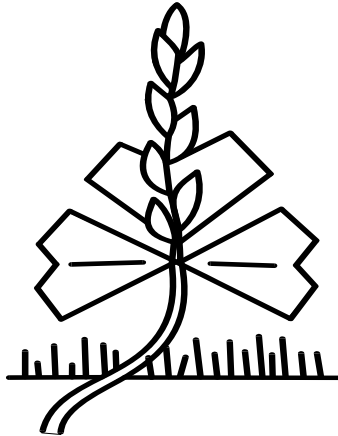


Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau  
in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.



## 49. Jahrestagung

vom 25. bis 27. August 2005  
in Bad Elster

## Referate und Poster

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

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft



**Unredigierte Mitgliederinformationsschrift**

**Beiträge in ausschließlich wissenschaftlicher  
Verantwortung der jeweiligen Autoren**

**Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft  
Grünland und Futterbau  
Band 7, 2005**

---

**Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden  
Internet: [WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE/LFL](http://WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE/LFL)

**Redaktion:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Fachbereich Tierische Erzeugung  
Referat Grünland, Feldfutterbau  
Sandra Fischer, Dr. Gerhard Riehl  
Christgrün 13, 08543 Pöhl  
Telefon: ++49 37439/742-26, Fax: ++49 37439/742-20  
e-mail: [Sandra.Fischer@fb64.lfl.smul.sachsen.de](mailto:Sandra.Fischer@fb64.lfl.smul.sachsen.de)

**Redaktionsschluss:** Juli 2005

**Druck:** Druckerei Simon GmbH, 08525 Plauen/Vogtl.

**Auflage:** 120 Exemplare

**ISBN 3-00-016913-X**



Wir danken folgenden Firmen für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Jahrestagung:



Kelterei Göltzschtal Mylau e.G





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

## 49. Jahrestagung

vom 25. bis 27. August 2005  
in Bad Elster

### Referate und Poster

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

Vorsitzender: Prof. Dr. Johannes Isselstein





# Vorwort

---

Auf Einladung der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft findet die 49. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau vom 25. - 27. August 2005 in Bad Elster, gelegen im Dreieck zwischen Böhmen, Bayern und Sachsen, statt.

Die Jahrestagung bietet eine ausgezeichnete Plattform zum Austausch neuester wissenschaftlicher Ergebnisse zwischen den Vertretern der zahlreichen teilnehmenden Institutionen. Es werden 13 Vorträge und 54 Posterbeiträge zu den Themenbereichen extensive Weidewirtschaft, Futterbau, Futterqualität, Futterkonservierung und Natur- und Umweltschutz vorgestellt und diskutiert.

Die diesjährige Tagung hat das Schwerpunktthema "Extensive Weidewirtschaft". Zwei Einführungsvorträge zeigen die Möglichkeiten und Grenzen extensiver Weidewirtschaft mit landwirtschaftlichen Nutztieren auf und stellen die großflächige Nutztierbeweidung als eine naturfördernde Entwicklungsalternative für periphere Räume vor. Diese Thematik ist für Praxis und Forschung gleichermaßen relevant. Durch die Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung und dem beschleunigten Strukturwandel werden einerseits immer weniger Grünlandflächen als Futtergrundlage benötigt. Andererseits ist aus Gründen des Ressourcenschutzes und der Biodiversität die Aufrechterhaltung einer vielfältigen Grünlandnutzung sehr wichtig. Es ergibt sich also eine Vielzahl von Fragen zur künftigen Grünlandnutzung, die sowohl ökologischen als auch ökonomischen Anforderungen genügen muss. Die extensive Weidewirtschaft soll dabei eine wichtige Rolle spielen.

Von den 907.846 ha landwirtschaftlich genutzter Fläche im Freistaat Sachsen werden 20 % als Grünland, davon 11,7 % als Mähweiden, 2,4 % als Dauerweiden und 5,5 % als Dauerwiesen genutzt. Daher ist das Tagungsthema auch für die Grünlandwirtschaft in Sachsen sehr aktuell.

Die Exkursionen, die am Freitag nach Tschechien ins Böhmisches Vogtland und am Samstag ins Sächsische Vogtland führen, bieten dem interessierten Teilnehmer einen guten Überblick über verschiedenste Formen der extensiven Weidewirtschaft mit Mutterkühen und die aktuellen Probleme bei der Grünlandnutzung.

Allen Beteiligten an den Vorbereitungen und der Durchführung der Jahrestagung aus Tschechien und Sachsen möchten wir an dieser Stelle herzlich danken.

Dr. Hartmut Schwarze  
Präsident der  
Sächsischen Landesanstalt  
für Landwirtschaft

Prof. Dr. Johannes Isselstein  
Leiter der Arbeitsgemeinschaft  
Grünland und Futterbau



# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	1
Möglichkeiten und Grenzen der extensiven Weidewirtschaft mit landwirtschaftlichen Nutztieren M. Golze, J. Stefler .....	6
 <b><u>Workshop Extensive Weidewirtschaft</u></b>	
Analyse zur botanischen Diversität verschiedener Narben bei ganzjähriger Außenhaltung K. Elsebach, W. Opitz von Boberfeld .....	14
Was kann extensive Weidewirtschaft für den Arten- und Biotopschutz auf Grünland beitragen? H. Hochberg .....	18
Spatial and temporal dimensions of plant species diversity on cattle grazed pasture M. Hofmann, N. Sahin, J. Isselstein .....	22
Einfluss des Weidefutterangebotes auf die Futterselektion von Mutterkühen auf einer Mähstandweide J. Kremer, J. Gebel, A. Milimonka, H. Giebelhausen, K. Richter .....	26
Kreislauf und Nutzungseffizienz der Nährstoffe im Mutterkuhbetrieb A. Lellmann, J. Schellberg, W. Kühbauch .....	30
Untersuchung der selektiven Futterraufnahme von Ochsen und Färsen auf extensiv bewirtschafteten Umtriebsweiden U. Mitsch, S. Schäfer, H. Swalve .....	35
Mutterkuhhaltung unter Auflagen im Naturschutzgebiet „Untere Havel Nord“, Land Brandenburg R. Priebe, I. Baeck, U. Behrendt .....	39
Umsetzung der KULAP-Maßnahme „Extensive Weide“ in Sachsen G. Riehl, M. Wagner .....	43
Graseverhalten und Selektivität weidender Ochsen auf extensiver Standweide K. Röver, N. Sahin, M. Hofmann, J. Isselstein .....	49
Zum Einfluss der Winterbeweidung auf bodenphysikalische Merkmale G. Schlimbach, W. Opitz von Boberfeld .....	53
 <b><u>Sektion Futterbau</u></b>	
Schätzung des Ertrags und der Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen mittels der Feldspektroskopie - Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches S. Biewer, S. Erasmi, T. Fricke, M. Kappas, M. Wachendorf .....	57
Vegetation und chemische Zusammensetzung der Pflanzendecke des extensiv genutzten Grünlandes in Polen H. Czyż, T. Kitczak M. Trzaskoś, M. Bury .....	61
Einfluss der Blattentwicklung bei Silomaisorten der Reifegruppen früh und mittelfrüh auf Trockenmasseertrag und Futterqualität P. N. Edoka, K. Schmalzer, K. Richter .....	65

Chancen der Ampfererkennung mittels digitaler Bildverarbeitung S. Gebhardt, W. Kühbauch .....	69
Quantitative Untersuchung des Einflusses verschiedener Standortfaktoren auf das Vorkommen von Weißklee in einem ökologisch bewirtschafteten Grünlandbestand S. Gottardi, T. Fricke, G. Spatz, M. Wachendorf .....	73
Ertrag und Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen während der Etablierungsphase- Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches M. Himstedt, T. Fricke, M. Wachendorf .....	77
Wirkung von Düngung und Nutzungsfrequenz auf Erträge und Nährstoffgehalte auf Niedermoorgrünland H. Käding, G. Petrich .....	81
Einfluss von Schnitt und Beweidung auf die Ertragsbildung von Futterleguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras J. Kleen, M. Gierus, F. Taube .....	85
RAL-Referenzierte Messung der Rasenfarbe R. Lock, H. Nonn, W. Kühbauch .....	89
Einfluss der Übersaat mit Klee-Grassmischung im Vergleich mit der Stickstoffdüngung auf der Mähweide M. Müller, F. Hrabe, S. Hejduk .....	92
Einfluss der Nutzungshäufigkeit auf Ertragsbildung und Futterqualität von Grasland-Ökosystemen in der Inneren Mongolei A. Schiborra, M. Gierus, F. Taube .....	95
Ergebnisse aus siebenjährigen Phosphor- und Kaliumdüngungsversuchen auf ostdeutschen Grünlandstandorten R. Schuppenies, B. Greiner, F. Hertwig, H. Hochberg, G. Riehl .....	99
Einfluss der Bewirtschaftung auf das Vorkommen von Jakobskreuzkraut ( <i>Senecio jacobaea</i> L.) S. Siegrist-Maag, M. Suter, A. Lüscher .....	103

### **Sektion Futterqualität und Futterkonservierung**

Hoch Zucker Gräser – Eine neue Sortengeneration für höchste Ansprüche an die Futterqualität M. Beimler, F. Eickmeyer .....	107
Veränderungen der Rohproteinfraktion A (NPN) verschiedener Futterpflanzen im Vegetationsverlauf M. Gierus, A. Herrmann, S. Kruse, J. Kleen, F. Taube .....	111
Abbaubarkeit des Rohproteins von Futterleguminosen und Silomais M. Gierus, A. Herrmann, F. Taube .....	115
Erntezeitprognose von Silomais – Validierung und Umsetzung in die Praxis A. Herrmann, A. Kornher, F. Höppner, J. M. Greef, J. Rath, F. Taube .....	119
Einfluss unterschiedlicher Lagertemperaturen auf den Siliiverlauf von Gras- und Kleegrasmischungen aus Herbstaufwüchsen K. Hünting, M. Pries, E. Leisen .....	123

Hoch-Zuckerreiches-Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort - erste Ergebnisse H. Jänicke .....	127
Gute Silagen erzeugen ohne Nitrat im Grünfutter? E. Kaiser, K. Weiß .....	131
Beziehungen zwischen Gerüstsubstanzen und <i>in vitro</i> -Verdaulichkeit organischer Substanz von Winterweidefutter M. Kräling, W. Opitz von Boberfeld .....	135
Wetterbasierte Modellierung der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais S. Kruse, A. Herrmann, A. Kornher, F. Taube .....	138
Genotypbedingte Veränderungen der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais S. Kruse, A. Herrmann, F. Taube .....	142
Vergleichbarkeit der Rohproteinbestimmung nach DUMAS und nach KJELDAHL bei unterschiedlichen Weideaufwüchsen H. Laser .....	146
Steuerung von Ertrag und Qualität bei Klee gras – Zusammenfassung von Versuchen und Erhebungen in Nordrhein-Westfalen 1995 – 2004 E. Leisen .....	150
Dynamik der Futterqualität von Rotklee gras-Gemengen in Abhängigkeit von der Sortenwahl und dem Graspartner C. Meinsen, L. Sterz, L. Dittmann .....	154
Zur Problematik der Futterwertschätzung von Zwischenfrüchten M. Neff, W. Opitz von Boberfeld .....	158
Silierzusätze und Steigerung der Milchleistung: Auswirkungen auf die aerobe Stabilität H. Nußbaum .....	162
Stabilisierung von Total-Misch-Rationen durch Zusätze H. Nußbaum .....	166
Fütterungsversuche zur Bestimmung des Futterwertes von Klee grassilagen mit unterschiedlichem Anteil von Weißklee und Rotklee im Herbstaufwuchs M. Pries, E. Leisen .....	170
Zu den Auswirkungen von Gärkenwerten aus Silierversuchen auf Futterwert und Futteraufnahme K. Rutzmoser .....	174
Zum Einfluss di-/tetraploider <i>Lolium perenne</i> -Sorten sowie mittel-/ großblättriger <i>Trifolium repens</i> - Formen in Mähweide-Mischungen auf den Futterwert M. Sterzenbach .....	178
Totalherbizid-Applikation im Spätherbst und Qualitätsaspekte von Winterweidefutter „auf dem Halm“ M. Sterzenbach, A. Jüngst, W. Opitz von Boberfeld .....	182
Futterwerteigenschaften von Luzerne – ausgewählte Ergebnisse E. Willner, H. Jänicke .....	186

## **Sektion Natur- und Umweltschutz**

N-Austrag nach Gülleapplikation auf dem 20-jährigen Freilandlysimeter Rengen M. Anger .....	190
Ammoniakverluste tierhaltender Betriebe – Vergleich von Modellierung und isotopischem Fingerabdruck K. Auerswald, K. Strotmann, M. Schwertl, B. Reidy, W. Richner, H. Schnyder .....	194
Der Einfluss der Düngung auf Ertrag und Diversitätskennziffern einer zwischenzeitlich 10 Jahre nicht gedüngten Niedermoor- Feuchtwiese U. Bauer, L. Dittmann, R. Bockholt .....	198
Ergebnisse eines 10-jährigen Mulch- und Aushagerungsversuches auf Sandgrünland im Küstenbereich von Mecklenburg – Vorpommern (Feinsandgley) R. Bockholt, I. Bockholt .....	202
Charakteristik der von Salzwasser beeinflussten Weideflächen an der Ostseeküste Polens H. Czyż, M. Trzaskoś, M. Bury, T. Kitczak .....	206
Versuchsergebnisse zur Auswirkung zunehmender mechanischer Belastung im Intensivgrünland M. Diepolder, R. Schröpel, R. Brandhuber, J. Bauchhenß, B. Jakob .....	210
Umsetzung der FFH-Richtlinie mit der Landwirtschaft - Erfahrungen aus der Managementplanung in Sachsen C. Franke, G. Riehl .....	214
KULAP 2000 – Arten- und Biotopschutz H. Hochberg .....	218
Der Zusammenhang zwischen floristischer Bodenfeuchteindikation von Grünlandstandorten und mittleren monatlichen Grundwasserflurabständen T. Kaiser, L. Müller .....	221
Verläufe der Gehalte verschiedener N-Fraktionen nach dem Umbruch von Grünland auf Sandböden M. Kayser, J. Müller, K. Seidel .....	225
Nutzungsalternativen für spät geschnittene Grünlandaufwüchse in sächsischen Vorgebirgslagen S. Kiesevalter, G. Riehl, E. Albert, C. Röhrich .....	229
The relative importance of management and the environment on plant species richness in managed grasslands S. Klimek, A. Richter gen. Kemmermann .....	234
Isotopic Signatures of Different Ecosystem Compartments in the Steppe of Inner Mongolia Subject to Altitude T. Männel, K. Auerswald, H. Schnyder, C.H. Bai, Y.F. Bai .....	238
Ertrags- und Qualitätsentwicklung unterschiedlicher Ansaatmischungen zur Restitution von Feuchtgrünland auf einem Niedermoorstandort J. Müller, M. Kayser, J. Isselstein .....	242
Methodische Aspekte zur Quantifizierung der N-Düngerausnutzung aus Gülle auf Dauergrünland D. Nannen, K. Dittert, F. Taube .....	246

Conceptual design and results of an outcome-based payment scheme for ecological services of agriculture A. Richter gen. Kemmermann, S. Klimek, E. Bertke, J. Isselstein .....	250
Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf die Schutzfunktion der Deichanlagen in Sachsen G. Riehl, C. Schönemann .....	254
Untersuchungen zur Pflanzenartenvielfalt auf extensiver Standweide mit Fleischrindern N. Sahin, M. Hofmann, K. Röver, J. Isselstein .....	259
Humus dynamics in a grazed ecosystem - revealed by <sup>15</sup> N signatures in cattle hair M. Schwertl, K. Auerwald, R. Schäufele, H. Schnyder .....	263
Ein Bewertungsindex zur Bestandescharakterisierung in intensiv genutzten Grünlandvegetationen - Vorstellung eines DBU-Projektes zur Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren für spezialisierte Milchvieh-Futterbaubetriebe -Erste Ergebnisse- K. Treyse, F. Taube .....	267

# Möglichkeiten und Grenzen der extensiven Weidewirtschaft mit landwirtschaftlichen Nutztieren

M. Golze<sup>1</sup>, J. Stefler<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

<sup>2</sup>Agrarwissenschaftliche Fakultät der Universität Kaposvar/Ungarn

## Einführung

In dem Diskussionsbeitrag sollen langjährige Ergebnisse der Zusammenarbeit ehemals der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig und seit Herbst 1992 in Fortführung der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft mit der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Kaposvar/Ungarn auf dem Gebiet der extensiven Weidenutzung vorgestellt werden. Die Zusammenarbeit vollendet in den nächsten Jahren das dritte Jahrzehnt.

Wurden anfangs verstärkt Grundlagen der Färsenvornutzung und Mutterkuhhaltung und das Management dieser Verfahren für die zusätzliche Erzeugung von Kälbern und zusätzliche Rindfleischerzeugung auf der Weide erarbeitet, so hat sich die Palette der Verfahren und der Tierarten weiter entwickelt. Heute stehen neben den Rindern mit verschiedenen Haltungsformen und Nutzungsrichtungen die Schafe, Ziegen, Fleischpferde, das Wild aber auch die kombinierte Weide verschiedener Tierarten und selbst die Gänse in der Bewirtschaftung.

In beiden Einrichtungen wurde die extensive Grünlandnutzung betrachtet - dabei aus zwei verschiedenen Herangehensweisen. Unter Federführung oder Bearbeitung von sächsischer Seite (Dr. Golze) wurde je nach Auflage der einzelnen Programme sowie der Wüchsigkeit der Standorte die Besatzstärke den Flächen angepasst und das Management gestaltet, um unter diesen Bedingungen den möglichen Ertrag je Produktionseinheit oder Fläche zu realisieren.

Aus ungarischer Seite (Prof. Stefler) wurde an die Fragestellung der extensiven Weide aus einem anderen Blickwinkel herangegangen, in dem die Tierhaltungsfähigkeit von extensiver Weide bzw. die Verwertbarkeit der Flächen durch die verschiedenen Tierarten betrachtet werden.

Die Autoren sind sich darüber einig, dass beide Ausgangspositionen und Wege Vorteile haben. In der ersten Variante werden die Flächen so genutzt, dass ein brauchbares Ergebnis versucht wird, eine tierische Leistung zu erzielen.

In der ungarischen Fragestellung stehen die Flächenverwertung und die Nutzung des Grünlands durch die Tiere an vorderer Stelle, unabhängig davon, wie hoch die tierische Leistung im Einzelnen auf den Hektar bezogen oder auf das Tier bezogen ausfällt.

Beide Betrachtungsweisen haben aus Sicht der Autoren Vor- und Nachteile und beide Betrachtungsweisen können für bestimmte Betriebe und bestimmte Flächenausstattung der Betriebe von Nutzen sein. Auf der einen Seite kann es aufgrund der Vermarktung der Produkte, des Arbeitsaufwandes und vieler anderen Faktoren günstig sein, trotz aller Extensivierung das mögliche Ergebnis unter Beachtung aller Auflagen zu erzielen. Andererseits erscheint uns gegenwärtig bei einer Verlagerung der Prämien von Tieren auf die Fläche und unter der Tatsache, dass die Tierbestände absolut nicht mehr ausreichen, das Grünland extensiv zu nutzen und zu bearbeiten, angezeigt, dass es Vorteile hat, je mehr Fläche von den Tieren genutzt werden kann. Auch aus der Sicht der Kosten, die die Grünlandnutzung, Pflege und Erhaltung ansonsten mit sich bringen, kann diese Form bevorzugt werden.

## 1. Teil (M. Golze)

Vom Autor war das Rind mit einerseits verschiedenster Kategorien und Altersklassen sowie Weide- und Mastverfahren als vordergründige Tierart in die Untersuchungen gewählt. Darüber hinaus wurden die Weideverfahren unterschiedlicher Intensität von Portions- über Umtriebs- auf Koppelweide bis hin zur Standweide in die Bewirtschaftung



tung des Grünlands integriert. Einen besonderen neuen Stellenwert nimmt dabei die extensive Grünlandnutzung in Form der Mähstandweide ein.

Da nicht jede Fläche aufgrund der Lage, der Größenordnung und der Verteilung in dieser Form nutzbar ist, wurde vom Verfasser auch immer wieder in Bezug zur extensiven Grünlandnutzung die kombinierte Weide angewendet.

Vergleichende Untersuchungen gleicher oder angepasster Standorte durch Mutterkuhhaltung, Schlachtfohlenerzeugung, Lämmererzeugung sowie Gatterwildhaltung wurden durchgeführt und die Grünlandnutzung mit Gänsen, vom Autor als typisches und passioniertes Weidetier genutzt, fanden Verwendung.

Die Milchkuhweide und Kälberweide sind in Deutschland nahezu Geschichte. Die Färsenaufzucht schließt sich dem schon an. Ob dies richtig ist, wird diese Tagung eventuell die richtige Antwort geben. So bleiben die Mastverfahren männlicher und weiblicher Rinder unter Einbeziehung der Weide übrig. Wobei die Bullenmast auf der Weide, Ochsenmast auf der Weide, Färsenmast als Mastverfahren und Verfahren der weiblichen Rinder in Form der Färsenvornutzung, Ammenkuhhaltung und Mutterkuhhaltung mit reproduktiver Leistung jetzt genannt werden sollen.

In der Aufzählung bzw. Rangfolge der Mastverfahren männlicher und weiblicher Rinder sind Anforderungen an Aufwuchs und Ertrag der Weide bereits gekennzeichnet. Die Mutterkuhhaltung stellt im Prinzip die Möglichkeit dar, Grünland sehr extensiv zu nutzen. Betrachten wir hier noch die breite Palette der Rassen, die von den robusten Highlands und Galloway's als absoluten Landschaftspflegern über mittelintensive bis zu den intensiven Rassen geht und somit wiederum Möglichkeiten in der Landschaftspflege sowie Grünlandnutzung auf den verschiedensten Standorten bietet.

Je extensiver die Weideverfahren im Rahmen der Mutterkuhhaltung angewendet werden, umso geringer ist die dem Standort angepasste mögliche Besatzstärke, umso geringer ist der Zuwachs je Hektar und Jahr.

Versuche bereits aus den 80iger Jahren von GOLZE und SCHWARK (1991) zeigten bei einem Vergleich unterschiedlicher Beweidungsintensität auf einheitlichem Standort Gruppen von 30 bzw. 33 Mutterkühen mit Nachzucht von Portionsweide 370 kg Lebendmasseproduktion pro Hektar bis zur Koppelweide 166,3 kg. In gleicher Tendenz verhält sich die Lebendmasseproduktion je dt Trockenmasseproduktion (Tabelle 1).

Die Zunahmen je Großvieheinheiten und Tag konnten aufgrund der extensiveren Beweidung und größeren Selektionsmöglichkeiten in den Versuchen, die hier über zwei Jahre durchgeführt wurden, steigen.

Ein Standweideversuch im Rahmen eines „Naturdenkmals“, über zehn Jahre verlaufend, führte dazu, dass die Besatzstärke je Hektar von 1,4 GV auf 0,5 GV reduziert werden musste, um die Tiere in brauchbarer Kondition zu halten. Die Leistung der Fläche reduzierte sich von 240 kg Zuwachs auf 88 kg je Hektar.

Mit Mutterkühen kann sehr gut extensiv das Grünland genutzt werden. Wenn dennoch brauchbare Ergebnisse erzielt werden sollen, ist ein intensives Management erforderlich. Das Wirtschaften und Bewirtschaften verlangt mehr Aufmerksamkeit und Erfahrung.

Versuche mit Tieren scheitern aus Sicht des Autors oft an der Tatsache, dass der Zeitfond für Weide- und Grünlandversuche zu kurz ist. Ein Versuch über zehn Jahre auf drei Mittelgebirgslagen (Erzgebirge, Vogtland, Thüringer Wald) zeigten, dass in diesen zehn Jahren durch angepassten GV-Besatz und ordnungsgemäßer Umtriebsweide die Weideleistung der Fläche von Jahr zu Jahr leicht anstieg. Erfreulicherweise konnte einer dieser Standorte bis 2004, das heißt 22 Jahre, weiter verfolgt werden. Wurde in den ersten 5 bis 10 Jahren eine leichte Steigerung der Leistung bei den Mutterkühen mit Nachzucht festgestellt und manifestierte sich in den nächsten zehn Jahren etwa die Leistung mit üblichen Schwankungen in den Jahren, so gibt es in den letzten fünf Jahren schrittweise einen allmählichen Rückgang.

