16,95	0,00	14,70	-0,82
	2.	20,50	22,03	4,32	6,87	-0,56
	3.	27,00	27,76	4,67	7,28	-0,56
VMN	1.		16,98	0,83	15,51	-0,88
	2.	20,60	22,27	8,23	6,50	-0,38
	3.	27,98	28,77	0,07	7,73	-0,61
	4.	33,00	33,57	11,01	3,33	-0,33
VMS	1.		16,25	2,85	9,27	-0,31
	2.	20,59	22,19	1,64	7,27	-0,32
	3.	26,75	28,67	0,00	9,27	-0,68
	4.	32,41	33,33	2,73	4,51	-0,28
VWU	1.		16,11	3,33	13,80	-0,66
	2.	19,82	21,64	0,89	12,73	-0,90
	3.	24,73	26,84	3,08	14,17	1,91
	4.	30,89	32,22	15,49	2,58	0,05

Tabelle 2. Faktoren zu Roh.p rutein und F, ..... in den Wn-h ld .....:Pn

Wuchs-Klasse	Auf-Wuchs	R.prot. Abs.	R.prot. Lin.	R.prot. Quad.	R.fas. Abs.	R.fas. Lin.	R.fas. Quad.
SN3	1.	279,85	-30,02	0,85	122,98	45,36	-3,40
	2.	301,56	-32,11	1,54	161,72	13,61	0,45
	3.	238,40	-6,15	-0,95	151,30	21,25	-1,45
VMN	1.	276,56	-41,98	2,89	128,89	52,12	-3,99
	2.	287,96	-41,50	2,77	229,46	1,35	1,77
	3.	273,08	-23,92	0,42	220,71	7,94	0,54
	4.	273,17	-16,46	0,92	149,51	19,68	-1,22
VMS	1.	246,61	-28,80	1,18	109,76	29,61	-1,14
	2.	289,11	-49,85	4,10	159,96	21,34	-0,97
	3.	251,97	-29,15	2,84	205,52	1,50	0,68
	4.	267,47	-18,59	0,81	215,10	-6,47	0,59
VWU	1.	300,53	-37,54	1,96	95,18	45,70	-2,59
	2.	244,34	-25,20	1,66	200,03	17,23	-1,28
	3.	252,58	-26,26	2,13	178,29	18,77	-0,09
	4.	174,16	11,53	-1,41	236,25	-4,91	0,50

Tabelle 2 enthält die Faktoren zu Rohprotein und Rohfaser. Die Faktoren zu Rohasche betragen im Mittel 134, -12,7 und 1,0. Damit können modellhaft die Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf Ertrag und Futterwert bearbeitet werden.

# N-Vergleich bei Zufütterung statt N-Düngung auf Grünland

Pierre Ernst und Norbert Heiting

Landwirtschaftskammer Rheinland, Haus Riswick,  
Fachbereich Grünland und Futterbau, Kleve

## 1. Einleitung

Langjährige Beweidungsversuche am Niederrhein haben bei hoher N-Düngung und hoher Beweidungsintensität auf Grünland – aufgrund des geringen Nährstoffbedarfs für die tierische Produktion – eine hohe Nitratbelastung im Boden und Bodenwasser ergeben (ERNST, 1995; HÄHNER, 1995). Untersuchungen von BENKE (1992) und HÜGING (1997) haben diese Ergebnisse bestätigt.

## 2. Problemstellung

Zur Vermeidung von N-Überschüssen wird zur Weidenutzung auf Grünland eine geringe N-Düngung empfohlen. Sie führt zu einer geringeren Futterproduktion. Hieraus ergibt sich die Frage, ob im Rahmen einer nachhaltigen Grünlandwirtschaft in Flächen knappen Grünlandbetrieben oder in Futterbaubetrieben mit geringem Grünlandanteil der erforderliche Futter- bzw. Nährstoffbedarf für Hochleistungstiere durch eine erhöhte N-Düngung auf den Grünlandflächen oder durch eine erhöhte Zufütterung bereit gestellt werden sollte. Beim versuchsmäßigen Vergleich von „Düngung oder Zufütterung“ stehen ökonomische und ökologische Auswirkungen im Vordergrund.

## 3. Versuchsdurchführung

Seit dem Frühjahr 1998 werden zwei Beweidungsversuche – mit Jungrindern und mit Milchkühen – durchgeführt (Übers.1). In beiden Versuchen wird die durch eine reduzierte N-Düngung verminderte Futterproduktion durch eine erhöhte Zufütterung ausgeglichen. Bei den Jungrindern werden drei und bei den Milchkühen zwei N-Düngungs- / Zufütterungsstufen verglichen. Bei den Milchkühen wird das Ausgleichsfutter zusätzlich zu der für alle Kühe gleichen leistungsabhängigen Zufütterung verabreicht. Wegen der hohen Zufuttermengen werden die Kühe auf der extensiven Fläche nur tagsüber geweidet; das gesamte Zufutter wird nachts im Stall vorgelegt.

Übers. 1: Durchführung der Beweidungsversuche					
	mit Rindern			mit Milchkühen	
	intensiv.	mittelint.	extensiv	intensiv.	extensiv
N/ha	360	180	60	360	60
Tierzahl	8	8	8	22	22
ha	1,7	1,7	1,7	6,5	6,5
Kühe/ha				3,4	3,4
GV/ha	3,8	3,8	3,8		
Nutzung	Ganztagsweide	Ganztagsweide	Ganztagsweide	Ganztagsweide	Halbtagsweide
Leistungsfutter: kg TM/Tier/Tag	ohne	ohne	ohne	10	10
Ausgleichsfutter: kg TM/Tier/Tag	ohne	1,25	2,5		
Zufütterung	auf der Weide	auf der Weide	auf der Weide	nach dem Melken	nachts im Stall

#### 4. Ergebnisse und Diskussion

Bei den Ergebnissen stehen Weideleistung und N-Ausnutzung im Vordergrund. In beiden durch eine verminderte N-Düngung reduzierte Futterproduktion durch eine erhöhte Zufütterung ausgeglichen werden (Übers. 2 und 3). Jungrindern nahm die Weideleistung bei zunehmender Zufütterung sogar deutlich zu. Allerdings war in beiden Versuchen die gewonnene Winterfuttermenge auf den Schnittflächen (rd. 100 % Schnittanteil) bei reduzierter N-Düngung geringer.

<b>Übers. 2: Weideleistung im Beweidungsversuch mit Jungrindern; Kellen, 1998-1999</b>			
	<b>intensiv 360 kg N/ha ohne Ausgleichsfutter</b>	<b>mittelintensiv 180 kg N/ha mit 131 kg KF/Tier</b>	<b>extensiv 60 kg N/ha mit 347 kg KF/Tier</b>
<b>Zuwachs</b>			
kg/Tier	112	123	133
g/Tier/Tag	624	681	738
<b>Flächenleistung</b>			
kg Zuwachs/ha	520	577	625
dt TM Winterfutter/ha	44	40	33
<b>Weideleist.: MJ NEL/ha</b>			
tier. Produktion (brutto)	32.951	34.729	36.593
aus Ausgleichsfutter		4.189	11.114
aus Weidegras (netto)	32.951	30.540	25.479
aus Gras + Ausgleichsf.	32.951	34.729	36.593

<b>Übers. 3: Weideleistung im Beweidungsversuch mit Milchkühen; Riswick, 1998-1999</b>		
	<b>intensiv 360 kg N/ha ohne Ausgleichsfutter</b>	<b>extensiv 60 kg N/ha mit Ausgleichsfutter</b>
<b>Milchleistung:</b>		
kg/Kuh/Tag	28,3	27,7
% Fett	3,82	3,89
% Eiweiß	3,16	3,14
ppm Harnstoff	410	278
<b>Flächenleistung:</b>		
kg Milch/ha	15.656	15.315
dt TM Winterfutter/ha	44	32,9
<b>Weideleistung: MJ NEL/ha</b>		
tier. Produktion (brutto)	69.182	69.348
aus Leistungsfutter	39.556	38.839
aus Ausgleichsfutter		10.482
aus Weidegras (netto)	29.626	20.026
aus Gras + Ausgleichsfutter	29.626	30.508

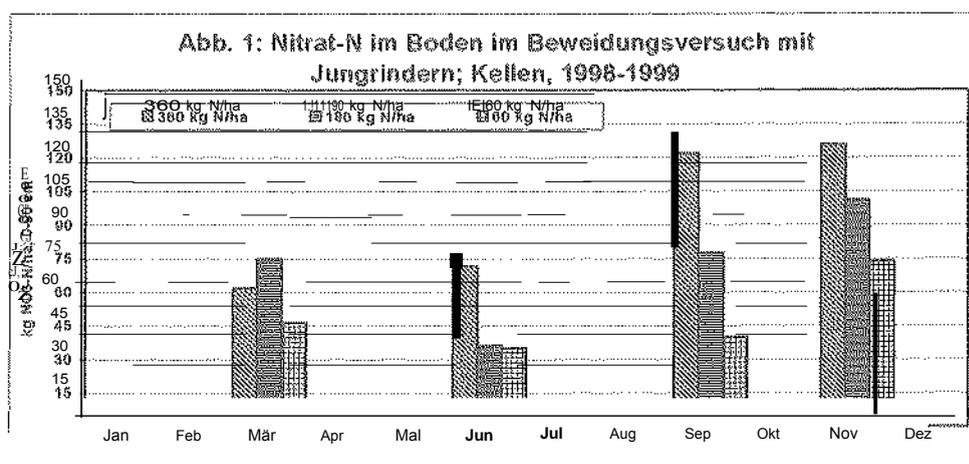
Die N-Vergleiche in beiden Versuchen sind in den Übers. 4 und 5 dargestellt. Im Versuch mit Jungrindern ergab eine um 120 bzw. 300 kg/ha reduzierte N-Düngung bei gleichzeitig zunehmender Ausgleichsfütterung und Ganztagsweide eine beachtliche Abnahme des N-Überschusses von rd. 90 bzw. 150 kg/ha.

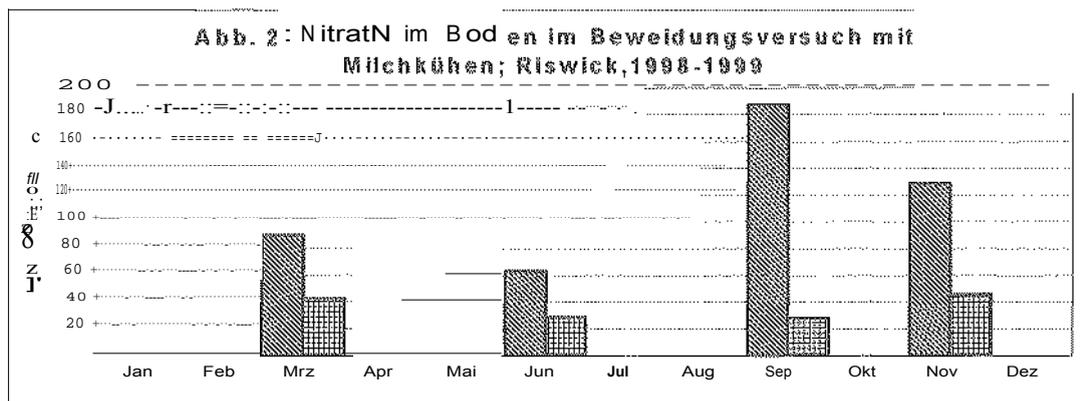
Im Versuch mit Milchkühen war die Abnahme des N-Überschusses bei der extensiven Varianten und Halbtagsweide mit über 260 kg/ha noch deutlicher.

	intensiv.	mittelintens.	extensiv
<b>N-Input: kg/ha</b>			
Düngung	360	180	60
Zufutter	0	10	25
Weißklee	0	40	80
<b>Summe</b>	<b>360</b>	<b>250</b>	<b>165</b>
<b>N-Output: kg/ha</b>			
tier. Produktion	10	12	13
Winterfutter	152	134	109
<b>Summe</b>	<b>163</b>	<b>146</b>	<b>122</b>
<b>N-Überschuss: kg/ha</b>	<b>197</b>	<b>104</b>	<b>43</b>

	intensiv 360 kg N/ha ohne Ausgleichsfutter Ganztagsweide	extensiv 60 kg N/ha mit Ausgleichsfutter Halbtagsweide
<b>N-Input: kg/ha</b>		
Düngung	360	60
Zufutter	129	169
Weißklee	0	80
<b>Summe</b>	<b>489</b>	<b>309</b>
<b>N-Output: kg/ha</b>		
Tier. Produktion	79	77
Gülle	0	119
Winterfutter	132	99
<b>Summe</b>	<b>211</b>	<b>295</b>
<b>N-Überschuss: kg/ha</b>	<b>278</b>	<b>14</b>

Der reduzierte N-Überschuss führte in beiden Versuchen vor allem am Ende der Weideperiode im Herbst zu einer deutlichen Abnahme der Nitratbelastung im Boden (Abb. 1 und 2). Die Versuchsergebnisse verdeutlichen, dass der Stickstoff im Zufutter





offensichtlich wesentlich effektiver in tierischer Leistung umgesetzt wird als der Stickstoff aus Düngemittel über die Futterproduktion (ANGER und KÜHBAUCH, 1999; KÜHBAUCH und ANGER, 1999).

### 5. Zusammenfassung

Erste Ergebnisse aus Beweidungsversuchen mit Jungrindern und Milchkühen in den Jahren 1998 und 1999 haben gezeigt, dass die für Hochleistungstiere erforderlichen Nährstoffe bei reduzierter N-Düngung durch erhöhte Zufuttermenge – als Ausgleich für die verminderte Futterproduktion – ausgeglichen werden können. Bei abnehmender N-Düngung und gleichzeitig steigender Zufütterung wurde eine höhere Weideleistung sowohl bei der N-Düngung als auch im Überschuss erreicht. Der N-Einsatz über das Zufutter ist offensichtlich wesentlich effektiver als über die Düngung.

### 6. Literatur

- ANGER, M. und W. KÜHBAUCH, 1999: Grünlandfutterleistung und Nährstoffspielraum in der Milchproduktion auf Grünland. Mitteilungen AG Grünland und Futterbau, Band 1 (43. Jahrestagung), S. 52-57.
- BENKE, M., 1992: Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels Saugkerzen-Methode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. Diss. Uni Kiel.
- ERNST, P., 1995: Futterproduktion, tierische Leistung und Nährstoffbilanz bei differenzierter Stickstoffdüngung und Beweidung auf Dauergrünland. VDLUFA-Kongressband 1995, S. 189-192.
- HÄHNER, I., 1995: Untersuchungen zur Milchviehfütterung bei Verzicht auf mineralische N-Düngung von Mähweiden. Diss. Uni Bonn.
- HÜGING, H., 1997: Auswirkungen unterschiedlicher Weideverfahren im Bergischen Land auf den Nitrataustrag, die Futterproduktion und die Weideleistung. Diss. Uni Bonn.
- ANGER, M., H. HÜGING, W. KÜHBAUCH und P. ERNST, 1999: Nährstoffspielraum und duale Nährstoffnutzung auf dem Grünland. DLG-Grünlandtagung '99, Tagungsband, S. 5-16.

# Zur Variabilität der Stickstoffeffizienz in Futterbaubetrieben Niedersachsens

Johanna Seheringer **und** Johannes Issestein

## 1. Einleitung und Fragestellung

In den vergangenen Jahren wurden grundlegende Kenntnisse über die Stickstoffflüsse und die Stickstoffeffizienz im landwirtschaftlichen „Betrieb“ und darauf aufbauend eine Fülle von Optimierungsmaßnahmen erarbeitet. Die wichtigsten Ansatzpunkte der Optimierungsstrategien stellen die Tierbesatzstärke (HORLACHER et al. 1997), der Import und die Ausnutzung von Mineraldünger und Kraftfutter (JARVIS et al. 1996; SUNDRUM, 1997), das Wirtschaftdüngermanagement (AMBERGER, 1991; AARTS et al. 1992; BUSSINK und OENEMA, 1998) und die Milchleistung (ISSELSTEIN, 1997; KÜHBAUCH UND ANGER, 1999) dar. Diese Erkenntnisse wurden überwiegend modellhaft, in Forschungsstationen, oder in Fallstudien gewonnen. Untersuchungen in der Praxis, in typischen Futterbaubetrieben, liegen nur vereinzelt vor. Nach wie vor hohe N-Bilanzüberschüsse von Tierhaltungsbetrieben zeigen, daß die Umsetzung von effizienzsteigernden Maßnahmen in der landwirtschaftlichen Praxis noch unbefriedigend ist (FLEISCHER, 1998). Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher, die gegenwärtige Situation der Stickstoffwirtschaft in klassischen Futterbaubetrieben zu erfassen und zu prüfen, in welchem Maße Optimierungsstrategien in der Praxis umgesetzt werden. Im folgenden werden insbesondere Stickstoffimport, Stallsystem und Wirtschaftdüngermanagement und die Milchleistung beleuchtet.

## 2. Material und Methoden

Die Untersuchung stützt sich auf eine Befragung von 46 Betriebsleitern in ganz Niedersachsen. Ausgewählt wurden Betriebe, die im Vollerwerb wirtschaften und deren landwirtschaftliche Nutzfläche zu über 80 % rein futterbaulich genutzt wird. Dabei war es unerheblich, ob die Wirtschaftsweise biologisch oder konventionell ist. Die hier vorgestellte Auswertung beschränkt sich jedoch auf die 39 konventionellen Betriebe. In strukturierten Interviews, mit Hilfe von Fragebögen, wurden detaillierte Daten aus drei aufeinanderfolgenden Wirtschaftsjahren (1995/96 – 1997/98) erhoben (Tab.1). Aufbauend auf diesen Daten wurden weitere Betriebsmerkmale ermittelt. Über Hoftorbilanzen, ohne Einbeziehung der atmosphärischen Deposition (nach PARCOM zit. in SCHUMANN et al. 1997) wurden durchschnittliche N-Salden und N-Effizienz berechnet.

Tab. 1: Betriebsdaten, die der Befragung aufgenommen wurden

Datenbereich	Quelle	Einzeldaten
Betriebsmittel-einsatz und -ausstattung	Buchführung (Naturalbericht)  Landwirte	Zu- und Verkauf stickstoffhaltiger Produkte, wie Milch und Milchprodukte, Tiere und pflanzliche Produkte Flächenausstattung, Tierzahlen Betriebsform und Arbeitskräfteausstattung, Teilnahme an Spezialprogrammen
Kenndaten der Produktion	Landwirte	Leistungsdaten, Stallsystem Fütterung und Futtermittelwirtschaft Wirtschaftdüngermanagement Bewirtschaftung der Ackerschläge Bewirtschaftung des Grünlandes

### 3. Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 2 sind die Gesamtmittel der Betriebsmerkmale dargestellt. Zur Ermittlung der Einflußgrößen wurden die Betriebe nach ihren N-Salden in drei Überschussklassen eingeteilt.

Tab. 2: Durchschnittliche Kenndaten der Betriebe gruppiert nach der Höhe des Stickstoffüberschusses

Betriebsmerkmal	Stickstoffüberschußklassen auf der der Hoftorbilanzen in kg N/ha								
	O aller Be- triebe	Min	Max	< 110 n = 13		110- 160 n = 13		> 160 n = 13	
				O	s	O	s	O	s
Landwirtschaftl. Nutzfläche in ha	75	38	149	72	24	78	20	75	26
Stickstoffsaldo in kg/ha	135	42	285	75	23	134	15	197	40
Stickstoffeffizienz	28	15	74	37	16	25	4	22	5
Grünlandanteil in %	73	11	100	74	20	77	22	69	29
Maisanteil in % der LN <sup>1</sup>	15	0	34	18	27	14	12	18	16
Viehbesatz in GV/ha	1,62	0,86	2,67	1,39	0,41	1,52	0,24	1,95	0,47
Kraftfutterzukauf in kg N/ha	54	7	131	36	22	49	13	78	27
Mineraldüngerzukauf in kg N/ha	121	36	203	78	27	122	29	163	20
Mineraldüng. zu Mais in kg N/ha	41	14	102	36	29	46	26	43	11
Festmistanteil in %	6	0	81	16	27	1	1	2	2
emissionsanne Gülleverteiltectm	6			4		0		2	
Emissionsminderung in % <sup>3</sup>	9	0	90	20	31	0	0	8	19
Milchleisnmg in kg/Kuh	6911	4133	8794	6886	1331	6949	669	6897	1046
Milchleistung in kglha	6136	1984	10464	5188	2172	5986	1001	7233	1481
Milchleistung aus Grundfutter in %	36	0	93	45	27	38	17	27	21

<sup>1</sup>LN. Landwirtschaftliche Nutzfläche

<sup>2</sup>Anzahl der Betriebe, die eine emissionsmindernde Gülleverteiltectm, wie Schlitz- oder Schleppschlauchverfahren anwenderl

<sup>3</sup>Emissionsminderung die erreicht wird im Vergleich zur Pralltellerabfuhr der Gülle (Schlitzverfahren 90 %, Schleppschläuche 50%, KÜWALEWSKY, 1998)

#### 3.1. Stickstoffimport

Einen signifikanten Einfluß auf die Höhe des Stickstoffsaldos üben erwartungsgemäß der N-Import über Kraftfutter ( $r = 0,781^{***}$ ), Mineraldüngerzukauf ( $r = 0,897^{***}$ ) und Viehbesatz ( $r = 0,562^{***}$ ) aus. Die Betriebe in Überschussklasse bis 110 kg N/ha verzeichnen bei allen drei Größen durchschnittlich niedrigere als in den anderen Klassen (Tab. 2). Die Höhe der Einfuhr hängt von der Höhe des Besatzes ab: Je mehr Tiere ernährt werden müssen, desto höher die Importe (Abb.1). Dies ist auch bei Mineraldünger so. Es scheint dabei unerheblich, daß durch einen höheren Besatz mehr Wirtschaftsdünger pro Flächeneinheit anfällt. In der Literatur (z. JARVIS et al. 1996) wird empfohlen, den Maisanbau auszudehnen, um so über ausgeglichene Fütterung eine erhöhte Stickstoffausnutzung zu gewährleisten. Dies bestätigt sich in der vorliegenden Untersuchung nicht. Grund hierfür könnte die unterschiedliche Düngung sein, während JARVIS et al. (1996) davon ausgehen, daß der Mais gedüngt wird, erhielt der Mais in den hier vorgestellten Betrieben neben Wirtschaftsdüngergaben zusätzlich mineralische Düngung.

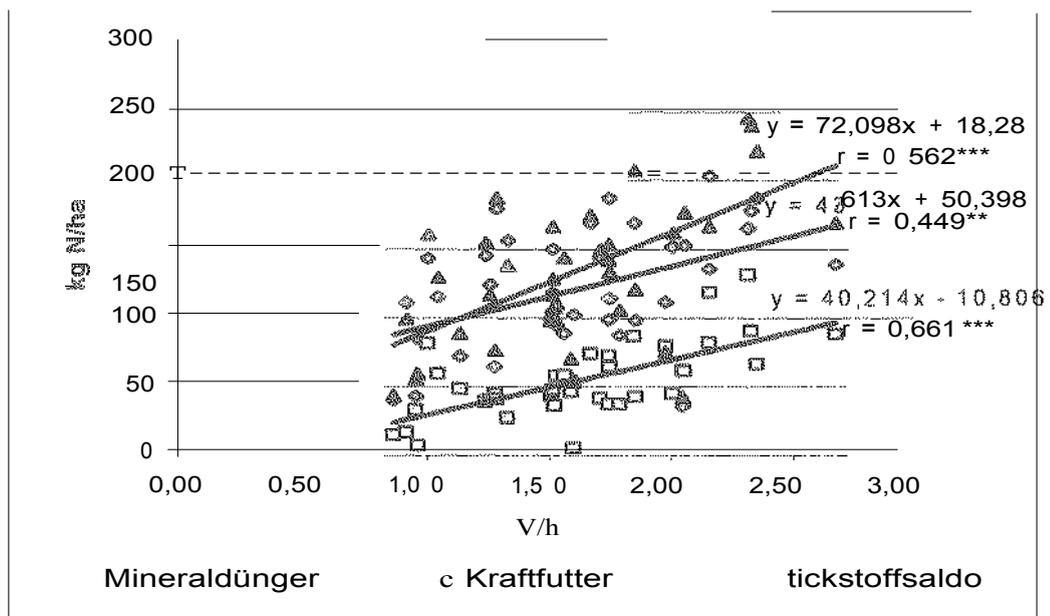


Abb. 1: Abhängigkeit der Kraftfutter- und Mineraldüngereinfuhr und des Stickstoffüberschusses von der Höhe des Viehbesatzes

### 3.2. Stallsystem und Wirtschaftsdüngermanagement

Das Stallsystem bedingt, welche Art von Wirtschaftsdünger auf dem Betrieb anfällt. Bei den untersuchten Betrieben herrschten als Aufstaungsart für Kühe Boxenlaufställe vor, während für Jungvieh und Masttiere sowohl Ställe mit Vollspaltenböden, wie auch Tief- und Tretnistställe genutzt werden. In unserer Untersuchung fällt auf, daß in der Klasse mit den niedrigsten N-Überschüssen eindeutig höchste Festmistanteil in o/o am Gesamtwirtschaftsdüngeraufkommen zu verzeichnen ist (Tab.

Ausbringung Wirtschaftsdünger mit emissionsmindernder Ausbringtechnik wird allgemein als ein Bereich erkannt, in die Stickstoffnutzung verbessert werden kann. In der Klasse mit den niedrigsten N-Überschüssen fand sich die höchste Zahl von Betrieben, die Schlitz- oder Schleppschlauchverfahren und damit war in dieser Betriebsgruppe die höchste Emissionsminderung im Vergleich zur Technik mit Breitverteilung zu verzeichnen (Tab. 2).

### 3.3. Milchleistung

Steigerung der Milch- und Grundfutterleistung wird als eine Maßnahme genannt um Nährstoffüberhänge zu vermindern. Zum einen kann durch eine Erhöhung der Milchleistung bei gleichbleibendem Kontingent die Kuhzahl reduziert werden, zum anderen wird über eine höhere Milchmenge mehr Stickstoff aus dem Betrieb exportiert. Bei den hier untersuchten Betrieben konnte zwischen der Höhe der Milchleistung pro Hektar und der Höhe des Stickstoffsaldos auf Hoftorebene eine signifikante Abhängigkeit ( $r = 0,448^{**}$ ) ermittelt werden. In der Milchleistung pro Kuh ist zwischen den verschiedenen Stickstoffüberschußklassen kein nennenswerter Unterschied erkennbar. einer Betrachtung der Grundfutterleistung (rechnerisch ermittelt aus Gesamtmilchmenge abzüglich Milchmenge aus Kraft- und Saftfutter) jedoch wird deutlich, daß die Betriebe mit höherer Grundfutterleistung niedrigere durchschnittliche N-Salden aufweisen (Tab 2).

## Zusammenfassung

Die untersuchten Futterbaubetriebe weisen hinsichtlich ihrer N-Effizienz große Unterschiede auf. In Übereinstimmung mit Ergebnissen in der Literatur wurden in der vorliegenden Untersuchung der Stickstoffimport, der maßgeblich durch Tierbesatz bestimmt wird, das Wirtschaftsdüngermanagement und die Grundfutterleistung als Einflußgrößen für die Höhe Salden und die Effizienz des eingesetzten Stickstoffs ermittelt. Die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen zur der N-Effizienz erfolgte am stärksten in den Betrieben mit niedrigen N-Überschüssen (bis **110 kg N/ha**).

## 5. Literatur

- AARTS, H.F.M., BIEWINGA, UND VAN KEULEN, H. (1992): farming systems based on efficient nutrient management. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40, 285-299.
- AMBERGER, zur Gülleanwendung in ökologischer und ökonomischer sieht. 33, Kongreßband.
- ANGER, UND KÜHBAUCH, W. (1999): Grünlandfutterleistung und Nährstoffspielraum in der Milchproduktion Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland. 1. Wissenschaftlicher Fachverlag Gießen.
- BUSSINK, OENEMA, (1998): Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51. 19.
- FLEISCHER, (1998): Nutztierhaltung und Nährstoffbilanzen in der Analytica, 1998. Umweltforschung, 10.
- HORLACHER, GAMER, ZEDDIES, J, RÖMHELD, UND JUNGBLUTH, (1997): von potentiell umweltbelastenden Nährstoffen (N, sowie Ammoniak aus der in Baden-Württemberg. Forschungsauftrag des Ministeriums für Ländlichen Baden-Württemberg, Nr. 28-95.35.
- ISSELSTEIN, J. (1997): Optimale Grünlandintensitäten auf verschiedenen Standorten. In: *Hoch-* 1997, Hannover und (Hrsg. ,n,hxrt:s" cJ RJ. tttskarnmer Hannover, 1997).
- JARVIS, WILKINS, UND PAIN, (1996): for reducing the environmental impact of dairy farming managements: a system approach. *Forage Science*, Volume 51, 21-31
- KOWALEWSKY, (1998): Größere Fässer, verbesserte Technik. *Landwirtschaftsblatt Weser-* 36/98. Agrarforum.
- KÜHBAUCH, W. und ANGER, (1999): Model calculations of nutrient margin for grassland with milk production. *Agribiological Ke ;eat.cn*.
- SCHUMANN, KÜCKE, UND SCHNUG, E. (1997): Fallstudien Konzeption zur Einführung Düngung in der deutschen Landwirtschaft. *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 180*.
- SUNDRUM, (1997): Stickstoffbilanzierung in der Milchviehhaltung in Abhängigkeit von Betriebstypen. 4. Wiss- Tagung des Ökol. Landbau, 495-501.

### Anschrift der Verfasser:

J. Seheringer / J. Isselstein, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Georg-August-Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

Diese Untersuchung wird im Rahmen des Pilotprojektes für Einführung einer reduzierten Stickstoffdüngung des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten durchgeführt.

# Die Wirkung einer Schwefeldüngung auf Ertragsparameter von futterbaulich genutzten Grasbeständen in Schleswig-Holstein

von

Ute Jahns und Friedhelm Taube

Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Universität Kiel

## 1. Einleitung

Nachdem in den letzten Jahrzehnten die Einträge an Schwefelverbindungen in Agrarökosysteme rückläufig sind, hat sich eine Schwefeldüngung im Ackerbau als ertrags- und qualitätssteigernd erwiesen. Für Grünlandbestände wurden ebenfalls positive Schwefeldüngereffekte publiziert, insbesondere in Nordwesteuropa (KLESSA et al., 1989; CHY u. PHILLIPS, 1998). Auch unter norddeutschen Klimaverhältnissen erwies sich eine Schwefeldüngung zu Grünlandbeständen als ertrags- und qualitätsfördernd (TAUBE et al., 2000).

In Fortführung des letztgenannten Versuches wurde unter Einbeziehung weiterer Versuchsfaktoren im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes der Universität Kiel mit der Fachhochschule Kiel und der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein an drei Standorten in Schleswig-Holstein die Wirkung einer Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Qualität von Grünlandbeständen geprüft.

Im folgenden werden erste Ergebnisse der erfassten Ertragsparameter dargestellt.

## 2. Material und Methoden

Die Faktoren und Stufen der Versuchsanlage sind Tabelle 1 zu entnehmen

Tabelle 1: Faktoren und Stufen der Versuchsanlage

1. Organische Düngung (Rindergülle)	1.1 keine Gülle 1.2 25 m <sup>3</sup> /ha zu Vegetationsbeginn
2. Mineralische N-Düngung (Kalkammonsalpeter)	2.1 0 kg N/ha/Jahr 2.2 150 kg N/ha/Jahr (80/40/30/0) 2.3 300 kg N/ha/Jahr (100/80/80/40)
3. Mineralische S-Düngung (Kaliumsulfat)	3.1 0 kg S/ha/Jahr 3.2 kg S/ha/Jahr zum 1. Aufwuchs 3.3 50 kg S/ha/Jahr zum 1. Aufwuchs 3.4 kg S/ha/Jahr zu jedem Aufwuchs
4. Versuchsjahr	1.1 1997 1.2 1998 1.3 1999 Nutzung durch jeweils vier Schnitte
5. Standort	1.1 Bredenbek sL, H:3,0%, Ansaat 1989, HBB: LP, LM 1.2 Ostenfeld IS, 3,5%, Ansaat 1996, HBB: LP 1.3 Schub hS, 5,9%, Ansaat 1996, HBB: DG, LP

(H = Humusgehalt; HBB = Hauptbestandsbildner; LP = *Lolium perenne*;  
LM = *Lolium multiflorum*; DG = *Dactylis glomerata*)

Kaliumgaben durch Gülle Kaliumsulfat (zur S-Düngung) wurden bis zur höchsten Stufe durch von 60er ausgeglichen.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

#### 1 Jahreserträge

Aus Tabelle 2 sind die Signifikanzniveaus für den Versuchsfaktor Schwefel und für die Wechselwirkungen des Faktors Schwefel mit weiteren Faktoren zu entnehmen.

Eine S-Düngung beeinflusst alle aufgeführten Parameter signifikant, ebenso ist die Wechselwirkung mit dem Versuchsjahr abzuschließen. Der Einfluss des Schwefels in Wechselwirkung mit den Faktoren Standort bzw. Güllendüngung ist für das gesamte Material gesichert, jedoch zeigen sich gesicherte Unterschiede die Dreifach-Wechselwirkung Standort x N-Düngung x S-Düngung.

Tabelle 2: die Jahreserträge an N, S und NEL in Abhängigkeit von der S-Düngung und deren Wechselwirkungen

Versuchsfaktor	J-TM-Ertrag	J-N-Ertrag	J-S-Ertrag	J-NEL-Ertrag
Schwefeldüngung (S)	***	***	***	***
Standort (O) x S	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Versuchsjahr (J) x S	**	n.s.	***	**
Gülldüngung (G) x S	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Stickstoffdüngung	***	**	***	***
OxJxS	n.s.	n.s.	*	n.s.
OxGxS	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ox xS	***	**	**	***
JxGxS	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Jx	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Gx xS	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

(\*\*\*= p<0.001; \*\* = p<0.01; \* = p<0.05; n.s. = nicht signifikant)

Ein Einfluss Wechselwirkung x ist die Parameter Trockenmasse-, Schwefel- und Energieertrag gesichert. Unabhängig vom Ertragsniveau der Jahre ist mit fortschreitender Versuchsdauer eine größere Differenz zwischen ungedüngter Variante und S-gedüngten Varianten zu verzeichnen. Im ersten Versuchsjahr ist ein Ertragsunterschied der Varianten 0 S zu kg S noch nicht statistisch abzuschließen. Dagegen weisen das zweite und dritte Versuchsjahr eine deutliche Ertragsreduktion der 0 kg S-Variante zu den S-gedüngten Varianten auf. Im dritten Versuchsjahr im Mittel über die N-Stufen ein von bis zu 8 dt TM/ha fast 5 GJ NEL/ha zu verzeichnen. Für die hohe N-Stufe 300 kg N/ha beläuft sich dieser Unterschied im dritten Jahr sogar auf etwa 15 dt TM/ha bzw. etwa 10 GJNEL/ha.

Wechselwirkung x ist für alle hier aufgeführten Ertragsparameter signifikant gesichert. Nur bei intensiver N-Düngung ruft eine S-Düngung signifikante Ertragsunterschiede hervor (Tabelle 3). Allein beim S-Ertrag ist ebenso bei einer Gabe von 150 kg N ein Unterschied abzuschließen, jedoch fällt diese Ertragsdifferenz sehr viel geringer aus als in 300 kg N-Variante. Dieses Ergebnis steht Übereinstimmung mit zahlreichen anderen Versuchen zur S-Düngung (z.B. MURPHY u. QUIRKE, 1997).

Der durch eine S-Gabe erzielte Mehrertrag ist dabei zu etwa 80% durch den zweiten und Aufwuchs verursacht.

Tabelle 3 : Einfluss der Wechselwirkung N-Düngung x S-Düngung auf die Ausprägung der Jahreserträge (Ø 3 u. 3 Standrte )

		0 kg N/ha	150 kg N/ha	300 kg N/ha
Jahres-Trockenmasse-Ertrag [dt/ha]	0 kg S/ha	47,88 d	100,10 c	119,95 b
	25 kg S/ha	49,76 d	101,63 c	130,53 a
	50 kg S/ha	49,48 d	101,71 c	132,51 a
	4x12,5 kg S/ha	47,45 d	102,32 c	131,88 a
Jahres-Stickstoff-Ertrag [kg/ha]	0 kg S/ha	89,26 e	206,78 d	300,86 c
	25 kg S/ha	93,79 e	210,69 d	311,37 b
	50 kg S/ha	93,19 e	206,47 d	319,30 a
	4x12,5 kg S/ha	88,54 e	208,95 d	311,85 b
Jahres-Schwefel-Ertrag [kg/ha]	0 kg S/ha	10,45 gh	20,19 f	23,68 d
	25 kg S/ha	10,94 g	21,00 e	27,31 c
	50 kg S/ha	10,94 g	21 e	28,78 a
	4x12,5 kg S/ha	10,25 h	e	28,09 b
Jahres-Energie-Ertrag [GJ NEL/ha]	0 kg S/ha	30,75 d	c	75,01 b
	25 kg S/ha	31,89 d	c	81,30 a
	50 kg S/ha	31,90 d	c	82,81 a
	4x12,5 kg S/ha	30,41 d	c	81,97 a

Für die Dreifachwechselwirkung Standort x Stickstoffdüngung x Schwefeldüngung ist in Tabelle 4 die 300 kg N-Variante aufgeführt. Bei der Betrachtung der Standorte Bredenbek und Ostenfeld ist zunächst eine deutliche Abgrenzung der 0 kg S-Variante in nahezu allen Ertragsparametern von den S-gedüngten Varianten zu erkennen. Am Standort Schuby mit seinen humosen Sandböden liegt dagegen ein statistisch gesicherter Unterschied zwischen den Varianten mit 0 kg und 25 kg S einerseits und den beiden mit 50 kg S versorgten Beständen andererseits vor. Hier ist folglich nur mit einer höheren S-Gabe eine Ertragssteigerung zu erzielen. Die Bodenverhältnisse in Schuby sind zwar durch einen deutlich höheren Humusgehalt charakterisiert, weisen aber ein weiteres C:S-Verhältnis auf als die anderen beiden Standorte, wodurch eine schlechtere S-Verfügbarkeit bedingt sein dürfte.

Tabelle 4 : Einfluss der Wechselwirkung Standort x N-Düngung x S-Düngung auf die Ausprägung der Jahreserträge (N = 300 kg/ha; Ø 3 Jahre)

		Bredenbek	Ostenfeld	Schuby
Jahres-Trockenmasse-Ertrag [dt/ha]	0 kg S/ha	109,77 d	100,10 c	123,45 c
	25 kg S/ha	124,77 c	101,63 c	130,53 c
	50 kg S/ha	123,29 c	101,71 c	b
	4x12,5 kg S/ha	121,05 c	102,32 c	b
Jahres-Stickstoff-Ertrag [kg/ha]	0 kg S/ha	300,10 d		b
	25 kg S/ha	327,14 b		b
	50 kg S/ha	332,34 b	279,44 e	346,13 a
	4x12,5 kg S/ha	314,35 c	274,87 e	346,32 a
Jahres-Schwefel-Ertrag [kg/ha]	0 kg S/ha	22,93 f	24,21 de	23,89 ef
	25 kg S/ha	28,33 bc	28,48 b	25,13 d
	50 kg S/ha	28,96 ab		c
	4x12,5 kg S/ha	27,74 c		c
Jahres-Energie-Ertrag [GJ NEL/ha]	0 kg S/ha	69,84 d		d
	25 kg S/ha	78,72 c		d
	50 kg S/ha	78,25 c		8 c
	4x12,5 kg S/ha	76,35 c	a	76,74 c

### 3.2 Bilanzierung der Schwefelversorgung

Aus der vereinfachten Gegenüberstellung von S-Düngung und S-Ertrag ist die S-Wirkung Gülledüngung abzulesen. scheinbare Ausnutzung des Dünger-S aus organischer Düngung lag im Mittel der mit lediglich 6% noch deutlich unter der des Mineraldüngers (14,50/o) (vgl. ERIKSEN et al., 1995). durch eine S-Düngung erzielte Ertragszuwachs ließ sich mit einer Mehraufnahme von etwa 5 kg S realisieren. Es davon eine Gabe von kg S/ha somit im Sinne eines ausgeglicheneo werden kann.

Tabelle 5 : Vereinfachte Schwefelbilanz (ohne Einbeziehung von atmosphärischer Deposition und Verlusten; N-Dün = 300 kg N/ha; O 3 Jahre u. 3 Standorte)

Input = S-Düngung [kg/ha]	mineral. S-Düng.	0	0	25	25	50	50
	org. S-Düng.	0	10	0	10	0	10
	S gesamt	0	10	25	35	50	60
Output = S-Ertrag [kg/ha]	1997	29,8	29,2	33,2	34,4	35,5	35,2
	1998	27,5	27,4	29,8	30,5	30,4	31,7
	1999	16,6	18,0	24,0	24,6	24,9	26,0
	Mittel	24,6	24,9	29,0	29,8	30,3	31,0
Saldo = S-Düngung- S-Ertrag [kg/ha]	1997	-29,8	-19,2	-8,2	0,6	14,5	24,8
	1998	-27,5	-17,4	-4,8	4,5	19,6	28,3
	1999	-16,6	-8,0	1,0	10,4	25,1	34,0
	Mittel	-24,6	-14,9	-4,0	5,2	19,7	29,0

### 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Mit fortschreitender Versuchsdauer wurde eine steigende Wirkung einer S-Düngung auf die Ertragsbildung festgestellt. In Übereinstimmung mit der Literatur kommt dieses jedoch nur bei intensiv bewirtschafteten Schnittflächen mit folglich hoher N-Düngung zum Tragen. Eine Güllegabe von 25 m<sup>3</sup>/ha (= 10 S/ha) hat über drei Versuchsjahre keinen gesicherten Einfluss auf die Schwefelversorgung hervorgebracht. Die Ertragswirkungen wurden mit einer S-Aufnahme von durchschnittlich 5 S erreicht, was zeigt, dass eine mineralische S-Gabe der Größenordnung von 25 kg/ha bezeichnet werden sind jedoch Standortunterschiede zu beachten.

Eine abschließende erzielten Ergebnisse wird im Zusammenhang mit den Qualitätsparametern des Futters im zukünftigen zweiten Auswertungsschritt des Projektes vorgenommen.

### 5. Literatur

- CHIY, P.C. u. C.J.C. PHILLIPS, 1998: Sodium fertilizer application to pasture. 6. Effects of combined applications with sulphur on herbage production chemical composition season of application. Grass Forage Sei. 1-10.
- ERIKSEN, J. et 1995: Forms and plant-availability of sulfur in cattle and pig slurry. Pflanzenernähr. Bodenk. 158, 113-116.
- KLESS et al., 1989: The effect of fertilizer sulphur on grass production for silage. Grass Forage Sei. 277-281.
- MURPHY, u. QUIRKE, 1997: effect of sulphur/nitrogen/selenium interactions on herbage yield and quality. Irish J. Agric. Food 36, 3 8.
- TAUBE, et al., 2000: Einfluss der Schwefelversorgung auf Inhaltsstoffe von Deutschem Weidelgras. Pflanzenbauwissensch. 4/1,

# Bedeutung der Leguminosen und der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung für Wiesenökosysteme entlang eines Höhengradienten in den Alpen

von

Katja Jacot, Andreas Lüscher, Josef Nösberger und Ueli Hartwig

Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH Zürich, Universitätstrasse 2,  
CH-8092 Zürich

## Einleitung

Die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung der Leguminosen ist weltweit wichtig für die N-Bilanz terrestrischer Ökosysteme und sie spielt eine zentrale Rolle für nachhaltige landwirtschaftliche Produktionssysteme und für die Produktion von hochwertigem Futter. Der N-Ertrag aus symbiotischer N<sub>2</sub>-Fixierung kann in produktivem Grünland bis zu 300 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> betragen (BOLLER UND NÖSBERGER, 1987; ZANETTI *et al.*, 1996). Der N-Ertrag von Transfer-N, der im Grünland von Gras / Weisskleemischungen geerntet wird, kann bis 80 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> betragen (BOLLER UND NÖSBERGER, 1988; ZANETTI *et al.*, 1997). Der positive Effekt von Weissklee wurde von Lüscher *et al.* (1997) eindrücklich demonstriert. Leguminosen wachsen aber nicht nur unter günstigen Bedingungen, sondern sind auch Bestandteil von nährstoffarmen Wiesenökosystemen unter den klimatisch ungünstigen Bedingungen der Arktis, Subarktis und der Alpen. Es war bis heute unbekannt, wie gut die Symbiose zwischen den Rhizobien und den Leguminosen unter solchen ungünstigen Bedingungen funktioniert und wie stark die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung zum N-Haushalt von Leguminosenpflanzen und von ganzen Wiesenbeständen beiträgt.

In Regionen mit kühlem Klima haben die Leguminosen, wegen ihrer höheren Temperaturansprüchen, in Ansaatwiesen und Dauergrünland einen Konkurrenznachteil gegenüber Gräsern. Deshalb ist der Anteil an Leguminosen oft zu gering, um voll von ihren Vorteilen profitieren zu können. Um mehr über klimatische Einflüsse auf das Weisskleewachstum in Mischbeständen zu erfahren, wurde in einem europäischen Projekt (COST 8) das Verhalten von Leguminosen an zwölf Standorten über einen Gradienten nördlicher Breite untersucht, der von Italien bis nach Island reicht (WACHENDORF, 2000). Die Ertragsleistung und die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung von einheimischen alpinen Leguminosen in Dauergrünland wurde jedoch nicht untersucht. Alpine Bedingungen sind durch tiefe Temperaturen, kurze Wachstumsperioden und oft geringen N-Gehalt des Bodens. Diese ungünstigen Bedingungen könnten sowohl die symbiotische Fixierung wie auch das Wachstum der Leguminosen stark limitiert sein.

Das Ziel dieser Untersuchung war es, den Einfluss der wechselnden Umweltbedingungen, entlang eines Höhengradienten in den Schweizer Alpen, auf die Leistungsfähigkeit der symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung und auf das Wachstum von Leguminosen in artenreichem Dauergrünland zu untersuchen.

## Material und Methoden

Untersuchung wurde am Südhang des oberen Rheintales zwischen Sumvitg und Trun, etwa 45 km südwestlich von Chur durchgeführt (JACOT *et al.*, 2000a). Die Geologie dieser Region ist einheitlich und ist dominiert von Gneiss (Silikatgestein). Die Untersuchungen wurden an sieben Orten (900, 1380, 1900, 2100, 2300, 2600 und 2770 m ü.M.) in artenreichem Dauergrünland in den Jahren 1996 bis 1998 durchgeführt. Der Jahresertrag wurde an jedem Untersuchungsort in 12 Kleinparzellen von 0.25 m<sup>2</sup> bestimmt. Ernten wurden zu den jeweils ortsüblichen Terminen durchgeführt. Diese waren Mitte Juni, Mitte August und Ende September auf 900 m ü.M., Ende Juni und Mitte September auf 1380 m ü.M., Ende Juli auf 1900 m ü.M., Ende August auf 2100, 2300 2770 m ü.M.. Pflanzenmaterial wurde sortiert Leguminosen und Nicht-Leguminosen. Folgende Leguminosenarten wurden untersucht: *Lotus corniculatus*, *L. alpinus*, *Vicia Trifolium pratense*, *T. repens*, *T. nivale*, *T. thalii*, *T. badium*, *T. alpinum*. N-Konzentration im getrockneten (65 °C, 48 h) Pflanzenmaterial wurde mit einem Elementaranalysator (Leco) bestimmt.

Die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung wurde an jedem Untersuchungsort für jede Leguminosenart bei jeder mit der <sup>15</sup>N-Isotopenverdünnungs Methode mehreren renzarten bestimmt. Methode wurde speziell für Dauergrünland entwickelt und sie wurde mit der Methode der natürlichen Abundanz verglichen (JACOT *et al.*, 2000a).

## Resultate und Diskussion

### Die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung der Leguminosen war über den ganzen Höhengradienten hoch

Entlang des Höhengradienten waren tiefste und höchste des Anteils N aus Symbiose einzelnen Leguminosenarten 59% respektive 93% (JACOT *et al.*, 2000a). Gemittelt über alle Leguminosenarten, die jeweils an einem Standort vorkamen, variierte Anteil N aus der Symbiose für die einzelnen Standorte zwischen 72% (900 m ü.M.) und 88% (2600 m ü.M.). Es wurde kein Hinweis gefunden, dass der Anteil aus der Symbiose Leguminosenpflanzen mit zunehmender Höhe reduziert war. Resultate zeigen, dass die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung bis an die Verbreitungsgrenze jeweiligen Leguminosenarten sehr effektiv funktionierte. Dieses Resultat steht im Gegensatz zu Resultaten aus Klimakammerversuchen, wo die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung bei kühlen Temperaturen (KESSLER *et al.*, 1990; NESHEIM UND BoLLER, 1991) oder tiefem pH stärker zurück ging als das Pflanzenwachstum. In unserem alpinen Höhengradienten nahmen sowohl die Temperatur (von 13 °C, 900 m ü.M. auf 3 °C, 2770 m ü.M.) als auch der pH-Wert des Bodens (von 5.6, 900 m ü.M. auf 3.1, 2770 m ü.M.) stark ab. Es wurde deshalb nicht erwartet, dass Anteil aus der Symbiose in den Leguminosen mit zunehmender Höhe so hoch bleiben würde. Eine Erklärung für diese unterschiedlichen Resultate im Klimakammer- und Feldversuch könnte sein, dass unter kontrollierten Bedingungen in allen Verfahren derselbe (Tief-land) Genotyp der Leguminose wie auch des Rhizobiums verwendet wurde (KESSLER *et al.*, 1990). Im Gegensatz dazu wurden im vorliegenden Freilandexperiment an jedem Standort die seit Jahrzehnten einheimischen Genotypen der Leguminosen wie auch der Rhizobien untersucht. Adaptation von und Rhizobienpopulationen an die biotische und abiotische Umwelt sind bekannt (EXPERT *et al.*, 1997; LÜSCHER UND

JACQUARD, 1991; LÜSCHER *et al.*, 1992; MONTEALEGRE *et al.*, 2000; SCHORTEMAYER *et al.*, 1996; SVENNING *et al.*, 1991).

### Der Input an Symbiose-Stickstoff ins Ökosystem nahm mit zunehmender Höhe ab

Sowohl der an N wie auch die an symbiotisch fixiertem Stickstoff, der geerntet wurde, nahm mit zunehmender Höhe stark ab (JACOT *et al.*, 2000b). Ertrag an Symbiose-Stickstoff betrug im Mittel  $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ f}^{-1}$  auf 2100 und 2300 m bis  $18 \text{ kg ha}^{-1} \text{ f}^{-1}$  auf 900 und 1380 m ü.M.. Anteil an symbiotisch am totalen N-Ertrag stieg von 0% (2770 m ü.M.) auf 9% an beiden höheren wo Leguminosen vorkamen (2100 und 2300 m ü.M.) bis 16% an Standorten (900 1380 m ü.M.). Die Abnahme des Anteils an symbiotisch fixiertem im totalen mit zunehmender Höhe war durch eine Abnahme des Leguminosenanteils in Wiesen zu erklären (JACOT *et al.*, 2000b). durchschnittliche Anteil an Leguminosen im Ertrag nahm von 15% (900 und 1380 m ü.M.) auf 5% (2100 m ü.M.)

die symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung sehr an stressreichen Höhe angepasst war (hoher Anteil an symbiotisch in den Leguminosen), kann eine ungenügende Leistung der Symbiose nicht der für die Abnahme der Leguminosen im Pflanzenbestand sein. tiefe Anteil an Leguminosen in den Beständen der Höhenlage könnte durch hohes Angebot an mineralischem im Boden, im Vergleich zum N-Bedarf Pflanzenbestandes, bedingt sein. Eine solche würde bedarfsgerechten Steuerung symbiotischen N<sub>2</sub>-Fixierung auf Ökosystemebene entsprechen (HARTWIG, 1998). Im vorliegenden Versuch wäre demnach des Leguminosenanteils Bestand von grösserer Bedeutung als die Regulation über einen tieferen Anteil an symbiotisch fixiertem Stickstoff der einzelnen Leguminosenpflanze. Ausser dem Ertragsanteil der Leguminosen bei zunehmender Höhe war auch Verteilung zunehmend heterogener, was vor allem ab Höhe von 2100 m In den höchsten Standorten konnten nur noch wenige angepasste Leguminosenarten wachsen. scheint, dass nur noch an mikroklimatisch Stellen wachsen konnten. Abnahme des Leguminosenanteils und die Zunahme Heterogenität Verteilung könnte also primär durch eine Limitierung des Wachstums und durch die mikroklimatische Heterogenität bedingt sein.

### Schlussfolgerungen

Die Leguminosen / Rhizobien Symbiose scheint gut an die stressreichen Umweltbedingungen Höhe zu sein. Dies war ersichtlich an hohen Fixierungsleistung der einzelnen Leguminosenpflanze. an symbiotisch in das Wiesenökosystem jedoch, bedingt durch einen abnehmenden Gesamtertrag und einen abnehmenden Leguminosenanteil in den mit zunehmender Höhe stark ab.

### Literatur

BOLLER, UND J. NÖSBERGER, 1987. Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of <sup>15</sup>N-fertilization. *Plant and Soil*, 104: 219-226.

- BOLLER, B.C. UND J. NÖSBERGER, 1988. Influence of dissimilarities in temporal and spatial N-uptake pattern on  $^{15}\text{N}$ -based estimates of fixation and transfer of N in ryegrass-clover mixtures. *Plant and Soil*, 112: 167-175.
- EXPERT, J.M., JACQUARD, M. ÜBATON UND A. LÜSCHER, 1997. Neighbourhood effect of genotypes of *Rhizobium leguminosarum* biovar trifolii, *Trifolium repens* and *Lolium perenne*. *Theoretical and Applied Genetics*, 94: 486-492.
- HARTWIG, U.A., 1998. The regulation of symbiotic  $\text{N}_2$  fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 1: 92-120.
- HEBEISEN, T., A. LÜSCHER, S. ZANETTI, B.U. FISCHER, U.A. HARTWIG, FREHNER, G.R. HENDREY, BLUM UND J. NÖSBERGER, 1997. Growth response of *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L. as monocultures and bi-species mixture to free air  $\text{CO}_2$  enrichment and management. *Global Change Biology*, 3: 149-160.
- JACOT, K.A., A. LÜSCHER, J. NÖSBERGER UND U.A. HARTWIG, 2000a. Symbiotic  $\text{N}_2$  fixation of various legume species along an altitudinal gradient in the Alps. *Soil Biology and Biochemistry*, im Druck.
- JACOT, K.A., A. LÜSCHER, J. NÖSBERGER UND U.A. HARTWIG, 2000b. The relative contribution of symbiotic fixation and other nitrogen sources to grassland ecosystems along an altitudinal gradient in the Alps. *Plant and Soil*, im Druck.
- KESSLER, W., BOLLER UND J. NÖSBERGER, 1990. Distinct influence of root and shoot temperature on nitrogen fixation by white clover. *Annals of Botany*, 65: 341-346.
- LÜSCHER, A., J. CONNOLLY UND JACQUARD, 1992. Neighbour specificity between *Lolium perenne* and *Trifolium repens* from a natural pasture. *Oecologia*, 91: 404-409.
- LÜSCHER, A. UND JACQUARD, 1991. Coevolution between interspecific plant competitors? *Trends in Ecology Evolution*, 6: 355-358.
- MONTEALEGRE, C.M., C. VAN KESSEL, J.M. BLUMENTHAL, H.G. HUR, U.A. HARTWIG UND M.J. SADOWSKY, 2000. Elevated atmospheric  $\text{CO}_2$  alters microbial population structure in a pasture ecosystem. *Global Change Biology*, im Druck.
- NESHEIM, L. UND BOLLER, 1991. Nitrogen fixation by white clover when competing with grasses at moderately low temperatures. *Plant and Soil*, 122: 47-56.
- SCHORTEMAYER, M., U.A. HARTWIG, HENDREY UND M.J. SADOWSKY, 1996. Microbial community changes in the rhizospheres of white clover and perennial ryegrass exposed to free air carbon dioxide enrichment (FACE). *Soil Biology and Biochemistry*, 28: 1717-1724.
- SVENNING, M.M., O. JUNTILA UND SOLHEIM, 1991. Symbiotic growth of indigenous white clover (*Trifolium repens*) with local *Rhizobium-leguminosarum* biovar trifolii. *Physiologia Plantarum*, 83: 381-389.
- WACHENDORF, M., 2000. A model approach to climatic, geographic and edaphic determinants of overwintering of white clover. *Proceedings of the COST 814 Final Conference, Pordenone, Italy*, im Druck.
- ZANETTI S., U.A. HARTWIG, A. LÜSCHER, T. HEBEISEN, M. FREHNER, B.U. FISCHER, G.R. HENDREY, H. BLUM UND J. NÖSBERGER, 1996. Stimulation of symbiotic  $\text{N}_2$  fixation in *Trifolium repens* L. under elevated atmospheric  $\text{pCO}_2$  in a grassland ecosystem. *Plant Physiology*, 112: 575-583.
- ZANETTI S., U.A. HARTWIG, C. VAN KESSEL, A. LÜSCHER, T. HEBEISEN, FREHNER, B.U. FISCHER, G.R. HENDREY, BLUM UND J. NÖSBERGER, 1997. Does nitrogen restrict the  $\text{CO}_2$  response of fertile grassland lacking legumes? *Oecologia*, 112: 17-25.

# Trockenmassebildung und Blattflächenentwicklung von Grünlandgräsern in Abhängigkeit von N-Düngung, Aufwuchszeitraum und Genotyp

VVULFES, F. TAUBE und KORNHER

## 1 Einleitung

Das Zuwachsmo~~del~~l von TORSELL et al. (1982), modifiziert für Qualitätsparameter (FORAGE and Quality, KORNHER et al., 1991) wird seit vielen Jahren eingesetzt, um die Dynamik von Grünland- und Ackergras-/Kleegrasaufwüchsen hinsichtlich der Ertragsbildung und der Qualitätsentwicklung zu simulieren und zu analysieren (KORNHER and NYMAN, 1992, VVACHENDORF et al., 1996, VVULFES et al., 1999). In diesen Modellen wird die Alterung eines Grünlandbestandes über die Veränderung seiner Blattfläche beschrieben. Die zunehmende Blattfläche (BFI) in einem wachsenden Bestand verringert dabei die relative Wachstumsrate des Bestandes.

Die Blattfläche wird im Modell über die erreichte Trockenmassebildung kalkuliert. Für die Parameterisierung dieses Modells auf Bestände mit unterschiedlicher Stickstoffversorgung stellen sich folgende Fragen:

Welche funktionale Beziehung besteht zwischen Trockenmassebildung und Blattflächenentwicklung eines Bestandes?

Hat die Stickstoffdüngung Einfluß auf die Beziehung zwischen Trockenmassebildung und Blattflächenentwicklung eines Bestandes?

Bestehen diesbezüglich Unterschiede zwischen generativen und vegetativen Aufwüchsen?

Gibt es genotypische Unterschiede?

## 2 Material und Methoden

Zur Klärung der Fragen wurde ein umfangreiches Versuchsmaterial aus Feldversuchen der Jahre 1988 bis 1990 herangezogen, das bei TAUBE (1993) beschrieben ist. Stickstoffsteigerungsversuche wurden in Schleswig-Holstein in Karkendamm (Bodenart hS, ca. 20% Sand und Hohenschulen (Bodenart ca. 10% Sand, ca. 10% Schluff, ca. 80% Ton, Bodenpunkte) bearbeitet. In jedem Jahr wurden Zuwachsanalysen durchgeführt indem in 4 unterschiedlichen Aufwuchsperioden über 10 – 14 Wochen wöchentlich Probeschnitte in 3-facher Wiederholung genommen wurden (0,25 m<sup>2</sup>, 5 cm Schnitthöhe), aus denen u. a. der Trockenmasseertrag (TM-Gehaltsbestimmung: 60 °C) und der Blattflächenindex bestimmt wurden. Nach der Fraktionierung des Pflanzenmaterials in Blatt- und Stengelfraktion erfolgte die Blattflächenmessung von 5 g Blattfrischmasse mit einem Gerät der Firma Paton Scientific.

Die Zuwachsperioden variierten im Sommer und in der Vegetationszeit, wodurch Bestände mit unterschiedlichen Triebpopulationen erfaßt wurden (generative, vegetative Entwicklung unterschiedlichen Ausmaßes):

- Al: Frühjahrsaufwuchs mit ungestörter generativer Entwicklung.

A2f: 1. Nachwuchs nach einem frühen 1. Schnitt (Anfang Mai), überwiegend generative Entwicklung im Nachwuchs.

- A2s: 1. Nachwuchs nach spätem 1. Schnitt (Anfang Juni), überwiegend vegetative Entwicklung im Nachwuchs.

A4: 3. Nachwuchs im Herbst, rein vegetative Entwicklung.

Das Pflanzenmaterial umfaßte verschiedene Arten und Sorten:

*Lolium perenne* L.

cv. "Gremie", früher Sortentyp

cv. "Vigor", später Sortentyp

Mischung von Gremie und Vigor je 50%

*Dactylis glomerata* L., cv. „Baraula“

Die untersuchten Aufwüchse variierten in der In die vorliegende  
Datenauswertung gingen die N-Düngungsstufen 40, 80 und 120 kg N ha<sup>-1</sup> Aufwuchs<sup>-1</sup>  
ein.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Beziehung zwischen Trockenmasseertrag (W) und Blattflächenindex (BFI) konnte durch eine Exponentialfunktion beschrieben werden (Gl. 1):

$$BFI_t = b_{zai} \cdot (1 - e^{-a_{ai} \cdot W_t}) \quad [cm^2 \cdot cm^{-2}] \quad (1)$$

dabei ist:

$b_{tai}$  = der maximale BFI-Wert während einer Zuwachsperiode [ $cm^2 \cdot cm^{-2}$ ],

$c_{tai}$  = die Steigung der Funktion.

Zwischen der Trockenmassebildung und der Blattflächenentwicklungen besteht keine einheitliche Beziehung. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Regressionsberechnungen. In Abbildung 1 sind die Funktionen graphisch dargestellt.

Die betrachteten Aufwüchse konnten in generative und vegetative Bestandstypen zusammengefaßt werden. In generativen Aufwüchsen wird ein bestimmtes TM-Ertragsniveau mit geringerer Blattfläche erreicht als in vegetativen Aufwüchsen.

Das Deutsche Weidelgras hat über beide Bestandstypen betrachtet bei gleichem Trockenmasseertrag stets geringere Blattflächen ausgebildet als das Knaulgras. Im vegetativen Stadium können alle Deutschen Weidelgrasstypen zusammengefaßt werden, während im generativen Zustand deutliche Sortentypunterschiede dahingehend bestehen, daß die späte Sorte bei gleichem Trockenmasseertrag einen höheren ausbildet als die frühe Sorte. Die Unterschiede bestehen insbesondere bei hoher N-Versorgung im oberen Ertragsbereich. In generativen Beständen erfolgt beim Deutschen Weidelgras jenseits von 20 dt TM/ha (Weidereife) kaum noch nennenswerte Blattflächenausdehnung, während in vegetativen Beständen Trockenmasseertrag und Blattflächen stärker korrelieren.

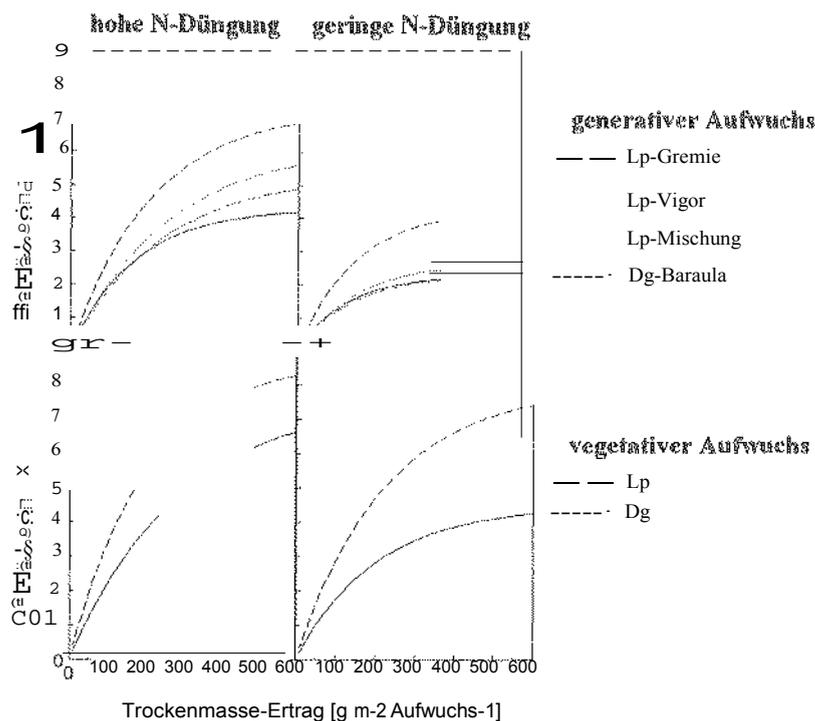


Abbildung 1: Beziehung zwischen Trockenmasseertrag und Blattflächenindex in Abhängigkeit von der N-Versorgung (hohe N-Düngung: 80, 120 kg N ha<sup>-1</sup> Aufwuchs<sup>-1</sup>; geringe N-Düngung: 40 kg N ha<sup>-1</sup> Aufwuchs<sup>-1</sup>), des (generativ: Frühjahraufwuchs [A1], 1. Nachwuchs nach früher 1. Nutzung [A2f]; vegetativ: 1. Nachwuchs nach später 1. Nutzung [A2s], Herbstaufwuchs [A4]) und des Genotyps (Lp: *Lolium perenne* L.; Dg: *Dactylis glomerata* L.). Regressionsstatistik siehe Tab 1.

Die Bestände mit 80 und 120 kg N ha<sup>-1</sup> Aufwuchs<sup>-1</sup> konnten zusammen ausgewertet werden. niedriger N-Versorgung (40 kg N ha<sup>-1</sup> Aufwuchs<sup>-1</sup>) werden insgesamt geringere maximale Blattflächen ausgebildet; bezogen den gleichen Trockenmasseertrag besonders im generativen Aufwuchs. Das Knaulgras zeigt im vegetativen Aufwuchs kaum Unterschiede in Bezug zur N-Düngungshöhe.

#### 4 Zusammenfassung

Im Hinblick auf die Parameterisierung des Zuwachsmodelles für Grünlandbestände unterschiedlicher N-Versorgung müssen differenzierte Beziehungen zwischen Trockenmasseertragsbildung und Blattflächenentwicklung berücksichtigt werden. Abhängigkeit vom Aufwuchstyp, und Genotyp konnten gesicherte Exponentialfunktionen für die diesbezügliche Wirkung der N-Düngung ermittelt werden. kann bei Modellsimulationen neben den Trockenmasse-Erträgen auch die Blattfläche der Bestände exakt ermittelt werden.

Tabelle 1: Regressionskoeffizienten (*blai*, *C'ai*) und Regressionsstatistik ( $r^2$ , *s*) für die Beziehung zwischen Trockenmasseertrag und Blattflächenindex (Gl. 1) in Abhängigkeit von N-Versorgung, Bestandstyp und Genotyp.

Bestands- t	Genotyp	hohe N-Düngung				geringe N-Düngung			
		<i>blai</i>	<i>C'ai</i>	$r^2$	<i>s</i>	<i>blai</i>	<i>C'ai</i>	$r^2$	<i>s</i>
generativ	Lp-Gremie	4,3	0,0059	0,48**	1,16	2,3	0,0081	0,34**	0,70
	Lp-Vigor	6,2	0,0039	0,77***	1,02	2,7	0,0069	0,61***	0,71
	Lp-Mischung	5,3	0,0042	0,71***	1,02	2,3	0,0075	0,57***	0,59
	Dg-Baraula	7,3	0,0047	0,76***	1,41	4,3	0,0069	0,77***	0,85
vegetativ		7,6	0,0034	0,64***	1,23	4,5	0,0049	0,65***	0,66
		8,7	0,0049	0,74***	1,47	8,0	0,0044	0,80***	1,01

Generativer Bestandstyp: Aufwuchs A1 und A2f; vegetativer Bestandstyp: A2s und A4.  
 Hohe N-Düngung: 80, 120 kg N ha<sup>-1</sup> Aufwuchs-; geringe N-Düngung: 40 kg N ha<sup>-1</sup> Aufwuchs-<sup>-1</sup>  
 Lp: *Lolium perenne* L.; Dg: *Dactylis glomerata*  
 $r^2$ : Bestimmtheitsmaß; *s*: Standardfehler; \*\*: p<0.01; \*\*\*: p<0.001.

## 5 Literatur

- KORNHER, A. and P. NYMAN, 1992: A model for prediction of growth and quality change of grass swards. Proc. of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation, Lahti, Finland, 378 - 382.
- KORNHER, A., NYMAN, und TAUBE, 1991: Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. Das wirtschaftseigene Futter 37, 232-248.
- TAUBE, 1993: Beziehung zwischen Stickstoffaufnahme und Ertragsbildungsprozessen bei ausgewählten Futtergräsern. Habilitationsschrift, Universität Kiel.
- TORSSELL, A., KORNHER and A. SVENSSON, 1982: Optimizing of parameters in a yield prediction model for temporary grasslands. Crop Production Science 112. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- WACHENDORF, M., A. KORNHER und TAUBE, 1996: Simulation der Ertragsleistung und Futterqualität von Rotklee- und Rotklee grasbeständen mit einem dynamischen, witterungsbasierten Computermodell. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 2, 217- 218.
- WULFES, R., NYMAN and A. KORNHER, 1999: Modeling nonstructural carbohydrates in forage grasses with weather data. Agricultural Systems 61, 1 - 16.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Rainer Wulfes: FH Kiel, Fachbereich Landbau, Am Kamp 11, 24783 Osterrönfeld.  
 Prof. Friedhelm Taube, Prof. Alois Kornher:  
 Lehrstuhl Grünland und Futterbau der CAU Kiel, Holzkoppelweg 2, 24118 Kiel.

# Wirkung differenzierter Bewirtschaftungsintensität auf die botanische Zusammensetzung einer Weidenarbe

von

A. Milimonka, H. Giebelhausen und Irene Baeck\*

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Fachgebiet Grünlandsysteme; Landesanstalt für Landwirtschaft Brandenburg, Abteilung Grünland und Futterwirtschaft Paulinenaue\*

## ■ Einleitung

.....

Standort und Bewirtschaftung sind die prägenden Faktoren für die botanische Zusammensetzung und die Leistungsfähigkeit des Wirtschaftsgrünlandes (OPITZ von BOBERFELD 1994). Als Folge extensiver/fondssparender Bewirtschaftung sind standortabhängig sinkende Erträge (HOCHBERG 1999) und Energiedichten (RIEDER 1988) sowie abnehmende Rohproteinwerte (ZIMMER 1990) im Futter zu erwarten. Wenngleich diese Veränderungen auf Weiden aufgrund des Exkrement-Nährstoffrückflusses und selektiver Futteraufnahme abgeschwächt sind, so verringerten sich auf Mutterkuhweiden Ertrag und Tierleistungen je Hektar (PRIEBE HENNIG 1999). Floristische Vielfalt ist nur bei Aufrechterhaltung einer Mindestbewirtschaftung zu erreichen und zu sichern (SCHUBERT & SCHWARTZ 1997). Ziel des Beitrages ist es, anhand eines Weideversuches mit Mutterkühen, den Einfluss der Bewirtschaftungsintensität auf die botanische Vielfalt sowie den Futterwert der Narben zu untersuchen.

## 2 Material und Methoden

Der Versuchsstandort (Wirtschaftsbetrieb des Deutschen Grünlandverbandes) liegt ca. 50 km nordwestlich von Berlin im Landkreis Havelland. Die Bodenarten Sand bis lehmiger Sand dominieren. In der nahe gelegenen Wetterstation Berge beträgt die Jahresmitteltemperatur 8,8°C und die Niederschlagssumme 503 mm. Im Frühjahr liegt Grundwassereinfluß vor. Seit 1995 werden 3 Koppeln (8 bis 16 ha) mit unterschiedlicher Intensität bewirtschaftet (Tab. 1). Als Weideverfahren kommt auf den hier vorgestellten Weideteilflächen die Standweide mit Mutterkühen der Rasse Fleckvieh zur Anwendung. Innerhalb der Koppeln waren Dauerquadrate eingerichtet, die als Wiederholungen dienten.

Tabelle 1: Stufen der Bewirtschaftungsintensität des Weideversuches

Stufen	Besatzstärke (GV/ha)	Bewirtschaftung Nachsaat *	Düngung
a1	1,4	ohne	ohne
a2	1,1	mit	PK-Düngung (26/80 kg/ha)
a3	1,8	mit	NPK-Düngung (120/26/80 kg/ha)

\*)Frühjahr 1995, 18 kg/ha Deutsches Weidelgras, 2 kg/ha Weißklee

Die Aufnahmen der botanischen Zusammensetzung der Weidenarben erfolgten in den Dauerquadraten an 3 Terminen eines Jahres anhand der Methode Ertragsanteilschätzung (KLAPP & STÄHLIN 1936). Aus diesem Datenmaterial wurden die Stetigkeit, die Wertzahlen (VOIGTLÄNDER & Voss 1979) und der Shannon-Index (DIERBEN 1990) abgeleitet. Der Shannon-Index ist ein Maß für die Mannigfaltigkeit eines



Tabelle 2: Wertzahlen der Pflanzenbestände bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität

		a1	a2	a3	GD $\alpha=5\%$
1996	Gräser		7,4	7,3	0,52
1999			7,2	7,5	0,53
1996	Kräuter		2,7	2,9	1,67
1999		1,8	2,3	2,4	0,92
1996	gesamter Bestand		6,9	7,1	0,75
1999					

Aus floristischer Sicht führte die differenzierte Bewirtschaftung zu unterschiedlichen Narben. Die Mannigfaltigkeit der Narben unterschied sich zu Versuchsbeginn 1996 zwischen den Stufen a1 und a3 nur unwesentlich (Abb.2a). Nach 3 Jahren unterschiedlich intensiver Bewirtschaftung stellte sich in der Stufe a2 eine höhere Mannigfaltigkeit ein. Dieser Effekt

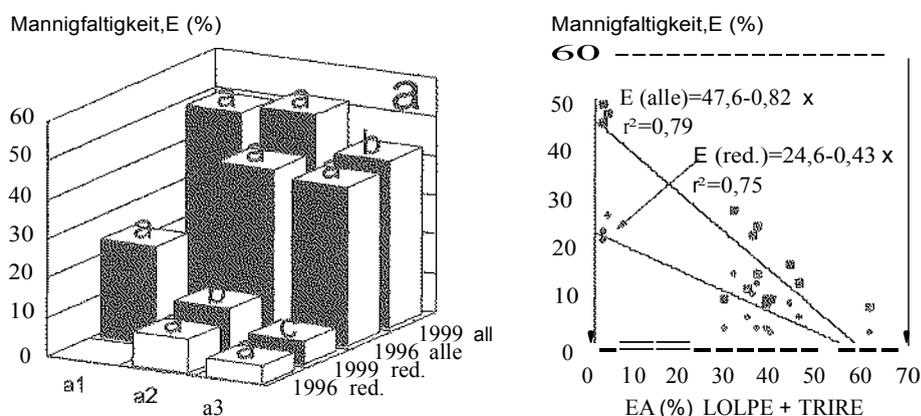


Abbildung 2: Mannigfaltigkeit, E (%) in Abhängigkeit von a) der Bewirtschaftungsintensität und bei unterschiedlichem Arteninventar sowie b) der Summe der Ertragsanteile von *Lolium perenne* und *Trifolium repens*; red.: Gesamtarteninventar. Klassencharakterarten, ansaatwürdige Arten und Unkräuter, Buchstaben zeigen sign. Unterschiede innerhalb der Jahre

scheint durch die von der Nachsaat ausgelöste Verdrängung hervorgerufen zu werden (Abb. 2b). Eine starke verdrängende Wirkung von *Trifolium repens* beschreiben auch TAUBE et al. (1997). sich im Arteninventar deutlich unterscheidende Narbe der Stufe a1 lässt bei der Bewertung der Mannigfaltigkeit auf der Grundlage des gesamten Arteninventars keine Unterschiede erkennen. Wird das Aufnahmekollektiv um Klassencharakterarten, ansaatwürdige Arten und Unkräuter reduziert, unterscheiden sich die 3 Intensitätsstufen signifikant.

Die nach der Artenreduktion in die Bewertung der Mannigfaltigkeit eingegangenen Kräuter und Leguminosen sind in der Tabelle 3 zusammengestellt. Im Arteninventar der Stufe a1 kommen mehr feuchteliebende (*Cirsium palustre*, *Thalictrum persicaria*) und in dem der Stufen a2 und a3 mehr trocken-tollerante Arten vor (*Achillea millefolium*, *Anthriscus sylvestris*, *Pastinaca sativa*). Bei höherer Besatzstärke waren *A. sylvestris* und *P. sativa* weniger hoch stetig. Bei N-Düngung (a3) fehlten alle nicht nachgesäten Leguminosen.

#### 4 Zusammenfassung

Die unterschiedliche Bewirtschaftungsintensität einer Weidenarbe führte aus futterbaulicher und floristischer Sicht zu differenzierten Pflanzenbeständen. Bei

intensiver Bewirtschaftung setzten sich in der Gruppe Gräser hochwertige Arten durch. Die Mannigfaltigkeit (Shannon-Index) der Narben war vor Versuchsbeginn ähnlich und differenzierte sich durch die eingestellte Bewirtschaftungsintensität stärker. Dieser Effekt wurde offenbar von den nachgesäten Arten ausgelöst. Mit zunehmender Bewirtschaftungsintensität nahm der Futterwert der Narbe zu und die Mannigfaltigkeit verringerte sich.

Tabelle 3: Stetigkeit(%) "verbliebener Arten"\*) in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungs-intensität, Frühjahrsaufwuchs 1999

Pflanzengruppe/-arten	Intensitätsstufen		
	1	2	3
<b>Leguminosen</b>			
<i>Lathyrus pratensis</i>	33		
<i>Medicago lupulina</i>	33	33	
<i>Medicago varia</i>		33	
<i>Vicia cracca</i>	33	100	
<b>Kräuter</b>			
<i>Potentilla anserina</i>	100	66	66
<i>Plantag major</i>	100	100	100
<i>Potentilla reptans</i>	66	100	100
<i>Cirsium palustre</i>	33		
<i>Polygonum persicaria</i>	33		33
<i>Thalictrum aquilegifolium</i>	33		
<i>Achillea millefolium</i>		33	100
<i>Anthriscus sylvestris</i>		100	66
<i>Campanula patula</i>		100	
<i>Pastinaca sativa</i>		100	66

\*) verbliebene Arten: Gesamtarteninventar ./.. Klassencharakterarten, ansaatwürdige Arten und Unkräuter

## 5 Literatur

- DIERBEN, K., 1990: Einführung in die Pflanzensoziologie. Akademie-Verlag Berlin.
- HOCHBERG, 1999: Erhaltung der Kulturlandschaft, umweltgerechte Landwirtschaft, Naturschutz und Landschaftspflege. Evaluierung des in Thüringen. Hrsg.: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Erfurt.
- KLAPP, UND STÄL-HJN, A., 1936: Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Ulmer, Stuttgart.
- OPITZ von BOBERFELD, W., 1994: Grünlandlehre.- Biologische und ökologische Grundlagen. Verlag Ulmer, Stuttgart.
- PRIEBE, R. UND HENNIG, 1999: Weideertrag und tierische Leistung. in ANONYMUS: Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von Weidesystemen mit Mutterkühen, 58-63, Hrsg.: Verband zur Förderung extensiver Grünlandwirtschaft e.V., Berlin.
- RIEDER, J. 1988.: Zur langjährigen Wirkung der Stickstoff-, Phosphor-, Kalium-Düngung. Das Wirtschaftseigene Futter 34, 5-14.
- SCHUBERT, M. UND SCHWARTZ, H. J., 1997: Untersuchungen zu Auswirkungen einer gleichbleibenden oder rotierenden Nutzung auf den Pflanzenbestand von Dauergrünland in der Lenzener Elbtalaue- Erste Ergebnisse. Ökologische Hefte 0, 135-139. Berlin.
- TAUBE, F, WACHENDORF, GREEF, M., WULFES, 1997: Perspektiven semi-intensiver Produktionssysteme in Milchvieh-/Futterbauregionen Norddeutschlands. Berichte über Landwirtschaft 75, 586-603.
- VOIGTLÄNDER, UND Voss, N., 1979: Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Verlag Ulmer, Stuttgart.
- ZIMMER, 1990: Grünlandbewirtschaftung. in: Extensive Grünlandbewirtschaftung durch Tierhaltung. KTBL-Arbeitspapier 140, 7-22. Hrsg.: Darmstadt



Exkrementstellendichte je Tier ergibt sich aus dem Quotienten Exkrementstellendichte-Herdentierbeobachtung und Mutterkuhanzahl je Koppel bzw. Areal. Da die Areale unterschiedliche Größen aufwiesen, wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit die Exkrementstellendichte je Areal und Hektar errechnet.

Das vorliegende Datenmaterial erfüllte nicht die Voraussetzungen für die Varianzanalyse (u.a. Varianzhomogenität), weshalb mit parameterfreien Verfahren (Rangverfahren) geprüft wurde. Im Fall des Vergleichs zweier Stichproben kam der U-Test von Mann Whitney und im Fall des Vergleichs mehrerer Stichproben die Kruskal Wallis Analyse mit anschließendem Nemenyi Test zur Anwendung.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Alle drei angewandten Methoden für das Erfassen des Prüfmerkmals Exkrementstellendichte sind durch Vor- und Nachteile gekennzeichnet, die beim Bewerten des Exkrementstickstoffrückflusses berücksichtigt werden müssen (Tab. 1). Die Kot- und stellenanzahl sowie die Exkrementstellendichte auf den Tränkeflächen lässt sich nur mit den Methoden der Tierbeobachtung erfassen. Der mit dieser Methode verbundene hohe Zeitaufwand war gegenüber der Methode "Zählen 100 m<sup>2</sup>" nachteilig.

Tabelle 1: Vor-(+) und Nachteile(-) der betrachteten Schätzmethode zum Erfassen der Exkrementstellendichte

<u>Parameter</u>	<u>Tierbeobachtung</u>	<u>Zählen</u>
Exkrementstellen	Kot- und Harnstellen (+)	nur Kotstellen (-)
erfassbare Flächen	Grase- und Tränkeflächen (+)	nur Graseflächen (-)
Zeitaufwand	je Termin a 48 AKh (-)	je Termin a 9 AKh (+)
betrachteter Zeitraum	jeweiliger Aufnahmetag (-)	Periode (+)
<u>Wiederholungen je Areal</u>	netn	

Tierbeobachtung ermöglicht, bedingt durch den hohen Zeitaufwand, nur die Aufnahme der Exkrementstellenanzahl an konkreten Terminen. Ein längerer Zeitraum, wie die Periode "Weideauftrieb bis jeweiliger Aufnahmetag  $t_n$ " ist direkt nur mit der Methode "Zählen" erfassbar. Soll mit der Methode Tierbeobachtung der Zeitraum "Weideauftrieb bis jeweiliger Aufnahmetag  $t_1$ " erfasst werden, muß extrapoliert werden.

Entsprechend der höheren Besatzdichte auf Koppel 5 sind höhere Exkrementstellendichten gegenüber der Koppel 4 zu erwarten. Die 3 verwendeten Methoden erwiesen sich zum Erfassen der Unterschiede zwischen den Koppeln nicht gleichermaßen geeignet (Tab. 2). Alle Methoden waren durch hohe Variationskoeffizienten gekennzeichnet. Als Wiederholungen dienten die Areale der Koppeln. Diese waren von den Tieren, offenbar bedingt durch Unterschiede wie Lage oder Narbencharakteristik, unterschiedlich frequentiert (MILIMONKA et al. 1999). Trotz der hohen Streuungen der Einzelwerte war mit der Methode "Herdentierbeobachtung" eine Unterscheidung zwischen den Koppeln an beiden Terminen möglich. Die Ergebnisse der "Einzeltierbeobachtung" waren durch höchsten Variationskoeffizienten gekennzeichnet,

die sich aus den starken Schwankungen der abgesetzten Exkremente je Einzeltier und Areal erklären lassen. Weiterhin kann das Verhalten des Einzeltieres deutlich von dem der Herde abweichen. Werden Einzel- und Gruppentierbeobachtung nicht am selben Tag durchgeführt, besteht die Gefahr stark voneinander abweichender Topochronogramme. zeitgleicher Beobachtung waren die Topochronogramme eng korreliert ( $r^2=0,8$ ). Ein aus arbeitswirtschaftlichen Gründen zeitlich versetztes Beobachten resultierte in Bestimmtheitsmaßen von 0,1. Die Methode "Herdentierbeobachtung" scheint zur Erfassung der Exkrementstellen auf großen Weideflächen besser geeignet zu sein.

Die Zunahme der Kotstellenanzahl vom Juni- zum Augusttermin ist durch die Länge der betrachteten Periode bedingt.

Tabelle 2: Kotstellendichte (Anzahl/m<sup>2</sup> \* Periode) auf den Grasflächen der Koppeln 4 und 5; Mediane der Koppeln; \*=signifikant bei  $\alpha < 0,1$  (U-Test); ns =nicht signifikant

	Einzeltierbeobachtung		Herdentierbeobachtung		Zählen	
	6/97	8/97	6/97	8/97	6/97	8/97
Kpl. 4	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,06
S%	79	128	61	82	55	43
Kpl. 5	0,03	0,21	0,05	0,17	0,05	0,15
S%	90	81	34	20		9
n	6	6	6	6	6	6
U-Test	ns	*	*	*	ns	*

Koppel 5: Areale 2 und 3 bzw. 5 und 6 gemittelt und für diese Tabelle als ein Areal betrachtet

Bei der Aufnahme der Kotstellendichte konnte nur bei der Methode "Zählen 100 m<sup>2</sup>" mit Wiederholungen innerhalb der Areale gearbeitet werden (Tab. 1). Entsprechend konnten nur in diesem Fall die Unterschiede zwischen den Arealen statistisch geprüft werden. den einzelnen Beobachtungsterminen ergaben sich zwischen den Arealen signifikante Unterschiede (Abb. 1). deutet sich an, dass im Frühsommer in Arealen mit größerer Tränkenähe (z.B. A2) häufiger Exkremente abgesetzt werden. Offenbar halten sich Weidetiere bei hohen Temperaturen und zunehmendem Tränkwasserbedarf länger in der Nähe der Tränke auf (MILIMONKA et al. 1999).

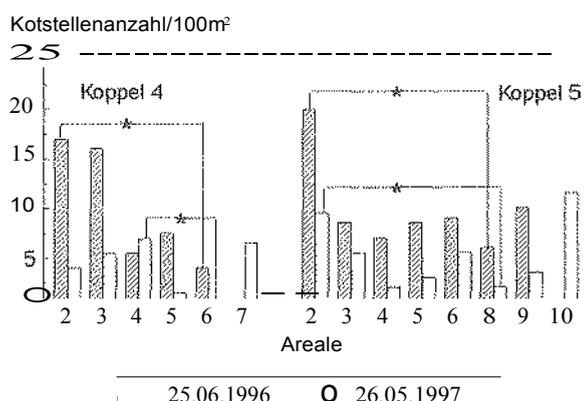


Abbildung 1: Kotstellenanzahl auf den Arealen im Frühsommer 1996 und 1997; Mediane von 4 Wiederholungen, \* = signifikante Unterschiede bei  $\alpha < 0,1$  (Kruskal Wallis Analyse mit Nemenyi Test)

Die Menge des auf die Weidefläche zurückgeführten Stickstoffs ist wesentlich vom Harn-N und dem Anteil der in den Tränkearealen abgegebenen Exkremente bestimmt. Beide Merkmale lassen sich nur durch die Methode "Tierbeobachtung" erfassen.

In den Tränkeflächen beider Koppeln existierte gegenüber der Grasefläche eine höhere Exkrementstellendichte (Tab. 3). Die von den Kühen auf der Tränkefläche täglich abgesetzten Kot- und Harnstellen waren in beiden Koppeln vergleichbar hoch und lagen 20-30fach über der der Graseflächen. Das lässt einen sehr hohen Anteil des im System zirkulierenden N erwarten, der in präferierten Weideteilbereichen abgesetzt wird.

Mit der Methode "Herdentierbeobachtung" konnten auch zwischen den Arealen der Graseflächen deutliche Unterschiede beschrieben werden.

Tabelle 3: Kot- und Harnstellendichte (Anzahl/vha \* Kuh \* d) in den Arealen der Tränke- (TF) und Graseflächen (A2... A10) beider Koppeln; gewogenes Mittel aller Termine der Jahre 1996/97, "Herdentierbeobachtung"

	TF	Graseflächen									
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	
<b>Kotstellen</b>											
Koppel4	25,3	1,0	0,9	1,0	0,5	0,5	0,6				0,8
KoppelS	22,6	1,1	1,0	0,7	0,7	1,2		1,1	0,9	0,3	0,9
<b>Harnstellen</b>											
Koppel4		0,7	0,6	0,6	0,4		0,4				0,5
KoppelS	18,9	1,0	0,8	0,6	0,6	1,0		1,1	0,8	0,3	0,8

#### 4 Zusammenfassung

Die Wirksamkeit des im Weidesystem zirkulierenden Stickstoffs wird wesentlich von der großflächig-räumlichen Verteilung beeinflusst. Um diese Verteilung erfassen zu können, ist eine hinreichend genaue und gut handhabbare Methode Voraussetzung. Durch Zählen der abgesetzten Exkremente können Kotstellen sicher und schnell erfasst werden. Aufgrund kleiner Teilstücksgrößen kann bei der Datenerhebung mit Wiederholungen gearbeitet werden. Von Nachteil ist, dass Harnstellen nicht erfassbar sind. Auch Teilbereiche einer Weide, die sehr intensiv aufgesucht werden (Tränke, Bereiche mit hoher Betreuungsaktivität), können mit dieser Methode nicht erfasst werden.

Tierbeobachtungen sind bei der Datenerfassung und -Auswertung sehr zeitaufwendig. In kleineren Flächenstrukturen ist eine an Wiederholungen gebundene Datenerhebung nicht möglich. Dagegen sprechen der wachsende Zeitaufwand und die Gefahr eines mit der sinkenden Herdengröße steigenden Fehlers.

Topochronogramme von Herden, die durch Ethogramme von Einzeltieren ergänzt werden, scheinen hinreichende Ergebnisse für die Beschreibung der großflächig-räumlichen Verteilung der Exkremente und damit des zirkulierenden Stickstoffs zu liefern.

#### Literatur

LECRIVAIN, E. 1990: A direct observation method for recording free ranging animal behavior in farming situations. Proceedings of the 7th. European Grazing Workshop, Wageningen

SCHÜTZ, U., SCHNYDER 1997: Räumliche Heterogenität im N-Haushalt einer extensiv genutzten hängigen Weide. 41. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. 226-229

MILIMONKA, A., G. & Giebelhausen 1999: Narbentyp und Futteraufnahmeverhalten von Rindern auf einer Mähstandweide. In: Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von Mähstandweidesystemen mit Mutterkühen. Deutscher Grünlandverband. 29-37

# Einfluss des Applikationszeitpunktes von Rinderharn auf Grasertrag, N-Ausnutzung und Nitratauswaschung

LANDWEHR, M. BENKE UND J. ISSELSTEIN

## 1 Einleitung

Die Weidenutzung des Grünlandes führt in der Regel zu erheblich höheren Nitratauswaschungen als eine reine Schnittnutzung (BENKE 1992). Je nach Nutzungsrichtung verbleiben 80% (Milchvieh) bis 95% (Jungvieh) des von den Tieren aufgenommenen Stickstoffs auf der Fläche, wovon in Abhängigkeit vom Proteinüberschuss im Futter 65 bis 80% mit dem Harn ausgeschieden werden. Die Harnintragstellen sind durch die rasche Umsetzung des Harnstoffs zu Ammonium und später zu Nitrat durch ein über den Pflanzenbedarf hinausgehendes Angebot an mineralischem Stickstoff gekennzeichnet. Neben den von der Witterung und der Bodenart abhängigen gasförmigen N-Verlusten (Ammoniakverflüchtigung und Denitrifikation) sind die Aufnahme durch den Pflanzenbestand und die Nitratverlagerung im wesentlichen für den Verbleib des Harnstickstoffs verantwortlich. Hierbei kommt besonders dem Zeitpunkt der Harnapplikation eine große Bedeutung zu, denn die Länge der verbleibenden Vegetationszeit hat entscheidenden Einfluss auf die zusätzliche N-Aufnahme durch den Grünlandbestand und somit auch auf zu Beginn der Sickerwasserperiode noch vorhandenen mineralischen Stickstoff (ROTH 1998, CUTTLE et al. 1998).

## 2 Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes zum N-Austrag bei beweidetem einem seit 1991 als humosen Sandboden im westlichen Niedersachsen, Markhausen, Landkreis Cloppenburg, durchgeführt. Versuchsflächen wurden 1975 tiefgepflügt, wobei die Torfmächtigkeit im Bereich von 0 bis 50 cm lag. Beim Bodentyp handelt es sich demzufolge um eine Sandmischkultur einem Grundwasserstand von 1,50 bis 2 m. Niederschlagssumme beträgt im langjährigen Mittel 783 mm, die Tagesmitteltemperatur 8,7 °C. Die Grünlandnarbe hatte zu Versuchsbeginn einen Weidelgrasanteil von etwa 60 % und wurde in den Jahren zuvor nur durch Schnitt genutzt.

Der Versuch ist mit vier Wiederholungen bei einer Parzellengröße von 72m<sup>2</sup> angelegt. Die Faktorstufen und die entsprechenden Ausbringtermine sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Faktorstufen des Versuches und Harnapplikationstermine

Faktor	Stufen	Applikationstermin 98	Applikationstermin 99
1. Harnapplikation	1.0 Kontrolle		
	1.1 Mai	22.05.	17.05.
	1.2 Juni	23.06.	14.06.
	1.3 Juli	29.07.	15.07.
	1.4 August	07.09.	23.08.
	1.5 September	02.10.	23.09.
	1.6 Oktober	11	18.10.

Die Fläche erhielt eine moderate mineralische Stickstoffdüngung von 160 kg N/ha, je 80 kg in Form von KAS zu den ersten beiden Aufwüchsen, und sie wurde viermal im Jahr geschnitten. Die Harnapplikation erfolgte mit künstlichem Harn, wobei umgerechnet 600 kg N/ha mit einer Konzentration von 10 g N/l ausgebracht wurden.

Zur Bestimmung der Nitratkonzentration im Sickerwasser sind je Versuchspartzele 3 keramische Saugkerzen (P80-Tensiometerzellen) in einer Tiefe von 75 cm installiert. Die stationäre Anlage wird während der Sickerwasserperiode permanent mit einem Unterdruck von 0,25 bis 0,30 bar betrieben und je nach Wasseranfall wöchentlich bis vierzehntägig beprobt.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 N-Erträge und $N_{min}$ -Werte

Bei den in Abb. 1 dargestellten Stickstofferträgen lässt sich ein deutlicher Einfluss des Harnapplikationstermins erkennen. Der zusätzliche N-Ertrag erreichte bei einem Applikationstermin im Mai 244 kg N/ha und ging bis zur Applikation im September auf 58 kg N/ha zurück. Dies bedeutet eine scheinbare N-Ausnutzung von 40 bzw. 10 %. Der Anstieg des Stickstoffertrages zum letzten Ausbringtermin wurde durch einen im Vergleich zur Kontrolle um 100 kg N/ha erhöhten Ertrag im ersten Aufwuchs 1999 erzielt.

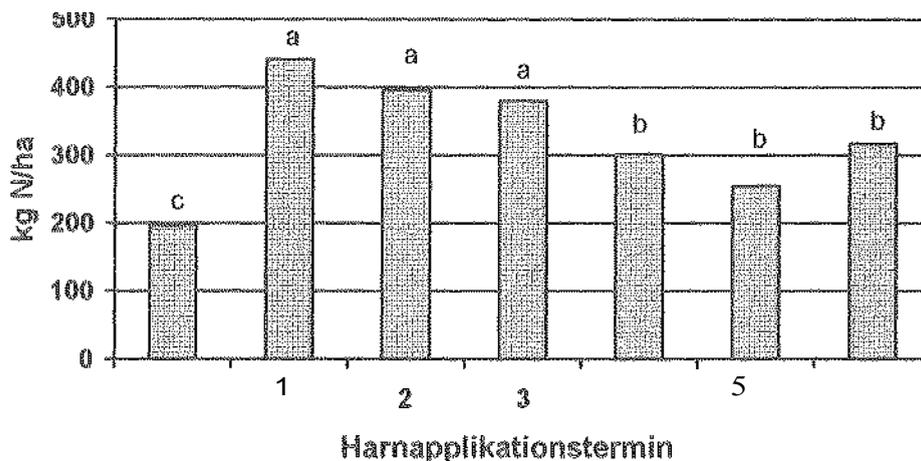


Abb. 1: Stickstoffertrag in Abhängigkeit vom Harnapplikationstermin (Mittel der Versuchsjahre)

Die vor Beginn der Sickerwasserperiode ermittelten  $N_{min}$ -Werte (Abb. 2) zeigen bei den frühen Applikationsterminen mit dementsprechend längeren Zeiträumen bis zum Beginn der Sickerwasserperiode deutlich geringere Gehalte an mineralischem Stickstoff. Rechnet man zu diesen Werten den N-Entzug durch die Pflanzen hinzu, so ergibt sich eine Differenz von etwa 200 kg N zu den applizierten 600 kg N/ha, die entweder nach der Applikation als  $NH_3$  entgast oder aber im Laufe der Vegetationsperiode immobilisiert bzw. denitrifiziert sind. In den Varianten, wo die Probenahme 1 bzw. 5 Wochen nach der Applikation durchgeführt wurde, zeigt sich, dass der Harnstickstoff nach einer Woche größtenteils als Ammonium vorliegt und nach weiteren vier Wochen zum überwiegenden Teil nitrifiziert worden ist. Die Frühjahrs-  $N_{min}$ -Werte lagen nur nach der Harnapplikation vom 02.11.98 mit 263 kg N/ha deutlich über den sonst ermittelten Werten von 40 bis 100 kg N.

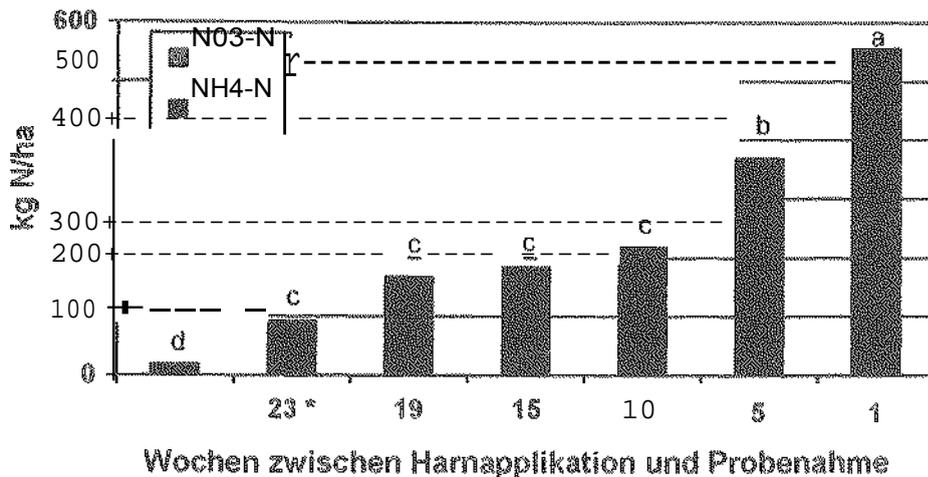


Abb. 2: N-min Werte (0 bis 90 cm) vor Beginn der Sickerwasserperiode (Mittel der Jahre, \* nur 1999)

### 3.3 Nitrat-Sickerwasserkonzentrationen

den in Abb. 3 dargestellten Konzentrationsverläufen ist zu berücksichtigen, dass in den 14 Tagen vor ersten Probenahme etwa 150 mm Niederschlag. Dadurch kam es bei den frühen Applikationsterminen gleich zu Beginn der Sickerwasserperiode (98/99) zu einem starken Rückgang der Nitratkonzentrationen. Der fünfte Applikationstermin erreichte im Januar sein Maximum und ging anschließend deutlich zurück. Danach blieb die Konzentration bis zum Ende der Sickerwasserperiode auf einem sehr hohen Niveau, was auf eine unvollständige N-Auswaschung hindeutet. Dies wurde durch die Nmin-Untersuchungen im Frühjahr 1999 bestätigt.

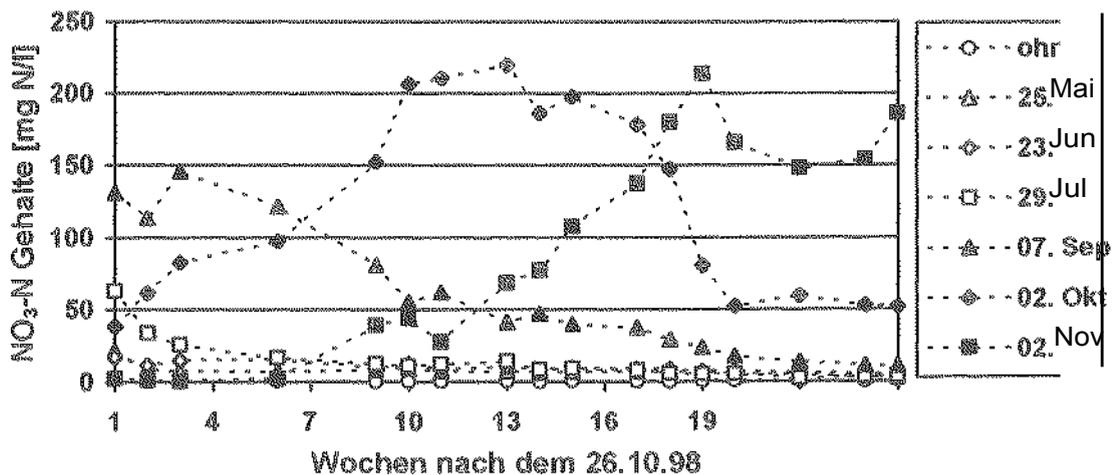


Abb. 3: Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in Abhängigkeit vom Harnapplikationstermin (Sickerwasserperiode 98/99)

Die in Abb. 4 dargestellte zweite Sickerwasserperiode (99/00) begann erst Ende November und auch hier zeigte sich eine deutliche Differenzierung zwischen frühen und späten Applikationsterminen. Infolge des warmen Herbstes und etwa zwei Wochen früheren Ausbringtermine zeigte auch die späteste Variante schon zu Beginn sehr hohe Werte. Im weiteren Verlauf der Sickerwasserperiode führten überdurchschnittlich hohe

Niederschlagsmengen in allen Varianten zu einem starken Rückgang der Nitratkonzentrationen.

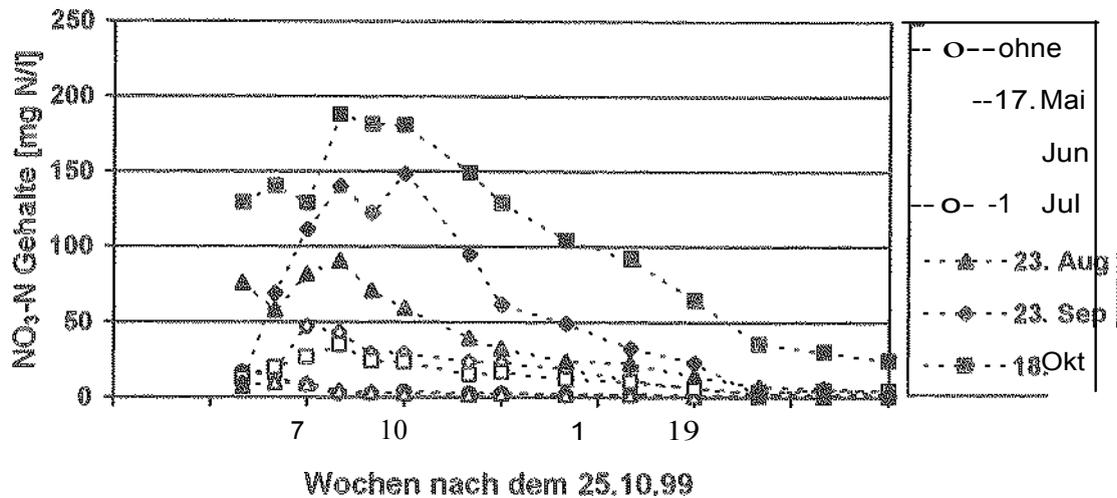


Abb. 4: Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in Abhängigkeit vom Harnapplikationstermin (Sickerwasserperiode 99/00)

#### 4 Schlussbetrachtungen

Die Ausnutzung des Harnstickstoffs verbessert sich mit zunehmender Länge der nach der Applikation noch zur Verfügung stehenden Vegetationszeit von 10 auf 40 %. Darüber hinaus ist auch die Höhe der N-Düngung, die in diesem Versuch nicht variiert wurde, für die Verwertung des Harnstickstoffs von großer Bedeutung (DEENEN und MIDDELKOOP 1992). Bei sehr späten Harnapplikationen kann in manchen Jahren aufgrund der durch kühle Witterung verzögerten Nitrifikation mit einer Düngewirkung im folgenden Frühjahr gerechnet werden.

#### Literatur

- BENKE, M., 1992: Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzen-Methode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. Diss. Univ. Kiel.
- CUTTLE, S.P., SCURLOCK, R.V. und DAVIS, M.S., 1998: A 6-year comparison of nitrate leaching from grass/clover and N-fertilized grass pastures grazed by sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 131, 39-50.
- DEENEN, P.J.A.G. und MIDDELKOOP, N., 1992: Effects of cattle dung and urine on nitrogen uptake and yield of perennial ryegrass. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40, 469-482.
- Rorn, A., 1998: Nitratverlagerung unter Exkrementstellen auf Weiden in Abhängigkeit von Nutzungstermin und Standort. Diss. Univ. Bonn.

#### Anschrift der Verfasser

B. Landwehr / M. Benke / J. Isselstein, Forschungs- und Studienzentrum für Veredlungswirtschaft Weser-Ems der Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstr. 22, 49377 Vechta.

# Methodische Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Variabilität des Futterangebotes einer extensiven Standweide auf Niedermoorgrünland

J. Strothoff und J. Issestein

## Einleitung

Naturschutzfachlich begründete Nutzungsrestriktionen auf Grünland beinhalten oftmals verspätete erste Schnittnutzungen und niedrige Besatzdichten im Frühjahr. Weidesystemen führen die zu Futterselektion und mosaikhafter Zonierung von stark und mäßig befressenen (EDWARDS et al., 1996). hohe Heterogenität der botanischen und Struktur der Grasnarbe erschwert eine repräsentative Datenerhebung von Ertragsfähigkeit und Futteraufnahme (VORMANN, 1998). Untersuchungen vor, die die Ernährung und die Weideleistungen von Rindern extensiv bewirtschaftetem Grünland weitgehend erklären können. Ziel vorliegenden ist räumliche und zeitliche Variabilität des Futterangebotes auf einer extensiv bewirtschafteten Rinderweide auf Niedermoorgrünland zu charakterisieren. basieren auf Vegetationshöhendichtemessung nach CASILE (1976), eine hohe Stichprobenzahl ohne Störung der Grasnarbe möglich ist

## 2 Material und Methoden

Ort der 1999 durchgeführten Untersuchung ist eine 6 große Standweide auf Niedermoor in der mit hoch anstehendem Grundwasser. Feuchtgrünland wird beschrieben als eine Weidelgras-Weißkleeweide in den von schwanz oder Flutschwaden. Nach dem nassen Winter 1998/1999 fand der Weideauftrieb erst am 21. 1999 mit Limousin-Färsen Abtrieb war am 18. Oktober. Seit 1992 wird die ungedüngte Fläche mit einer Besatzdichte von 3 je ha beweidet. 1999 wogen durchschnittlich 320 kg 1,9 GV/ha.

Ermittlung Futterangebots wurden von 6 jeweils 150 Messpunkte in von 2 m angelegt, die kurz vor Auftrieb, Juli, Ende August und vor aufgesucht wurden.

Ermittlung Vegetationshöhendichtemessungen nach CASILE eine 200 g schwere Aluminiumplatte einem Durchmesser von 30 cm, die horizontal ausgerichtet ist und vertikal an skalierten Achse geführt wird. Aluminiumplatte wurde an den Messpunkten auf die Vegetation gelegt und gestauchte Vegetationshöhendichte an der Achse abgelesen. Weitere Erhebungen an den Messpunkten waren und Befraßbonituren und Bestimmung des Hauptbestandsbildners auf der entsprechenden Fläche.

Parallel zu Dauertransektmessungen je Termin 200 von der Fläche entnommen. genutzte Rundrahmen hatte die gleichen Abmessungen wie die Aluminiumplatte; wurde in Höhe von 1 cm. bei 60°C getrocknet, um die Trockensubstanz zu bestimmen, zu: atzHc n wurden auf der Fläche die gleichen erhoben wie bei den Dauertransekten.

Zusammenhang Vegetationshöhendichte und TM-Ertrag wurde durch lineare Regression ohne Absolutglied getestet (HARTUNG, 1999). Zur Eingrenzung des Schätzfehlers wurden zum einen separate Regressionsfunktionen je Erhebungstermin berechnet (MOULD, 1992). Zum anderen wurden 200 Einzelwert-Paare transformiert

in 40 Mittelwertpaare, in die über einen Zufallsgenerator jeweils 5 Einzelwerte einfließen.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Zwei Monate nach Weideauftrieb hatte sich eine Zonierung der Grasnarbe in Bereiche verschiedener Befraßintensität ausgebildet (Abb. 1). Nur 23 % der Fläche wurden regelmäßig frequentiert und befressen, 34% der Fläche wurden mäßig befressen (Verbiss nur einzelner Halme). Mit 43% wurde ein Großteil der Fläche nicht zum Fressen aufgesucht. Im Verlauf der Weideperiode reduzierte sich diese ausgeprägte Zonierung, was in ähnlicher Weise von VORMANN & KÜRBAUCH (1999) beobachtet wurde. Kurz vor Abtrieb Mitte Oktober wurden bereits 67 % der Fläche stark verbissen, mit 17 % der Fläche wurden nur noch Flächenanteile von den Weidetieren gemieden, deren Hauptbestandbildner keine Bedeutung für die tierische Ernährung zugesprochen wird wie Platterbinse (*Juncus effusus*), Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) oder Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*). Diese Flächenanteile werden in der Folge 'nichtfressbare Bereiche' genannt.

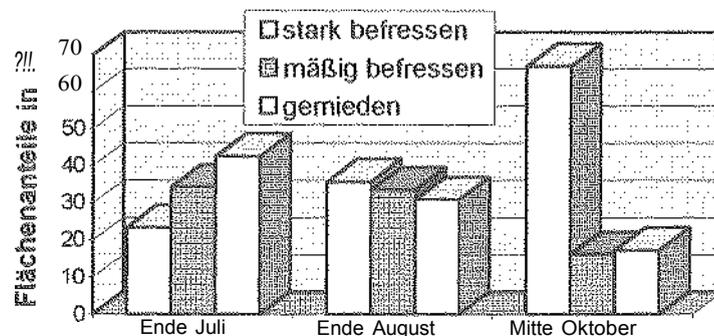


Abb. 1: Flächenanteile von Bereichen verschiedener Befraßintensität

Die Zonierung der Grasnarbe entstand nicht nur durch Bevorzugung einzelner Arten. Auch innerhalb der Hauptbestandbildner der Grasnarbe konnten Bereiche verschiedener Befraßintensitäten beobachtet werden (Abb. 2).

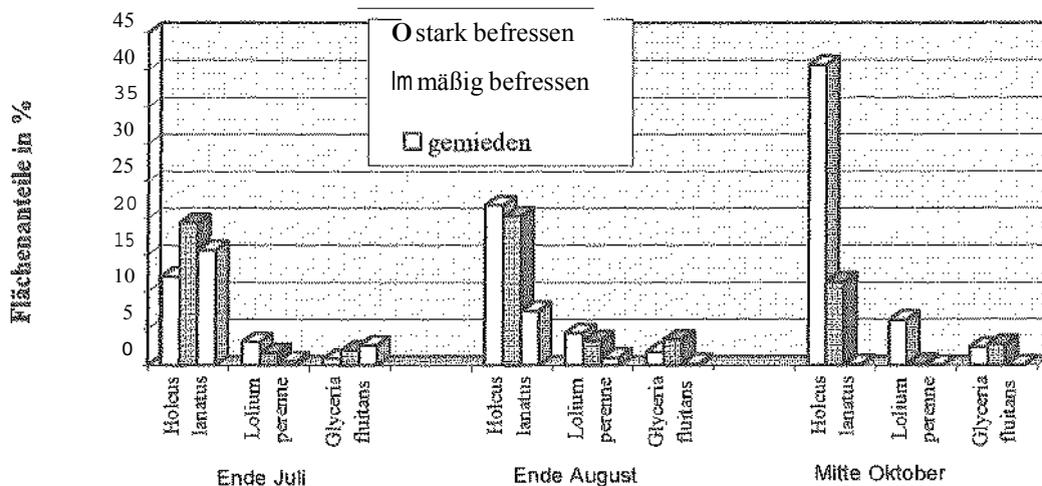


Abb. 2: Flächenanteile ausgewählter Hauptbestandbildner, getrennt nach Bereichen unterschiedlicher Befraßintensität

BAKKER et al. (1983) nennen die entstehenden Kleinräume Mikro-Bereiche (micro-patterns) im Vergleich zur Bevorzugung von Flächen bestimmter Artenzusammensetzung (macro-patterns).

Wolliges Honiggras (*Holcus lanatus*), das ca. auf der Hälfte der Weide als Hauptbestandsbildner auftrat, erfuhr eine Zonierung in Bereiche unterschiedlicher Befraßintensität entsprechend den mittleren Werten aus Abb. 1. Es fanden sich mosaikartig stark verbissene Ho/cus-Bereiche neben mäßig befressenen und gemiedenen. Stark verbissene Bereiche des Ausdauernden Weidelgrases (*Lolium perenne*) nahmen demgegenüber im Verlauf der Weideperiode überproportional, des Flutschwadens (*Glyceria fluitans*) unterproportional zu. Festzuhalten bleibt jedoch, dass keines der Gräser nur einem Bereich zuzuordnen war.

Mit Hilfe der Regressionsfunktionen aus Tab. 1 konnte das Futterangebot zu vier Erhebungsterminen geschätzt werden (Abb. 3). Die Angaben beziehen sich auf die stehende Biomasse ab 1 cm Narbenhöhe'nichtfressbare Bereiche' wurden für das Futterangebot nicht berücksichtigt.

Auftrieb standen den 18 Rindern auf der gesamten Weide (6 ha) 191 dt Futter entsprechend 26 dt TM/ha zur Verfügung. Diesem Angebot konnten sie nur mit relativ geringer Futtermenge begegnen, sodass lediglich geringe Flächenanteile bei selektiver Unterbeweidung genutzt wurden. Bis Ende Juli wurde die Grasnarbe lediglich auf 23 % der Weidefläche regelmäßig frequentiert. Das in diesen Bereichen nachwachsende Angebot physiologisch jungen Futters reduzierte sich in diesem Zeitraum auf 26 dt TM. Beschränken des regelmäßigen Weidegangs auf die stark befressenen Bereiche war auf die Überalterung des Futters in den mäßig befressenen und gemiedenen Bereichen zurückzuführen. Ein Nebeneinander von selektiver Über- und Unterbeweidung konnte festgestellt werden (VOIGTLÄNDER & JACOB, 1987).

Tab. 1: Regressionsfunktionen zur Ermittlung des Futterangebotes

Termin	Funktionsgleichung*	Bestimmtheitsmaß	Standardfehler
Ende Juni	$y=1,529x$	0,984	5,315
Ende Juli	$y=2,074x$	0,957	8,469
Ende Aug.	$y=2,855x$	0,972	6,224
Mitte Okt.	$y=2,888x$	0,968	4,534

\* y: Futterangebot in dt TM/ha,  
x: Vegetationshöhendichte in cm

Die Weidetiere dehnten in der Folge die stark befressenen Bereiche aus, um das Futterangebot an die Nachfrage anzupassen. Erst am Ende der Weideperiode wurde die

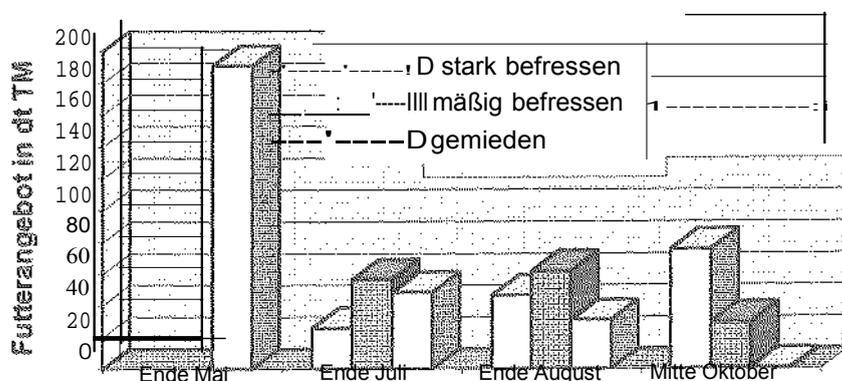


Abb. 3: Futterangebot in Bereichen unterschiedlicher Befraßintensität, bezogen auf die gesamte Weide (6 ha)

gesamte Fläche zur Futteraufnahme genutzt. Bei Weideabtrieb standen den Rindern in den stark befressenen Bereichen 75 dt TM bei einer mittleren Vegetationshöhendichte von 6,5 cm und in den mäßig befressenen Bereichen 29 dt TM bei einer mittleren Vegetationshöhendichte von 10,5 cm zur Verfügung. Die 'nichtfressbaren Bereiche' wiesen zu diesem Zeitpunkt Vegetationshöhendichten von durchschnittlich 29 cm auf.

#### 4 Ausblick

Die vorgestellte Methode der Vegetationshöhendichtemessung ermöglicht durch eine hohe Zahl an Messungen die Darstellung der räumlichen und zeitlichen Variabilität des Futterangebots auf heterogen ausgeprägten Standweiden. Im Verlauf des Projekts werden die Weidekorb-Methode und Futterwertanalysen der Grünschnittproben eingesetzt, um das Futterangebot im Nachwuchs und in der Qualität quantifizieren zu können. Die Futternachfrage wird beschrieben durch die gemessenen täglichen Zunahmen und durch die Verdaulichkeit des aufgenommenen Futters über die Kotstickstoff-Methode (SCHMIDT et al., 1999). Resultat der Gesamtuntersuchungen soll ein Beitrag zur Produktivität des Systems Tier und Weidenarbe auf extensiv Standweiden sein.

#### Literatur

- BAKKER, J. J. DE LEEUW & S. E. VAN WIEREN, 1983: Micro-patterns in grassland vegetation created and sustained by sheep-grazing. *Vegetatio* **55**, 1 161
- CASTLE, M. E., 1976: A simple disc instrument for estimating herbage yield. *Journal of the British Grassland Society* **11** 37-40
- EDWARDS, A. J. PARSONS, J. NEWMAN & I. WRIGHT, 1996: spatial pattern of vegetation in cut and grazed grass/white clover pastures. *Grass and Forage Science* **11** 219-231
- HARTUNG, J., 1999: Statistik: Lehr und Handbuch der angewandten Statistik. Oldenbourg, München; Wien
- MOULD, F. L., 1992: Use of a modified rising-plate meter to assess changes in sward height and structure. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* **Q**, 375-382
- SCHMIDT, F. WEISSBACH, T. HOPPE & S. KUHLA, 1999: Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoff-Methode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum Nachweis selektiven Futteraufnahme auf Weide. *Landbauforschung Völkenrode* **1**, 123-135
- VOIGTLÄNDER, G. & H. JACOB, 1987: Grünlandwirtschaft und Futterbau. Ulmer, Stuttgart
- VoRMANN, M., 1998: Auswirkungen einer extensiven Beweidung von Feuchtgrünland des westlichen Münsterlandes auf Vegetation, Ertrag, Futterqualität Diss. Bonn
- VoRMANN, & KühBAUCH, 1999: Auswirkungen einer langjährigen Extensivbeweidung nach Vorgaben des Feuchtwiesenschutzprogramms auf die Vegetationsentwicklung. *Journal of Applied Botany- Angewandte Botanik* **73**, 110-117

#### Anschrift der Autoren

J. Strodthoff / J. Isselstein, Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstr. 22, 49377 Vechta

# The effects of seed stratification and sward disturbance on germination and seedling emergence of grassland species

Rong Zhang, Martina Hofmann and Johannes Issestein  
Institute of Agronomy and Plant Breeding, University of Göttingen

## 1 Introduction

A lack of safe sites for seedling establishment and a high productivity of existing swards are considered as the major constraint to diversification of species poor swards with history of agricultural improvement. Many of the indigenous species of permanent grassland require gaps for successful seedling establishment. Germination behaviour of the seed is adapted to find gaps in the grass swards (Thompson 1977). In our earlier investigation it was found that many grassland species show maximum emergence early in spring and that during this time the effect of different sward conditions on germination is small (Hofmann, Issestein, Opitz von BOBERFELD 1998, Hofmann, Issestein 1999). On these findings we tested the hypothesis that winter temperature do alter the requirements for germination and that the germination peak early in spring gap detecting is of minor importance. Therefore experiments in the field and under controlled conditions were performed to investigate the effects of seed stratification and sward disturbance on seedling emergence.

## 2 Materials and Methods

### 2.1 Seed germination test

Seeds of 11 wildflower species, which are common in grassland in Germany were collected in 1999. They comprised *Centaurea jacea*, *Daucus carota*, *Holcus ta11arus*, *Leontodon autumnalis*, *Lotus corniculatus*, *Lychnys flos-cuculi*, *Pastinaca sativa*, *Plantaga lanceolata*, *Salvia pratensis*, *Tragopagon pratensis*, and *Trifolium pratense*. In order to simulate the stratification effect of cold winter conditions prior to germination testing in the laboratory and in the field seeds were imbibed and stored in darkness in a climate chamber at 3 °C for a period of 8 weeks. In the following the species are abbreviated to first letters of their botanical names. Germination behaviour of the species used in the field was simultaneously investigated in the laboratory. Germination of non-stratified (=S<sub>1</sub>) and stratified (=S<sub>2</sub>) seeds were tested under different conditions of light (darkness=L<sub>1</sub>, light=L<sub>2</sub>) and temperature (5/12 °C =T<sub>1</sub>, 15/22 °C =T<sub>2</sub>). Batches of 20 seeds were placed in Petri-dishes on filter paper with five replications for each species, moistened with 3 ml water and sealed with parafilm. Seed germination was controlled every 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> day and new seedlings were removed when no further germination occurred.

### 2.2 Field experiment

The influence of simulated winter conditions on seedling emergence was studied experimentally in a field trial. The experiment was established on a hay meadow dominated by *Phleum pratense*. A block design was used with four replications. The experiment comprised two factors with three levels each: seed (non-stratified seeds= S<sub>1</sub>, stratified seeds= S<sub>2</sub>, no seeds/control to check for spontaneous emergence from the seed bank=S<sub>3</sub>), and disturbance (undisturbed sward=D<sub>1</sub>, tiller density mechanically reduced by harrowing=D<sub>2</sub>, sward totally removed=D<sub>3</sub>). The beginning

---

\* the permanent address of Rong Zhang author is Lanzhou University Laboratory of Arid Agroecology, Lanzhou University

of April 2000 a seed mixture of all 11 plant species was broadly spread over the plots with a density of 400 seeds m<sup>-2</sup> species<sup>-1</sup>. Emergence of seedlings was recorded every 10th day and new germinated seedlings were removed – results of this ongoing experiment presented here include data until the census in June 2000. In order to characterize the environmental conditions in the differently treated plots sward height, light transmission and soil temperature were measured continuously.

### 3 Results

#### 3.1 Seed germination test

Seed stratification had a significant effect on germination of 10 of the 11 investigated species (Tab.1). Nine species responded with an increased germination after stratification; LEAU showed a reduced germination in darkness after stratification. HOLA germinated in all treatments above 88% and germination rate was not influenced by stratification. The effect of stratification was most pronounced for *CEJA* and *SAPR*, which showed a very low germination rate if seeds had not experienced cold wet temperature prior to germination testing. Interactions between stratification and light resulted from a more pronounced effect of cold wet temperature under darkness than under light in *CEJA* and *PASA*. In *LYFL* stratification increased seed germination in lower temperature and decreased germination in higher temperature. *PASA* and *PLLA* stratification increased germination and this effect was more pronounced in lower than in higher temperature.

Obviously, the stratification-pretreatment alleviated the dormancy level and thereby lowered the critical temperature threshold.

Light conditions had a significant effect on germination of 7 of 11 investigated species with an increased germination in light compared to darkness. Interactions between light and temperature resulted from a more pronounced light effect in lower temperature for *CEJA* and vice versa for *PLLA*. The germination of *I-IOLA*, *LOCO*, *PASA* and *LYFL* did not respond to light conditions. Higher temperature resulted in a significantly increased germination for five species, but germination of *DACA* and *PASA* was strongly reduced under higher temperature. Without stratification no seed of *LYFL*, *PASA* and *CEJA* germinated in low temperature and darkness, but stratification strongly increased germination up to 24, 79 and 54%, respectively, under the same temperature and light regime.

In general, for most species, light and temperature had a stronger impact on seed germination compared to stratification.

#### 3.2 Field experiment

Almost no seedling of the tested species emerged spontaneously as was found in control plots. In the field experiment the level of seedling emergence was lower compared to seedling germination in the laboratory; this effect was most pronounced for *LYFL*, *PASA* and *CEJA*. Only field emergence of *PLLA* achieved nearly the same level as in the laboratory. Cold wet stratification had a significant effect on seedling emergence of *CEJA*, *DACA*, *LEAU*, *PASA*, and *PLLA*, especially for *PASA* hardly any seedling emerged without stratification – but even after stratification seedling emergence was low. Stratification had no effects on seedling emergence of *HOLA*, *LOCO*, *LYFL*, *SAPR*, *CEJA* and *PLLA* in the field (see table 2). A different reaction between the laboratory and field experiment with regard to stratification was noted especially for *CEJA* and *LYFL*.

**Table 1. Germination rate (in o/o) of 11 grassland species in laboratory experiment**

Treatments			CEJA	DACA	HOLA	LEAU	LOCO	LYFL	PASA	PLLA	SAPR	TRAPR	TRIPR
St	Lt	Tt	2	24	96	42	94	0	0	7	0	0	79
		T2	17	10	95	86	92	32	0	27	6	91	81
	L2	T,	86	63	99	65	91	11	6	12	0	2	82
		Tz	76	48	99	99	93	87	1	47	20	97	73
Sz	L,	T,	20	40	90	22	98	23	79	16	54	0	89
		Tz	39	25	96	40	97	15	34	32	75	98	87
	L2	T,	94	79	100	91	98	54	68	45	60	2	90
		T2	78	45	88	91	97	78	29	40	77	100	86

**ANOVA-summary significance of F-value**

Sources	CEJA	DACA	HOLA	LEAU	LOCO	LYFL	PASA	PLLA	SAPR	TRAPR	TRIPR
S	.000	.010	.137	.002	.005	.000	.000	.011	.000	.027	.001
L	.000	.000	.097	.000	.824	.000	.782	.001	.040	.015	.524
T	.383	.000	.162	.000	.761	.000	.000	.000	.000	.000	.115
S*L	.017	.234	.204	.000	.971	.662	.017	.718	.339	.963	.718
s T	.180	.421	.352	.000	.703	.000	.000	.008	.215	.060	.815
L T	.000	.451	.021	.412	.374	.000	.698	.546	.176	.686	.468
s L*T	.998	.140	.006	.155	.562	.589	.215	.105	.093	.686	.334

S= stratification, T= temperature, L= light. S1 and S2, L1 and L2, T1 and T2— non-stratified seed and stratified seed, light and lower and higher temperature respectively. ANOVA based on arcsin-transformed data.

**Table 2. Seedling emergence (in%) of 11 grassland species in field experiment**

Treatments		CEJA	DACA	HOLA	LEAU	LOCO	LYFL	PASA	PLLA	SAPR	TRAPR	TRIPR
s,	D,	0	0	0	0	9	0	0	0	4	0	11
	D2	10	5	18	14	29	0	0	9	28	20	23
	D3	31	14	44	33	39	3	0	24	27	34	34
s2	D,	4	0	2	2	12	0	2	0	5	0	8
	D2	27	17	17	21	23	2	6	18	28	19	22
	D3	45	23	37	34	34	0	11	38	27	35	30

**ANOVA-summary significance of F-value**

Sources	CEJA	DACA	HOLA	LEAU	LOCO	LYFL	PASA	PLLA	SAPR	TRAPR	TRIPR
s	.001	.000	.625	.007	.649	.948	.000	.008	.922	.878	.547
D	.000	.000	.000	.000	.000	.058	.005	.000	.000	.000	.000
S*D	.417	.243	.326	.165	.347	.076	.049	.084	.963	.940	.937

S= stratification, D= disturbance. S1 and S2 represent non-stratified and stratified seeds, D1, D2 and D3 represent dense sward, and partly removed and completely removed sward, respectively. ANOVA based on arcsin-transformed data.

These results imply that stratification can change dormancy level and thereby increase germination rate, but obviously under field conditions further abiotic and biotic factors interact and alleviate the stratification effect.

Sward disturbance had a much stronger impact on seedling emergence compared to stratification of seeds. The more the competitive strength of the existing sward was reduced by mechanical disturbance the higher the seedling emergence was. Only for SAPR maximum seedling emergence was found in the harrowing treatment and complete sward removal did not further increased it.

#### 4 Conclusions

The present investigation revealed that stratification could break dormancy and change dormancy level of indigenous species of temperate grasslands. This is in accordance with findings in other vegetation types like arable lands (Hilhorst & Toorop 1997; Milberg & Andersson 1998), wetlands (Schütz & Rave 1999) and forest (Leadern 1997). However stratification did not abolish the requirement of gaps for seedling emergence. Hence, the hypothesis of the present investigation was not confirmed. One reason for this result could be that during the dry storage (at 8 °C) of the seeds of about four to five months between collecting of the seeds in the field and starting experimentation dormancy level was already changed compared to freshly ripened seeds. In addition other biotic and abiotic factors acting in the field might have interacted with stratification requirement. Further investigation using freshly ripened seed will follow in order to disclose the interaction of stratification and gap response of grassland seeds.

#### Acknowledgements

We are grateful to express our sincere thanks to Barbara Hohlmann, Dajana Meinhardt, Johanna Seheringer & Norbert Kowarsch for their help in the experiments

#### References

- HILHORST, W. & TOOROP, E. 1997. Review on dormancy, germinability, and germination in crops and weed seeds. *Advances in Agronomy* 61: 111-165.
- HOFMANN, J. & ISSELSTEIN, J. & OPITZ VON BOBERFELD, 1998. Seedling establishment of dandelion and ribwort plantain in perennial ryegrass swards. Proceedings of the 17th General Meeting of the European Grassland Federation, Debrecen, Hungary, pp. 723-727.
- HOFMANN, J. & ISSELSTEIN, J. 1999. Etablierung eingesäter Wildpflanzen Grasland bei variierter Schnittnutzung. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 12: 21-34.
- LEADEM, C.L. 1997. Dormancy-Unlocking Seed Secrets. *National Proceedings: Forest and Conservation*.
- MILBERG, & ANDERSSON, L. 1998. Does cold stratification level out differences in seed germinability between populations? *Plant Ecology* 134: 225-234.
- SCHÜTZ, W. & RAVE, G. 1999. The effects of cold stratification and light on the seed germination of temperate sedges (*Carex*) from various habitats and implications for regenerative strategies. *Plant Ecology* 144: 215-230.
- THOMPSON, J. & GRIME, J. 1977. Seed germination in response to diurnal fluctuations of temperature. *Nature* 267: 147-149.

# The Investigation of the grazing Behaviour\* of the Native Cattle and Sheep in Inner Mongolia

Zhao Gang, Xu Zhixin, and Li Dexin

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen,

## 1 Introduction

The Inner Mongolia, China, comprises of 87 million hectare grassland, 68 million hectare of which is used as a major animal husbandry resource, with an over thousand years long history of grazing by domestic and wild ruminants and other large herbivores. Up to now, the common practice of utilizing grassland is still the grazing throughout with a continuous free grazing system. These grasslands, therefore, are playing a very role not only in the economy but also in ecology. With the increasing population, almost all of the grasslands in region overgrazed, which had in a very severe degeneration of grasslands. This has to a strong fluctuation in animal production as well as frequently severe losses of animal by

The grazing behaviour is an important factor affecting the and nutrition transfer efficiency from primary to production. grazing management it is necessary to attain a understanding of the behaviour of the animals. With the development of ecology animal grazing behaviour, was investigated (Arnold, 1987; Arnold 1978; Ungar, 1996). 1950's it was also intensively studied in China. species, including cattle and sheep, were investigated et al., 1954; Li, 1986; Wang, 1997). is, however, hardly any information available about the behaviour of Mongolian cattle sheep, natively dominating animals in the Inner Mongolia. Therefore an investigation was performed to study behaviour in detail in 1997.

## 2 Experiment area and method

### 2.1 Experiment area

This investigation were carried out in a forage conservation station in County Duolun, Mongolia, which is located the Hunsandak with a topography formed by chains of fixed sand dunes. The height of the sand dunes is about 10-20?. The is continental with a rainy season from June to August, receiving 67 % of total annual rainfall of 386?m are anticipated. The combination of higher temperature and more water being available is favourable for the growth of herbage (Fig.1).