Diese extensive Nutzung der Flächen mit zunehmend weniger Düngung und Pflegemaßnahmen führte dazu, dass anfangs aufgrund großer Flächenzuteilung die individu-

elle Leistung hoch war, ja sogar die Fläche durch die Weidenutzung wieder verbessert werden konnte. Danach trat eine Stagnation ein und heute ist ein großer Anteil wenig wertvoller Gräser vorhanden oder haben unerwünschte Gräser die Überhand bekommen und die Leistungsfähigkeit der Fläche nachgelassen. Demzufolge muss die Besatzstärke sehr gering gewählt werden und insgesamt die Erzeugungsleistung abnehmen.

Daraus ableitend ist noch einmal festzustellen, dass in Abhängigkeit vom Standort die betrieblichen Voraussetzungen der Flurlage, den Boden- und Wasserverhältnissen und dem Viehbesatz das günstigste Weideverfahren auszuwählen ist. Ein Verfahren, welches für Sachsen sehr interessant ist und darüber hinaus als wettbewerbsfähiges Weideverfahren je nach Flächenausstattung und Viehbesatz des Betriebes angesehen werden kann, stellt die Mähstandweide dar.

Über dieses Weideverfahren kann die Anpassung der Besatzstärke an den Wachstumsverlauf durch die Abgrenzung der zu beweidenden Flächen hervorragend erfolgen. Der ausgewählte Bereich wird zur Gewinnung der Winterweide zunächst gemäht. Mit abnehmender Zuwachsleistung wird die Fläche nach dem Schnitt vergrößert, dass schließlich die gesamte Fläche beweidet wird. Dieses erfordert natürlich vom Land- und Weidewirt eine gute standortabhängige Vorausschau des Wachstumsverlaufes. Es sind jedenfalls Ergebnisse vorhanden, die unter Leitung von Dr. Olschewski bereits in den 90iger Jahren mit Mutterkuhherden bei ganzjähriger stallloser Haltung durchgeführt wurden und bereits heute über 8 Jahre auf dem Standort in Christgrün, unter Leitung von Dr. Riehl, mit Mastochsen und Mastfärsen sowie jetzt Reproduktionsfärsen durchgeführt werden, die überzeugende Ergebnisse der extensiven Weidenutzung mit hervorragender Leistung der Tiere zeigen.

Mutterkühe mit Kalb erlangten unter extensiven Bedingungen der Jahre 1994 bis 1996 jährlich je Hektar 355 kg Zuwachs. Auch die Mastverfahren mit Ochsen und Färsen in den vergangenen Jahren zeigten selbst ohne Düngung und Zufutter tägliche Zunahmen der Tiere von über 1.000 g auf der Weide.

Neben vielen Vorteilen der hohen Wirtschaftlichkeit durch geringen Arbeitskräftebedarf und großflächige Bearbeitungsmöglichkeiten, geringer Kosten für Zäune, Tränken und Triftwege, eine dichte Narbe durch ständige Beweidung bei geringer Besatzdichte und ruhiges Tierverhalten in der Herde mit hoher individueller Leistung müssen natürlich so wie bei jedem Verfahren Nachteile genannt werden.

Diese bestehen darin: Es sind unbedingt erforderliche arrondierte Lagen der Flächen notwendig. Die Gefahr der Futterknappheit auf austrocknungsgefährdeten Flächen ist nicht von der Hand zu weisen. Höhere Ansprüche an die Tier- und Weidehygiene sind auf jeden Fall zu beachten.

Als Vorteil der extensiven Mähstandweide muss jedoch erwähnt werden, dass dieses Verfahren durch eine ökologische und landschaftspflegerische Leistung im Rahmen des Programms Umweltgerechte Landwirtschaft (KULAP) förderfähig ist.

Ein Problem, welches zu beachten ist, ist, dass das absolute Grünland ein ganzer Teil der passionierten Weideflächen, Standorte oder Teile enthält, die schlecht oder nicht gemäht werden können und diese scheiden damit aus bzw. es ist nicht möglich, eine Rotation der Mähfläche jährlich vorzunehmen. Aus diesem Grund wurden besonders auf Standorten, die wenig Möglichkeiten des Mähens bieten, vergleichende Untersuchungen der Mutterkuhhaltung, Lämmererzeugung, Fohlenfleischerzeugung und Gatterwildhaltung untersucht.

Bei diesen Untersuchungen wurde sowohl die Gewichtsentwicklung aller Tiere besonders der Jungtiere sowie die Schlachtleistung bei Stufenschlachtung mit 3 bis 4, 5 bis 6, 8 bis 9 und 15 Monaten durchgeführt. Neben den Wachstumsleistungen, der Schlachtleistung wurden auch der Schlachtkörperwert sowie die Fleischqualität der extensiv erzeugten Tiere aus Sicht der Vermarktung in die Betrachtungen einbezogen. Je nach Wüchsigkeit des Standortes erfolgte darüber hinaus eine Ermittlung der Flächenleistung durch die einzelnen Nutzungsverfahren.

Wenn auch mit intensiveren Standorten bei allen Tierarten die Leistung entsprechend der angepassten Besatzstärke anstieg, konnte doch ein größeres Auseinanderdriften zwischen den Tierarten festgestellt werden. Dabei schnitt sowohl die Gatterwildhaltung als auch die Mutterkuhhaltung in allen Identitätsstufen nahezu am Besten ab.

Es muss vor einem Gremium dieser Spezialisten nicht Erwähnung finden, dass alle Tierarten, die für die extensive Grünlandnutzung geeignet sind, neben besonders positiven Effekten auf das Grünland oder zur Weidenutzung auch weniger positive Effekte aufweisen.

Für Standorte, die nicht mechanisierbar sind, stehen aus Sicht des Autors deswegen kombinierte Weideformen gerade in der extensiven Grünlandnutzung zur Diskussion und sollten mehr Anwendung finden. So zeigten kombinierte Weideversuche mit Mutterkühen und Mutterstuten mit Kälbern bzw. Fohlen auch über mehrere Jahre Vorteile bezüglich der Wachstumsleistung auf den gleichen Standort.

Es konnten bei kombinierter Weide Überlegenheit der Jungtiere in der Summe von 30 bis 50 g und des Zuwachses von 8 bis 10 kg ermittelt werden. Die Vorteile neben den höheren Zuwachseleistungen auf gleicher Fläche sind allgemein bekannt und bestehen aus wenigem Weiderest, weniger Notwendigkeit von Nachmähen und neben anderen eine positive Entwicklung bezüglich des Parasitendruckes (Tabelle 2).

Um diese Kurzfassung zu beenden, soll auf die Nutzung des Grünlandes mit Gänsen Bezug genommen werden.

Die Spätgänsemast zur Festtagsversorgung am Jahresende ist in vielen Teilen Deutschlands ein traditionelles Verfahren. Die Produktion hebt sich von der Massenproduktion ab. Die Tiere werden drei bis fünf Wochen aufgezogen, erleben dann etwa eine zehn- bis vierzehnwöchige Weidemast, bevor sie zur Endmast aufgestallt werden. Diese Langzeitmast fördert, um die Futterkosten zu senken, die Nutzung des Grünlandes. Andererseits ist es traditionell und ist es für den klassischen Schlachtkörper der Spätmastgänse unerlässlich. Bei einer Besatzstärke von 40 Gänsen bei schlechtesten Grünlanderträgen und gewissen Hutungscharakter bis zu 100 Gänsen bei besseren Weidestandorten ist über 14 Wochen nahezu bei optimaler Weideführung, Umtrieb aller drei bis fünf Tage, und Angebot pro Gans von 500 bis 1.000 g Grünmasse und Tag eine Versorgung der Gänse von 80 bis 90 % mit Futter möglich. Bei richtiger Besatzstärke und Weidemanagement wird auch bei der Gans eine optimale Nutzung und Weidepflege betrieben. Fehler führen hier natürlich bei dem tiefen Verbiss der Tiere zu Grünlandschäden.

Bei der extensiven Grünlandnutzung – gleich, mit welcher Tierart - sinkt in der Regel die Wachstumsleistung, das Alter der Tiere steigt, der Anteil wertvoller Teilstücke ist oftmals etwas geringer und eine Nachmast wird notwendig. So ist die Gans und viele andere Tierarten dafür passioniert, dass bei maximaler Nutzung des Grünlandes ein Schlachtkörper erzielt wird, dessen Sensorik und besonders dessen Fettsäuremuster der modernsten Ernährung entgegen kommt. Der Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren ist höher und ein besonderes positives Verhältnis Omega 6- zu Omega 3-Fettsäuren kann nachgewiesen werden. Dieses kann als Werbung für das Image der Produkte bei der Vermarktung genutzt werden.

Tabelle 1: Tier- und flächenbezogene Weideleistung bei differenzierter Intensität der Weidebewirtschaftung auf Harzstandort <sup>2)</sup> (GOLZE und SCHWARK, 1991)

	<b>Portionsweide</b>	<b>Umtriebsweide</b>	<b>Koppelweide</b>	<b>Tendenz</b>
<b>n<sup>3)</sup></b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	
LM-Produktion pro Hektar (kg) <sup>1)</sup>	370,2	267,1	166,3	▶
LM-Produktion pro dt Trockenmasse (kg)	7,4	5,3	3,3	▶
Zunahme pro GVE und Tag (g)	1.184	1.192	1.530	◀

<sup>1)</sup> auf Grünmasseertrag von 200 dt entsprechen 50 dt TM pro Hektar bezogen

<sup>2)</sup> Standort - Bärenrode/Günthersberge im Harz

- 447 m über NN

- 5 – 6°C im Durchschnitt jährliche Lufttemperatur

<sup>3)</sup> Mutterkühe - F<sub>1</sub>-Fleckvieh mal Schwarzbunt; Ø 550 kg Gewicht

Tabelle 2: Gewichtsentwicklung von Jungtieren verschiedener Tierarten bei der extensiven Grünlandnutzung

<b>Lebendmasse</b>	<b>Fohlen <sup>1)</sup> (Ø kg)</b>	<b>Kälber <sup>2)</sup> (Ø kg)</b>	<b>Lämmer <sup>3)</sup> (Ø kg)</b>	<b>Damwild (Ø kg)</b>
Geburt	35,5	39,8	4,1	4,3
3. - 4. Monat	127,5	163,2	38,0 <sup>4)</sup>	20,8
5. - 6. Monat	185,0	187,9	36,9 <sup>5)</sup>	27,2
8. - 9. Monat	230,8	265,6	44,7 <sup>5)</sup>	25,3
15. Monat	288,2	459,1	64,8 <sup>5)</sup>	38,7
Absetzen	179,2	212,6	36,9 <sup>5)</sup>	-
Absetzalter (Tage)	186,0	210,0	112,0 <sup>5)</sup>	-

<sup>1)</sup> Fohlen Rasse Haflinger

<sup>2)</sup> Kälber Vater Fleckvieh; Mutter F1 (Fleckvieh und Schwarzbunt)

<sup>3)</sup> Lämmer Rasse Merinofleischschaf

<sup>4)</sup> Intensivmast

<sup>5)</sup> Weidemast

- Standort 240 dt/Originalsubstanz pro ha/Jahr (OS 18 % TS)

- Besatz 1,2 GV/ha

## **2. Teil (J. Stefler)**

### **Einführung**

Extensive Weidewirtschaft bedeutet, dass tierische Produkte ohne Nahrungsergänzung erzeugt werden, allein auf dem natürlichen Ertrag des Grünlandes basierend. Der Schwerpunkt liegt auf der Wirtschaftsmethode („low input“) mit dem Ziel, die Aufwendungen zu verringern, auch dann, wenn das mit einem Rückgang der Erträge verbunden ist. Damit sollen höhere Einkommen und sonstige Ziele - z.B. im Umweltschutz – erreicht werden.

Für die extensive Weidewirtschaft kommt im Prinzip jedes Grünland in Frage, aber in der Mehrheit der Fälle werden dafür die Grünflächen minderer Qualität (dünne Bodenschicht, Erosionsgefahr, schlechte Wasserbewirtschaftung, geringes Pflanzenwachstum) in zur Dürre neigenden Regionen verwendet. Extensive Weidewirtschaft wird in der Praxis nur in Betrieben mit Weidetierhaltung angewendet. Die Betriebe mit ausschließlichem Heuvertrieb verfolgen immer eine intensive Nutzung des Grünlandes.

In Ungarn ist die extensive Weidewirtschaft Tradition. Eine intensive Weidewirtschaft unter kontinentalen, zur Dürre neigenden Klimaverhältnissen ist nur mit Bewässerung möglich, was jedoch sowohl technisch als auch ökonomisch außerordentlich begrenzt ist.

Die Rolle der Grünflächen bzw. der Weidetierhaltung hat sich in den vergangenen Jahrzehnten bedeutend verändert. Diese Veränderungen hängen vor allem mit der Umgestaltung der Landwirtschaft in ihrer Gesamtheit zusammen. In den letzten Jahren – und besonders im Vorjahr – beeinflusste auch die Höhe und Art der Subventionen diesen Vorgang. In der Weidetierhaltung fand eine Erweiterung statt. Neben den herkömmlichen Weidetieren (Schafe und Rinder) gehören jetzt auch Fleischpferde, domestiziertes Wild (Rothirsch, Damwild) und Ziegen in diese Kategorie.

Nachfolgend möchte ich eine kurze Übersicht über die Hauptmerkmale der extensiven Weidewirtschaft in Ungarn geben, über die Veränderungstendenzen, deren Umfang und Ursachen.

### **Größe und Nutzungsmethoden des Grünlandes**

Die Grünflächen gingen ab dem II. Weltkrieg bis in die Gegenwart ständig zurück, aber dieser Rückgang stagniert seit einigen Jahren. Hintergrund sind die Bestrebungen für die Maximierung der Ackerflächen, aber diese „Reserven“ sind praktisch erschöpft. Damit sind die Grünflächen in ihrer Ausdehnung mehr oder weniger stabil und machen ca. 12% der Landesfläche gegenüber der landwirtschaftlichen Nutzfläche von 19% aus.

Tabelle 1 zeigt über den zahlenmäßigen Verlauf hinaus die Weidefunktion und damit die Veränderungstendenzen in der Nutzung. Ähnlich wie in den meisten europäischen Ländern tritt neben der Nutzung mit dem Ziel der Produktion immer mehr der Landschafts- und Umweltschutz in den Vordergrund. Dieser Trend – wobei das Grünland ausschließlich für die Tierhaltung verwendet wurde – trifft heute für weniger als die Hälfte des Grünlandes zu.

Der Anteil der geschützten Grünflächen beträgt 20%. Hier ist eine Nutzung zur Tierhaltung nicht oder nur begrenzt möglich.

Der Anteil der ungenutzten Grünflächen nimmt ständig zu und beträgt derzeit 40%. Die Gründe dafür sind sehr unterschiedlich. Die Landwirte geben die Nutzung teilweise wegen der außerordentlich schwachen Qualität und der deshalb wirtschaftlich nicht nutzbaren Flächen auf, teilweise wegen der stark verstreut gelegenen und deshalb zum Weiden ungeeigneten Flächen oder wegen ungünstiger Hügellage.

Die durchschnittliche Qualität des Grünlandes ist aus den Ertragsdaten zu ersehen. Der Ernteertrag – als Heuwert ausgedrückt - erreicht im Durchschnitt keine 1,5 Tonnen pro Hektar.

Das Klima für die Grünflächen ist außerordentlich veränderlich. Die mit 10 °C angegebene durchschnittliche Tagestemperatur sinkt in kühleren Jahren auf 7,9-9,3 Grad ab, während sie in wärmeren Jahren auf fast 12 °C ansteigt. Der durchschnittliche Niederschlag von jährlich 574mm schwankt zwischen 468mm in trockenen Jahren und 831mm in niederschlagsreicheren Jahren, was dem auf Trockenheit eingerichteten Land Schwierigkeiten bereitet. In den vergangenen Jahren – ausgenommen die beiden letzten – war allgemein ein Niederschlagsmangel von 130-230 mm zu beobachten.

### **Hauptmerkmale der Grünlandnutzung für die Tierhaltung**

Für die Haltung als Weidetiere haben wir eine breite Skala an Nutztieren zur Auswahl, wobei es noch innerhalb der jeweiligen Art bestimmte Nutzungsrichtungen, Rassen und Altersgruppen gibt.

Wir gehen davon aus, dass es für jeden Weidetyp eine Tierart gibt, deren biologische Bedürfnisse auf der gegebenen Weide befriedigt werden, ohne dass eine bedeutende Menge an Ergänzungsfutter notwendig wäre.

Die Weideeigenschaften der Nutztiere bzw. ihre Ansprüche an die Weide sind sehr unterschiedlich. Die Bestände mit höherer Leistung innerhalb einer Tierart sind anspruchsvoller, was bedeutet, dass man neben den speziellen Eigenschaften auch noch den Nutzungstyp und die Rassenunterschiede berücksichtigen muss. Das Ziel ist also, bei der Weidenutzung die biologischen, ökologischen und ökonomischen Faktoren miteinander in Einklang zu bringen.

Wie die Erfahrungen aus den Versuchen in dieser Richtung zeigen, gibt es dafür reale Chancen. Allerdings reichen dazu die herkömmlichen Kenntnisse in der Rinder- und Schafzucht nicht mehr aus. Es müssen zahlreiche neue Technologien für die Tierzucht auf Weidebasis entwickelt und angeeignet werden.

Wir brauchen Technologien, die wir auf Grund der natürlichen Bedingungen anwenden können und wobei Produkte entstehen, die auch marktfähig sind.

Es muss also eine differenzierte Tierzuchttechnologie erarbeitet werden, die sich an der Qualität des Grünlandes und seiner Ertragsfähigkeit orientiert und bei der mit noch tragbaren Aufwendungen tierische Produkte erzeugt werden können, die ein sicheres Einkommen bedeuten.

Es muss auch nicht diskutiert werden, dass die auf diese Art und Weise erzeugten Produkte auch den zeitgemäßen Qualitätsansprüchen gerecht werden müssen. Aller Wahrscheinlichkeit nach trifft das vor allem auf die Produkte mit besonderer Qualität, also Markenprodukte zu, im Gegensatz zu den sogenannten Massenprodukten, wie z.B. dem handelsüblichen Schlachtrind.

Ein wichtiger Ausgangspunkt für die Strategie der extensiven Weidewirtschaft ist die erreichbare biologische Leistung in den verschiedenen Tierzuchtzweigen.

In Tabelle 2 stelle ich die zu erreichenden Leistungen unter ungarischen Verhältnissen vor. Für diese Zusammenstellung wurden neben Daten aus eigenen Versuchen auch solche der Tierzuchtorganisationen und in Jahresberichten mitgeteilte Leistungsdaten benutzt.

Die Leistungen vor 1990 und nach 2000 werden getrennt ausgewiesen, und zwar aus Vergleichsgründen, um den Einfluss der veränderten Produktionstechnologien und Betriebsarten auf die Ergebnisse sichtbar zu machen.

Aus der Zusammenstellung geht unserer Ansicht nach hervor, dass die Unterschiede in den Erträgen pro Flächeneinheit bei den verschiedenen Tieren geringer sind als erwartet. Die veränderte Leistung zeigt sich im mütterlichen Lebendgewicht bzw. in der Reproduktionskapazität.

Es ist eine allgemeine Erfahrung, dass durch die Einführung der Flächenförderung die Motivation zur extensiven Bewirtschaftung zunimmt. Die Anzahl der Muttertiere pro Hektar geht deutlich zurück.

Auf der anderen Seite verbessern sich aber die biologischen Leistungen und damit bleibt die Lebendmasse-Produktion insgesamt fast unverändert.

Tabelle 1: Grünlandnutzung in Ungarn

Jahr	Fläche 1.000 ha	Genutzt		Geschützt %	Ungenutzt %
		Fläche %	durchschn. Heu-Ertrag kg/ha		
1935	1615	100	1170	-	-
1990	1148	53	1487	14	33
2000	1051	52	1099	17	31
2003	1061	41*	1404	20	39

\* mit Flächenförderung laut SAPS System

Tabelle 2: Leistungen von verschiedenen Tierarten auf extensiven Weiden in Ungarn

Bezeichnung	Schaf	Fleischrind Kuh < 600 kg	Fleischrind Kuh > 600 kg	Fleischpferd Stute > 600 kg	Damwild	Rothirsch	Jahrgänge
Anzahl der Muttertiere auf 1 ha Weide (Stk.)	3-4	1-1,2	0,8-1	0,7-0,9	3,5-4,5	3-3,5	1980-1990
	2,5-3	0,9-1,1	0,8-0,9	0,7-0,9	3,0-3,2	2-2,5	2000-2003
Anteil der entwöhnten Nachkommen %	90-110	85-90	75-85	70-80	80-90	80-90	1980-1990
	92-115	83-93	72-88	72-83	80-90	82-92	2000-2003
Entwöhnungsgewicht, kg	15-25	160-180	190-220	270-280	35-40	65-70	1980-1990
	18-28	170-185	195-240	270-280	35-40	67-73	2000-2003
auf 1 ha entfallende Lebendmasse-Produktion (kg)	60-90	140-160	170-190	180-200	120-140	140-150	

Quelle: Zusammengefasste Versuchsdaten (Stefler u. Mitarbeiter, Horn P. u. Mitarbeiter), Jahrbücher der Zuchtverbände (2000-2003)

# Analyse zur botanischen Diversität verschiedener Narben bei ganzjähriger Außenhaltung

K. Elsebach, W. Opitz von Boberfeld  
Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen

## Einleitung

Für die Stabilität und Produktivität von Grünland-Ökosystemen spielt eine hohe Biodiversität offenbar eine maßgebliche Rolle (TRACY & SANDERSON 2004), wobei die Effekte der Beweidung auf die floristische Diversität in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben werden. Einige Autoren berichten von Zunahmen der floristischen Diversität durch Beweidung, während andere Abnahmen feststellen, wobei offenbar die Bewirtschaftungsintensität entscheidend für das Ergebnis ist. Allerdings fehlen in der Literatur weitestgehend Angaben zum Einfluss der Winterbeweidung auf die Diversität mitteleuropäischer Weidesysteme. Floristische Erhebungen eines Winterweideversuchs sollen hier erste Antworten zu dieser Thematik liefern.

## Material und Methoden

Grundlage der hier dargestellten Daten waren zwei Beweidungsversuche – angelegt im Frühjahr 2001 als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen – die mit Schafen (= Standort Linden-Forst) und Rindern (= Standort Elkenroth/Westerwald) beweidet wurden. Weitere Faktoren, die beim Versuchsaufbau berücksichtigt wurden, waren zwei Narben (= anstehende Lolio-Cynosuretum-Narbe und eine Festuca arundinacea-Ansaat), drei Beweidungstermine (= Standard Ende September, Ende November und Ende Dezember) sowie zwei Besatzdichten (= mittlere mit 770 kg metabolischer Körpermasse und hohe mit 1.510 kg metabolischer Körpermasse). Zusätzlich wurde eine Hälfte der Versuchspartellen jährlich mit 20 kg Lolium perenne ha<sup>-1</sup> im März nachgesät. Die hier dargestellten Daten zur Zusammensetzung der Narben und zur floristischen Diversität - berechnet anhand des Shannon-Index - stammen von Ertragsanteilschätzungen nach KLAPP & STÄHLIN (KLAPP 1929) vom August 2004. Der Shannon-Index wurde nach folgender Formel berechnet:

Shannon-Index:  $H = - \sum P_i \ln P_i$  ( $P_i$  = Ertragsanteil der Art i 100<sup>-1</sup>)

## Ergebnisse und Diskussion

In Abbildungen 1 - 4 sind die Ertragsanteile der häufigsten Gräser und Kräuter dargestellt, wobei Abbildungen 1 und 2 die Ertragsanteile des Lolio-Cynosuretums der Schafweide bzw. der Rinderweide und Abbildungen 3 und 4 die Ertragsanteile der Festuca arundinacea-Ansaat der Schafweide bzw. der Rinderweide zeigen.

Das Lolio-Cynosuretum der Schaf- und Rinderweide wird dominiert von ausdauernden Gräsern (>70%). Auf der Schafweide sind Lolium perenne und Elymus repens die Hauptbestandbildner, während auf der Rinderweide Agrostis capillaris die höchsten Ertragsanteile erreicht. Bei beiden Weiden erzielen annuelle Grasarten wie Poa annua kaum Ertragsanteile >1%. Die Kräuter – mit einem geschätzten Anteil am Ertrag von 25% (= Schafweide) bzw. 19% (= Rinderweide) – setzen sich vor allem aus typischen Arten des Arrhenatherion zusammen. Trittrassenarten des Polygonion, die zu Problemarten der Winterweide werden könnten, erreichen keine höheren Ertragsanteile.