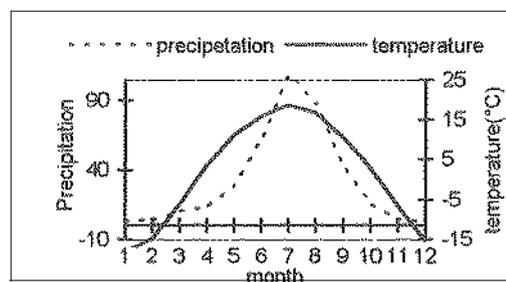


Fig. 1: The climate of the location of the experiment

The vegetation of the experiment area, in which there is an abundant species composition with 24 (15-32) species/m<sup>2</sup> at average, is mainly the typical steppe vegetation dominated by *Stipa grandis*,

---

This experiment has been financially supported by the National Natural Science Foundation of China.

*Artemisia frigida*, *Cleistogenes squarrosus* The dynamics of the herbage growth was mainly dependent on the current climate conditions, of which the precipitation and temperature were the main factors. The highest standing crop normally occurs in July or August (Fig 2).

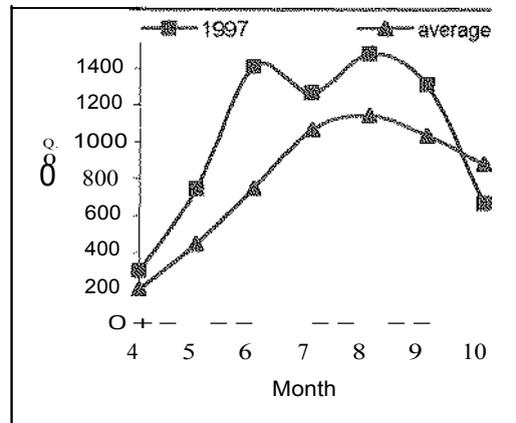


Fig 2: The dynamics of the standing crop of the pasture: the comparison between a 8-year average and experiment year

## 2.2 Methods

The investigation of the grazing behaviour of cattle and sheep was carried out in spring, summer, autumn, and winter, respectively. The observed animals were 10 cattle and 10 sheep, which were castrated male animals with about the same age and body size. The selected animals were followed over 24h periods and for all activities, such as, ingesting, ruminating, resting, standing, wandering etc. the beginning time of the activities was recorded.

The bite rate was by counting ingested bites during a 10-min period every hour during the grazing. At the same time, it was recorded, which species and which parts of the herbage was consumed by observed animals. Samples of every herbage plant consumed by the animal were collected by plucking simulating grazing animal. Data were used to calculate the average bite (g/bite).

The herbage intake was according to the following formula:

$$\text{intake (kg/day)} = \text{grazing time (min)} * \text{bite rate (bite/min)} * \text{bite size (g/bite)} / 1000$$

## 3 Results and discussion

### 3.1 Grazing Behaviour

#### 3.1.1 Grazing Time

The grazing time of the Mongolian cattle and sheep were 439 and 356 min, respectively. The cattle spent significantly longer ( $p < 0.05$ ) for foraging than sheep did. The dynamics of the grazing time in different seasons for cattle was nearly the same as for sheep. The grazing time of cattle, and of sheep, is much longer in spring than in other seasons, because the sward is low and sparse during this time. In winter, animals must increase the grazing time in order to cover their nutritional requirements. Short daylight in winter strongly limited the grazing activities and resulted in the shortest grazing time compared to the other seasons.

#### 3.1.2 Bite rate

The annual average bite rate of cattle and sheep were 43 and 21 bites/min (Tab.1), respectively. The cattle bite more quickly than the sheep ( $p < 0.05$ ) because the sheep grazed more selectively than cattle did. When the sward height was becoming short, the cattle tended to increase the bite rate, to some extent, to compensate for the decreasing intake. Despite the attempt of compensating the short sward height by increasing bite rate, the cattle can not forage enough feed in spring as the overall herbage supply was lower than the herbage requirement of the animals.

Tab 1: The foraging behaviour of Mongolian cattle and sheep

season	Mongolian cattle			Mongolian sheep		
	N	mean	± Sd	N	mean	± Sd
grazing time (min)						
spring	10	508.10	± 55.49 a	10	393.70	± 42.12 a
summer	10	463.50	± 43.47 b	10	326.50	± 20.65 b
autumn	10	406.90	± 38.00 c	10	378.30	± 29.90 a
winter	10	375.50	± 48.20 c	9	321.11	± 41.10 b
biting rate (bite/min)						
spring	10	57.58	± 8.10 a	10	21.27	± 5.25 a
summer	10	5.75	± 1.37 b	10	1.40	± 0.12 a
autumn	10	11.50	± 3.09 a	10	1.22	± 0.08 b
winter	10	10.29	± 2.57 a	10	1.33	± 0.10 a
	10	4.78	± 1.15 b	9	0.97	± 0.12 c

\*the figure with different letter means statistic significantly difference

### 3.1.3 The herbage intake

The herbage intake of cattle and sheep was 8.08 and 124 kg dry matter (Tab.1), respectively. The cattle ingested as 7.8-9.4 forage as did when was enough herbage in the sward; the cattle, however, would consume only as 4.1-4.9 times forage as sheep did when the herbage intake was limited by forage deficiency. On average of the the of cattle is 6.5 times higher compared to sheep.

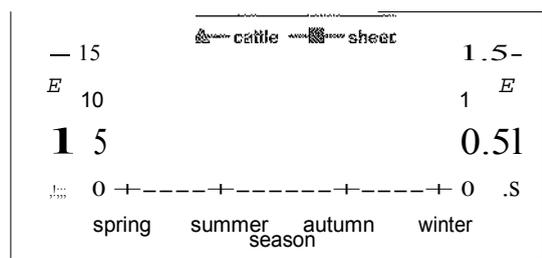


Fig. 3: Comparison of herbage intake between cattle and sheep

Seasonal dynamics of varied significantly species (Fig.3). herbage intake of cattle in winter and spring when the quality of the herbage was very low was strongly limited by low standing crop (or) bulk density. Thus the low standing crop forage quality were the main factors limiting development of cattle husbandry, as supplement feeding during winter was not possible.

### 3.2 Ruminating time

The average ruminating time of cattle of was 394 and 384?in (Tab.2), respectively, without significant so cles ( $p > 0.05$ ). There was no obvious seasonal dynamics. These results implied that had no or less effect on the time of both although it strongly herbage intake.

### 3.3 Other behaviour

#### 3.3.1 Resting time

The resting time of cattle and sheep were 290 and 645?in (Tab.2), accounting for 20% and 45 o/o of the period, respectively. results showed that under the local conditions sheep rested over 2 times longer cattle did, and implied that more energy consumed could be used for the growth and production for the sheep than for the cattle.

#### 3.3.2 Standing and wandering time

The standing and wandering time (Tab.2) of cattle (318?in) was significantly longer than that of sheep (54?in) ( $p < 0.05$ ). activities of standing wandering are energy consuming activities.

The longer the time spent for standing and wandering, the more energy will be consumed, the less energy will be transformed into net energy for growth and (or) for production.

Tab. 2: Ruminating, resting, standing and wandering behaviour of Mongolian cattle and sheep

season	Mongolian cattle				Mongolian sheep			
	N	mean	±	Sd	N	mean	±	Sd
<b>ruminating time (min)</b>								
spring	10	386.80	± 54.64	a	10	315.80	± 50.00	b
summer	10	394.10	± 70.57	a	10	422.50	± 55.72	a
autumn	10	412.30	± 68.50	a		412.50	± 73.21	a
	10	382.20	± 38.43	a	9	387.11	± 82.15	
<b>resting time (min)</b>								
spring								a
summer	10	233.50	± 31.67	b	10		± 32.19	b
autumn	10	316.60	± 58.90	a	10		± 67.29	b
	10	363.50	± 69.46	a	9	706.67	± 76.80	a
<b>walking and standing time (min)</b>								
spring								a
summer	10	349.40	± 79.17	a	10	94.30	± 56.50	a
autumn		304.20	± 83.91	a	10	33.80	± 10.39	c
winter	10	317.80	± 87.43	a	9	25.11	± 9.77	c

\*the figure with different letter means statistic significantly diff

## 4 Conclusions

The following conclusions can be drawn:

1. There is significant difference in the grazing behaviour between Mongolian cattle and sheep. The cattle longer time with higher biting rate and got higher herbage intake than the sheep ( $p < 0.05$ ). herbage intake of cattle was about 6.5 times higher than that of sheep.
2. The time of cattle was the same as that of sheep ( $p > 0.05$ ).
3. The particular grazing behaviour of the Mongolian sheep with less time spent for grazing, standing, walking and increased time for resting, compared to cattle seems to be advantageous with regard to the sustainability of ecology and productivity of the sand ecosystem.

## 5 References:

- ARNOLD, W. (1987): Grazing behaviour. In: Snaydon, W. (ed.): Ecosystem of Managed Grassland-Animal Studies. Elsevier, Amsterdam
- ARNOLD, W. DUDZINSKI, M. L. (1978): Ethology of Free-ranging Domestic Animals. Elsevier, Amsterdam.
- LI S. (1986): Discussion about the Foraging behaviour of animals, Animal Ecology, (1): 7-10. (English Abstract)
- REN J., Li Y. and Guo B. (1954): The grazing behaviour of the Tibet sheep, Chinese J. animal and veterinary. (in Chinese)
- UNGAR, (1996): Ingestive behaviour. In: Hodgson, J. and Illius, A. W. (eds.): The Ecology and Management of Grazing Systems. International, 185-218.
- WANG S. (1997): The study of the behaviour ecology of grazing sheep, II The influence of different grazing rate on the grazing behaviour of sheep. Pratacture Science 6(1): 10-17. (English Abstract)

## Addresses of authors:

ZHAO GANG: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen. E-mail: zhaogangnm@yahoo.com.cn

Xü ZHIXIN und LI DEXIN: Institute für Grünlandwissenschaft der Inner-Mongolischen Universität für Agrarwissenschaften 010018 Huhhot, VR China

# Adaptionsmöglichkeiten von Gräsern an die Nährstoffverfügbarkeit - Vergleich der Wachstumsdynamik sowie physiologischer und morphologischer Parameter

von

Ingo Rademacher, Gunda Schulte aufm Erley und Walter Kühbauch

Institut für Pflanzenbau - Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau  
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

## Einleitung

Während Auswirkungen der Bewirtschaftung auf die floristische Bestandeszusammensetzung hinreichend dokumentiert sind, ist der Kenntnisstand über die pflanzenphysiologischen und morphologischen Ursachen, die zur Adaption wichtiger Bestandsbildner an den Standort beitragen, relativ gering. Welches die grundlegenden Strategien sind, die dazu führen, daß unter verschiedenen Standortbedingungen die eine oder die andere Art dominiert, wird seit geraumer Zeit kontrovers diskutiert.

Während TILMAN (1988) in seiner Theorie über das pflanzliche Konkurrenzverhalten davon ausgeht, daß die Spezies mit den geringsten Ansprüchen an die jeweils limitierende Resource im Vorteil ist, sieht GRIME (1979) den Konkurrenzvorteil in der Effizienz, mit der eine Spezies sich die limitierenden Ressourcen aneignet (s.a. GRACE 1990). Der Kenntnisstand auf diesem Gebiet ist jedoch derzeit nicht ausreichend, um eine der Theorien zu favorisieren.

## Bedeutung der Wachstumsrate

Die maximale relative Wachstumsrate verschiedener Pflanzenarten unterliegt einer sehr großen GRIME HUNT (1975) fanden in Untersuchungen an 130 verschiedenen Arten der westeuropäischen Flora unter vergleichbaren Anzuchtbedingungen maximale relative Wachstumsraten von 31 bis 386 mg g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Beim Vergleich von krautigen C<sub>3</sub>-Pflanzen lagen die mittleren relativen Wachstumsraten zwischen 113 und 272 mg g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> für Monokotyledonen und 171 und 365 mg g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Dikotyledonen und korrelierten positiv der Stickstoffverfügbarkeit an ihrem natürlichen (POORTER REMKES 1990).

Weiterhin zeigen Ergebnisse von GRIME (1979) sowie LAMBERS und POORTER (1992), daß auch unter günstigen Wachstumsbedingungen generell niedrigere relative Wachstumsraten auf als Pflanzen, die sich in der Evolution auf eutrophen Standorten entwickelt haben.

Pflanzenarten oder Individuen mit hohen Wachstumsraten gewinnen durch schnelles Erschließen von wie em:sclei blerme Vorteile Konkurrenz gegenüber langsam Bedingungen, wie z.B. geringer Nährstoffverfügbarkeit, höheren Wachstumsraten von langsam wachsenden verdrängt, wie BERENDSE *et* (1992) am Beispiel von *rrnPntun o.rum elatius* L.) und Schafschwingel (*Festuca ovina* L.) zeigen

Für die Anpassung an den natürlichen Standort wird jedoch weniger die relative Wachstumsrate allein, als vielmehr physiologische oder morphologische Parameter, die die Wachstumsrate bestimmen, verantwortlich sein.

## Vergleich von Deutsch Weidelgras und Rotschwingel

In unseren Versuchen arbeiten wir mit schnellwachsenden Deutsch Weidelgras (*Lolium perenne* L.) und dem langsamwachsenden Rotschwingel (*Festuca rubra* L.). Neben wichtigen Kenngrößen des Pflanzenwachstums wird in diesem Projekt besonderer Wert auf die Assimilatverteilung in den verschiedenen Pflanzenteilen gelegt. Es ist davon auszugehen, daß die Art und Weise, wie die verschiedenen Spezies vorhandene Ressourcen in ihrem C- und N- Haushalt nutzen, wesentlichen Einfluß auf die Adaptionsfähigkeit an einen Standort hat.

### Morphologie und Anatomie

Morphologische Parameter, die für eine Wachstumsanalyse von Bedeutung sind Sproß- und Wurzelverhältnisse, die absolute Blattfläche und die Wurzeloberfläche (GARNIER, 1992). Darüber hinaus wird auch die Photosyntheseleistung und auf die Langlebigkeit der Blätter untersucht (VAN ARENDONCK und POORTER, 1994). Zur Wurzelmorphologie, insbesondere die Wurzelmasse, geben neben der Wurzelmasse Informationen über die Fähigkeit zur Nährstoffaufnahme (FRANSEN *et al.* 1998).

### C- und N-Aufnahme / -Verluste

Die Verluste von Assimilaten bestimmen Trockenmassezuwachs der Pflanze und N-Ökonomie ist deshalb von besonderer Bedeutung für die unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit von Pflanzen (POORTER *et al.*, 1990). In unserem Experiment wird daher der Zuwachs und Verlust von C und N in Pflanzenmasse bilanziert. Darüber hinaus werden die Photosynthese-Respirationsraten mit der Assimilatproduktion verglichen. Analyse seneszierender Pflanzenteile soll außerdem Anhaltspunkte zum Verlust von Nährstoffen liefern, die über totes Blattmaterial verloren gehen (VAZQUEZ DE ALDANA *et al.*, 1996).

### Assimilatverteilung

Für die Nutzung der gewonnenen Assimilate ist ihre Verteilung innerhalb der Pflanze von entscheidender Bedeutung. Es wird deshalb untersucht, wie rasch und mit welcher Priorität die bereits assimilierte Nährstoffe in Wachstum oder Reserven investiert. Dabei soll v.a. die Effizienz der Translokation von Assimilaten berücksichtigt werden, da diese eine erhebliche Verlustquelle für Nährstoffe darstellen (AERTS und BERENDSE, 1989).

Weiche Merkmale oder Kombination von pflanzlichen Eigenschaften für die Adaption an den Standort letztendlich ausschlaggebend sind, kann aus den bisherigen Ergebnissen nicht herausgestellt werden. Langfristiges Ziel von Untersuchungen aus diesem Bereich ist die Aufklärung der Gesetzmäßigkeiten verschiedener Pflanzengruppen in Bezug auf Umweltvariablen zu verstehen. Damit wäre es möglich, Verschiebungen in der Zusammensetzung der Ertragsleistung von Pflanzenbeständen zuverlässig zu prognostizieren.

## Literatur

- AERTS, and BERENDSE, 1989: Aboveground nutrient turnover and net primary production of an evergreen and deciduous species in a heathland ecosystem. *J. Ecol.* 343-356.
- BERENDSE, W.T. ELBERSE and R.H.M.E. GEERTS, 1992: Competition and nitrogen loss from plants in grassland ecosystems. *Ecology* 73, 46-53.
- FRANSEN, H. DE KROON and F. BERENDSE, 1998: Root morphological plasticity and nutrient acquisition of perennial grass species from habitats of different nutrient availability. *Oecologia* 115, 351-358.
- GARNIER, 1992: Growth analysis of congeneric annual and perennial grass species. *J. Ecol.* 80, 665-675.
- GRACE, J.B., 1990: On the relationship between plant traits and competitive ability. In: J.B. Grace and Tilman (eds.), *Perspectives on plant competition*, Academic Press, London.
- GRIME, J.P., 1979: *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons, Chichester.
- GRIME, and HUNT, 1975: Relative growth rate: its range and adaptive significance in a local flora. *J. Ecol.* 63, 393-422.
- LAMBERS, and H. POORTER, 1992: Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. *Adv. Ecol. Res.* 23, 187-261.
- POORTER, H. and C. REMKEs, 1990: Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia* 83, 553-559.
- POORTER, C. REMKEs and LAMBERS, 1990: Carbon and nitrogen economy of wild species differing in relative growth rate. *Plant Physiol.* 94, 621-627.
- TILMAN, G.D., 1988: *Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities*. Princeton Monographs, Princeton, NJ.
- VAN ARENDONCK, J.J.C.M. and H. POORTER, 1994: The chemical composition and anatomical structure of leaves of grass species differing in relative growth rate. *Plant, Cell and Env.* 17, 963-970.
- VAZQUEZ DE ALDANA, R.H.E.M. GEERTS and F. BERENDSE, 1996: Nitrogen losses from perennial grass species. *Oecologia* 106, 137-143.



# Blattlebensdauer und Chlorophyllabbau bei Deutsch Weidelgras (*Lolium perenne* L.) und Rotschwengel (*Festuca rubra* L.)

von

Gunda Schulte auf m Erley, Ingo Rademacher und Walter Kühbauch

Institut für Pflanzenbau - Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau  
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn

## 1. Einleitung

Die Grasarten *Lolium perenne* und *Festuca rubra* unterscheiden sich deutlich in ihrer Wachstumsdynamik. *Lolium perenne* ist ein schnellwachsendes Gras, das an Standorte mit hohem N-Niveau angepaßt ist, während *Festuca rubra* ein geringeres Wachstumspotential besitzt und auch mit einem niedrigerem N-Angebot am Standort zurechtkommt. Diese Unterschiede in der Wachstumsdynamik sind ein typisches Merkmal von Pflanzen, die auf unterschiedlich produktiven Standorten beheimatet sind (GRIME and HUNT, 1975). Eine Kenntnis der Ursachen für die verschiedenen hohen potentiellen Wachstumsraten von Pflanzenarten könnte erklären, warum die an unterschiedlich produktive Standorte angepaßt sind. *Lolium perenne* das Wachstum der Pflanze beeinflusst, ist die Blattlebensdauer. Sie beeinflusst zum einen die mögliche Dauer der Photosynthese eines Blattes, zum anderen den Nährstoffhaushalt der Pflanze indem Assimilate der seneszierenden Blätter remobilisiert werden können. Nicht remobilisierte Nährstoffe stellen andererseits eine erhebliche Verlustquelle für die Pflanze dar. CHAPIN (1980) vermutet daher, daß langsam wachsende Pflanzen eine längere Blattlebensdauer besitzen und dadurch Vorteile auf nährstoffarmen Standorten haben. In unseren Untersuchungen sollte festgestellt werden, ob *Lolium perenne* eine längere Blattlebensdauer besitzt als *Festuca rubra* und dadurch Vorteile in der Photosynthese oder im Nährstoffhaushalt erreicht.

## 2. Material und Methoden

Als Pflanzenmaterial wurde *Lolium perenne* (Lp) der Sorte „Liprinta“ und *Festuca rubra* (Fr) der Sorte „Roemer“ verwendet. Die Gräser wurden 15 Tage nach der Aussaat in Klimakammern überführt und dort unter kontrollierten Bedingungen (Tag/Nacht 500/0 J.tmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, 10/14 h, 20/15°C, 80/70 % rF) in Hydrokultur angezogen. Nährstoffversorgung erfolgte mit 1,4 mg N l<sup>-1</sup> (N-) und 13 mg N l<sup>-1</sup> (N+) in Nährlösung. Proben wurden in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium (Zahl der Blätter am Haupttrieb) genommen. Chlorophyllgehalt wurde an 4 cm langen Segmenten von jeweils 10 Blättern spektraphotometrisch nach BLANKE (1992) analysiert. Stickstoff wurde elementaranalytisch (Carlo Erba 1500) getrennt für die einzelnen Blätter des Haupttriebs bestimmt. Die Blattoberfläche wurde die Blattfläche über das Messen von Blattbreite und -länge nach KEMP (1960) errechnet. Aus den Daten der Chlorophyllmessung wurde die Abbaurate des Chlorophylls ausgehend vom maximalen Chlorophyllwert berechnet. Blattlebensdauer stellt die Zeit zwischen dem Erscheinen des Blattes und dem Absinken des Chlorophyllwerts auf unter 0,1 J.tg Chlorophyll g<sup>-1</sup> Frischmasse dar, da die Blätter bei diesen geringen Meßwerten vollständig abgestorben waren.

### 3. Ergebnis

Der Verlauf der Chlorophyllwerte der älteren Blätter (Blatt 1 bis 4) des Haupttriebes zeigt, daß mit fortschreitender Entwicklung bei allen diesen Blättern Seneszenzerscheinungen durch Abbau von Chlorophyll auftraten (Abb. 1). Die ersten drei Blätter des Haupttriebes starben in dieser Zeit - außer bei *F. rubra* in der gut gedüngten Variante- vollständig ab.

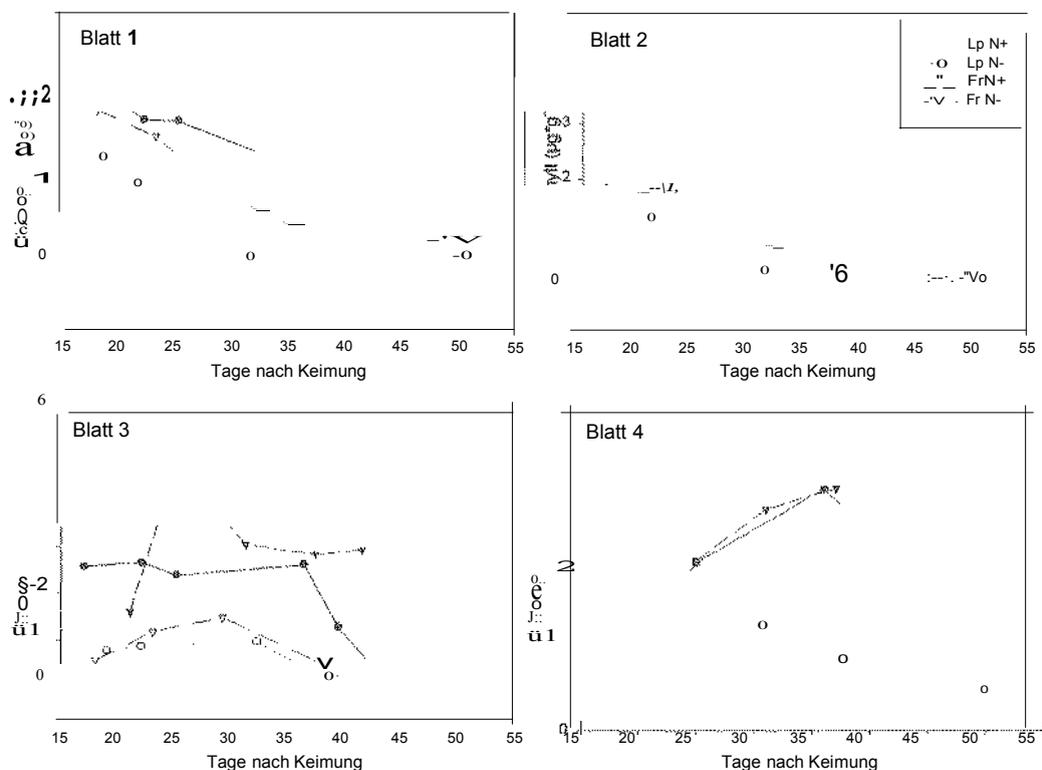


Abb. 1: Verlauf des Chlorophyllgehaltes aufeinanderfolgender Blätter des Haupttriebes von *Lolium perenne* (Lp) und *Festuca rubra* (Fr) unter hoher (N+) und niedriger (N-) Stickstoffversorgung.

Die aus dem Verlauf der Chlorophyllwerte abgeleiteten Abbauraten des Chlorophylls (Tab. 1) zeigen, daß unter geringer N-Versorgung das Chlorophyll deutlich schneller abgebaut wurde als unter guter N-Versorgung. Im Vergleich der Spezies zeigt sich, daß *L. perenne* das Chlorophyll schneller abbaut als *F. rubra*.

Tab. 1: Abbauraten in Prozent des maximalen Chlorophyllgehalts ( $\%Chl_{max} d^{-1}$ ) der ersten drei Blätter des Haupttriebes von *Lolium perenne* (Lp) und *Festuca rubra* (Fr) unter hoher (N+) und niedriger (N-) Stickstoffversorgung. MW= Mittelwert, SA=  $\pm 1$  Standardabweichung (n=3).

Blatt	Lp N+	Fr N+	Lp N-	Fr N-
1		1,69	7,59	4,45
2		1,12	5,75	3,40
3		2,34	5,28	4,29
MW	3,64	1,72	6,21	4,05
SA	0,54	<b>0,61</b>	1,22	0,56

Entsprechend den Abbauraten des Chlorophylls ist auch die Lebensdauer der Blätter unter geringer N-Versorgung gegenüber der guten N-Versorgung reduziert (Tab. 2). Die Blattlebensdauer von *F. rubraliegt* jeweils über der von *L. perenne*, wobei die Blätter von *F. rubra* unter guter N-Versorgung noch nicht seneszent waren.

Tab. 2: Blattlebensdauer, Blattfläche und Blattlebensdauer von *Lolium perenne* (Lp) und *Festuca rubra* (Fr) unter hoher (N+) und niedriger (N-) Stickstoffversorgung für die ersten drei Blätter des Haupttriebs.

Blatt	Lp N+	Fr N+	Lp N-	Fr N-
Blattlebensdauer (d)				
1	43	>40*	27	38
2	33	>31*	29	40
3	25	>23*	21	32
Blattfläche (mm <sup>2</sup> )				
1	46,0	19,3	30,4	18,5
2	126,2	34,6	80,5	32,3
3				60,2
Blattflächendauer (mm <sup>2</sup> *d)				
1	1979		820	705
2	4163		2336	1290
3	6583		4218	1928

\* zu Versuchsende noch nicht seneszent

Da eine höhere Blattlebensdauer eine längere Photosyntheseleistung der Blätter ermöglicht, wurde untersucht, ob die höhere Blattlebensdauer von *F. rubra* die im Verhältnis zu *L. perenne* sehr geringe Blattfläche dieser Spezies ausgleicht. Dazu wurde die Blattflächendauer der Einzelblätter berechnet (Tab. 2). Die Blattflächendauer von *F. rubra* liegt jedoch noch deutlich unter der von *L. perenne*, wenn auch in verhältnismäßig geringerem Maße als die Werte der Blattflächen.

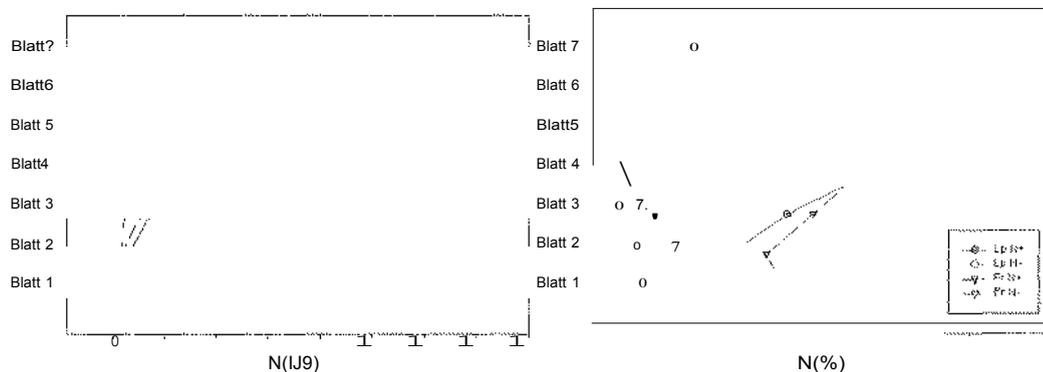


Abb. 2: Verteilung des Stickstoffs in den Blättern des Haupttriebes von *Lolium perenne* (Lp) und *Festuca* (Fr) unter hoher (N+) und niedriger (N-) Stickstoffversorgung, jeweils zum Zeitpunkt des 7-Blatt-Stadiums.

Die N-Mengen in den Blättern des Haupttriebes zum Zeitpunkt des 7-Blatt-Stadiums zeigen, daß die ältesten, seneszenten Blätter gegenüber den jüngeren Blättern nur noch

geringe N-Mengen aufweisen. (Abb. 2). Vermutlich wird eine Remobilisierung in die jüngeren Blätter stattgefunden haben. Die N-Konzentrationen der ältesten drei, bereits abgestorbenen Blätter in der nur gering mit N versorgten Variante liegen bei *F. rubra* über den Konzentrationen der Blätter von *L. perenne*. Das spricht für eine höhere Remobilisierung des Stickstoffs bei *L. perenne* bzw. höhere N-Verluste bei *F. rubra*.

#### 4. Diskussion

Auch im Vergleich der langsam wachsenden Spezies *Festuca rubra* gegenüber dem schnellwachsenden Gras *Lolium perenne* ließ sich bestätigen, daß die langsam wachsende Art über die höhere Blattlebensdauer verfügt.

Die höhere Lebensdauer der Blätter von *F. rubra* gegenüber *L. perenne* führt zwar zu einer potentiell längeren Photosyntheseleistung der Blätter, jedoch werden die Nachteile im Hinblick auf die Photosyntheseleistung, die diese Spezies durch die geringe Blattflächenausstattung besitzt, dadurch nicht aufgewogen. Auch unter geringer N-Versorgung führt diese Eigenschaft also nicht zu ähnlich hohen Assimilationsleistungen von *F. rubra* im Vergleich zu *L. perenne*. Eventuelle Vorteile der Assimilationsleistung sind möglicherweise eher durch höhere Photosyntheseraten je Einheit Blattfläche zu erwarten, da die Chlorophyllwerte der Blätter von *F. rubra* absolut gesehen über denen von *L. perenne* liegen (Abb. 1).

Geringere Nährstoffverluste treten bei *F. rubra* trotz der längeren Blattlebensdauer bei geringer N-Versorgung wahrscheinlich nicht auf, da offenbar Stickstoff als bei *L. perenne* in den alten Blättern verbleibt. Eine bessere Beurteilung über das Maß der Wiederverwendung von Assimilaten aus seneszierenden Blättern werden allerdings noch detailliertere Untersuchungen durchgeföhrt.

Insgesamt läßt sich aus den vorhandenen Ergebnissen folgern, daß die längere Blattlebensdauer zwar eine typische Eigenschaft langsam wachsender Pflanzen ist, sie aber vermutlich nicht den Schlüsselfaktor für eine Adaption an nährstoffärmere Standorte darstellt.

#### 5. Literatur

- BLANKE, M. M., 1992: Determination of chlorophyll using DMSO. *Vitic. Enol. Sei.* 47:32-35.
- CHAPIN, F. S. 1980: The mineral nutrition of wild plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11:233-260.
- GRIME, J. P. and HUNT, 1975: Relative growth-rate: Its range and adaptive significance in a local flora. *J. Ecol.* 63:393-422.
- KEMP C.D., 1960: Methods of estimating the leaf area of grasses from linear measurements. *Ann. Bot.* 24:491-499.

# Untersuchungen zum Nährstoffkreislauf im Grünlandbetrieb – mehrfähriger Systemvergleich nährstoffintensiver und nährstoff- extensiver Wirtschaftsweise auf dem Versuchsgut Rengen

LELLMANN, A., J. SCHELLBERG und W. KÜHBAUCH

Institut für Pflanzenbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

## 1 Einleitung

.....-> gilt im Vergleich zur Milchviehhaltung allgemein als e extensives Produktionsverfahren. In beiden Fällen können die mit dem Verkauf der Erzeugnisse Fleisch bzw. Milch exportierten Nährstoffmengen bereits schon mit dem Nährstoffimport durch Kraftfutterzukauf kompensiert werden. Jeder weitere Zukauf von Nährstoffen, z.B. in Düngemitteln oder Stroh, führt dann im reinen Grünlandbetr zu Nährstoffüberhängen, da dieser im Vergleich zum Gemischtbetrieb keine nennenswerten Nährstoffmengen mit Marktfrüchten exportiert. Auch ökologisch wirtschaftende Grünlandbetriebe sind von diesem Grundprinzip nicht ausgenommen.

Das Ziel der im Jahr 1999 begonnenen, mehrjährigen Studie ist es, die Grenzen der möglichen Fleischleistung bei Mutterkuhhaltung im Grünland des Mittelgebirges aufzuzeigen. Es ist beabsichtigt, die Einhaltung eines sehr geringen Nährstoffspielraums von etwa 7,8 kg Stickstoff, 1,9 kg Phosphor und 0,6 kg Kalium pro Hektar und Jahr bei einem Null-Saldo-Nährstoffmanagement zu praktizieren und dabei sämtliche Bewegungen von Nährstoffen zu quantifizieren. Die Untersuchung soll Grenzen intensiver Rindviehhaltung auf Grünland aufzeigen; es werden Strategien für eine Grünlandbewirtschaftung abgeleitet, die eine ökonomisch lohnende Rindfleischproduktion ohne Umweltbelastung durch Nährstoffüberhänge möglich macht.

## Material und Methoden

Die Versuchsflächen (Abb. 1), auf dem Versuchsgut Rengen in der Hocheifel gelegen, erstrecken sich von 405 bis 507 m ü. mittleren Jahresniederschläge betragen 811 mm die Jahresdurchschnittstemperatur 7,5 °C. Die Böden der Versuchsflächen sind mehr oder weniger stark pseudovergleyt. sind weitgehend von

einer umgestellt verbringen Stallperiode (Okt. / Nov. April) in Aussenklimastall auf Tiefstreu. Im 1999-2000 wurden im Mittel 6,2 kg Stroh pro und Tag eingestreut. Mit Schwerpunkt im Dezember die 35-40 kg schwere der von Februar bis April wurden Leasingbullen zum der Kühe eingesetzt. Weideauftrieb 2000 (Mitte April) die Kälber ein Lebendgewicht von durchschnittlich 175 kg und werden voraussichtlich, bei Unterstellung in 1999 Tageszunahmen von 1000 g pro zu Weideauftrieb 270-380 Lebendgewicht erreichen. Futteraufnahme der betrug im 1999 auf den den im Mittel 9 kg Trockenmasse pro Tag.

Das Null-Saldo-Nährstoffmanagement (Nährstoffimport = Nährstoffexport mit AbsetzernA-Herde) wird mit einem Überschuss-Saldo-Nährstoffmanagement (Nährstoffimport > Nährstoffexport Absetzern; verglichen (Tab. 1). sind sowohl auf den Weiden (Koppelwirtschaft), als auch im Stall voneinander Das Winterfutter (Silage) wird (vgl. Abb. 1) separat gewonnen, gelagert und an die zugehörige verfüttert. Der anfallende Mist wird für

beide Herden auf Siloplaten getrennt gelagert und im Herbst nach Weideabtrieb ausgebracht. sich die Bewegungen des Nährstoffs Stickstoff im Betrieb aufgrund vieler nur grob schätzbarer Grössen (z.B. Verluste aus organischer Düngung, Weidegang-

Tab. 1: Systemvergleich zwischen nährstoffextensiver (A-Herde) und nährstoffintensiver Wirtschaftsweise (B-Herde)

	A-Herde	B-Herde
Nährstoffmanagement	Null-Saldo	Überschuss-Saldo
Herdengrösse	20 Mutterkühe und 20 Kälber	20 Mutterkühe und 20 Kälber
Besatzstärke [GVE ha <sup>-1</sup> Grünlandfläche] <sup>1</sup>	1,72	1,78
GVE ha <sup>-1</sup> Weidefläche	1,72	2,73
Nährstoffimport	Stroh Krafffutter <sup>3</sup>	Dünger <sup>2</sup> Stroh Krafffutter <sup>4</sup>
Nährstoffexport	Absetzer Mist <sup>5</sup>	Absetzer

<sup>1</sup>GVE: Grassvieheinheit (500 kg Lebendgewicht), <sup>2</sup>Mist von A-Herde und Ersatzherde, <sup>3</sup>entsprechend dem Kaliumexport mit den Absetzern, <sup>4</sup>mehr als in A-Herde, <sup>5</sup>entsprechend dem Kaliumimport mit Stroh

verluste, N-Fixierung des Weissklees, atmosphärischer Eintrag, sonstige gasförmige Verluste) nicht exakt quantifizieren lassen, kann ein Null-Saldo für die Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K) und Magnesium (Mg) nicht auf der Basis des Nährstoffs Stickstoff erreicht werden.

In einem reinen Grünland-Mutterkuhbetrieb mit Tiefstreu- oder Tretmisthaltung, dessen einziges Erzeugnis Absetzer sind, fliessen von den Nährstoffen und die grössten Mengen beim Kalium. Mit der Absetzerproduktion verlassen den Betrieb pro Hektar lediglich 0,6 kg. Jedoch wurden schon alleine durch den Zukauf von Stroh in das Versuchsgut in den Stallperioden 1998/99 und 1999/00 ca. 37 kg bzw. 24 kg je Hektar importiert. Dies führt zu einem K-Überschuss, der nach Modellrechnungen je nach Betriebskonstellation bis zu 65 kg pro Hektar und Jahr betragen kann (LELLMANN et al. 2000). Je nach Standort kann dies im Laufe der Zeit zu einem Anstieg pflanzenverfügbaren Kaliums im führen. In der Folge enthält der Grünlandaufwuchs immer mehr Kalium. Eine Gefährdung der Rinder durch hohe Kaliumgehalte im und folglich hoher Kaliumaufnahmen einerseits und mögliche Umweltschäden andererseits sind noch nicht abzuschätzen (ABEL et al. 1995). SCHIELE (1986) erwähnt, dass eine übermässige bzw. zu geringe Natriumversorgung zu Ovarialzysten führen kann. Bei einseitig hohen K-Gehalten im Boden können Zysten und Fruchtbarkeitsstörungen die Folge sein (GALLER 1999). CLAUS (1985) führt an, dass zwar leicht und schnell resorbierbar ist, grosse Überschüsse aber selbst mit überhöhten Kochsalzgaben bei Hochleistungskühen nicht mehr kompensierbar sind. Ob dies auch bei Mutterkühen mit geringerer Milchleistung zutrifft, ist unklar. Aus diesen Gründen wird das Null-Saldo-Nährstoffmanagement in der fortan über Nährstoffkalium eingestellt.

Auch die N-, und Mg Bewegungen werden in beiden Herden aufgezeichnet. die nährstoffextensive A-Herde wird Krafffutter maximal nur bis zur Ausschöpfung des Kalium-Nährstoffspielraums zugekauft. Das mit dem Krafffutter zugeführte Kalium entspricht somit mengenmässig dem mit den Absetzern verkauften Kalium. Den im Stroh enthaltenen Kaliummengen werden äquivalente Mengen an Kalium mit einem Teil des in der anfallenden Stallmistes exportiert und zwar reduziert um die unvermeidbaren K-Verluste von 4 kg pro Hektar (KÜHBAUCH et al. 1996). Diese Mistmengen dienen zusammen mit dem in der Ersatzherde anfallenden Mist in der nährstoffintensiven als Dünger (Abb. 1).

Um während der Weideperiode der B-Herde einen entsprechenden Nährstoffüberschuss auf den Weiden realisieren zu können, ist deren Weidefläche um 6,5 ha kleiner als die der A-Herde. Das auf den verbleibenden Wiesen vorhandene Futter der B-Herde wird

siliert und auf den Weiden bei Futterknappheit zugefüttert. Zusätzlich werden die Kälber B-Herde über längeren Zeitraum mit Kraftfutter versorgt. Auf diese Weise gelangen mit dem auf der Weide zusätzlich angebotenen Futter (Silage und Kraftfutter) im Vergleich zur A-Herde mehr Nährstoffe in Form von Kot und auf die Weideflächen (Abb. 1).

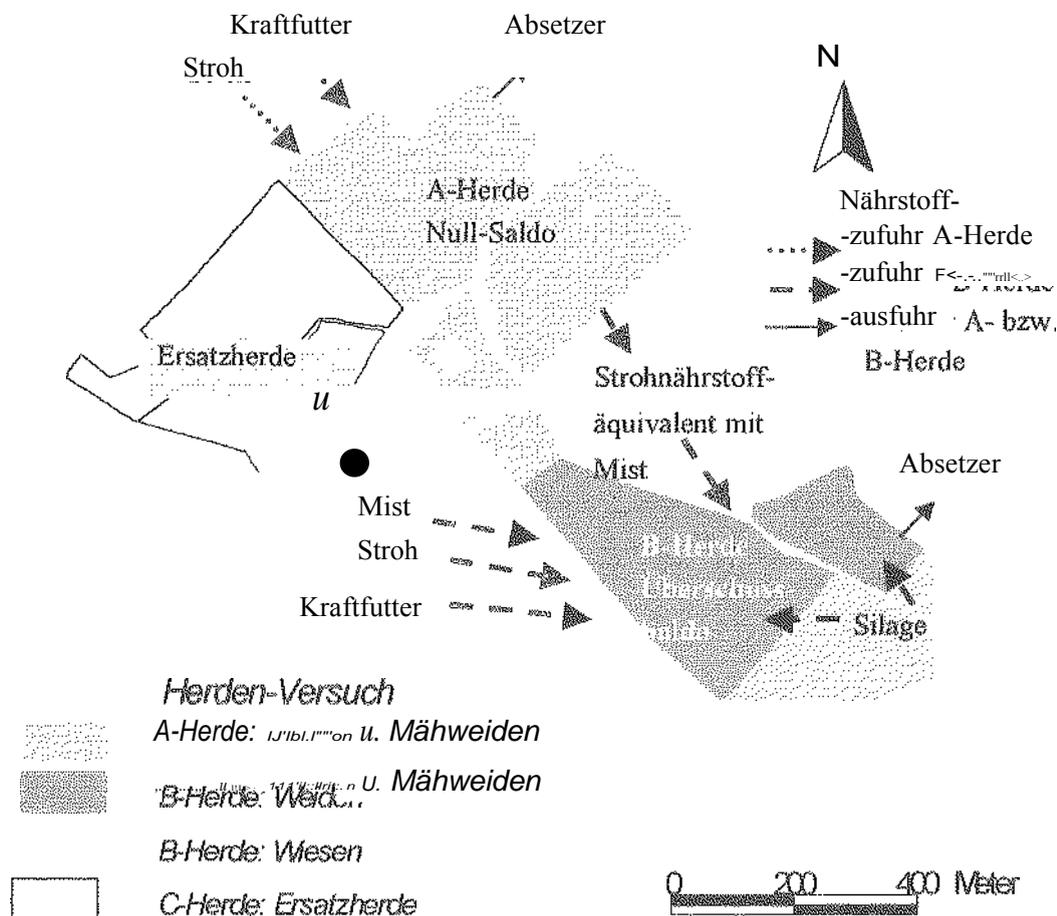


Abb.1 Flächenaufteilung und Nährstoffströme der Herden A und B

### Untersuchungsmerkmale

Zu Beginn der Vegetationsperiode wurden in allen Koppeln entlang von Transekten Bodenproben in Tiefen von 0 - 10, 10 - 20 und 20 - 30 cm entnommen und darüber hinaus die floristische Zusammensetzung der Grasnarben nach Ertragsanteilen geschätzt. Durch die Nutzung von Transekten, die mit einem GPS eingemessen wurden, ist gewährleistet, dass die Erhebungen in jedem Jahr an denselben Stellen stattfinden können.

Die Lebendgewichtsentwicklung aller Tiere wurde während der Weideperiode im Abstand von ca. 4 Wochen durch Wiegen ermittelt. In automatischen Wiegeeinrichtungen sollen sich die Tiere zukünftig auf den Weiden bei Besuch des Salzlecksteins selbständig wiegen. Erfassung der Futteraufnahme im Stall erfolgte 1999 durch Wiegen der

Silageballen und eines eventuellen Futterrestes auf dem Futtertisch. Auf den Weiden wurde die Futteraufnahme mit Hilfe der Weidekorbmethode geschätzt. Die im Stall und auf den Weiden genommenen Futterproben wurden auf folgende Parameter untersucht: Trockensubstanz, Umsetzbare Energie, Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium. Vor der Silageernte und vor jeder Beerntung der Weidekörbe (alle 7 Tage) wurden die Weisskleertragsanteile auf allen Koppeln auf randomisiert verteilten Teilflächen geschätzt, um daraus die N<sub>2</sub>-Fixierung pro Hektar abzuleiten. Mit Hilfe der erhobenen Nährstoffdaten werden mehrjährig Hoftorbilanzen, Gesamtflächenbilanzen, Koppelflächenbilanzen und Stallbilanzen aufgestellt, und zwar für den Bilanzierungszeitraum zwischen dem Weideabtrieb von aufeinanderfolgenden Jahren.

### Erwartungen

Es wird erwartet, dass bei dem Null-Saldo-Nährstoffmanagement folgenden schaftsweise die Grünlanderträge bei mindestens gleicher Futterqualität geringer ausfallen als bei einer nährstoffintensiven Wirtschaftsweise, die einen Überschuss-Saldo toleriert. Wesentliche Unterschiede in den Zunahmen der Kälber werden nicht erwartet, da diese stark von der durch die Futterqualität bedingten Milchleistung der Mutterkühe abhängen. geringerer Flächenerträge wird bei nährstoffextensiver schaftsweise für die gleiche tierische Gesamtleistung (kg Lebendgewichtszunahme) wahrscheinlich mehr Fläche benötigt. Höhe des zusätzlichen Flächenbedarfs, die ein Grünlandbetrieb w einkalkulieren müssen wird, ist derzeit nicht abschätzbar.

### Literatur

- ABEL, FLACHOWSKY, H. und S. 1995: Nutztierernährung. Gustav Fischer Verlag, S. 468
- CLAUS, A., 1985: Kaliumbelastung ein Gesundheitsrisiko für die Hochleistungskuh ? -Kraftfutter 9/85, S. 308f.
- GALLER, J., 1999: Fruchtbarkeit beim Rind. Praxisbuch, Leopold-Stocker-Verlag, S. 91-94
- KÜHBAUCH, W., J. SCHELLBERG, ANGER und HÜGING; 1996: Nährstoffreduzierte Grünlandwirtschaft. – Lehr und Forschungsschwerpunkt >Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft< an der Landwirtschaftlichen kultät der Universität Bonn, Forschungsberichte H. 34, 37-49.
- LELLMANN, J. und W. KÜHBAUCH, 2000: Bedeutung des Strohzukaufs für die Kalium-Hoftorbilanz in reinen Grünland-Mutterkuhbetrieben. VDLUFA-Schriftenreihe 112., eingereicht
- SCHIELE, 1986: Zysten am Eierstock- eine häufige Ursache für Unfruchtbarkeit. - Rinderwelt März/April, S. 61f.

### Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. agr. A. LeUmann / Dr. J. Schellberg / Prof. W. Kühbauch, Universität Bonn, Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn.

# Modellberechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen auf Dauergrünland in Abhängigkeit von N-Düngung und Nutzungsart

von

MICHAEL ANGER

Institut für Pflanzenbau, Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau, Universität Bonn

## 1 Einleitung

Unter den in der Landwirtschaft emittierenden N-Formen, von denen eine Belastung der Umwelt und ausgeht, tritt Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O bzw. Lachgas) - ganz anders als die N-Formen Nitrat und Ammoniak - nur mit geringer Emissionsstärke auf. Trotzdem verdient das Spurengas besondere Beachtung, denn N<sub>2</sub>O wirkt in Stratosphäre durch Adsorption solarer Infrarotstrahlung als Treibhausgas einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von etwa 200 (WANG et al. 1976, SANUEZA und ZHOU 1994) und ist zudem maßgeblich am photochemisch induzierten Ozonabbau beteiligt (CRUTZEN 1970).

N<sub>2</sub>O-Entgasung wird wesentlich bestimmt von den Standortfaktoren Boden (meist höhere N<sub>2</sub>O-Verluste auf Moor- als auf Mineralböden) und Witterung sowie von der N-Versorgung. Jedoch stellt BOUWMAN (1996) nach umfangreicher Auswertung von Versuchen Ackerland und hoch mit gedüngtem Schnittgrünland heraus, dass für längerfristig die vorrangig von N-Gabe abhängt, während die Standortfaktoren, die Produktionsrichtung und Düngerart in den In die von BoUWMAN (1996) vorgeschlagene Kalkulationsformel zur Schätzung der jährlichen N<sub>2</sub>O-Emissionen geht ausschließlich der Faktor N-Düngung 
$$N_2O\text{-Flux [in kg N}_2\text{O-N ha}^{-1}] = 1 + 0,0125 \times [\text{in kg N ha}^{-1}]$$
 POGGEMANN et al. (1999) finden für extensive und intensive Beweidung eine gute Übereinstimmung der von BOUWMAN (1996) vorgeschlagenen Formel und ihren eigenen Kalkulationen, die sich auf dreijährige N<sub>2</sub>O-Messungen auf Exkrementstellen am Standort Braunschweig stützen. insbesondere von den Exkrementstellen hohe N<sub>2</sub>O-Verluste ausgehen (ALLEN et al. 1996, YAMULKI et al. 1998, POGGEMANN et al. 1999), ist anzunehmen, dass bei Schnittnutzung N<sub>2</sub>O-Emissionen auftreten, als mit der von BoUWMAN (1996) vorgeschlagenen Gleichung. von Modellkalkulationen soll daher geprüft werden, ob in einer Schätzung der N<sub>2</sub>O-Verluste auf Grünland neben der N-Düngung auch das Nutzungsverfahren (Schnitt / Weide) Beachtung finden muss.

## 2 Material und Methoden

Die Kalkulation der N<sub>2</sub>O-Emissionen für Schnitt- und Weideflächen kann nicht ohne Berücksichtigung Ertragsfunktion und dem damit einhergehenden Viehbesatz eines Standortes erfolgen. Ausgehend von langjährigen Düngungsversuchen Rengen / Eifel (485 m ü. NN) beruhen die vorgestellten Szenarien auf N-Düngung (von 0 bis 360 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) mit Kalkammonsalpeter (KAS) und breitverteilter Rindergülle; die Ertragsfunktionen sind der Tabelle 1 (A) zu entnehmen. Das Futterangebot bei Schnittnutzung berücksichtigt 20 % Konservierungsverluste und bei Weidenutzung einen Weiderest von 30 %; der Viehbesatz und deren Ausscheidungsmengen berechnet sich anhand von Basisdaten (Tab. 1; B).

Der vorgestellte Kalkulationsansatz für die N<sub>2</sub>O-Emissionen bei Schnittnutzung wird von Versuchen auf geschnittenem Grünland abgeleitet. Auf Mineralböden wird bei fehlender N-Düngung auf Schnittflächen eine Emission von 0,3 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> nur selten über-

Tab. 1: Kalkulationsgleichungen und Basisdaten zur Berechnung Szenarien

<p><b>A: Ertragsfunktion für differenziert gedüngtes Grünland (Rengen / Eifel):</b></p> $y_{\text{KAS}} [\text{T ha}^{-1} \text{a}^{-1}] = -0,00022 x^2 + 0,16496 x + 61 \quad \{x = \text{kg KAS-N ha}^{-1} \text{a}^{-1}\}$ $y_{\text{Gülle}} [\text{T ha}^{-1} \text{a}^{-1}] = -0,00013 x^2 + 0,09813 x + 61 \quad \{x = \text{kg Gülle-N ha}^{-1} \text{a}^{-1}\}$	
<p><b>B: Basisdaten zur Berechnung des Viehbesatzes und der Exkrementmengen:</b></p> <p>Futterangebot: - Mahd: (T-Ertrag - 20 % Konservierungsverluste)                  - Weide: (T-Ertrag - 30 % Weidereste)</p> <p>Ø-Futteraufnahme GV<sup>-1</sup>: 12 kg T d<sup>-1</sup> (= Tagesration)</p> <p>Ø-Ausscheidungsmenge GV<sup>-1</sup>: 20,2 g Urin-N bzw. 10,1 g Kot -N Ausscheidung</p> <p>Häufigkeit der täglichen Ausscheidung GV<sup>-1</sup>: 10 x Urin und 12 x Kot</p>	
<p><b>C: Kalkulation der N<sub>2</sub>O-Verluste im System Mahd:</b></p> $\text{N}_2\text{O-Flux}_{\text{KAS}} [\text{in kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}] = 0,3 + 0,01 \times \text{KAS-N}_{\text{fin}} \quad \{N \text{ ha}^{-1} \text{a}^{-1}\}$ $\text{N}_2\text{O-Flux}_{\text{Gülle}} [\text{in \% des ausgeschiedenen Exkrement-N}\{=N\}]$ $= 0,3 + 0,003 \times (N - (N \times 0,1)) - (N (N \times 0,1)) \times 0,1 + N \times 0,001$	
<p><b>Kalkulation der N<sub>2</sub>O-Verluste im System Weide (in % des Exkrement-N):</b></p> <p>%-ualer N<sub>2</sub>O-Verlust auf Urinstellen = 0,01</p> <p>%-ualer N<sub>2</sub>O-Verlust auf Kotstellen: = 0,003</p> <p>auf exkrementfreien Stellen der Weide mit N<sub>2</sub>O-Flux<sub>KAS</sub> oder N<sub>2</sub>O-Flux<sub>Gülle</sub> (s.o.)</p> <p>- Berechnung der exkrementfreien Weidefläche (in % der Weidefläche):</p> $y = 100 - \frac{x}{100 \times 10 \times 0,13} + \frac{x}{100 \times 12 \times 0,07} \quad \{x = \text{Tagesration je GV}\}$	

schritten (RYDEN 1981, WEBSTER und DOWDELL 1982, EGGINGTON und SMITH 1986a+b, HOFFMANN ANGER 1997), so als die Formeln des N<sub>2</sub>O-Fluxes eingeht (Tab. 1, C). Erfolgt eine Düngung mit Kalkammonsalpeter, wird eine ... von 1% des (Tab. 1, C; vgl. RYDEN 1981, WEBSTER und DOWDELL 1982, CHRISTENSEN 1983, EGGINGTON und SMITH 1986a+b, HOFFMANN und ANGER 1997); bei 0,3% des ausgebrachten Gülle-N ver<sup>a.LALI-v.n.ua L</sup> (vgl. EGGINGTON und SMITH 1986a+b, HOFFMANN und ANGER 1997); die N<sub>2</sub>O-Emissionen nach Gülleapplikation ber... sich auf der Basis des ausgeschiedenen Exkrement-N [N], abzüglich der NH<sub>3</sub>-Verluste im Stallbereich und Güllelager (Tab. 1, C). Da das geschnittene Futter i.d.R. von aufgestellten Tieren verwertet wird, treten in Abhängigkeit vom anfallenden Exkrement-N (vgl. I; B) auch im Stall und Güllelager N<sub>2</sub>O-Emissionen auf, diese werden nach MOSIER et al. (1998) mit 0,1 % des ausgeschiedenen Exkrement-N veranschlagt (Tab. 1, C). Schnittnutzung mit Futterverwertung im Stall wird damit - gegenüber den Schnittflächen alleine - als erweitertes System betrachtet und daher nachfolgend als „System...“ bezeichnet.

Die N<sub>2</sub>O-Verluste bei Weidehaltung (= System Weide mit 176 Weidetagen) werden kalkuliert auf der Basis der unterschiedlich mit Exkrementen kontaminierten Areale einer Weide. Die ausgeschiedenen Urin- und Kotmengen ergeben sich anhand von Basisdaten (vgl. Tab. 1; B). Von den Urinausscheidungen auf der Weide werden für den Standort Rengen 1 % des Urin-N als N<sub>2</sub>O-Emissionen veranschlagt 0,3% des Kot-N (1996, YAMULKI et al. 1998, POGGEMANN et 1999, (Tab. 1, D; vgl. ALLEN et exkrementfreien Weidefläche berechnen sich in Abhängigkeit vom verwendeten Dünger-N (vgl. N<sub>2</sub>O-Flux bei Schnittnut-

zung, Tab. 1, B); es ist jedoch der relative Flächenanteil ohne Exkrementeinfluss auf einer Weide zu ermitteln (Tab. 1, D).

### Ergebnisse und Diskussion

Die Kalkulation der N<sub>2</sub>O-Emissionen für die Szenarien des Systems Mahd und Weide am Standort Rengen zeigt innerhalb der Nutzungsverfahren einen markanten Einfluss von N-Düngerart und N-Menge (Tab. 2). Obwohl mit der durchgeführten Kalkulation die N<sub>2</sub>O-Entgasung auf Schnittflächen im Vergleich zu den empirisch ermittelten N<sub>2</sub>O-Mengen etwas überschätzt wird (HOFFMANN und ANGER 1997), ergeben sich dennoch deutlich höhere N<sub>2</sub>O-Verluste bei Weidenutzung (Tab. 2). Wie kalkulierten N<sub>2</sub>O-Emissionen je zeigen (Tab. 2), treten bei fehlender N-Düngung und bei Gülledüngung erhebliche Unterschiede in Abhängigkeit vom Nutzungsverfahren auf. Wird eine KAS-Düngung unterstellt, sind die zwischen Weide und Mahd weniger stark ausgeprägt; erst bei 360 N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> finden sich Kalkulation keine nennenswerten zwischen den Nutzungsverfahren (Tab. 2).

von POGGEMANN et al. (1999) je ha veranschlagten N<sub>2</sub>O-Verluste bei Beweidung kommen den hier berechneten sehr nahe; durchgeführte der N<sub>2</sub>O-Emissionen je GV jedoch bei fehlender N-Düngung bis zum Faktor 2 über von POGGEMANN et al. (1999); bei erhöhter mineralischer treten keine hohen Abweichungen auf.

Würde von Ackerflächen und hoch gedüngtem Schnittgrünland abgeleitete Kalkulationsformel von BoUWMAN (1996) zugrunde gelegt, käme es - gegenüber den hier berechneten Werten für das System Mahd bei Null- und Gülledüngung zu einer 3-fach höheren N<sub>2</sub>O-Emissionen; mit steigenden KAS-N-Gaben nehmen die Differenzen zwischen den beiden Schätzungen ab. Für die Beweidung ohne N-Düngung und mit KAS-Düngung sich Übereinstimmung zwischen beiden Kalkulationen, der hier vorgestellte Ansatz 2-fach geringere N<sub>2</sub>O-Verluste bei Gülledüngung unterstellt.

Tab. 2: Kalkulierte N<sub>2</sub>O-Verluste (in kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) im System Mahd und Weide (Bewirtschaftungsdauer von 176 Tage, Rengen / Eifel)

N-Düngung <sup>1)</sup> (kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	Gesamt <sup>2)</sup>	Schnittfl. <sup>2)</sup> (kg N ha <sup>-1</sup> )	St.+La. <sup>2)</sup> (kg N ha <sup>-1</sup> )	Gesamt <sup>2)</sup> (kg NGV)	Weide
					Gesamt (kg NGV <sup>1)</sup> )
<b>0</b>		0,3	<b>0,1</b>	0,2	0,6
120-KAS		1,5	<b>0,1</b>	0,6	1,0
240-KAS		2,7	0,2	0,9	1,3
360-KAS		3,9	0,2	1,2	1,6
120-Gülle		0,7	<b>0,1</b>	0,3	0,7
240-Gülle		<b>1,0</b>	<b>0,1</b>	0,4	0,8
360-Gülle		1,4	<b>0,1</b>	0,5	0,9

<sup>1)</sup> N-Düngung mit Kalkammonsalpeter (KAS) oder breitverteilter Rindergülle

<sup>2)</sup> N<sub>2</sub>O-Verluste im System Mahd: Gesamt= Schnittflächen +(Stall+ Lager)

Wie hier dargestellten andeuten, kann es mit einem pauschalen Bewertungsansatz, der ausschließlich auf Grünland berücksichtigt (BoUWMAN 1996), zu erheblichen Überschätzung kommen; dies würde mit hohem sowie mit reduziertem Einsatz von zugekauftem Dünger-N gelten.

## 5 Literatur

- ALLEN, A.G., S.C. JARVIS and D.M. HEADON, 1996: Nitrous oxide emissions from soils due to inputs of nitrogen from excreta return by livestock on grazed grassland in the U.K. - *Soil Biol. Biochem.* 28, 597-607.
- ANGER, M., C. HOFFMANN and W. KÜHBAUCH, 2000: N<sub>2</sub>O-fluxes from applied urine patches affected by N-fertilization on grassland. - 18h Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed. in Aalborg (DK), *Grassl. Sci. in Europe* 5, 381-383.
- BOUWMAN, A.F., 1996: Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. - *Nutrient Cycling in Agroecosyst.* 46, 53-70.
- CHRISTENSEN, S., 1983: Nitrous oxide emission from a soil under permanent grass: seasonal and diurnal fluctuations as influenced by manuring and fertilization. *Soil Biol. Biochem.* 15, 531-536.
- CRUTZEN, P.J., 1970: The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. - *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 96, 320-325.
- EGGINGTON, G.M. and K.A. SMITH, 1986a: Nitrous oxide emission from a grassland soil fertilized with slurry and calcium nitrate. - *J. Soil Sci.* 37, 59-67.
- EGGINGTON, G.M. and K.A. SMITH, 1986b: Losses of nitrogen by denitrification from a grassland soil fertilized with cattle slurry and calcium nitrate. - *J. Soil Sci.* 37, 69-80.
- HOFFMANN, C. und M. ANGER, 1997: N<sub>2</sub>O-Freisetzung auf gemähtem Dauergrünland in Abhängigkeit von Bewirtschaftung und Standort. - *VDLUFA-Schriftenreihe* 46, 703-706.
- MOSIER, A.R., C. KROEZE, C. NEVISON, O. OENEMA, S. SEITZINGER and O. VAN CLEEMPUT, 1998: Closing the global N<sub>2</sub>O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle: OECD / IPCC / IEA phase II development of IPCC guidelines for national greenhouse gas inventory methodology. - *Nutrient Cycling in Agroecosyst.* 52, 225-248.
- POGGEMANN, S., F. WEISSBACH und U. KUNTZEL, 1999: Reduktion der N-Überschüsse und Freisetzungen von N<sub>2</sub>O aus Grünland. - *Ber. Ldw.* 77, 21-34.
- RYDEN, J.C., 1981: N<sub>2</sub>O exchange between a grassland soil and the atmosphere. - *Nature* 292, 235-237.
- SANHUEZA, E. and ZHOU X., 1996: Radiative forcing of climate change. 2.2 Other trace gases and atmospheric chemistry. - In: HOUGHTON, J.T., L.G. MEIRA FILHO, B.A. CALLANDER, N. HARRIS, A. KATTENBERG and K. MASKELL (eds.) for the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): *Climate Change 1995. The Science of Climate Change (I). Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge Univ. Press, Cambridge (UK), 86-102.
- WANG, W.C., Y.L. YUNG, A.A. LACIS, T. MO and J.E. HANSEN, 1976: Greenhouse effects due to man-made perturbations of trace gases. - *Sci.* 194, 685-690.
- WEBSTER, C.P. and R.J. DOWDELL, 1982: Nitrous oxide emission from permanent grass swards. - *J. Sci. Food and Agric.* 33, 227-230.
- YAMULKI, S., S.C. JARVIS and P. OWEN, 1998: Nitrous oxide emissions from excreta applied in a simulated grazing pattern. - *Soil Biol. Biochem.* 30, 491-500.

# Entwicklung von Grünlandbeständen an der Unteren Havel (Westbrandenburg) bei Extensivierung und Teilvernässung

von

Thomas Kaiser <sup>a></sup>, Horst Käding <sup>a)</sup>, Wolfgang Leipnitz <sup>b></sup>, Peter Haase <sup>c)</sup>

<sup>a)/b)</sup> Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. (ZALF) in Müncheberg, <sup>a)</sup> Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, <sup>b)</sup> Forschungsstation Paulinenaue, <sup>c)</sup> Naturparkverwaltung Westhavelland

## 1. Problemstellung

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nördlich von Rathenow im Land Brandenburg und ist Teil des Naturparks Westhavelland. Die Untere Havelniederung zählt zu den größten Feuchtgebieten im Binnenland des westlichen Mitteleuropa und hat international besondere Bedeutung für rastende und brütende Wat- und Wasservogelarten. Ziel einer ausgewogenen und nachhaltigen Landnutzung (wise use) dieser durch periodisch wiederkehrende Überflutungen gekennzeichneten Feuchtgebiete ist die Erhaltung bzw. Wiederherstellung naturnaher Lebensräume für die heimische Fauna und Flora, ohne die landwirtschaftliche Nutzung auszuschließen.

Große Teile der Unteren Havelniederung wurden in den 70er Jahren der sog. Komplexmelioration unterworfen. Überschwemmungswiesen der Havel wurden eingepoldert. Damit einhergehende Intensivierungsmaßnahmen führten in der Folge zu einem Verlust der autotypischen, durch periodische Überflutungen geprägten Grünlandvegetation. Großräumige Extensivierung der landwirtschaftlichen Produktion ab Anfang der 90er Jahre in Verbindung mit Teilvernässung und Überstau der tiefer gelegenen Polderflächen bis in das späte Frühjahr hinein lassen erwarten, dass sich die ehemals dort typischen Grünlandgesellschaften allmählich wieder einstellen.

## 2. Material und Methoden

Um die Vegetationsentwicklung näher zu verfolgen, wurden 1993 im Poldergebiet der Großen Grabenniederung und in havelnahen Bereichen außerhalb des Polders 31 Dauerbeobachtungsflächen der Größe 5 m x 5 m angelegt. Diese Zahl wurde 1999 auf insgesamt 60 erhöht. Neben ehemaligen Saatgraslandschlägen wurden zum Vergleich auch Restflächen von unbruchlos bewirtschaftetem Grünland einbezogen.

Die Untersuchungsflächen im havelnahen Bereich und die am tiefsten gelegenen Polderflächen werden überwiegend als 1- bis 2schürige, ungedüngte Mähwiesen genutzt. Die übrigen Untersuchungsflächen im Poldergebiet sind meist extensive Mähweiden, die nach dem 1. Schnitt im Frühjahr mit 30 bis 60 kg N gedüngt und anschließend beweidet werden.

Zum ersten Aufwuchs wurden 1993, 1994 und 1999 Vegetationsaufnahmen unter Verwendung der erweiterten Artmächtigkeitskala nach Braun-Blanquet (WILMANN 1993) angefertigt. Die Vegetationsaufnahmen von 1999 wurden mit denen des Anfangsjahres 1993 bzw. 1994 verglichen. Über eine Clusteranalyse wurden die Ähnlichkeitsbeziehungen der Pflanzenbestände untereinander mit Hilfe des Computerprogrammes PC-ORD 4.0 untersucht. Als Distanzmaß verwendeten wir die Sørensen-Distanz (Syn.: Bray-Curtis- oder Czekanowski-Koeffizient), als Gruppierungsmethode average link. Die zu erwartenden Pflanzengesellschaften weisen oftmals dominante Charakterarten auf; andererseits sollten aber auch neu hinzutretende, weniger dominante Arten berück-

sichtigt werden. Daher haben wir mittels gezielter Datentransformation nach einem Kompromiss gesucht. Hierzu wurden die Bonitursymbole der Braun-Blanquet-Skala zunächst in Rangordnungswerte von 1 bis 9 umgewandelt und diese anschließend quadriert, ehe sie in die Clusteranalyse eingingen. Durch diese Art der Transformation blieben die mittleren Deckungswerte am oberen Ende der erweiterten Braun-Blanquet-Skala größenordnungsmäßig annähernd bestehen, während andererseits im unteren Skalenbereich die mittleren Deckungswerte quantitativ deutlich aufgewertet wurden. Grundwasserflurabstände wurden aus dem vom Landesumweltamt im Gebiet installierten Grundwasser- und Grabenpegelmessnetz ermittelt. Die Wasserstände werden seit 1994 im 14-tägigen Abstand abgelesen.

### 3. Ergebnisse

Die früheren Vegetationstypen der Flussauen im ostdeutschen Tiefland können aus älteren Vegetationsaufnahmen der 50er und 60er Jahre (z.B. PASSARGE 1964; HUNDT 1958) bzw. aus den verbliebenen, umbruchlos bewirtschafteten Restbeständen hergeleitet werden. In einer Überblicksdarstellung von FISCHER, KUMMER & PÖTSCH (1995) werden ausgewählte naturnahe Pflanzengesellschaften der Unteren Havelaue zusammenfassend charakterisiert.

Die standörtlichen Gegebenheiten auf den untersuchten Dauerbeobachtungsflächen lassen die Entwicklung u. a. zu folgenden potenziellen Vegetationstypen erwarten:

Havelnahe, nährstoffreiche Überschwemmungsflächen:

*Phalaridetum arundinaceae* (Rohrglanzgras-Röhricht) und *Glycerietum maximae* (Wasserschwaden-Röhricht) oft kleinräumig verzahnt mit den *Ranunculo repentis-Alopecuretum geniculati*-Gesellschaften (Knickfuchsschwanz-Flutrasen).

- Auf den humosen, weniger nährstoffreichen Nassstandorten:

*Caricetum gracilis* (Schlankseggen-Ried).

- Auf Standorten mit periodischen Überflutungen, Bodenverdichtungen und in Flutmulden:

Gesellschaften des Verbandes *Potentillion anserinae* (Flutrasen), insbesondere das *Ranunculo repentis-Alopecuretum geniculati* in der Ausprägungsform mit *Agrostis stolonifera* (Flechtstraußgras) als dominanter Art.

Auf den lehmig-tonigen, wechselfeuchten bis wechselfrischen, aber nur mäßig nährstoffreichen Standorten im Rückstaubereich der Elbe:

Rasenschmielen-Auenwiesen des Verbandes *Deschampsion cespitosae* (= *Cnidion dubii*) in der gebietstypischen, artenreichen Ausprägungsform des *Cnidio dubii-Deschampsietum cespitosae* (Brenndolden-Rasenschmielen-Auenwiese) mit einzelnen, charakteristischen Stromtalarten, wie *Cnidium dubium* (Brenndolde), *Sanguisorba officinalis* (Großer Wiesenknopf), *Serratula tinctoria* (Färberscharte). Bei Nutzungsintensivierung, vor allem durch verstärkte Düngung, werden auf diesem Standort *Alopecuretum pratensis*-Gesellschaften (Wiesenfuchsschwanz-Auenwiesen) gefördert (FISCHER 1981).

Im Ergebnis der Clusteranalyse haben wir nachstehende Vegetationsgruppen gebildet. In I(latnmern ist zusätzlich die mittlere Perduranz P (nach HELLBERG 1995) je Gesellschaftseinheit aufgeführt, d. h. in diesem Fall: der prozentuale Anteil der Arten, die im Mittel auf den zeitlich zuletzt bonitierten Dauerquadraten einer Vegetationsgruppe sowohl am Anfang als auch am Ende der Untersuchung gemeinsam vorhanden waren, bezogen auf die Gesamtzahl aller auftretenden Arten.

#### a) wechselfrische bis wechselfeuchte Standorte

- *Lolium perennis-Cynosuretum cristati* (Weidelgras-Weißklee-Weide) - Ansaatarten überwiegen (P = 37 %)
- Abbaustadium des *Lolium perennis-Cynosuretum cristati* mit hinzugekommenen Feuchtgrünlandarten (P = 33 o/o)  
*Cnidio dubii-Alopecuretum pratensis* (Brenndolden-Wiesenfuchsschwanz-Auenwiese) - nur auf umbruchlos bewirtschafteter Referenzfläche (P = 71 %)

#### b) Nassstandorte

- *Ranunculo repentis-Alopecuretum geniculati* (Knickfuchsschwanzrasen) mit wechselnden Begleitarten (P = 27 %)
- *Ranunculo repentis-Alopecuretum geniculati* - *Trifolium repens* Subass. der weniger nassen Standorte mit Anteilen ehemaliger Ansaatarten (P = 61 o/o)
- schwer einzuordnende Übergangsgesellschaft zum *Potentillion* (Flutrasen) oder *Magnocaricion* (Großseggen-Gesellschaft) mit eingestreuten Schlamm Bodenpionierarten der *Bidentetalia-Gesellschaften* (Zweizahn-Schlammufergesellschaften) (P = 18 %)
- *Caricetum gracilis* (Schlankseggenried) - nur auf umbruchlos bewirtschafteter Referenzfläche (P = 66 %)  
Übergangsgesellschaft zwischen *Caricetum gracilis* (Schlankseggenried) und *Glycietum maximae* (Wasserschwadenröhricht)- havelnaher Standort (P = 33 %)

Die Ergebnisse der Vegetationsausweitung deuten darauf hin, dass die Entwicklung zu flutrasenähnlichen Beständen auf dem vernässten Auensaatgrasland am raschesten vonstatten geht (siehe Perduranzwerte). Als Einzelcluster sich darstellende Übergangsgesellschaften können nur schwer in das pflanzensoziologische System eingeordnet werden. Die Entstehung solcher Übergangsgesellschaften kann darauf zurückgeführt werden, dass einerseits die Vegetationsumschichtung noch im Gange ist, andererseits aber auch Flutrasen und Röhrichte auf den Überflutungsflächen kleinräumig eng miteinander verzahnt auftreten. Die umbruchlos genutzten Referenzflächen im Poldergebiet blieben in der Artenzusammensetzung am stabilsten. Aus den Ergebnissen der Clusteranalyse ist ersichtlich, daß die Referenzflächen in ihrer Bestandeszusammensetzung klar abgegrenzte Cluster bilden (auf die Darstellung des Dendrogramms mußte leider aus Platzgründen verzichtet werden). Auf den ehemaligen Saatgraslandflächen konnten sich innerhalb des relativ kurzen Untersuchungszeitraumes noch keine Bestände etablieren, die den Referenzflächen annähernd glichen.

Zur Charakterisierung der Bodenwasserverhältnisse ist in der Abbildung 1 der mittlere monatliche Verlauf des Grundwasserflurabstandes auf vier typischen Standorten des Untersuchungsgebietes dargestellt worden. Positive Grundwasserstandswerte zeigen Überflutungen an. Die vernässten Standorte werden von den Landwirten im Rahmen des Vertragsnaturschutzes bewirtschaftet. Auf den Standorten mit der stärksten Vernäsung (Tiefpolderbereich) ist wegen der eingeschränkten Befahrbarkeit der Flächen nur ein Pflegeschnitt pro Jahr (meist im Spätsommer) möglich. Die höher gelegene Wiesenfuchsschwanz-Auenwiese kann dagegen vom Grundwassergang her problemlos als Heuwiese genutzt werden.

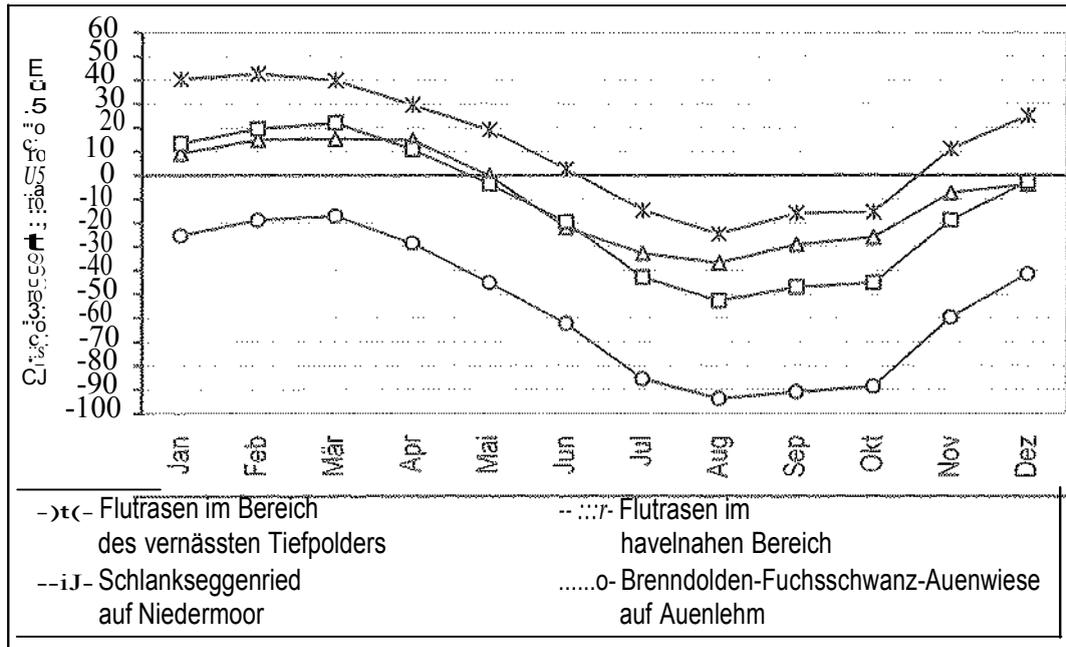


Abbildung 1: Grundwasserganglinien von Standorten ausgewählter Pflanzengesellschaften (Monatsmittelwerte im Durchschnitt der Jahre 1994 bis 1999)

### Literatur

- FISCHER, W. (1981): Beitrag zur Grünlandvegetation der Gülper Havelaue. - Wiss. Z. Päd. Hochsch. Potsdam, Math. Naturwiss. Reihe (3), 383-396.
- FISCHER, W., KUMMER, V., PÖTSCH, J. (1994/1995): Zur Vegetation des Feuchtgebietes internationaler Bedeutung (FIB) Untere Havel. - Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg H. 4 (1994) / H. 1 (1995), 12-18.
- HELLBERG, F. (1995): Entwicklung der Grünlandvegetation bei Wiedervermässung und periodischer Überflutung. Vegetationsökolog. Untersuchungen in nordwestdeutschen Überflutungspoldern. Diss. Bot. 243, 18.
- HUNDT, R. (1958): Beiträge zur Wiesenvegetation Mitteleuropas. I. Die Auenwiesen an der Eibe, Saale und Mulde.- Nova Acta Leopoldina NF. 20 (135).
- PASSARGE, H. (1964): Pflanzengesellschaften des nordostdeutschen Flachlandes I. - Pflanzensoziologie. U, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- WILMANN, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. - UTB, Quelle & Meyer, 5. Aufl., Heidelberg, Wiesbaden.

### Anschrift der Verfasser

Th. Kaiser / H. Käding, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg, Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, Gutshof 7, 14641 Paulinenaue.

W. Leipnitz, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg, Forschungsstation Paulinenaue, Gutshof 7, 14641 Paulinenaue.

P. Haase, Naturpark Westhavelland, Dorfstraße 5, 14715 Parey.

# Eine Simulationsstudie zum Witterungseinfluß auf Ertragsbildung und Qualitätsentwicklung bei Silomais

von

A. Herrmann, A. Kornher, N. Jovanovic und Taube

Institut für Pflanzenbau, Lehrstuhl Grünland und Futterbau  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## Einleitung

Seit Mitte der 80er wird das am Lehrstuhl entwickelte Modell (KORNHER et al. 1991, HERRMANN et al. 2000) erfolgreich im Rahmen der Reifeprüfung Grünland zur Prognose von Ertrag und Futterqualität erster Grünlandaufwüchse in Nordeutschland eingesetzt. In der vorliegenden Arbeit war es zunächst, die Anwendbarkeit von FOPROQ für eine Modellierung von Silomais zu prüfen, und gegebenenfalls Modifikationen des Modells vorzunehmen. In einem zweiten Schritt wird mittels einer Simulationsstudie der Einfluß unterschiedlicher Witterungsszenarien (optimale Witterung, sommer- und Spätsommer-Trockenheit) auf die Ertragsbildung und die Qualitätsentwicklung beispielhaft des Parameters TS-Gehalt analysiert.

## Material und Methoden

Die Kalibrierung bildet ein dreijähriger Feldversuch (1997-1999), der auf dem Versuchsgelände (schlesw.-holstein. Geest, Ø-Jahresniederschlag 802 mm, Jahresdurchschnittstemperatur 8.3 °C, Podsol mit pH 5.6) der Christian-Albrechts-Universität Kiel als Spaltanlage mit folgenden Faktoren angelegt wurde, s. auch JOVANOVIĆ et al. (2000).

I. Gülledüngung (Großteilstück)	mineral. N-Düngung (Mittelteilstück)	III. Untersaat (Kleinteilstück)
1. 0 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	1. 0 kg N ha <sup>-1</sup>	1. ohne
2. 20 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	2. 50 kg N ha <sup>-1</sup>	2. Weidelgras
3. 40 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	3. 100 kg N ha <sup>-1</sup>	( <i>Fennema</i> )
	4. 150 kg N ha <sup>-1</sup>	

Die Aussaat erfolgte jeweils zu Beginn Mai (Sorte *Naxos*, S220, 12 Pfl. m<sup>-2</sup>). Die Ausbringung der Gülle erfolgte vor dem Pflügen, die Applikation des Mineraldüngers als Kalkammonsalpeter in zwei gleichverteilten Gaben (1. Gabe 1-Blattstadium; 2. Gabe 8-Blattstadium). Die Versorgung der Bestände mit Grundnährstoffen orientierte sich am Entzug des zu erwartenden Ertrages, wobei Phosphor als Unterfußdüngung in Form von Superphosphat verabreicht wurde. Die Unkrautregulierung erfolgte zu ein bzw. Terminen mit Herbiziden.

## Ergebnisse und Diskussion

### Modellkalibrierung

Die Aufgabe der Kalibrierung ist es, eine möglichst grosse Konsistenz zwischen dem Modelloutput und dem zugrunde liegenden Datensatz zu erreichen. Zur Einschätzung der Güte der Modellanpassung wurden neben den graphischen Abbildungen drei cha-

der Güte der Modellanpassung wurden neben den graphischen Abbildungen drei charakteristische Indices (Bestimmtheitsmaß, Koeffizienten der linearen Regression beobachtet-berechnet, verwendet, da einerseits jede Methode ihre Stärken und Schwächen hat und andererseits keine Methode in der Lage ist, alle möglichen Modellabweichungen aufzuspüren. Die Schätzung der Modellparameter basiert auf dem oben beschriebenen, dreijährigen Feldversuch, wobei zunächst nur die Varianten ohne Gülledüngung und ohne Untersaat in die Modellierungsarbeiten einbezogen wurden. Die Kalibrierung erfolgte simultan für alle Jahre, aber getrennt für die Varianten der mineralischen N-Düngung. Eine neue Modellversion, in der der Einfluß der N-Versorgung auf die Wachstumsrate der Pflanze berücksichtigt wird und somit eine gemeinsame Verrechnung aller N-Varianten ermöglicht, ist in der Entwicklung.

Für Ertragsbildung bestätigen sowohl die graphischen Abbildungen als auch die statistischen Kennzahlen eine insgesamt gute Übereinstimmung zwischen Modelloutput und experimentellen Daten in allen drei Versuchsjahren und beiden N-Stufen. Das Modell bildet nicht nur die absolute Höhe des Ertrags richtig ab, sondern spiegelt auch den zeitlichen Verlauf der Ertragsbildung über die gesamte Vegetationszeit korrekt wieder, s. Abb. 1. Systematische Modellabweichungen sind in keiner der beiden untersuchten N-Varianten erkennbar. Lediglich der Ertragsrückgang zum letzten Probenahmetermin 1997 wird vom Modell nicht nachvollzogen. Generell ist das Modell aber in der Lage, auch bereits einsetzende Seneszenzprozesse alternder Pflanzenbestände abzubilden.

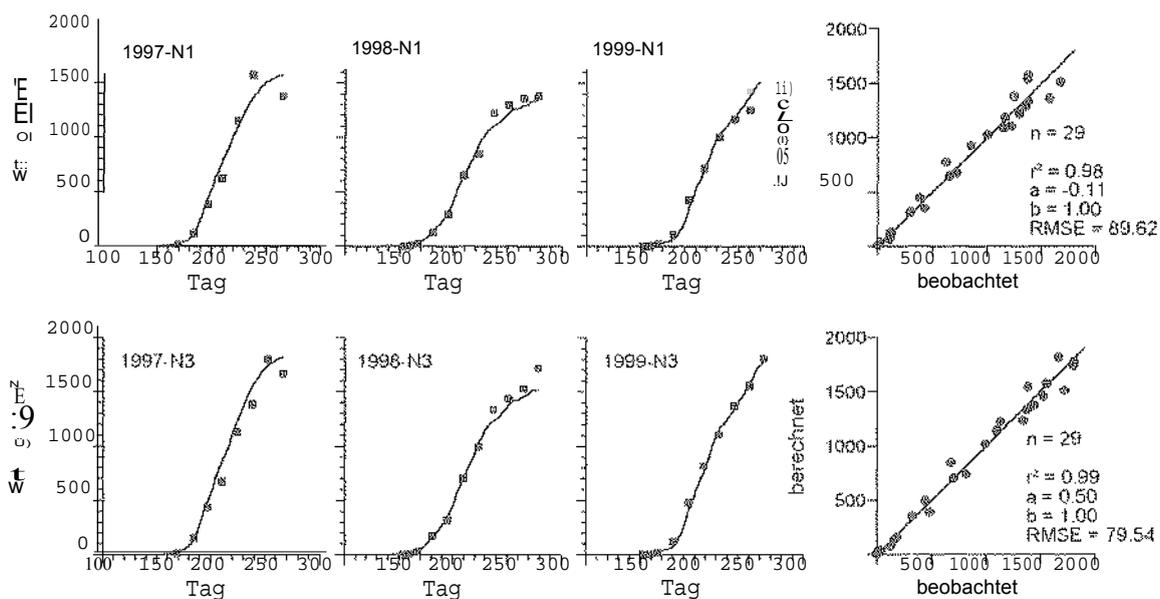


Abb 1. Ergebnisse zur Modellkalibrierung der Ertragsbildung von Silomais mit N1 = 50 und N3 = 150 kg N/ha; Symbole geben Meßwerte, durchgezogene Linien die berechneten wieder.

Eine ähnlich gute Anpassung des Modells wie für die Ertragsbildung zeigt die Kalibrierung auch für den Trockensubstanzgehalt, s. Abb. 2. Bestimmtheitsmaße über 0.9, Regressionskoeffizienten nahe 0 bzw. 1 und eine mittlere Abweichung von 2% belegen die gute Übereinstimmung zwischen beobachteten und berechneten Daten. Den durch die günstigen Witterungsverhältnisse bedingten starken Anstieg der TS-Gehalte zum letzten Probenahmetermin 1999 kann das Modell jedoch nicht ganz nachvollziehen.

Die Ergebnisse der Kalibrierung zeigen, daß FOPROQ sich auch für die Modellierung von Ertragsbildung und Qualitätsveränderung von Silomais als geeignetes Werkzeug er-

wiesen hat. Basierend auf dieser Modellkalibrierung können somit Simulationen mit variierten Umweltbedingungen durchgeführt werden.

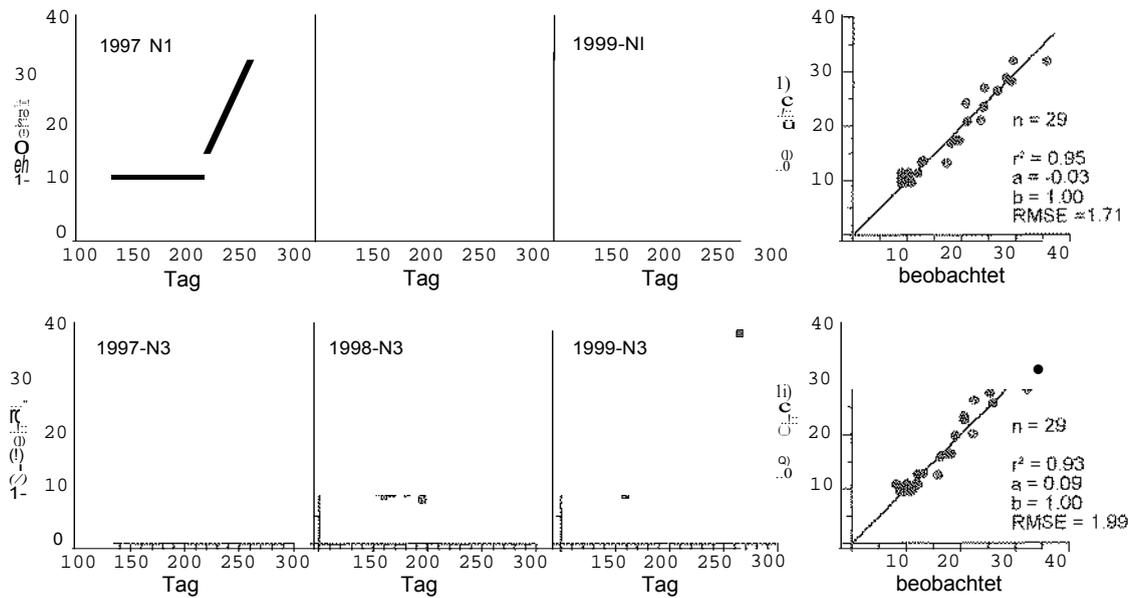


Abb 2. Ergebnisse zur Modellkalibrierung des TS-Gehaltes von Silomais mit NI = 50 und N3 = 150 kg N/ha; Symbole geben Meßwerte, durchgezogene Linien die berechneten Werte wieder.

### Simulationen

Um den Einfluß der Witterungsverhältnisse, insbesondere des Wasserhaushaltes, auf die Ertragsbildung und Qualitätsentwicklung von Silomais zu analysieren, wurden Simulationen mit dem Modell FOSIM durchgeführt.

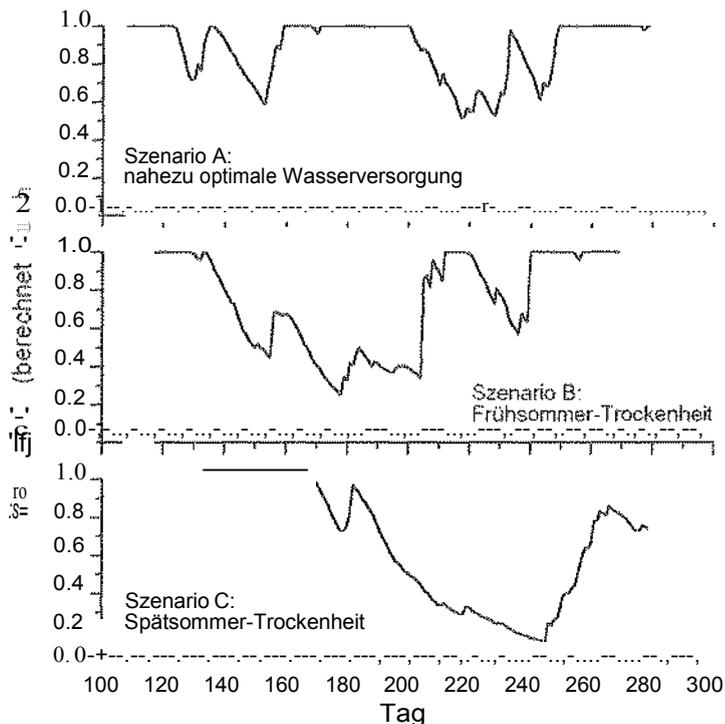


Abb. 3. Witterungsszenarien der Simulationen, charakterisiert durch Wasserindex.

Dabei wurden drei typische Witterungsszenarien (nahezu optimale Wasserversorgung, Fröhsommer-Trockenheit, Spätsommer-Trockenheit), s. Abb. und die in der Kalibrierung ermittelten vorgegeben. Die Wasserverfügbarkeit wird charakterisiert durch den Wasserindex, der im Wachstumsmodell berechnet wird und Werte zwischen 0 (abs. Wassermangel) und 1 (opt. Wasserversorgung) annehmen kann. Da auf dem Versuchsstandort Grundwasseranschluß ist, wurde den Simulationen vergleichbarer Wertes gegeben, was das insgesamt etwas Ertragsniveau der Simulationen erklärt. Die Ergebnisse der Simulationen zeigen, s. Abb. führt die Fröhsommer-Trockenheit (Szenario A) zu einer Ertragsdepression, die Kolbenanlage wird jedoch nicht beeinträchtigt. Die Spätsommer-Trockenheit (Szenario B) beeinträchtigt die Biomasseproduktion, insbesondere auch die Kolbenausbildung, durch Wassermangel. Der Einfluß der Wasserversorgung auf den TS-Gehalt führt erwartungsgemäß zu einer Steigerung der TS-Gehalte, wobei im Szenario B (Fröhsommer-Trockenheit) auch nach Aufhebung des Wassermangels sichtbar bleibt.

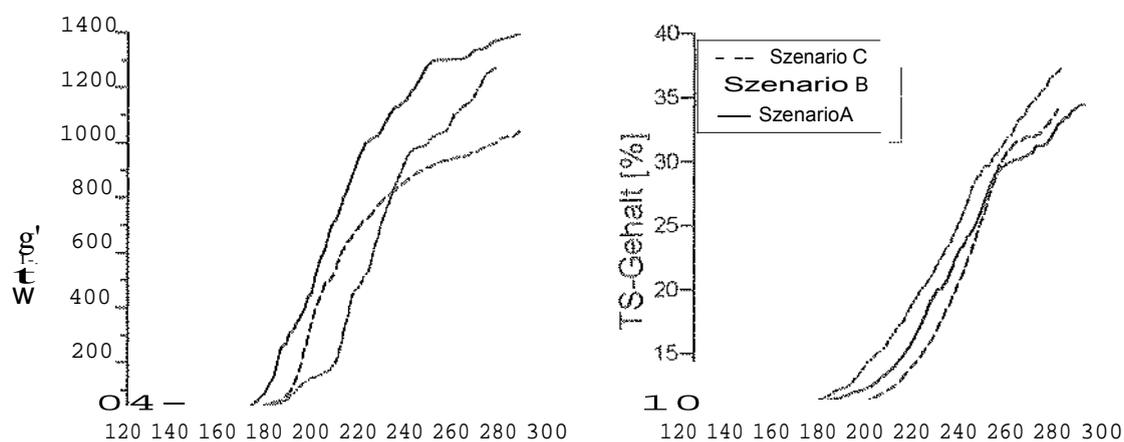


Abb. 4. Simulationen des Ertragsverlaufs und der Trockensubstanzgehalte von Silomais bei variierten Umweltbedingungen.

## Literatur

- HERRMANN, A., KORNHER, and F. TAUBE (2000) Modellierung der Ertragsbildung und Qualitätsdynamik von Futterpflanzen – aktuelle Arbeiten am Lehrstuhl Grünland und Futterbau. 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, (in Band).
- JOVANIVIC, J. WACHENDORF, and F. TAUBE (2000) and N-Effizienz von Silomais und Gülledüngung. Jahrestagung Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Kiel (in diesem Band).
- KORNHER, NYMAN, P. F. TAUBE (1991) Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. Das wirtschaftseigene Futter 37, 232-248.

# N-Bilanz und -Effizienz von Silomais bei variiertem N- und Gülledüngung

von

Nina Jovanovic, M. Wachendorf und Taube

Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

## 1 Einleitung

Die herkömmliche Bestandsführung und Düngungsstrategie beim Silomaisanbau in Monokultur werden mit den negativen Auswirkungen von Nitratverlusten in Verbindung gebracht. bisherigen Arbeiten deuten aber auf eine gute N-Verwertung des Pflanzenbestandes hin, wenn mineralische und wirtschaftseigene Dünger, speziell die Gülle, mengenmäßig wie zeitlich bedarfsgerecht eingesetzt werden (TAUBE *et al.*, 1997, SCHRÖDER, 1998, WULFES *et al.*, 2000). Gefährdungspotential einer N-Auswaschung kann der Basis der flächenbezogenen Stickstoffbilanz dargelegt werden (HERSEMANN und LAMIAEL, 1990). Diese stellt einen wichtigen für bedarfsgerechte Düngungsstrategie dar und ermöglicht eine ökonomische ökologische Optimierung der Stickstoffdüngung. Es liegen wenige Untersuchungen zu diesem Themenbereich vor, die ausschließlich auf Versuchsergebnissen basieren (LÜTKE ENIRUP *et al.*, 1997). Demgegenüber gibt es zahlreiche Arbeiten, die auf Versuchsergebnissen (von FISCHER, 1993) bzw. Betriebsdaten (ZERHUSEN-BLECHER und LÜTKE ENIRUP, 1997) beruhen.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des N-Projektes „Karkendamm bezogene N-Bilanz und N-Effizienz von Silomais in kontinuierlichem bei variiertem N- und Gülledüngung“ Hinblick auf die ökologische Verträglichkeit überprüft.

## 2 Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut Karkendamm der Universität Kiel (schlesw.-holst. O-Ndschl. 802 mm O-Temp. 8,3 °C; Bodenart/-typ: hS/Podsol 5,6) wurde der vorliegende Versuch in den Jahren 1997 bis 1999 in Form einer Spaltanlage in vierfacher Wiederholung angelegt mit drei Faktoren durchgeführt. Stickstoffdüngung wird durch Rindergülle mit 0, 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (O der Jahre=50 kg Gesamt-N ha<sup>-1</sup>) sowie 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (O der Jahre=100 kg Gesamt-N ha<sup>-1</sup>) und durch die N-Mineraldüngerintensitäten von 0, 50, 100 und 150 kg ha<sup>-1</sup> variiert. dritte Versuchsfaktor stellt die Untersaat dar. Die Ansaatzeit erfolgte ('Naxos' , S 220, Kompakttyp) in allen Jahren Ende April/Anfang Mai (Reihenabstand 75 cm, angestrebte Bestandesdichte 10 Pfl. m<sup>-2</sup>). Unmittelbar nach dem Pflügen wurde die Rindergülle (im Mittel der Jahre: 4% TS, 2,5 kg N m<sup>-3</sup>, 0,8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> m<sup>-3</sup>, 2,3 kg K<sub>2</sub>O m<sup>-3</sup>) mit Schleppschlauchtechnik ausgebracht und sofort flach eingearbeitet. Die Phosphorgabe wurde in eine Unterfuß- (30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) und in eine Nachdüngung (35 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg ha<sup>-1</sup>) zum 1-Blattstadium von Mais gesplittet. Die Kalidüngung wurde für alle Varianten entsprechend der Verabreichung in der höchsten Güllestufe angeglichen. mineralische N-Düngung (KAS) erfolgte in aliquoten Mengen zum 1-Blattstadium und zum 6-8-Blattstadium des Maises.

Die Parameter Trockenmasse- und Stickstoffertrag des Maises wurden erfasst. Die Bestimmung des N-Gehaltes des Pflanzenmaterials erfolgte anhand einer Schätzung mittels des NIRS-Verfahrens. Die N-Bilanz (der N-Saldo) wurde als vereinfachte Flächenbilanz für die Varianten ohne Untersaat aufgestellt. Sie ergibt sich aus der Differenz zwischen den Stickstoffmengen aus mineralischer ( $N_{Düng.}$ ) und organischer Düngung ( $N_{Gülle}$ ) sowie aus den auf  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  geschätzten N-Einträgen über Niederschläge ( $N_{Depo.}$ ), die den N-Input darstellen und dem Stickstoffentzug (N-Ertrag  $\text{kg ha}^{-1}$ ) durch die Maispflanze (ohne Wurzeln und Stoppelreste) zum Abblühen als N-Output. Als Kriterien der N-Effizienz wurden das Verhältnis Einheit: Trockenmasse ( $\text{dt ha}^{-1}$ ) zum N-Ertrag ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), der N-Saldo pro Fläche ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) und der N-Überschuss pro Einheit Trockenmasse ( $\text{kg N dt}^{-1}$ ) berechnet.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Im folgenden werden die gemittelten Werte über drei Versuchsjahre (1997-1999) präsentiert. Die Funktion für den Stickstoffertrag in Abhängigkeit vom Gesamtstickstoff (N-Input) aus Mineraldünger, Gülle und N-Deposition ( $0 \text{ kg N ha}^{-1}$  bis  $270 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) läßt sich mit quadratischer Regression beschreiben (Abb.1), 86% Variation des Stickstoffertrages mit Gesamtstickstoffzufuhr nicht zu. In der ungedüngten mit einem Stickstoffentzug von  $55 \text{ kg N ha}^{-1}$  konnten 32% des Stickstoffertrags N-Maximalvariante ( $170 \text{ ha}^{-1}$ ) erzielt werden. In bezug auf die N-Aufnahme konnten keine ausgeprägten jahresspezifischen Unterschiede beobachtet werden. Die Stickstoffertragszunahme nimmt bei den meisten Varianten mit zunehmender Gesamtstickstoffmenge ab. Ab  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  Gesamtstickstoff bzw.  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  Düngerstickstoff konnten keine statistisch signifikanten Zunahmen des Stickstoffertrags festgestellt werden.

Mittels quadratischer Regression läßt sich in der Abb. 2 eine sehr hoch signifikante Beziehung ( $B=0,93$ ) zwischen dem Stickstoff- und Trockenmasseertrag unter der Berücksichtigung der Gülle- und mineralischen Stickstoffdüngung aufzeigen. Ein steigender Stickstoffertrag bis  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  geht mit einem Anstieg des Trockenmasseertrags einher. Die größte Ertragszunahme weisen die Varianten mit geringen mineralischen Stickstoffintensitäten und mit alleiniger Güllendüngung sowie Güllevarianten in Kombination mit geringen Intensitäten an Mineralstickstoff auf. Der höchste Trockenmasseertrag von ca.  $140 \text{ dt ha}^{-1}$  wurde bei einem Stickstoffertrag von  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  realisiert. Die weitere Zunahme des Stickstoffertrags konnte auf die erhöhten Rohproteingehalte der hochgedüngten Varianten zurückgeführt werden.

Die Abb. 3 zeigt einen sehr hoch signifikanten Zusammenhang zwischen flächenbezogener N-Bilanz ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ), Mineraldünger- und Güllestickstoff. Dieser konnte anhand einer multiplen Regressionsgleichung mit Bestimmtheitsmaß von 0,95 beschrieben werden. Bei Betrachtung der alleinigen mineralischen N-Düngung tritt im Bereich von  $0$  bis  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  ein Stickstoffdefizit von  $40$  bis  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  auf, während die mit  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  gedüngte N-Überschüsse von ca.  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  aufweist. Die mit  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  Güllstickstoff gedüngte erst in Kombination mit  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  aus dem Überschuss von ca.  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ . Während mit alleiniger Güllendüngung von  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  fast Bilanzausgleich festgestellt werden konnte, weisen positive N-Salden von ca.  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  Güllstickstoff +  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  Mineraldünger-N) bis ca.  $80 \text{ ha}^{-1}$  ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  Güllstickstoff +  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  Mineraldünger-N) auf. Kombination von Güllendüngung hoher mineralischen N-Düngung entspricht die Steigerung der N-Bilanz der Menge eingesetzter N-Düngung, da der Mais diesem Niveau keinen zusätzlichen Stickstoff aufnehmen kann (s. Abb.1).

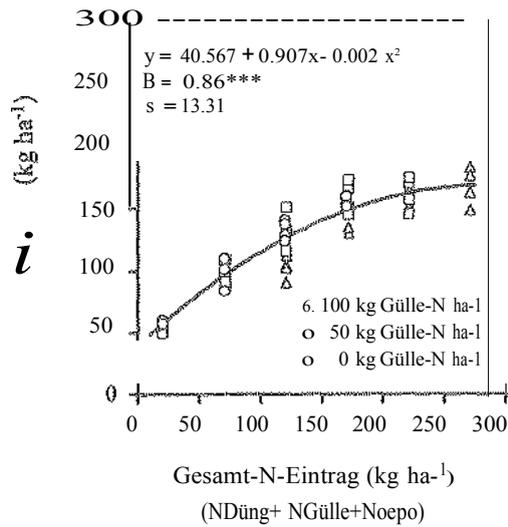
In der Abb. 4 ist der N-Saldo ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) bezogen auf die Einheit der geernteten Trockenmasse ( $\text{dt ha}^{-1}$ ) in Abhängigkeit von Gülle- und Mineraldüngerstickstoff dargestellt. Die Beziehung zwischen dem Quotienten N-Saldo/TM-Ertrag und den geprüften Faktoren wurde anhand einer multiplen Regressionsgleichung beschrieben, die diesen Zusammenhang gut ( $B=0,94$ ) wiedergibt. Ohne Düngereinsatz werden dem Boden pro dt Trockenmasse  $0,4 \text{ kg N}$  entzogen. Die Güllevarianten mit  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  sowie  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  in Kombination mit  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  Mineraldüngerstickstoff weisen fast einen Bilanzausgleich auf. Mit  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  Mineraldüngerstickstoff entstehen den ohne Gülleinsatz je dt geernteten Biomasse die Überschüsse in von ca.  $0,2 \text{ kg}$  die ebenfalls in der kombinierten ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  Güllestickstoff +  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  Mineraldüngerstickstoff) erreicht wurden. Variante  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  Güllestickstoff zeigt den gleichen Überschuss erst Kombination  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  auf. an Mineraldüngerstickstoff lag dagegen der N -Überschuss der höchsten Güllevariante ( $100 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) schon bei  $0,5 \text{ kg}$  je dt Trockenmasse.

#### 4 Schlussfolgerung

Bei der kombinierten Gülle- und Mineralstickstoffdüngung konnte ab  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  Düngungsintensität keine in bezug auf den Trockenmasse- als auch auf den Stickstoffertrag festgestellt werden. In diesem N-Inputbereich treten Stickstoffüberschüsse von  $20$  bis  $80 \text{ kg N ha}^{-1}$  auf, wobei die Güllevarianten besonders in Kombination mit höheren Intensitäten an Mineraldüngerstickstoff reduziert war.

#### 5 Literatur

- FISCHER, 1993: Mit der Bilanzierung Geld sparen? Mais 2/93, 74-77.
- HERSEMANN, H., J. LAMMEL, 1990: Stickstoffbilanzen auf Schlag- und Betriebsebene und deren Konsequenzen für die Stickstoffausträge. - VDLUFA Schriftenreihe 283-287.
- LÜTKE ENTRUP, GRÖBLINGHOFF UND H.WIEKER, 1997: Ertragliche Effizienz ökologische Relevanz verschiedener Düngungsstrategien, Fachtagung Umweltgerechter und ertragsorientierter Maisanbau in Soest (Westfalen), 102-115.
- SCHRÖDER, J. J., 1998: Towards improved nitrogen management silage maize production on sandy soils. Thesis Wageningen Agricultural University, 160-177.
- TAUBE, F., WACHNEDORF, GREEF UND R.WULFES, 1997: Perspektiven semi-intensiver Produktionssysteme Milchvieh-/Futterbauregionen Norddeutschlands. -Berichte über Landwirtschaft. 75, 586-603.
- ZURHUSEN-BLECHER, N. LÜTKE ENTRUP, 1997: Nährstoffbilanzen im Maisanbau eine Analyse aus praktischen Betrieben, Fachtagung Umweltgerechter und ertragsorientierter Maisanbau in Soest (Westfalen), 122-132.
- WULFES, ÜTT UND F. TAUBE, 2000: Effects of reduced nitrogen application rates on the herbage yield and quality of forage maize. Proc. of the XVIII General Meeting of the European Grassland Federation, Denmark, Vol. 140-142.



1:  $i$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) in Abhängigkeit vom Gesamt-N (Noong. + N-aone + N-oepo) Mittel Jahre 1997-1999

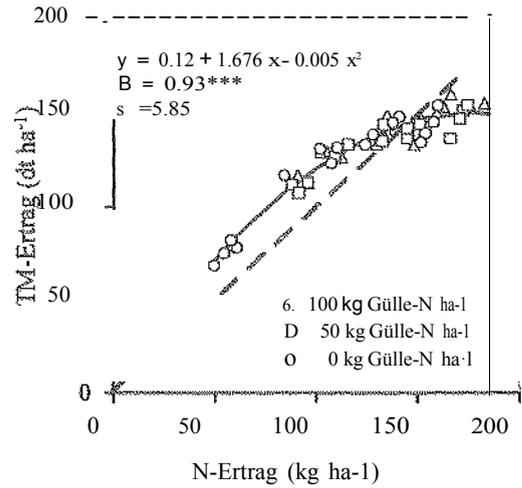


Abb. 2: Beziehung zwischen N-Ertrag ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) und TM-Ertrag ( $\text{dt ha}^{-1}$ ) unter Berücksichtigung des Gülle- + Mineraldünger-N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) Mittel der Jahre 1997-1999

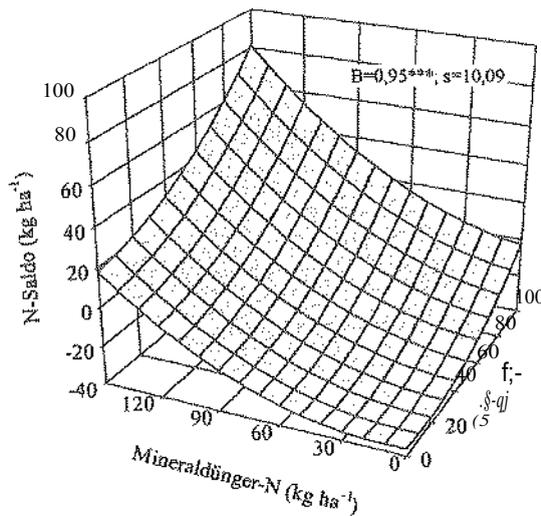


Abb. 3: N-Saldo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) in Abhängigkeit von Gülle- und Mineraldünger-N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) im Mittel der Jahre 1997-1999

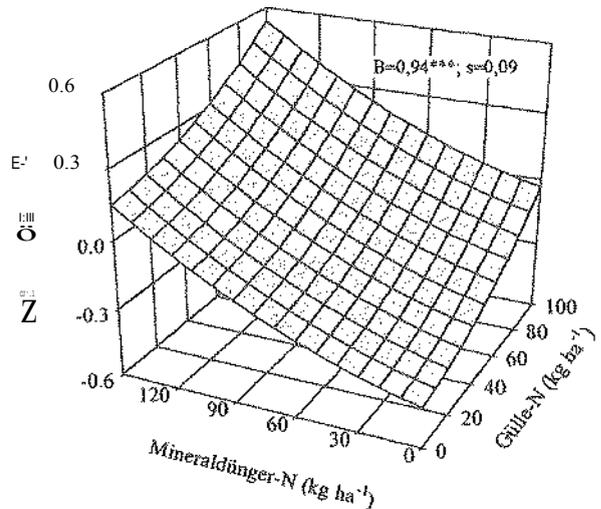


Abb. 4: N-Saldo ( $\text{kg df}^{-1}$  TM) in Abhängigkeit von Gülle- und Mineraldünger-N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) im Mittel der Jahre 1997-1999

# N-Bilanz und -Effizienz von Dauergrünland bei unterschiedlicher Bewirtschaftung

von

Ingwersen, M. Wachendorf und F. Taube

Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

## 1. Einleitung

Ein wesentlicher Grund für die Produktivitätssteigerung in der Milchproduktion ist die in den letzten Jahrzehnten erhöhte Stickstoffdüngung. Die Tatsache, daß diese vermehrten Umweltbelastungen verbunden ist, regte eine Diskussion über alternative Produktionsstrategien an. Grundvoraussetzung für die Akzeptanz solcher Produktionsalternativen ist nur gemäßigte Abnahme Produktivität (TAUBE et al., 1997). Gewährleistet wird dies bis zu einem gewissen Grad durch leguminosenbasierte futterbauliche Produktionssysteme, deren Leistungsfähigkeit durch Untersuchungen (LEACH et al., 2000; TAUBE et al., 1996) belegt ist. In den meisten Fällen sind dies jedoch die Nutzungsformen Weide und Schnitt, sowie Mischformen (Mähweiden) simultan.

Grundlage für eine sachlich richtige Einschätzung der ökologischen Verträglichkeit ist eine Bilanzierung der Input- und Outputgrößen des jeweiligen Systems. Die Mehrzahl der Arbeiten zu diesem Thema beziehen sich auf die Bilanzierung (MÜLLER et al., 1995), nur wenige stützen sich auf experimentelle Untersuchungen (PARSONS et al., 1991).

dieser Untersuchung ist auf Grundlage der verschiedenen Nutzungsformen und -intensitäten aus experimentellen Untersuchungen des N-Projektes Karkendamm die Überschußproblematik unterschiedlicher Nutzungsformen der Grünlandwirtschaft zu demonstrieren und Lösungsansätze zu entwickeln.

## Material und Methoden

Standort ist der Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel. Bei den geprüften Varianten handelt es sich um Weißklee-/Grasbestände, die sowohl in der Nutzungsform [Weide, 1 Schnitt plus Nachweide (Mähweide I), 2 Schnitte plus Nachweide (Mähweide II), 4 Schnitte] als auch in der Düngung (0, 100, 200, 300 kg N ha<sup>-1</sup>, 0, 20 m<sup>3</sup> Rindergülle ha<sup>-1</sup>) variiert wurden. Angestrebt wurde eine frühjahrsbetonte N-Düngung, die der Ertragsentwicklung angepaßt ist. Für die beweideten Flächen wurde aus der Anzahl der aufgetriebenen Weidetagen und den Weidetagen die Anzahl an Großvieh-Weidetagen des jeweiligen Versuchsjahres nach KÖHNLEIN und WEISSENBERG (1955) errechnet. Beweidung erfolgte mit Jungtieren des Versuchsbetriebes, wobei Beweidungsperioden von maximal 2 Tagen angestrebt wurden.

Auf Grundlage der erhobenen Daten wurden Systembilanzen errechnet. Die Saldierung von N-Input und N-Output wurde nach folgendem Schema vorgenommen:

Input (kg ha <sup>-1</sup> ):	Output (kg ha <sup>-1</sup> ):
Mineralische Düngermenge [N <sub>Mineralisch</sub> ]	Brutio-N-Ertrag [N <sub>Ert</sub> ]
+organische Düngermenge [N <sub>GüUe</sub> ]	Weiderest-N-Ertrag [N <sub>WR</sub> ]
+ symbiontisch fixierter N [N <sub>Fix</sub> ]	Exkrement-N [N <sub>Exkr</sub> ]
+ Depositionen [Noepo]	
<hr/>	<hr/>
$\Sigma$ N-Input [N <sub>Input</sub> ]	$\Sigma$ N-Output [N <sub>Output</sub> ]

$$\text{N-Saldo} = \text{N-Input} - \text{N-Output}$$

Die Ermittlung der symbiontisch fixierten Stickstoffmenge erfolgte über die Differenzmethode anhand ungedüngter Grasbestände, die für die Nutzungsformen Weide und Schnitt parallel zu den Weißklee/Grasbeständen mitgeführt wurden. Für die Nutzungsformen Mähweide I und Mähweide II die N<sub>Fix</sub>-Mengen über den jeweiligen Anteil an Biomasse von schnitt-, bzw. weidegenutzten Aufwüchsen am Jahresertrag errechnet. N<sub>WR</sub> wurde aus der Restbiomasse nach einer Weidenutzung bestimmt, N<sub>Exkr</sub> errechnet sich nach LANTINGA et al. (1987) aus  $\text{CNErt} - \text{NWR} \cdot 0,97$  Exkretion bei Beweidung mit Färsen.

### Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1(A) zeigt die Beziehung zwischen N-Saldo und N-Input der geprüften Nutzungssysteme im Mittel der Versuchsjahre 1997-1999. N-Inputmenge beinhaltet die mineralische Düngermenge, die organische Düngermenge, die jeweiligen System unter der gegebenen N-Versorgung fixierte N-Menge sowie einer pauschal mit 20 kg N ha<sup>-1</sup> Jahr<sup>-1</sup> angesetzten Menge atmosphärischer Depositionen. Es wird deutlich, daß in allen Systemen eine gesicherte lineare Beziehung zwischen dem N-Input und dem Saldo besteht. Das System Weide zeigt insgesamt die höchsten Bilanzüberschüsse, die Systeme Mähweide I, Mähweide II und Schnitt staffeln sich in dieser Reihenfolge nach unten, das System Schnitt sogar in den negativen Wertebereich. Bei einer Steigung der Funktion des Weidesystems von 0,96 kg N/kg N-Input ergeben sich mehr als doppelt so hohe Überschüsse pro Einheit des Input wie im Nutzungssystem Schnitt (0,40 kg<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup> N-Input). Für die Nutzungssysteme Mähweide I und Mähweide II liegen die Werte in ihrer Größenordnung zwischen Weide und Schnitt (0,74 und 0,61 kg<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup> N-Input). Die höhere Streuung und die damit verbundene schlechtere Anpassung mit zunehmendem Schnittanteil im System hängt mit dem zunehmenden Anteil der fixierten N-Menge am Gesamt-Input zusammen, deren Einzelwerte eine höhere Streuung verursachen. Für den nicht mit mineralischem N versorgten Schnittbestand macht der Anteil des symbiontisch fixierten N am Gesamt-Input fast 70% aus, im entsprechenden Weidebestand 39%. In der höchsten N-Düngungsstufe sind es dann nur noch 2,9 (Weide) bzw. 0,4% (Schnitt).

Die Abbildung 1(A) zeigt, daß Systemunterschiede im wesentlichen durch den Anteil der Beweidung im System bedingt sind. einem weiteren Ansatz wurde versucht, Systemunterschiede durch Unterschiede in den Großvieh-Weidetagen abzubilden. Abbildung 1(B) zeigt den Zusammenhang zwischen N-Input, Großvieh-Weidetag und N-Saldo auf. Die zugrundeliegende multiple lineare Regressionsgleichung weist mit 0,86 ein hohes Bestimmtheitsmaß auf.

In Abbildung 2(A) wurde das N-Saldo auf die produzierte dt Trockenmasse bezogen. Es ergaben sich gesicherte lineare Beziehungen für die geprüften Systeme. Das System Weide wies die höchsten Saldowerte pro dt TM aller Systeme auf. Mit abnehmender Beweidungsintensität folgen dann Mähweide I, Mähweide II und Schnitt in abnehmender Höhe der Salden je dt TM. Während im System Weide schon auf der niedrigsten N-Inputstufe von 50 kg N ha<sup>-1</sup> je dt abgeführter Trockenmasse Überschüsse in Höhe von 1,10 kg N entstehen, wird im System Schnitt bis zu einem N-Input von ca. 250 kg N ha<sup>-1</sup> dem System Stickstoff entzogen. Dies bedeutet, daß reine Schnittsysteme bis zu einem Input von 250 kg ha<sup>-1</sup> ausgehagert werden. Über den Stickstofftrag der Grasvarianten konnte die Nachlieferung des Standortes quantifiziert werden. Hier gab es Unterschiede in Abhängigkeit von Nutzungsfrequenz (Weide>Schnitt) und Versuchsjahr (1998>1997>1999), die jedoch nicht abgesichert werden konnten. Im Mittel lag die Nachlieferung des Bodens, gemessen an ungedüngten klee-freien Kontrollvariante, bei ca. 76 kg N<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>. folgend wurde diese Beziehung auf die Beweidungsintensität übertragen. Die entsprechende multiple lineare Regression (Abb. 2(B)) von N-Saldo je dt TM auf Großvieh-Weidetag und N-Input gibt diesen Zusammenhang ebenfalls recht gut wider (R<sup>2</sup>=0,91).

#### 4. Schlussfolgerung

Die dargestellten Ergebnisse zeigen daß Bilanzüberschüsse in Grünlandproduktions-systemen weitestgehend von N-Düngung und Grad der Beweidungsintensität abhängig sind. Treten für Weidenutzung Überschüsse bis 370 kg N ha<sup>-1</sup> auf, sind es im reinen Schnittsystem maximal 80 kg N ha<sup>-1</sup>. Eine Beschreibung der Beziehung von N-Saldo und Beweidungsintensität in Form von Großvieh-Weidetagen bei variierter N-Düngung ist, wie dargestellt, möglich.

#### Literatur

- KÖHNLEIN, J. und WEISSENBERG, 1955: Vereinfachung und Verbesserung der Weideertragsermittlung. Acker- und Pflanzenbau 96:235-242.
- LANTINGA, E. A., J. A. KEUNING, J. GROENWOLD AND J. A. G DEENEN, 1987: Distribution of excreted nitrogen by grazing cattle and its effects on sward quality, herbage production and utilization. In H. VAN DER MEER: Animal manure on grassland and fodder crops. Fertilizer or waste? Martinus Nijhoff, Dordrecht: 103-119.
- LEACH, J. A. BAX, D. J. RÜBERTS and C. THOMAS, 2000: The establishment and performance of a dairy system based on perennial ryegrass-white clover swards compared with a system based on nitrogen fertilized grass. Biological Agriculture and Horticulture, Vol.17:207-227.
- MÜLLER, J. und T. EILER, 1995: Betriebsbedingte Nährstoffbilanzen am Beispiel des Futterbaubetriebes. Nährstoffbilanzen im Blickfeld von Landwirtschaft und Umwelt:44-51, Bundesarbeitskreis Düngung, Frankfurt/Main.
- PARSONS, A. R. J. ÜRR, D. PENNING and R. LÜCKYER, 1991: Uptake, cycling and fate of nitrogen in grass-clover swards continuously grazed by sheep. J. Agric. Sci. Camb.: 116:47-61.
- TAUBE, M. WACHENDORF, und A. KORNER, 1996: Leistungsfähigkeit weisskleebasierter Produktionssysteme auf dem Dauergrünland Norddeutschland. Das Wirtschaftseigene Futter 41 (Heft1): 28-42.
- TAUBE, M. WACHENDORF, J. M. GREEF und R. WULFES, 1997: Perspektiven semi-intensiver Produktionssysteme in Milchvieh-/Futterbauregionen Norddeutschlands. Berichte über Landwirtschaft 75: 586-603.

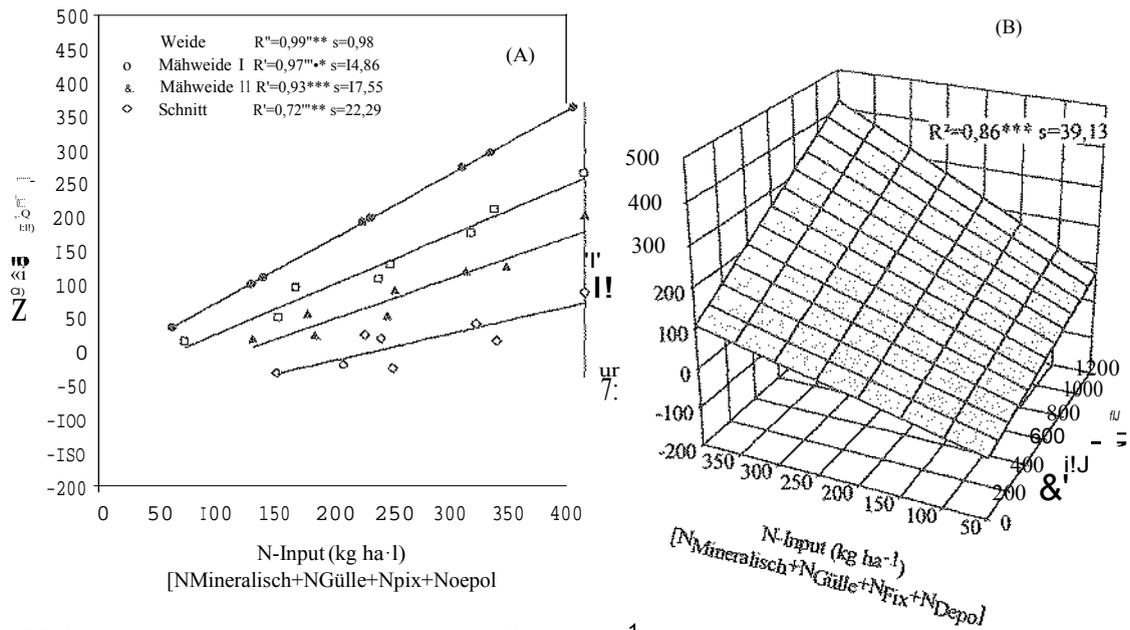


Abb.1: zwischen N-Saldo (kg N ha<sup>-1</sup>) und (A) N-Input der geprüften Systeme sowie (B) N-Input und Großvieh-Weidetag, Mittelwerte der Jahre 1997-99

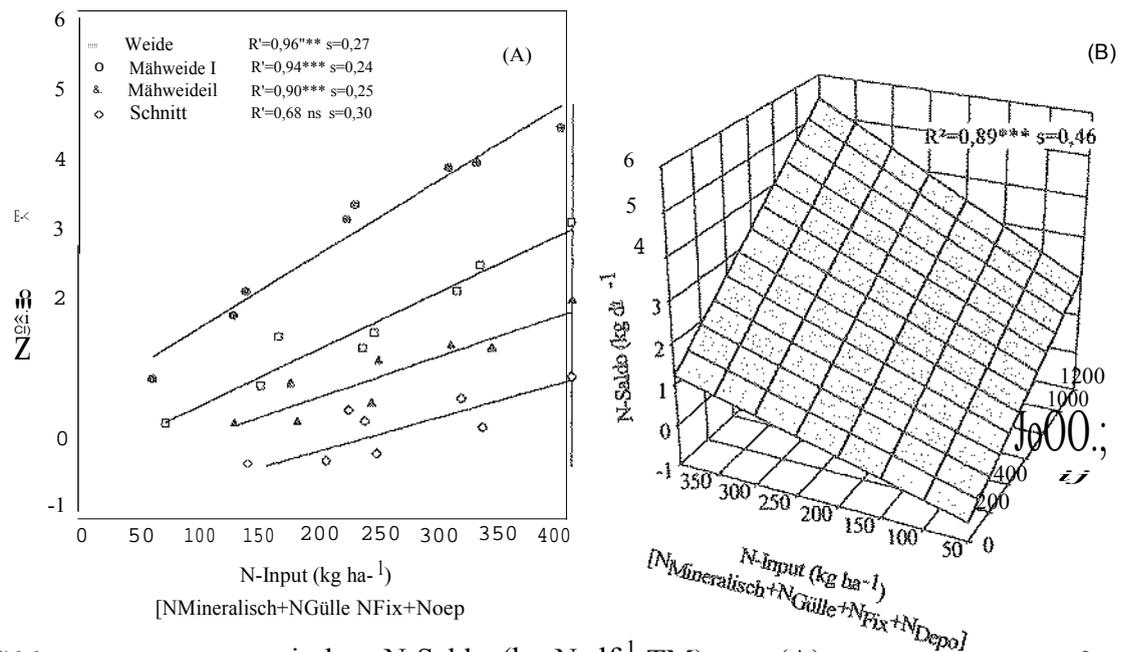


Abb. 2: zwischen N-Saldo (kg N df<sup>-1</sup> TM) und (A) N-Input der geprüften Systeme sowie (B) N-Input und Großvieh-Weidetag, Mittelwert der Jahre 1997-99

# Nitratauswaschung unter Grünland in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsform und der N-Düngungsintensität

von

Büchter, M. Wachendorf und Taube

Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

## 1. Einleitung

Die Düngungsintensität und Bewirtschaftungsform muß ökonomisch erfolgreich sein, ohne die ökologischen Effekte zu vernachlässigen. Mit Einführung des Nitratrinkwassergrenzwertes hat sich der Konflikt zwischen Wasserwirtschaft und Landwirtschaft verschärft. Nach zahlreichen Untersuchungen (BENKE 1992, ERNST 1992, KÜHBAUCH 1996) stellte sich heraus, dass diese Thematik nicht nur den Ackerbau, sondern auch die Grünlandwirtschaft betrifft. So zeigten BENKE (1992) und HÜGING (1997) vor allem die Problematik der Weidehaltung, die Rückführung des Stickstoffes im Kot und Harn (70 – 95 %) auf die beweidete Fläche, sowie das Sickerwasser in niederschlagsreichen Regionen kritische Nitratkonzentrationen. Aufgrund der sorptionsschwachen Böden und der niederschlagsreichen Winterhalbjahre zeichnet sich daher die Milchvieh- und Futterbaubetriebe im schleswig-holsteinischen Geest Handlungsbedarf ab. Vor diesem Hintergrund wurde das interdisziplinäre "N-Projekt Karkendamm" im Jahr 1997 initiiert. Ein Ziel der Untersuchung ist die Quantifizierung der Nitratgehalte im Sickerwasser bei verschiedenen Managementstrategien und N-Düngungsintensitäten in der Futterproduktion mittels...

## 2. Material und Methoden

Der zugrundeliegende Feldversuch wurde auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel (Übergangsgebiet der Niederen zur Hohen Geest, 0-Jahresniederschlag 823,6 mm, 0-Jahrestemperatur 8,4 °C, Bodenart/-typ: hS / Treposol (tiefumgebrochener Gley-Podsol) aus weichseleiszeitlichen Sanden) im Jahr 1997 angelegt. Der Versuch stellt eine mehrfaktorielle Spaltanlage dar. Variiert werden im Versuch die Nutzungsformen (Weide, bzw. zweimaliger Schnittnutzung und anschließender Beweidung, Schnitt und Simulierte Weide (Schnittnutzung bei Weidereife) sowie die mineralische Düngung (0, 100, 200 u. 300 kg N ha<sup>-1</sup>). Ferner werden Grasreinbestände und Weißklee-Grasbestände unterschieden. Die Beweidungsintensität der unterschiedlichen Varianten lag in den Jahren 97-99 zwischen 70 und 1100 Großvieh-Weidetagen (Weide: 800-1100, Mähweide I: 140-370, Mähweide II: 70-360). Die diesem Beitrag zugrundeliegenden Daten umfassen lediglich die als Weißklee/Gras-Bestände angelegten Varianten des Grünlandversuchs. Der Variationsbereich der Daten wird in weiterführenden Auswertungen noch dadurch erweitert, daß in sämtlichen Nutzungsformen auch kleefreie Bestände angelegt wurden, wodurch u.a. der N-Input in das System noch weiter erhöht wurde.

Gewinnung des Sickerwassers wurden in allen beweideten Varianten 6 keramische Saugkerzen in der Tiefe von 50 cm pro Parzelle eingebaut. In den schnittgenutzten Varianten befinden sich 3 Kerzen pro Parzelle. Die Saugkerzenanlage wird mittels einer elektrischen Tensiometeranlage gesteuert. Dies gewährleistet einen Unterdruck von 400 hPa an den keramischen Saugkerzen bei vorhandenem Sickerwasser im Boden und somit auch nur das tatsächliche Ansaugen von dem den Oberboden verlassenden Wasser.

Die Sickerwasserprobennahme fand im wöchentlichen Rhythmus statt, die Proben wurden im Labor umgehend auf Nitrat analysiert. Bei den im Ergebnisteil dargestellten Konzentrationen und Frachten handelt es sich um Jahresmittelwerte über die gemessenen 3 Sickerwasserperioden (1997/98, 1998/99 u. 1999/2000). Die Berechnung der Frachten erfolgte mittels der kumulativen klimatischen Wasserbilanz (WENDLING 1995), wobei eine Gewichtung entsprechend der Sickerwassermenge in den einzelnen Jahren berücksichtigt wurde.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Die Berechnung der kumulativen klimatischen Wasserbilanz ergibt für den Zeitraum der drei Sickerwasserperioden im Durchschnitt mm (97/98: 326 mm; 98/99: 417 mm; 99/00: 282 mm). Damit fallen mehr als 40 % der Jahresniederschläge im Winterhalbjahr. Längere Frostperioden traten während des Untersuchungszeitraums nicht auf. Die ermittelten  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen im Sickerwasser der wöchentlich durchgeführten Saugkerzenbeprobungen zeigten im Mittel über die drei Sickerwasserperioden einen deutlichen Einfluß des Stickstoffangebots [N-Input = Mineralische N-Düngermenge (NMineralisch) + organische Düngermenge (Noolle) + symbiontisch fixierter N (NFix) + N-Deposition (Noepo)] und der Bewirtschaftungsform (Abb. 1A). Die Schätzung der durch den Weißklee fixierten N-Menge erfolgte hierbei mittels einer Regression basierend auf den Kleeerträgen ungedüngter und moderat gedüngter Varianten des Grünlandversuchs (INGWERSEN, 2000). Die Menge des Mittels der Deposition in das Grünland eingetragenen Stickstoffs wurde  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  berücksichtigt. Während bei einer reinen Schnittnutzung die geringsten Konzentrationen gemessen wurden, traten bei ausschließlicher Beweidung die höchsten Werte auf. Die Werte der Mähweidesysteme mit einem bzw. zwei Schnitten und anschließender Beweidung lagen zwischen den beiden Extremvarianten. Unabhängig von der Nutzungsart verursachte eine Zunahme des N-Inputs ein Anstieg der  $\text{NO}_3$ -Konzentration im Sickerwasser, wobei der Anstieg für das Weidesystem am größten bzw. für alle anderen Systeme vergleichsweise gering war. Lediglich im Falle der Schnittnutzung war das quadratische Glied der Regressionsfunktion abzuschern, was möglicherweise kompensatorische Wirkungsbeziehungen zwischen N-Dünger und der durch Weißklee fixierten N-Menge widerspiegelt. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die meisten Konzentrationswerte über dem EU-Trinkwassergrenzwert von  $50 \text{ mg l}^{-1}$  liegen. Lediglich bei reiner Schnittnutzung und einem N-Input von unter  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  wird dieser Wert nicht überschritten. Abb. 1B zeigt das Ergebnis einer multiplen Regressionsrechnung mit N-Input und den Großvieh-Weidetagen als Regressoren. Ausgehend von den nach Nutzungsformen separaten Regressionsanalysen verfolgt diese Darstellungsform das Ziel eines übergreifenden Erklärungsmodells, in dem die Nutzungsformen (kategorische, kausal kaum interpretierbare, Variable) anhand der ihnen eigenen Weideintensität (ausgedrückt in GV-Weidetagen) ausgedrückt werden und somit als kontinuierliche und in ihrer Wirkung interpretationsfähigen Variable in das Modell aufgenommen werden. Diese erste verallgemeinernde Auswertung des Datenmaterials zeigt, daß die Weideintensität zusammen mit dem N-Input mit 71% relativ viel der auftretenden Variation erklärt, und somit mit diesen beiden Variablen wesentliche Einflußgrößen zur Beschreibung der  $\text{NO}_3$ -Sickerwasserkonzentration quantitativ erfaßt wurden.