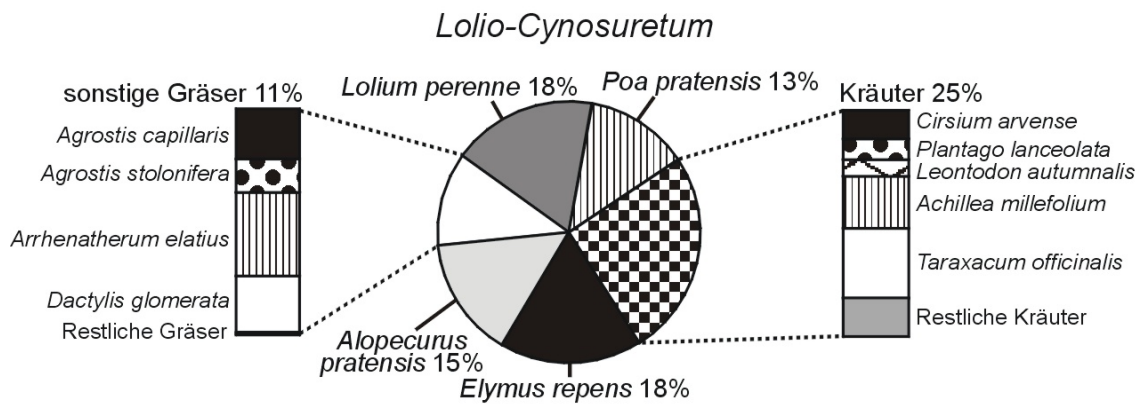


Abb.1: Ertragsanteile der häufigsten Arten des Lolio-Cynosuretums auf der Schafweide

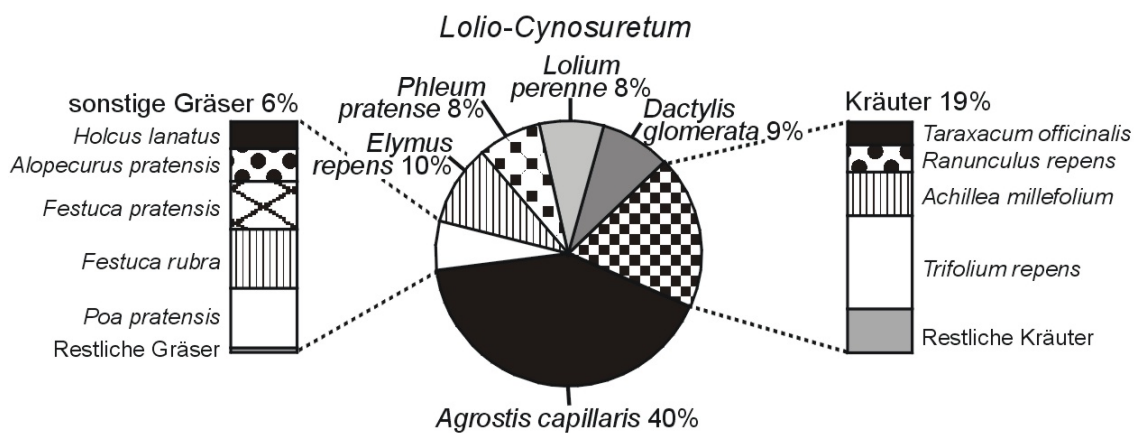


Abb. 2: Ertragsanteile der häufigsten Arten des Lolio-Cynosuretums auf der Rinderweide

Bei der Ansaatvariante dominiert selbst im vierten Jahr nach der Etablierung *Festuca arundinacea*. Wie beim Lolio-Cynosuretum setzt sich auch bei der *Festuca arundinacea*-Ansaat der Anteil der sonstigen Gräser und der Kräuter vor allem aus ubiquitär verbreiteten Arten zusammen. Auch hier erreichen Trittrassenarten, wie *Poa annua*, *Matricaria discoidea* und *Plantago major* selten oder nie Ertragsanteile >1%.

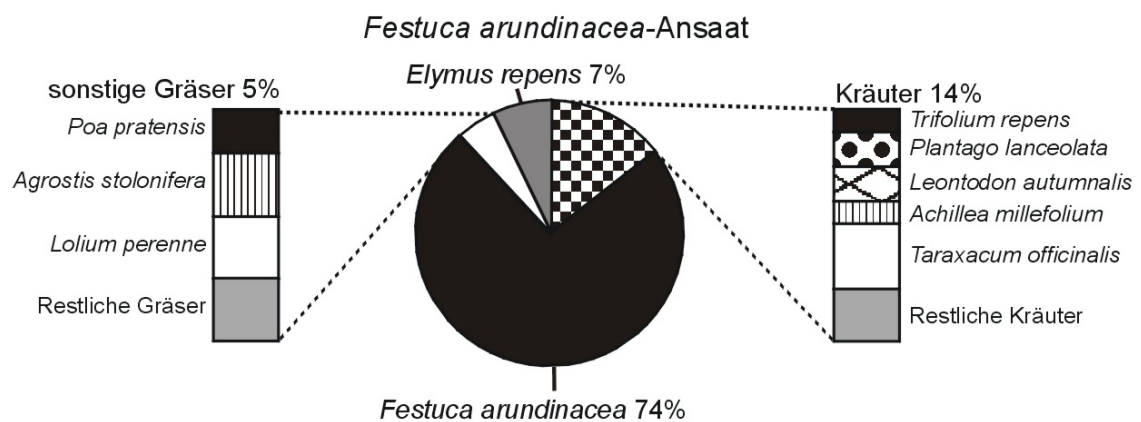


Abb. 3: Ertragsanteile der häufigsten Arten der Festuca arundinacea-Ansaat auf der Schafweide

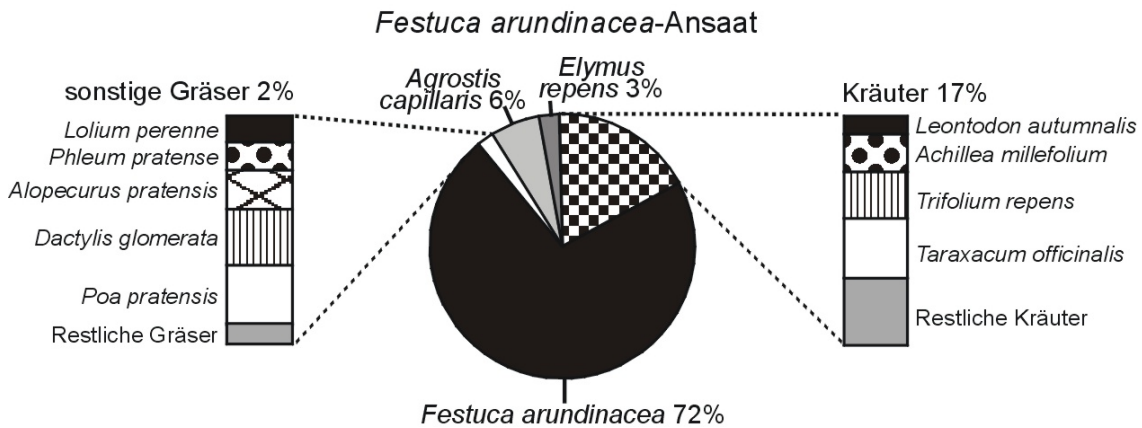


Abb. 4: Ertragsanteile der häufigsten Arten der *Festuca arundinacea*-Ansaat auf der Rinderweide

Abb. 5 zeigt die Shannon-Indizes der Schafweide. Das Lolio-Cynosuretum erreicht erwartungsgemäß signifikant höhere Shannon-Indizes als die *Festuca arundinacea*-Ansaat. Auch der Effekt der Nachsaat mit *Lolium perenne* auf die Höhe der Shannon-Indizes ist signifikant. Beim Lolio-Cynosuretum führt die Nachsaat zu einer Verringerung der Diversität, während sich die Diversität bei der *Festuca arundinacea*-Ansaat durch die Nachsaat erhöht. Diese Wechselwirkung Narbe x Nachsaat wird hervorgerufen durch die Berücksichtigung der Ertragsanteile in der Formel des Shannon-Index.

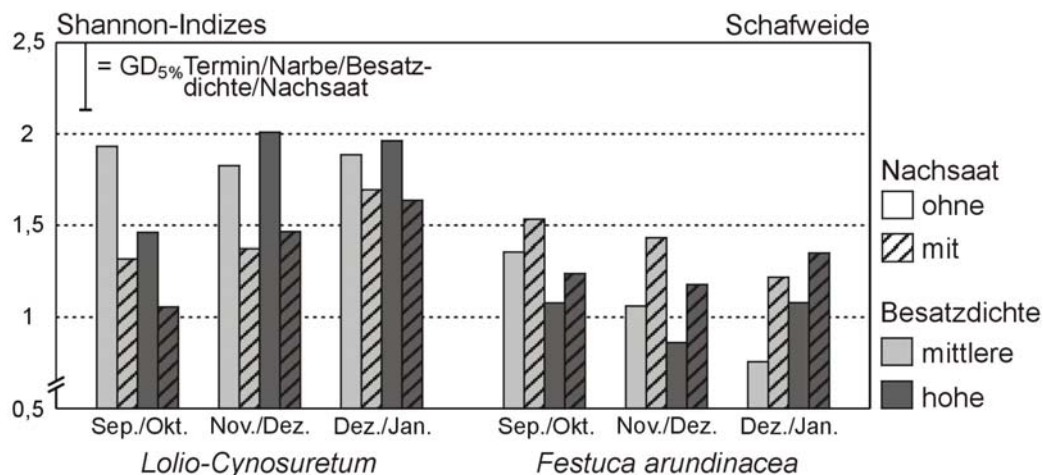


Abb. 5: Shannon-Indizes in Abhängigkeit von Narbe, Termin, Besatzdichte und Nachsaat auf der Schafweide

Auch bei der Rinderweide – Abb. 6 – zeigt sich eine signifikante Wechselwirkung Narbe x Nachsaat. Bei der *Festuca arundinacea*-Ansaat führt die Nachsaat mit *Lolium perenne* wie bei der Schafweide zu einer Erhöhung der Shannon-Indizes, während beim Lolio-Cynosuretum die Nachsaat geringere Shannon-Indizes zur Folge hat. Allerdings ist das Absinken der Shannon-Indizes des Lolio-Cynosuretum durch die Nachsaat bei der Rinderweide weniger stark ausgeprägt als auf der Schafweide, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass der Hauptbestandbildner der Rinderweide *Agrostis capillaris* ist, während auf der Schafweide *Lolium perenne* die ertragsstärkste Art ist.

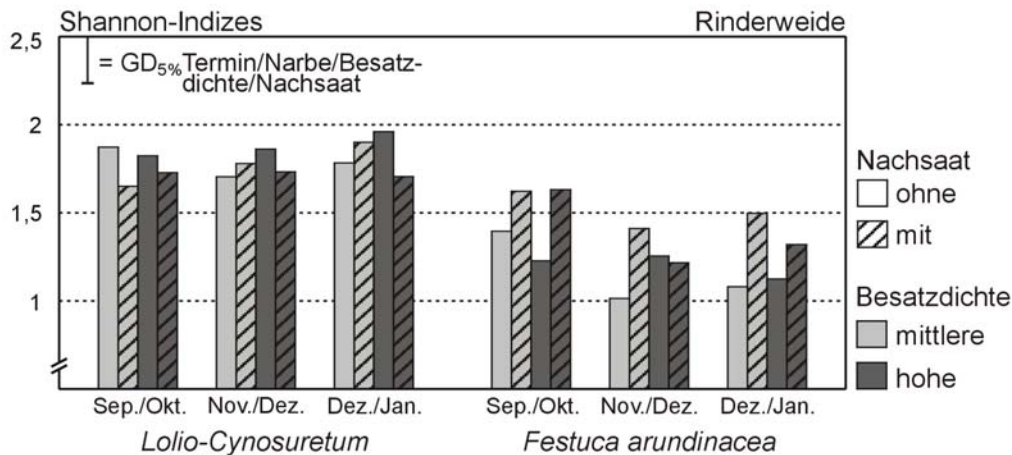


Abb. 6: Shannon-Indizes in Abhängigkeit von Narbe, Termin, Besatzdichte und Nachsaat auf der Rinderweide

Auf Winterweiden kann es infolge zu hoher Besatzdichten zu erheblichen Trittschäden und damit zu Schäden an der Vegetation kommen, die mit hohen Anteilen an offenem Boden einhergehen können. Deshalb ist es wichtig, die Diasporenbank des Standorts zu kennen, um vorherzusagen, welche Arten in diesen offenen Bodenstellen zur Keimung und Etablierung kommen können. Dazu wurden Diasporenuntersuchungen der beiden Weiden im November 2003 durchgeführt. Die Ergebnisse der Samenbanken, die hier aus Platzgründen nicht gezeigt werden können, haben ergeben, dass annuelle Arten und Unkräuter am stärksten an der Zusammensetzung der Diasporenbank beteiligt sind, wobei *Capsella bursa-pastoris* mit Abstand die größte Anzahl keimfähiger Diasporen  $m^{-2}$  liefert. Auch TRACY & SANDERSON (2000) können in Untersuchungen an Diasporenbanken von Weiden nachweisen, dass die Diasporenbank kaum Arten mit höheren Futterwertzahlen enthält, sondern annuelle und ausdauernde Kräuter 63% der keimfähigen Samen ausmachen. In der Praxis bedeutet dies, dass eine Nachsaat mit hochwertigen Futtergräsern unerlässlich ist, sofern bei der Winterbeweidung Trittschäden auftreten.

### Zusammenfassung

Die Zusammensetzung der Narben - sowohl des *Lolio-Cynosuretum* als auch der *Festuca arundinacea*-Ansaat - lassen auf keine negativen Effekte der Beweidung im Winter schließen, da keine Zunahmen von Trittschäden sowie einjähriger Unkräuter nachweisbar sind. Die floristische Diversität - dargestellt anhand der Shannon-Indizes - ist zwar recht niedrig, andererseits werden für *Lolio-Cynosuretum* bzw. Ansaaten selten höhere Shannon-Indizes in der Literatur angegeben. Diasporenbankuntersuchungen haben gezeigt, dass vor allem annuelle Arten und Unkräuter aus der Samenbank nachgeliefert werden. Um einer Narbendegradierung entgegenzuwirken ist deshalb eine Nachsaat mit hochwertigen Futtergräsern unerlässlich, sofern es zu größeren Trittschäden auf Winterweiden kommt.

### Literatur

- KLAPP, E. 1929: Thüringische Rhönhutungen, Wiss. Arch. Landw., Abt. A, Arch. Pflanzenbau 2, 704-786.
- TRACY, B. F. und SANDERSON, M. A., 2000: Seedbank diversity in grazing lands of the Northeast United States. *J. Range Manage.* 53, 114-118.
- TRACY, B. F. und SANDERSON, M. A., 2004: Forage productivity, species evenness and weed invasion in pasture communities. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102, 175-183.

# Was kann extensive Weidewirtschaft für den Arten- und Biotopschutz auf Grünland beitragen?

H. Hochberg

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena

## Einleitung

Thüringen bietet seit 1993 Agrarumweltmaßnahmen in Form des Programms zur Förderung umweltgerechter Landwirtschaft, Erhaltung der Kulturlandschaft, Naturschutz und Landschaftspflege in Thüringen (KULAP) an. Die Maßnahmen der Grünlandextensivierung (Programmteil B) werden auf fast 60 Prozent des Grünlandes umgesetzt. Auf etwa einem weiteren Viertel des Grünlandes finden Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege Anwendung. Mit dieser ungewöhnlich hohen Akzeptanz leistet das KULAP einen entscheidenden Extensivierungsbeitrag in den grünlandreichen Gebieten Thüringens. Gleichzeitig hat sich das KULAP zum Lenkungsinstrument des Naturschutzes und der Landschaftspflege mit der höchsten Flächenrepräsentanz entwickelt.

Die vorherrschende Nutzungsform ist die Weide- bzw. Mähweidewirtschaft. Vom Grünland werden nur noch 20% als Wiesen genutzt. Vor dem Hintergrund des sehr niedrigen Viehbesatzes finden bereits langjährig großflächig, extensive Weidesysteme, vor allem mit Fleischrindern, Anwendung. Aus entsprechenden Begleituntersuchungen sowie zwei landesweiten Evaluierungen des KULAP lassen sich die Wirkungen hinsichtlich Arten- und Biotopschutz ableiten.

## Material und Methode

Aufgrund der sehr hohen Akzeptanz des KULAP ist 1997 ein Netz von Dauerbeobachtungsflächen für ein Monitoring auf Praxisflächen etabliert worden. Das Netz umfasste 1.911 Feldstücke mit einer Gesamtfläche von 11.978 ha und diente einer Repräsentativanalyse für die Evaluierung des KULAP Thüringen (ANONYM, 1999). In der Fortführung dieses Beobachtungsnetzes ist eine Reduzierung der Anzahl Untersuchungsflächen auf 1.039 Feldstücke mit einer Gesamtfläche von 5.704 ha vorgenommen worden (HOCHBERG et al., 2003).

Die Auswahl der Feldstücke und Betriebe erfolgte in den Landwirtschaftsämtern unter angemessener Berücksichtigung der einzelnen Betriebstypen, Wirtschaftsweisen und der gebietsspezifischen Standortverhältnisse. Dadurch entstand ein über den gesamten Freistaat Thüringen repräsentativ verteiltes Netz von Dauerbeobachtungsflächen. Auf den Einzelflächen wurden die Standort- und Bewirtschaftungsdaten erhoben, eine komplette Artenliste für die auf der gesamten Fläche vorherrschende Pflanzengemeinschaft erstellt und der Anteil einer jeden Art an der gesamten oberirdischen Trockenmasse nach KLAPP-STÄHLIN geschätzt. Das Netz erstreckt sich über 310 Betriebe, welche 77.675 ha Grünland bewirtschaften und damit 45% des Thüringer Grünlandes repräsentieren. Die Untersuchungen erfolgten 1997/98, 2000/01 und 2004/05.

Auf der Grundlage der Vegetationsaufnahmen sind im Ergebnis entsprechender pflanzensoziologischer Tabellenarbeit die Vegetationseinheiten bzw. Grünlandgesellschaften ermittelt worden. Die Ausscheidung der einzelnen Pflanzengesellschaften wurde nach dem Kenn-/Trennartenprinzip vorgenommen (DIERSCHKE, 1994). Der Benennung von Grünlandgesellschaften liegen folgende Standardwerke zugrunde (SCHUBERT et al., 1995; POTT, 1992 und OBERDORFER, 1993). Als gebietsspezifische Indikatoren für den Erhaltungszustand der Grünlandvegetation dienten die Pflanzenbestandszusammensetzung mit wertgebenden Grünlandarten, Habitatstruktur (Schichtung und Kräuteranteil) und Beeinträchtigung (Dominanz einzelner Arten und Verunkrautung).

Die Bewertung erfolgt als direkter Flächenvergleich (Übersicht 1). Dabei wird in Abhängigkeit von der zugrunde liegenden KULAP-Maßnahme ermittelt, ob und in welchem Umfang sich die Pflanzenbestände bezüglich der drei Indikatoren im Untersu-

chungszeitraum verändert haben. Die jeweiligen Veränderungen werden indikatorspezifisch bewertet und abschließend zu einem Gesamtwert zusammengefasst.

**Bewertung**  
 direkter Flächenvergleich  
**vorher (1997)                      nachher (2001)**  
**= Nettowirkung**  
 (einer Stichprobe)  
 Differenz der Anzahl Flächen mit Verbesserung  
 minus Anzahl der Flächen mit Verschlechterung

Übersicht 1: Bewertung des Erhaltungszustandes

Auf 180 Dauerbeobachtungsflächen des Landesmonitoringnetzes erfolgte parallel zu den vegetationskundlichen Untersuchungen die Analyse der faunistischen Ausstattung am Beispiel der Artengruppen Heuschrecken und Tagfalter. Die Populationsentwicklung der Wiesenbrüter ist in einer Fallstudie (3 Gebiete, 604 ha) untersucht worden.

**Ergebnisse zum Arten- und Biotopschutz auf Extensivweiden**

*1 Entwicklung des Erhaltungszustandes*

Der Erhaltungszustand des Grünlandes ist in Abhängigkeit von der Wirtschaftsweise sehr unterschiedlich zu beurteilen (Abbildung 1).

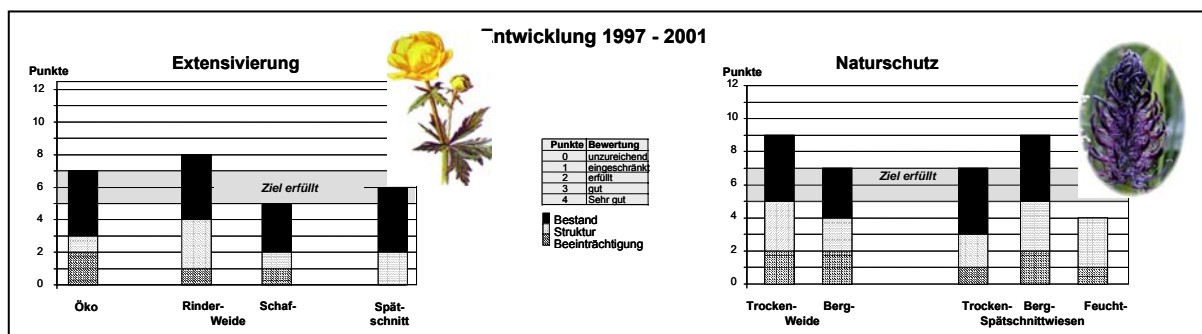


Abb. 1: Veränderungen des Erhaltungszustandes des Grünlandes

Für die extensive Rinderweide, die Schafhut auf Trockenstandorten sowie die Spätschnitt-Bergwiesen ergibt sich jeweils eine gute Zielerfüllung. Eine Verschlechterung des Zustandes ist allerdings auf den Spätschnitt-Feuchtwiesen eingetreten, so dass dieser Maßnahme eine eingeschränkte Erfüllung der Zielvorgabe zu bescheinigen ist. Die Zusammensetzung der Pflanzenbestände hat aus naturschutzfachlicher Sicht mehrheitlich eine deutliche Verbesserung erfahren. Eine Ausnahme bilden nur die Spätschnitt-Feuchtwiesen, die sich in bedenklichem Ausmaß verschlechtert haben. Die sehr gute Ausstattung der Extensivweiden auf Trockenstandorten ist im Wesentlichen erhalten geblieben.

Die Habitatstruktur hat sich auf den extensiven Rinderweiden bemerkenswert verbessert, auf den Spätschnittwiesen ist eine zunehmende Tendenz zu verzeichnen, während sie sich auf den ökologisch bewirtschafteten Wiesen und Weiden sowie auf den von Schafen genutzten Grünlandflächen verschlechtert hat. Die beweideten naturschutzfachlich wertvollen Flächen weisen durchweg eine weitere Verbesserung der Habitatstruktur auf, insbesondere die Trockenstandorte (Schafhutungen). Auch die Spätschnittwiesen weisen mehrheitlich eine beachtliche Verbesserung ihrer Habitatstruktur auf. Eine gegenläufige Tendenz wird auf den Wiesenbrüterflächen deutlich. Die Beeinträchtigung, d.h. die Ausbreitung von Unkräutern und -gräsern sowie das Auftreten von Störungszeigern, hat überwiegend zugenommen und auf den Spätschnittwiesen, insbesondere in Wiesenbrütergebieten ein bedenkliches Ausmaß erreicht. Ei-

ne Verbesserung der Situation deutet sich auf dem ökologisch bewirtschafteten Grünland, den Schafhutungen und den Bergweiden und Bergwiesen an.

### 2 Vorkommen gefährdeter Grünlandpflanzenarten

Aus dem direkten Flächenvergleich geht hervor, dass der bereits 1997/98 vorgefundene hohe Ausstattungsgrad mit Rote-Liste-Arten unabhängig von der Wirtschaftsweise erhalten geblieben ist (Tabelle 1).

Tabelle 1: Flächenanteil des Grünlandes mit Rote-Liste-Arten in Thüringen

Wirtschaftsweise	gesamt n	Flächen mit RLT	
		1997/98 %	2000/01
extensiv	569	5	4
naturschutzorientiert			
• Extensivweiden	178	21	21
• Spätschnittwiesen	98	24	24
• Streuobstwiesen	30	13	13

Auf dem nach KULAP geförderten Extensivgrünland treten insbesondere auf einer überdurchschnittlichen Flächenanzahl der Schafweiden und Wiesen mit Schnittzeitauflage Rote-Liste-Arten auf.

Die Ausstattung des naturschutzorientiert bewirtschafteten Grünlandes ist noch wesentlich besser, als die des Extensivgrünlandes. Mehr als ein Fünftel dieser Flächen beherbergen Rote-Liste-Arten.