Aus der Berechnung der Menge an Nitratausträgen mit dem Sickerwasser, als Produkt der kalkulierten Wasserbilanz und der gemessenen  $\text{NO}_3$ -Konzentration im Sickerwasser, ergaben sich für alle Systeme deutliche N-Frachten. Bei der durchschnittlichen Sickerwassermenge von  $341,8 \text{ mm}$  im Untersuchungszeitraum wurde bereits bei einer Fracht von  $38,6 \text{ kg N ha}^{-1}$  der EU-Trinkwassergrenzwert von  $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$  erreicht.

Fracht von 38,6 kg N ha<sup>-1</sup> der EU-Trinkwassergrenzwert von 50 mg NO<sub>3</sub> r<sup>1</sup> erreicht. Eine wöchentliche Probenahme ermöglichte sowohl die Menge des Sickerwassers als auch die entsprechende Konzentration exakt und lückenlos zu bestimmen.

Unter Berücksichtigung der jeweils versiekenden Wassermenge unterschritten auch hier lediglich die schnittgenutzten Varianten mit einem Stickstoff-Input bis 300 kg N ha<sup>-1</sup> diese Marke. Die beweideten Systeme lagen folglich ebenso über dem Grenzwert (Abb. 2A). So erreichten intensiv genutzte Weiden N-Frachten bis zu 150 kg N ha<sup>-1</sup>. Wiederum waren deutliche Unterschiede hinsichtlich des Nutzungsregimes festzustellen. So fielen die Belastungspotentiale der beweideten Varianten mit zunehmender Schnittnutzung geringer aus (Weide >Mähweide I> Mähweide II).

Auffallend ist die im Vergleich zu früheren Untersuchungen am gleichen Standort (BENKE, 1992) mit 180 kg ha<sup>-1</sup> beinahe doppelt so hohe N-Fracht der hochgedüngten Weidevariante. Grund hierfür ist vermutlich Tatsache, daß vorliegenden Feldversuch jede N-Behandlung innerhalb der Weidesysteme separat beweidet wurde. Unerwünschter N-Transfer zwischen den N-Stufen, welcher sich hauptsächlich auf den Stufen mit geringster und höchster Intensität auswirkt, wurde durch dieses Verfahren vermieden.

#### 4. Schlußfolgerung

Die dargestellten Ergebnisse belegen die Problematik einer hohen N-Intensität in der Grünlandwirtschaft hinsichtlich der Grundwasserreinhaltung. Beweidungsintensität wurde als weitere wesentliche Einflußgröße bei der Entstehung von N-Auswaschungsverlusten identifiziert. Durch eine angepaßte Stickstoffdüngung sowie durch eine verringerte Beweidungsintensität durch eine integrierte Schnittnutzung können Nitratausträge auf Dauergrünland werden.

#### 5. Literatur

- BENKE, M. 1992: Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzen-Methode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. Dissertation, Univ. Kiel.
- ERNST, 1992: Einfluß der Stickstoffdüngung, Nutzungsart und Umbruch auf Futterproduktion und Nitratbelastung in Grünlandwirtschaft. –Tagungsband der 35. Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau in der Ges. f. Pflanzbauwiss. in Bad Hersfeld, 1991, 122-133.
- INGWERSEN, M. WACHENDORF, F. TAUBE, 2000: N-Bilanz und N-Effizienz von Dauergrünland bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Kiel (in diesem Band).
- HÜGING, 1997: Auswirkungen unterschiedlicher Weideverfahren im Bergischen Land auf den Nitrataustrag, die Futterproduktion und die Weideleistung. Beiträge zu Agrarwissenschaften, Bd. 13, Verlag M. Wehle, Witterschlick/Bonn.
- KÜHBAUCH, W., ANGER & M. ROTH 1996: Wirkung von Exkrementstellen auf die Nitratverlagerung unter beweidetem Grünland in Abhängigkeit vom Nutzungstermin und Standort. -Forschungsberichte Heft Nr. Uni. Bonn. USL.
- WENDLING, U. 1995: Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO Penman-Monteith-Beziehung. Wasserwirtschaft, 85. 602-604.

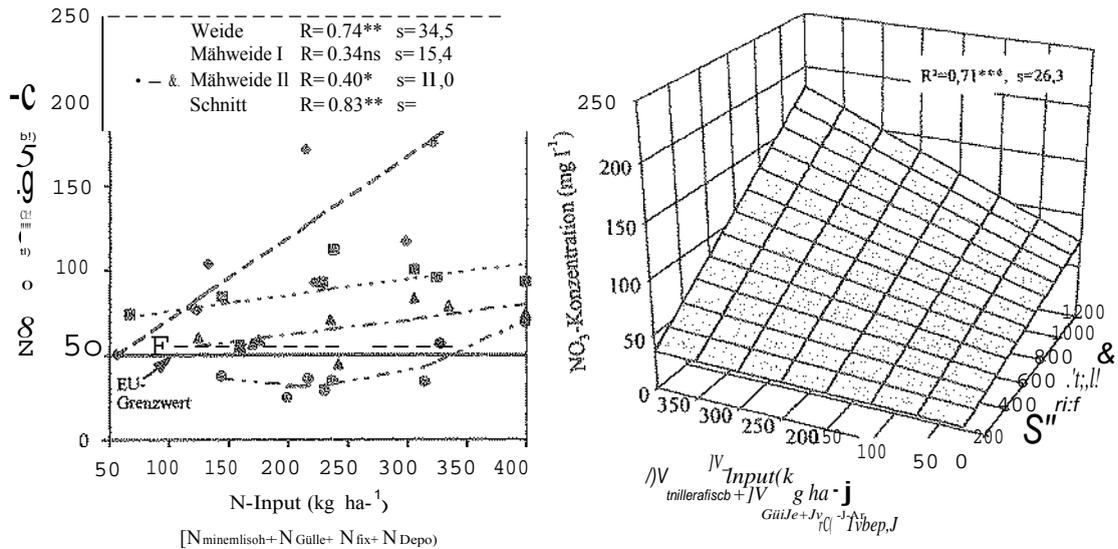


Abb. 1: Beziehung zwischen N-Input ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) und  $\text{NO}_3$ -Konzentration des Sickerwassers ( $\text{mg l}^{-1}$ ) in Abhängigkeit von der Nutzungsart (A). Darstellung der  $\text{NO}_3$ -Konzentration ( $\text{mg l}^{-1}$ ) mittels einer multiplen Regression mit N-Input ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) und Großvieh-Weidetag als Regressoren (B). Dargestellt sind Mittelwerte der Sickerwasserperioden 97/98, 98/99 und 99/00.

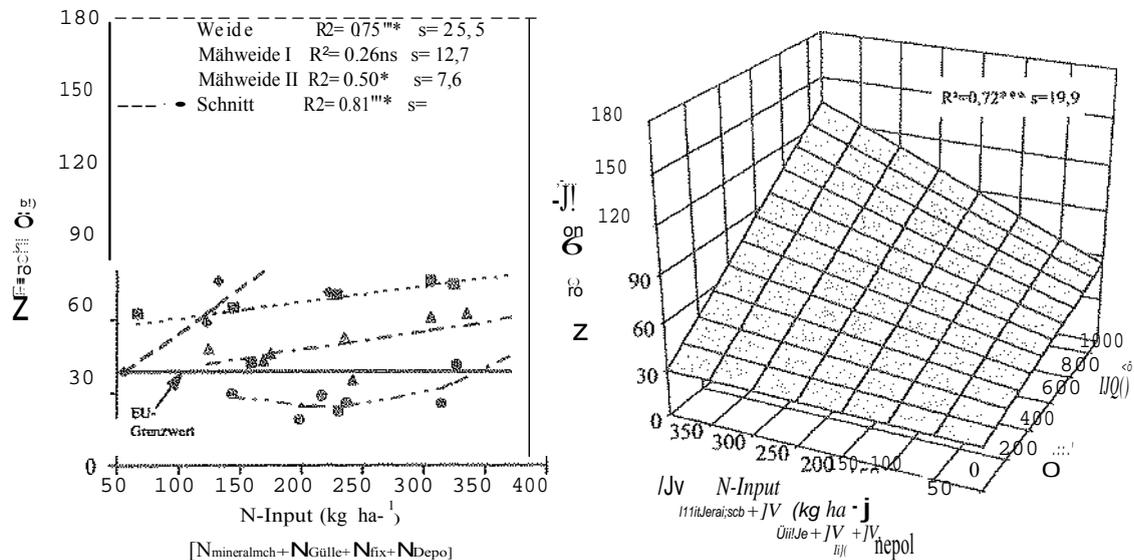


Abb. 2: Beziehung zwischen N-Input ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) und Sickerwasser verlagerten N-Fracht ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) in Abhängigkeit von der Nutzungsart (A). Darstellung der N-Fracht ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) mittels einer multiplen Regression mit N-Input ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) und Großvieh-Weidetag als Regressoren (B). Dargestellt sind Mittelwerte der Sickerwasserperioden 97/98, 98/99 und 99/00.

# Die Beprobung des oberflächennahen Grundwassers zur Abschätzung der Nitratbelastung unter beweidetem Grünland

von

Hark Ketelsen<sup>1)</sup> und Manfred Büchter<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover

<sup>2)</sup> Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

## Einleitung

Der Zusammenhang zwischen erhöhten Nitrat-(NO<sub>3</sub>-)-Konzentrationen im Grundwasser und intensiver Landwirtschaft ist seit langem bekannt. Die Ermittlung der Höhe der NO<sub>3</sub>--Auswaschung aus landwirtschaftlich genutzten Böden spielt daher im Rahmen des Grundwasserschutzes eine bedeutende Rolle.

Traditionell galt vor allem der Ackerbau als grundwassergefährdend, während Grünlandnutzung diesbezüglich als unbedenklich eingestuft wurde. Diese Pauschalbeurteilung gründet auf Studien zur NO<sub>3</sub>--Auswaschung unter geschnittenem Grünland.

geringen NO<sub>3</sub>--Konzentrationen im Sickerwasser unter geschnittenem Grünland stehen in aller Regel wesentlich höhere unter beweidetem Grünland gegenüber (RYDEN et al. 1984, BENKE 1992). Denn Rinder verwerten (Lebendgewichtszunahme, Milch) nur etwa 5-30% des dem Weidefutter aufgenommenen Stickstoffs (N), während 70-95% mit den Exkrementen wieder auf die Weide gelangen (HAYNES & WILLIAMS 1993, WHITEHEAD 1995, KÜRBAUCH et al. 1996). Folglich werden auf intensiv genutzten Weiden am Ende der Vegetationsperiode vielfach beachtliche N<sub>min</sub>-Restmengen vor (JARVIS & BARRACLOUGH 1991, KÜRBAUCH et al. 1996), die mit dem winterlichen Sickerwasser als NO<sub>3</sub>- aus dem effektiven Wurzelraum in Richtung Grundwasser verlagert werden.

Sickerwasserproben zur Ermittlung der NO<sub>3</sub>--Konzentration werden im Feldversuch üblicherweise anhand von Saugkerzen gewonnen. Diese punktuelle Probennahmestrategie ist jedoch aufgrund der räumlichen Variabilität der NO<sub>3</sub>- nicht unproblematisch. Ist eine zuverlässige Schätzung des arithmetischen Mittelwerts auf ackerbaulich genutzten Standorten mit einem moderaten Stichprobenumfang noch möglich (DAHIYA et al. 1984), so führt der punktuelle N-Eintrag mit den Exkrementen der Weidetiere auf Weiden zu einer hohen Variation des NO<sub>3</sub>- (KÜRBAUCH et al. 1996). Daraus resultieren – je nach zugrunde gelegter Irrtumswahrscheinlichkeit und angestrebter Präzision des Mittelwerts – theoretische Stichprobenumfänge in einer Größenordnung von  $n > 100$  (KETELSEN et al. 1999), die in der Praxis – insbesondere bei mehrfaktoriellen Versuchsanlagen – aus ökonomischen Gründen nicht realisierbar sind.

Eine sinnvolle Alternative bzw. Ergänzung zur Saugkerzenmethode stellt die direkte Messung der wasserwirtschaftlich relevanten Zielgröße – der NO<sub>3</sub>--Konzentration – im am Standort neu gebildeten Grundwasser dar. Denn aufgrund der hydrodynamischen Dispersion in der ungesättigten Bodenzone und der Nähe oberflächennahen Grundwasser kann von einer erheblichen Reduktion der Variabilität ausgegangen werden.

Auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel startete 1997 ein interdisziplinäres Forschungsprojekt, das sich mit der Quantifizierung von N-Flüssen im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb befasst. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts werden das Sickerwasser und das oberflächennahe Grundwasser unter verschiedenen Varianten beweideten Grünlands untersucht. Die ersten Ergebnisse aus dem Winterhalbjahr 1997/98 werden in diesem Bericht vorgestellt.

## Material und Methoden

Der Versuchsbetrieb Karkendamm liegt ca. 2 km östlich von Bad Bramstedt im Übergangsbereich von der Niederen zur Hohen Geest. Die Versuchsfelder liegen in der Osterau-Niederung. Im Zuge der postglazialen Bodenbildung entstanden hier auf glazifluviatilen Fein- und Mittelsanden je nach Grundwasserflurabstand Podsole und Gleye sowie deren Übergangsformen (Gley-Podsole, Podsol-Gleye).

Ein Kernstück des Forschungsprojekts ist ein mehrfaktorieller Parzellenversuch, der das Spektrum unterschiedlicher Varianten der Grünlandnutzung abdeckt (s. BÜCHTER 2000). Auf 9 Parzellen wird sowohl das Sickerwasser als auch das Grundwasser beprobt (1mal wöchentlich im Winterhalbjahr). Die Sickerwasserbeprobung erfolgt jeweils mit 6 Saugkerzen (installiert in 50 cm Bodentiefe), wobei das gewonnene Sickerwasser zu einer Mischprobe vereinigt wird. Das oberflächennahe Grundwasser wird anhand eines Rammfilterbrunnens beprobt. Abbildung 1 zeigt ein Schema des Versuchsaufbaus.

Das Grundwasser am Versuchsstandort strömt der Osterau mit einer horizontalen Strömungsgeschwindigkeit von  $20\text{-}30\text{ m a}^{-1}$  zu. Da der Abstand der Rammfilter zu den benachbarten Parzellen gegen die Richtung der Grundwasserströmung maximal nur etwa 10m beträgt, ist eine 'Kontamination' der Rammfilter durch Grundwasser, das auf den benachbarten Parzellen neu gebildet wurde, denkbar. Um eine solche 'Kontamination' zu erkennen, wurde am 14.11.1997 auf den im Grundwasser oberstrom der Rammfilter liegenden Parzellengrenzen der konservative Tracer Bromid (Br) ausgebracht (Abb. 1).

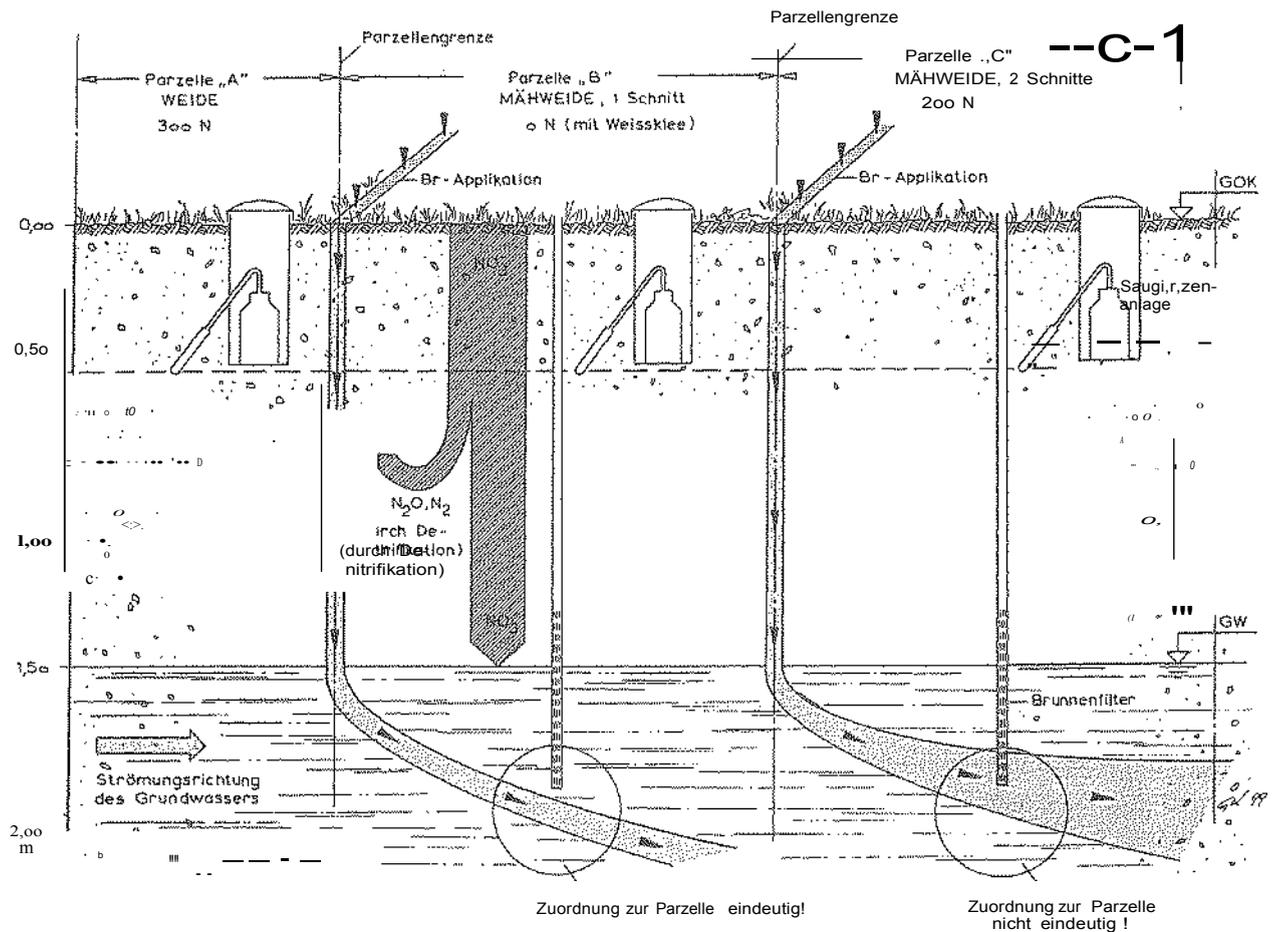


Abb. 1: Schematische Darstellung der Beprobung des Sickerwassers und des oberflächennahen Grundwassers sowie der Applikation des Br-Tracers

In allen Sickerwasser- und Grundwasserproben wurden die Konzentrationen der Anionen  $\text{NO}_3^-$ - und  $\text{Br}^-$ -ionen chromatographisch bestimmt.

Tab. 1: Bewirtschaftung der Parzellenversuchsvarianten

Parzellen-Nr.	Nutzungsform	Mineraldünger [kg ha <sup>-1</sup> N]	Anzahl der Umtriebe
1	Weide	0	5
2	Weide	0	5
3	Weide	100	6
4	Weide	200	6
5	Weide	300	6
6	Mähweide I	100	5
7	Mähweide I	200	5
8	Mähweide II	300	4
9	Mähweide II	0	4

) Gras-Reinbestand

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 2 zeigt mittlere NO<sub>3</sub>--Konzentrationen im Sicker- und Grundwasser, mittlere Grundwasserflurabstände und die prozentualen Abweichungen der mittleren NO<sub>3</sub>-Konzentrationen im Grundwasser von denjenigen im Sickerwasser. In Rammfiltern der Parzellen-Nr. 6 und 8 wurde ab Ende Februar bzw. Mitte März in geringer Konzentration gefunden. Die NO<sub>3</sub>--Konzentration änderte sich jedoch nicht signifikant. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass das Ergebnis durch die 'Kontamination' mit dem Sickerwasser der Nachbarparzelle jeweils nicht wesentlich verfälscht wird.

Tab. Mittlere NO<sub>3</sub>--Konzentrationen im Sicker- und Grundwasser (GW), mittlere GW-Flurabstände und prozentuale Abweichungen der mittleren NO<sub>3</sub>--Konzentrationen im GW von denjenigen im Sickerwasser

Nr.	Sickerwasser (SW) <sup>(1)</sup>		Grundwasser (GW) <sup>(2)</sup>			Abweichung [%]
	n	NO <sub>3</sub> - [mg l <sup>-1</sup> ]	n	NO <sub>3</sub> - [mg l <sup>-1</sup> ]	GWFA [m]	
1	16	83,1	23	90,4	1,59	+ 9
2	15	98,2	23	74,6	1,55	- 24
3	14	65,8	23	89,7	1,46	+ 36
4	15	46,9	23	55,9	1,25	+ 19
5	13	135,9	23	149,9	1,49	+ 10
6	16	190,8	23	125,2	1,29	- 34
7	13	81,1	23	81,7	1,32	+ 1
8	15		23		1,37	+
9	16	76,6	23	67,4	1,04	- 12

(1) Beprobungszeitraum: 30.12.1997-28.04.1998

(2) Beprobungszeitraum: 25.11.1997-28.04.1998

Aus Tabelle 2 geht hervor, dass die mittlere NO<sub>3</sub>-Konzentration im oberflächennahen Grundwasser- von einer Ausnahme abgesehen (Parzelle 8, Werte fett gedruckt) -mit der mittleren NO<sub>3</sub>--Konzentration im Sickerwasser der Tendenz nach übereinstimmt; in 4 der 9 Parzellen beträgt die Abweichung nur etwa 10% oder weniger. Abbildung 2 zeigt die Beziehung zwischen den Wertepaaren (Regression ohne Parzelle 8).

Die Ergebnisse aus dem Winterhalbjahr 1997/98 lassen erkennen, dass die Sickerwasserqualität unter beweidetem Grünland zumindest tendenziell mit einer begrenzten Anzahl von Saugkerzen erfasst werden kann, wobei aber in Einzelfällen mit größeren

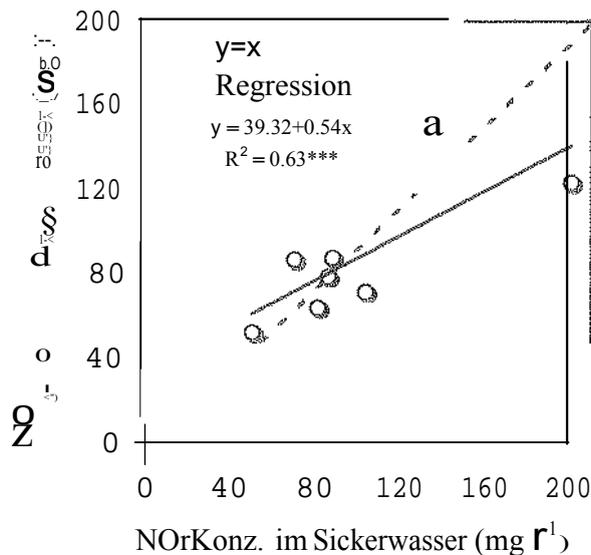


Abb. Beziehung zwischen den mittleren  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen im Sickerwasser und im oberflächennahen Grundwasser

Abweichungen gerechnet werden **muß**. Ob diese These aufrecht erhalten werden kann, wird die Auswertung der Meßwerte aus den Winterhalbjahren 98/99 und 99/00 zeigen. Unabhängig davon fällt auf, dass die  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration im Grundwasser unter allen Varianten – insbesondere auch unter den ungedüngten, was auf der N-Fixierung durch eingewanderten Weißklee beruht – weit oberhalb des  $\text{NO}_3^-$ -Grenzwerts der TVO ( $50 \text{ mg l}^{-1}$ ) liegt. Vor dem Hintergrund, dass das Grünland vielerorts bis zum heutigen Tag als optimale Nutzungsform von Flächen in Wasserschutzgebieten angesehen wird, muß deutlich gemacht werden, dass bei intensiver Weidewirtschaft grundsätzlich hohe  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen in Sicker- und Grundwasser zu erwarten sind.

#### 4. Literatur

- BENKE, M. (1992): Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzen-Methode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. -Dissertation, Univ. Kiel.
- BÜCHTER, M., M. WACHENDORF, F. TAUBE, 2000: Nitratauswaschung unter Grünland in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform und der N-Düngungsintensität. 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Kiel (in diesem Band).
- DAHIYA, I.S., K.C. KERSEBAUM & J. RICHTER (1984): Spatial variability of some nutrient constituents of an Alfisol from loess. I. Classical statistical analysis. – Pflanzenemähr. Bodenk. 695-703.
- HAYNES, R.J. & WILLIAMS (1993): Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. – Advances Agron. 119-199.
- JARVIS, S.C. & BARRACLOUGH (1991): Variation in mineral nitrogen under grazed grassland swards.- Plant Soil 177-188.
- KETELSEN, H., J. HANSEN E.-W. REICHE (1999): Modellstudien zur Nitratauswaschung unter beweidetem Grünland.- Pflanzenemähr. Bodenk. 685-696.
- KÜHBAUCH, W., M. ANGER & HÜGING (1996): Auswirkungen unterschiedlicher Weideverfahren auf die Kontamination des Bodenwassers mit Nitratstickstoff sowie auf die Zusammensetzung der Grünlandnarbe, die Futterproduktion und die Weideleistung. -Lehr- und Forschungsschwerpunkt 'Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft', Forschungsbericht Univ. Bonn.
- RYDEN, J.C., P.R. BALL & E.A. GARWOOD (1984): Nitrate leaching from grassland. – Nature 50-53.
- WHITEHEAD, D.C. (1995): Grassland nitrogen.- CAB International, Wallingford.

# Diversität denitrifizierender Bakterien im Grundwasser unter Böden mit unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsintensität

von

Christian G. Gliesche<sup>1</sup>, Gesche Braker<sup>2</sup>, Björn Schuster<sup>3</sup> und Andreas Fesefeldt<sup>4</sup>

<sup>1</sup>, Institut für Ökologie Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Schwedenhagen 6; 18565 Kloster / Insel Hiddensee

<sup>2</sup>, Center for Microbial Ecology, Michigan State University, East Lansing, 48824-1325, USA

<sup>3</sup>, Institut für Allgemeine Mikrobiologie, Am Botanischen Garten 1-9, 24118 Kiel

<sup>4</sup>, Landeskriminalamt Schleswig-Holstein, Mühlenweg 166, D-24116 Kiel

## 1. Einleitung

Die biologische Bindung des elementaren Stickstoffs (Stickstofffixierung) und die Freisetzung von gebundenem Stickstoff aus Gewässern und Böden durch denitrifizierende Bakterien (Denitrifikation) gehören zu den wichtigsten Prozessen des Stickstoffkreislaufs. Sowohl die Stickstofffixierung als auch die Denitrifikation sind rein mikrobielle Prozesse und werden nur von bestimmten Bakteriengruppen durchgeführt, wobei die bakterielle Stickstoffbindung häufig in Symbiose mit Pflanzen abläuft. Bei der Denitrifikation wird Nitrat stufenweise über Nitrit zu den gasförmigen Produkten NO (Stickstoffoxid), N<sub>2</sub>O (Lachgas) und schließlich N<sub>2</sub> (elementarer Stickstoff) reduziert.

Im Grundwasser unter den Grünlandflächen des Versuchshofes Karkendamm treten aufgrund der unterschiedlichen Mengen an Nitrat und Nitrit auf. Diese Stickstoffkomponenten beeinflussen zusammen mit der Konzentration organischer Kohlenstoffquellen die LusaJtnnr erasetzUtn2und Aktivität der bakteriellen Lebensgemeinschaften und hier besonders die der denitrifizierenden Bakterien. Es wurde geprüft, ob der Einfluß unterschiedlichen stickstoffhaltiger Verbindungen in das mit Bewirtschaftungsform korreliert werden

Die bakterielle Nitritreduktase (*nirK*- und *nirS*-Gen) katalysiert Umsetzung von Nitrit zu NO und ist das Schlüsselenzym Denitrifikation (dissimilatorische Nitratreduktion). vielen denitrifizierenden ist die Cytochrom cd1-enthaltende Nitritreduktase (*nirS*) zu finden. Manche denitrifizierende (etwa 30%) besitzen hingegen eine kupferenthaltende Nitritreduktase (*nirK*). Gründe für diese unterschiedliche Verbreitung beider Enzyme gleicher Funktion sind bisher noch unbekannt.

Denitrifizierende Mikroorganismen finden sich in verschiedenen phylogenetischen Entwicklungslinien *Bacteria* und *Archaea*. kommt, daß innerhalb einer Bakteriengattung oder -art bzw. Stämme Eigenschaft zur Denitrifikation besitzen können oder auch nicht. Deshalb sind molekularbiologische Nachweisverfahren, die auf Sequenzunterschied der Gene für die 16S bzw. 23S beruhen, für Mikroorganismen nicht möglich.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Eignung spezifischer der Gene für die kupferenthaltende Nitrit-Reduktase (*nirK*) und für die Cytochrom cd1-enthaltende Nitrit-Reduktase (*nirS*) zur Differenzierung und Identifizierung von denitrifizierenden Bakterien des Grundwassers unterhalb der Flächen mit unterschiedlicher Bewirtschaftungsform untersucht.

## 2. Material und Methoden

Die Probennahme (5-15 l Grundwasser) erfolgte alle 2 Wochen während des Zeitraums von Dezember 1997 bis April 1998 mit Hilfe einer Pumpe aus 1 m Tiefe. Die Gesamtzellzahl der Mikroorganismen am Standort wurde ermittelt (BLOEM, 1995). Von ausgewählten Grundwasserproben wurden auf den Medien R2A (Merck, Braunschweig) und Grundwassermedium 1 (filtriertes Grundwasser [0,22 l/m<sup>3</sup>] mit 0,25 % Hefeextrakt) die Lebendzellzahlen bestimmt. Die "most probable number" (MPN) denitrifizierender Bakterien wurde in Grundwassermedium 1 mit 5 mg/l KN<sub>3</sub> bestimmt. Die genetische Differenzierung der denitrifizierenden Bakterien erfolgte durch Amplifizierung von bestimmten Bereichen des Genoms beider Gene für die Nitritreduktase (*nirK*- und *nirS*) mit Hilfe der Polymerasekettenreaktion, die spezifisch für Denitrifikanten sind (BRAKER *et al.*, 1998). Diese Genfragmente wurden dann kloniert (T-Cloning-Kit, MBI Fermentas) und anschließend sequenziert (ABI Prism<sup>TM</sup>-System 373, Applied Biosystems).

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamtzellzahlen, Lebendzellzahlen und "most probable number" denitrifizierender Bakterien im Grundwasser unter den extensiv (Saugkerze Nr. 14) bzw. intensiv bewirtschafteten Flächen (Saugkerze Nr. 10) sind in Tabelle 1 aufgeführt. Im Grundwasser unterhalb der intensiv bewirtschafteten Flächen waren die Lebendzellzahlen in fast allen Fällen etwas höher.

Es zeigte sich, daß die denitrifizierenden Mikroorganismen der unterschiedlich bewirtschafteten Standorte in ihrer genetischen Struktur deutlich voneinander verschieden sind (Abb. 1 und 2). Die enge Clusterung der Organismen, die jeweils aus den Grundwasserleitern unter den intensiv bzw. extensiv bewirtschafteten Flächen isoliert wurden, unterstreicht die Stärke molekularbiologischer Methoden hinsichtlich der Charakterisierung kontaminierter oder nicht kontaminierter Grundwasserleiter.

Tabelle 1: Zellzahlen im Grundwasser unterhalb der unterschiedlich bewirtschafteten Flächen (Zellen/mi)

	Grundwasser unter intensiver Fläche	Grundwasser unter extensiver Fläche
Gesamtzellzahl	6,6 x 10 <sup>6</sup>	4,8 x 10 <sup>6</sup>
Lebendzellzahl auf R2A-Agar	3,0 x 10 <sup>4</sup>	2,4 x 10 <sup>4</sup>
Lebendzellzahl auf Grundwassermedium 1	2,4 x 10 <sup>4</sup>	5,4 x 10 <sup>4</sup>
MPN denitrifizierender Bakterien	9 x 10 <sup>4</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>

MPN, most probable number

## 4. Literatur

- BLOEM, J., 1995: Fluorescent staining of microbes for total direct counts. p. 4.1.8:1-12. In A. D. Akkermans, J. D. van Elsas, and F. J. de Bruijn (ed.), Molecular microbial ecology manual. Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- BRAKER, G., A. FESEFELDT, AND K.-P. WITZEL, 1998: Development of primer systems for the amplification of nitrite reductase genes (*nirK* and *nirS*) to detect denitrifying bacteria in environmental samples. Appl. Environ. Microbiol. 64, 3769-3775.

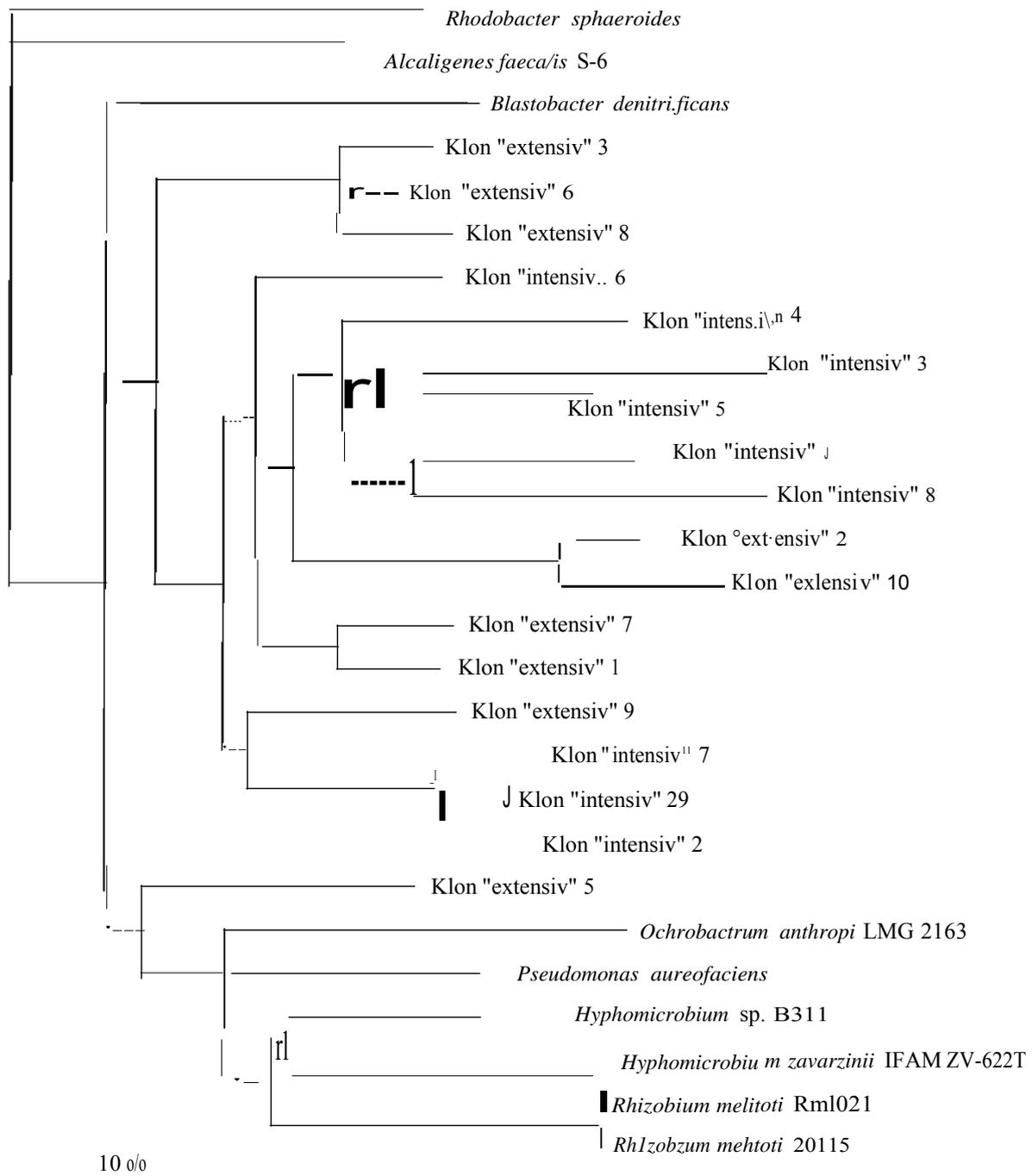


Abb. 1. JOINING-Stammbaum, berechnet aus Nukleinsäure-Partialsequenzen des *nirK*-Gens denitrifizierender Dendrogramm zeigt Verwandtschaft des *nirK*-Gens, erhalten nach Amplifikation aus Grundwasser-DNA zweier Grundwasserleiter im Vergleich mit bekannten *nirK*-Sequenzen. Die Grundwasserleiter befanden sich unterhalb intensiv (Klone mit "intensiv" bezeichnet) einer extensiv wirtschafteten (Klone „extensiv" bezeichnet) im Versuchsbetrieb ... an der Universität Kiel in Schleswig-Holstein. ... erfolgte mit den Programmen sowie aus 3.5c. Der Stammbalken zeigt 10% Sequenzunterschied zwischen jeweils 2 Nukleinsäuresequenzen an.

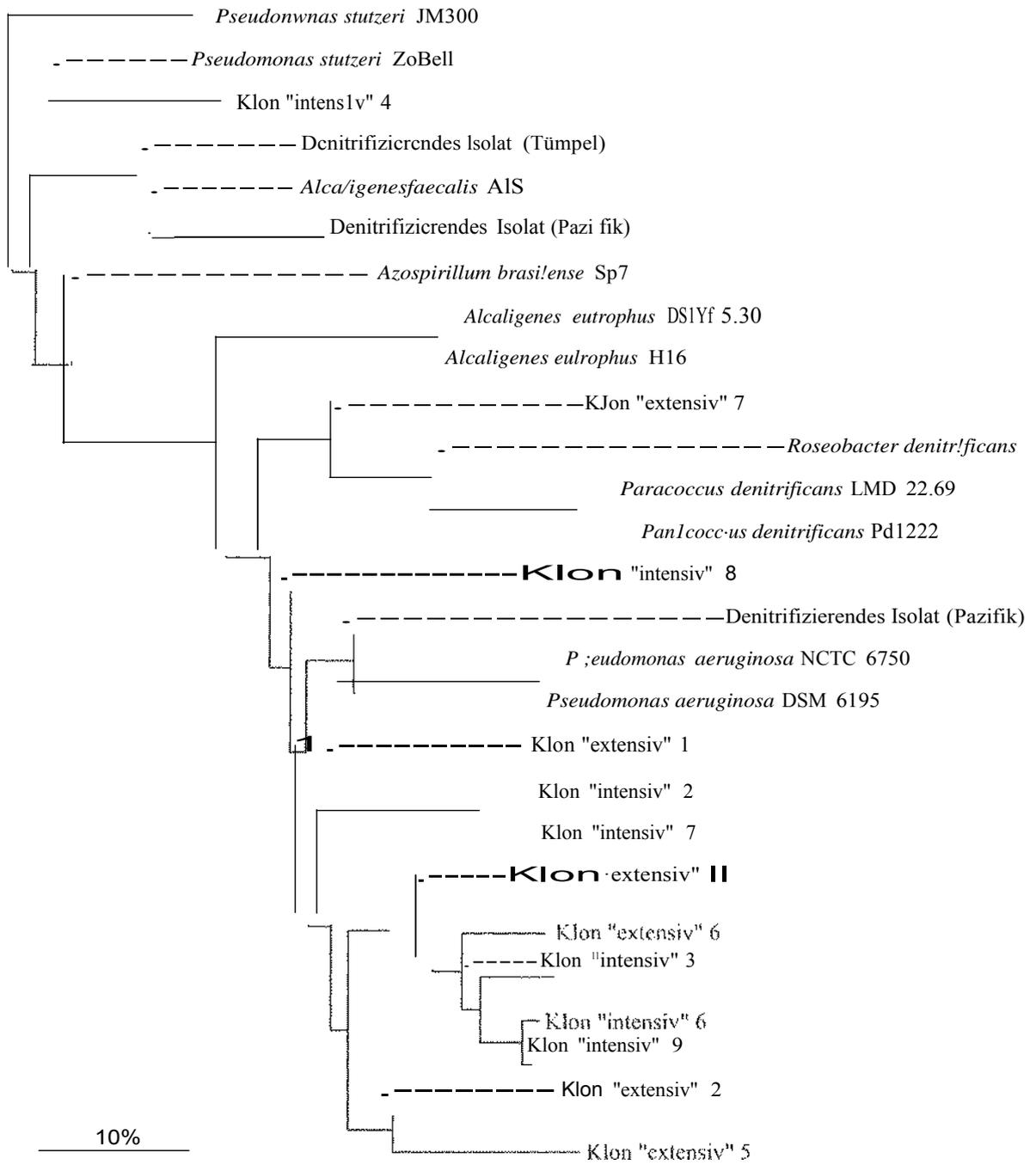


Abb. 2. JOINING-Stammbaum, berechnet aus Nukleinsäure-Partialsequenzen des *nirS*-Gens denitrifizierender Bakterien. Dendrogramm zeigt die Verwandtschaft des *nirS*-Gens, erhalten nach Amplifikation aus Grundwasser-DNA zweier Grundwasserleiter im Vergleich mit bekannten *nirS*-Sequenzen. Grundwasserleiter befinden sich unterhalb einer intensiv (Klone mit "intensiv" bezeichnet) bzw. einer extensiv bewirtschafteten (Klone "extensiv" bezeichnet) im Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel in Schleswig-Holstein. Berechnung erfolgte mit den Programmen sowie aus 3.5c. Abstandsbalken zeigt 10% Sequenzunterschied zwischen jeweils 2 Nukleinsäuresequenzen an.

# Der Einfluß der Beweidung auf die Höhe labiler Kohlenstoff- und Stickstoff-Fractionen in humosen Oberböden

Karrasch, M.1), Wachendorf, C.1), Taube, 2)

1) Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg, Allendeplatz 2, 20354 Hamburg

2) Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Holzkoppelweg 2, 24118 Kiel

## Einleitung

Während einer Beweidung werden dem Boden durch Exkremate hohe Mengen leicht umsetzbarer organischer Verbindungen zugeführt, die als Bestandteil der organischen Bodensubstanz unterschiedlich umgesetzt werden können. Bisher gibt es erst verhältnismäßig wenig Untersuchungen zum Einfluß der Beweidung auf die Höhe labiler C- und N-Fractionen im Boden (Hassink, 1992; Bristow et al., 1991). Daher wurden der Kohlenstoff und Stickstoff in der mikrobiellen Biomasse, im Heißwasserextrakt und in der potentiell mineralisierbaren Fraktion in Oberböden unter Schnitt- und Weidenutzung untersucht. Es soll geprüft werden, welche Parameter den Einfluß der Beweidung widerspiegeln und ob Unterschiede zwischen unterschiedlichen Düngungsintensitäten ( $0, 100, 300 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) und verschiedenen Pflanzenarten (Gras und Klee) feststellbar sind (Abb. 1).

## Material

Die Untersuchungen werden im Rahmen des interdisziplinären Projektes "Stickstoffflüsse im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb" durchgeführt. Die Versuchsfläche gehört zum Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel. Standort ist durch sandige, nährstoffarme Ausgangssubstrate sowie durch stark humose Oberböden mit  $\text{pH}$  zwischen 5,2 und 5,0 gekennzeichnet. Versuchsfläche wurde 1980 tiefumgebrochen; aus ehemaligen Gley-Podsolen wurden Treposele.

## Methoden

Die Bestimmung der mikrobiellen Biomasse wurde nach der CFE-Methode nach Brookes et al. (1985) und Vance et al. (1987) durchgeführt. Umrechnung auf mikrobiellen Biomasse  $\text{C}$  und  $\text{-N}$  ( $\text{C}_{\text{mik}}$  und  $\text{N}_{\text{mik}}$ ) erfolgte mit dem  $\text{K}_{\text{C}}$ - und  $\text{K}_{\text{N}}$ -

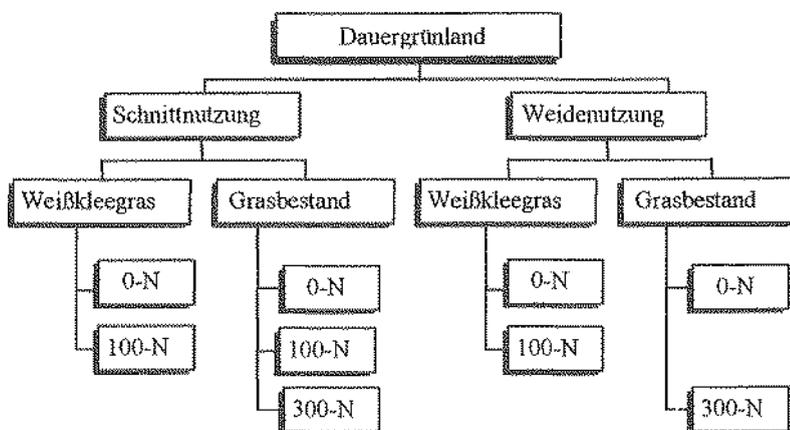


Abb. 1: Parzellen des N-Projektes mit bodenkundlicher Untersuchung

Faktor von 2,22 nach Jenkinsan (1988). Der Gehalt an heißwasserlöslichem C und N (Chwl, Nhw) wurde durch Extraktion bei 70 °C bestimmt. Der potentiell mineralisierbare Stickstoff (Npot) wurde nach Beck (1983) mittels aerober Inkubation bei 25 °C und Wassersättigung über 28 Tage bestimmt. Der potentiell mineralisierbare Kohlenstoff (Cpot) wurde durch Ermittlung des Sauerstoffverbrauchs im Sapromaten über 3 Tage bei 25 °C und vorheriger Einstellung auf 55 % der maximalen Wasserkapazität ermittelt. Die so erhaltenen Werte wurde mit einem angenommenem Respirationsquotienten von 1 auf CO<sub>2</sub>-C-Freisetzung umgerechnet.

Die Untersuchung wurde zwischen August 1998 und März 2000 durchgeführt. Die Parzellen wurden nutzungsbezogen zu 4 Terminen im Jahr beprobt: Beginn Vegetationsperiode (März), vor Beginn der Nutzung (April/Mai), später Aufwuchs (August/September) sowie Vegetationsende (November). Die Werte für Ct und Nt sind Mittelwerte von 4 Beprobungsterminen in 1998. Die Schnittparzellen wurden pro Vegetationsperiode 4 mal genutzt, die Weideparzellen 5-6 mal (GVWeidetage 1998/99 NO: 928/672, N100: 1100/832 und N300: 1114/947). Die Parzellen wurden pro Bewirtschaftungsvariante in je 2 Feldwiederholungen beprobt.

## Ergebnisse

### Erhöhung der labilen C- und N-Fractionen durch Beweidung

Der Gehalt an mikrobieller Biomasse, der C- und N-Gehalt im Heißwasserextrakt sowie die potentiell mineralisierbare Fraktion sind aufgrund des sandigen, nährstoffarmen Ausgangssubstrates niedrig (Sparling et al., 1998; Leinweber et al., 1995; Schinner et al., 1996).

Da unter Schnittnutzung die erste Feldwiederholung über alle Düngungsstufen deutlich höhere Ct-Gehalte aufweist als die zweite Feldwiederholung und als die Parzellen unter Beweidung (5 % zu jeweils 3 %, Tab. 1) ist sie nicht direkt mit den Weideparzellen vergleichbar. Für einen Vergleich der labilen Fraktionen unter Schnitt- und

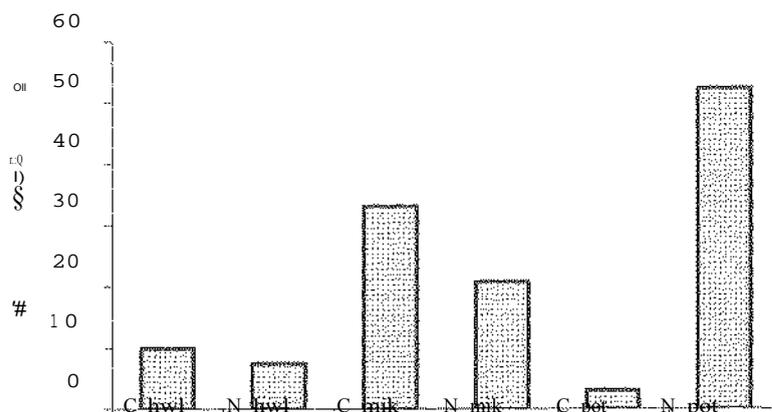


Abb. 2: Erhöhung labiler C- und N-Fractionen unter Beweidung

Prozentualer beweidungsbedingter Melrranteil der Anteile labiler Fraktionen an Ct illld Nt Vergleich derbeweideten Parzellen mit den Schnittparzellen der Feldwiederholilllg 2

Weidenutzung wird daher nur die Feldwiederholung 2 unter Schnittnutzung berücksichtigt (Abb. 2).

Die Gehalte an heißwasserlöslichem C und N zeigen unter Beweidung nur eine geringfügige, nicht signifikante Erhöhung. Die mikrobielle Biomasse nimmt unter Beweidung im Mittel aller Termine und Bewirtschaftungsvarianten um 12 kg N/ha und 80 kg C/ha zu. Dies entspricht einer Zunahme um 20 – 30 %. Die C/N-Verhältnisse verändern sich durch Beweidung nicht (nicht dargestellt).

Die potentielle N-Mineralisation nimmt beweidungsbedingt um 20 kg N ha<sup>-1</sup> · 28d<sup>-1</sup> – entsprechend einer Gesamtzunahme um 50 % zu – zu. Eine Zunahme leicht mobilisierbarer C-Verbindungen ist dagegen nicht zu verzeichnen.

Unter den in Böden in der Regel vorherrschenden Bedingungen mikrobieller C-Limitierung (Martens, 1995) unterliegen labile C-Fractionen einer schnellen Mineralisation sofern sie nicht zum Aufbau mikrobieller Biomasse verwendet werden. Somit ist anzunehmen, daß die durch Exkremate eingetragenen C-Verbindungen zu einem Anwachsen der mikrobiellen Biomasse geführt haben.

Rassink (1992) fand bei einem Vergleich von Weide- und Schnittnutzung auf mehreren Standorten eine erhöhte potentielle N-Mineralisation sowie höhere Gehalte an mikrobiell gebundenem N unter Beweidung, während von Bristow et al. (1991) kein Einfluß der Beweidung auf den mikrobiell gebundenen N festgestellt wurde.

Tabelle 1: C- und N-Fractionen im Oberboden (0-15 cm) unter Schnitt und Weide im Mittel aller Düngungsstufen (Mittelwert und SD)

		N hwl <sup>d</sup>		C mik <sup>3</sup>		kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	Ct kg 10 <sup>3</sup> · ha <sup>-1</sup>	Nt
		kg ha <sup>-1</sup>							
Schnitt gesamt	832 a 216,4	106 a 26,44	420 a 85,83	80 a 14,58	31 a 5,98	1,5 b 0,47	78,77	3,66	
Schnitt Feldwdhlg. 1	975 166,96	113 19,9	481 62,19	91 10,25	32 5,52	1,6 0,51	97,84	4,34	
Schnitt Feldwdhlg. 2	676 c 144,99	99 c 30,0	344 d 33,20	69 d 3,39	29 c 6,47	1,4 d 0,40	59,70	2,98	
Weide gesamt	729 b,c 114,36	108 a,c 28,65	423 a,c 66,12	82 a,c 14,92	30 a,c 6,24	2,0 a,c 0,401	58,86	3,05	

	Chwl als % Ct	Nh.wl als % Nt	Cmik als % Ct	Nmik als % Nt	C pot als % Ct d <sup>-1</sup>	Npot als % Nt d <sup>-1</sup>	Ct in %	Nt in %
Schnitt gesamt	1,06 b 0,22	0,90	0,08	0,3	0,010	0,013	4,0	0,18
Schnitt Feldwdhlg. 1	1,00 0,17	2,61 0,72	0,51 0,06	2,08 0,27	0,032 0,006	0,037 0,013	4,9	0,22
Schnitt Feldwdhlg. 2	1,13 c 0,24	3,32 c 0,96	0,54 d 0,09	2,23 d 0,35	0,049 c 0,011	0,044 d 0,012	3,0	0,15
Weide gesamt	1,24 a,c 0,19	3,56 a,c 0,72	0,72 a,c 0,12	2,69 a,c 0,43	0,051 a,c 0,010	0,067 a,c 0,015	3,0	0,15

a, b: signifikant verschieden auf p < 0,01 nach Wilcoxon-Test für Paardifferenzen (Weide/Schnitt)

c, d: signifikant verschieden auf p < 0,01 nach Wilcoxon-Test für Paardifferenzen (Weide/Schnitt, nur 2. Feldwiederholung)

2,3,4,5,8. Anzahl der ausgewerteten Termine zwischen August 98 und März 00

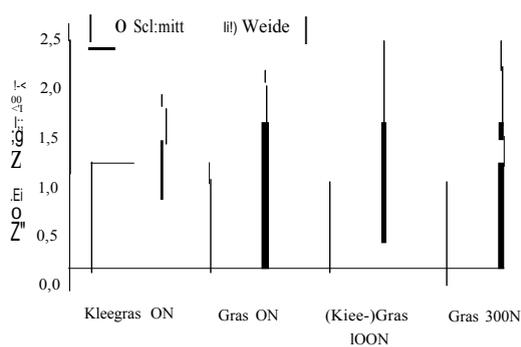


Abb. 3: Einfluß von Düngung und Pflanzenart auf Npot (I: SD)

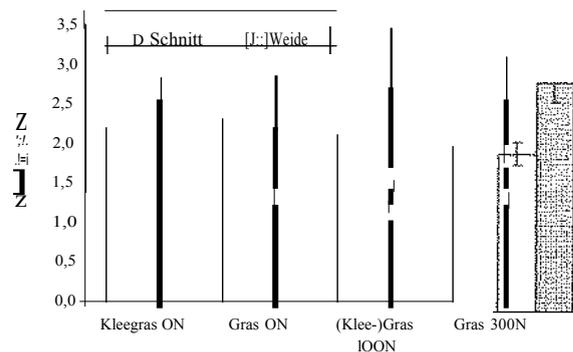


Abb. 4: Einfluß von Düngung und Pflanzenart auf Nmik (I: SD)

### Einfluß von Düngungsniveau und Pflanzenart auf Npot und Nmik

Die potentielle N-Mineralisation ist unter Beweidung über alle Düngungsstufen hinweg deutlich höher als unter Schnittnutzung. Der in der mikrobiellen Biomasse gebundene Stickstoff (Nmik) der ungedüngten Grasparzellen unterscheidet sich unter Weide- und Schnittnutzung dagegen nicht. Nur in den beweideten Parzellen ist eine Erhöhung beider Parameter durch N-Mineraldüngung feststellbar ( $\alpha < 0,01$ ). Dies kann darauf zurückgeführt werden, daß mit zunehmender N-Düngung die dem Boden über Exkrememente zugeführte N-Menge ansteigt.

Der Anbau von Klee gras führt in den Parzellen unter Schnittnutzung zu einer leichten Erhöhung der potentiellen N-Mineralisation ( $\alpha < 0,01$ ,  $7 \text{ kg N ha}^{-1} \cdot 28 \text{ d}^{-1}$  -im Mittel). Der Einfluß des Klees auf die Npot wird auf den Weideparzellen vermutlich durch die Zuführung von N in Exkrementen überlagert.

### Zusammenfassung

Die Beweidung von Grünlandparzellen führt zu einer Zunahme der mikrobiellen Biomasse (Cmik, Nmik) sowie zu einer Erhöhung der potentiellen N-Mineralisation im Boden.

### Literatur

- Berndt, G. (1993): Die N-Mineralisierung von Böden im Laborbrutversuch. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 146: 243-252
- Bristow, A.W. and S.C. Jarvis (1991): Effects of Grazing and Nitrogen Fertiliser on the Soil Microbial Biomass under Permanent Pasture. J Sci Food Agric 54: 9-21
- Brookes, P.C, Landmann, A., Pruden, G. and D.S. Jenkinson (1985): Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. Soil Biol. Biochem. 17: 837-842
- Hassink, J. (1992): Effect of grassland management on N mineralization potential, microbial biomass and N yield in the following year. Netherlands Journal of Agricultural Science 40: 173-185
- Jenkinson, D.S. (1988): Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: Wilson, J.R. (ed): Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems. Wallingford, UK: CAB International: 368-386
- Leinweber, P., Schulten, H.-R. and M. Körschens (1995): Hot water extracted organic matter: chemical composition and temporal Variations in a long-term field experiment. Biol. Fertil. Soils 20: 17-23
- Martens, R. (1995): Current methods for measuring microbial biomass C in soil: Potentials and limitations, Biol Fertil Soils 19: 87-99
- Schirmer, F. und Sonnleitner, R. (1996): Bodenökologie: Mikrobiologie und Bodenenzymatik. 1. Auflage, Springer Verlag Berlin-Heidelberg
- Sparling, G., Vojvodic-Vukovic, M. and L. A. Schipper (1998): Hot-water-soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: the relationship with microbial biomass C. Soil Biol. Biochem. Vol. 30. No. 10: 1469-1472
- Vance, E. D., Brookes, P. C. and D. S. Jenkinson (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biol. Biochem. 19: 703-707

# Einfluß unterschiedlicher Fütterungsstrategien auf die Milchleistung und N- Effizienz der Kuh

von

Aynur Konyali<sup>1</sup>, W. Jtmge\ K-H. Südekun<sup>2</sup>, E. Kalm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Tierzucht und Tierhaltung und

<sup>2</sup>Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie der Christian – Albrechts  
- Universität, D-24098 Kiel

## 1. Einleitung

Durch eine Verringerung des Stickstoff-(N)-Inputs über Extensivierung der N-Düngung und durch eine Erhöhung des N-Outputs in der Milch über eine bessere N-Verwertung durch die Kuh kann eine verbesserte N-Effizienz in der Milchproduktion erreicht werden (et al., 1986; TAMMINGA, 1992). Ein Ansatz zur Verbesserung der N- Verwertung durch die Kuh ist die Steigerung der mikrobiellen Proteinsynthese durch zeitgleiche (synchrone) Anflutung von N und Energie im Pansen. Eine erhöhte mikrobielle Proteinsynthese verbessert die Proteinversorgung der Kuh (VAN VUUREN, et al., 1993; SÜDEKUM,1999).

Intensiv genutzte Weiden sind gekennzeichnet durch einen hohen Anteil an Rohprotein im Weidegras und gleichzeitig durch eine hohe Abbaubarkeit und Abbaurate des Rohproteins im Pansen. Um die mikrobielle Proteinsyntheseleistung zu optimieren und so die Umwandlung des frei werdenden Rohproteins in Mikrobenprotein zu ermöglichen, muß zeitgleich eine hohe Energiekonzentration im Pansen gewährleistet werden (et al., 1996; SORIANO et al., 2000).

In dieser Studie wurden die Auswirkungen von zwei Weiden, gedüngt mit unterschiedlicher N-Intensitäten und von zwei Kraftfuttertypen mit unterschiedlicher zeitlicher Freisetzung von N und Energie im Pansen auf die Milchleistung von Milchkühen untersucht.

## 2. Material und Method

Die Daten wurden über zwei Sommerperioden auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm des Instituts für Tierzucht und Tierhaltung im folgenden Zeitraum erhoben.

Periode 1: 05.05.1997 bis 10.10.1997  
67 Rotbunte, 60 Schwarzbunte  
Periode 2: 20.04.1998 bis 20.09.1998  
52 Rotbunte, 63 Schwarzbunte

Die Herde war in beiden Perioden in 4 Gruppen aufgeteilt, 2 unterschiedliche Weidegruppen;

**Intensive Weide:** Deutsches Weidelgras  
Gülle zu Vegetationsbeginn + 200 kg N  
**Extensive Weide:** Klee-Gras-Gemisch  
Gülle zu Vegetationsbeginn

und jeweils 2 unterschiedliche Kraftfuttertypen, die sich hinsichtlich der Abbaugeschwindigkeit der Kohlenhydrat-Fractionen, d.h. der zeitlichen Energielieferung für die mikrobielle Proteinsynthese im Pansen unterscheiden. Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung des Kraftfutters.

**Asynchron:** Relativ langsam abbaubarer Körnermais (40%)  
**Synchron:** Relativ schnell abbaubare Trockenschnitzel (20%)

Tabelle 1: Zusammensetzung des Kraftfutters

	A SYNCHRON	SYNCHRON
Gerste	10%	15%
Körnermais	40%	0%
Trockenschnitzel	0%	20%
Maiskleeerfütter	15%	20%
Tapioka	10%	10%
Rapsextraktionsschrot	10%	15%
Ra Sextraktionsschrot eschützt	15%	0%

Die beiden Kraftfuttermittel wurden über eine rechnergesteuerte Abrufstation tierindividuell, der jeweiligen Milchleistung entsprechend, zugeteilt. Die wöchentlichen Kraftfutterproben wurden zu einer monatlichen Sammetprobe zusammengefaßt. Die Proben wurden durch die LUFA in Oldenburg untersucht.

Die Kühe wurden zweimal täglich, morgens um 5.00 Uhr und nachmittags um 16.00 Uhr, gemolken und die Milchmenge automatisch erfaßt. Um die Milchinhaltsstoffe und den Milchharnstoffgehalt festzustellen, wurden wöchentlich Milchproben entnommen. Die Milchproben wurden im Labor des Landeskontrollverbandes in Kiel analysiert.

#### Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung mit der Prozedur MIXED aus dem Programmpaket SAS kam das folgende Modell zur Anwendung:

$$\begin{aligned}
 Y_{ijklmnoprs} = & \mu + TAG_i + Lnr_j + W_k + K_l + R_m + Jahr_n + P_o + W * K_{kl} + P * W_{ok} + Kuh_{jklmnop} \\
 & + b_{1pr}(DIMJ330) + b_{2pr}(DIMJ330)^2 + b_{3pr}(\log_{10}(330/DIM_r)) \\
 & + b_{4pr}(\log_{10}(330/DIM_r)^2) + e_{ijklmnoprs}
 \end{aligned}$$

Yijklmnoprs = s-te Beobachtung der p-ten Kuh  
 JI = Mittelwert  
 TAGi = Effekt des i-ten Tages  
 Lnrj = Effekt der j-ten Laktationsnummer  
 WK = Effekt der k-ten Weide  
 Kt = Effekt des l-ten Kraftfutters  
 Rm = Effekt der m-ten Rasse

In Po = Versuchsjahr  
 W\*Kkt = Effekt der o-ten Weideperiode  
 P\*Wok = Effekt der l-ten Kraftfutter und k-ten Weide (Interaktion)  
 Kuh jklmnoprst = Effekt der o-ten Periode und k-ten Weide (Interaktion)  
 = Zufälliger Effekt der s-ten Kuh innerhalb TAGi, Lnrj , Wk, Kt, Rm,  
 In, Po, W\*Kklund P\*Wok  
 DIM = Laktationstag  
 eijklmnoprs = zufälliger Restfehler  
 Die einzelne Kuh geht bei der Schätzung als zufälliger Effekt in das Modell ein.

### 3. Ergebnisse

Tabelle 2 zeigt die Parameter der Milchleistung sowie den Harnstoffgehalt in der Milch. Zwischen den Kraftfuttertypen bestanden hinsichtlich der Produktionsmerkmale keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 2: Least Squares Mittelwerte (LSM) und deren Standardfehler (SEM) der Milchleistung und für Weideperioden 1997+1998

	Weidesysteme				Kraftfuttertypen			
	Extensiv n=123		Intensiv n=131		Asynchron n=129		Synchron n=125	
	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM	LSM	SEM
Milchleistung, kg/Tag		0,6		0,5	20,6	0,6	21,1	0,5
Fett,%		0,06		0,06	4,43	0,06	4,37	0,06
Fett, kg	0,90	0,02	0,91	0,02	0,89	0,02	0,92	0,02
Eiweiß,%	3,43	0,02	3,46	0,02	3,46	0,02	3,43	0,02
Eiweiß, kg	0,72	0,02	0,69	0,02	0,70	0,02	0,71	0,02
Harnstoffgehalt, mg/L		4,0		3,9	278	3,9	280	3,9
Gewicht, kg	634	6,9	631	6,9	630	7,0	635	6,9

Die Milchleistung war für die extensive Weide (21,6 kg/Tag) signifikant höher als für die intensive Weide (20,1 kg/Tag). Der Einfluß der Weidesysteme auf den Milchfett- und Milchnharnstoffgehalt war signifikant, auf den Milcheiweißgehalt jedoch nicht. Der Milchfettgehalt betrug bei der extensiven Weide 4,28 % und bei der intensiven 4,52 % und der Harnstoffgehalt lag bei der extensiven Weide bei 273 mg/L und bei der intensiven Weide bei 284 mg/L.

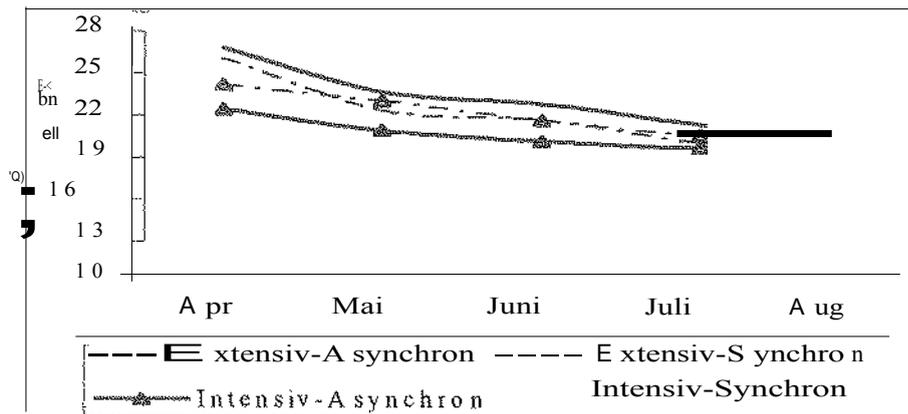


Abbildung 1: Die Milchleistungskurve für die extensive und intensive Gruppe und Kraftfutterarten im Mittel der Weideperiode 1997+1998

Die Abbildung 1 zeigt die Milchleistungskurve während der Weideperiode von April bis August für die extensive und die intensive Gruppe und für die Kraftfutterarten. Aus der Abbildung wird eine Interaktion zwischen Weidesystemen und Kraftfutterarten nicht erkennbar.

Der für die intensive Gruppe signifikant höhere Milchnitrogengehalt könnte darauf hinweisen, dass die Kühe mehr N, der nicht für Milcheiweißsynthese genutzt werden konnte, aufgenommen haben als die Kühe auf der extensiven Weide.

Eine verbesserte Milcheiweißsynthese durch die zeitgleiche Anflutung von N und Energie im Pansen über synchrones Kraftfutter konnte nicht nachgewiesen werden. Auch der Milchnitrogengehalt war für synchrones und asynchrones Kraftfutter nicht signifikant unterschiedlich. Die Nitrogenwerte wiesen auch für das asynchrone Kraftfutter nicht auf einen relativen N-IÜberschuß (Energimangel für mikrobielle Proteinsynthese) hin.

- 4. Literatur:** E., AND C., SIDONS, 1986. Digestion and metabolism in the grazing ruminant. In: L. Milligan, W. L. Grovum, and A. Dobson (Eds), Proceedings VIth International Symposium Ruminant Physiology, 479-497. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- BERZAGHI, P., J. H., HERBEIN, AND C. E. POLAN, 1996. Intake, site, and extent of nutrient digestion of lactating cows grazing pasture. J. Dairy Sei. 79: 1581-1589.
- SORIANO, F. D., C. E. POLAN, AND C. N. MILLER, 2000. Milk production and composition, rumen fermentation parameters, and grazing behavior of dairy cows supplemented with different forms and amounts of corn grain. J. Dairy Sei. 83:1520-1529.
- SÜDEKUM, K.-H., 1999. Wiederkäuergerechte Ernährung der Hochleistungskuh: Pansenstoffwechsel, Dünndarmverdauung, Kohlenhydratverdauung. Zucht, Fütterung und Haltung von Milchkühen, Schweinehaltung. 1-8. 26. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 18-19. Mai.
- TAMMINGA, S., 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. J. Dairy Sei. 75:345-357.
- VAN VUUREN, A.M., VAN KOELEN, C.J., VALK, H., VISSER, H., 1993. Effects of partial replacement of ryegrass by low protein feeds on rumen fermentation and nitrogen loss by dairy cows. J. Dairy Sei. 76:2982-2993.

# Schätzung der Verdaulichkeit von Milchkuhrationen bei Weidegang

Monika Lukas, Dörte Nibbe, Südekum und A. Susenbeth

Institut für Tiernährung und Stoffwechselphysiologie  
der Christian-Albrechts-Universität Kiel

## 1. Einleitung

Verdaulichkeit der organischen Masse (OM) ist die zentrale Größe zur Beurteilung des energetischen Futterwertes. Bestimmung mit in vitro Methoden liefert die potentielle Verdaulichkeit, die für einen Wertvergleich einzelner Futtermittel geeignet ist, sich jedoch von der aktuellen Verdaulichkeit bei Milchkühen unterscheidet, da die Einflüsse durch hohe Futteraufnahmen und Wechselwirkungen zwischen und Kraftfutter unberücksichtigt bleiben. Weidegang können die Milchkühe ihr Futter außerdem selektieren, so daß eine repräsentative Sammlung von Futterproben der tatsächlich Ration nur unter ausgesprochen großem experimentellen Aufwand möglich ist. Eine Methode, bei der keine Kenntnisse über Menge oder Zusammensetzung des Futters notwendig sind, ist die Schätzung der Verdaulichkeit aus dem Rohprotein-(XP)-Gehalt im der Tiere. Mit zunehmender Verdaulichkeit der OM steigt der Gehalt im Kot da das Energieangebot im das mikrobielle Wachstum und damit auch die Ausscheidung von Mikrobenprotein erhöht, während die Kotmenge sich verringert. Zur Quantifizierung dieser wurden verschiedene Gleichungen erstellt (FRIEDEL NEHRING 1987, SCHMIDT & JENTSCH 1994, SCHMIDT et al. 1999), jedoch bisher noch nicht zur allgemeinen Anwendung genutzt. Das Ziel dieser Arbeit war:

1. Beziehung zwischen der Verdaulichkeit der OM der Ration und dem XP-Gehalt im Kot anhand eines umfangreichen Datensatzes zu quantifizieren,
2. mögliche Einflüsse der Rationszusammensetzung und des Futteraufnahmeniveaus zu überprüfen, sowie
3. die Beantwortung methodischer Fragestellungen zur Stichprobensammlung der praktischen Anwendung der Methode auf Weide.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Schätzgleichung

#### 2.1.1. Datensatz

Die Einzeltierdaten aus Verdauungsversuchen wurden uns von den Instituten für Tierernährung Braunschweig und der Universität Hohenheim sowie von der BAL Gumpenstein in Österreich zur Verfügung gestellt. Die Versuche wurden mit Milchkühen (n = 429) und ausgewachsenen Ochsen (n = 16) durchgeführt. Die Rationen bestanden aus verschiedenen Grundfuttermitteln (in Braunschweig: Heu, Grassilage, Maissilage, Biertreibersilage, Zuckrübensilage; in Hohenheim: Stroh; in Gumpenstein: Alpenwiesenheu) und Kraftfutter aus unterschiedlichen Komponenten. Die im Versuch bestimmte Verdaulichkeit der OM reichte von 47,5 bis 82,9 %, die Futteraufnahme von 3,0 bis 24,0 kg Trockenmasse (TM)/Tag, der Kraftfutteranteil in der

verzehrten TM von 0 bis 62% und der XP-Gehalt der Ration von 6,0 bis 19,4% in der TM.

### 2.1.2. Statistische Method

Die nicht-lineare Beziehung zwischen der Verdaulichkeit der OM (y) und dem XP-Gehalt im Kot (x) wurde mit der Prozedur NLIN in SAS (1988) nach folgendem Modell berechnet:  $y = a_i - b \cdot e^{-c \cdot x}$ , mit  $i =$  für Werte aus Braunschweig und Hohenheim und  $i = G$  für Werte aus Gumpenstein. Eine Anpassung des Niveaus über den Parameter  $a_i$  innerhalb der Ableitung war notwendig, da die Verdaulichkeitswerte bei entsprechendem XP-Gehalt im Kot für die Wertepaare aus Gumpenstein signifikant geringer waren (siehe Abbildung 1). Mit der Prozedur GLM in SAS (1988) wurden eventuelle Einflußgrößen der Ration auf die Abweichung der Schätzwerte von den im Versuch bestimmten Verdaulichkeitswerten (y) nach folgendem Model  $y = \mu + x + x^2 + x^3 + e$  für die Variablen (x) - Art der Grundfüttermittel, Höhe der Futteraufnahme, Kraftfutteranteil in der Ration und XP-Gehalt der Ration- überprüft.

### 2.2. Anwendung der Methode

Auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel wurden bei 20 weidenden Milchkühen (Deutsche Holstein) je Gruppe (2 unterschiedliche Weidetypen: „intensiv“ Gras mit mineralischer Düngung und "extensiv" Weißklee gras) in den Jahren 1997 und 1998 zu verschiedenen Aufwüchsen jeweils über 5 Tage Stichproben von frisch abgesetztem Kot gesammelt. Die Sammlung erfolgte 1997 zweimal täglich (morgens und abends) um einen eventuellen Einfluß der Tageszeit auf den XP-Gehalt, bzw. die geschätzte Verdaulichkeit, zu überprüfen. Im Labor wurden der Gehalt (in Frischkot nach Kjeldahl) und Gehalt (TM - Asche) im Kot bestimmt. Verdaulichkeit wurde nach Gleichung [1] ( $y = 79,76 - 107,7 \cdot e^{-0,01515 \cdot x}$ ) berechnet. Die Varianzanalyse erfolgte mit der Prozedur MIXED in SAS (1992) nach dem Modell: Verdaulichkeit = Gesamtmittelwert + fixe Effekte (Beweidung, Tag, Tageszeit) + Tier als zufälliger Effekt + Restfehler. Anhand der für die Proben ermittelten Varianz  $cr^2$  des XP-Gehaltes im Kot innerhalb der Gruppen wurde die erforderliche Stichprobenanzahl n zum Nachweis einer erwarteten Differenz 0 zwischen zwei Mittelwerten von Verdaulichkeiten nach der Formel  $n = 2 \cdot (za + zb)^2 \cdot [cr^2 / 8^2]$  für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,01 berechnet (SACHS 1984).

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Schätzgleichung

Die Beziehung zwischen Verdaulichkeit der OM (y; %) und XP-Gehalt im Kot (x; g/kg OM) lautet:

$$y = a_i - 107,7 \cdot e^{-0,01515 \cdot x}, \text{ mit } a_{BH} = 79,76 \text{ Und } a_a = 72,86;$$

$$n = 445, B = 0,82, s = 2,7.$$

Die Höhe der Futteraufnahme, der Kraftfutteranteil in der Ration und der XP-Gehalt der Ration haben keinen signifikant gerichteten Einfluß auf die Abweichung der Schätzwerte von den gemessenen Verdaulichkeitswerten, so daß davon ausgegangen werden kann, daß die Beziehung zwischen Verdaulichkeit der OM und XP-Gehalt im Kot hierdurch nicht beeinflußt wird. Innerhalb des Datensatzes aus Braunschweig und Hohenheim zeigen die Abweichungen der Schätzwerte von den gemessenen Verdaulichkeitswerten zwischen den Grundfüttermitteln Heu und Grassilage, sowie zwischen Gras- und

Maissilage relativ geringe, jedoch signifikante Unterschiede. Die Verdaulichkeit der Rationen mit Heu und Maissilage (einschließlich einer Mischung von Mais- und Grassilage) wird im Mittel um 0,7 Prozentpunkte unterschätzt, die der Rationen mit Grassilage um 1,0 Prozentpunkte überschätzt. Die Anpassung an die Gumpensteiner Werte (mit  $\alpha\alpha = 72,86$ ) stellt vermutlich eine spezielle Anpassung für Rationen mit Alpenwiesenheu dar, die ansonsten um durchschnittlich 6,9 Prozentpunkte überschätzt würden. Die Gleichung [1] mit  $aBH = 79,76$  kann als allgemeingültige Gleichung, zumindest für die meisten Konservatfuttermittel, angesehen werden.

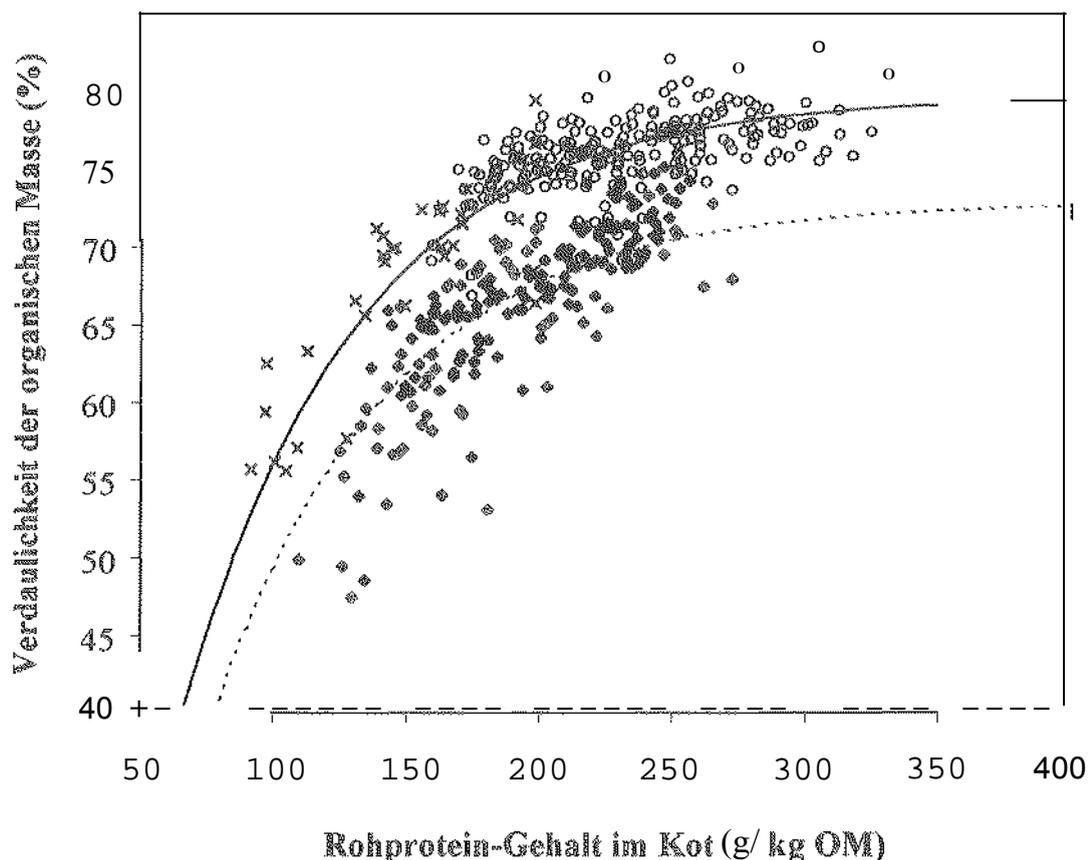


Abbildung 1: Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Masse der Ration (y) aus dem Rohprotein-Gehalt im Kot (x) mit der anhand der Datensätze aus Braunschweig (B; O), Hohenheim (H; ) und Gumpenstein (G; ) abgeleiteten Schätzgleichung:  $y = a_i - 107,7 \cdot e^{(-0,01515 \cdot x)}$ , mit  $aBH = 79,76$  (--) und  $\alpha\alpha = 72,86$  (---).

### 3.2. Anwendung der Methode

Die aus dem XP-Gehalt geschätzte Verdaulichkeit zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen morgens (77,3 %) oder abends (77,4 %) gesammelten Kotstichproben. Die Kotstichproben können daher einmal täglich zu beliebiger Zeit gesammelt werden. Die Varianz in der geschätzten Verdaulichkeit betrug innerhalb der Gruppen 1,6 Prozentpunkte, so daß mit 20 Kotstichproben je Gruppe eine Differenz in der Verdaulichkeit der OM der Ration von 2 Prozentpunkten mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von **0,01** nachgewiesen werden kann.

## 4. Schlußfolgerungen

1. Der XP-Gehalt in Kotstichproben ist eine geeignete Variable zur Schätzung der Verdaulichkeit von Rationen für Milchkühe.
2. Mit 20 Kotstichproben je Gruppe, die einmal täglich zu beliebiger Zeit gesammelt werden können, kann eine Differenz in der Verdaulichkeit von 2 Prozentpunkten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von **0,01** nachgewiesen werden.
3. Berechnung kann anhand folgender Gleichung erfolgen:

$$\text{Verdaulichkeit der OM (\%)} = e^{(-0,01515 \cdot \text{XP-Gehalt im Kot (g/ kg OM)})^s}$$

mit  $B = 0,82$  und  $s =$

4. Da die Art des Grundfutters die Schätzgenauigkeit beeinflussen kann, wird diese Gleichung in einer weiteren Studie anhand eines unabhängigen Datensatzes, der auch Rationen mit Frischgras enthält, überprüft.

### Literatur

- FRIEDEL, K. UND NEHRING, 1987: Gedanken zur Schätzung des energetischen Futterwertes, 5. Mitteilung: Gedanken zur Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz von Futterrationen beim Rind, Rostock, unveröffentlichtes Manuskript.
- SACHS, L., 1984: Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden, 6. Auflage, Springer, Berlin Heidelberg, 1 und 198.
- SAS INSTITUTE, Inc., 1988. STAT User's guide, Release 6.03. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SAS INSTITUTE, Inc., 1992. Tech. Rep. P-229, Release 6.07. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SCHMIDT, L. UND W. JENTSCH, 1994: Die Schätzung der Verdaulichkeit von Konservatfutterrationen für Rinder anhand des Stickstoffgehaltes im Rinderkot FBN Schriftenreihe 7, Dummerstorf, 179- 184.
- SCHMIDT, F. WEISSBACH, T. HOPPE UND S. KUHLA, 1999: Futter- oder Kotuntersuchungen zur Schätzung des Futterwertes von Weidegras. Proc. Sco. Nutr. Physiol. 8, 62.

# Betriebswirtschaftliche Betrachtung unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme in Milchviehsystemen

Storm und Langbehn, Universität Kiel

## Problemstellung

Im Rahmen des Projektes "Steigerung der Ausnutzung von Stickstoff im Produktionsprozess der Milcherzeugung durch Maßnahmen des Futterbaus im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb" werden einzelne den Stickstoffkreislauf beeinflussende Komponenten des Betriebssystems Milchvieh-/Futterbau untersucht. Ziel des Projektes ist es, Managementstrategien zu entwickeln, die unter besonderer Berücksichtigung des Stickstoffes aus ökologischer und ökonomischer Sicht zukünftig vertretbar sind.

## Material und Methoden

Bereich der Pflanzenproduktion wurden Versuche dem Grünland und im Futterbau mit optimale Bewirtschaftungsintensitäten im Wirtschaftsfutterproduktion auf den Stickstoffeinsatz und Nutzungsform zu finden. Dabei werden auch wirtschaftliche Gesichtspunkte Betracht gezogen. Entsprechendes gilt Versuche in der Tierproduktion, die Wirkung verschiedener Systeme Wirtschaftsfutter- bzw. Kraftfuttermittelversorgung auf die tierische wurde. der ökonomischen ist die Zusammenführung und Wirkungsanalyse der in den pflanzenbaulichen Parzellenversuchen gesammelten Daten in einzelbetrieblichen Modell, das die wirtschaftlichen Effekte der untersuchten Maßnahmen betrieblicher Ebene quantifiziert und Strategien für die praktische aufzeigt. Die Technik der Linearen Optimierung bietet die Möglichkeit der simultanen Betrachtung konkurrierender Produktionsverfahren. vorliegenden Fall wird ein Milchvieh-/Futterbaubetrieb auf der schleswig-holsteinischen modelliert. Schwerpunkt des Modells ist die Wettbewerbskraft unterschiedlicher Produktionsverfahren Bereich Wirtschaftsfutterproduktion auf der Grundlage in den genannten Versuchen ermittelten Daten. Rentabilitätskriterien sind dabei Deckungsbeiträge sowie Faktoransprüche (Arbeit, Energiebedarf) und Faktorkosten (Naturalerträge wertbestimmenden Bestandteilen) der Verfahren Im Einzelnen mit Hilfe der Technik Linearen Optimierung analysiert. bilden die tierischen Leistungen der Versuchsherde Karkendamm Jahre 1998 und die Ergebnisse aus den Grünland- und Silomaisversuchen der Jahre 1997bis 1999bzw. 1998 bis 1999.

## Ergebnisse und Diskussion

### Vergleich der Wirtschaftsfutterbereitstellung durch Grünlandnutzung bzw. Ackerfutterbau

Das erste Szenario vergleicht Ackerfutter- mit Grünlandsystemen. einem Teil des Projektes wurde untersucht, wie sich Unterschiede in der Wirtschaftsfutterbereitstellung auf die Produktion (Leistung, Inhaltsstoffe) der Milchkühe auswirken. Die Ergebnisse zeigen, dass unterschiedlichen keine wesentlichen Auswirkungen auf die

Leistungsmerkmale haben. In der Tabelle sind Kalkulationsergebnisse für den Vergleich zwischen einem auf Grünlandnutzung basierenden System und einem Ackerfutterbausystem dargestellt. In Anlehnung an die Versuchsanstellung wird im Winter eine Futtermischung mit unterschiedlichen Gras- und Maisanteilen angenommen. Im Sommer (Mai bis September) soll ausschließlich geweidet werden. Die Ackerfuttervariante (Intensivvariante) hat einen Maisanteil von 80 v.H., während der Maisanteil der Grünlandvariante (Extensivvariante) 20 v.H. beträgt.

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten und den Versuchsergebnissen zu entsprechen, sind in diesem Beispiel gleich hohe tierische Erträge für beide Bewirtschaftungsformen unterstellt. Das tägliche Leistungsniveau entspricht einer Laktationsleistung von ca. 7500 kg einer Kuh der dritten Laktation.

Die proportionalen Leistungen unterscheiden sich in der Höhe der Flächenausgleichszahlungen für die Silomaisproduktion, die hier auf das Tier umgerechnet wurden. Die Kosten der Wirtschaftsfuttererzeugung und die Kraftfutterkosten liegen wesentlich höher bei der Grünlandvariante, was sich in einem nahezu 500 DM niedrigeren Deckungsbeitrag je Tier widerspiegelt. Ein Grund hierfür liegt in der geringeren Energiedichte der Grundfütterung im Winter, die mit einem höheren Kraftfuttereinsatz ausgeglichen wird. Zum anderen liegen die Kosten der Grassilageerzeugung bei Berücksichtigung der Versuchsergebnisse ca. 8 pro 10 MJ NEL höher als die Kosten der Silomaisproduktion für eine energieäquivalente Menge ohne Einbeziehung von Prämienzahlungen für den Silomaisanbau. Geringe Energiekonzentration der Grassilage bedingt einen hohen Kraftfuttereinsatz, um Tagesleistungen von kg Milch je Kuh zu erreichen. Dadurch werden der Winterperiode mehr als 4 kg Kraftfutter pro Tag zusätzlich benötigt, die die Zufuhr von Stickstoff erhöhen. Zudem liegen erhebliche Rohproteinüberschüsse durch den hohen Anteil Grassilage vor. Diese Zusammenhänge führen zu hohen Bilanzüberschüssen der Hofbilanz. Bilanzüberschüsse bei Intensivvariante liegen mehr als 100 kg je niedriger als in der Vergleichsvariante. In der Praxis würde Fall rohproteinarmes, energiereiches Futter Getreide eingesetzt werden.

Eine auf das Einzeltier bezogene Bilanzierung, die die Effizienz des Stickstoffeinsatzes betrachtet, ergibt eine um drei Prozent schlechtere Ausnutzung des zur Milchproduktion eingesetzten Stickstoffs in der Winterperiode.

Die Intensivvariante entspricht eher dem Bedarf der Tiere, führt zu geringeren Nährstoffüberschüssen und damit zu einer erhöhten Effizienz des eingesetzten Produktionsmittels Stickstoff.

### 3.2

#### Vergleich unterschiedlicher Nutzungsformen des Grünlandes

Im zweiten Szenario werden Nutzungsformen des Grünlandes miteinander verglichen. Diese stehen direkt mit der Ackerfutterproduktion in Form von Silomais in Konkurrenz. Der höchste Deckungsbeitrag wird durch Weide im Sommer und eine maisbetonte Futtermischung im Winter erreicht (vgl. Tabelle). Wird die Weideperiode reduziert und der erste Aufwuchs komplett zur Silageproduktion genutzt, fällt der Deckungsbeitrag je Kuh um fast 400 Dies ist vor allem auf die hohen Kosten der Grassilageerzeugung im Vergleich zur Weidenutzung zurückzuführen. Die Kosten der Weidenutzung betragen ca. 10 je 10 MJNEL. Zusätzlich nehmen der Kraftfutterbedarf und der Stickstoffeinsatz auf dem Grünland zu.

Wird der erste Grünlandaufwuchs als Schnitt genutzt, sinkt der Maissilageanteil in der Winterfütterung und der Prämienanteil verringert sich um 197 DM je Kuh. Der Stickstoffüberschuss steigt durch die Umstellung des Betriebssystems um 53 kg je Hektar

aufgrund der erhöhten Stickstoffeinsatzes in der Bewirtschaftung des Grünlandes und des zusätzlichen Kraftfutterbedarfs. Jedoch erreicht diese Variante die beste Bilanz auf Einzeltierebene. Die Kombination aus einmaliger Schnittnutzung und anschließender Nachweide mit Maissilagezufütterung im Sommer sowie eine Mischung aus Mais- und Grassilage im Winter führen zur besten Verwertung des Stickstoffs in der Milchproduktion unter den gewählten Annahmen.

Werden die ersten beiden Grünlandaufwüchse durch Schnitt genutzt, steigt der Deckungsbeitrag je Kuh wieder an. Steigende Maisanteile und damit auch höhere Energiekonzentrationen in der Futtermischung führen zu höheren Prämienanteilen und sinkenden Kraftfutterkosten je Tonne Milch. Im Vergleich zu den Mischsystemen mit Schnitt- und Weidenutzung auf dem Grünland ergeben die Berechnungen für das Verfahren der ganzjährigen Stallhaltung einen hohen Flächenanteil der Silomaisproduktion. Der Deckungsbeitrag je Tonne Milch fällt geringfügig durch den Zukauf eiweißreichen Kraftfutters. Jedoch sinken die Rohproteinüberschüsse der Futtermischung, was zu einer Verbesserung der N-Effizienz der Milchproduktion führt.

**Tabelle: Vergleich von Verfahren der Wirtschaftsfutterbereitstellung unterschiedlicher Nutzungsformen des Grünlandes**

		Szerunio 1		Szenario2			Stallhaltung
		Mais 80%	Mais 20%	mit Weide	ohne Weide	ohne MWI <sup>1</sup>	
Ration im Sommer							
Weide	kgTM	12,66	12,41	12,66	8,44	6,02	0,00
Grassilage	kgTM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73
Maissilage	kgTM	0,00	0,00	0,00	3,02	4,82	10,05
Milchleistungsfutter	kgTM	4,11	4,24	4,11	3,97	2,14	2,76
Sojaextraktionsschrot	kgTM	0,00	0,00	0,00	0,00	3,75	3,13
Summe	kgTM	16,77	16,65	16,77	15,44	16,73	16,67
Ration im Winter							
Grassilage	kgTM	2,69	9,68	2,59	5,43	6,53	1,60
Maissilage	kgTM	10,77	1,94	10,88	7,37	6,67	11,66
Milchleistungsfutter	kgTM	2,03	7,82	1,99	6,66	5,32	1,74
Sojaextraktionsschrot	kgTM	2,37	0,00	2,47	0,00	0,00	3,42
Summe	kgTM	17,87	19,44	17,92	19,46	18,52	14,81
Summe pl.op. Leistungen	DM	6017	5814	6018	5820	5864	5775
Summe prop. Kosten		2707	2997	2707	2908	2775	2808
davon Bestandsergänzung <sup>2</sup>	DM	421	421	421	436	436	424
Grundfutter <sup>3</sup>	DM	844	1047	836	1014	1048	876
Kraftfutter <sup>3</sup>	DM	693	781	702	709	543	759
Deckungsbeitrag	DM	3310	2817	3311	2913	3090	2967
Kraftfutter insg.	dt/Kuh	16	23	16	20	20	20
Stickstoffüberschuss je ha <sup>4</sup>	kg/ha	99	216	99	152	161	172
N-Verwerfung Winter <sup>5</sup>	%	25	22	25	25	27	25
<sup>1-7</sup> <sup>5</sup>	0/	22	22	22	28	20	25
N-Niveau Weide	kg/ha	90	291	90	<b>m:</b>		-
N-Niveau komb. Nutzungen	kg/ha	308	237	308			222
N-Grünland gesamt	kg/ha	147	253	144			222

<sup>1</sup> zwei Schnitte, danach Weide

<sup>2</sup> proportionale Spezialkosten der Färsenaufzucht ohne Futterkosten

<sup>3</sup> incl. Futterkosten der Färsenaufzucht

<sup>4</sup> Berechnung nach Hoftorbilanz

<sup>5</sup> Verhältnis Futterstickstoff/Milchstickstoff



# Steigerung der N-Effizienz im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb - Konzeption der pflanzenbaulichen Arbeiten in der zweiten Phase des N-Projektes Karkendamm

von

Wachendorf, Trott, Volkers und F.

Lehrstuhl Grünland und Futterbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

## 1. Hintergrund und Problemstellung

Hoftorbilanzen der Rinderspezialberatung Schleswig-Holstein (ANONYMUS, 1999) sowie Berechnungen des Lehrstuhls Grünland und Futterbau (TAUBE et al., 1997) zeigen, daß die spezialisierten Milchvieh/Futterbaubetriebe Schleswig-Holsteins vergleichsweise hohe Nährstoffüberschüsse aufweisen, die für das Nährelement Stickstoff (N) deutlich über  $200 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$  betragen können. Über 80% der Milchkühe in Schleswig-Holstein werden auf Betrieben gehalten, die sich im Landschaftsraum der Geest befinden. Dieser Standort ist durch sehr sandige Böden mit Tongehalten häufig unter 5% gekennzeichnet, woraus eine äußerst geringe Sorptionskapazität für Wasser und Nährstoffe und damit einhergehend ein hohes Auswaschungsrisiko für wasserlösliche Verbindungen (z.B. Nitrat) resultiert. Ergebnisse von Milchvieh-/Futterbau-Systemuntersuchungen aus England und Neuseeland (Abb. 1) zeigen, daß mit zunehmender N-Versorgung der Produktionssysteme

- der Export von N mit landwirtschaftlichen Produkten nur wenig zunimmt
- rechnerische N-Überschüsse und damit einhergehend N-Verluste aus dem System linear zunehmen
- gleichzeitig die Effizienz der Umwandlung von Input-N (hpts. Dünger und Futtermittel) in Output-N (hpts. Milch und Fleisch mit lediglich  $50\text{-}80 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) drastisch abnimmt, wobei allerdings Effizienzunterschiede von bis zu 10% bei gleicher N-Intensität auf systeminterne Optimierungsmöglichkeiten hindeuten.

Bemerkenswert ist auch, daß entsprechende Untersuchungen bei geringer N-Intensität in der Literatur bislang nicht vorliegen.

In der ersten Projektphase lag die Untersuchung der Produktivität und N-Flüsse auf Dauergrünland und im Silomais- bzw. im mehrjährigen Ackergras/Kleegrass-Anbau im Mittelpunkt. Diese Kulturarten stellen im Nordwesten Deutschlands die überwiegende Basis der Grundfuttererzeugung spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetriebe dar. In allen Feldversuchen wurden durch die Variation der Einsatzmengen von N-Mineraldünger und Gülle bzw. auf dem Grünland durch eine variierte Nutzungsform (Weide, Mähweide, Schnitt) deutliche Gradienten in der N-Intensität induziert. Die Ergebnisse verdeutlichen die Problematik einer herkömmlichen Betriebsorganisation mit teilweise beweidetem Dauergrünland und dem Anbau von Silomais in Monokultur: Während die beweideten Dauergrünlandflächen eine Nährstoffakkumulation (INGWERSEN et al., 2000) und damit einhergehend erhöhte N-Auswaschungsverluste (BUCHTER et al., 2000) aufweisen, gewährleistet der Anbau von Silomais dagegen schon bei einer geringen N-Intensität hohe Erträge und infolgedessen eine hohe Effizienz des eingesetzten N (JOVANOVIĆ, 2000). Allerdings können diese Vorteile des Silomais bei der gegebenen Betriebsorganisation nicht vollständig ausgenutzt werden. In der zweiten Projektphase gewinnen daraus resultierende Optimierungsstrategien an Bedeutung. Zum einen wird untersucht, inwieweit die N-Effizienz der Futterproduktion durch den Übergang von der Mais- und Grünland-"Monokultur" zu einem Fruchtfolgesystem, bewei-

detes Grünland und Silomais als aufeinanderfolgende Fruchtfolgeglieder enthält, weiter verbessert werden kann. Zum anderen werden durch die Fortführung der Versuche aus der ersten Projektphase mittelfristige Entwicklungen der Anbausysteme beobachtet, was vor allem für die Absicherung der N-Auswaschungsergebnisse von großer Bedeutung ist. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die pflanzenbaulichen Arbeitsschwerpunkte in der zweiten Phase des "N-Projektes" auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm ab dem Jahr 2000.

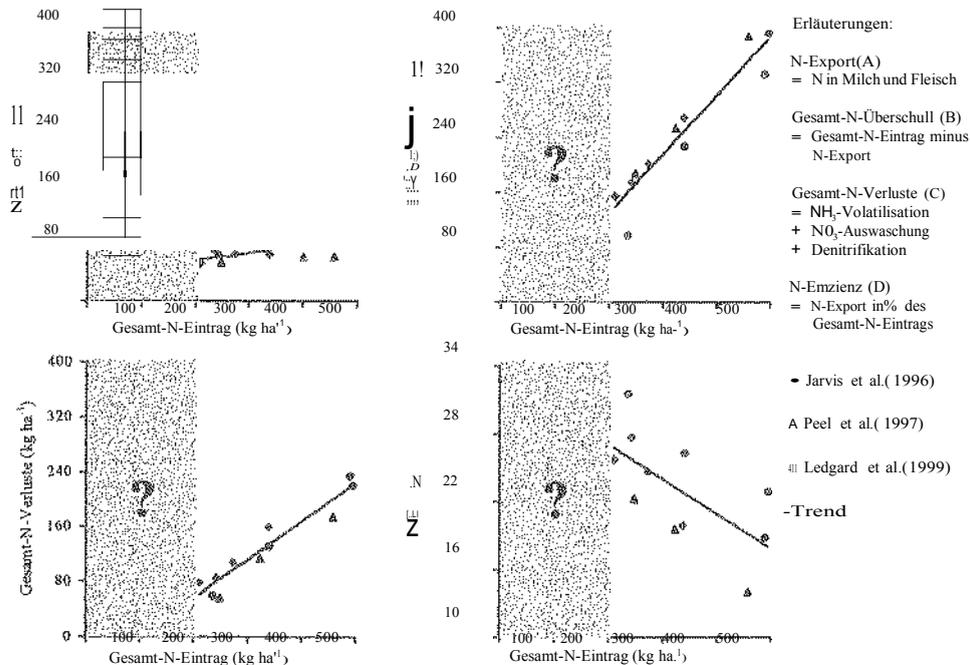


Abb. 1: Kennzahlen spezialisierter Milchvieh-/Futterbausysteme: A=N-Export (kg ha<sup>-1</sup>), B=N-Überschuss (kg ha<sup>-1</sup>), C=N-Verlust (kg ha<sup>-1</sup>), D=N-Effizienz (kg ha<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit vom Gesamt-N-Eintrag (kg ha<sup>-1</sup>) in das System

## 2. Konzeption der pflanzenbaulichen Arbeiten in der zweiten Projektphase

### 2.1 Fruchtfolgeversuch

Ein wesentliches Kennzeichen des Fruchtfolgeversuches ist die weitgehende Entsprechung der etablierten Varianten mit realistischen Betriebssystemen, wodurch gewährleistet ist, daß praxisrelevante Nährstoffmengen in die Systeme eingebracht werden bzw. sich realistische Nährstoffflüsse zwischen den Fruchtfolgegliedern einstellen. Ausgangspunkt für die im Fruchtfolgeversuch etablierten Intensitätsstufen ist ein milchviehhaltender Betrieb mit einem durchschnittlichen Viehbesatz von 1,6 GV ha<sup>-1</sup>, wie er in der landwirtschaftlichen Praxis auf den sandigen Böden Schleswig-Holsteins häufig anzutreffen ist. Die dreijährige Fruchtfolge besteht aus einer Mähweide, die durch zwei Schnitte und einer nachfolgenden Beweidung genutzt wird. Es folgt der Anbau von Silomais, dem wiederum Triticale nachfolgt. Bei einer zugrunde gelegten Weideperiode von 100 Tagen ist in solch einem Betrieb von einer Gülleproduktion von durchschnittlich 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> mit einer Gesamt-N-Menge von 75 kg ha<sup>-1</sup> auszugehen. In dem Versuch wird die Gülle auf alle Kulturen mit m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ausgebracht, wobei die Gülleapplikation auf den Mähweiden bzw. zu Triticale zu Vegetationsbeginn und zu Mais zur Saat erfolgt (Tab. 1). Die Intensität der Produktion wird durch eine differenzierte Mineraldüngerverabreichung in drei Stufen variiert, die jeweils sehr unterschiedliche Strategien der

Futterproduktion bzw. nannten "extensiven"

aus dem Rückfluß

System produzierten Gülle resultiert. Infolge - angesichts einer Gesamt-N-Versorgung von nur durchschnittlich 75 kg ha<sup>-1</sup> - geringen Produktivität

Sy em eine starke Zufuhr externer Futtermittel (hauptsächlich Milchleistungsfutter) notwendig, um den kalkulierten Viehbesatz pro Hektar ernähren zu können. Insofern kann man diese Variante auch als kraftfutterorientiertes System bezeichnen.

Futterproduktion des sogenannten Stickstoffversorgungs,

Tab. 1: Differenzierung der Systeme im Fruchtfolgeversuch

Kulturart	Mineraldünger-N (KAS) (kg ha <sup>-1</sup> )	Gülle-N (kg ha <sup>-1</sup> )	Gesamt-N (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>System 1: „Geringe Intensität“</b>			
Mähweide <sup>1</sup>	0	75	75
Silomais <sup>2</sup>	0	75	75
Triticale <sup>3</sup>	0	75	75
Ø N-Einsatz	0	75	75
<b>System 2: „Reduzierte Intensität“</b>			
Mähweide	100 (50/50/0/0)	75	175
Silomais	25 zur Saat	75	100
Triticale	100 (30 EC21+40 EC31+30 EC39)	75	175
Ø N-Einsatz	75	75	150
<b>System 3: „Hohe Intensität“</b>			
Mähweide	150 (80/40/30)	75	225
Silomais	100 (60 Saat+40 EC21)	75	175
Triticale	200 (60 EC21+80 EC31+60 EC39)	75	275
Ø N-Einsatz	150	75	225

<sup>1</sup> Herbstblanksaat mit 3 Weißklee IJLd 20 kg DelItsc;hVVveiel\$ as ha<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> Sorte NAXOS mit 10 Pflanzen m<sup>-2</sup>

<sup>3</sup> Sorte MODUS mit 250 Körnern

Das zweite System wird mit einer gegenüber den praxisüblichen Mineraldünger- und Gülleaufwandmengen reduzierten Intensität geführt. Ziel der zugunsten von Grünland und Triticale sehr ungleichen N-Verteilung zwischen den Kulturen ist die größtmögliche Ausnutzung der während der Grünlandphase im Boden angereicherten Stickstoffmenge durch den Mais. Das dritte System zielt mit seinem erhöhten Mineraldünger Aufwand auf eine hohe Produktion auf der Fläche ab. Da hierbei die Futterversorgung des zugrunde gelegten Viehbesatzes mit reduziertem Kraftfuttereinsatz gewährleistet ist, kann diese Variante auch als grundfutterorientiertes System bezeichnet werden. Übergeordnetes Ziel ist, ähnlich wie mit den Versuchsanlagen auf dem Dauergrünland und in der Silomais-Monokultur, durch die Variation des N-Einsatzes über Mineraldünger und Gülle bzw. mit einer variierten Weideintensität, deutliche Gradienten in der N-Verfügbarkeit zu schaffen. Mit Hilfe von Modellen sind dann Aussagen hinsichtlich der N-Effizienz und Umweltverträglichkeit von viehhaltenden Produktionssystemen in einem weiten Intensitätsbereich möglich. Im Falle des Fruchtfolgeversuches wird der schon vorhandene Gradient im N-Einsatz noch dadurch erweitert, daß auf der Hälfte der Anbaufläche einer jeden Kulturart die Gülledüngung gänzlich unterlassen wird. Insgesamt werden also 18 unterschiedliche N-Intensitätsstufen (3 Kulturarten x 3 Mineraldüngerstufen x 2 Güllestufen) abgebildet. Eine exakte Quantifizierung des Beitrags aller 3 Haupt-N-Quellen (Mineraldünger, Gülle, N-Fixierung der Leguminosen)

sowie der N-Nachlieferung aus dem Boden erfolgt mit Hilfe des Einsatzes stabiler  $^{15}\text{N}$ -Isotope auf Teilflächen einer jeden Kulturart des Versuches. Zeitreihenuntersuchungen sollen die Ertragsbildung und Qualitätsentwicklung sowie die Dynamik der N-Mobilisierung in Abhängigkeit von der Kulturart bzw. Vorfrucht beschreiben.

## 2.2 Dauergrünland und Silomaisanbau in Monokultur

Die Versuche ersten Projektphase werden in vollem Umfang weitergeführt. Im Mittelpunkt steht die Beobachtung der mittelfristigen Entwicklung Anbausysteme. Mit Hilfe des Einsatzes von  $^{15}\text{N}$ -Isotopen wird im Grünland-Maisversuch die Verwertung des Mineraldünger- und Gülle-N sowie die Menge des dem Grünland vom Weißklee fixierten N ermittelt (LOGES, 2000).

## 2.3 Modellierung der N-Flüsse in Systemen mit differenzierter N-Intensität

Ziel des Einsatzes von Modellen ist im Falle des N-Projektes u. a. ein erleichtertes Verständnis der komplexen Boden-Pflanze-Tier-Systeme und eine differenzierende Analyse witterungsbedingter Effekte auf die Dynamik der N-Flüsse. Neben dem am Lehrstuhl entwickelten Ertrags- und Qualitätsmodell FOPROQ/FOSIM (HERRMANN, 2000), wird auch das deterministische Modellsystem WASMOD (REICHE, 1994) eingesetzt, welches zur Beschreibung und Bilanzierung des Wasser- und Stoffhaushaltes von Agrarökosystemen dient.

## 3. Literatur

- ANONYMUS, 1999: Rinder-Report '99. Betriebswirtschaftliche Mitteilungen Nr. 530/31. Landwirtschaftsverlag, Schleswig-Holstein.
- BÜCHTER, M., M. WACHENDORF, F. TAUBE, 2000: Nitratauswaschung unter in Abhängigkeit von und N-Düngungsintensität. 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft (in diesem Band)
- HERRMANN, A., KORNHER, J.N. JOVANOVIĆ UND TAUBE, 2000: Simulationstudie Ertragsbildung und Qualitätsentwicklung bei Silomais. 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft und (in diesem Band)
- INGWERTSEN, M. WACHENDORF, TAUBE, 2000: N-Bilanz und N-Effizienz von Dauergrünland bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität. 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Kiel (in diesem Band)
- JARVIS, WU, KINS, AND PAIN, 1997: Opportunities reducing the environmental impact of dairy farming managements: a systems approach. and Forage Science 51, 21-31.
- JOVANOVIĆ, M. WACHENDORF, F. TAUBE, 2000: N-Bilanz und von Silomais bei variierter N-Gülledüngung. 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, (in diesem Band).
- LEDGARD, PENNO, AND SPROSEN, 1999: Nitrogen inputs and losses from clover/grass pastures grazed by dairy cows, as measured by nitrogen application. Journal of Agricultural Science, Camb, 132, 215-225.
- LOGES, K. INGWERTSEN, KASKE UND F. TAUBE, 2000: Methodische Aspekte zur Ermittlung der  $\text{N}_2$ -Fixierungsleistung von Leguminosen im Ackerfutterbau. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft und Futterbau, Kiel (in diesem Band)
- PEEL, LANE, CHATFIELD, HARRISON, AND JARVIS, 1997: Reducing nitrogen emissions from complete dairy farm systems. In: Nitrogen Emissions from Grasslands. eds: Jarvis, and Pain, International, Wallingford, pp.383-390.
- REICHE, 1994: Modeling water nitrogen dynamics on scale. Ecological Modelling, 75-76.
- TAUBE, F., WACHENDORF, GREEF UND WULFES, 1997: Perspektiven semi-intensiver Produktionssysteme in Milchvieh-/Futterbauregionen Norddeutschlands. Ldw. 75, 586-603.

# Schwermetall- und Schadstoffbelastung in der Überflutungsauere der unteren Oder und Konsequenzen für die Nutztierhaltung

von

Gisbert Schalitz, Axel Behrendt und Wolfgang Leipnitz

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg (ZALF e.  
Forschungsstation 14641 Paulinenaue

## 1. Einleitung

Das Tal der unteren Oder im Grenzbereich zwischen Deutschland und Polen gilt als eine der letzten und unverbauten Flussauere Landschaften Mitteleuropas. Der ursprüngliche Abflussquerschnitt von 2 bis 3 km steht bei Wasserführung der noch Stromoder gibt es lediglich einen flachen Sommerdeich, der während der Vegetationszeit die dahinter liegenden Grünlandflächen vor Wasserstandsschwankungen schützt und so eine geregelte Bewirtschaftung ermöglicht. Im Winterhalbjahr ist die gesamte Auenlandschaft in einer Länge von 60 km überflutet (ab Hohensaaten bis vor die Tore Stettins) und im Sommer steht das Gebiet bei extremen Hochwasserereignissen als Retentions- bzw. Speicherraum zur Verfügung. Das Jahrhunderthochwasser 1997 an der Oder hat hier keine besonderen Probleme verursacht, im Gegenteil hat das rechtzeitige Fluten der Polder zur Entlastung der Situation an der mittleren Oder beigetragen. Bei der Flutung der Oderpolder treten allerdings in erheblichem Maße Sedimentationsprozesse auf, die seit Beginn der Industrialisierung zunehmend Einträge von Schwermetallen und Schadstoffen in die tonigen Auenböden bewirkt haben. Nach der politischen Wende in Ostdeutschland ist das Gebiet zeitweilig unter Schutz gestellt und ab 1995 zum Deutsch-Polnischen Nationalpark erklärt worden. Der Nationalpark umfasst auf deutscher Seite 10.500 ha zuzüglich dem Landschaftsschutzgebiet Nationalparkregion (17.774 ha), auf der polnischen Seite den Landschaftsschutzpark Zehden mit 30.000 ha Kernfläche und 53.000 ha Schutzzone sowie den Landschaftsschutzpark „Park Krajobrazowy Dolina Dolnej Ordry“ mit 6.000 ha (VÖSSING 1998).

Laut kommt nun Priorität in der Landnutzung zu, was zu begründeten geführt hat, 50 % des Nationalparks müssen als Kerngebiete (Totalreservate) ausgewiesen sein.

## 2. Material und Methoden

Erste Voruntersuchungen von SCHALITZ im Jahre 1990 (SCHALITZ, LEIPNITZ & FISCHER 1993) hatten Kontamination des Oberbodens ergeben. Zur Kennzeichnung von großräumigen Belastungsmustern 1997 Transekte der Beprobung in durch das Gebiet gelegt (Nord, Süd). Es ergaben sich insgesamt Bodenuntersuchungspunkte mit je 3 Beprobungstiefen. Profilbohrungen bis 120 cm sollten Aufschluss über die Schichtenfolge bzw. und die Tiefenverlagerung der Schadstoffe geben. Einmessung Höhenlage erfolgte durch GPS. Bestimmung der bodenphysikalischen und -chemischen ist nach den entsprechenden DIN-Normen durchgeführt worden.

Standorte der Bodenprobenentnahme wurden zusätzlich pflanzensoziologisch geordnet (System Es erfolgen Analysen Pflanzensubstanz

der entsprechenden Mischproben und von Einzelarten auf alle wichtigen Futterwert bestimmenden Inhaltsstoffe einschließlich Schwermetalle.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Die Auenböden im unteren Odertal zeigten gegenüber vergleichbaren Trockenpoldern und anderen Standorten deutliche Erhöhung der Konzentration an Schwermetallen. Das trifft vor allem auf die Elemente Zink, Cadmium, Arsen, und Kupfer zu. Auffällig ist die von Mangan, das in besonderem Maße im Flusssystem Oder mobilisiert wird. Anreicherung ist insbesondere der oberen Bodenschicht von 2 – 10 cm was auch für organische Schadstoffe wie polyaromatische Kohlenwasserstoffe und Phenole zutrifft. Die antropogen bedingte Ursache, die 200 Jahre Industrieentwicklung widerspiegelt, wird eindeutig (s. a. WEIGMANN und SCHUMANN 1999).

Verstärkte Stoffakkumulationen wurden in Senkenpositionen beobachtet, während auf höher gelegenen Standorten meist niedrigere Gehalte zu verzeichnen waren (HÖHN, HIEROLD und SCHALITZ 1998). Es hat sich gezeigt, dass erhöhte Bodengehalte an Schwermetallen, Mikro- und Makroelementen nicht zwangsläufig mit hohen Pflanzengehalten verbunden müssen. Entscheidend sind die überwiegend und löslichkeitsbedingte Pflanzenverfügbarkeit aber auch das Aufnahmevermögen der Pflanzenart. Ein hohes Transformationsvermögen gibt es vor allem bei den Cd, Zn, Fe aber auch Elemente und Pb kommen Boden zwar meist reichlich vor, aber nicht Übermaß in die Pflanze (Tab. 1).

angegebenen basieren auf der Futtermittelverordnung/ Futtermittelgesetz von 1997.

Die flächenmäßig Untersuchungsgebiet waren

<i>Alopecuretum pratensis</i> (Regel25)	50-90 cm
Sommergrundwasserstand	
<i>Phalaridetum arundinaceae</i> (Koch 26, Libbert 31)	15 – 50 cm
Sommergrundwasserstand	

Sie kamen Abhängigkeit von Höhenlage und Grundwasserstand in verschiedenen Untergesellschaften bzw. Ausbildungsformen vor. Auch Seggenbestände sich infolge der nachlassenden Nutzungsintensität seit 1990 wieder verstärkt in Tieflagen entwickelt (*Caricetum gracilis* I GRAEBN. et HUECK 31). Kleinräumig trat Senkenvegetation (*Ranunculo-Alopecuretum geniculati*, 27) auf.

Eine speziell von Schwermetallen und/oder Schadstoffen Vegetation wie in langjährig war nicht nachzuweisen. Hohe Gehalte an waren vor allem der Senkenvegetation anzutreffen (Mitteltransekt Nr. 13 dominierende *Polygonum* Nr. 16 *Glyceria fluitans*! *Polygonum amphibium*). Überhöhte nach der Sommerüberflutung wies auch *Rorippa amphibia* auf. Cd-Gehalte dürfen nach dem Futtermittelgesetz nicht über  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  in der Futtertrockenmasse liegen.

den gab es zum Teil erhebliche Überschreitungen der Normwerte. Sehr hohe Pflanzensubstanz traten in erster Linie auf feuchteren Standorten auf (Nr. 13, 16). Extrem hohe Gehalte waren insbesondere nach der Sommerüberflutung zu verzeichnen. reduzierenden Bodenbedingungen haben offensichtlich zu großen Pool an  $\text{Mn}^{++}$  geführt, das leicht von aufgenommen werden kann. Nach dem Jahrhunderthochwasser an der Oder vom 15.7. bis 2.9.1997 gab es in Einzelpflanzen zusätzlich überhöhte Gehalte bei Se, und Fe (s. Tab.1).

Tabelle 1: an Schwermetallen bzw. Mikroelementen in der Pflanzensubstanz, Transekt II (Mitte Polder)

Transekt II Nr.	ppm As	ppm Se	ppb Mo	ppm B	ppb Cr	ppm Zn	ppm Pb	ppb Co	ppb Cd	ppb Ni	ppm Mn	ppm Fe	ppm Cu	ppm Al	ppm Sr	ppb Li
a) I. Aufwuchs 06.06.1997																
West	1	<2	<2	415		84			<10	<10	527	25,6		11,29		221
	2	<2	<2	40		21			163	113	1316			<2		33
	3	<2	<2	36		4			58	58	1224			<2		460
	4	<2	<2	227		69			449	59	1247					1597
3 km	5	<2	<2	182		<5			308	<10				5,63		1121
	6	<2	<2	499		89			53	225	1533	55,0				493
	7	<2	<2	250		147			1019	241		1205				15173
	9	<2	<2			39			35	27	753			<2		214
	13	<2	<2	451		2439			2840	722	5183	1132,1		822,91	36,33	2708
	14	<2	<2	150		659			216	295	2720	13		236,21	25,16	701
	16	<2	<2	499		1			191	1067	1480	1825,6			39,17	1988
Ost (Odernähe)	17	<2	<2	171	4,63	58			136	36	570	370,9	5,38	<2	23,06	909
Obergrenze Grünfutter	2 (4)*	0,5 (1,5)	2500					250	40	10000	1000		250	1250	30	
b) Aufwuchs nach Überflutung (Einzelarten) 13.11.1997																
Polygonum amphibium	1,61	1,89	240	28,59	1180	127,7	3,15	1200	400	4490	1617	1515	10,20	563,4	54,82	2250
Potentilla reptans	3,93	4,35	610	26,73	1200	286,0	4,63	4680	730	12960	5946	1950	8,46	530,7	73,40	2400
Rorippa amphibia	1,87	2,13	330	23,73	670	338,0	3,35	1550	10	6490	1692	1140	8,84	548,8	87,40	3560
Alopecurus geniculatus	2,66	2,58	440	6,25	2660	201,4	7,50	2770	550	9490	3558	2372	12,84	1101,9	27,02	3270
Agropyron repens	1,28	2,54	670	7,35	470	72,6	2,03	70	160	2350	366	384	13,00	189,5	22,04	470

\*Bis zum 2,5fachen ist Verwendung des Futtermittels im eigenen Betrieb noch möglich.

Die Ertragsanteile der schadstoffakkumulierenden Pflanze Land-Wasserknöterich (*Polygonum amphibium*) waren in der ersten Regenerationsphase der Grünlandbestände enorm hoch. Während die meisten der durchaus standortangepassten Pflanzenarten nur eine zögerliche Regeneration zeigten, überwucherten die Ausläufer von *Polygonum amphibium* rasch ganze Landstriche. Die ursprüngliche Vegetation hatte sich erst 1/2 Jahre später wieder eingestellt. Durch die Kennzeichnung der Schadstoffpotentiale im Untersuchungsraum war es möglich, Entscheidungen zur Ausgrenzung bestimmter Flächen aus der Nutzung (Totalreservate) zu objektivieren. Das betrifft insbesondere die tief gelegenen Flächen nahe der Oder und Hohensaaten -Friedrichthaler Wasserstraße sowie Senkenareale Weidegebieten, von denen eine Beeinträchtigung der Tiergesundheit ausgehen kann. Hinblick auf die Gewährleistung einer umweltverträglichen extensiven Wirtschaftsweise wird es als zweckmäßig angesehen, mit Mutterkühen und Mastrindern standortangepasster Rassen (Uckermärker) oder Pferden zu weiden. Die Milchviehhaltung sollte aufgrund der schnellen Stofftransformation System Boden-Pflanze-Tier Vergangenheit angehören. Da im Winter nicht geweidet werden kann und das auch nach Sommerhochwasser nicht mehr verwertbar ist, müssen ausreichend Konservatfuttervorräte angelegt werden. Das bedingt eine konsequente Mähweidenutzung und die Gewinnung ausreichender Silage- bzw. von den naturbedingt Miltzwiesen (*Phalaris arundinacea*).

### Literaturverzeichnis

- HÖHN, A., HIEROLD, und SCHALITZ, G. (1998): Regionale Kennzeichnung und Wertung Schadstoffbelastung von Überschwemmungsgebieten zur Landnutzungsplanung am Beispiel des Nationalparks "Unteres Odertal". Report Müncheberg und Landesumweltamt Brandenburg, 112 S.
- SCHALITZ, G., LEIPNITZ, und FISCHER, A. (1993): Beitrag zur Vertiefung der Kenntnis und Versachlichung Diskussion über den Deutsch-Polnischen Nationalpark "Unteres Odertal". -In: SCHALITZ, G., LEIPNITZ, & FISCHER, A.: Grünlandökologische Arbeiten im nordostdeutschen Tiefland. ZALF-Bericht Nr 5, 1-36.
- VÖSSING, (1998): Internationalpark Unteres Odertal. Stapp Verlag Berlin, S.
- WEIGMANN, G und SCHUMANN, M. (1999): Bodentypen und Schwermetallbelastung von Böden, Pflanzen und Bodentieren in Überschwemmungsgebieten des Unteren Odertals.- In: DOHLE, W., Bö, & WEIGMANN, G.: Das Untere Odertal. Limnologie aktuell2, Schweizerbart, Stuttgart, 23-28.
- Futtermittelrecht/Futtermittelgesetz. 16. Überarbeitung/Verordnung zur Änderung der Futtermittelverordnung vom Februar 1997, Bearbeitung Suflöhn, Bonn.

# Verlagerung der pathogenen Parasiten *Cryptosporidium* sp. und *Giardia* sp. mit dem Sickerwasser auf Grünland

von

Michael Anger<sup>1</sup>, Panagiotis Karanis<sup>2</sup> und Walter Kühbauch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenbau, Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau, Universität Bonn

<sup>2</sup>Institut für Medizinische Parasitologie, Universität Bonn

## Einleitung

protozoischen Darmparasiten *Cryptosporidium* und *Giardia* haben als Erreger von Magen-Darm-Infektionen in der Vergangenheit zunehmendes Interesse gefunden, nicht zuletzt aufgrund wiederholter trinkwasservermittelter Infektionen in der Vielzahl industrialisierter Länder (LISLE und ROSE 1995). In der Landwirtschaft vorrangig als gefährliche Kälberinfektion können die von den Parasiten ausgelösten Erkrankungen (Cryptosporidiose bzw. Giardiasis) auch beim Menschen starke Durchfallerkrankungen auslösen; bei immungeschwächten Personen (z.B. AIDS-Patienten, immunsupprimierter Organempfänger, etc.) kann die Cryptosporidiose sogar tödlich verlaufen. Nach der Ausscheidung der widerstandsfähigen Oozysten (3-6 große *Cryptosporidium*-Oozysten bzw. 7-14 große *Giardia*-Zysten) über Fäkalien von infizierten Menschen, Haus-, Nutz- und Wildtieren können Protozoen unter Beibehaltung ihrer Infektiosität längere Zeit in einer feucht-nassen Umwelt überleben. Da eine Eliminierung der Protozoen bei der herkömmlichen Wasseraufbereitung nicht in vollem Umfang sichergestellt ist (ROSE und BOTZENHART 1990, KARANIS und SEITZ 1996), werden Bemühungen intensiviert, die Protozoen-Belastung im Rohwasser zu senken.

ländlichen Tierscheidungen vorrangig Nutz- wie auch Wildtiere die beiden Protozoen aus (MCFETERS 1990, KARANIS et al. 1993). Es fehlen jedoch eindeutige Studien, dass insbesondere die flächengebundene Nutztierhaltung eine höhere Parasitenbelastung im Rohwasser verursacht (ROSE et al. 1988, KISTEMANN et al. 1998). Dass dies dennoch unterstellt wird, wird mit der hohen Infektionsrate in landwirtschaftlichen Betrieben (KARANIS et al. 1993, ANGER et al. 1997) begründet, denn die Protozoen gelangen mit der Ausbringung von Wirtschaftsdünger oder während der Beweidung unvermeidbar auf die Flächen. Obwohl das weitere Schicksal der Protozoen im Boden unbekannt ist, werden für einige Maßnahmen wie Gülleausbringverbote, Beweidungseinschränkungen oder aufwendige Gülle-Hygienisierungsverfahren gefordert. Englische Studien deuten an, dass trotz einer hohen Belastung keine starke Einwaschung von *Cryptosporidium*-Oozysten in Bodenschichten unter 10 - 30 cm Tiefe (MAWDSLEY et al. 1996a+b). Ob ein Grünlandboden auch unter Freilandbedingungen ausreichende Filterfunktion zeigt und ob dies auch für *Giardia*-Zysten gilt, sollte in einem Versuchsversuch ermittelt werden.

## Material und Methoden

Versuch wurde auf den Düngungsvarianten *1* und *2* beiden langjährig unter Schnittnutzung (2 x n = 3) in der Eifel (485 mm ü. NN) durchgeführt. Vegetationsperioden 1996 bis 1998 wurde *Cryptosporidium* und *Giardia* in Rindergülle breitverteilt in unterschiedlichen Aufwandmengen ausgebracht; Kalkammonsalpetervariante diente als Kontrolle ohne Parasiten (Tab. 1). Im Jahr 1998 wurde nur Lysimeter I im ursprünglichen Versuchsplan (mit n = 3) fortgesetzt, während auf Lysimeter *2* (mit n = 3) eine Frühjahrsbegüßung (Var. D) bzw.





Tab. 1: Varianten des Parasitenversuchs auf den beiden Freilandlysimetern mit N-Gaben (in kg N ha<sup>-1</sup>) und Kotapplikation (in t Kot ha<sup>-1</sup>) bei simulierter Weide

Versuchsvarianten	Parasiten	1. Aufw.	2. Aufw.	3. Aufw.	4. Aufw.	n <sup>1)</sup>
A: Kontrolle (200 kg N ha <sup>-1</sup> ) <sup>2)</sup>		50	50	50	50	6
B: Gülle (240 kg N ha <sup>-1</sup> )	+	120	-	120		6/3
C: Gülle (480 kg N ha <sup>-1</sup> )	+	160	160	160		6/3
D: Gülle (120 kg N ha <sup>-1</sup> )	+	120				3
E: Gülle (360 kg N ha <sup>-1</sup> )	+	160	160			3
F: simulierte Weide <sup>3)</sup>	+	5,2	3,1	1,3	0,5	3

<sup>1)</sup> der Wiederholungen: in 1996 + 1997 und 1998; <sup>2)</sup> Düngung mit Kalkammonsalpeter  
<sup>3)</sup> ohne N-Düngung

eine Frühjahr- und Fröhsommerbegülluug (Var. E) geprüfL wurde. In 1998 wurde zu dem ungedüuugten Variante des Lysimeters II durch Ausbringung von kontaminierten Kothaufen eine Beweidung mit durchschnittlich 3,2 GV ha<sup>-1</sup> simuliert. Während im Jahr 1996 eine herkömmliche mit Parasiten kontaminierte Betriebsgülle verwendet wurde, fand 1997 und 1998 eine Parasitenanreicherung von Rindergülle und -kot statt.

Jede der 12m<sup>2</sup> großen Parzellen der Freilandlysimeter war einzeln aufgeschweißt. Der Interflow, der in ca. 40 cm auf dem mit PE-Platten eingedichteten Horizont des Pseudogley-Bodens Hangverlauf folgend abfloß, als austretende Wassermenge eindeutig einer Parzelle zugeordnet werden. Für die drei Sickerwasserperioden konnten Sickerwassermengen von 203 mm (1996 / 97), 303 mm (1997 / 98) und 452 mm (1998 / 99) berechnet werden.

Die parasitologische Untersuchung der Sickerwasserproben erfolgte aufgrund des hohen Analyseaufwandes je Variante als Sammelprobe. Im Sickerwasser wurden mit der Flokkulationsmethode (Eisen-III-sulfat-Flockung) anschließend in mehreren Zentrifugationsschritten gereinigt und mit Saccharose ausgezählt. Die Parasiten wurden im Phasenkontrastmikroskop und mittels Immunofluoreszenztest (ausführliche Beschreibung der Nachweismethode vgl. KARANIS und SEITZ 1996).

### 3

#### Ergebnisse und Diskussion

Die Verlagerung von *Cryptosporidium*-Oozysten und *Giardia*-Zysten mit dem Sickerwasser setzt ausreichend hohe Sickerwasserschüttungen voraus. In den drei Versuchsjahren zeigt sich ein differenziertes Bild für die Verteilung und Höhe des Sickerwasseranfalls sowie der Kontamination der beiden Erreger in den getesteten Güllevarianten (Abb. 1). Nach der Ausbringung der herkömmlich kontaminierten Gülle konnten in der ersten Sickerwasserperiode 1996 / 97 Parasiten im Sickerwasser nachgewiesen werden. Durch die Parasitenanreicherung der verwendeten Gülle finden sich im untersuchten Interflow-Wasser der Folgejahre positive Befunde, die scheinbar auf eine zusätzliche Parasitenbeigabe in die Gülle in den Jahren 1997 und 1998 zurückzuführen sein können. Offenbar existiert eine methodisch bedingte Nachweisgrenze für Freilandlysimeter, die eine ausreichend hohe Protozoenapplikation notwendig macht. Allerdings lassen Untersuchungen von REES (1990) mit Fäkal-Coliformen den Schluss zu, dass durch die Gülleanreicherung mit Parasiten-Suspensionen der höhere Parasitenanteil in der dünnflüssigen Phase der Gülle vorliegt. Nach der Applikation dieses Gülleeluat besser in den Boden oder gar eingewaschen werden. Die normalerweise in kontaminierter Gülle enthaltenen Protozoen, die rein

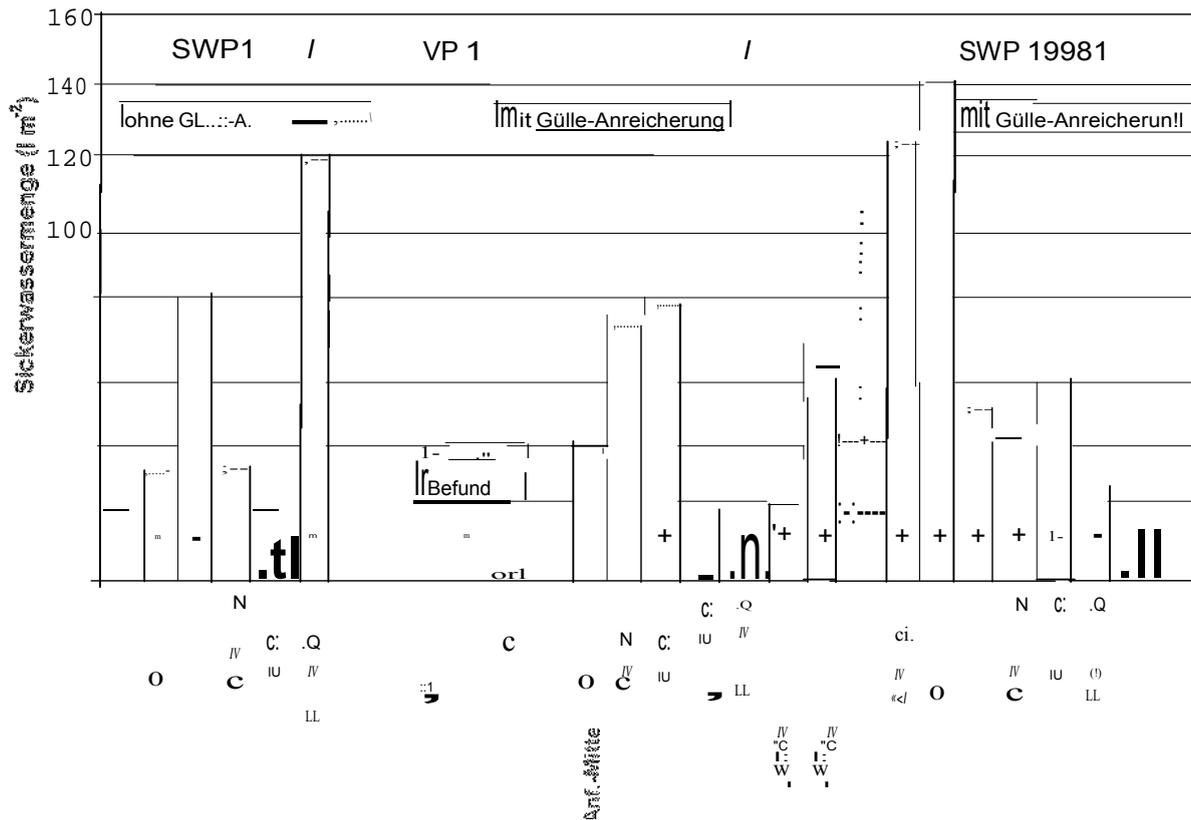


Abb. 1: Sickerwassermengen für die Zeiträume der Sickerwasserbeprobung und Darstellung der Parasitenbefunde<sup>1)</sup> für alle Güllevarianten (+ = positiver und - = negativer Befund auf *Cryptosporidium sp.* oder *Giardia sp.* im Bodenwasser, = Sickerwasserperiode, =Vegetationsperiode)

physikalisch ungünstigere Bedingungen zum Verlassen der Kot- bzw. festen Güllematrix vorfinden werden, mit festen Güllepartikeln in höherem Umfang auf der Pflanz- Mulch- und Bodenoberfläche zurückgehalten werden.