Den höchsten Anteil haben die Spätschnitt-Magerwiesen. Zwischen den beweideten und gemähten Grünlandflächen besteht nur ein geringer Unterschied. Diese Ergebnisse bestätigen, dass mit extensiven Weideverfahren und geringen Tierbesatzdichten auch pflanzensoziologisch sehr wertvolle Bestände zielkonform gepflegt werden können. Auch die Streuobstwiesen erreichen vor dem Hintergrund ihrer speziellen Standort- und Wachstumsbedingungen mit 13 % Flächenanteil mit Rote-Liste-Arten ein beachtliches Ergebnis.

Insgesamt treten auf den untersuchten Flächen (Landesmonitoring) 36 gefährdete Grünland-Arten gemäß Rote-Liste-Arten Thüringens 2001 auf. Davon entfällt 1/3 auf die Gefährdungskategorien „vom Aussterben bedroht“ und „stark gefährdet“.

Darüber hinaus sind 14 von nach § 20a, Abs. 5 BNatSchG bzw. § 18 ThürNatG als „besonders geschützt“ eingestufte Arten auf dem Extensivgrünland angesiedelt.

### 3 Heuschrecken, Tagfalter, Wiesenbrüter

Anhand der Monitoringdaten zeichnet sich durchweg eine positive Entwicklungstendenz der Heuschreckenfauna ab (Tabelle 2).

Insgesamt wurden 22 anspruchsvolle Heuschrecken-Arten vorgefunden. Diese konzentrieren sich auf die beweideten Trocken- und Halbtrockenrasen, Bergweiden und Feuchtwiesen. Die beweideten Berg- wie auch Feuchtwiesen sind gegenüber den gemähten Flächen tendenziell besser mit anspruchsvollen Arten ausgestattet.

Besonders arten- und individuenreiche Heuschreckenbestände sind für beweidete Mager- und Trockenstandorten charakteristisch. Hier finden sich auch die meisten anspruchsvollen Arten (auch Rote-Liste-Arten).

Extensive Wirtschaftswesen sind von sehr hoher Bedeutung für die Tagfaltenfauna. Das gilt besonders für die Erhaltung der Lebensräume für anspruchsvolle, gefährdete Habitatspezialisten auf beweideten Xerotherm-Standorten.

Tabelle 2: Bewertung von Heuschrecken- und Schmetterlingszönosen des KULAP-Grünlandes

Wirtschaftsweise	Ausstattung	
	Heuschrecken	Tagfalter
Ökologischer Landbau	mittel	
Rinderweiden	mittel	
Schafweiden	mittel	
Spätschnittwiese	mittel	
Extensivweiden (naturschutzorientiert)		
Trockenstandorte	sehr gut	sehr gut
Bergweiden	gut	sehr gut
Feuchtgrünland	gut	sehr gut
Spätschnittwiesen (naturschutzorientiert)		
Trockenstandorte	mittel	gut
Bergwiesen	gut	sehr gut
Feuchtwiesen	gut	sehr gut

Die Ergebnisse der Fallstudie Wiesenbrütermonitoring zeigen, dass mit Ausnahme der Grauwammer auf den geförderten Flächen eine Zunahme der Brutbestände stattgefunden hat. Die Populationsentwicklung im Zeitraum 2000 bis 2002 weist auf den geförderten Flächen eine Zunahme von 10,9 auf 14,8 Brutpaare je 100 Hektar, dagegen auf den nicht nach KULAP bewirtschafteten Flächen eine Abnahme von 10,1 auf 6,6 Brutpaare je 100 Hektar auf (Summe von 8 Zielarten).

#### Fazit

Extensive Weidewirtschaft mit Rindern bzw. Schafen kann bei entsprechendem Weidemanagement beachtliche Pflegeeffekte haben. Sie fördert die Artenvielfalt und erhält den naturschutzfachlichen Wert der Flächen.

#### Literatur

- ANONYM (1999): Erhaltung der Kulturlandschaft, umweltgerechte Landwirtschaft, Naturschutz und Landschaftspflege - Evaluierung des KULAP in Thüringen. Hrsg.: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Erfurt. 242 S.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Ulmer Verlag. Stuttgart. 683 S.
- HOCHBERG, H., FINKE, C., SCHWABE, M., ZOPF, D. UND MATTHES, I. (2003): Halbzeitbewertung des Entwicklungsplanes für den ländlichen Raum Thüringen 2000-2006. Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Erfurt. 463 S.
- OBERDORFER, E. (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil III: Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften. Gustaf Fischer Verlag. Jena Stuttgart New York. 455 S.
- POTT, R. (1992): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. Ulmer Verlag. Stuttgart. 427 S.
- SCHUBERT, R., HIBIG, W., KLOTZ, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordwestdeutschlands. Fischer Verlag. Jena. 403 S.

# Spatial and temporal dimensions of plant species diversity on cattle grazed pasture

M. Hofmann, N. Sahin, J. Isselstein  
Institute of Agronomy and Plant Breeding, University of Goettingen

## Introduction

Spatial patterns of species diversity change over multiple scales. The pattern observed within a sample quadrat might be very different from those found over broader areas such as paddock, field, landscape or region. The additive partitioning of species diversity is a promising approach for analyzing patterns of diversity sampled from hierarchically scaled studies (GODFRAY and LAWTON 2001). As was shown by LANDE (1996), WHITTAKER'S (1960) term's of  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  diversity can be applied to additive partitions of total species richness or diversity into components. For this, the total species diversity ( $\gamma$ ) found in a collection of samples at any spatial scale can be partitioned into the average number of species that occur within a sample ( $\alpha$ ) and the average number of species absent from a sample ( $\beta$ ; VEECH et al. 2002). Thus,  $\beta$  diversity is a measure of the extent to which the diversity of two or more spatial units differs. Additive partitioning can be applied not only across different scales, but the same approach can also be used to examine changes in diversity over time (GERING et al. 2003, MAGURRAN 2004). By this, diversity partitioning can improve surveys by identifying the primary sources of the total species diversity of a field and target conservation efforts accordingly (VEECH et al. 2002). Only few information is available on which components of botanical diversity in temperate grasslands are changeable by management measures. Yet, this information is crucial for performing successful biodiversity targeted management.

This paper presents the results of an experiment analyzing the effects of different grazing intensities on plant species diversity on different spatial and temporal scales. Specifically, the following questions were asked. (1) How important is the effect of grazing intensity on total species richness and diversity? (2) Is the effect of grazing intensity on species diversity at the patch (quadrat) scale different to the effect of grazing intensity at the paddock scale?

## Material and methods

### Experimental site and treatments

The diversity indices were calculated with data from an experiment described in more detail by SAHIN et al. 2005 (this volume). The experiment was carried out from 2002 – 2004 at Relliehausen (51° 'N, 9°'E), 200 m a.s.l. in Solling Uplands on moderately species rich mesotrophic hill grassland, vegetation type *Lolio-Cynosuretum*. The following two continuous stocking treatments of growing steers were imposed: moderate stocking (MC) with a target compressed sward height of 6 cm and lenient stocking (LC) with a target sward height of 12 cm.

### Sampling method

Vegetation data were sampled in ten random permanent quadrats of 1 m<sup>2</sup> in each paddock of 1 ha. Each treatment was replicated three times in a block design resulting in a total of 30 quadrats of 1 m<sup>2</sup> per treatment. Presence and cover of plant species were recorded in the quadrats three times in the years 2002 to 2004. In this paper, only the recordings of the first observation (May/June) in the years 2002 and 2004 are considered. In some cases, it was difficult to identify plants down to species level. Those were treated as species aggregate. This applies for *Agrostis*, *Cerastium*, *Crepis*, *Geranium*, *Poa*, *Sonchus*, *Veronica* and *Vicia* species. Therefore, the true species number is underestimated.

### Diversity partitioning and measures

A hierarchically nested design to sample data on plant species diversity was used. The following hierarchical levels (corresponding to spatial scales) were represented in this



design: experimental field, treatment, paddock and quadrat. The highest level was represented by the field site. The total observed species diversity at the field site was partitioned into scale-specific diversity components using the additive partitioning approach (LANDE 1996). Within the context of this study,  $\gamma$  is the total plant species diversity. The total diversity is partitioned into the average diversity within sampling unit ( $\alpha$ ) and between sampling unit ( $\beta$ ) so that  $\gamma = \alpha + \beta$ , and  $\beta$  diversity can be estimated by  $\beta = \gamma - \alpha$  (WAGNER et al. 2000). In this study,  $\alpha_1$  represents diversity within quadrats,  $\beta_1$  between quadrats,  $\beta_2$  between paddocks (replications),  $\beta_3$  between treatments. The total diversity at the field site found in the pooled sampling unit of 60 quadrats is  $\gamma_3$ . Thus, the total plant species diversity in this study can be described by the following formula:  $\gamma_3 = \alpha_1 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3$ . Additive partitioning was conducted on two widely used diversity metrics: species richness and the Simpson diversity index. Species richness is defined as the number of species in a sampling unit. The Simpson index of diversity (the Gini coefficient, hereafter referred to as Simpson's diversity) takes into account the number of species present as well as the abundance of each species. It is obtained by  $D = 1 - \sum p^2$ , where  $p$  is the proportional cover of each species in a sampling unit. The value of the diversity index ranges between 0 and 1, and it is conventional to equate high diversity with high evenness (MAGURRAN 2004). Statistical analyses were performed by repeated-measures ANOVA separately for  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$  and  $\beta_2$  components of species richness and diversity, testing the effects of treatment and year.

### Results and discussion

In total, 55 plant species were recorded on the experimental site. The  $\alpha_1$  richness comprised about 11 species at the 1 m<sup>2</sup>-quadrat scale (Fig. 1), and was not affected by treatment or year. At the start of the experiment in 2002, the richness components  $\beta_1$  and  $\beta_2$  had about the same proportion as  $\alpha_1$  in both treatments, but the  $\beta$  components developed differently during the course of the experiment (Fig. 2a). While  $\beta_1$  richness increased slightly in both treatments,  $\beta_2$  richness significantly decreased in the MC treatment and increased in the LC treatment. This temporal divergent development for  $\beta_2$  richness resulted in a significant treatment effect ( $P=0.046$ ). The increased difference in total species richness between MC and LC treatment during the course of the experiment is visualized by the high value of the  $\beta_3$  component in Fig. 2a.

The decrease in  $\beta_2$  richness in the MC treatment was due to the loss of some plant species which had been present only in one of the three paddocks per treatment. Correspondingly, the gain in  $\beta_2$  richness in LC was caused by new emerging species which occurred only in one paddock. Those were mainly annual ruderals and two perennial grassland forbs. These treatment-specific reactions might be caused by different species pools (TEWS et al. 2004) adjacent to the three blocks in combination with different sward structure in the two treatments. While the MC treatment was characterized by a dense sward, the tiller density in the LC treatment was much lower. It can be assumed that the dense sward in MC has restricted the colonization of invading species via diaspores while a more open and in some areas less competitive sward in LC has favoured the establishment of new species. Simpson's diversity had a significantly greater proportion of the total diversity at the quadrat scale ( $\alpha_1$  component) compared to species richness (Fig. 3). The temporal turnover of  $\alpha_1$  and  $\beta_1$  components of Simpson's diversity differed between the two treatments ( $\alpha_1: P=0.153$ ,  $\beta_1: P=0.031$ ) (Fig. 2b). While in MC  $\alpha_1$  strongly and  $\beta_1$  slightly decreased through time, in LC,  $\alpha_1$  only slightly decreased and  $\beta_1$  increased. This resulted in a strong decrease in total Simpson's diversity in MC and a slight increase in LC. The strong decrease in  $\alpha_1$  diversity in MC is caused by the more uneven distribution of cover of the present species in the quadrats in 2004 compared to 2002. During the course of the experiment, the dominance of *Lolium perenne* increased favoured by frequent defoliation and the nitrogen cycling by excrement deposit in the MC treatment. The high competitiveness of *L. perenne* in this

grazing intensity suppressed other subdominant species and levelled out habitat heterogeneity on the paddock scale, thereby decreasing  $\beta_1$  diversity.

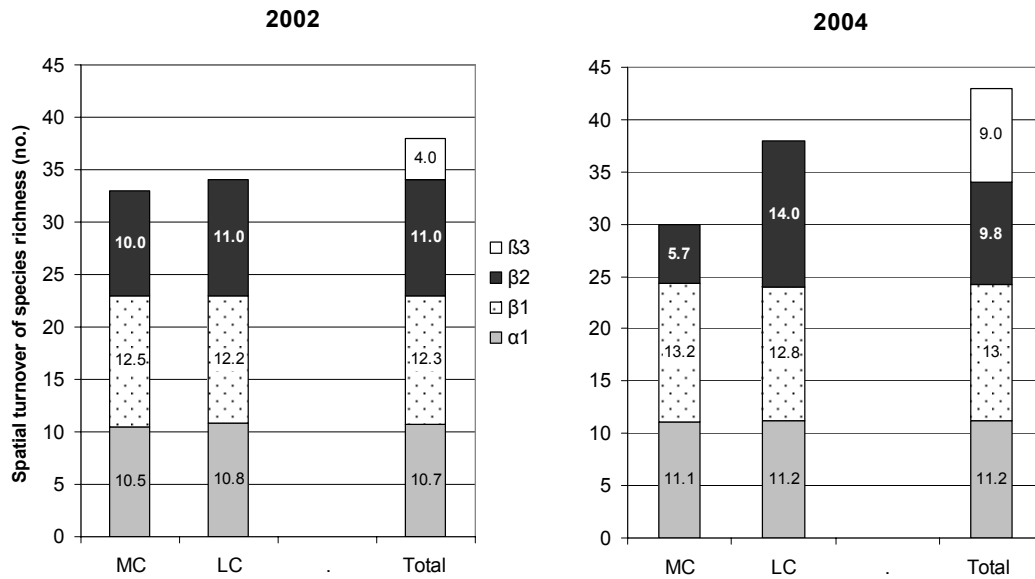


Figure 1. Components of spatial plant species richness in moderate (MC) and lenient (LC) continuous stocking in 2002 and 2004 calculated by the additive partitioning method. Values of total species richness ( $\gamma$ ) at the field site in each year are given by the top line of the bar 'Total',  $\alpha_1$  represents richness within quadrats,  $\beta_1$  between quadrats,  $\beta_2$  between paddocks,  $\beta_3$  between treatments.

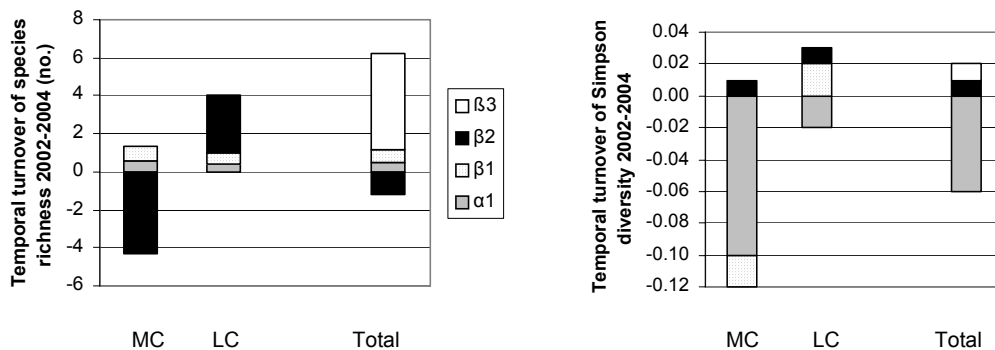


Figure 2. Components of temporal turnover (2002-2004) of (a) species richness and (b) Simpson diversity in moderate (MC) and lenient (LC) continuous stocking calculated by the additive partitioning method. Values of  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  and  $\beta_3$  represent temporal turnover in richness within quadrats, between quadrats, between paddocks and between treatments, respectively.

Contrary to this, the increasing proportion of  $\beta_1$  diversity in the LC treatment is caused by the change of the identity of dominant species in the different quadrats within paddocks. Due to a high surplus of forage on offer on more extensively grazed paddocks, the grazing animals can impose higher selectivity resulting in lightly and strongly grazed subareas which differ substantially in their structure (Tews et al. 2004). It can be assumed, that in the long-term this structural diversity will favour higher species richness on the paddock scale as it can fulfil different species-specific requirements with regard to establishment and regeneration.

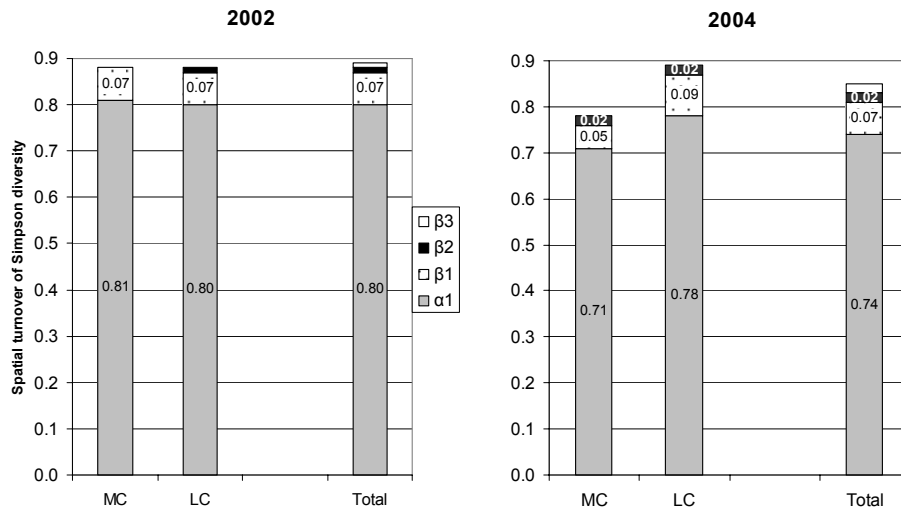


Figure 3. Components of spatial Simpson diversity in moderate (MC) and lenient (LC) continuous stocking in 2002 and 2004 calculated by the additive partitioning method. Values of total species richness ( $\gamma$ ) at the field site in each year are given by the top line of the bar 'Total',  $\alpha_1$  represent richness within quadrats,  $\beta_1$  between quadrats,  $\beta_2$  between paddocks,  $\beta_3$  between treatments.

### Summary

The results of a three-year experiment testing the effects of different grazing intensities showed a higher total species richness and diversity in the lenient stocking compared to the moderate stocking intensity. These treatment specific differences were mainly due to the increased spatial complexity and thereby  $\beta$  diversity on paddock scale (patchiness) and on field scale (habitat heterogeneity) developing in the extensively stocked pasture. In contrast to this, more intensive grazing covered habitat heterogeneity. Therefore, restoring spatial components of diversity should be recognized as a goal in management aiming at maintenance or even enhancement of plant species diversity.

### References

- GERING JC, CRIST TO, VEECH JA 2003. Additive partitioning of species diversity across multiple spatial scales: implications for regional conservation of biodiversity. *Conservation Biology* 17, 488-499.
- GODFRAY HCJ, LAWTON JH 2001. Scale and species numbers. *Trends in Ecology & Evolution* 16, 400-404.
- LANDE R 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos* 76, 5-13.
- MAGURRAN AE 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- MARTIN LM, MOLONEY KA, WILSEY BJ 2005. An assessment of grassland restoration success using species diversity components. *Journal of Applied Ecology* 42, 327-336.
- SAHIN N, HOFMANN M, ISSELSTEIN J 2005. Untersuchungen zur Pflanzenartenvielfalt auf extensiver Standweide mit Fleischrindern. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* (this volume).
- TEWS J, Brose U, Grimm V, Tielbörger K, Wichmann MC, Schwager M, Jeltsch F 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity. The importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31, 79-92.
- VEECH JA, SUMMERVILLE KS, CRIST TO, GERING JC 2002. The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos* 99, 3-9.
- WAGNER HH, WILDI O, EWALD KC 2000. Additive partitioning of plant species diversity in an agricultural mosaic landscape. *Landscape Ecology* 15, 219-227.
- WHITTAKER RH 1960. *Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California*. *Ecol. Monograph* 30, 279-338.

# **Einfluss des Weidefutterangebotes auf die Futterselektion von Mutterkühen auf einer Mähstandweide**

J. Kremer, J. Gebel, A. Milimonka, H. Giebelhausen, K. Richter  
Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften,  
Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau

## **Einleitung**

Auf Stand- und Mähstandweiden ist die selektive Futterraufnahme von Wiederkäuern in Abhängigkeit von Futterangebot und -qualität stark ausgeprägt (BAADE et al., 2001, ORR et al., 2004). Die Weidetiere streben die Deckung ihres Energie- und Nährstoffbedarfes in möglichst kurzer Zeit an (KENNY und BLACK, 1984). Für die Futterraufnahme sind die Narbenhöhe und -dichte sowie ihr Blattanteil wesentliche Kriterien (PEARSON und ISON 1987, BAKKER et al., 1998). Zur Vermeidung nachteiliger Folgen für die botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände (MILIMONKA et al., 2002) und für den Nährstoffrückfluss (EBEL, 2002) sind daher Kenntnisse zum Raum-Zeit-Verhalten der Weidetiere für das Weidemanagement von Bedeutung. Um die Futterselektion von Mutterkühen auf einer Mähstandweide beschreiben zu können, wurden in einem Weideversuch die Länge der Aufwuchszeit und die Entfernung zur Tränke variiert und aus den Daten der Selektionsindex nach HODGSON (1990) ermittelt. Nachfolgend werden erste Untersuchungsergebnisse vorgestellt.

## **Material und Methoden**

Die Daten wurden auf einer Mähstandweide (16,2 ha) im Versuchs- und Demonstrationbetrieb des Deutschen Grünlandverbandes e.V. in den Jahren 2003 und 2004 erhoben. Der Versuchsstandort Ebereschenhof befindet sich nordwestlich von Berlin im Landkreis Havelland (Bodenart: Sand bis lehmiger/humoser Sand). Das langjährige Niederschlagsmittel liegt bei 503 mm und die Jahresmitteltemperatur beträgt 8,7 °C. Die Prüffaktoren und -stufen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Prüffaktoren und –stufen des Weideversuches

Faktoren	Stufen
A Länge der Aufwuchszeit	a <sub>1</sub> kurze Aufwuchszeit (jung)
	a <sub>2</sub> lange Aufwuchszeit (alt)
B Entfernung zur Tränke	b <sub>1</sub> tränkenah (nah)
	b <sub>2</sub> tränkefern (fern)

Die Prüffaktoren der Versuchsanlage (2-faktorielle randomisierte Anlage) wurden mit vier Wiederholungen in zwei Großteilstücken angelegt. Die Abstufung des Prüffaktors A wurde wie folgt vorgenommen: Für die Versuchsperiode Frühjahr erfolgte in der ersten Aprildekade ein Rückschnitt der Narbe aller 25-m<sup>2</sup>-Parzellen auf eine Höhe von 5 cm. Zwei Wochen später wurde die Stufe „jung“ erneut auf eine Narbenhöhe von 5 cm eingestellt. Für die zweite Versuchsperiode Anfang Oktober erfolgte zunächst ein Rückschnitt aller Parzellen Anfang/Mitte August. Anfang September wurden die Parzellen der Faktorstufe „jung“ erneut auf 5 cm geschnitten und gegen Verbiss mittels E-Weidezaun bis zum Versuchsbeginn geschützt. Die tränkenahen Parzellen sind 80-100 m und die tränkefernen 300-320 m von der Tränke entfernt. Das vor und nach einer 4-tägigen Beweidung mit einem Sward-Clipper (7 Wiederholungen je Parzelle, 2100 cm<sup>2</sup>) von den Parzellen gewonnene Pflanzenmaterial wurde nach Arten- bzw. Artengruppen und Pflanzenteilen (Gräser Trieb/Halm, Gräser Blatt, Weißklee, Löwenzahn, andere Kräuter sowie totes Material) schichtweise (5-10 cm, 10-20 cm, >20 cm) fraktioniert, bei 105°C getrocknet und der Selektionsindex (SI) nach HODGSON (1990) ermittelt.

$$\text{Selektionsindex} = \frac{\text{Arten/Pflanzenteile im aufgenommenen Futter}}{\text{Arten/Pflanzenteile im Bestand vor der Beweidung}}$$

Wert > 1: positive Selektion, Wert = 1: neutral, Wert < 1: Art wird weniger gern aufgenommen

Ergänzend dazu erfolgten Messungen der Bestandeshöhe mit einem Sward-Stick und die Ertragsanteilschätzung nach KLAPP/STÄHLIN (1936). Im Weideversuch wurden Mutterkühe der Rasse Fleckvieh mit einer Besatzstärke von 1,8 GVE ha<sup>-1</sup> eingesetzt.

### Ergebnisse und Diskussion

Durch die Beweidung nahm die Wuchshöhe der Pflanzenbestände in allen Faktorstufen der Frühjahrs- und Herbstaufwüchse ab (Tab. 2).