Wie in den Laborstudien mit Bodenkernen und Bodenkisten (MAWDSLEY et al. 1996a+b) werden auch auf Grünlandstandort trotz künstlicher Parasitenanreicherung, Flachgründigkeit von 40 cm Bodentiefe, hohem Potential zur Makroporenbildung - 1997 und 1998 hohe Eliminierungsraten erzielt.

sie durchaus denen von aufwendigen Gülle-Hygenisierungsverfahren oder herkömmlichen Trinkwasseraufbereitungsanlagen entsprechen, sollte zunächst über geeignete Wirtschaftsmaßnahmen nachgedacht werden. Anhand des Vergleiches von Parasitenausbringmenge und Parasitenmenge im Bodenwasser (Tab. kann selbst bei sehr hoher Gülledüngung bis Anfang August (Var. C) eine Eliminierungsrate für die ausgebrachten Oozysten/ Zysten von mindestens 3-log-Stufen berechnet werden, d.h. mindestens 99,9% der auf dem Grünland ausgebrachten Parasiten werden nicht im Bodenwasser wiedergefunden. Eine vergleichbare Quote ergibt sich ebenfalls für überprüfte Oozystenverlagerung bei simulierter Beweidung bis Anfang Oktober (Var. F). Durch alleinige Gülledüngung im Frühjahr (Var. D) kann eine Steigerung der Oozysten-Eliminierungsrate auf 4-log-Stufen (= 99,99 %) erreicht werden; eine Beweidung -ausschließlich ersten Hälfte des Vegetationsperiode - dürfte bei großzügigem Auszäunen der Vorfluter das siko vergleichbar mindern. Ob die erfassten Parasiten noch vital, d.h. infektiös sind, kann derzeit an Sickerwasser aus Freilandversuchen noch nicht eindeutig bestimmt werden.

Aufgrund der vorliegenden Datenlage dürfte für herkömmliche Grünlandflächen - mit Ausnahme von flachgründigen Standorten, Kiesuntergrund, Kluftgrundwasserleitern oder flach verlegten Dränagen - erwartet werden, dass insbesondere durch Anpas-

Tab 2: Reduktionspotentiale) für *Cryptosporidium* und *Giardia* nach Applikation auf Grünland und Bodenpassage in 1997 / 98 und 1998 / 99

Varianten	Cryptosporidium-Oozyst.		Giardia-Zysten	
	1997 / 98	1998 / 99	1997 / 98	1998 / 99
B: 2 x 120 kg Gülle-N	$1,1 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$	$7,5 \times 10^{-3}$	
C: 3 x 160 kg Gülle-N	$2,3 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-4}$
1 x 120 kg Gülle-N		$2,2 \times 10^{-4}$		
E: 2 x 160 kg Gülle-N		$4,7 \times 10^{-3}$		$2,7 \times 10^{-4}$
F: simulierte Weide		$2,7 \times 10^{-3}$		

log-Vergleich von ermittelten im Sickerwasser zu applizierten [Eliminierungsrate von 3-log-Stufen ( $10^3$ )= 99,9 %, 4-log-Stufen ( $10^4$ ) = 99,99 %] --ohne --

sung der Grünlandbewirtschaftung an das voraussichtliche Risiko für Parasitenauswaschung eines Standortes eher als gering bis ungewiß eingeschätzt werden Praxisnahe und Bewirtschaftungsmaßnahmen, insbesondere für scheinbar ungünstige Standorte, sind zukünftig noch zu testen. Gleichfalls ist gesicherte Quantifizierung des von Wildtieren notwendig, sich sonst die gravierenden Bewirtschaftungsauflagen in der Landwirtschaft als nutzlos erweisen werden.

## 5 Literatur

- ANGER, M., K. DÖHMEN, P. KARANIS, R. KRÄMER, M. SCHMIDT J. WINKEIMANN, 1997: Kontamination von Rindergülle und Stallmist aus ausgewählten Grünlandbetrieben mit den Parasiten *Giardia sp.* und *Cryptosporidium sp.* - 46, 235-238.
- KARANIS, P., und H. M. SEITZ, 1996: Vorkommen und Verbreitung von *Giardia* und *Cryptosporidium* im Roh- und Trinkwasser von Oberflächenwasserwerken. - gwf / Wasser Abwasser 137, 94-100.
- KARANIS, SCHOENEN, MAIER und SEITZ, 1993: Trinkwasser und Parasiten 21' 132-136 ,
- KISTEMANN, T., F. DANGENDORF, KOCH, FISCHEDER und M. EXTNER, 1998: Mikrobielle Belastung von Trinkwassertalsperren-Zuläufen in Abhängigkeit vom Einzugsgebiet. - gwf / Special Talsperren 139, 1
- LISLE, J.T., and Rose, 1995: *Cryptosporidium* contamination of water in the USA and UK: a mini-review.- J. Water SRT-Aqua 44, 103-117.
- MAWDSLEY, J.L., BROOKS and MERRY, 1996a: Movement of the protozoan pathogen *Cryptosporidium parvum* through three contrasting soil types. - Biol. and Fertility of Soils 21, 30-36.
- MAWDSLEY, J.L., A.E. BROOKS, MERRY and B.F. PAIN, 1996b: Use of a novel soil tilting table apparatus to demonstrate the horizontal and vertical movement of the protozoan pathogen *Cryptosporidium parvum* in soil. - Biol. and Fertility of Soils 23, 215-220.
- McFETERS, G.A. (ed.), 1990: Drinking water microbiology: Prozessandrecent developments. - Springer Ver!., New York.
- REES, , 1990: A comparison of leachate contamination following application of cattle slurry and dairy washings to soil: a laboratory study. - M. Sc. Thesis Univ.
- RosE, , DARBIN C.P. GERBA, 1988: Cerrelations of protozoa, *Cryptosporidium* and *Giardia*, with water quality variables in a watershed. - Water Sei. and Techno!. 20, 271-276.
- RosE, und K. BOTZENHART, 1990: *Cryptosporidium* und *Giardia* im Wasser. - gwf / Wasser Abwasser, 131, 563-572.

# Darstellung und Analyse ortsbezogener Daten im Grünlandversuchsbetrieb mittels GIS

Schellberg, J. und Helmert

Institut für Pflanzenbau, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

## 1. Einleitung

Ein GIS (Geoinformationssystem) ist ein rechnergestütztes System, mit dem raumbezogene Daten digital erfasst und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und grafisch präsentiert werden (BILL und FRITSCH, 1991). Damit steht auch Grünlandversuchsbetrieben ein Instrument zur Verfügung, das zahlreiche Möglichkeiten der Verwaltung, Abfrage, Analyse und Visualisierung von Daten jeglicher Art bietet und außerdem in der Ausbildung zweckmäßig eingesetzt werden kann. Für das Grünlandversuchsgut Rengen (Eifel) der Universität Bonn wurde im Jahr 1999 ein GIS eingerichtet mit dem Ziel, topographische, bodenkundliche, floristische und Katasterdaten sowie Versuchsdaten aus groß- und kleinflächigen Versuchen zentral und mit Ortsbezug zu verwalten und so ein Instrument zu schaffen, das die Handhabung, Verknüpfung und Interpretation großer Datenmengen erleichtert oder gar erst ermöglicht.

## 2. Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet, in dem das Versuchsgut Rengen liegt, umfaßt einen 357 ha großen Talabschnitt der Lieser im Naturraum Hocheifel zwischen 425 und 610 m über NN. Die Betriebsfläche des Grünland-Versuchsgutes beträgt 75 ha. Zur Einrichtung des GIS stand das in Tabelle 1 aufgelistete Datenmaterial zur Verfügung.

Tab. 1: Umfang und Quelle verwendeter Daten zur Einrichtung des GIS

Daten	Quelle
Rasterkarten des Digitalen Liegenschaftskatasters (1:5000)	Kreisverwaltung Daun
Luftbildkarten (1:5000)	LVM Koblenz
Landnutzungskartierung	Tranchot, 1811
Bodentypenkarte (analog)	Kerpen, 1960
Bodenkarte zur Mächtigkeit der rezenten Auflage (analog)	Kerpen, 1960
Bodenwasserkarte (analog)	Kerpen, 1960
Floristische Kartierung (Fundorte von Einzelpflanzen sowie Pflanzengesellschaften)	Versuchsgut Rengen
Transecte für kontinuierliche Feldbeobachtungen	Versuchsgut Rengen
Nutzungskartierung 1999	Versuchsgut Rengen

Das eigentliche GIS wurde auf *ARCVIEWTM* der Fa. *ESRI* (Version 3.1) (BILL, GLEMSER und HELMERT 1994). Katasterkarten wurden mittels eines Bildverarbeitungsprogramms (*Paint Shop Pro 5*) in ein nicht-komprimiertes Format übertragen, anschließend in *POLYPLOTTJv1-Software* und dort das Untersuchungsgebiet georeferenziert. Die Georeferenzierung der Rasterkarten, die die Grundlage des GIS bilden, erfolgte mit Zuhilfenahme der Luftbildkarten, in denen gemeinsame Fixpunkte (Höhenmesspunkte, Gebäudeecken, Vermessungspunkte) zu finden waren. Die Digitalisierung wurde am Bildschirm des PC vorgenommen.

Digitalisiertabrett in Vektordateien überführten Bodenkarten (KERPEN 1960) wurden anschließend in das System eingepaßt. Die Einmessung fester Orientierungspunkte erfolgte zusätzlich mit Hilfe eines am "Laptop" angeschlossenen GPS-Empfangers (DGPS, TRIMBLE). gemessenen geografischen Koordinaten im WGS-Format wurden vor Ort in eine EXCEL-Datei mit genauer Beschreibung der Ortslage des Messpunktes eingetragen, die Koordinaten in dezimale Gradangaben und weiter in Gauß-Krüger-Koordinaten transformiert.

Die räumliche Geometriegenauigkeit des GIS beträgt ca. 1 Meter. Insgesamt bilden 1553 Polygone, geformt aus mehr als 5000 Einzelsegmenten, das Grundgerüst. Die im GIS vorliegenden Objekte sind in Layern organisiert, die Layer wiederum Themen unterteilt. Die Struktur des GIS ist in Abbildung 1 gezeigt.

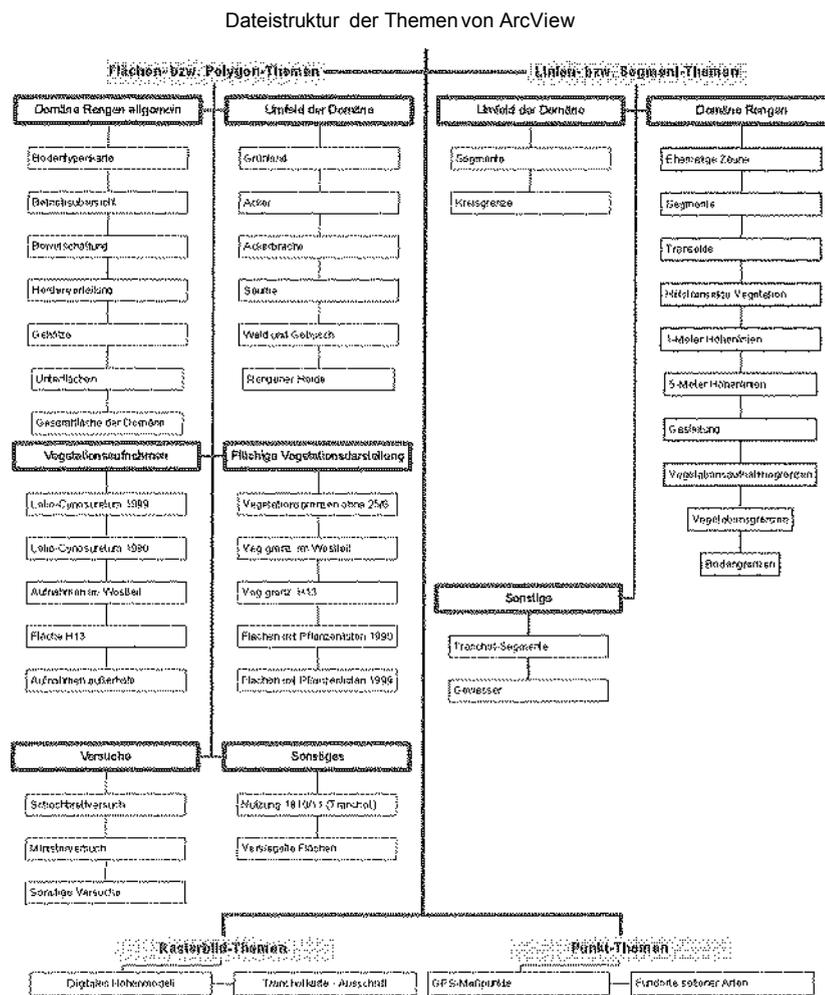


Abb. 1: Struktur der Themenverwaltung im GIS des Versuchsgutes Rengen

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Schwerpunkt der Arbeit mit GIS im Jahr 1999/2000 war die Darstellung und Analyse der floristischen Aufnahmen im Versuchsgut Rengen. Ein Beispiel für die Darstellung von Vegetationseinheiten ist in Abbildung 2 gegeben. Hinter jeder Einheit (Grauwert in der Schwarz-Weiß-Abbildung) verbirgt sich ein Datensatz, der kontinuierlich ergänzt werden kann. So sind Veränderungen (Verdrängung, Ausbreitung, Artenverschiebung usw.) nicht nur zu verfolgen und darzustellen, sondern auch unter Verwendung geeigneter Software zur Vegetationsanalyse korrelationsstatistisch zu bearbeiten. Derzeit

wird ein geeignetes m:n-Datenbankmodell unter ACCESS™ eingerichtet, das mit ARCVIEW kompatibel ist. Ein einfaches Beispiel für die mögliche Datenanalyse im GIS wird anhand des Dauerdüngungsversuchs Rengen (SCHELLBERG et al., 1999) gezeigt. Neben zahlreichen anderen Abfrageroutinen, die im GIS unmittelbar möglich sind, wurde das Vorkommen (Fundorte in Parzellen) von Pflanzenarten, die Nährstoffarmut im Boden anzeigen (Magerkeitszeiger), abgefragt und farblich kodiert dargestellt, und zwar für die Vegetationsaufnahmen der Jahre 1990 und 1999 im Vergleich. diese Weise konnten mittels einer Abfrageroutine die Veränderung im Vorkommen von Pflanzenarten visuell dargestellt werden (Abb. 3).

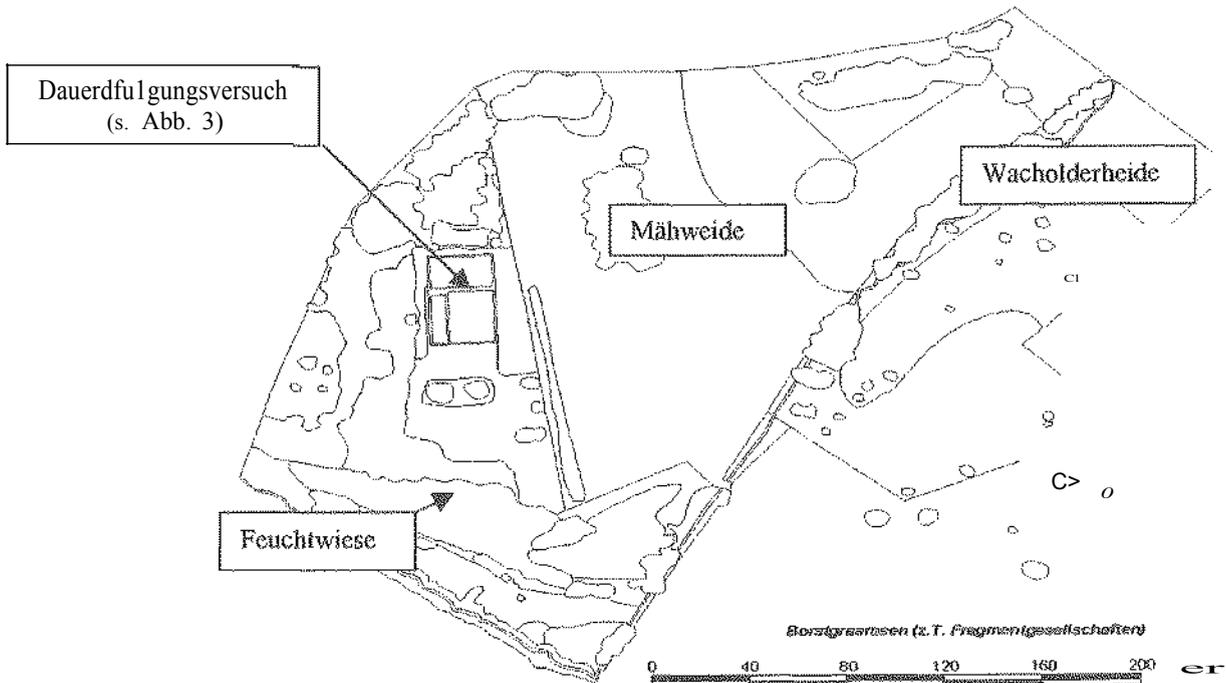


Abb. 2: Kartenausschnitt der Vegetationseinheiten im Westteil des Versuchsgutes Rengen aus dem GIS

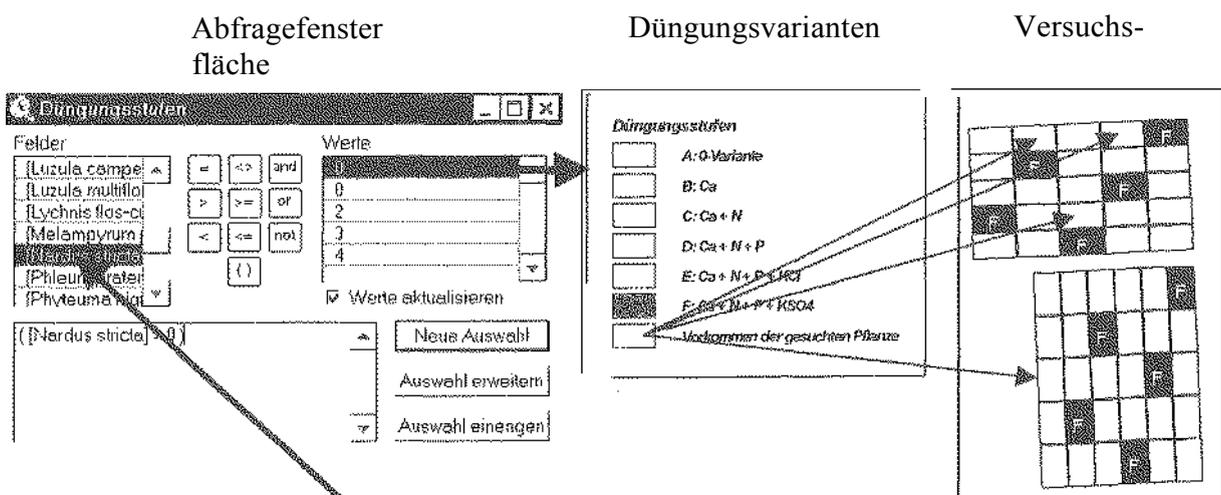


Abb. 3: Abfrage im GIS zum Vorkommen von Magerkeitszeigern im Rengener Dauerdüngungsversuch am Beispiel von *Nardus stricta* in 1999 (Düngungsstufen: ungedüngt, nur Ca+N, Ca+N+P, Ca+N+P+KCl, Ca+N+P+K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; nähere Angaben zum Versuch siehe SCHELLBERG et al., 1999)

Die ausgewählten Magerkeitszeiger fanden sich 1990 und 1999 fast ausschließlich in den mit Ca und Ca+N gedüngten Parzellen (Tabelle 2). Die Artenverschiebung innerhalb einzelner Parzellen war beträchtlich (z. B. *Anthoxanthum odoratum*) und ist am GIS sehr gut zu visualisieren.

Tab. 2: Vorkommen (Stetigkeit) von Magerkeitszeigern im Dauerdüngungsversuch Rengen für 1990 und 1999 im Vergleich (ohne Parzelle "unge düngt")

Pflanzenart	Vorkommen in % der Parzellen (1990 / 1999)				
	Ca	Ca+N	Ca+N+P	Ca+N+P+KC	Ca+N+P+K <sub>2</sub> S
<i>Anthoxanthm odoratum</i>	80 / 100	- / 50	- / -	- / -	- / -
<i>Briza media</i>	90 / 100	80 / 90	- / -	-	-
<i>Linum carthaticum</i>	100 / 100	90 / 100	- / -	- / -	- / -
<i>Luzula campestris</i>	100 / 100	30 / 70	- / -	- / -	- / -
<i>Nardus stricta</i>	50 / 20	20 / 10	- / -	- / -	- / -
<i>Potentilla erecta</i>	100 / 70	90 / 100	20 / -	- / -	- / -

Gleichartige Auswertungen sind auch in Betriebsflächen, für die Vegetationsaufnahmen vorliegen, möglich. Artenverschiebungen aufgrund von Änderungen in der Bewirtschaftung können mit ortsgenauer Lage der Fundorte von Pflanzen oder anhand der Grenzen von Vegetationseinheiten in einem ersten Schritt visuell dargestellt werden (s. Abbildung 2). Dabei kommt der Positionierung des Beobachters im freien Gelände mittels GPS (Global Positioning System) besondere Bedeutung zu. Diese Technik macht in großen Arealen ohne Landmarken überhaupt erst eine ortsgenaue Lagebestimmung (z.B. Fundorte von Pflanzen, Grenzen von Vegetationseinheiten) möglich. Verknüpfungen mit "Layern", die Informationen zu Bodennährstoffvorrat, Gründigkeit, Bodenwassergehalt, Hängigkeit und Exposition enthalten, ermöglichen in einem nächsten Schritt eine genauere Analyse der Ursachen von Bestandesveränderungen im Dauergrünland unter dem Einfluß der Bewirtschaftung, z. anhand von Stetigkeit, Dominanz, Ertragsanteil und mittels Korrelationsrechnung. Bei Vorlage von Ertrags- und Qualitätsdaten in Layerndesselben GIS sind Verschneidungen mit den oben genannten Informationen vorzunehmen.

#### 4. Literatur

- BILL, FRITSCH, 1991: Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 1. Hardware, Software und Daten. Wichmann, Karlsruhe
- BILL, L. GLEMSER und GRENZDÖRFER, 1994: Software Vergleichsstudie für den Aufbau umweltbezogener Geografischer Informationssysteme. Forschungsbericht 101 09 0404, Umweltbundesamt, Berlin
- KERPEN, W., 1960: Die Böden des Versuchsgutes Rengen, Kartierung, Eigenschaften und Standortwert. Forschung und Beratung, Reihe 3, Heft 5. Bonn
- SCHELLBERG, J., B. M. MÖSELER, W. KÜRBAUCH und I. RADEMACHER, 1999: Long-term fertilizer effects on soil nutrient concentration, yield, forage quality and floristic composition of a hay meadow in the Eifel mountains, Germany. Grass and Forage Science, 54, 195-207
- TRANCHOT, MÜFFLING, V. und RIBEL, 1811: Tranchot-Müffling'sche topografische Aufnahme der rheinischen Gebiete – 156 Daun. Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz (Hrsg.)

Danscheider, W. Dr. agr. Martin Helmert, Universität Bonn, Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn.

# Zum Keimverhalten verbreiteter potentieller Ungräser und Unkräuter

von

Christina Ziron

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II  
-Grünlandwirtschaft und Futterbau- der Justus-Liebig- Universität Gießen

## 1. Einleitung

Für eine erfolgreiche generative Regeneration von Grünlandpflanzen bzw. deren Kontrolle ist das Keimverhalten von entscheidender Bedeutung. Unter variierenden Umweltbedingungen (=Temperatur, Licht, Stratifikation, Nitrat und Wasserspannung) wurden die Keimungsansprüche verschiedener, bei massenhaftem Auftreten unerwünschter Arten (= *Bromus hordeaceus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Poa annua*, *Poa* *crispus* und *Rumex obtusifolius*) untersucht.

## 2. Material und Methoden

Die Diasporen der untersuchten wurden jedem Versuchsjahr, 1998 bzw. 1999, neu aus Wildbeständen gesammelt. In einer Klimakammer fand die Durchführung der Versuche unter kontrollierten statt. Beobachtungszeitraum betrug 14 Tage. externem Thermostat wurde die Kältestratifikation bei +30°C über 10 Tage durchgeführt. Wasserspannung wurde Polyethylenglycol 6000 (=PEG) (MICHEL KAUFFMANN 1973). wurde Wiederholun- d 20 Diasporen pro (vgl. Tab. 1) gearbeitet. Auswertung erfolgte über mehrfaktorielle Varianzanalysen.

**Tabelle: Varianten angeordnet als Blockanlage**

FAKTOREN	STUFEN
1 Keimungstemperatur	1.1 10/20°C Wechseltemperatur (8/16h)
	1.2 20/30°C Wechseltemperatur (8/16h)
2 Kältestratifikation	2.1 mit Stratifikation (10 Tage bei 3°C)
	2.2 ohne Stratifikation
3 Licht	3.1 Licht
	3.2 Filter (=grüne Folie)
	3.3 Dunkelheit
4 Nitrat bzw. Wasserspannung	4.1 0; mit Nitrat (=0,2% KN03)
	4.2 0; ohne Nitrat (=H2O)
	4.3 *10 <sup>5</sup> ohne Nitrat mit Polyethylen l. col6000 (=PEG)

## 3. Ergebnisse und Diskussion

*Bromus hordeaceus* zeigt 1998 sowie 1999 über alle Varianten hinweg eine gleichmäßig hohe Keimungsrate zwischen 80 und 100%, vgl. Abb.. Keimung erfolgt rasch (50% Keimung= $t_{50}$  = 2 Tage) und gleichmäßig, nach vier Tagen wird bereits das Maximum erreicht. Eine solche Strategie ermöglicht es *Bromus hordeaceus* fast das ganze Jahr über zu keimen. Hauptkeimung erfolgt im es wird keine Samenbank

angelegt (GRIME et al. 1988), was die fehlende primäre Dormanz erklärt. Erst ab bestimmten Temperaturen in Winter ( $<+5^{\circ}\text{C}$ ) bzw. Sommer ( $>38^{\circ}\text{C}$ ) tritt eine Inhibition der Keimung ein (FROUD-WILLIAMS 1981). Die erhöhte Wasserspannung spielt hier keine Rolle.

Bei *Capsella bursa-pastoris* hat Nitrat in beiden Jahren den größten Einfluss auf das Keimverhalten, mit bis zu 92,5% Keimung unter Filter und Lichtbedingungen bei 20/300C ,vgl. Abb.. Die Samen benötigen eine kurze Einquellzeit, bevor sie zu keimen beginnen ( $t_{50} = 5$  Tage). In Dunkelheit findet keine Keimung statt. Ohne Stratifikation werden etwas höhere Keimraten erzielt. *Capsella bursa-pastoris* durchläuft im Jahr bis zu drei Generationen innerhalb von sechs Wochen abgeschlossener Samenproduktion (GRIME et al. 1988).

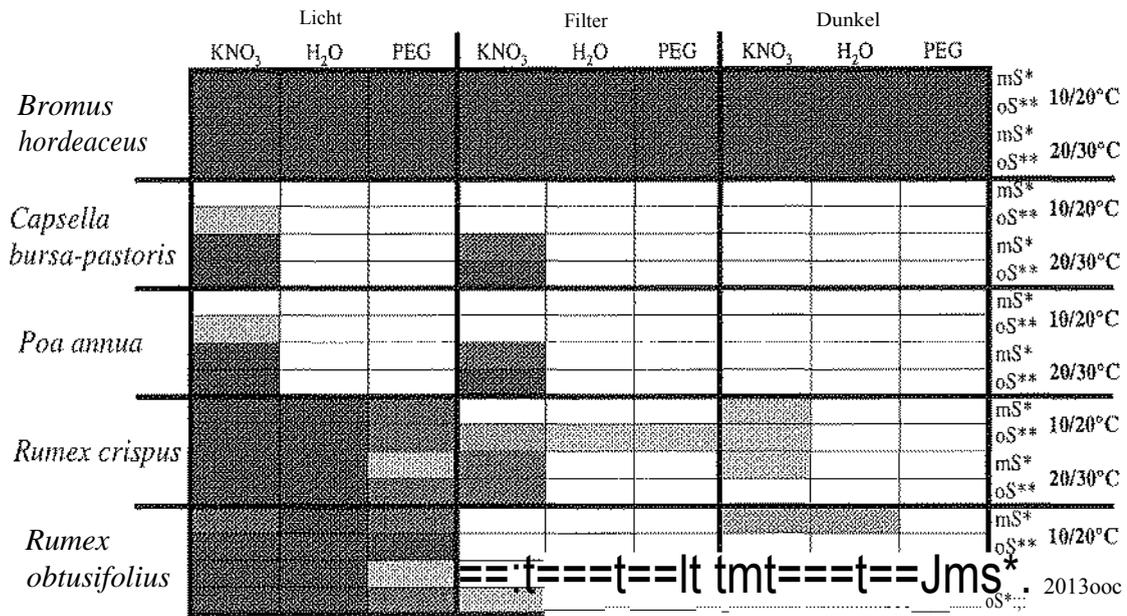
Versuchsjahre 1998 und 1999 unterscheiden sich bei *Capsella bursa-pastoris* in den erzielten Keimraten ,vgl. Abb.. 1998 zeigt sich eine niedrigere Keimungsrate als 1999. Der Höchstwert liegt 1998 bei 62,5%, während 1999 bis zu 98,8 %Keimung erreicht werden. Stufe *Capsella bursa-pastoris* dominiert. Faktor Licht, der 1999 den wichtigsten Einfluss ausübt, folgt 1998 erst an zweiter Stelle. *Capsella bursa-pastoris* hohe Keimung erzielt, so ist die Keimung etwas verzögert ( $t_{50} = 5$  Tage), erfolgt anschließend aber rasch und gleichmäßig ,vgl. Abb.. Ergebnisse der beiden Jahre sind wahrscheinlich durch stark unterschiedlichen Witterungseinflüsse zu Ernteterminen zu erklären.

Bei *Rumex crispus* übt der Faktor Licht den deutlichsten Effekt aus ,vgl. Abb.. Dies wird auch von GRIMAE et al. (1988) beschrieben. Faktor *Rumex crispus* spielt hier nur eine untergeordnete Rolle, fördert offensichtlich die Keimung dieser vor allem unter *Rumex crispus* bei Dunkelheit. *Rumex crispus* günstigsten Keimung können schon nach vier Tagen 100% *Rumex crispus* Stratifikation einen leicht positiven Einfluss auf die Keimung bewirkt, erhöhte Wasserspannung bewirkt zusammen mit Stratifikation *Rumex crispus* Unter Filter und *Rumex crispus* tritt nach sechs Tagen *Rumex crispus* Stagnation der Keimung ein. *Rumex crispus* schnelle und gleichmäßige Keimung ( $t_{50} = 2$  Tage) es *Rumex crispus* *Rumex crispus* sich auch unter nur kurzzeitig positiven Bedingungen zu etablieren.

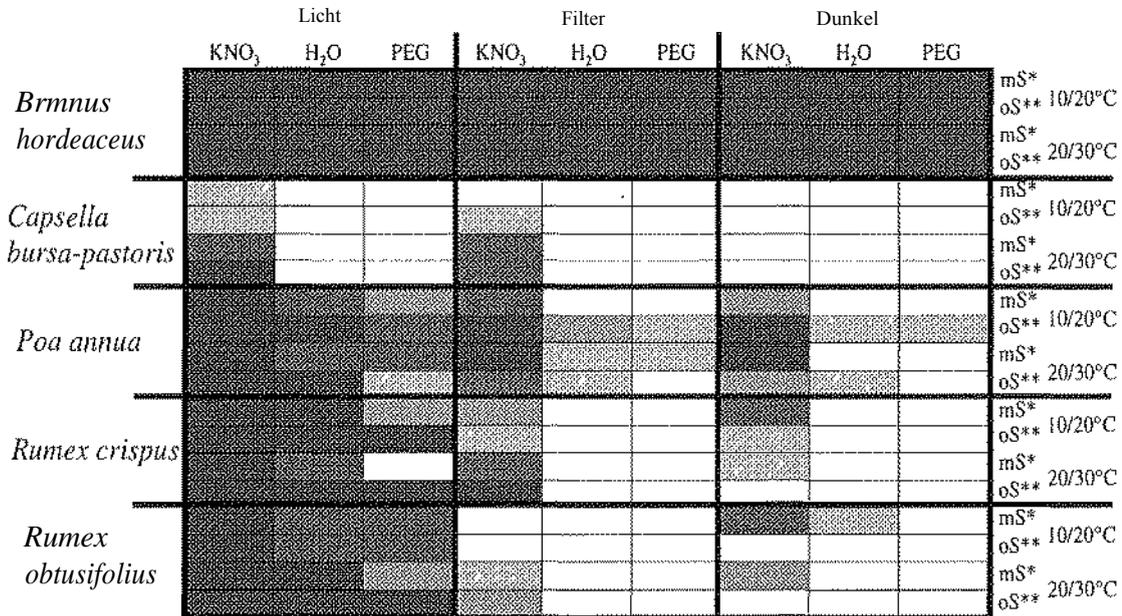
*Rumex crispus* verhält sich ähnlich wie *Rumex crispus*. größte Einfluss geht in beiden Jahren vom Faktor *Rumex crispus* aus. *Rumex crispus* zeigt sich unter Filter, Ausnahme Stufe *Rumex crispus* praktisch *Rumex crispus* Keimung, während bei Licht Werte bis zu 95% erreicht werden. In Dunkelheit liegt der Höchstwert bei 61,3%. Faktor Stratifikation bewirkt einen leicht positiven Effekt auf die Keimergebnisse in Dunkelheit, während er Verbindung mit *Rumex crispus* Wasserspannung zu einer Minderung der Keimraten führt. Die Keimung verläuft rasch ( $t_{50} = 3$  Tage), unter Filter und Dunkelheit etwas verzögert ,vgl. Abb.. Die verminderte Dunkelkeimung wird von GRIMAE et al. (1981) für sechs verschiedene Vertreter der Gattung *Rumex* beschrieben.

Mit Ausnahme von *Bromus hordeaceus* zeigen alle untersuchten Arten eine starke Lichtpräferenz. positive Wirkung von  $\text{KNO}_3$  kann durch das Vorkommen aufnährstoffreichen Standorten erklärt werden und spricht für einen 'gap-detection' - Mechanismus (THOMPSON et al. 1977), mit dem günstige Stellen zur Keimung "erkannt" werden. Erhöhte Wasserspannung bewirkt i. d.R. eine Absenkung der Keimrate, die Arten reagieren jedoch unterschiedlich empfindlich. Keimungstemperaturen spielen meist eine untergeordnete Rolle. Die hohe Samenproduktion und häufig rasche Keimung unter verschiedensten Bedingungen erlauben es den untersuchten Arten Lücken im Bestand schnell und erfolgreich zu besiedeln.

1998



1999



\*mS = mit Stratifikation  
\*\*oS = ohne Stratifikation

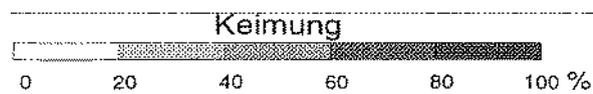


Abb. · Keimungsspektren der Jahre 1998 und 1999

#### 4. Literatur:

- FROUD-WILLIAMS, R.J., 1981: Germination behaviour of *Bromus* species and *Alopecurus cynosuroides*.- UK Assoc. Appl. Biol., Conference on grass weeds in cereals in the U.K., WRO, Yarnton, Oxford, 31-40.
- GRIME, J. G. MASON, A. V. CURTIS, J. RÜDMAN, S. BRAND, M. A. G. MOWFORTI-I, A. M. NEAL & S. SHAW, 1981: A comparative study of germination characteristics in a local flora. - J. Ecol. 1017- 1059.
- GRIME, J. P., J.G. HODGSON, HUNT, S.R. BAND, A. V. CURTIS, J.M. FLETCHER, E.M. MCGEE, M. A. G. MOWFORTI-I, A. M. NEAL, C.R.V. RATHEY, L.J. RÜDMAN, A.M.N. RUTTLE, J.M.L. SHACKLOCK & S. SHAW, 1988: Comparative Plant Ecology. A functional approach to common British species. – Chapman & Hall, London, Reprint 1996.
- MICHEL, B.E. & M.R. KAUFFMANN, 1973: The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. -Plant Physiol. 914-916.
- THOMPSON, K.J.P. GRIME und G. MASON, 1977: Seed germination in response to diurnal fluctuations of temperatures.- Nature 147-149.

# Siliereignung der häufigsten autochthonen Pflanzenarten des Niedermoorgrünlandes

von

Renate Bockholt und Peter Daniel

Institut für umweltgerechten Pflanzenbau -Fachgebiet Grünland Futterbau-  
 Universität Rostock; Institut für und Pflanzenzüchtung  
 Grünlandwirtschaft Justus-Liebig-Universität Gießen

## 1. Zielstellung

Im Zusammenhang mit der Extensivierung der Grünlandbewirtschaftung entwickeln sich auf dem Niedermoor Norddeutschlands bodenständige Pflanzengesellschaften mit den hier aufgeführten häufigsten Pflanzenarten (34), deren Futterwert und Siliereignung weitgehend unbekannt sind. Für diese Niedermoorstandorte soll die Prognosemöglichkeit für Teilflächen mit differenzierter botanischer Zusammensetzung auch auf die Silierfähigkeit ausgedehnt werden. Als Vorleistung sind bereits mittlere Wuchshöhen, Vegetationsstadien sowie die Parameter Rohfasergehalt, Rohproteingehalt, Rohaschegehalt, Verdaulichkeit der organischen Substanz und geschätzter Energiegehalt auf der Grundlage von 1500 Datensätzen umfassend untersucht und tabellarisch zusammengestellt worden (BOCKHOLT u. BUSKE, 1997).

## 2. Lösungsweg

Das Probenmaterial stammt von 4 verschiedenen Niedermoorstandorten aus 3-jähriger Probenahme. Die Proben der Voraussetzung ausreichender Nährstoffversorgung des Bodens gewonnen. Die Untersuchung der Pufferkapazität ist in Anlehnung an WEISSBACH (1967) durch dosierte Zugabe von Milchsäure und pH-Wert-Kontrolle, die Untersuchung des Nitratgehaltes nach einer von KAISER (1998) übermittelten Methode der Messung mit Reflektrometern durchgeführt worden. Der Gehalt an wasserlöslichen Kohlehydraten wurde nach der NIRS-Methode im gesamten Probenmaterial, in 90 Referenzproben nach der Anthron- Methode (YEMM u. WILLIS, 1954) festgestellt. Folgende Pflanzen (Tab. : 1) sind in die Untersuchung einbezogen.

s.Name	Deutscher Name		Wiss. Name	Deutscher Name	
<i>Ranunculus repens</i>	echender Fiahnennfl	KH	<i>Poa trivialis</i>	Gemeine Rispe	GR
<i>Cirsium oleraceum</i>	Kohldistel	KD	<i>Poa pratensis</i>	Wiesenrispe	WR
<i>Lotus uliginosus</i>	Sumpf-Flomklee	SFI	<i>Holcus lanatus</i>	Wolliges Fioniggras	WFI
<i>Angelica sylvestris</i>	Wald- Engelswurz	WE	<i>Festuca mbra</i>	Rotschwingel	Ro
<i>Plantaga lanceolata</i>	Spitzwegerich	SW	<i>Deschampsia caespitosa</i>	Rasenschmiele	Ra
<i>Caltha palustris</i>	Sumpfdotterblume	SD	<i>Phalaris arundinacea</i>	Rohrglanzgras	RG
<i>Filipendula ulmaria</i>	Echtes Mädesüß	MS	<i>Agropyron repens</i>	Gemeine Quecke	GQ
<i>Rumex acetosa</i>	Wiesensauerampfer	WA	<i>Glyceria maxima</i>	Wasserschwaden	WS
<i>Symphytum officinale</i>	Gemeiner Beinwell	BW	<i>Glyceria fluitans</i>	Flutender Schwaden	FS
<i>Heracleum sphondylium</i>	Gemeiner Bärenklau	BK	<i>Alopecurus geniculatus</i>	Knickfuchsschwanz	KF
<i>Taraxacum officinale</i>	Gemeiner Löwenzahn	LZ	<i>Agrostis stolonifera</i>	Weißes Straußgras	We
<i>Anthriscus sylvestris</i>	Wiesenkerbel	WK	<i>AlopecunJs pratensis</i>	Wiesenfuchsschwanz	WF
<i>Urtica dioica</i>	Große Erennessel	GB	<i>Festuca anmdinacea</i>	Rohrschwingel	RS
<i>Rumex obtusifolius</i>	Stumpflättr. Ampfer	SA	<i>Anthoxanthum odor.</i>	Wiesen-Ruchgras	Ru
<i>Rumex crispus</i>	Krauser Ampfer	KA			
<i>Achillea millefolium</i>	Gemeine Schafgarbe	SG	<i>Scilpus sylvaticus</i>	Waldsimse	Wa
<i>Lamium album</i>	Weißes Taubnessel	WT	<i>Carex acutiformis</i>	Sumpfssegge	SS
<i>Stellaria media</i>	Vogelmiere	VM	<i>Carex hirta</i>	Behaarte Segge	BFI





### 3. Ergebnisse

Außer den 4 Rangordnungstabellen (Abb.: 1 bis 4) sind auf dem Poster auch die Variationsbreiten und Entwicklungsverläufe dargestellt. Auf Grund der starken Differenzierung der Arten ist es gerechtfertigt, die Prognose der Siliereignung auf der Grundlage des Arteninventars von Teilflächen und Tabellenwerten vorzunehmen.

Der Gehalt an wasserlöslichen Kohlehydraten erreicht im Mittel der Pflanzenarten Werte zwischen 155 g /kg TM (*Ranunculus repens*) und 39 g/kg TM (*Lotus uliginosus*). Von der 1. bis 11. Woche ab 1. Mai ist im Zusammenhang mit der generativen

#### Zuckergehalt der Pflanzenarten des Niedermoorgrünlandes

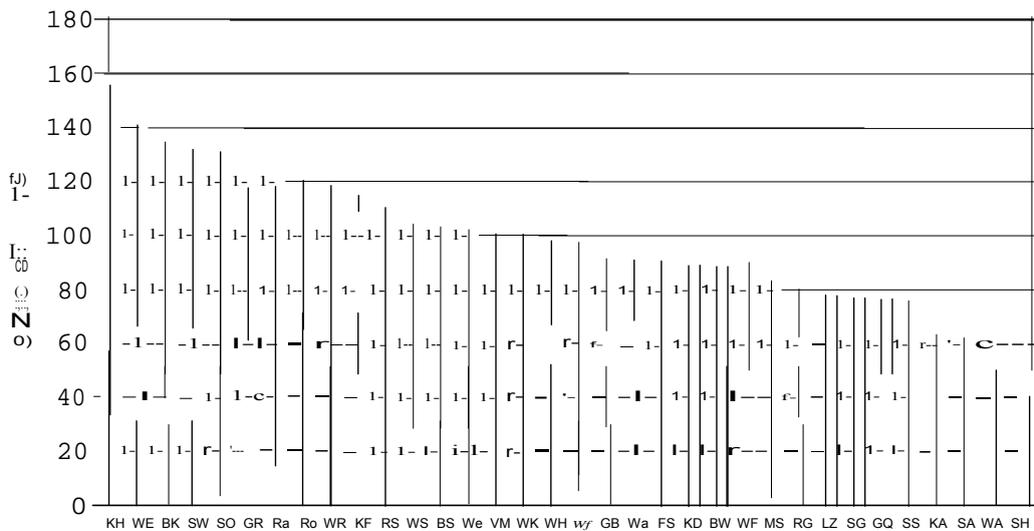


Abb. 1: Gehalt an wasserlöslichen Kohlehydraten, Rangfolge der Mittelwerte von 34 Arten aus 1130 Daten, Primäraufwüchse, 1. bis 11. Woche ab dem 1. Mai

#### Pufferkapazität der Pflanzenarten des Niedermoorgrünlandes

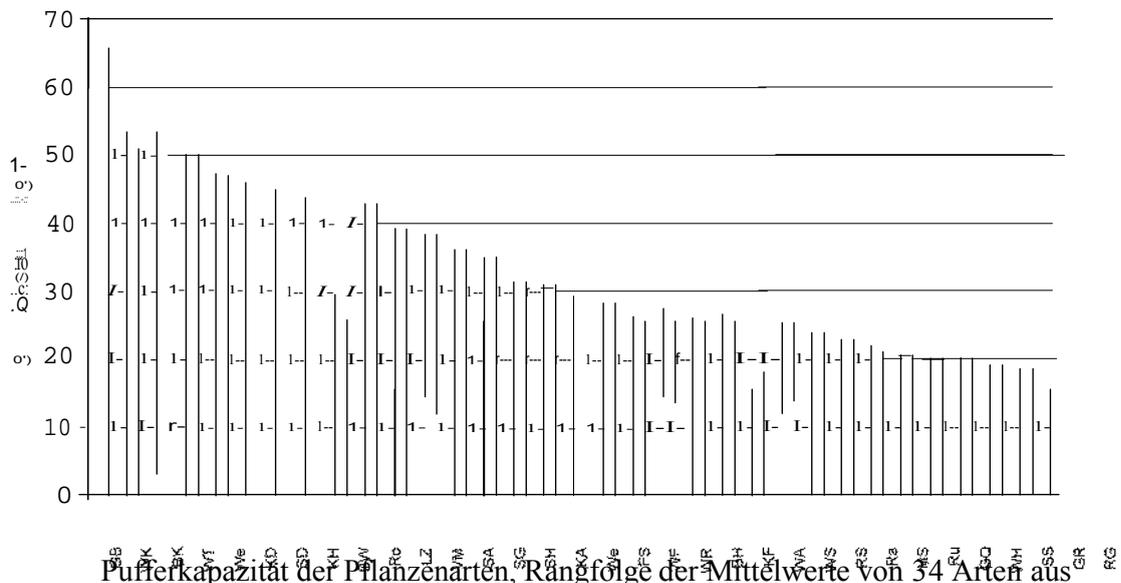


Abb. 2: Pufferkapazität der Pflanzenarten, Rangfolge der Mittelwerte von 34 Arten aus 900 Daten, Primäraufwüchse 1.- 11. Woche ab 1. Mai

### Quotient Z/PK der Pflanzenarten des Niedermoorgrünlandes

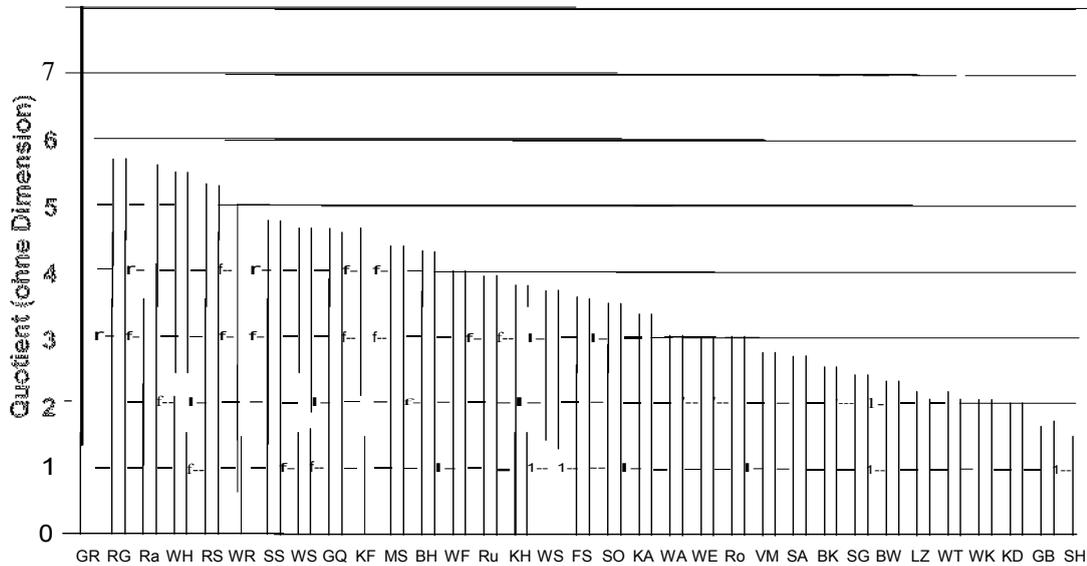
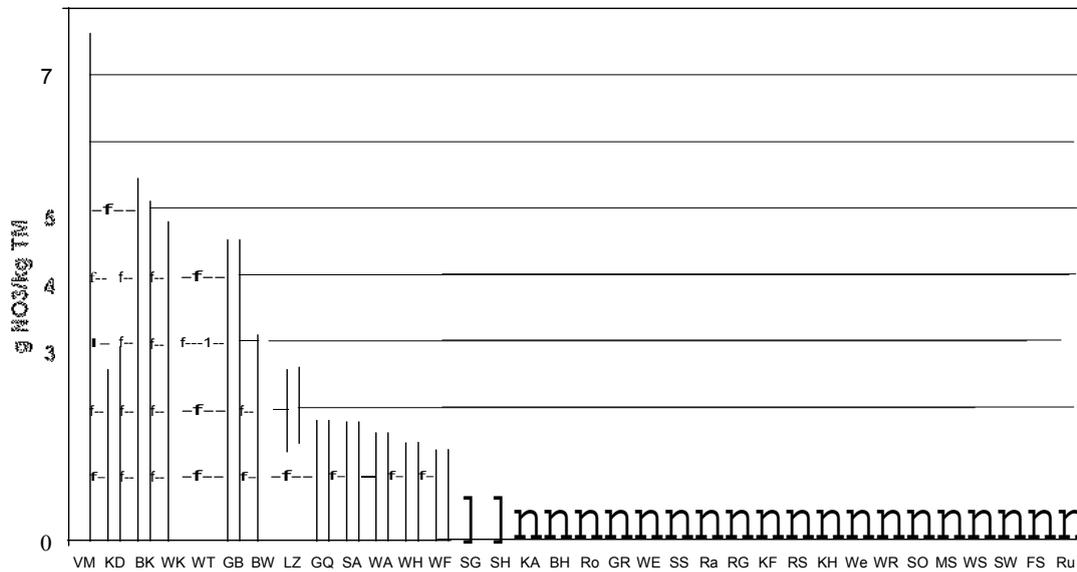


Abb.3: Quotient aus Zuckergehalt und Pufferkapazität, Rangfolge der Mittelwerte von 34 Arten aus 909 Daten, 1. -11. Woche ab 1. Mai

### Nitratgehalt der Pflanzenarten des Niedermoorgrünlandes



Nitratgehalt der Pflanzenarten, Rangfolge der Mittelwerte von 34 Arten aus 909 Daten, 1. -11. Woche ab 1. Mai

Entwicklung der Pflanzen eine abnehmende Tendenz zu verzeichnen. Sauergräser weisen gegenüber Süßgräsern und Kräutern signifikant geringere Werte auf (Tab. :2).

Pufferkapazität erreicht im Mittel der Pflanzenarten Werte zwischen 66 g Milchsäure/kg TM (*Urtica dioica*) und 15 g Milchsäure/kg TM (*Phalaris arundinacea*).

Von der 1. bis 11. Woche ab 1. Mai ist im Zusammenhang mit der generativen Entwicklung der Pflanzen eine abnehmende Tendenz zu verzeichnen.

Kräuter (einschließlich der Leguminose Sumpf-Hornklee) weisen gegenüber Süßgräsern und Sauergräsern signifikant höhere Werte auf (Tab.:2).

Tabelle 2. Mittelwerte der Artengruppen des Niedermoorgrünlandes

	Zucker (g/kg TM)	Pufferkapazität (g Milchsäure/kg TM)	Z/PK-Quotient (o. Dimension)	Nitrat (g N03/kg TM)
Süßgräser	99	23	5,1	0,8
Sauergräser	86	24	4,6	0,6
Kräuter u. L.	97	45	2,5	3,5

Der Quotient aus Zucker und Pufferkapazität erreicht im Mittel der Pflanzenarten Werte zwischen 6,9 (*Poa trivialis*) und 1,5 (*Lotus uliginosus*). Von der 1. bis 11. Woche ab 1. Mai ist im Zusammenhang mit der generativen Entwicklung der Pflanzen eine zunehmende Tendenz und damit Verbesserung der Siliereignung zu verzeichnen. Die Siliereignung nimmt in der Folge der Artengruppen Süßgräser, Sauergräser und Kräuter signifikant ab (Tab.:2). Im Mittel aller Pflanzen wird in der 5. Woche ab 1. Mai der für eine sichere Silierung notwendige Wert von 4,0 erreicht und überschritten.

Der Nitratgehalt erreicht im Mittel der Pflanzenarten Werte zwischen 7,6 g N03/kg TM (*Stellaria media*) und 0,02 g /kg TM (*Anthoxanthum odoratum*). Von der 1. bis 11. Woche ab 1. Mai ist im Zusammenhang mit der generativen Entwicklung der Pflanzen keine systematische Entwicklung zu verzeichnen. Jedoch nehmen Häufigkeit und Größenordnung des Auftretens von Extremwerten, die insbesondere bei Kräutern stark entwässerter Niedermoore auftreten, ab. Der Nitratgehalt weist zwischen den Kräutern und den Gräsern extreme Differenzen auf. Im Mittel der Pflanzenarten werden Gehalte von 0,5 bis 1 g N03, welche für eine sichere Silierung (KAISER u. WEISSBACH, 1989) gefordert werden, von den Pflanzengruppen erreicht (Tab. : 2).

#### 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Zentrum des Postertextes stehen Darstellungen der Rangfolgen, der Variationsbreiten und der Entwicklungen von 34 häufigen autochthonen Pflanzen des Niedermoorgrünlandes im Hinblick auf 4 bedeutende Parameter der Siliereignung (Zuckergehalt, Pufferkapazität, Z/PK-Quotient, Nitratgehalt). Auf Grund der starken Differenzierung der Arten erscheint die beabsichtigte Prognose über das Arteninventar von Teilflächen gerechtfertigt und eine Zusammenfassung unter der Bezeichnung "Wiesengras" nicht zulässig. Im Mittel der Pflanzen sind eher Defizite in bezug auf die Energiedichte als in bezug auf die Gärqualität zu erwarten.

SOCKHOFF, H. und F. BUSKE, 1997: Variationsbreite des Futterwertes von Niedermoorgrünland unter Berücksichtigung der häufigsten autochthonen Pflanzen  
Zeitschrift "Das Wirtschaftseigene Futter" Band 43, Heft 1, S.5-20

KAISER, E., 1998: Persönliche schriftliche Mitteilung über refraktometrische Bestimmung von Nitrat in wässrigen Lösungen getrockneter Grünfutterproben

KAISER, E. u. WEISSBACH, F. 1989: Zum Einfluß des Nitratgehaltes im Grünfutter auf den Gärverlauf bei der Silierung. -Wiss. HUB, 38, 1989, S. 74- 82

WEISSBACH, F., 1967: Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Vergärbarkeit. Tagungsbericht Deutsch. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin, 211- 220

YEMM, E.W. and A.J. WILLIS, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. - Bioch. J.57, S.508- 514

# Zur Methodik der Probenentnahme von Silagen

von

P. Daniel, Elisabeth Jucken-Bauer und W. Opitz von Boberfeld  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II – Grünlandwirtschaft und  
Futterbau – der Justus-Liebig-Universität Gießen

K. – D. Robowsky  
Landesanstalt für Landwirtschaft Paulinenaue

R. Zarudzki  
Wojewódzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego Gdańsk

## Einleitung

Für die Fütterung der Hochleistungstiere wird Grundfutter mit hoher Energiedichte und guter Struktur verlangt. Zur Schätzung wurden eine Reihe chemischer und physikalischer Methoden sowie biologische *in vitro* Verfahren erarbeitet, die zur Qualitätssicherung und Überprüfung im Futtermanagement genutzt werden können. Die Eignung der Methoden für die Qualitätskontrolle wird kontrovers diskutiert. Die 3-jährigen Untersuchungen mit je 3 horizontalen und vertikalen Schichten in Silos stellen einen methodischen Beitrag zur Qualitätsbeurteilung und -Sicherung beim Gärfutter dar.

## Material und Methoden

Die Proben wurden aus Fahrsilos bäuerlicher Betriebe in Solms-Niederbiel (Betrieb Herrmann-Bauer) und Braunfels (Betrieb Winkler) mit einem Silostechzylinder aus Tiefen von ca. 50 cm der Anschnittflächen gezogen. Beprobt wurden je 9 Stellen/Untersuchungstermin, und zwar je 3 Stellen 1 m unter der Abdeckung (Proben 1 bis 3), aus der Mitte (Proben 4 bis 6) und 1 m über dem Siloboden (Proben 7 bis 9) sowie vom Rand links (Probe 1, 4, 7), Mitte (Probe 5, 8) und rechts (Probe 3, 6, 9). Als Untersuchungstermine wurden gewählt: Öffnen der Silos (Oktober/November), bei Entnahme zur Hälfte (Januar/Februar) und bei Ende der Entnahme (April/Mai).

Bestimmt wurden als Kerngrößen Rohasche, die Rohnährstoffe Rohprotein, Rohfett und Rohfaser mit den amtlichen Methoden der LUFA (ANONYMUS 1997), die Gasbildung *in vitro* mit Pansensaft mit dem Hohenheimer-Futterwert-Test (HFT) (STEINGASS und MENKE 1986) und die Enzymbioslichkeit der organischen Substanz (ELOS) nach DE BOEVER et al. (1986) bzw. deren Unlöslichkeit (EULOS) nach WEISSBACH et al. (1999). In Paulinenaue wurden diese Kerngrößen mit Ausnahme der Rohasche mittels NIRS nach Kalibrierung und Validierung des Gerätes mit dem LUFA-Programm GS99.eqa für Grassilagen und dem in Paulinenaue erarbeiteten Programm WS.eqa für EULOS geschätzt (ROBOVSKY 1997, TILMANN 1998). Die Energiekonzentration wurde aus Schätzgleichungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (KIRCHGESSNER 1998), der von MENKE und STEINGASS (1987) entwickelten Gleichung 16e für den HFT und mit der von WEISSBACH et al. (1996) erarbeiteten Gleichung für EULOS abgeleitet.

Die statistische Auswertung erfolgte über die Berechnung der Standardabweichungen für die Differenzen (KROMIDAS 1999). Für den synoptischen Vergleich wurden zwischen den Kerngrößen Korrelationen berechnet.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Energiekonzentration im Grundfutter ist entscheidend für den ökonomischen Erfolg der Tierproduktion. Die Ermittlung des "wahren Wertes" beginnt mit der Ziehung von

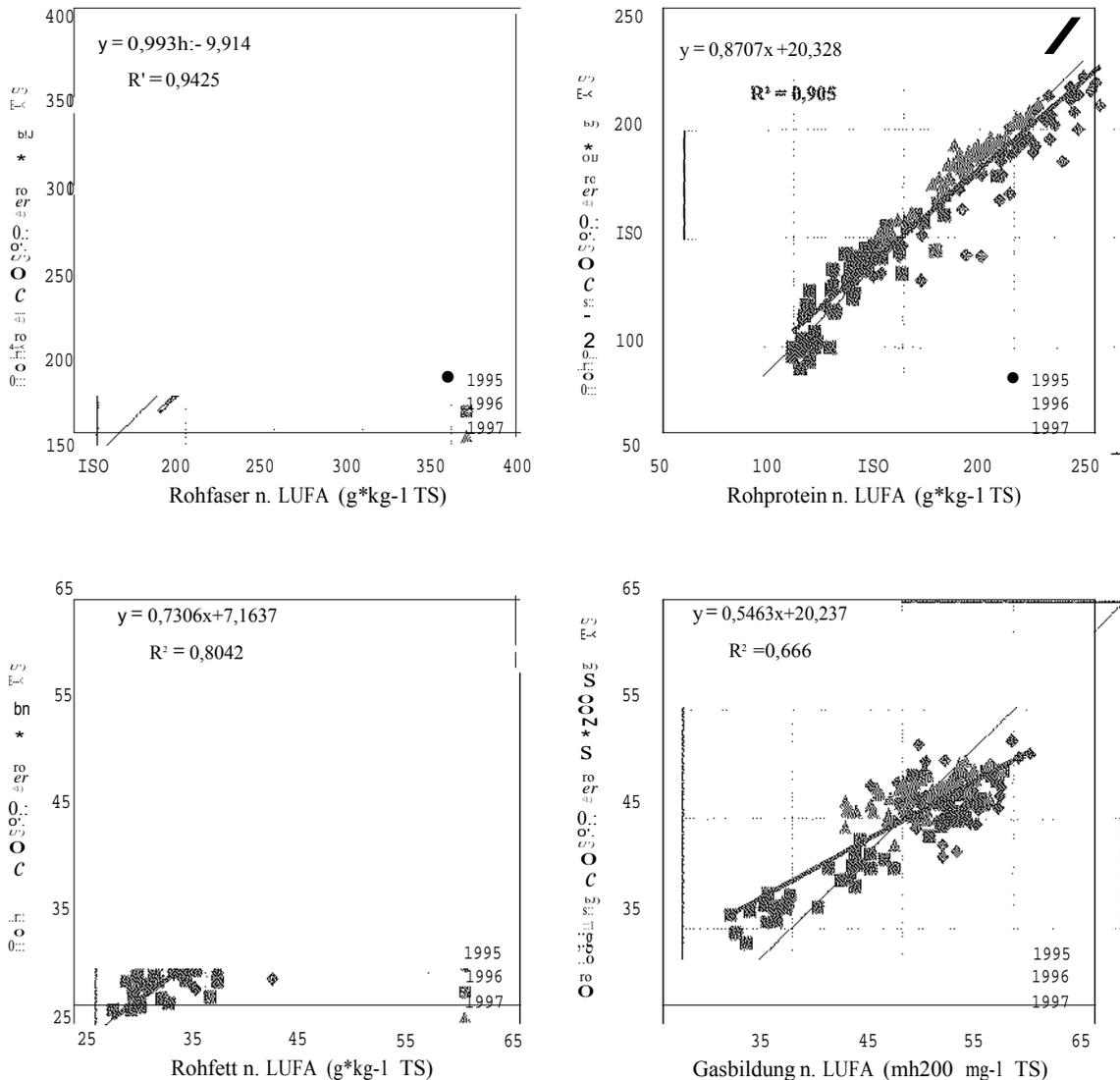


Abbildung 1: Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung der für die Schätzung der Energiekonzentration benötigten Kerngrößen

Proben. Das in Silos eingelagerte Futter wird oft von Wiesen und Weiden erzeugt und hat eine große Variabilität bezüglich Zusammensetzung und Alter, die um so grösser ist, je später die Nutzung. Zur Variabilität im Futterstock tragen auch Schichten bei, die durch die Gärung und zeitlich verschiedenes Befüllen entstehen. Für die Ermittlung der Kerngrößen, die zur Schätzung der Energiekonzentration benötigt werden, ist dann eine genaue Beprobung der Silos von den Anschnittflächen unumgänglich.

In den Labors wird versucht, mit den vorhandenen Methoden den "wahren Wert" zu erfassen. Spätestens nach Vorliegen der Ergebnisse beginnt eine Diskussion über die "Messunsicherheiten", die von der Handhabung, aber auch vom Messprinzip abhängig und biologischer, chemischer und physikalischer Art sind.

Am einfachsten auszuführen und zum Kalibrieren geeignet sind die physikalischen Methoden, z. B. der Einsatz von Hitze zur Wasser- und Rohaschebestimmung, die in den Proben direkt bestimmt werden. Alle anderen Kerngrößen wie Rohfaser, Rohfett und Rohprotein werden chemisch mit den amtlichen LUFA-Methoden bestimmt. Diese Nassanalytik ist zeitraubend und kostenaufwändig. Daher wird versucht, mit einfachen physikalischen Verfahren, z. B. der NIRS, die Kerngrößen zu schätzen (Abb. 1). Die Rohfaser- und Rohproteinkonzentrationen stimmen zwischen der Nassanalytik und ihrer Schätzung mit NIRS überein. Die Geraden liegen vor allem beim Rohprotein auf der Winkelhalbierenden. Rohfett und die mit dem biologischen Verfahren des Hohenheimer-Futterwert-Testes ermittelte Gasbildung ergeben bei der Schätzung mit NIRS keine so gute Übereinstimmung.

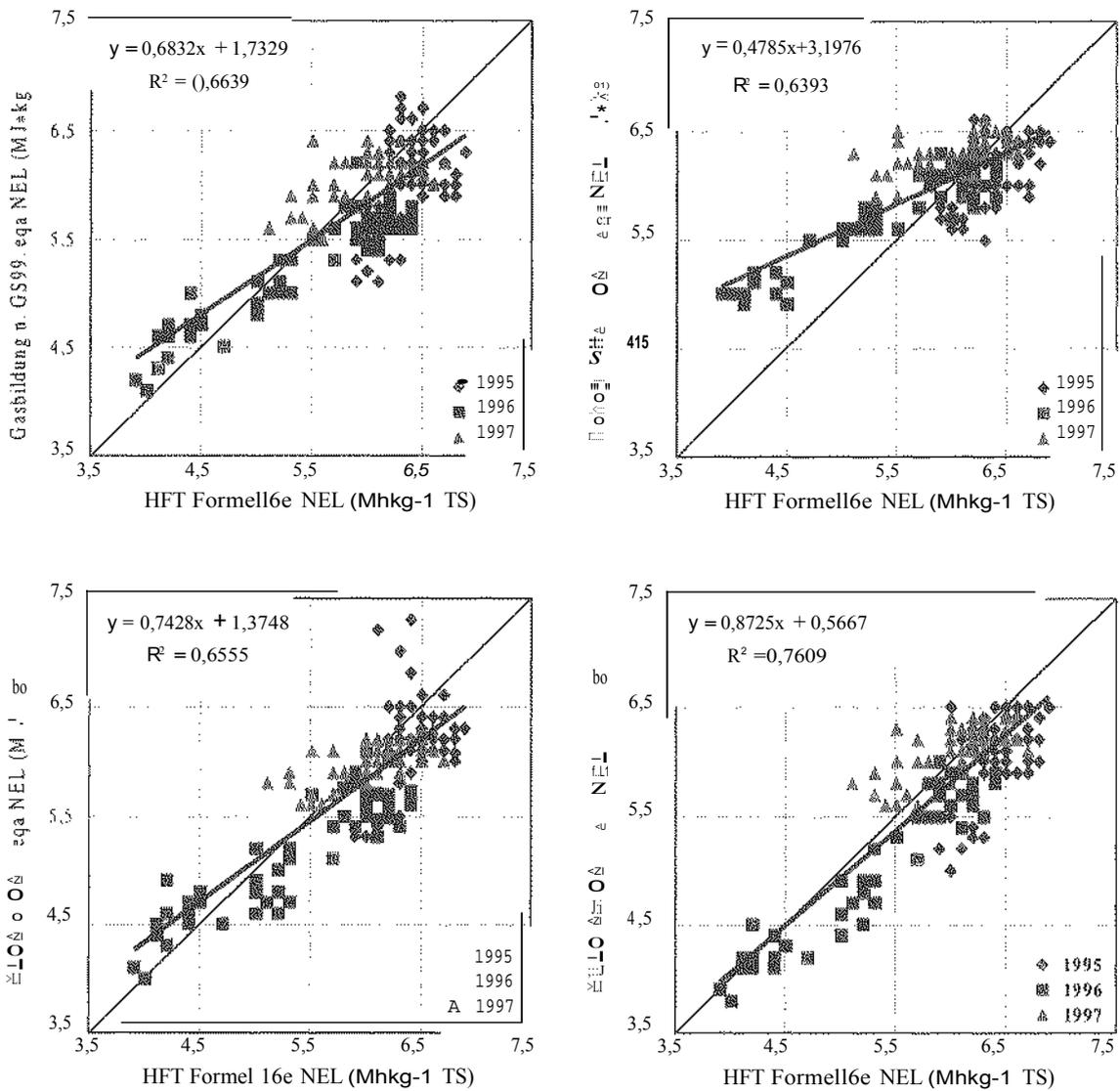


Abbildung 2: Vergleich der Schätzung der Energiekonzentration mit dem Hohenheimer-Futterwert-Test und NIRS

Mit den verschiedenen Gleichungen der Gesellschaft für Ernährungswissenschaften wird über die Kerngrößen die Energiekonzentration geschätzt (KIRCHGESSNER 1998).