Tabelle 2: Wuchshöhe (cm) und TM-Ertrag (g m<sup>-2</sup>) der Frühjahrs- und Herbstaufwüchse 2003 und 2004 in Abhängigkeit von Narbenalter und Entfernung zur Tränke

Faktorstufen Prüfmerkmal	Frühjahrsaufwuchs				Herbstaufwuchs			
	jung nah	jung fern	alt nah	alt fern	jung nah	jung fern	alt nah	alt fern
Wuchshöhe								
vor der Beweidung	12,5	13,4	26,8	31,2	6,1	7,6	8,9	10,6
nach der Beweidung	8,9	12,9	17,1	28,0	4,1	5,0	5,2	5,6
TM-Ertrag								
vor der Beweidung	126,8	101,9	199,0	263,8	20,8	18,0	39,9	41,4
nach der Beweidung	69,2	106,8	119,2	212,1	0,8	2,7	0,5	6,6

Ebenso sank der TM-Ertrag durch den Futtermverzehr der Weidetiere, mit Ausnahme des jungen Futters im tränkefernen Bereich der Frühjahrsaufwüchse. Bei hohem Futterangebot bevorzugten die Mutterkühe im (Spät-) Frühjahr eher die tränkenahen Areale und grasten dort junges und älteres Futter etwa gleichermaßen stark. Ergänzend dazu versorgten sie sich offenbar mit strukturreicherer Diät der tränkefernen gelegenen Teilflächen. Auch im Herbst wurde das tränkenahe Futter stärker präferiert als das tränkeferne und fast vollständig verzehrt. Dagegen verblieb im tränkefernen Areal der größere Futterrest.

Das Deutsche Weidelgras dominierte die „jungen“ Bestände in den tränkenahen und -fernen Parzellen (Tab. 3). Der Weidelgrasanteil nahm dabei vom Frühjahr zum Herbst zu, während die Anteile der Rispenarten sanken. Von der Präferenz der Weidetiere in Tränkenähe (EBEL, 2002) profitierte auch der Weißklee, da der stärkere Narbenverbiss die Gräserkonkurrenz minderte und der Klee bessere Wachstumsbedingungen als auf den tränkefernen Teilflächen hatte. Dagegen führte der geringere Verbiss der tränkefernen Bestände zur Narbenauflockerung und dem Einwandern der Ackerkratzdistel.

Tabelle 3: Bestandsprägende Pflanzenarten (Ertragsanteile in %) der Frühjahrs- und Herbstaufwüchse 2003 und 2004 in Abhängigkeit von Narbenalter und Entfernung zur Tränke

Faktorstufen Art	Frühjahrsaufwuchs				Herbstaufwuchs			
	jung nah	jung fern	alt nah	alt fern	jung nah	jung fern	alt nah	alt fern
Lolium perenne	63	61	55	44	73	80	72	73
Poa trivialis	11	7	19	15	3	2	2	1
Poa pratensis	8	7	10	8	10	4	8	5
Elymus repens	5	6	3	14	2	4	1	6
<b>∑ Gräser</b>	<b>87</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>87</b>	<b>93</b>	<b>83</b>	<b>87</b>
Trifolium repens	5	4	4	2	6	2	10	4
Taraxacum officinale	4	6	2	4	4	4	5	7
Cirsium sp.	0,2	0,2	0,2	4	0,2	0,2	0,2	2
<b>∑ Kräuter</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mutterkühe im Frühjahr auf den tränkenahen Parzellen die älteren Gräser stärker verbissen, während sie auf den tränkefernen Arealen neben den „alten“ Gräsern auch die „jungen“ gut aufgenommen haben (Tab. 4).

Tabelle 4: Selektionsindices der Frühjahrs- und Herbstaufwüchse 2003 und 2004 in Abhängigkeit von Narbenalter und Entfernung zur Tränke

Faktorstufen Fraktion	Frühjahrsaufwüchse				Herbstaufwüchse			
	jung nah	jung fern	alt nah	alt fern	jung nah	jung fern	alt nah	alt fern
Gräser Blatt	0,80	2,39	0,66	-0,26	0,99	0,99	1,26	0,98
Gräser Trieb/Halm	1,25	3,28	1,65	3,41	-	1,17	1,28	1,19
<b>∑ Gräser</b>	<b>0,88</b>	<b>2,65</b>	<b>1,01</b>	<b>1,65</b>	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>1,26</b>	<b>0,98</b>
Weißklee	1,83	-20,07	1,64	-1,36	1,04	1,11	1,01	1,19
Löwenzahn	1,84	-8,01	1,25	0,50	1,01	1,05	1,25	1,14
Kräuter andere	1,07	18,40	0,70	-14,74	1,04	1,07	1,27	0,47
<b>∑ Kräuter</b>	<b>1,48</b>	<b>-2,37</b>	<b>1,12</b>	<b>-3,02</b>	<b>1,02</b>	<b>1,05</b>	<b>1,26</b>	<b>1,04</b>
totes Pflanzenmaterial	-0,60	5,24	-0,19	-3,81	1,04	1,17	1,26	1,17

Auch der Weißklee und die Kräuter wurden von den Tieren auf den tränkenahen Versuchsteilflächen im Frühjahr gegenüber den tränkefernen Bereichen insgesamt besser abgeweidet. Das „Meiden“ von Klee/Leguminosen und Kräutern in der Faktorstufe „alt/fern“ im Frühjahr kann mit auf ihre geringen Ertragsanteile im Bestand, die größere Wuchshöhe zu Weidebeginn von 31 cm und damit Verdecken dieser Fraktionen sowie auf die etwas höheren Ertragsanteile der Distelarten zurückgeführt werden (Tab. 3). Die Selektionsindices der tränkefernen Parzellen (hohe positive und negative Werte) können in Abhängigkeit der Heterogenität des Ertrages ein Hinweis auf eine im Verhältnis zur Gesamtfläche (25-m<sup>2</sup>-Parzellen) zu geringen Probefläche (0,21 m<sup>2</sup>) sein. Im Herbst erfolgte bei den untersuchten Pflanzen vor allem in der Variante „tränkenah/alt“ eine in der Tendenz stärker positive Selektion des Futters durch die Weidetiere. Im Bereich der Faktorstufe „tränkefern/alt“ bewirkte offenbar die Anwesenheit von *Cirsium sp.* für die Fraktion „andere Kräuter“ den relativ geringen SI. In beiden Versuchsjahren, insbesondere im Trockenjahr 2003, deckte das Futterangebot im Herbst nicht immer den Futterbedarf der Mutterkühe, so dass sie auch totes Pflanzenmaterial aufnahmen, was bei bedarfsgerechtem Angebot im Weiderest verbleibt.

## **Zusammenfassung und erste Schlussfolgerung**

In einem Weideversuch mit Mutterkühen der Rasse Fleckvieh wurde in den Jahren 2003 und 2004 der Einfluss der Länge der Aufwuchszeit (kurz/jung, lang/alt) und die Entfernung des Futterangebotes zur Tränke (nah, fern) auf die Futterselektion der Tiere anhand des Selektionsindex nach HODGSON (1990), der Wuchshöhe, des TM-Ertrages sowie der floristischen Zusammensetzung der Weidenarben untersucht.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass sich die Mutterkühe im Mai/Juni bei hohem Futterangebot in den tränkenahen Weidearealen häufiger zum Fressen aufhielten als in den tränkefernen Bereichen. In Tränkenähe nahmen sie in der Tendenz das offenbar faserreichere, ältere Gras, den Weißklee sowie den wertvollen Löwenzahn bevorzugt auf. Der stärkere Narbenverbiss in Tränkenähe bewirkte im Pflanzenbestand einen Anstieg von Deutschem Weidelgras und Weißklee. Bei nachlassendem Futterangebot der Weide im Spätsommer/Herbst können die Tiere weniger selektieren und fressen das vorhandene Futter, mit Ausnahme der Ackerkratzdisteln, sauberer ab. Zur effektiveren Ausnutzung des hohen vorsommerlichen Futterangebotes der Mutterkuhweiden ist auf die Mahd ausreichend großer Weideteilflächen in den tränkefernen Arealen zu achten (Mähweideprinzip).

## **Literatur**

- BAADE, J., WACHENDORF, M., TAUBE, F., 2001: Selektive Futterraufnahme durch Milchkühe auf Umtriebsweiden - Auswirkungen auf Ertrag und Futterqualität. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau* 3, 139-141.
- BAKKER, M. L., GORDON, I. J., MILNE, J. A., 1998: Effect of sward structure on the diet selected by guanacos (*Lama guanicoe*) and sheep (*Ovis aries*) grazing a perennial ryegrass-dominated sward. *Grass and Forage Science* 53, 19-30.
- EBEL, G., 2002: Einfluss des Tierverhaltens auf die Exkrementstellenverteilung, den Exkrementstickstoffrückfluss und die Mengen an mineralischen Bodenstickstoff auf Mähstandweiden mit Mutterkühen. Mensch-und-Buch-Verl., Berlin; zugl. Diss., Humboldt-Univ., Berlin.
- HODGSON, J., 1990: *Grazing Management-Science into Practice*. Longman, New York.
- KENNY, P. A., BLACK, J. L., 1984: Factors affecting diet selection by sheep. potential intake rate and acceptability of feed. *Australian J. of Agricultural Research* 35, 551-563.
- KLAPP, E., STÄHLIN, A., 1936: *Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes*. Ulmer, Stuttgart.
- MILIMONKA, A., GIEBELHAUSEN, H., RICHTER, K., 2002: Wirkung differenzierter Bewirtschaftungsintensität auf die Zusammensetzung einer Weidenarbe. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 34, 5, 152-157.
- ORR, R. J., COOK, J. E., CHAMPION, R. A., JOOK, A. J., 2004: Relationships between morphological and chemical characteristics of perennial ryegrass varieties and intake by sheep under continuous stocking management. *Grass and Forage Science*, 59, 389-398.
- PEARSON, C. J., ISON, R. L., 1987: *Agronomy of Grassland Systems*. Cambridge University Press.

# Kreislauf und Nutzungseffizienz der Nährstoffe im Mutterkuhbetrieb

A. Lellmann, J. Schellberg, W. Kühbauch  
Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau, Universität Bonn

## Einleitung und Problemstellung

Seit Einführung der Milchquotenregelung im Jahre 1984 ist die Anzahl der Mutterkühe deutlich angestiegen. Mutterkuhhaltung gilt allgemein als ökologisch vorteilhafte Form der Rinderhaltung. Zum Nährstoffkreislauf und zu ökologisch nachteiligen Emissionen der Mutterkuhhaltung existieren kaum experimentelle Daten (ESTERMANN, 2001). Aus der Menge des aufgenommenen Futterstickstoffs und dem Lebendmassezuwachs von Mutterkuh und Kalb ergibt sich jedoch eine um den Faktor 2 bis 4 geringere N-Verwertung als in der Milchviehhaltung. Somit wird je Mutterkuh und Kalb vom aufgenommenen Futter-N relativ mehr emissionsgefährdender N über die Exkremente ausgeschieden. Von Bedeutung für das Ausmaß möglicher Umweltbelastungen sind die Menge und die Zustandsform des N im Produktionssystem.

Ziel der Untersuchung war es, die externe und interne Nährstoffbewegung auf dem Weg zwischen den Kompartimenten Boden-Silage (Weidefutter)-Stall (Weide)-Tierkörper-Mist (Weidetierexkremente)-Boden zu dokumentieren und ein besseres Verständnis über den Kreislauf und die Nutzungseffizienz der Nährstoffe sowie über das Umweltbelastungspotential zu gewinnen. Im Mittelpunkt der Untersuchung stand Stickstoff wegen seines vergleichsweise hohen Austragspotentials und seiner Bedeutung für die abiotische und biotische Umwelt.

## Material und Methoden

Auf dem Standort der Lehr- und Forschungsstation Rengen (Daun/Eifel) der Universität Bonn wurde von 1999 bis 2001 der Kreislauf der Nährstoffe N, P und K bei intensiver Grünlandnutzung, ganztägiger Sommerweide und Winterstallhaltung untersucht. Dabei wurden zwei im Nährstoffniveau unterschiedliche Teilbetriebe, einer ohne (O) und einer mit (M) Nährstoffzufuhr (Mist, Stroh, Krafftutter), mit jeweils 20 Mutterkühen und 20 Kälbern sowie je etwa 19 ha Grünlandfläche verglichen (Tab. 1).

Tabelle 1: Versuchsaufbau

	Teilbetrieb	
	O	M
Tierzahl	20 Kühe mit 20 Kälbern	20 Kühe mit 20 Kälbern
Grünlandfläche (ha)	19,3 (100 %)	18,8 (100 %)
Weiden und Mähweiden (ha)	18,2 (94 %)	12,2 (65 %)
Wiesen (ha)	1,1 (6 %)	6,6 (35 %)
Besatzstärke (GV ha <sup>-1</sup> Grünlandfläche)	1,8	2,0
GV je ha Weide- und Mähweidefläche	2,2	3,4
Nährstoffzufuhr in den Teilbetrieb	- (Stroh <sup>d</sup> )	Stallmist <sup>a</sup> Stroh Krafftutter <sup>b</sup>
Nährstoffausfuhr aus dem Teilbetrieb	Absetzer Stallmist <sup>c</sup>	Absetzer

<sup>a</sup> aus Teilbetrieb O; <sup>b</sup> für Kälber; <sup>c</sup> im ersten Versuchsjahr komplett, im zweiten Versuchsjahr entsprechend der mit dem Stroh zugeführten Kaliummenge; <sup>d</sup> wurde im Mist wieder ausgeführt

Im Winter wurde den Tieren im Tieflaufstall ausschließlich Silage von den Teilbetriebsflächen gefüttert. Mineralfutter wurde ganzjährig angeboten. Der Herde von Teilbetrieb O wurde bei Weidegang nur zu Weideauftrieb Silage angeboten. Dagegen erhielt die Herde von Teilbetrieb M auch nach Weideauftrieb Silage, die Kälber zusätzlich Krafftut-



ter. Die mit diesem Beifutter zugeführten Nährstoffe sollten die Unterschiede im Nährstoffniveau zwischen den Teilbetrieben auf der beweideten Fläche zusätzlich erhöhen. Während die M-Flächen in beiden Versuchsjahren mit einer Mistmenge von etwa 20 t FM je ha gedüngt wurden, wurden die O-Flächen im ersten Versuchsjahr nicht und im zweiten Versuchsjahr mit etwa 3 t FM Mist je ha gedüngt.

Die Dokumentation der Nährstoffbewegung beruhte auf den im Versuch ermittelten Daten und folgenden in der Literatur belegten Annahmen:

- Nährstoffdeposition: 20 kg N ha<sup>-1</sup> (FÜHRER, 1988; ANONYMUS, 1990; MÜLLER et al., 1990; SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 1992; BROWER et al., 1995) und 1 kg P sowie 4 kg K ha<sup>-1</sup> (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 1992).
- Nährstoffretention im Lebendmassezuwachs der Tiere: 2,50 % N (ANONYMUS, 1996), 0,75 % P, 0,22 % K (SCHWARZ et al., 1995).
- Gehalte an P und K im Weidefutter (DLG, 1973): 4,0 g P kg T<sup>-1</sup>, 31 g K kg T<sup>-1</sup> (Mittelwerte aus dem ersten bis dritten Aufwuchs).
- Verluste an P und K: 1 bzw. 8 kg je ha (STEELE et al., 1984; COOPER und THOMSEN, 1988; EDER, 1993; HAYWARD et al., 1993; KOPEC, 1993; THUNNEY et al., 1997; EARLY et al., 1998; MONAGHAN et al., 2000; OWENS et al., 2003 ; ALFARO et al., 2004).
- N-Verlusten (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O) aus Mist und Mistsickerwasser in der Stallmiskette (Abb.1):

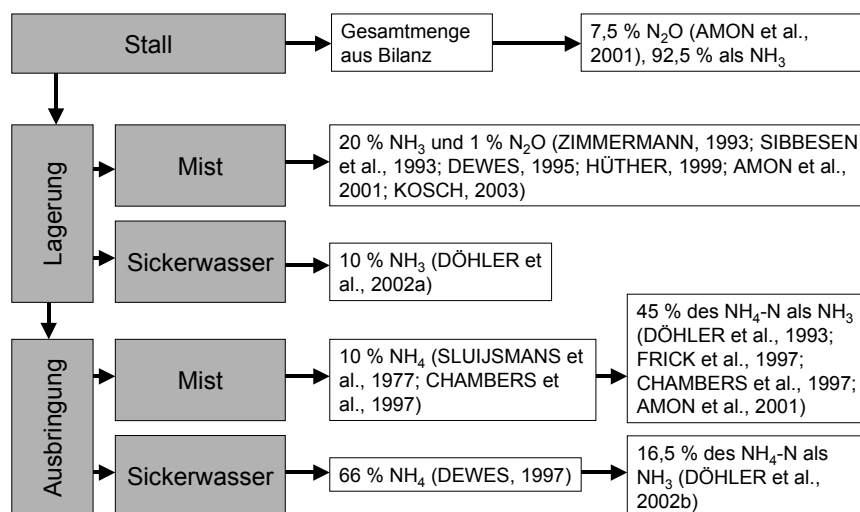


Abb. 1: Ermittlung der N-Verluste aus der Stallmiskette

Im Versuch ermittelte Daten:

- Trockenmasseertrag und Futteraufnahme ermittelt durch Wiegung und Trockenmassebestimmung der Silage sowie durch Anwendung der Differenzmethode mit Weidekäfgen auf der Weide (VOIGTLÄNDER u. VOSS, 1979).
- Weißkleertragsanteile und Weißkleertrag (KLAPP und STÄHLIN, 1936).
- Schätzung des symbiontisch fixierten N-Beitrags des Weißklees aus dem Weißkleertrag (WEIßBACH, 1995).
- Ermittlung der Lebendmassezunahmen der Rinder durch manuelle und elektronische Wiegung.
- Wiegung der Einstreumengen.
- Wiegung und Schätzung der Mistmengen über Raumgewichte.
- Wiegung der Beifuttermengen auf der Weide.
- Erfassung der zugefütterten Mineralfutternährstoffe.

- Analytische Bestimmung der N-, P- und K-Gehalte des Bodens, der Silage, des Strohs, des Mists und Mistsickerwassers.
- Schätzung der N-Verluste auf der Weide mit Hilfe vorhergehender Experimente auf demselben Standort. Darin wurden empirisch abgeleitet: Beziehungen zwischen der N-Aufnahme der Rinder mit dem Weidefutter und der N-Ausscheidung mit Urin und Kot sowie letzterer und den N-Verlusten aus Urin- und Kotstellen nach Bindungsformen (NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O) (ANGER, 2001; SCHELLBERG, 2004).

### Ergebnisse und Diskussion

Intern wurden um den Faktor 2,3 bis 8,2 wesentlich mehr Nährstoffe bewegt als extern zugeführt. Die weitaus größten Nährstoffmengen trugen N und K bei, auf der Weide deutlich mehr als im Stall (Abb. 2). Die Nährstoffausscheidung betrug im Mittel der Jahre und Teilbetriebe je GV und ha im Stall etwa 26 kg N, 5 kg P und 31 kg K sowie auf der Weide etwa 55 kg N, 6 kg P und 57 kg K. Während vom aufgenommenen N 90 bis 96% und vom P 83 bis 90% wieder ausgeschieden wurden, lagen die Ausscheidungs-raten bei K sogar bei etwa 99%. Die Höhe der Ausscheidungsrate eines Nährstoffs variiert dabei mehr durch die Unterschiede in der Futtermittelaufnahme und im Nährstoffgehalt des Futters als durch die kaum unterschiedliche Nährstoffretention im Tierkörper. Das höhere Nährstoffniveau in Teilbetrieb M gründet neben der Mistzufuhr auch auf den bereits zu Versuchsbeginn höheren Bodengehalten an P und K sowie höheren Weißkleeertragsanteilen. Dies trug zu einer höheren Nährstoffaufnahme, einer höheren Nährstoffausscheidung und höheren N-Verlusten in Teilbetrieb M bei.

Der Weißklee trug bei mittleren Ertragsanteilen von 7 bis 22% und einer symbiontisch fixierten N-Menge von 23 bis 80 kg ha<sup>-1</sup> entscheidend zum N-Saldo bei. Die Teilflächenbilanzierung ergab unter Einbezug der Verluste eine weite Spanne der Salden von -78 (O) bis 84 (M) kg N ha<sup>-1</sup>, -19 (O) bis 17 (M) kg P ha<sup>-1</sup> und -120 (O) bis 133 (M) kg K ha<sup>-1</sup>. Diese Spanne zwischen den Teilbetrieben ist bedingt durch die Ausfuhr an Mist aus Teilbetrieb O sowie die Beifütterung, die Zufuhr von Mist und höhere Weißkleeertragsanteile in Teilbetrieb M. Weiden zeigten im Vergleich zu Wiesen und Mähweiden eine gänzlich andere Nährstoffbewegung. Einerseits wurden weder Nährstoffe mit Silage abgeführt, noch Nährstoffe mit Stapelmist zugeführt. Andererseits wurde der größte Teil der mit dem Weidefutter aufgenommenen Nährstoffe wieder über Urin und Kot ausgeschieden.

Bei P und K ist das Austragspotential auf dem tonreichen Boden des Versuchsstandorts deutlich geringer als bei N. Die meisten N-Verluste entstanden aus den Exkrementen der Weidetiere (Tab.2). Der N-Austrag aus den Weidetierexkrementen und aus dem symbiontisch fixierten N<sub>2</sub> fand überwiegend in der Bindungsform NO<sub>3</sub><sup>-</sup> statt, während in der Stallmistkette NH<sub>3</sub>-Verluste überwogen. Auch auf der Ebene der Teilbetriebe entwichen die höchsten N-Mengen als NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in die Umwelt. An gasförmigen N-Verlusten wurden 61% in Form von NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 36% in Form von NH<sub>3</sub> und 3% in Form von N<sub>2</sub>O ermittelt.

Tabelle 2: Anteil der N-Verluste nach Entstehungsort im Mittel beider Teilbetriebe und Jahre (%)

aus Tierexkrementen auf der Weide	61
aus der Lagerung von Mist und Mistsickerwasser	15
aus symbiontisch fixiertem N <sub>2</sub>	15
aus dem Stall	6
aus dem ausgebrachten Mist und Mistsickerwasser	3

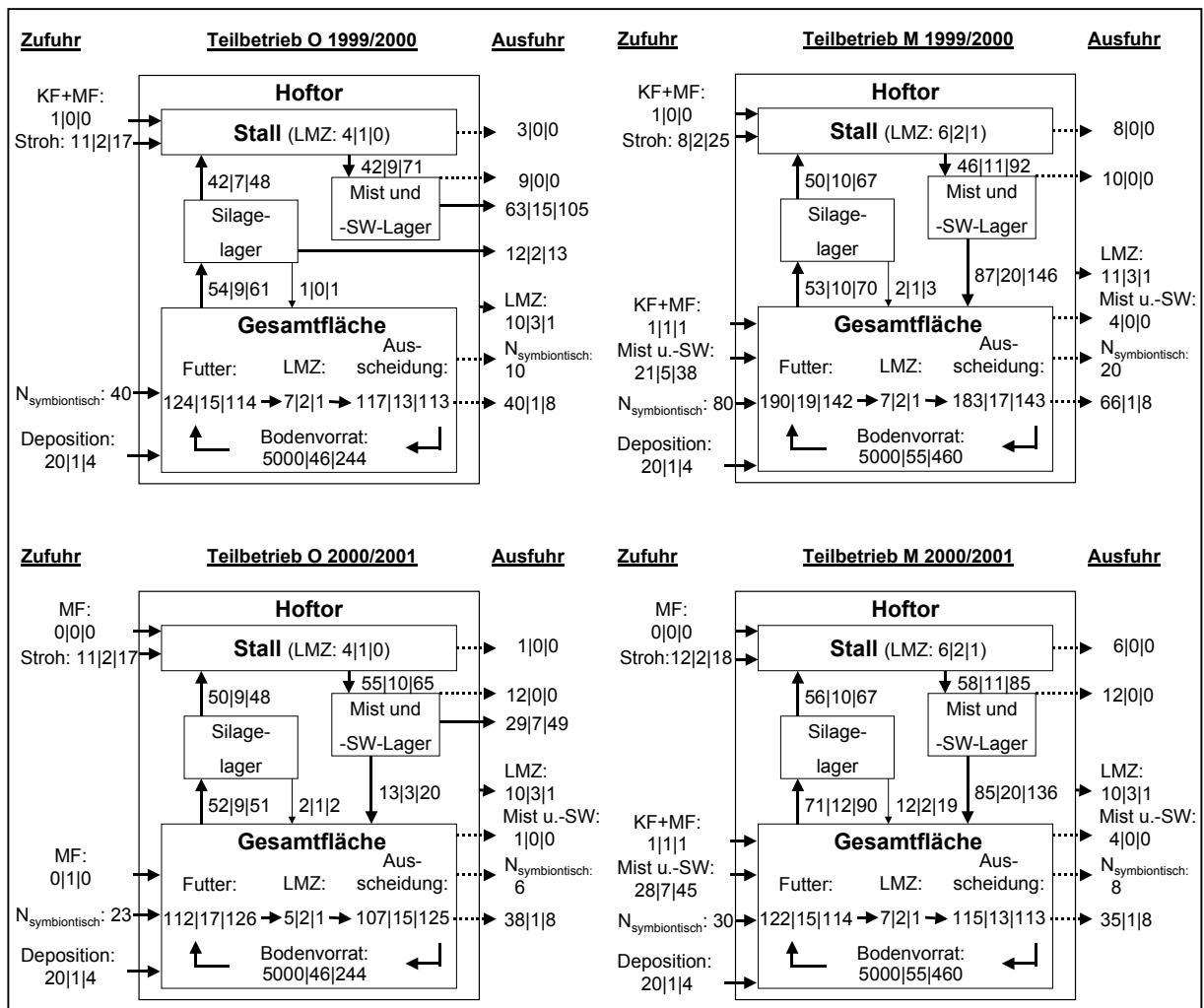


Abb. 2: Nährstoffbewegung (N|P|K) in beiden Teilbetrieben und Jahren. LMZ: Lebendmassezunahme, SW: Sickerwasser, KF: Kraftfutter, MF: Mineralfutter, gepunktete Striche: Verluste, alle Werte gerundet in kg ha<sup>-1</sup>, Bodenvorrat in 0-10 cm Bodentiefe: Gesamt-N, P(CAL), K(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Die Nutzungseffizienz des aufgenommenen Futter-N wird in der Literatur für Mutterkuhhaltung mit 6 bis 9 % angegeben (RYDEN et al., 1987; SUTTER et al., 1998b; ESTERMANN, 2001). Dies stimmt gut mit den eigenen Ergebnissen von im Mittel 6,0% überein. Die Nutzungseffizienz des aufgenommenen Futter-N war auf der Weide aufgrund der höheren N-Aufnahme niedriger als im Stall, und zwar mit 3,6 bis 6,7% etwa um den Faktor 2,8. Bei P und K betrug die Nutzungseffizienz der mit dem Futter aufgenommenen Mineralstoffe im Mittel 11,9% bzw. 0,5%.