Für die Qualitätskontrolle ist wichtig, ob durch Schätzungen mit den Gleichungen Abweichungen vorkommen (Abb. 2). Zum Vergleich werden die Ergebnisse aus dem Hohenheimer-Futterwert-Test nach Formel 16e herangezogen. Für die praktische Anwendung ist das Ergebnis nicht zufriedenstellend. Eine Übereinstimmung besteht bei der Schätzung der Energiekonzentration durch die biologischen Verfahren, der Gasbildung, ELOS und EULOS zum HFT, obwohl das Bestimmtheitsmaß nicht hoch ist. Bei Schätzung über die Rohnährstoffe werden die Werte im Vergleich zum HFT bei hohen Konzentrationen dieser Kerngrößen unter-, bei niedrigen überbewertet.

Zur Variabilität der Schätzung der Energiekonzentration in Silagen tragen Probenahme, Artenspektrum in den Proben, Alter und Gärverlauf bei und führen zu Unterschieden in der Konzentration der Rohnährstoffe, die nur gesichert sind bei zeitlich unterschiedlicher Befüllung d.h. inhomogenem Material. Je mehr biologische und chemische Merkmale in den Methoden vorhanden sind, um so aufwendiger und schwieriger Kalibrierung und Validierung.

### Literatur

- ANONYMUS, 1997: Die chemischen Untersuchungen von Futtermitteln. Methodenbuch Bd. III, 1. bis 4. Ergänzungslieferung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt
- DE BOEVER, J.L., B.G. COTIYN, F.X. BUYASSE, F.W. WARNMAN & J.H. VANACKER, 1986: The use of an enzymatic technique to predict digestibility metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. Anim. Feed Sci. Technol. 203-214.
- KIRCHGESSNER, M., 1998: Formeln zur Schätzung des Gehaltes an umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. In: Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 7, 141-150.
- KRoMIDAS, S., 1999: Validierung in der Analytik. Verlag WILEY-VCH.
- MENKE, K.-H. & H. STEINGASS, 1987: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. II. Regressionsgleichungen. Übers. Tierernährung, 59-94.
- ROBOWSKY, K.-D., 1997: Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz in Futtergräsern mit NIRS – Ergebnisse der Validierung mit Probensätzen verschiedener Einrichtungen der BRD. Kongressband. VDLUFA-Schriftenreihe 299-304.
- STEINGASS, H. & K.-H. MENKE, 1986: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der *in vitro* mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. I. Untersuchungen zur Methode. Übers. Tierernährung 251-270.
- TILLMANN, P.; 1998: Vernetzung von NIRS-Geräten- Erfahrungen, Möglichkeiten und Ziele. VDLUFA-Schriftenreihe 171-174.
- WEISSBACH, F., L. SCHMIDT & S. KUHLA, 1996: Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der NEL aus der umsetzbaren Energie. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 117.
- WEISSBACH, F., S. KUHLA, L. SCHMIDT und A. HENKELS, 1999: Schätzung der Verdaulichkeit und der umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 8, 72.

# Zur Beurteilung der Gärqualität von Grassilagen

von

Ehregard Kaiser, Kirsten Weiß und Renate Krause

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät,  
Institut für Nutztierwissenschaften, Fachgebiet Futtermittelkunde

## 1. Problemstellung

Die Gärqualität von Silagen wird am Auftreten und an der Menge von in der Silage nachweisbaren Stoffabbauprodukten gemessen. dem von der DLG empfohlenen Schlüssel (WEIßBACH und HONIG, 1992 (DLG-A) und 1997 (DLG-B) werden dafür die Gehalte an (BS) Essigsäure (ES) sowie der Ammoniakgehalt ( $\text{NH}_3\text{-N}$  in Nges) verwendet. Zusätzlich wird der in zum Trockensubstanz (TS)-Gehalt (pH/TS) herangezogen. Schlüssel B unterscheidet sich insofern von als hier zusätzlich ein Malus für sehr niedrige ES-Gehalte ( $< 2,0\%$  in TS) eingeführt worden ist.

Bei Anwendung dieser Schlüssel hatte sich dass das Beurteilungsergebnis durch die chemische des Ausgangsmaterials (AM), insbesondere durch den Nitratgehalt, beeinflusst wird (KAISER u.a., 1997a, 1997b).

Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass die Ableitung des DLG-Beurteilungsschlüssels des Gärproduktmusters von Silagen aus intensiven Futterproduktion, d. h. von aus nitratreichem Grünfütter, erfolgt ist. Silagen aus nitratarmem oder weitgehend Grünfütter, das gegenwärtig den größten Teil des in Siliergutes ausmacht, weisen jedoch folge der hier anders verlaufenden Stoffumsetzungen ein wesentlich anderes Gärproduktmuster in vergleichbaren auf (KAISER u.a., 1999a). Zu den Fehlbewertungen der Gärqualität (KAISER u.a., 1998) kommt es deshalb, weil in Abhängigkeit vom Nitratgehalt des Grünfütters das Verhältnis der für Stoffabbauprodukte zueinander unterschiedlich ist.

Anaerob stabile Silagen aus nitratarmem sind insbesondere durch das Vorhandensein von Buttersäure (bis ca. 1 % TS) sowie durch stets sehr niedrige Essigsäuregehalte gekennzeichnet. Auch Fälle von Fehlgärungen sind die ES-Gehalte dieser Silagen immer extrem niedrig. Demgegenüber sind anaerob stabile, fehlgärungsfreie Silagen aus immer buttersäurefrei. Im Zusammenhang Fehlgärungen steigen die an ES und  $\text{NH}_3$  und tritt Buttersäure auf. kommt, dass  $\text{NH}_3$ -Gehalte nicht nur durch den Gärverlauf sondern auch durch die chemische Zusammensetzung des beeinflusst wird. In Silagen aus nitratarmem sind deshalb, mit Ausnahme von relativ stark verdorbenen Silagen, die Gehalte an meist niedrig, so dass sie für die differenzierende wertung kaum wirksam werden. Entsprechend sind die Auswirkungen auf den pH-Wert.

Die bisher durchgeführten Untersuchungen zur Beurteilung der Gärqualität von Silagen waren das gerichtet, ein Bewertungsschema zu das unabhängig von der chemischen Zusammensetzung des Grünfütters anwendbar die Ableitung dieses Schemas Analysendaten von 570 Laborsilagen zur Verfügung, von denen die chemische Zusammensetzung des Grünfütters bekannt war (KAISER u. a. 1999b u. 2000).

Dabei hatte sich gezeigt, dass sowohl anaerobe Stabilität als auch das Umkippen der Gärung und zunehmender Verderb der Silagen, ungeachtet der chemischen Zusammensetzung des Grünfutters, allein aus den gestaffelten Gehalten an ES und BS ablesbar sind. Die NH<sub>3</sub>-Bildung ist zur AM-unabhängigen Kennzeichnung der Gärqualität nicht geeignet, da in vergleichbaren Stadien der Fehlgärung die NH<sub>3</sub>-Gehalte in Abhängigkeit vom N<sub>03</sub>-Gehalt des AM unterschiedlich sind. Auf pH/TS kann bei der Beurteilung der Gärqualität verzichtet werden, da zwischen dem pH-Wert und den Merkmalen des unerwünschten Stoffabbaus kein enger Zusammenhang besteht.

Gegenstand der vorgestellten Arbeit ist die Evaluierung des an Laborsilagen abgeleiteten Beurteilungsschemas nach den Gehalten an Buttersäure und Essigsäure (BS/ES) anhand eines größeren Datenkollektivs von Praxissilagen. Die Evaluierung der Laborsilagen mit diesem Schema hatte zu dem Ergebnis geführt, dass damit eine unabhängige Bewertung der Gärqualität möglich ist.

## 2. Material und Methode

Für die Auswertung standen die Daten von 3503 Grassilagen aus 6 Bundesländern (mit und ohne Siliermittel (SM)) zur Verfügung. Der TS-Gehalt der Silagen lag zwischen 16,1 und 84,6 %. Die Kennzeichnung des Datenmaterials geht aus Tabelle 1 hervor. Nach den darin angegebenen Klassen ist die Evaluierung der Schlüssel nach BS/ES sowie nach DLG-A und  $\alpha$  vorgenommen worden.

Tabelle 1:  $\alpha$  und ES-Klassen der bewerteten Praxissilagen (n = 3503)

	Silagen nach BS-Klassen (1 - 4)							
	1		> 0,3-0,7		> 0,7-1,6		4	
BS in % TS	0,3						> 1,6	
ES in % TS	≤ 3,0		3,0 > 3,0		3,0 > 3,0		3,0 > 3,0	
N	2369	138	355	25	279	28	212	97

## 3. Ergebnisse

Tabelle 2: Bewertungsschema für die Beurteilung von Grassilagen nach den Gehalten an Buttersäure und Essigsäure

BS in % TS	Punkte	ES in % TS	Punkte	Punkte	Note
0-0,3	50	bis 3	0	45...50	1
> 0,3-0,4	45	> 3 - 3,5	-5		
> 0,4- 0,5	40	> 3,5-	-10	36...44	2
> 0,5-0,7	35	> 4,5- 5,5	-15		
> 0,7- 1,3	30	> 5,5-6,5	-20	26-35	3
> 1,3 - 1,6	25	> 6,5-7,5	-25		
> 1,6- 1,9	20	> 7,5- 8,5	-30	15-25	4
> 1,9- 2,6	15	> 8,5	-35		
> 2,6 3,6	10			< 15	5
> 3,6 5,0	5				
> 5,0	0				

In Tabelle 2 ist das Bewertungsschema nach BS/ES dargestellt, das für die Evaluierung verwendet wurde. Abgeleitet aus entsprechenden regressiven Auswertungen (KAISER u. a. 1999b u. 2000) wurde ein ES-Gehalt von 3,0% in TS als oberer Grenzwert für anaerob stabile Silagen festgelegt. Mit höheren ES-Gehalten ist ein zunehmender Grad der anaeroben Instabilität gekennzeichnet. Bei den ES-Gehalten liegt im unteren Bereich eine relativ enge Staffelung vor, um auch die Gärqualität im Hinblick auf die

Bildung in anaerob stabilen Silagen aus nitratarmem Grünfütter differenziert bewerten zu können. Bei der Festlegung von Punkten und Noten wurde folgende Klassifizierung der Gärqualität angestrebt:

- Note 1: sehr gut konserviert; anaerob stabil (BS frei; ES niedrig)
- Note 2: gut konserviert; anaerob stabil (geringe BS-Gehalte; ES niedrig)
- Note 3: Beginn von Fehlgärungen; anaerob instabil (entweder BS-frei und ES > 3,0% oder ES niedrig und > 0,7 %)
- Note 4 und 5: fortgeschrittene Fehlgärung (entweder und ES stark erhöht oder hoch und ES niedrig)

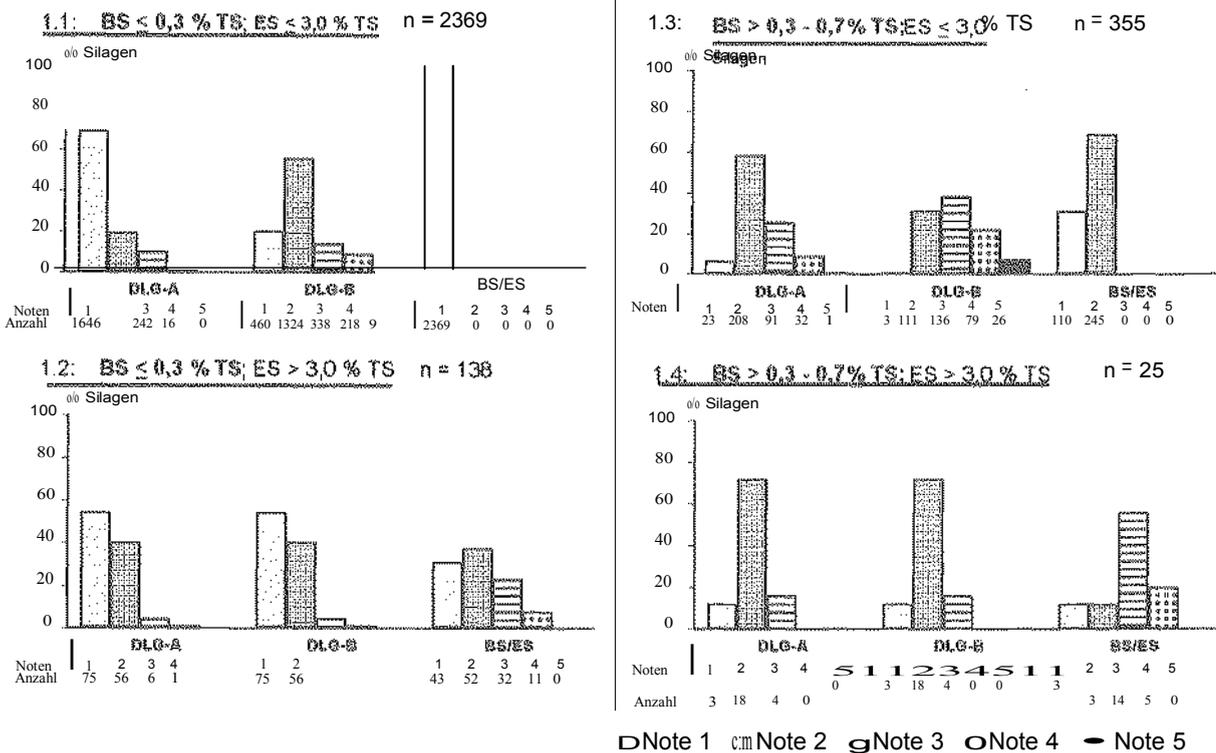


Abbildung 1: Einstufung von Praxissilagen (n = 3503) nach den Beurteilungsschlüsseln DLG-A und DLG-B sowie nach BS/ES

In Abbildung 1 ist das Gesamtergebnis der Einstufung nach Noten im Vergleich zu den Beurteilungsschemata und zusammengestellt.

Wie aus Abbildung 1.1 hervorgeht, sind die fehlgärungsfreien Silagen nach dem Schema ES/BS vollständig mit Note 1 bewertet worden. Nach haben 10,9 % dieser Silagen die Noten 3 oder 4 erhalten. Nach werden 14,3 % dieser Silagen in die Note 3 und 9,6% in die Noten 4 und 5 eingestuft. Demnach haben nach 23,9% dieser als sehr gut konserviert zu bezeichnenden Silagen eine Einstufung nach Note 3 bis 5 erhalten.

Bei erhöhten ES-Gehalten (zugleich BS-frei; Abb. 1.2) haben die Silagen nach BS/ES je nach erreichtem Grad der Fehlgärung eine Einstufung bis zur Note 4 erhalten. Nach den DLG-Schemata werden diese Silagen bis auf ganz wenige Ausnahmen in die Noten 1 und 2 eingestuft.

Mit der Klasse ES < 3 % TS und zugleich geringen ES-Gehalten (Abb. 1.3) werden im wesentlichen die Silagen aus nitratarmem Grünfütter erfasst, bei denen zu Gärbeginn etwas BS entsteht, die ansonsten aber anaerob stabil sind. Mit den Noten 2 und 1

(Schema BS/ES) dürfte dieser Zustand zutreffend gekennzeichnet sein. Nach den DLG-Schlüsseln sind diese Silagen- mit etwas unterschiedlicher Wichtung – auf die Noten 1 bis 5 verteilt. Bei zunehmenden ES-Gehalten (Kennzeichen von Fehlgärung) (Abb. 1.4) überwiegt jedoch nach DLG-A und DLG-B die Einstufung in Note 2.

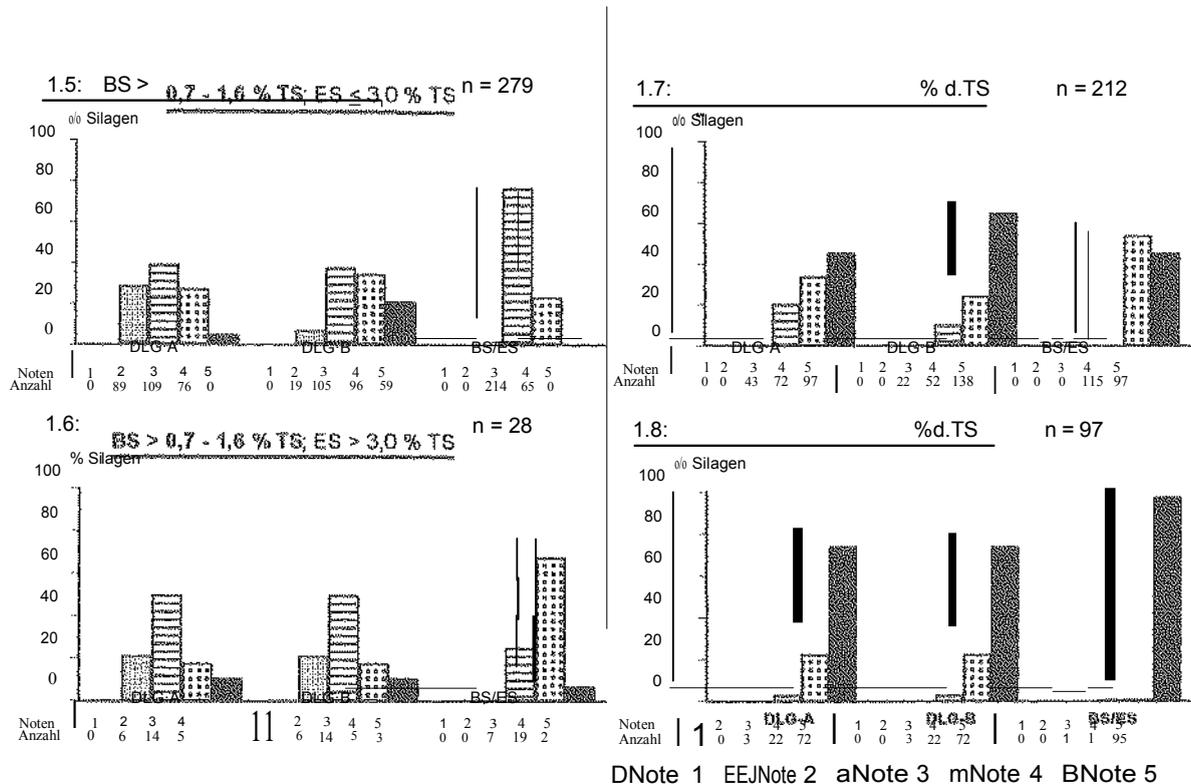


Abbildung 1: Einstufung von Praxissilagen (n = 3503).....(Fortsetzung)

Silagen mit einer weiteren Stufe von Fehlgärungen (Abb. 1.5) erhalten nach DLG-A zu 28,7% noch die Note 2, nach DLG-B zu 21,1% aber bereits die Note 5. Mit den Noten 3 und 4 (nach BS/ES) dürften diese Silagen am ehesten zu kennzeichnen sein. Im nächsten Stadium der Fehlgärung (Abb. 1.6) erhalten nach beiden DLG-Schlüsseln noch 21,4% der Silagen die Note 2, 10,7% aber schon die Note 5. Auch hier erscheint das Ergebnis nach BS/ES am ehesten zutreffend. Bei weiter fortgeschrittenem Verderb der Silagen (Abb. 1.7) erhält ein Teil der Silagen nach DLG-A und DLG-B noch die Note 3 und bei nahezu völligem Verderb (Abb. 1.8) noch die Note 4.

In Tabelle 3 sind die Auswirkungen des Punktabzuges für niedrige ES-Gehalte nach dem Schlüssel DLG-B dargestellt. Demnach sind 67% der fehlgärungsfreien Silagen abgewertet worden. Aber auch der größte Teil der BS-haltigen Silagen ist von der Abwertung betroffen.

Die Verteilung der fehlgärungsfreien, d.h. sehr gut konservierten, Silagen (BS0,3% TS; ES2,0% TS; ohne Darstellung) auf die Noten ist bei den geprüften Bewertungsschemata sehr unterschiedlich. Nach BS/ES werden die Silagen durchgehend in Note 1 eingestuft. Von den nach DLG-A in Note 4 eingestuften Silagen sind 46% fehlgärungsfrei, in Note 3 beträgt der Anteil 53%.

Tabelle 3: Auswirkung des Punktabzuges für niedrige Essigsäuregehalte nach dem Schlüssel DLG-B

Klassen des B		Klassen des ES-Gehaltes [% in TS] und Punktabzug						Gesamt			
		<0,5 -20	<1,0 - 0,5 -15	<1,5 - 1,0 -10	<2,0 - 1,5 -5	2,0 -3,5 0					
Anzahl		Anzahl der Silagen (n)						n			
[%in TS]		%						%			
≤ 0,3	2507	98	700	91	656	70	302	14	34	0	1692
>									18	0	331
>									6	0	119
> 5,0	63	keine Silagen in dieser ES-Klasse			0			0			0

jeweils um eine Note (Anzahl der Silagen in der jeweiligen ES/ES-Klasse= 100 Io)

#### 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die Auswertung hat zu dem Ergebnis geführt, dass mit dem Beurteilungsschema nach BS/ES für die gegenwärtig in der Praxis anfallenden Silagen, ungeachtet des Siliermittelzusatzes, eine differenzierte Bewertung der Gärqualität erreicht werden kann. Nach den Beurteilungsschlüsseln DLG-A und DLG-B treten z.T. erhebliche Über- und Unterbewertungen auf, wenn auch für beide Schlüssel in etwas unterschiedlicher Weise. Vom Malus für niedrige ES-Gehalte, mit dem aerobe Instabilität von Silagen berücksichtigt werden soll, sind zum großen Teil auch solche Silagen betroffen, die bereits aufgrund ihres BS-Gehaltes als aerob stabil einzuschätzen sind. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass gut konservierte Silagen immer ES-Gehalte < 3,0 % in TS (meist unter 2,0 %) aufweisen. ES-Gehalte über 3,0 % in TS treten nur bei Fehlgärungen auf und auch nur dann, wenn das AM Nitrat enthält. Gut konservierte Silagen mit erhöhten ES-Gehalten zu erreichen, ist deshalb nicht möglich. In der Beratungspraxis zur Sicherung der aeroben Stabilität von Silagen, aber auch bei der Siliermittelprüfung, ist dieser Zusammenhang zu beachten.

#### 5. Literatur

- KAISER, W. WEID U. S. SCHUBERT (1997a): Zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen nach dem gültigen DLG-Bewertungsschlüssel.- Proc. Soc. Nutr. Physiol. (1997) 6, 106.
- KAISER, W. IV POLIP U. KRAUSE (1997b): Zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen. - Proc. 109. LUFA-Kongress, Leipzig, 255-258.
- KAISER, W. R. KRAUSE U. WEID (1998): Beurteilung der Gärqualität von Grassilagen anhand des neuen DLG-Bewertungsschlüssels- Ergebnisse von Praxissilagen. Proc. 110. LUFA-Kongress, Gießen, 497-500.
- KAISER, W. WEID U. MILIMONKA (1999a): Untersuchungen zur Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter.- Arch. Anim. Nutr. 52, 75-93
- KAISER, W. K. WEID U. KRAUSE (1999b): Vorschlag zur Beurteilung der Gärqualität von Grassilagen. - Proc. 111. LUFA-Kongress, Halle, im Druck.
- KAISER, W. WEID U. R. KRAUSE (2000): Beurteilungskriterien für die Gärqualität von Silagen. - Proc. Soc. Nutr. Physiol., 9, 94.
- WEIDBACH UND HONIG (1992): Ein neuer Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Silagen auf Basis der chemischen Analyse. 104. LUFA-Kongress, Göttingen, 489-494.
- WEIDBACH UND HONIG (1997): DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. - DLG-Fachausschuss Futterkonservierung, 1997.



# Bestimmungsgrößen der Gärqualität von Grassilagen in nordwestdeutschen Milchviehbetrieben

J. Müller und C. Kaizendorf

## 1 Einleitung

Die wesentlichen Einflüsse Parameter auf die Gärqualität von Grassilagen sind hinlänglich (MUCK 1988). Während die Gehalte an Trockensubstanz, Kohlenhydraten, Substanzen (WEISSBACH 1968), spezifischen Hemmstoffen (KAISER u. WEISS 1997) sowie Epiphytenbesatz (PAHLOW 1991) geeignet sind, die Gäreignung Ausgangsmaterials zu beschreiben, vermögen hinaus zahlreiche siliertechnische in erster Linie über Ausmaß und O<sub>2</sub>-Einflusses modifizierend auf den Gärverlauf (HONIG u. ZIMMER 1985). Gros der Untersuchungen *ceteris paribus* - vorgenommen, so dass Interaktionen der vielfaltigen Einflussfaktoren auf die multikausale Zielgröße Gärqualität methodenbedingt nur unzureichend erfasst worden sind. Komplexe Datenerhebungen in der vor authentischer Umweltkulisse erlauben hingegen zusätzliche Aussagen über die Relevanz einzelnen Faktoren Gärerfolges (HAIGH1988) sowie Abhängigkeitsmuster.

der vorliegenden Untersuchung ist die bedeutendsten Bestimmungsgrößen der Gärqualität von vor klimatisch, standörtlich und betriebsstrukturell charakteristischen des zu erfassen .

## 2 Material und Methoden

Als Datengrundlage dienten 5-jährige, systematische Erhebungen der Landwirtschaftskammer Weser-Ems aus den Jahren 1995-1999. Teilnahme Landwirte an dieser freiwilligen, gebietsweiten Erhebung war offen und lediglich an Ausfüllung eines umfangreichen Fragebogens gebunden. 1627 Datensätze zur Verfügung, wobei jeder dieser Angaben zu einer analysierten Silageprobe mit Merkmalsangaben zu weiteren enthielt. Eine Übersicht über die zur Auswertung herangezogenen Merkmale gibt Tab. 1.

Um zuverlässige Angaben zu wurden von den Silageproduzenten zu erhebenden so stark kategorisiert, dass eine eindeutige Wahl der jeweiligen Kategorie möglich war. dadurch entstandene Nachteil nur groben Merkmalsabstufung wurde in Kauf genommen.

Die Bestimmung der Gärsäuren erfolgte gaschromatographisch, pH-Wert und wurden elektrometrisch gemessen. TS-Gehalte sind kalkulatorisch um die flüchtigen Fettsäuren korrigiert worden.

Zur Aufdeckung von zwischen den Variablen wurden multivariate Analysemethoden (BACKHAUS et al., 2000) angewandt. Ausgangsdaten erwiesen sich für faktoranalytische Zwecke jedoch als ungeeignet, worauf die Robustheit sachlogischer gegenüber der Umweltmatrix mit den Instrumenten der Korrelations- und Regressionsanalyse geprüft wurde. Durch die Berechnung partieller Korrelationskoeffizienten ist dem Problem der Interkorrelation bei annähernd normalverteilten Variablen begegnet worden. Beziehungen kategorialer Variablen wurden mit nichtparametrischen Analysemethoden (Korrelationskoeffizient Kendall-Tau-b) erfaßt.

Die lediglich auf nominaler Skala erfassten mutmaßlichen Einflussfaktoren wurden darüber hinaus varianzanalytisch geprüft. Kreuztabellierung und Kontingenzanalyse dienten dem Aufdecken von Zusammenhängen zwischen nominal skalierten Variablen.

Tab. 1: Übersicht über die wichtigsten erhobenen Merkmale

Merkmalskomplexe	Merkmale	Merkmalscharakter	Datenniveau	Anzahl Fälle / Kategorien
Standortbezogene Merkmale	Landkreis	- beschreibend	- nominal	16
	- Bodentyp	- beschreibend	- nominal	5 + Kombin.
	- Witterung i.d. Feldzeit	- beschreibend	- kategorisch	3
Angaben zum Siliergut	- Aufwuchs	- numerisch	kategorisch	4
	- Schnittzeitpunkt	Datum	- intervallskaliert	
	- Art d. Grases	- beschreibend	- kategorisch	5 + Kombin.
Angaben zur Flächenbewirtschaftun	- Maulwurfshaufen	- Bonitur	- kategorisch	3
	- Art d. Grünlandpflege	- beschreibend	- kategorisch	3
	- Art der N-Düngung	- beschreibend	- kategorisch	6 +Kombin.
Angaben zur Verfahrenstechnik	- Höhe der N-Düngung	- numerisch	- intervallskaliert	
	- Mähtechnik	- beschreibend	- kategorisch	+Kombin.
	- Schwadbearbeitung	- beschreibend	- kategorisch	4
	- Anzahl Arbeitsgänge	- numerisch	- intervallskaliert	
	- Dauer Feldlagerung	- numerisch	- intervallskaliert	
	- Silierverfahren	- beschreibend	kategorisch	6
	- Schnittlänge Siliergut	- numerisch	kategorisch	3
	- Siliierhilfsmittel (SM)	- beschreibend	- nominal	2
	- SM-Dosierung	- beschreibend	- kategorisch	6
	- Verdichtung	- numerisch	- kategorisch	3
- Walzdauer	- numerisch	- kategorisch	3	
Analysend	- Gewicht Walzschle	numerisch	-skaliert	
	- TS-Gehalt	- numerisch	- intervallskaliert	
	- XF, XP, NEL	- numerisch	- intervallskaliert	
	- pH-Wert	- numerisch	- intervallskaliert	
	- NH <sub>4</sub> -N - Anteil	- numerisch	- intervallskaliert	
	- BS, PS, ES-	- numerisch	- intervallskaliert	

## Ergebnisse und Diskussion

Eine Übersicht über die wichtigsten Kenngrößen der Gärqualität innerhalb des Datenpools ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tab. 2: Kenngrößen der Gärqualität des Datenpools

Kenngröße	n	—	sd	Median	Spannbreite
Gehalt an TS in %	1613	40,9	9,24	4,70	16,1-78,5
pH-Wert (%)	1599	4,83	0,623	<b>0,00</b>	3,80-7,10
Gehalt an Buttersäure (T)	1599	0,37	0,767		0,00-9,03
NH <sub>4</sub> -Anteil a. Gesamt-N	1599	8,38	<b>6,00</b>	7,10	0,50-92,10
DLG-Punktzahl	1599	76,7	22,61	<b>80,0</b>	<b>0-100</b>

Qualitätsniveau der teilnehmenden Betriebe war somit recht hoch, was bei der Interpretation zu beachten ist. Eine Einengung der Merkmalsvielfalt mittels Faktorenanalyse führte wegen der geringen Ladungen der einzelnen Merkmale nicht zum gewünschten Extraktion besonders aussagestärker u.....a.....

Tabelle 3 der Korrelation ausgewählter pflanzenbaulicher und verfahrenstechnischer mit Zielgrößen Gehalt an Buttersäure und DLG-Punktzahl zu Im Falle nominaler Variablen, die nicht korreliert werden können, wird in der Spalte "Unterschiede im Gärerfolg" angegeben, ob sich Mittelwerte des BS-Gehaltes und DLG-Punktzahl zwischen nominalen Kategoriestufen signifikant unterscheiden.

### 3: Kenngrößen der Gärqualität des Datenpools

Merkmalskomplexe	Merkmale	Korrelation mit BS <sup>1)</sup>	Korrelation mit DLG-Note <sup>1)</sup>	Unterschiede im Gärerfolg (BS / DLG) <sup>2)</sup>
Standortbezogene Merkmale	- Landkreis	-	-	sign. / sign.
	- Bodentyp	-	-	sign. / sign.
	- Witterung i.d. Feldzeit	0,05 *	n.s.	
Angaben zum Siliergut	- Aufwuchs			/ sign.
	- Schnittzeitpunkt	n.s.	0,07 **	
	- Art d. Grases	0,10 **	n.s.	
Angaben zur Flächenbewirtschaftung	- Maulwurfsaufen	0,07 **	-0,08 **	
	- Art d. Grünlandpflege	n.s.	n.s.	/ sign.
	- Art der N-Düngung			
Angaben zur Verfahrenstechnik	- Höhe der N-Düngung	n.s.	n.s.	
	- Mähtechnik			sign. / sign.
	- Schwadbearbeitung	n.s.	n.s.	
	- Anzahl Arbeitsgänge	n.s.	n.s.	
	- Dauer Feldlagerung	0,08 **	-0,07 *	
	- Silierverfahren	-0,08	0,09 **	
	- Schnittlänge Siliergut	0,18 **	-0,15 **	
	- Silierhilfsmittel (SM)			sign. / sign.
	- SM-Dosierung			sign. / sign.
- Verdichtung	-0,09 **	0,07 **		
- Walzdauer	n.s.	0,05 *		
- Gewicht Walzschlepp.	n.s.	0,09 **		

1) intervallskalierte Merkmale : Korrelationskoeffizient nach Pearson; ordinalskalierte, kategoriale Merkmale : Korrelationskoeffizient nach Kendall- Tau-b

2) nominalskalierte Daten: Zusammenhang der Variablen nach Chi-Quadrat-Test

Hieraus ist zu sehen, dass bei insgesamt geringem Einfluss einzelner Merkmale auf den Gärerfolg die Schnittlänge und der Zusatz von Silierhilfsmitteln besonders geeignet waren, die Streuung der Gärqualitäten zu reduzieren. Die Faktoren, die darauf hinweisen, dass das Ausmaß fermentativer Umsetzungen von Kohlenhydraten zu einem höheren unter den vorgefundenen Faktoren mit durchschnittlich hohen Werten sowohl durch die Verfügbarkeit an Kohlenhydratquellen für Epiphyten als auch durch eingeschränkte Verfügbarkeit von Kohlenhydratquellen für Lactobacillen werden kann. Während von der Flächenbewirtschaftung keine markanten Effekte auf die Gärqualität ausgingen, konnten einzelne Wirkungen der Verfahrenstechnik des Siliergutes nachgewiesen werden.

## Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse der Erhebung sind Beleg für die Multikausalität des Merkmalskomplexes der Gärqualität. Im Gegensatz zu Ergebnissen von HAIGH (1990) war es unter den beschriebenen Bedingungen nicht möglich, eindeutig dominierende Hauptfaktoren des Siliererfolges heraus zu kristallisieren. Das lag vor allem daran, dass sich die absolute Mehrzahl der Befunde in dieser Untersuchung nicht im Grenzbereich des Mindestgehaltes an Trockensubstanz befand und die Siliertechnik ein insgesamt hohes Niveau aufwies.

Dennoch konnten die Einflüsse einer Vielzahl bekannter Faktoren auf die Gärqualität in der Tendenz auch unter Praxisbedingungen nachgewiesen werden, wenngleich deren Erklärungsanteil am Gärergebnis oft sehr gering und lediglich aufgrund des hohen Stichprobenumfangs statistisch abzusichern war.

Neben siliertechnischen Einflüssen ließen sich auch einzelne Wirkungen der Beschaffenheit des Siliergutes auf die Gärqualität dokumentieren.

Ergebnisse der Erhebung präferieren Beratungsstrategien, die nicht auf einzelne produktionstechnische Faktoren abzielen sondern umfassendere verfolgen.

## Literatur

- BACKHAUS, , ERICHSON, , PLINKE, W. UND WEIBER, 2000: Multivariate Analysenmethoden. 9. Aufl., Springer-Verlag, Berlin u.a.
- HAIGH, M., 1990: of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. Grass Forage Science 45, 263-271
- HONIG, & ZIMMER, E., 1985: Losses during ensiling due to gas exchange. Proc. of the International Grassland Congress, Kyoto, p. 886-888
- KAISER, E. WEISS, 1997: Gärungsverlauf bei der Silierung von nitratarmen Grünfutter. 2. Mitt.: Gärungsverlauf bei Zusatz von Nitrat, Nitrit, Milchsäurebakterien und Ameisensäure. Arch. Anim. Nutr. 50, 187-200
- MUCK, 1988: Factors influencing silage quality and their implications. Journal of Dairy Sciences 71, 2992-3002
- PAHLOW, G., 1991: Role of microflora in forage conservation. Landbauforschung Völkenrode 123, 26-36
- WEISSBACH, F. 1968: Beziehungen zwischen Ausgangsmaterial und Gärungsverlauf bei der Grünfuttersilierung. Habilitationsschrift, Universität Rostock

## Anschrift der Autoren

J. Müller, Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen, Driverstr. 49377 Vechta  
C. Kalzendorf, Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Mars-la-Tour-Str. 1-12, 26121 Oldenburg

# Energiegehalt der Welksilagen von nordostdeutschen Grünlandbeständen mit unterschiedlichem Gehalt an minderwertigen Futterpflanzen

von

Frank Hertwig und Jürgen Pickert

Landesanstalt für Landwirtschaft des Landes Brandenburg  
Abteilung Grünland- und Futterwirtschaft, Paulinenaue

## Einleitung

Eine der Grundvoraussetzungen für den effektiven Einsatz von Welksilagen in der Fütterung ist die Kenntnis ihrer Energiekonzentration. Diese wird in den Futtermittelabteilungen in der Regel nach der Weender Futtermittelanalyse auf der Grundlage der Rohnährstoffe Rohfaser, Rohprotein, Rohfett und Rohasche (Rohnährstoffgleichung, 1997) ermittelt. Voraussetzung für die Anwendung dieser bewährten Methode sind "normal" bewirtschaftete, d.h. gepflegte, ausreichend und innerhalb der geeigneten Schnitzeitspanne geerntete Grünlandbestände. Gerade aber bei der Grünlandbewirtschaftung wurde in letzten zehn Jahren in vielen am meisten gespart. Hinzu kommt, dass die Bewirtschaftung vieler Grünlandflächen mit unterschiedlichsten Auflagen erfolgte. So werden in seit 1992 auf ca. 50 % des Grünlandes Extensivierungs- und Naturschutzprogramme angewendet, davon entfallen etwa 40 % unter die Richtlinie Grünlandextensivierung (nur organische bis max. 1 GV/ha, ersatzweise Grunddünger bis zu dieser Höhe, kein mineralischer Stickstoff, keine chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel (PSM)) und ca. 10 % Vertragsnaturschutz (zumeist keine Düngung und keine vorgegebener Nutzungstermin). Dies alles zu stärker werdenden Differenzierung bei den Pflanzenbeständen und damit auch zu deutlichen Unterschieden beim Futterwert. unter solchen Bedingungen treten immer wieder Probleme bei der exakten Einschätzung Energiekonzentration in den Grassilagen auf. Deshalb wurden 1998 bis 1999 Verdauungsversuche (in vivo) mit Praxissilagen von unterschiedlich bewirtschafteten Grünlandbeständen in Paulinenaue durchgeführt.

## Material und Methoden

Die Entnahme der Untersuchungschargen erfolgte in verschiedenen Betrieben des Brandenburg. Silagen wurden in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität des Grünlandes und dem Pflanzenbestand ausgewählt.

Die Bestimmung der Verdaulichkeit der Rohnährstoffe erfolgte im Tierversuch mit Schafen entsprechend gültigen Richtlinien. Dabei kamen mit je 5 Hammeln der Merino Landschafhund einem Alter von 5 Jahren zum Einsatz. Vorperiode dauerte 14 und die Hauptperiode 10 Tage. Alle notwendigen Analysen wurden nach den anerkannten Untersuchungsmethoden des VDLUFA durchgeführt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Angewendete Analysemethoden

Prüfparameter	Methoden
Trockenmasse	Trockenschrank (60° C / 105° C)
Rohnährstoffe	nach Methodenbuch Band III des VDLUFA
Gärsäuren und Alkohole	Kapillar – GC
Milchsäure	Ionen-Chromatographie
NH <sub>3</sub>	Conway-Mikrodiffusions-Methode
pH-Wert	Elektrometrisch
in vivo-Verdaulichkeit	Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern, GfE 1991
Elos	nach Methodenbuch Band des VDLUFA

### Ergebnisse

Entsprechend der Bewirtschaftung kann man die Grünlandbestände, von denen die untersuchten Silagen stammen, in drei Gruppen zusammenfassen:

- 1: Extensiv oder nach Naturschutzaufgaben bewirtschaftetes Grünland,
- 2: Sachgerecht bewirtschaftete Grünlandbestände von alten, langjährig nicht über Nach- oder Neuansaat (Ansaat vor mehr als 8 Jahren) bewirtschaftete Grünlandnarben, mit einem hohen Anteil minderwertiger Futtergräser,
- 3: Sachgerecht bewirtschaftete, junge Grünlandnarben.

den Silagen aus der extensiven Produktion und von Flächen mit Naturschutzaufgaben (Gruppe 1) betrug in vivo ermittelte Energiekonzentration (EK) nur noch 4,16 MJ NEL/kg TM. Im Vergleich dazu wäre die EK nach der Rohnährstoffschätzung um 1,4 Einheiten höher ausgefallen und hätte den Energiegehalt in der Silage deutlich überschätzt. Verdaulichkeit der organischen Masse lag bei diesen Futtermitteln nur noch bei ca. 54 %. Damit dürfen die Schätzgleichungen auf der Basis der Rohnährstoffe nicht mehr angewendet werden.

Tabelle 2: Energiebewertung von Anweilksilagen aus landwirtschaftlichen Betrieben im Land Brandenburg in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität des Grünlandes

Gruppe	5n	Rohnährstoffe				Verdaulichkeit	Energiekonzentration			Differenzen	
		XP	XL	XF	XA		DOS	NEL <sub>IV</sub>	NEL <sub>RN</sub>	NEL <sub>Elos</sub>	IV-IV
		(g/kg TM <sub>Korr</sub> )				%	(MJ NEL/kg TM)			(MJ NEL/kg TM)	
1	5n	XP	XL	XF	XA	54	4,16	5,60	4,16	1,44	0,30
2	12					92	67,9	5,56	6,07	5,63	0,51
3	5		40			104	75,5	6,33	6,16	6,13	-0,17

Berechnung d. EK a. d. Basis des in vivo-Verdauungsversuches (IV), der Rohnährstoffe (RN) mit der Schätzgleichung (1997) der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GtE), von Elos mit der GfE-Gleichung (1997)

<sup>1</sup>nach GfE Vorgabe für Silagen mit DOS < 60% nicht anwendbar  
 XP= Rohprotein, XL= Rohfett, XF= Rohfaser, XA= Rohasche

Das Hauptproblem bei der Futterwerteinschätzung ist aber, dass auch die Silagen von alten Grünlandnarben nach der Rohnährstoffgleichung um 0,51 MJ NEL/kg TM zu hoch bewertet wurden, obwohl sie "normal", d.h. mit N, P und gedüngt worden waren (Gruppe 2). Lediglich bei den Silagen von jungen, gedüngten Grasnarben (Gruppe

3) ergab die nach der Rohnährstoffgleichung berechnete EK eine gute Übereinstimmung mit der in vivo ermittelten.

Problematisch bei der Bewertung der Altbestände ist die deutlich zu geringe Verdaulichkeit der auf diesen Flächen hohe Ertragsanteile einnehmenden minderwertigen Futtergräser, Quecke. Quecke wurde in den achtziger Jahren in Paulinenaue (Weise u.a. 1988) intensiv untersucht. Im Vergleich zu den hochwertigen Futtergräsern, wie sches Wiesenlieschgras oder Wiesenschwingel, ist die u.a. durch den deutlich höheren Gehalt an dem schwer abbaubaren Zellwandbaustein Lignin charakterisiert, die Verdaulichkeit und die Futteraufnahme stark negativ beeinflusst. Lignin wird analytisch im Rohfasergehalt mit erfasst, allerdings kommt dabei seine negative Wirkung nur völlig unzureichend zum Ausdruck. Bleibt der Lignin-Gehalt bei den hochwertigen Futtergräsern im Verlaufe der Schnittzeitspanne in etwa konstant, so steigt er bei der Quecke stetig an.

Besonders deutlich wird dieser Zusammenhang, wenn man sich die in Tabelle 3 aus den insgesamt 12 Versuchen der Gruppe 2 ausgewählten Varianten betrachtet. Diese Anweilensilagen stammen von mehr als zehn Jahre alten Ansaaten, bei denen der Queckenanteil im Bereich zwischen 60 und 80 % liegt, die aber in den noch mit N-, P- und K-Dünger versorgt wurden. weisen die Rohnährstoffgehalte dieser Chargen ein normales Niveau auf, im Tierversuch Verdaulichkeiten organischen se sind jedoch im Vergleich mit den Werten aus der DLG-Futterwerttabelle im Mittel um 8 %-Punkte niedriger. Daraus resultiert dann um 0,7 MJ NEL/kg TM geringere Energiekonzentration.

Tabelle 3: Qualitätsbewertung ausgewählter Anweilensilagen mit einem hohen Anteil

Nr.	Rohstoffe			Verdaulichkeit		Energiekonzentration	
	Protein	faser	asche	d. or	Masse		
	g/kg		korr.	In vivo	Tabellenwert	In vivo	Tabellenwert
				%		MJ NEL/kg TM	
1	189	279	71	58	70	4,7	5,8
2	136		89	60	70	4,8	5,8
3	157	266	68	68	71		5,9
O	164	263	76	62	70	5,1	5,8

Eine im Vergleich zur Methodik Rohnährstoffgleichung wesentlich genauere Energiebewertung konnte gerade bei den Gruppen 1 und 2 durch die Berücksichtigung der enzymlöslichen organischen Substanz *Elos*, als Parameter der Verdaulichkeit der organischen Substanz *DOS*, erzielt werden. Durch die Nutzung der Schätzgleichung auf der Basis der *Elos*-Werte ist es möglich, den Landwirten zutreffende Angaben zur Energiekonzentration für Grassilagen aus den unterschiedlichsten Bewirtschaftungsintensitäten bereitzustellen. *Elos*-Bestimmung ist aber relativ aufwendig und teuer und deshalb nicht Bestandteil in gegenwärtigen Routineanalytik bei Futtermitteluntersuchung. Aus diesem Grunde wird schon seit mehreren Jahren versucht, die Nah-Infrarot-Spektroskopie als Methode zur Futtermittelbewertung zu nutzen.

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde in Paulinenaue in den letzten Jahren eine NIRS-Kalibrierfunktion für Grassilagen (Robowsky u.a. 1998) die den

Rohnährstoffen auch die enzymlösliche organische Substanz schätzt. Die mit dieser Methode bestimmten Elos-Werte und die darauf aufbauend berechneten Energiekonzentrationen weisen eine gute Übereinstimmung mit den nach VDLUFA-Methode ermittelten Werten (siehe Tabelle 4) auf und charakterisieren damit wesentlich genauer die im Futtermittel enthaltenen Energiewerte.

Tabelle 4: Energiebewertung (NIRS-Methode) von Anweilksilagen aus landwirtschaftlichen Betrieben im Land Brandenburg in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität des Grünlandes mittels

Gruppe	n	Elos		Energiekonzentration		
		Labor	NIRS	in vivo <sup>1</sup>	Elos Labor <sup>2</sup>	Elos NIRS <sup>2</sup>
		g/kg TM		MJ NEL/kg TM		
1	5	465	451	4,2	4,5	4,3
2	12	594	589	5,6	5,6	5,5
3	5	647	658	6,4	6,1	6,1

<sup>1</sup> Energieberechnung auf der Basis der Verdauungsversuche

<sup>2</sup> Energieberechnung auf der Basis des Elos-Wertes und der Schätzgleichung der GfE (1997)

### Zusammenfassung

Durch die unterschiedliche Bewirtschaftung des Grünlandes in Brandenburg haben sich in den letzten Jahren stark differenzierte Pflanzenbestände mit teilweise sehr hohen Anteil minderwertiger Futtergräser entwickelt. Diese werden durch die in vielen Futtermittellaboren angewendete Energieberechnungsmethode der Basis der Rohnährstoffe deutlich überschätzt. Eine wesentlich bessere Energiewertschätzung ist unter Nutzung des Elos-Wertes, welcher die Verdaulichkeit der organischen Substanz charakterisiert, möglich. Dieser Parameter kann auch sehr schnell und kostengünstig mittels der NIRS-Methode bestimmt werden. Mit dieser neuen Futteranalytik kommt man in der Bewertung der verschiedenartigen Grassilagen einen großen Schritt voran. Das eigentliche Problem wird dadurch jedoch noch nicht gelöst. Die landwirtschaftlichen Unternehmen müssen stärker als bisher alle Möglichkeiten zur Verbesserung der Grünlandbestände nutzen. Die ausgewogene Düngung bildet dabei nur die Grundlage. Verstärkt ist über Nachsaaten und, wo erforderlich, auch über Neuansaaten nachzudenken, wenn ein qualitativ hochwertiges Grundfutter vom Grünland die Milcherzeugung bereitgestellt werden soll.

### Literatur

- ROBOWSKI, K.-D., F. HERTWIG UND CH. MEYER, 1998: Energiewertschätzung von Grassilagen mittels NIRS, Tagungsband des 110 VDLUFA-Kongresses in Gießen, 68
- WEISE, G. u.a., 1988: Neubewertung der Quecke als Graslandpflanze, unveröffentlichter Forschungsbericht, Paulinenaue

# Keimlingsentwicklung verschiedener Graslandarten unter abgestufter Konkurrenz in simulierten *Lolium perenne*-Narben

Martina Hofmann und Johannes Issestein

## 1 Einleitung

Für eine erfolgreiche Regeneration artenreichen Grünlandes ist neben der Ausbreitung und Keimung auch die Etablierungsphase von Bedeutung. Umweltbedingungen in einer Grasnarbe Konkurrenz um Nährstoffe Licht geprägt. Überleben in solchen Situationen erfordert Mechanismen, um an Ressourcen zu kommen. Für die Strategie zu Überleben kann es bedeutsam sein, plastisch auf veränderte Umweltbedingungen zu reagieren (HUTCHINGS KROON 1994). Von einigen ist durch Allokation von Assimilaten in Sproßwachstum in günstige Lichtbereiche zu wachsen vermögen (KASPERBAUER KAUL 1996, LAMBERS et 1998). sind in intensiv bewirtschafteten Pflanzenbeständen verlorengegangenen reaktionsfähig und stellen Ansprüche an die Struktur und Es wurde daher geprüft in welchem Ausmaß in Etablierungsphase Konkurrenz ob es Artunterschiede gibt und inwieweit die beobachteten Erklärung Etablierungsverhaltens unter Feldbedingungen beitragen.

## 2 Material und Methoden

Es wurde die Wirkung weitgehend definierter Konkurrenzbedingungen in simulierten Grasnarben auf Keimlingsentwicklung von zwölf durch des Wirtschaftsgrünlandes - elf dikotyle Wildpflanzen, eine monokotyle Kulturpflanze - dargestellt (Tabelle 1). Dazu wurden angesät; die Narbendichte wurde durch die und-Qualität variiert und wöchentlich auf Zielnarbenhöhe zurückgeschnitten.

Tabelle 1: Varianten

Faktoren	Stufen	
1 Dichte der Grasnarbe	1.1	unbewachsener Boden (=ohne Konkurrenz)
	1.2	lückig (1000 Samen je m <sup>2</sup> )
	1.3	dicht (10000 Samen je m <sup>2</sup> )
2 Höhe der Grasnarbe	2.1	niedrig (6 cm)
	2.2	hoch (12 cm)
3 Pflanzenart	3.1 3.12	zwölf Arten des Wirtschaftsgrünlandes
4 Zeiternte	4.1	Versuchsbeginn *)
	4.2	nach 7 Tagen
	4.3	nach 21 Tagen

Gewächshaus-Versuch, Blockanlage; vier Wiederholungen je Variante

\*)Einsetzen von je zehn angekeimten Samen in die Versuchsgefäße

Zielgrößen: Länge und Masse von Sproß und Wurzel Keimlinge; Biomasse, Triebdichte und in der Grasnarbe.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

Die relativen Zuwachsraten in mg g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) ohne Konkurrenz unterschieden sich deutlich zwischen den geprüften Arten mit über 220 bei *Lolium perenne* und knapp 100 bei *Tragopogon pratensis*. Zunehmende Konkurrenz durch die etablierte Grasnarbe verminderte die Lichttransmission durch die Grasnarbe sowie die der Keimlinge, wobei das Ausmaß der Reduktion bzw. die Konkurrenzempfindlichkeit artspezifisch

stark differierte. in Abbildung 1 dargestellten Arten repräsentieren die Reaktionsbreite der untersuchten Arten im Hinblick auf RGR und Sproßmassenverhältnis (SWR=TM Sproß/TM Gesamtpflanze) und lassen vier Reaktionsmuster erkennen:

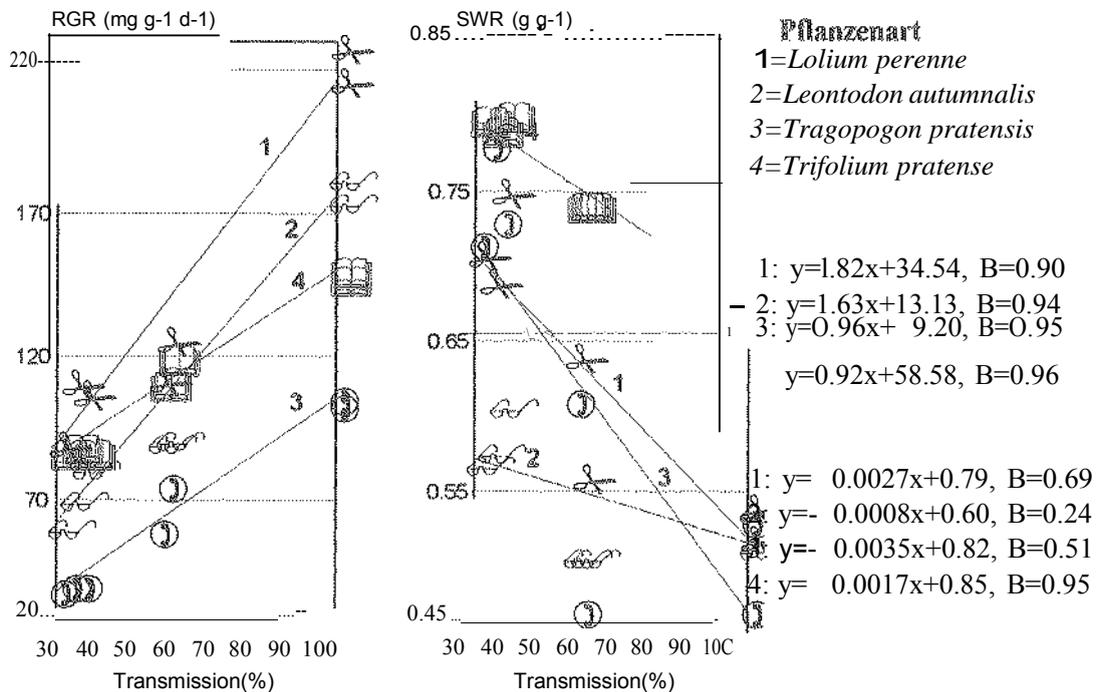


Abbildung 1: Relative Zuwachsrate (RGR) und Sproßmassen-Verhältnis (SWR) in Abhängigkeit von der Lichttransmission in der Grasnarbe

(I) *L. perenne*: stärkste Empfindlichkeit gegenüber Lichtmangel, aber gleichzeitig verstärkte Allokation in Sproßwachstum, (II) *L. autumnalis*: starke Lichtmanglempfindlichkeit, aber geringe Allokation in Sproßwachstum, (III) *T. pratensis*: geringe Lichtmanglempfindlichkeit, verstärkte Allokation in Sproß, (IV) *T. pratense*: geringe Lichtmanglempfindlichkeit bei geringer Allokation in Sproß. Somit vermögen *L. perenne* und *T. pratensis* im Gegensatz zu *L. autumnalis* und *T. pratense* aufgrund morphogenetischer Reaktionsfähigkeit in obere Bestandesschichten der Grasnarbe zu gelangen und partiell dem Lichtmangel zu entwachsen, was das Überleben begünstigt. Dies kann durch Felderhebungen zur frühen Etablierungsphase von Graslandarten bestätigt werden (HOFMANN & ISSELSTEIN 2000, KOWARSCH et al. 2000), in denen sich *L. autumnalis* und *T. pratense* stets durch eine stark zunehmende Keimlings-Mortalität bei abnehmender Nutzungsfrequenz auszeichnen, wogegen für *T. pratensis* bei einer artspezifisch niedrigen Überlebensrate - die Konkurrenz der hochwachsenden Grasnarbe von geringerer Bedeutung für die Keimlingsetablierung ist.

#### Literatur

- HOFMANN, M., ISSELSTEIN, J., 2000: Wildflower species establishment in differently managed grass swards. Proc. 18th Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed., Alborg, Denmark, pp. 25-27.
- HUTCHINGS, M.J., KROON, H. DE, 1994: Foraging in plants: the role of morphological plasticity in resource acquisition. Adv. Ecol. Res. 25, 160-211.
- KASPERBAUER, M.J., KAUL, K., 1996: Light quantity and quality effects on source-sink relationships during plant growth and development. In: ZAMSKI, E., SCHAFFER, A.A. (eds.), Photoassimilate distribution in plants and crops, Marcel Dekker, New York, pp. 421-440.
- KOWARSCH, N., BONN, S., HOFMANN, M., ISSELSTEIN, J., 2000: unveröffentlichte Versuchsergebnisse.
- LAMBERS, H., CHAPIN III, F.S., PONS, T.L., 1998: Plant Physiological Ecology. Springer, New York, Berlin, Heidelberg.

# Adaptionsmöglichkeiten von Gräsern an die Nährstoffverfügbarkeit - Vergleich der Wachstumsdynamik sowie physiologischer und morphologischer Parameter

von

Ingo Rademacher, Gunda Schulte aufm Erley      Walter Kühbauch

Institut für Pflanzenbau - Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau  
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

## Einleitung

Während Auswirkungen der Bewirtschaftung auf die floristische Bestandeszusammensetzung hinreichend dokumentiert sind, ist der Kenntnisstand über die pflanzenphysiologischen und morphologischen Ursachen, die zur Adaption wichtiger Bestandsbildner an den Standort beitragen, relativ gering. Welches die grundlegenden Strategien sind, die                      daß unter verschiedenen Standortbedingungen die eine oder die                      seit                      kontrovers diskutiert. Während TILMAN (1988) in                      Theorie                      das pflanzliche Konkurrenzverhalten davon ausgeht, daß die Spezies                      geringsten Ansprüchen an die jeweils limitierende Resource                      Vorteil ist, sieht GRIME (1979)                      Konkurrenzvorteil in der Effizienz, mit der                      Spezies sich                      Ressourcen aneignet (s.a. GRACE 1990). Der Kenntnisstand auf diesem Gebiet ist jedoch                      nicht ausreichend, um eine der                      zu favorisieren.

## Bedeutung der Wachstumsrate

maximale relative Wachstumsrate verschiedener Pflanzenarten unterliegt einer sehr großen Spanne. GRIME und HUNT (1975) fanden in Untersuchungen an 130 verschiedenen Arten                      westeuropäischen Flora unter vergleichbaren Anzuchtbedingungen maximale relative Wachstumsraten von 31 bis 386 mg g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Beim Vergleich von                      krautigen C<sub>3</sub>-Pflanzen lagen die mittleren relativen Wachstumsraten zwischen 113 und 272 mg g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> für Monokotyledonen und 171 und 365 mg g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> für Dikotyledonen und korrelierten positiv mit der Stickstoffverfügbarkeit an ihrem natürlichen Standort (POORTER                      REMKES 1990). Weiterhin zeigen Ergebnisse von GRIME (1979) sowie LAMBERS und POORTER (1992), daß Pflanzen nährstoffarmer Standorte auch unter günstigen Wachstumsbedingungen generell                      relative Wachstumsraten aufweisen als                      sich                      der Evolution auf eutrophen Standorten entwickelt haben. Pflanzenarten oder Individuen                      hohen Wachstumsraten gewinnen durch schnelles Erschließen von Ressourcen                      Licht, Wasser und Nährstoffe entscheidende Vorteile Konkurrenz gegenüber langsam wachsenden Pflanzen. Unter ungünstigen Bedingungen, wie                      geringer Nährstoffverfügbarkeit,                      jedoch Arten mit inhärent höheren Wachstumsraten von langsam wachsenden                      verdrängt, wie BERENDSE *et al.* (1992) am Beispiel von Glatthafer (*Arrhenatherum elatius* L.) und Schafschwingel (*Festuca ovina* L.) zeigen konnten.

Für die Anpassung an den natürlichen Standort wird jedoch weniger die relative Wachstumsrate allein, als vielmehr physiologische oder morphologische Parameter, die die Wachstumsrate bestimmen, verantwortlich sein.

### Vergleich von Deutsch Weidelgras und Rotschwingel

In unseren Versuchen arbeiten wir mit dem schnellwachsenden Deutsch Weidelgras (*Lolium perenne* L.) und dem langsamwachsenden Rotschwingel (*Festuca rubra* L.). Neben wichtigen Kenngrößen des Pflanzenwachstums wird in diesem Projekt besonderer Wert auf die Assimilatverteilung in den Pflanzen gelegt. Es ist davon auszugehen, daß die Art und Weise, wie die verschiedenen Spezies vorhandene Ressourcen in ihrem C- und N- Haushalt nutzen, wesentlichen Einfluß auf die Adaptionfähigkeit an einen Standort hat.

### Morphologie und Anatomie

Morphologische Parameter, die für eine Wachstumsanalyse von Bedeutung sind, sind das Sproß-/Wurzelverhältnis, die absolute Masse von Blättern und Wurzeln, sowie die Blattflächen (GARNIER, 1992). Darüber hinaus wird auch die Blattanatomie untersucht, die Rückschlüsse auf die Photosyntheseleistung und auf die Langlebigkeit der Blätter zuläßt (VAN ARENDONCK und POORTER, 1994). Daten zur Wurzelmorphologie, insbesondere der Oberfläche der Wurzeln, geben neben der Wurzelmasse Informationen über die Fähigkeit zur Nährstoffaufnahme der Pflanzen (FRANSEN *et al.*, 1998).

### C- und N-Aufnahme / -Verluste

Die Aufnahme und die Verluste von Assimilaten bestimmen den Trockenmassezuwachs der Pflanzen. Die C- und N-Ökonomie ist deshalb von besonderer Bedeutung für die unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit von Pflanzen (POORTER *et al.*, 1990). In unserem Experiment wird daher der Gewinn und Verlust von C und N in der Pflanzenmasse bilanziert. Darüber hinaus werden die Photosynthese- und Respirationraten mit in Betracht gezogen. Die Analyse seneszierender Blätter soll außerdem Anhaltspunkte zum Verlust von Nährstoffen geben, die über totes Blattmaterial verloren gehen (VAZQUEZ DE ALDANA *et al.*, 1996).

### Assimilatverteilung

Für die Nutzung der gewonnenen Assimilate ist ihre Verteilung innerhalb der Pflanze von entscheidender Bedeutung. Es wird deshalb untersucht, wie rasch und mit welcher Priorität die Pflanze bereits assimilierte Nährstoffe in Wachstum oder Reserven investiert. Dabei soll v.a. die Effizienz der Translokation von Assimilaten **und** Nährstoffen aus älteren Pflanzenorganen berücksichtigt werden, da diese eine erhebliche Verlustquelle für Nährstoffe darstellen (AERTS und BERENDSE, 1989).

Weiche Merkmale oder Kombination von pflanzlichen Eigenschaften für die Adaption an den Standort letztendlich ausschlaggebend sind, kann aufgrund der bisherigen Ergebnisse nicht eindeutig herausgestellt werden.

Langfristiges Ziel von Untersuchungen aus diesem Bereich sollte es sein, die Gesetzmäßigkeiten verschiedener Pflanzengruppen in ihrer Reaktion auf Umweltvariablen zu verstehen. Damit wäre es möglich, Verschiebungen in der Zusammensetzung und Ertragsleistung von Pflanzenbeständen zuverlässig zu prognostizieren.

## Literatur

- AERTS, R. and F. BERENDSE, 1989: Aboveground nutrient turnover and net primary production of an evergreen and deciduous species in a heathland ecosystem. *J. Ecol.* 77, 343-356.
- BERENDSE, W.T. ELBERSE and R.H.M.E. GEERTS, 1992: Competition and nitrogen loss from plants in grassland ecosystems. *Ecology* 73, 46-53.
- FRANSEN, B., DE KROON and F. BERENDSE, 1998: Root morphological plasticity and nutrient acquisition of perennial grass species from habitats of different nutrient availability. *Oecologia* 115, 351-358.
- GARNIER, E., 1992: Growth analysis of congeneric annual and perennial grass species. *J. Ecol.* 80, 665-675.
- GRACE, 1990: On the relationship between plant traits and competitive ability. In: J.B. Grace and D. Tilman (eds.), *Perspectives on plant competition*, Academic Press, London.
- GRIME, J.P., 1979: *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons, Chichester.
- GRIME, J.P. and HUNT, 1975: Relative growth rate: its range and adaptive significance in a local flora. *J. Ecol.* 63, 393-422.
- LAMBERS, and H. POORTER, 1992: Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. *Adv. Ecol. Res.* 23, 187-261.
- POORTER, and C. REMKES, 1990: Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia* 83, 553-559.
- POORTER, H., C. REMKES and H. LAMBERS, 1990: Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. *Plant Physiol.* 94, 621-627.
- TILMAN, G.D., 1988: *Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities*. Princeton Monographs, Princeton, NJ.
- VAN ARENDONCK, J.J.C.M. and POORTER, 1994: The chemical composition and anatomical structure of leaves of grass species differing in relative growth rate. *Plant, Cell and Env.* 17, 963-970.
- VAZQUEZ DE ALDANA, B.R., R.H.E.M. GEERTS and F. BERENDSE, 1996: Nitrogen losses from perennial grass species. *Oecologia* 106, 137-143.