Die Nutzungseffizienz des aufgenommenen Futter-N ist im Vergleich zur Mutterkuhhaltung in der Milchviehhaltung mit 15 bis 30% deutlich höher (WHITEHEAD et al., 1986; RYDEN et al., 1987; AARTS et al., 1992; WEIßBACH et al., 1992; SUTTER et al., 1998b; SCHERINGER und ISSELSTEIN, 2001; JONKER et al., 2002). Vom aufgenommenen Futter-N werden bei Milchkühen zwischen 36 und 39% über Kot und zwischen 39 und 32% über Urin, also insgesamt 71 bis 74% ausgeschieden (KIRCHGESSNER et al., 1991 und ESTERMANN, 2001). Dagegen werden je Mutterkuh und Kalb etwa 90% des aufgenommenen Futter-N ausgeschieden und zwar zu etwa 55% über Urin und zu etwa 35% über Kot. Dies bedeutet, dass bei gleicher N-Aufnahme im Vergleich zur Milchkuh je Mutterkuh und Kalb ein größeres urinbedingtes N-Emissionspotential vorliegt (SUTTER

et al., 1998a und 1998b; ESTERMANN et al., 2001). Verursacht wird die höhere Urin-N-Ausscheidung von Mutterkuh und Kalb einerseits dadurch, dass die erzeugte Milch der Mutterkuh vom Kalb aufgenommen und der darin enthaltene N bis auf die geringe N-Retention zum größten Teil wieder ausgeschieden wird und damit auf der Fläche verbleibt. Andererseits ist die höhere Urin-N-Ausscheidung bei gleicher N-Aufnahme bedingt durch die geringere Milchleistung der Mutterkuh, denn überschüssiger N, der nicht mit der Milch den N-Kreislauf der Kuh verlässt, wird als Harnstoff im Urin ausgeschieden (GRUBER und STEINWIDDER, 1996; JEROCH et al., 1999).

### **Schlussfolgerung**

Mutterkuhhaltung mit intensiver Grünlandnutzung ist bei niedriger Nutzungseffizienz der Nährstoffe nicht unbedingt ökologisch verträglicher als Milchviehhaltung. Dies gilt auch dann, wenn keine Nährstoffe über Futter- und Düngemittel zugeführt werden. Entscheidend ist, wie viel Nährstoffe intern und zwar vor allem über das Weidefutter bewegt werden, also von den Rindern aufgenommen und über Urin und Kot wieder ausgeschieden werden. Das Experiment bestätigt, dass Weidegang trotz zahlreicher anderer Vorteile wegen der potentiellen N-Verluste aus Harnstellen besonderer Aufmerksamkeit bedarf.

### **Literatur**

Das vollständige Literaturverzeichnis ist in der PDF-Version dieses Beitrags unter [www.lap.uni-bonn.de/iapublikationen.html](http://www.lap.uni-bonn.de/iapublikationen.html) verfügbar.

# Untersuchung der selektiven Futteraufnahme von Ochsen und Färsen auf extensiv bewirtschafteten Umtriebsweiden

U. Mitsch, S. Schäfer, H. Swalve  
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

## Einleitung

Der limitierte Rinderbestand vermag die freiwerdenden Futterflächen in den grünlandreichen Regionen nicht vollständig zu verwerten. Durch die Aufwuchsverwertung extensiv bewirtschafteter Pflanzenbestände kann die Funktionalität des Grünlandes großflächig erhalten werden. Verminderte Nutzungsfrequenz, Besatzstärke und Düngung (insbesondere mit Gülle) führen im Frühjahr/Frühsummer zu einem massereichen Futterangebot mit oft überständigen, qualitativ oft geringwertigeren Aufwüchsen. Daraus resultiert die Frage, inwiefern Rinder durch selektives Fressen die Unterschiede und verminderte Futterqualität in der fortgeschrittenen morphologischen Entwicklungsphase der bestandsbildenden Futterpflanzen bei Weidenutzung auszugleichen vermögen.

## Methodik

Die im folgenden präsentierten Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2003 basieren auf einem mehrjährigen Versuch (Jahre 2002 bis 2006) zur Weidemast von Absetzern aus der Mutterkuhhaltung auf zwei extensiv genutzten Standorten, durchgeführt in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt am Standort Iden.

Im langjährigen Mittel beträgt die Tagesmitteltemperatur am Standort 8,7 °C bei 510 mm Jahresniederschlag. Es werden zwei Versuchsherden aus Absetzern der Idener Mutterkuhherde zusammengestellt. Sie umfassen je ca. 30 Tiere (Ochsen und Färsen) üblicher Gebrauchskreuzungen (v.a. Charolaiseinkreuzungen). Die Versuchsflächen umfassen zwei Standorte mit je vier Koppeln (in den ertragreichen ersten Aufwüchsen kleinflächiger unterteilt).

Standort 1 (ungedüngt, Koppeln 1 bis 4) weist einen frischen bis feuchten Boden mit 42 bis 58 Bodenpunkten auf (Bodenart LT bis sLS). Es handelt sich um etabliertes Ansaatgrünland, welches 2003 bei 61 % Gräsern, 26 % Kräutern und 13 % Leguminosen von *Lolium perenne*, *Trifolium repens* und *Taraxacum officinale* dominiert war. Der Standort 2 (Düngung 70 kg N/ha) umfasst zwei Flächentypen: bei Typ A (Koppeln 5 und 6) mit feuchtem Boden und 51 bis 53 Bodenpunkten (Bodenart T 3 bzw. 4) handelt es sich um Dauergrünland mit typischen Futtergräsern (v.a. *Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Poa species*, *Festuca pratensis*; Gräseranteil 65 bis 80 %) mit ca. 13 % Kräutern und 5 bis 20 % Leguminosen (*Trifolium repens*). Typ B (Koppeln 6 bis 8) mit wechselfeuchtem, teilweise anmoorigem Boden und 36 bis 45 Bodenpunkten (Bodenart T bzw. anmoorig) ist altes Dauergrünland (späte Bewirtschaftung) mit dem typischen artenreichen Bestand feuchter Standorte – 80 bis 95 % Gräser (*Agrostis stolonifera*, *Poa trivialis*, *Phalaris arundinacea*, *Holcus lanatus*, *Alopecurus species* u.a.) sowie diverse Kräuter und einzeln Leguminosen.

Die Beprobung des Pflanzenbestandes erfolgte je zum Teilflächenauftrieb („Erstschnitt“), dann in der Regel alle zwei Tage während der Beweidung und nach dem Abtrieb („Nachschnitt“). Geschnitten wurden je 8 Stichproben a 0,35 m<sup>2</sup> (Schnitthöhe ca. 6,5 cm), die anschließend zur detaillierteren Untersuchung der Bestandshorizonte in einer Lehre in 10-cm-Schichten zerteilt und dann 36 bis 48 h bei 60 °C getrocknet wurden. Parallel dazu erfolgten Kotprobenahmen: die erste 24 bis 36 h (angenommene mittlere Passagedauer) nach dem Teilflächenauftrieb und dann etwa alle zwei Tage. Aus frisch abgesetztem Kot von ca. 1/3 der Tiere jeder Herde wurde Kot entnommen und eine Herden-Mischprobe gebildet (ca. 500 g Frischsubstanz). Bis zur weiteren Analyse wurden die Proben tiefgefroren.

Da die Energiebewertung überständigen, in Schichten untersuchten Futters problematisch ist, erfolgte die Schätzung der Konzentration an metabolischer Energie (ME) je kg TS aus dem Pflanzenbestand ( $ME_P$ ) nach drei Gleichungen - basierend auf:

(1) Rohnährstoffgehaltswerten (GfE 1998) (nicht geeignet bei später erster Nutzung bzw. nur 1 bis 2 Nutzungen)

1. Aufwuchs:  $ME = 14,06 - 0,01370 XF + 0,00483 XP - 0,00980 XA$  ( $\pm 4,9 \%$ )

2. und folgende Aufwüchse:

$ME = 12,47 - 0,00686 XF + 0,00388 XP - 0,01355 XA$  ( $\pm 5,6 \%$ )

(2) ELOS (Enzymlösliche organische Substanz; GfE 1998)

$ME = -6,10 + 0,03629 ELOS + 0,001563 XL * XF - 0,00005234 ELOS * XF - 0,00054 ELOS XL$  ( $\pm 3,0 \%$ )

(3) EULOS (Enzymunlösliche organische Substanz; WEISSBACH et al. 1999)

$ME = 13,98 - 0,0147 XA - 0,0102 EULOS - 0,00000254 EULOS^2 + 0,00234 XP$  ( $\pm 3,7 \%$ )

Die Futterverdaulichkeit (DOM) wurde geschätzt nach WEISSBACH et al. (1999):

$DOM_P = 100 \frac{940 - XA - 0,62 EULOS - 0,000221 EULOS^2}{1000 - XA}$  ( $\pm 3,8 \%$ )

Anschließend wurden  $ME_K$ - und  $DOM_K$ -Werte für das tatsächlich aufgenommene Futter, ermittelt nach der Kotstickstoff-Methode (SCHMIDT et al. 1999), gegenübergestellt:

$DOM_K = 95,90 - \frac{460}{N_{Kot} [g / kgOM]} - 0,1582 WT + 0,00062 WT^2$  ( $\pm 2,5 \%$ )

(WT = Weidetage nach dem 30.4.)

$ME_K = 0,1520 DOM - 0,0029 XA_{Kot} [g/kg TM] - 0,46$  ( $\pm 2,6 \%$ )

## Ergebnisse und Diskussion

**SCHÄTZUNG DER METABOLISCHEN ENERGIE:** Die geschätzten  $ME_P$ -Konzentrationen  $ME_{Roh}$ ,  $ME_{ELOS}$  und  $ME_{EULOS}$  wiesen teilweise große Abweichungen voneinander auf. Die  $ME_{ELOS}$ -Werte lagen mit mittleren 2,1 MJ ME bzw. 1,3 MJ ME deutlich unter  $ME_{Roh}$  bzw.  $ME_{EULOS}$ . Verglichen mit Literaturwerten lag die Vermutung sehr nahe, dass  $ME_{ELOS}$  wenig zutreffend ist. Bestätigt wird dies durch die Untersuchungen von MEAK (2002), bei denen diese Gleichung als ungeeignet eingeschätzt wird.  $ME_{Roh}$  lag im Mittel 0,8 MJ ME über  $ME_{EULOS}$ . Dabei waren die Abweichungen im 1. Aufwuchs beim Erstschnitt mit 0,7 MJ ME geringer als beim 1. Nachschnitt mit 1,0 MJ ME. Die mittleren Abweichungen beim untersten bzw. obersten Horizont betragen 0,6 bzw. 1,1 MJ ME beim Erstschnitt und 0,9 bzw. 1,6 (im Maximum sogar 1,5 bzw. 1,9) MJ ME beim 1. Nachschnitt. Im nicht von überständigem Futter geprägten 4. Aufwuchs fielen die Abweichungen deutlich geringer aus. Die  $ME_{Roh}$ -Konzentrationen fallen damit in qualitativ minderwertigem Futter (überständiger erster Aufwuchs sowie Nachschnitte bei Futterselektion – viel Stängelmateriale bzw. Blütenstände in den entsprechenden Schichten) teils unwahrscheinlich hoch aus. Das legt nahe, dass  $ME_{Roh}$  den Energiegehalt dieses Materials überschätzt. MEAK (2002) findet ebenfalls, dass die  $ME_{EULOS}$ -Gleichung die exakteren Ergebnisse erzielt.

Daher erscheinen die im Weiteren genutzten  $ME_{EULOS}$ -Werte hier am geeignetsten.

**QUALITATIVE FUTTERSELEKTION:** Die aus dem Futter geschätzten  $ME_P$ - und  $DOM_P$ -Konzentrationen im Futterangebot wurden, zeitlich um rund einen Tag Passagedauer korrigiert, denen aus Kotparametern ( $ME_K$ ,  $DOM_K$ ) gegenübergestellt (Abb. 1 und 2). Die Qualität der Erstschnitte ging dabei im 1. Aufwuchs von Anfang Mai bis Anfang Juni mit zunehmender Reife des Bestandes erwartungsgemäß zurück. Die Nachschnitte zeigen jeweils die während der Beweidung (Abb. 1 – ungedüngt, drei Teilflächen; Abb. 2 – gedüngt, vier) abfallende Qualität: der jeweils letzte Nachschnitt ist im Mittel 1,1 (Maximum 1,4) MJ ME schlechter als der Erstschnitt. Die  $ME_K$ - bzw.  $DOM_K$ -

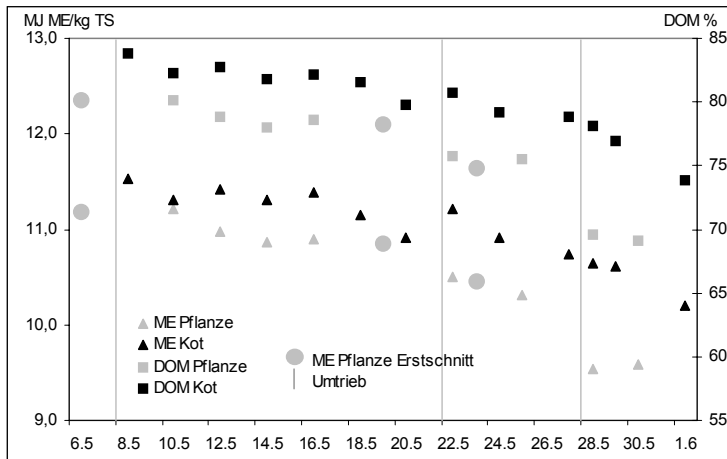


Abb. 1: ME- und DOM-Konzentrationen im 1. Aufwuchs – ungedüngte Variante

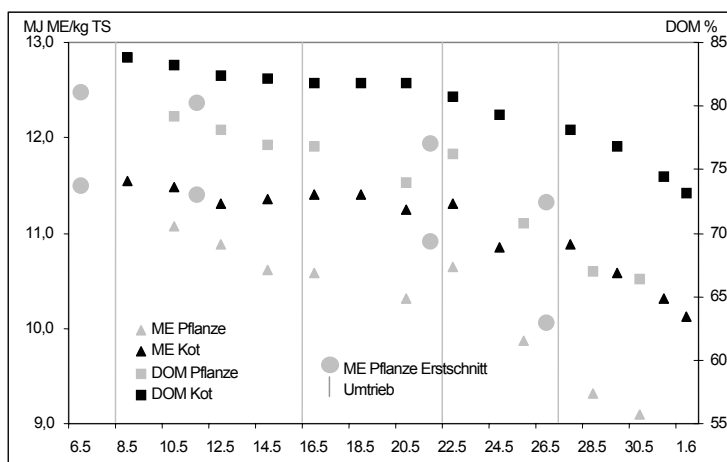


Abb. 2: ME- und DOM-Konzentrationen im 1. Aufwuchs – gedüngte Variante

Konzentrationen des tatsächlich aufgenommenen Futters liegen im Mittel um 0,5 MJ ME/kg TS bzw. 4,1 % DOM (im Maximum beachtliche 1,2 MJ ME/kg TS bzw. 8,5 % DOM) über denen aus dem Futterangebot und fallen somit weniger stark ab. Tendenziell ist die Differenz zu Beginn einer Beweidung geringer als gegen Ende. Unklar ist, welchen Anteil je Futterselektion und fortschreitende morphologische Entwicklung des Pflanzenbestandes an den rückläufigen Futterqualitäten haben.

Selektiv wurde energiereiche Blattmasse gegenüber Stängelmaterial und Blüten/Samenständen eindeutig bevorzugt aufgenommen. Die Unterschiede in den untersuchten, selektiv verbissenen Bestandshorizonten betragen dabei zueinander – je nach enthaltenen Pflanzenteilen und morphologischem Stadium – bis zu 1,2 MJ ME je kg TS. Die durch die selektive Futter-

wahl aufgenommene bessere Futterqualität ist offensichtlich. Dabei entsprechen die Konzentrationen im tatsächlich aufgenommenen Futter am Ende der Beweidung in etwa denen im Pflanzenbestand zum Koppelauftrieb.

Abbildung 3 veranschaulicht die Unterschiede der Energiekonzentration bei Subtraktion der  $ME_P$  von den  $ME_K$  sowie die tendenzielle Zunahme dieser positiven Differenz während der Beweidung. Dieser Trend ist nicht ganz eindeutig, da die Werte im Jahr 2003 zeitweise abfallen (siehe z.B. Abb. 3 Datenreihe ME-1, Rückgang veranschaulicht durch graue Linien). Dies liegt in der Methodik begründet: Aus praktischen Gründen konnten die Nachschnitte nicht immer alle zwei Tage erfolgen, wodurch Pflanzen- und Kotprobenahme nicht immer auf denselben Tag fielen. Für die Differenzberechnungen wurde je auf die zeitlich vor den Kotproben datierten Pflanzenproben Bezug genommen. Der in der Zeit fortgeschrittene Qualitätsrückgang im Futter bewirkt daher in diesen Zwischenphasen abfallende Differenzwerte. Betrachtet man nur die zeitgleichen Werte (Abb. 3 Reihe ME-1 Tag 4, 6, 8, 10 und 16), wird der positive Trend deutlicher. Die strittige Passagedauer von einem Tag bei Weiderindern ist auch eine mögliche Fehlerquelle. Um dies zu vermeiden, wurden in den folgenden Versuchsjahren täglich Kotproben genommen. Somit können auch einfacher Passagezeiträume von zwei oder drei Tagen gerechnet werden. Parallel werden in einem Co-Projekt (RODEHUDSCORD 2003) Untersuchungen zur Passagedauer beim Weiderind durchgeführt.

Abfallende Qualitätstendenzen am Ende der Teilflächenbeweidung (siehe Abb. 3 ME-6li) sind durch die verringerten Selektionsmöglichkeiten bei zunehmender Futterknappheit bedingt. Dies ist in der Praxis der kritische Punkt: In wie weit ermöglicht man den Tieren eine selektive, qualitativ hochwertige Futteraufnahme, akzeptiert einen größeren Weiderest und mulcht gegebenenfalls nach oder wie weit erzwingt man ein „sauberes“ Abweiden des überständigen Aufwuchses. Bei Fragen der extensiven und naturschutzgerechten Grünlandnutzung und der Festlegung von Ausgleichszahlungen sollte dies Berücksichtigung finden.

Im 4. Aufwuchs (September; nur gedüngte Variante beprobt) gab es kein überständiges Futter, die Qualität war gut und während der Beweidung relativ konstant (kaum Unterschiede zwischen Erst- und Nachschnitten). Warum beim Vergleich Kot zu Futter negative Differenzen auftraten, ist noch zu klären. Hier, wie auch bei der Untersuchung eventueller Effekte des Standortes (Pflanzenbestand Boden) und der Düngungsvariante müssen die Ergebnisse der Folgejahre noch einbezogen werden.

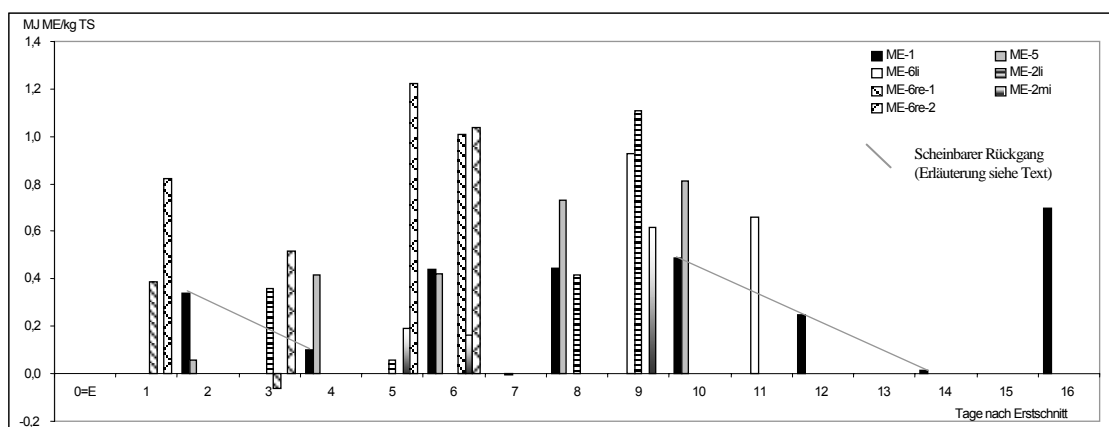


Abb. 3: Differenz der ME - Konzentrationen (7 beprobte Teilflächen)

**SCHLUSSFOLGERUNGEN:** In blüten- und stängelreichem überständigem Futter selektieren wachsende Rinder bezüglich Pflanzenteilen bzw. Bestandeshorizonten und nehmen dadurch bessere Futterqualitäten auf, als der Gesamtbestand im Mittel aufweist. Die Tiere können mit bis zu 1,2 MJ ME/kg TS höheren Energiekonzentrationen im aufgenommenen Futter rückläufige Qualitätsentwicklungen zu einem guten Teil ausgleichen. Die Energieschätzung sollte über EULOS erfolgen.

### Literatur

- GFE (1998): Herausgeber: M. KIRCHGESSNER, Mitteilung des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 7, 141-150.
- MEAK, P. (2002): Biochemische Charakterisierung von Pflanzen unterschiedlicher Nutzungsintensität zur Ableitung von Parametern für die Ermittlung des energetischen Futterwertes. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin
- RODEHUDSCORD (2003): Bestimmung der Futteraufnahme, Futterselektion und Verdaulichkeit weidender Rinder auf ökologisch bewirtschaftetem Ansaat- und Dauergrünland, mündliche Mitteilung
- SCHMIDT, L., WEISSBACH, F., HOPPE, T., KUHLA, S. (1999): Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoff-Methode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum Nachweis der selektiven Futteraufnahme auf der Weide. Landbauforschung Völknerode, Heft 3/1999, 123 – 135.
- WEISSBACH, F., KUHLA, S., SCHMIDT, L., HENKELS, A. (1999): Schätzung der Verdaulichkeit und der umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. Proc Soc. Nutr. Physiol., 8, 72



## Mutterkuhhaltung unter Auflagen im Naturschutzgebiet „Untere Havel Nord“, Land Brandenburg

R. Priebe<sup>1</sup>, I. Baeck<sup>1</sup>, U. Behrendt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Abteilung Landwirtschaft und Gartenbau,  
Referat Grünland und Futterwirtschaft  
<sup>2</sup>ZALF Müncheberg

Im Land Brandenburg werden rund 150.000 ha Grünland nach Agrarumweltprogrammen bewirtschaftet und überwiegend durch Mutterkühe und deren Nachzucht genutzt. Insbesondere in Naturschutzgebieten mit noch zusätzlichen Auflagen ist eine umsichtige Nutzung des Grünlandes erforderlich, um möglichst die Belange von Landwirtschaft und Naturschutz in Einklang zu bringen.

In der AG Hohennauen e.G. liegen rund 850 ha des insgesamt 1590 ha umfassenden Grünlandes im NSG „Untere Havel Nord“, einer Flussniederung (Feuchtgebiet) von internationaler Bedeutung. Das Gebiet ist stark vom Wasserstand der Havel beeinflusst. Die Bodenarten reichen von „lehmigen Sand“ bis „sandigen Lehm“.

Von den naturschutzfachlichen Auflagen sind aus futterwirtschaftlicher Sicht folgende besonders relevant:

- Genereller Verzicht auf mineralische N-Düngung und PSM-Einsatz
- Keine bzw. begrenzte Grunddüngung mit P und K
- Kein Umbruch mit Neuansaat, keine Nachsaat
- Hohe Wasserhaltung
- Vorgaben zum Nutzungstermin (1.6. – 16.6. – 1.7.)

Unter diesen Bedingungen lag es nahe, dieses Grünland durch Mutterkühe zu nutzen. Mit Aufbau des Mutterkuhbestandes (Quote: 370 Kühe) im Jahre 2002 begann die Beweidung mit 2 bis 3 Herden entsprechend den vorgegebenen Nutzungsterminen. Die Herdengröße umfasste 50 bis 70 Kühe und deren Nachzucht. Der Mutterkuhbestand setzte sich aus den Rassen Fleckvieh, Charolais und deren Kreuzungsprodukten zusammen.

Die schon langjährige extensive Bewirtschaftung unter den genannten Bedingungen macht die Problematik des Standortes sichtbar. Erste Ergebnisse zeigen aber auch, dass durchaus ansprechende Leistungen realisierbar sind.

### Bodennährstoffgehalt

Das Grünland im NSG wurde seit Anfang der 90-iger Jahre nicht mehr gedüngt, eine Aushagerung war zu vermuten. Bodenuntersuchungen auf Teilflächen innerhalb der 850 ha weisen bei Phosphor auf eine deutliche Unterversorgung hin (Tab. 1).

Tabelle 1: Nährstoffversorgung der Böden im NSG (2003)

Nährstoff	Hektar Relativ	Gehaltsklasse				
		A	B	C	D	E
Phosphor	513	164	310	11	28	-
	100	32	60	2	6	-
Kalium	513		136	366	11	-
	100		27	71	2	-

Für rund 60 % der beprobten Fläche wurde die Gehaltsklasse B ausgewiesen, 30 % lagen sogar in Gehaltsklasse A. Die Kaliumversorgung des Bodens ist günstiger zu beurteilen. Eine extreme Unterversorgung war nicht zu verzeichnen. 73 % der Flächen waren noch ausreichend mit Kalium versorgt. Das lässt auf einen hohen Bodenvorrat schließen oder auf einen eventuellen Eintrag über das Hochwasser der Havel.

## Pflanzenbestände

Mit Beginn der Mutterkuhhaltung wurden ausgewählte Grünlandschläge mit unterschiedlichen Vorgaben zum Nutzungstermin nach Hauptbestandbildnern und deren Ertragsanteilen bonitiert (Tab. 2). Dokumentiert sind hier nur solche Pflanzenarten, die mehr als 10 % des Gesamtertrages ausmachen. Futterwirtschaftlich wertvolle Bestände stehen auf Flächen ohne terminliche Nutzungseinschränkungen und noch auf ab 1. Juni nutzbare Schläge.

Auf den anderen Flächen haben sich über mehrere Jahre unter den verschiedenen Auflagen standortbedingt typische Pflanzenbestände herausgebildet. Mit später werdendem Nutzungstermin verschlechterten sich die Bestände. Pflanzen mit einer hohen Futterwertzahl werden verdrängt, es dominieren futterwirtschaftlich minderwertige Arten, wie Rasenschmiele, Seggenarten und Wasserschwaden. Die hohen Feuchtezahlen weisen auf überwiegend nasse Standorte hin.

Tabelle 2: Hauptbestandbildner und Ertragsanteile ausgewählter Grünlandschläge (n. BAECK, 2002)

Nutzung ab	Ertragsanteile (%)									FWZ	FZ
	o. Vorg.		1.6.	16.6.			1.7.				
Fläche	a	b	c	d	e	f	g	h	i		
<b>Hauptbestandbildner</b>											
D.Weidelgras	65		27							8	5
Weißklee	10		35							8	5
Flecht-Straußgras				47				15		7	x
Gemeine Quecke			15							6	x
Gem. Löwenzahn	10		15							5	5
Rohrglanzgras		100		30	70		43			5	9
Wasserschwaden								21		4	10
Rasen-Schmiele					27	90				3	7
Schlank-Segge							50		30	1	9
Sumpf-Segge								58	21	1	9
Acker-Kratzdistel	12									0	x

FWZ = Futterwertzahl FZ = Feuchtezahl

Eine nachhaltige Verbesserung der Vegetation auf diesen Flächen wäre wünschenswert. In Anbetracht eingengter Bewirtschaftungszeiträume und hoher Wasserstände ist eine Etablierung wertvoller Futtergräser durch Nachsaat eher fraglich.

## Weidefutterqualität

Eine kontinuierliche Bereitstellung weidereifen Futters wird durch die terminlichen Nutzungsvorgaben erschwert. Dem Weidemanagement, insbesondere der Mähweide, gebührt deshalb große Aufmerksamkeit. Aus den bisherigen Untersuchungen lässt sich Folgendes ableiten:

Grünland ohne terminliche Auflagen hatte erwartungsgemäß die beste Futterqualität (Tab. 3).

Nötigenfalls können noch Bestände, die ab 1.6. genutzt werden dürfen, im 1. Aufwuchs noch beweidet werden. Hier ist unter Umständen aber schon mit Energiedichten zu rechnen, die den Ansprüchen von Mutterkühen nicht mehr gerecht werden. Bei Nutzungsbeginn ab dem 16.6. sollte der 1. Aufwuchs konserviert werden. Die nachfolgenden Aufwüchse liefern, wenn sie zum Richtigen Zeitpunkt beweidet werden, ausreichende Qualitäten.

Tabelle 3: Weidefutterqualität in Abhängigkeit vom Nutzungstermin

Nutzung ab	Aufwuchs	Rohprotein	Rohfaser	Energiedichte
		% in kg TM		MJ NEL/kg TM
o. Termin	1	19,8	21,8	6,3
1.6.	1	16,9	25,5	5,5
16.6.	1	10,0	30,4	5,2
16.6.	2	18,2	25,5	6,0
1.7.	1	9,9	32,8	4,4

Noch spätere Nutzung (1.7.) liefert ungenügende Futterqualität (4,4 MJ NEL/kg TM). Dieser Aufwuchs wird zwar noch konserviert, dessen alleiniger und länger andauernder Einsatz als Konservat in der Winterfutterperiode sichert die Nährstoffversorgung der Mutterkühe nicht. Das Heu dient gleichlaufend als „Einstreu“ für Winterfutterplätze.

### Lebendmasseentwicklung

Für die AG Hohennauen hat die Produktion von Absetzern Priorität. Sie werden mit rund 200 kg Lebendmasse zur Weitermast verkauft. Im Jahre 2002 konnten die Zunahmen nicht befriedigen (Tab. 4). Ursache waren die hohen Niederschläge und das Havel-Hochwasser, die einen häufigen Umtrieb auf trockenere Weiden notwendig machte. Oft war das mit einer Verschlechterung der Weidefutterqualität verbunden.

Tabelle 4: Tägliche Lebendmassezunahme (TLMZ) von Mutterkuhkälbern während der Weidesaison

Jahr	Tierzahl	TLMZ (g)
2002	58	989
2003	61	1070
2004	55	1225

Mit zunehmender Beherrschung des Weidemanagements wurden aber rassetypische Zunahmen realisiert. Das zeigt, dass Mutterkühe dieses Grünland noch effektiv verwerten können und ihr Leistungsvermögen über die Milch auf das Kalb übertragen, wenn einige Grundsätze eingehalten werden. Den Herden sind stets ausreichend große Koppeln freizugeben, damit ein selektives Grasens gewährleistet ist. Höhere Weidefuttermasse sind einzuplanen und nötigenfalls durch Nachmahd zu beseitigen. Zum richtigen Zeitpunkt durchgeführt, trägt sie auch zur Unterdrückung unerwünschter Pflanzenarten bei.

### Endotoxingehalt von Grünlandaufwüchsen

Veränderungen der Nutzungsintensität des Grünlandes können insbesondere unter dem Einfluss reduzierter Schnitthäufigkeit und Düngung die Mikroorganismengemeinschaften der Phyllosphäre nachhaltig beeinflussen. Somit werden Voraussetzungen geschaffen, die einen signifikanten Anstieg der Besiedlung mit heterotrophen Bakterien zur Folge haben und damit die Gefahr einer Anreicherung von toxischen Stoffwechselprodukten und Zellinhaltsstoffen im Futter erhöhen. Von besonderem Interesse sind hier die Endotoxine Gram-negativer Bakterien.

Als Endotoxin wird der hitzestabile Lipopolysaccharid-Protein-Komplex der Zellwand Gram-negativer Bakterien bezeichnet, dessen eigentlich toxische Komponente – das Lipid A – vorwiegend beim Zelltod freigesetzt wird, darüber hinaus aber auch aktiv über das „Shedding“ in die Umwelt abgegeben werden kann.

Geringe Konzentrationen haben durchaus eine positive Wirkung. Sie stimulieren das Immunsystem und stärken körpereigene Abwehrkräfte. Bei Aufnahme großer Mengen mit Endotoxinen belasteten Futters können gesundheitliche Probleme auftreten (z.B. Anstieg der Körpertemperatur, Blutdruckabfall, Immunparalyse, metabolische Azidose),

aber auch Endotoxikosen in ihren vielfältigen Erscheinungsformen werden mit Endotoxinen in Verbindung gebracht.

Der Gehalt an Endotoxin zeigte eine deutliche Beziehung zum Alter der Aufwüchse (Abb. 1). Insbesondere auf den überständigen Beständen im Juli konnte ein signifikanter Anstieg gegenüber dem 1. und 2. Aufwuchs bei konventioneller Bewirtschaftung nachgewiesen werden. Nach KRÜGER müssen diese Aufwüchse als mittelgradig kontaminiert eingestuft werden. Bei Aufnahme solchen Futters muss aber noch nicht mit einem dramatischen Erkrankungsverlauf gerechnet werden, endotoxinassoziierte Belastungen sind aber zu erwarten.

Auf dem überständigen 1. Aufwuchs im Juni entsprach in der Mehrzahl der untersuchten Flächen der Endotoxingehalt schon dem des 2. Aufwuchses von konventionell bewirtschaftetem Grünland. Auch bei konventioneller Bewirtschaftung und Nutzung ist der Endotoxingehalt der Folgeaufwüchse auf Grund saisonaler Einflüsse auf die Bakterienbesiedlung generell höher als beim ersten Aufwuchs.

Die auf den Flächen im Westhavelland festgestellten Endotoxingehalte waren mit denen im Rhinluch und Havelländischen Luch vergleichbar.

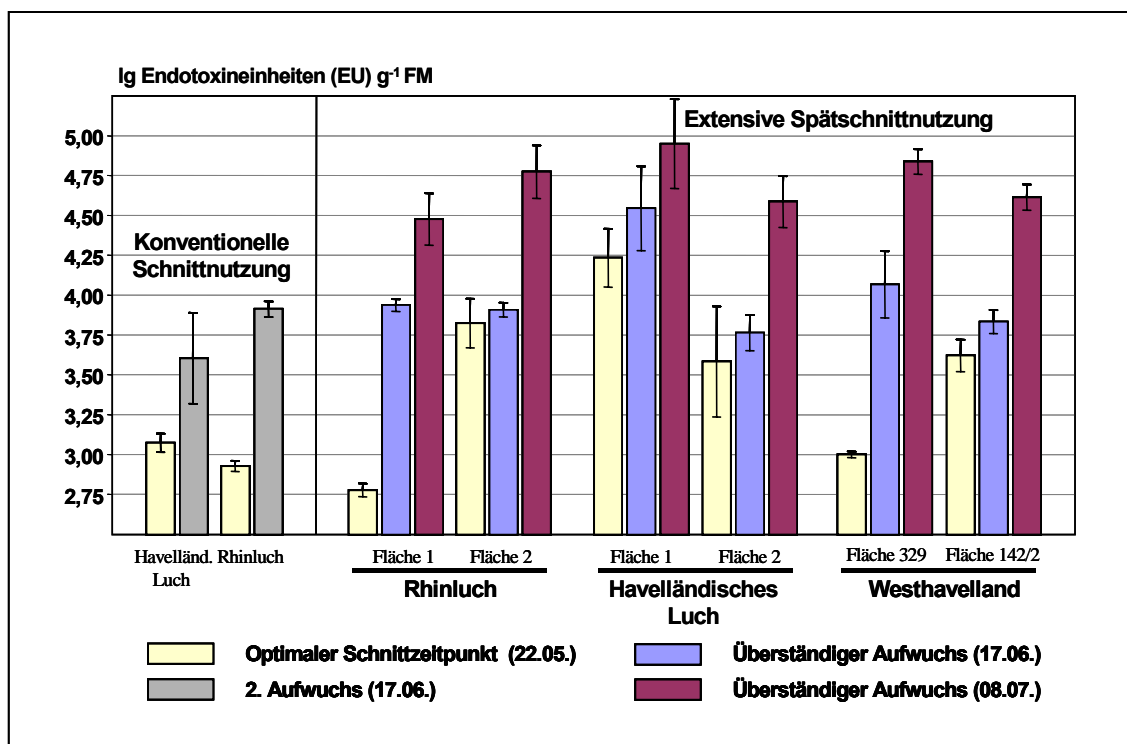


Abb. 1: Endotoxingehalt von Aufwüchsen differenzierter Nutzung (U.BEHRENDT, ZALF Münchenberg)

### Fazit

Abschließend kann festgestellt werden, dass auch so genannte „Intensivrassen“ durchaus in der Lage sind Naturschutzgrünland noch effektiv zu verwerten. Rassetypische Lebendmassezunahmen der Kälber während der Weideperiode bestätigen das.

Dem Weidemanagement, insbesondere der Mähweide, gebührt unter den genannten Auflagen große Aufmerksamkeit. Der 1. Aufwuchs von Spätschnittflächen (ab 16.6. und später) sollte konserviert werden. Folgeaufwüchse weisen dann, wenn zum richtigen Zeitpunkt beweidet, für Mutterkühe ausreichende Qualitäten aus. Allerdings sind die daraus hergestellten Konservate als Alleinfutter in der Winterfutterperiode für eine längere Periode kaum einsetzbar. Ausreichend große Koppeln sind für ein selektives Grasens erforderlich, höhere Weidefuttermittelverluste einzuplanen.

# Umsetzung der KULAP-Maßnahme „Extensive Weide“ in Sachsen

G. Riehl, M. Wagner  
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

## Einleitung

Der Freistaat Sachsen bietet seit 1993 das Agrarumweltprogramm "Umweltgerechte Landwirtschaft" an. Im Jahr 2004 wurden von den 181.541 ha Grünland 14 % mit Maßnahmen des Teilprogramms „Naturschutz und Erhalt der Kulturlandschaft“ (NAK) und 52 % mit Maßnahmen des Teilprogramms „Extensive Grünlandwirtschaft“ (KULAP) bewirtschaftet. Die schlagbezogen wählbare Maßnahme „Extensive Weide“ im KULAP wurde 2004 auf 33.643 ha, das sind 35 % der gesamten KULAP-Fläche, angewendet. Die „Extensive Weide“ hat in Abhängigkeit von den regionalen Gegebenheiten in Sachsen seit 1993 eine hohe Akzeptanz. Sie nimmt seit Jahren einen Anteil von etwa 20 % an der Gesamtgrünlandfläche Sachsens ein.

Wesentliche Teilnahmebedingungen für die „Extensive Weide“ sind neben der Einhaltung eines Viehbesatzes von 1,4 GV je ha LF des Betriebes der Verzicht auf den Einsatz chemisch-synthetischer N-Düngemittel und Pflanzenschutzmittel. Weiterhin wird eine Mindestbesatzstärke von 0,3 GV/ha extensive Weide gefordert. Die „Extensive Weide“ soll zur Erhaltung der Kulturlandschaft, zum Schutz des Bodens und des Trinkwassers, zur Erhaltung des Lebensraums für standortspezifische Flora und Fauna sowie zu einer Marktentlastung mit beitragen.

Im Rahmen eines 2003 und 2004 durchgeführten Forschungsprojektes wurden die Anwendungsformen und Auswirkungen dieser KULAP-Maßnahme sachsenweit erfasst (RIEHL et al., 2005).

## Material und Methoden

Die Analyse der Flächendaten von landwirtschaftlichen Betrieben mit Anwendung der „Extensiven Weide“ ermöglichte Aussagen zu Umfang und Verteilung dieser Fördermaßnahme von 1999 bis 2003.

Mit einem Fragebogen, der an Betriebe, die 2003 an der Fördermaßnahme teilgenommen hatten, verschickt wurde, sollte vorrangig geklärt werden, welche Tierarten mit welchem Weideverfahren bei „Extensiver Weide“ eingesetzt werden.

Detaillierte Erhebungen zu Bewirtschaftung, Pflanzenbestandeszusammensetzung, Ertragsentwicklung und Futterqualität wurden in vier ausgewählten Praxisbetrieben sowie auf dem Mähstandweideversuch Christgrün in den Jahren 2003 und 2004 (bis Ende August) durchgeführt (Tab. 1).

Tabelle 1: Beschreibung der Praxisbetriebe und des Mähstandweideversuchs Christgrün

Betriebsbezeichnung = Landwirtschaftliches Vergleichsgebiet	Witterungsdaten (langjähriges Mittel)	Standortseinheit	Nutzung
<b>EKG = Erzgebirgskamm</b>	6,0 °C, 900 mm NS 400-500 m ü. NN	V 8	Mutterkuhhaltung in Umtriebsweide (Fleckvieh)
<b>MSP = Mittelsächsische Platte</b>	8,0 °C, 680 mm NS 300-330 m ü. NN	Lö 4	Jungrinder für Milchviehproduktion in Koppelweide (Schwarzbunte, Holstein- Friesian)
<b>DDH = Dübener-Dahleiner Heide</b>	8,9 °C, 550 mm NS 90 m ü. NN	D 2 – D 5	Mutterkühe in Kombination von Stand- und Koppelweide mit Überwinterung im Freien (Highlands)
<b>ESG = Elbsandsteingebirge</b>	7,4 °C, 760 mm NS 270 m ü. NN	Lö 6	Tragende Färsen für Milchviehproduktion in Umtriebsweide (Schwarzbunte)
<b>Christgrün (= Elsterbergland)</b>	7,5 °C, 581 mm NS 420 m ü. NN	V 5	Mähstandweide (Hereford-Färsen)

Die Vegetationsaufnahmen (Ertragsanteilsschätzungen nach KLAPP/STÄHLIN, zit. in VOIGTLÄNDER u. VOSS, 1979) erfolgten kurz vor der ersten Nutzung, im Sommer und gegen Ende der Vegetationsperiode auf Dauerquadraten. Futterproben zur Untersuchung des Futterangebotes und der -qualität wurden jeweils kurz vor Beweidungsbeginn entnommen. Die Bestimmung der Rohnährstoffgehalte erfolgte nach den bekannten VDLUFA-Methoden.

Folgende Schätzgleichungen zur Bestimmung des energetischen Futterwertes der Grünlandaufwüchse (auf Basis Rohnährstoffe, GFE, 1998) wurden verwendet:

$$\text{ME [MJ/kg TS]} = 14,06 - (0,0137 * \text{XF} * 10) + (0,00483 * \text{XP} * 10) - (0,0098 * \text{XA} * 10) \text{ für den 1. Aufwuchs}$$

$$\text{ME [MJ/kg TS]} = 12,47 - (0,00686 * \text{XF93} * 10) + (0,00388 * \text{XP} * 10) - (0,01355 * \text{XA93} * 10) \text{ für die Folgeaufwüchse}$$

$$\text{NEL [MJ/kg TS]} = 0,6 * (1 + 0,004 * (\text{ME/GE} * 100 - 57)) * \text{ME}$$

Im Herbst 2003 und Frühjahr 2004 wurden insgesamt 99 Bodenproben (Entnahmetiefe 0-10 cm) auf den einbezogenen Weideflächen der Praxisbetriebe entnommen. Es wurden u. a. die Gehalte an Phosphor (CAL) und der pH-Wert nach VDLUFA 1997) bestimmt.

## Ergebnisse und Diskussion

### Regionale Verteilung

Die „Extensiver Weide“ ist entsprechend der ausgeprägten naturräumlichen Differenzierung des Freistaates Sachsen auf den unterschiedlichsten Standorten anzutreffen. Sie hat ihre höchsten Anteile in den grünlandreichen Agrarstrukturgebieten „Erzgebirgsvorland, Vogtland, Elsterbergland“ mit 28 % und „Erzgebirgskamm“ mit 22 % (Abb. 1).

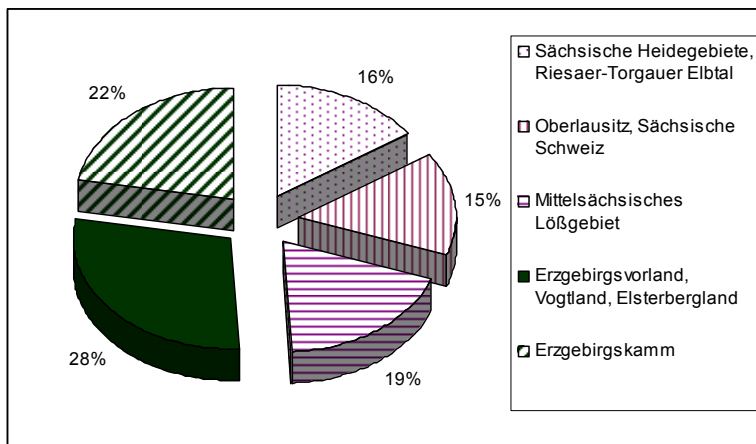


Abb. 1:  
Prozentualer Anteil der Fördermaßnahme „Extensive Weide“ in den Agrarstrukturgebieten Sachsens an der Gesamtfläche „Extensive Weide“ im Jahr 2003

### Befragung zur Bewirtschaftung von „Extensiven Weiden“

Von den 1.573 versandten Fragebögen wurden 16 % mehr oder weniger vollständig ausgefüllt zurückgesandt. Die Befragungsteilnehmer bewirtschafteten 2003 18.393 ha Grünland, davon 8.416 ha mit „Extensiver Weide“. Dies entspricht 24 % der Gesamtfläche „Extensiver Weide“ 2003 in Sachsen.

Bei den mit „Extensiver Weide“ gehaltenen Tierarten nahmen die Rinder mit 57 % den größten Anteil ein. An zweiter Stelle folgte die Beweidung mit Schafen (19 %), dann die mit Pferden (15 %) und die Damwildhaltung (6 %). Als Nutzungsrichtung dominierten deutlich die Mutterkühe (48 %), gefolgt von den Jungrindern (35 %). Mastrinder wurden nur mit 11 % und Milchkühe mit 6 % genannt

Bei allen Tierarten, mit Ausnahme des Damwildes, erreichte die Mähweide sowohl in Bezug auf die Häufigkeit der Anwendung als auch flächenmäßig den größten Umfang. Nur beim Damwild dominierte die Standweide. Bezüglich der Häufigkeit der angewand-

ten Weideverfahren folgte an zweiter Stelle die Koppelweide, gefolgt von Standweide und Umtriebsweide. Jedoch nahmen Koppel- und Umtriebsweide knapp sechsmal mehr Fläche in Anspruch als die Standweide.

*Datenerhebungen in ausgewählten repräsentativen Praxisbetrieben*

Um die auf den vier Praxisbetrieben erhobenen Daten einschätzen und bewerten zu können, wurden zum Vergleich immer die entsprechenden Daten des Mähstandweideversuchs in Christgrün herangezogen.

Bodennährstoffversorgung

Die extensiv genutzten Weideflächen der untersuchten Praxisbetriebe waren größtenteils mit Kalk und Phosphor unterversorgt. Nur im Mähstandweideversuch Christgrün lagen der pH-Wert und die Phosphorgehalte im optimalen bzw. hohen Bereich (Abb. 2).

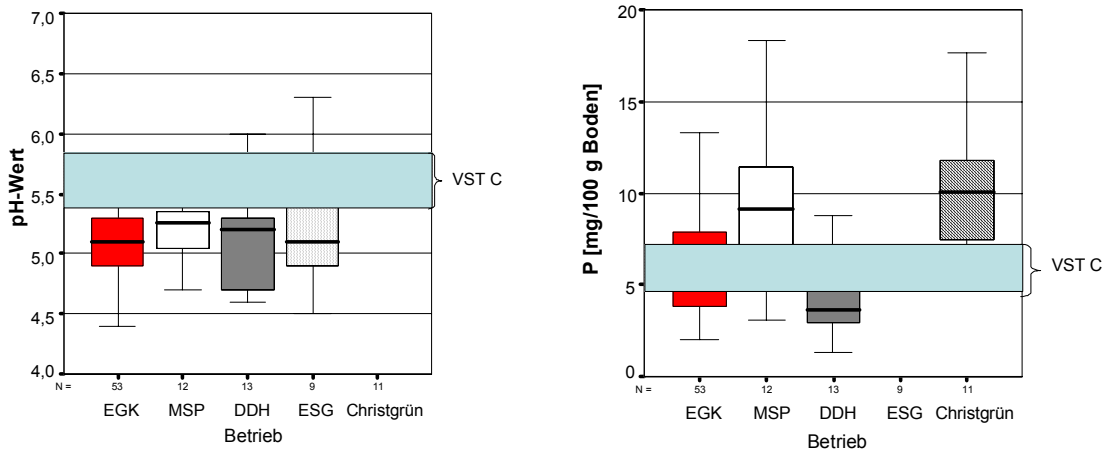


Abb. 2: pH-Wert und P-Gehalt (CAL) der untersuchten Weideflächen in den Praxisbetrieben und im Mähstandweideversuch Christgrün

Pflanzenbestände

In Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung unterschieden sich die Pflanzenbestände der Weidenarben in den Praxisbetrieben und dem Mähstandweideversuch hinsichtlich ihrer Artenzahl (Tab. 2). In den 170 Pflanzenbestandsaufnahmen der 5 Standorte kamen insgesamt 112 Arten vor, wobei die Gesamtartenzahl im Betrieb Düben-Dahlener Heide mit 80 am höchsten war.

Die geringste Gesamtartenzahl wurde in Christgrün vorgefunden. Sie resultiert in erster Linie aus den homogeneren Standortbedingungen und der Mähstandweidenutzung.

Tabelle 2: Gesamtartenzahlen auf den Untersuchungsflächen der Praxisbetriebe und im Mähstandweideversuch Christgrün (Mittel der Jahre 2003 und 2004)

	EKG	MSP	DDH	ESG	CG	Alle Betriebe
<b>Gesamt</b>	<b>75</b>	<b>46</b>	<b>80</b>	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>112</b>
Gräser	21	17	19	17	13	25
Kräuter	47	28	52	23	23	74
Leguminosen	5	1	6	2	2	8
Grasartige	2	0	3	0	0	5

Die Pflanzenbestände können als artenreich eingeschätzt werden. SCHLEY und LEYTEM (2004) stellten anhand einer Literaturübersicht heraus, dass sich die Beweidung mit an den Standort angepassten Viehzahlen und -dichten auf die biologische Vielfalt extrem positiv auswirkt. Die extensive Beweidung fördert in erster Linie die Strukturvielfalt der beweideten Flächen und erhöht somit die Zahl der vorkommenden ökologischen Ni-

schen. Dies ermöglicht einer größeren Anzahl von Pflanzenarten Fuß zu fassen, was sich positiv auf die Etablierung komplexer Biozöosen auswirkt. Auf den „Extensiven Weiden“ konnte eine mittlere Artenzahl von 18 ermittelt werden und sie erreicht damit fast den Schwellenwert für artenreiche Flächen (20) (Abb. 3).

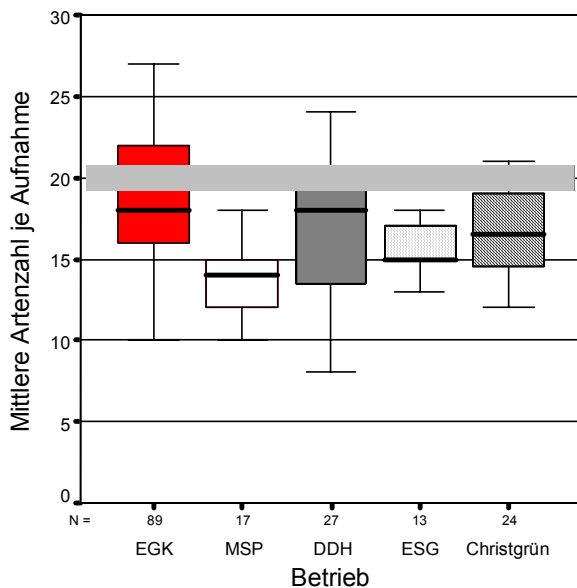


Abb. 3: Durchschnittliche Artenzahl je Aufnahme in den Praxisbetrieben und im Mähstandweideversuch Christgrün (Mittel der Aufnahmen und Jahre)

Lediglich 13 der insgesamt 112 Arten wiesen eine Stetigkeit von über 50 % auf, bei 66 Arten lag die Stetigkeit unter 5 %. Unter den Gräsern dominierte *Agropyron repens*, gefolgt von *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Phleum pratense* und *Alopecurus pratensis*.

Bei den Kräutern wiesen *Taraxacum officinale*, *Rumex obtusifolius*, *Ranunculus repens*, *Plantago major* und *Cerastium holosteoides* die höchsten Stetigkeiten auf. Für *Trifolium repens* konnte erwartungsgemäß eine Stetigkeit von 88 % ermittelt werden. Von den 25 vorgefundenen Grasarten können 11 Arten dem Wirtschaftsgrünland zugeordnet werden, 10 Arten zählen zum Extensivgrünland (BRIEMLE et al., 2002). Von den 74 Kräutern können 21 dem Extensivgrünland und 12 Kräuter dem Wirtschaftsgrünland zugeordnet werden.

### Futterqualität

Die Bestimmung der Futterqualität auf Weiden ist schwierig, da insbesondere auf Standweide- oder Mähstandweidesystemen das von den Tieren tatsächlich aufgenommene Futter dem durch Probeschnitte gewonnenem Material häufig nicht entspricht. Durch die Einbeziehung der Kot-N-Methode (SCHMIDT et al., 1999) konnten die mehr oder weniger stark auftretenden Unterschiede aufgezeigt werden. Ziemlich gering waren die Unterschiede im Mähstandweideversuch Christgrün und bei den Stichproben auf den Weiden mit kurzem Beweidungszeitraum im Betrieb Erzgebirgskamm. Im Betrieb Düben-Dahlener Heide zeigten sich dagegen erhebliche Unterschiede.

Die Energiedichte in den beprobten Aufwüchsen schwankte im Untersuchungszeitraum 2003/04 zwischen 5,4 und 7,4 MJ NEL/kg TS (Abb. 4).

Im Mähstandweideversuch Christgrün wurden 2003 die höchsten Energiegehalte bestimmt (Mittel 6,5 MJ NEL/kg TS), sie sind als gut einzuschätzen. Die über die Kot-N-Methode bestimmten Energiegehalte stimmten gut mit denen aus den Schnittproben überein. Im Betrieb Elbsandsteingebirge beruhen die deutlich niedrigeren Energiegehalte auf der z. T. späten Nutzung der sehr grasreichen Bestände. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass die Weidetiere aufgrund ihrer Futterselektion energiereicheres Futter aufgenommen haben, wie es Analysen des Kotstickstoffs im Betrieb Düben-Dahlener Heide zeigten.



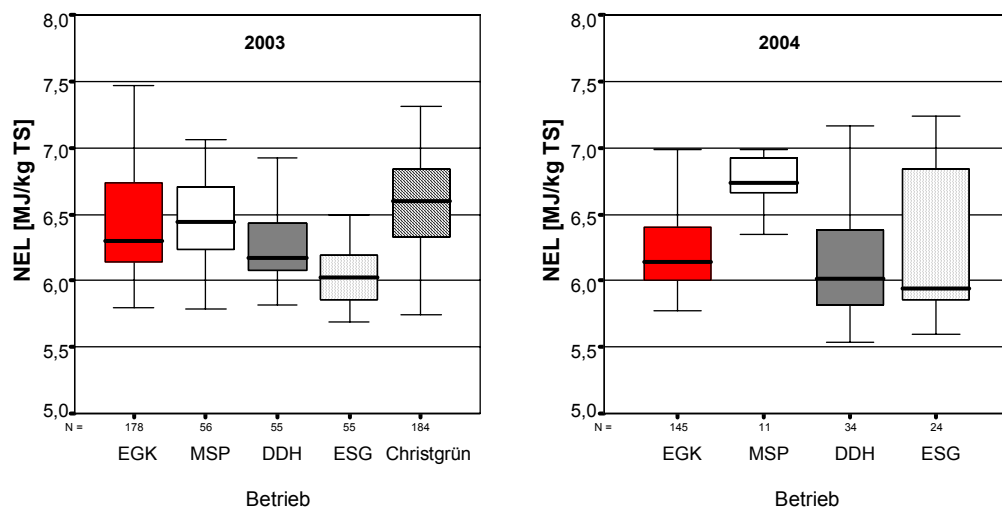


Abb. 4: Energiegehalt [MJ NEL/kg TS] in den Weideaufwüchsen der Praxisbetriebe (2003 und 2004) und des Mähstandweideversuchs Christgrün (2003)

Weideleistung (nach FALKE/GEITH, modifiziert nach WEIßBACH 1993) im Mähstandweideversuch Christgrün (Mittel 1998 – 2004)

Im extensiven System (keine mineralische N-Düngung), das der KULAP Maßnahme „Extensive Weide“ entspricht, war die Besatzstärke mit 1,7 GV/ha um 29 % und der berechnete Bruttoweideertrag mit 73 dt TM/ha um 26 % niedriger als im reduzierten System (max. 120 kg Ges.-N/ha\*Jahr). Dementsprechend war im extensiven System auch die Nettoweideleistung mit 30,9 GJ NEL/ha um 24 % niedriger. Bezogen auf das Einzeltier wurden in beiden Systemen aber nahezu ähnliche Lebendgewichtszunahmen erzielt (870 ( $\pm$  53) bzw. 825 ( $\pm$  140) g je Tier und Weidetag).

Mit geeigneten Weideverfahren, wie z. B. der Mähstandweidenutzung, können also auch bei „Extensiver Weide“ gute Leistungen je Tier erzielt werden, wenn das Weideverfahren fachgerecht durchgeführt wird.

**Schlussfolgerungen**

Die KULAP-Maßnahme „Extensive Weide“ findet in Abhängigkeit von den regionalen Gegebenheiten in Sachsen eine hohe Akzeptanz.

Wichtige Einflussfaktoren wie Standort und individuelle Bewirtschaftung differieren aber teilweise sehr stark und haben so einen großen Einfluss auf die Pflanzenbestandszusammensetzung und damit auf die Ertragsentwicklung und Futterqualität. Auch bei „Extensiver Weide“ können gute Einzeltierleistungen erzielt werden. Entscheidend ist, dass die Tiere ausreichend Möglichkeiten zur Selektion haben.

Eine ausreichende Kalk- und Grundnährstoffversorgung sowie intakte und stabile Pflanzenbestände sind weitere unverzichtbare Bedingungen.

Die „Extensive Weide“ trägt wesentlich zur Nutzung und Erhaltung des sächsischen Grünlandes bei. Neben der der Futtererzeugung werden auch wichtige Anforderungen des biotischen Ressourcenschutzes erfüllt. Weidende Rinder und Schafe prägen nicht nur das Landschaftsbild positiv (ästhetischer Ressourcenschutz), sondern Weide bietet grundsätzlich die höchste Qualität tiergerechter Haltung.

## Literatur

- BRIEMLE, G.; NITSCHKE S.; NITSCHKE, L. (2002): Nutzungswertzahlen für Gefäßpflanzen des Grünlandes. In: KLOTZ, S.; KÜHN, I.; DURKA, W. (2002): BIOLFLOR – Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. Schriftenreihe zur Vegetationskunde, Heft 38, S. 203-225.
- GfE, (1998): Hrsg.: M. KIRCHGESSNER, Mitteilung des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 7, S: 141-150.
- RIEHL, G. u. M. WAGNER in SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2005): Extensive Weide im KULAP. Schriftenreihe der LfL, 10, (im Druck).
- SCHLEY, L.; LEYTEM, M. (2004): Extensive Beweidung mit Rindern im Naturschutz: eine kurze Literaturlauswertung hinsichtlich der Einflüssen auf Biodiversität. Bull. Soc. Nat. luxemb. 105, S. 65-85
- SCHMIDT, L.; WEISSBACH, F.; HOPPE, T. und KUHLA, S. (1999): Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoff-Methode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum Nachweis der selektiven Futteraufnahme auf der Weide. Landbauforschung Völkenrode, Heft 3, S: 123-135
- VDLUFA (1997): VDLUFA-Methodenbuch. Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik. Band 1. Darmstadt, VDLUFA-Verlag.
- VOIGTLÄNDER, G. und VOSS, N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Ulmer, Stuttgart, 207 S:
- WEISSBACH, F., 1993: Energiebedarf von Weidetieren und zweckmäßiger Weidetierbesatz. Der Tierzüchter, 45 (11), S. 18-21.

# Graseverhalten und Selektivität weidender Ochsen auf extensiver Standweide

K. Röver, N. Sahin, M. Hofmann, J. Isselstein  
 Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen

## Einleitung

Extensive Systeme der Weidetierhaltung, z.B. der Fleischrinderhaltung, können angewendet werden, um ertragsschwaches Grünland einerseits landwirtschaftlich zu nutzen und andererseits auch Aspekte der Artenvielfalt zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen des EU-Projektes 'FORBIOBEN' untersucht, welche Beziehungen zwischen Graseverhalten und Beweidungsintensität auf extensiv bewirtschaftetem Grünland bestehen. Dabei wurde geprüft, wie sich eine extensive Beweidung auf die Artenvielfalt auswirkt, und wie sich das Graseverhalten im Vergleich zu intensiver Beweidung verändert (ROOK et al., 2004). Hierzu wurde ein mehrjähriger Weideversuch mit Ochsen auf extensiv bewirtschaftetem Grünland eingerichtet. Unter anderem wurden Erhebungen zur Produktivität und Artenvielfalt des Grünlandes sowie zur Weideleistung der Ochsen durchgeführt. Über die Untersuchungen zu Graseverhalten und Selektivität bei der Futteraufnahme der Weidetiere im Hinblick auf Beweidungsintensität und Rinderrasse wird hier berichtet.

## Material und Methoden

Im Frühjahr 2002 wurde auf einer langjährig ungedüngten und vorhergehend als Standweide genutzten Dauergrünlandfläche des Versuchsgutes der Universität Göttingen in Reliehausen/Solling (51°N 9°E, 250 m ü. NN), ein dreijähriger Weideversuch (Standweide) mit den folgenden drei Varianten bei drei Wiederholungen als Blockanlage angelegt (Parzellengröße: 1 ha):

MC (Fleckvieh/intensiv): Ochsen der leistungsfähigen Rinderrasse Fleckvieh, intensive Beweidung; Zielnarbenhöhe: 6 cm; Ziel: Maximierung des agronomischen Nutzens.

LC (Fleckvieh/extensiv): Ochsen der leistungsfähigen Rasse Fleckvieh, extensive Beweidung; Zielnarbenhöhe: 12 cm; Ziel: Erhöhung der Artenvielfalt.

LT (Deutsch Angus/extensiv): Ochsen der mittelgroßen Rasse Deutsch Angus; extensive Beweidung; Zielnarbenhöhe: 12 cm; Ziel: Erhöhung der Artenvielfalt

Tabelle 1: Besatzstärke sowie durchschnittliche Auf- und Abtriebsgewichte in den Versuchsjahren 2002 bis 2004

Saison	16.5.-26.9.2002			24.4.-14.10.2003			21.4.-5.10.2004		
Variante	Besatz- stärke	Auftriebs- gewicht	Abtriebs- gewicht	Besatz- stärke	Auftriebs- gewicht	Abtriebs- gewicht	Besatz- stärke	Auftriebs- gewicht	Abtriebs- gewicht
	GV / ha	kg / Tier	kg / Tier	GV / ha	kg / Tier	kg / Tier	GV / ha	kg / Tier	kg / Tier
MC	3,8	263,8	343,0	2,8	317,7	401,8	3,1	296,0	363,6
LC	2,4	261,6	371,2	1,1	297,1	398,7	1,8	314,2	428,9
LT	2,8	340,2	444,7	1,4	301,6	400,2	1,7	325,3	435,9

Die Beweidung erfolgte in den Versuchsjahren von April/Mai bis September/Oktober. Der Tierbesatz wurde an die wöchentlich mit dem Diskmeter (Castle, 1976) (50 Messungen/Parzelle) ermittelte Narbenhöhe angepasst. Weideperioden, GV-Besatz und Gewichte der Ochsen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Graseverhalten der Ochsen: Das Verhalten der Weidetiere wurde an drei Terminen in der Weidesaison (Mai/Juni, Juli und September/Oktober) jeweils über einen Lichttag (Sonnenauf- bis -untergang) erfasst. Je Termin wurde an drei aufeinander folgenden Tagen jeweils ein Block untersucht, wobei je Parzelle die drei Kerntiere beobachtet wurden. Im Abstand von 5 Minuten wurden die Verhaltensweisen 'Grasen', 'Gehen', 'Trinken', 'Wiederkauen' und 'Sonstiges Verhalten' notiert.

Bisstypen beim Grasens: Um die Futteraufnahme genauer zu untersuchen, wurde zusätzlich bei der Verhaltensweise 'Grasens' der so genannte 'Bisstyp' erfasst, d.h., das im Moment der Beobachtung aufgenommene Futter wurde anhand visueller Beurteilung der Grasnarbe an der Fraßstelle einer der 4 Bisstyp-Kategorien 'nur Gras-kurz', 'nur Grass-hoch', 'gemischt-kurz' und 'gemischt-hoch' zugeordnet. Bestand der Bissen zu über 90% aus Gras, wurde er der Kategorie 'nur Gras', andernfalls 'gemischt' zugeordnet. Narbenbereiche bis 6 cm Höhe wurden als 'kurz' bezeichnet, höhere Bereiche als 'hoch'.

Angebotene Bisstypen: Um das angebotene Futter in Form von Bisstypen darzustellen, wurden Daten, die aus Erhebungen zur Botanik stammen, ausgewertet. Bei diesen zeitnah zu den Verhaltensbeobachtungen durchgeführten Erhebungen wurde je Parzelle entlang einer 50 m langen Transekte im Abstand von 10 cm (500 Punkte) mit einem Sward-Stick (BARTHAM, 1986) gemessen. Auf diese Weise wurden Art und Höhe der Pflanze am Messpunkt sowie die unterhalb dominierende Art erfasst. Aus diesen Daten konnte für jede einzelne Messung der Bisstyp gebildet werden.

Selektivität: Die Selektivität bei der Futteraufnahme wurde bestimmt durch den Anteil eines Bisstyps in der Futterration relativ zu seinem Anteil am gesamten Futterangebot auf der Fläche. Diese Selektion der Bisstypen wurde quantifiziert durch die Berechnung eines Selektivitäts-Indexes (Si) für jeden Bisstyp unter Verwendung des Jacobs Index: 
$$Si = (ci - ai) / (ci + ai - 2ciai)$$

mit  $ci$  = Proportion (zwischen 0 und 1) eines Bisstyps  $i$  in der Ration des Tieres und  $ai$  = Proportion (zwischen 0 und 1) eines Bisstyps  $i$  im Futterangebot der Fläche

Si variiert von -1 bis +1, wobei negative bzw. positive Werte die Vermeidung bzw. Bevorzugung des betreffenden Bisstyps anzeigen. Der Wert 0 bedeutet, dass ein Bisstyp im gleichen Verhältnis zum Angebot auch genutzt wird.

### **Ergebnisse und Diskussion**

In Tabelle 2 ist zu erkennen, dass die Ochsen im Durchschnitt der 3 Versuchsjahre etwa während der Hälfte der Beobachtungszeit die Verhaltensweise 'Grasens' ausübten. Zwischen 3,1% und 5,8% des Lichttages 'gingen' die Tiere. Die Verhaltensweise 'Trinken' nahm nur einen sehr geringen Anteil ein. Der Anteil des 'Wiederkauens' lag zwischen 17,4% und 21,7%. Das verbleibende Viertel des Lichttages verbrachten die Ochsen mit 'sonstigem Verhalten'.

Der Vergleich der Verhaltensweisen bezogen auf die Varianten zeigte, dass die Ochsen der Behandlung LT weniger Zeit mit 'Grasens' und 'Gehens' (Futtersuche) verbrachten, dafür aber mehr Zeit zum 'Wiederkauen' verwendeten. Für diesen Effekt könnte zum einen die Rasse verantwortlich sein, zum anderen aber auch die Herkunft und Erfahrung der Tiere, sowie ihr Gewicht und damit zusammenhängend die Ansprüche an das Futter.

Das Verhalten wurde weiterhin von Termin und Versuchsjahr beeinflusst. Der Anteil der Verhaltensweise 'Grasens' stieg vom ersten bis zum dritten Termin an, während zum 'Gehens' und zum 'Trinken' am ersten Termin mehr Zeit aufgewendet wurde, als an den beiden Folgeterminen. Der zum 'Wiederkauen' und für 'sonstiges Verhalten' verwendete Anteil des Lichttages nahm zum Herbst hin ab.

Da die Beobachtungszeit bei den beiden ersten Terminen etwa gleichlang war (ca. 16h), ist zu vermuten, dass die Tiere die sonstigen Verhaltensweisen zugunsten des 'Grasens' reduzierten. Dies war vermutlich der Fall, da anzunehmen ist, dass die Futterqualität im Verlauf der Weidesaison abnahm und somit von den Tieren mehr Zeit aufgewendet werden musste, um eine gute Ration zusammenstellen zu können. Diese Entwicklung setzte sich auch bei den Beobachtungen am kürzeren Beobachtungstermin im Herbst (ca. 13h) fort. Die im Herbst beobachtete geringere Wiederkauaktivität lässt vermuten, dass diese Verhaltensweise, da sie zur Futterverdauung, insbesondere bei rohfaserreicherem Futter, notwendig ist und nicht reduziert werden kann, in die Dämmerungs- oder Nacht-Stunden verlegt wurde. Eine andere Möglichkeit wäre, dass die Futterqualität im Herbst besser war als im Sommer. Weitere Untersuchungen werden das zeigen.

Tabelle 2: Verhaltensweisen in Prozent des Beobachtungszeitraumes an je 3 Terminen in den Jahren 2002 bis 2004, Mittel der Haupteffekte

Verhaltensweise:	Grasen	Gehen	Trinken	Wiederkauen	Sonstiges	
Variante	MC	51,1 a <sup>1)</sup>	4,7 a	1,1	17,4 a	25,7
	LC	51,3 a	4,9 a	1,2	19,3 ab	23,4
	LT	46,4 b	3,1 b	0,8	21,7 b	27,8
Termin	Mai/Juni	39,6 a	5,1 a	1,5 a	20,9 a	32,8 a
	Juli	51,6 b	3,6 b	0,8 b	20,0 ab	23,8 b
	Sept/Okt	58,1 c	3,8 b	0,7 b	17,6 b	19,7 c
Jahr	2002	49,5 ab	4,4 a	1,4 a	19,3 ab	25,3
	2003	46,2 a	5,8 b	0,9 b	21,4 a	25,7
	2004	51,9 b	3,0 c	0,7 b	18,4 b	26,0

<sup>1)</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (Bonferroni, 5%). Es wurden Unterschiede innerhalb eines Haupteffektes und innerhalb einer Verhaltensweise untersucht.

Die besonderen Witterungsverhältnisse im Jahr 2003 (Trockenheit) hatten reduziertes 'Grasen', sowie vermehrtes 'Gehen' zur Folge. Diese Beobachtung kann als erhöhte Suchaktivität bei der Futteraufnahme interpretiert werden und hängt mit dem vermutlich weniger guten Futterangebot im Jahr 2003 zusammen, genauso wie die Tatsache, dass die Weidetiere häufiger die Verhaltensweise 'Wiederkauen' ausübten, um das wahrscheinlich strukturreichere Futter in 2003 verdauen zu können.

Tabelle 3: Angebot verschiedener Bisstypen, Mittel der Haupteffekte (Anteil am gesamten Futterangebot in %)

Bisstyp-Angebot:	nur Gras-hoch	nur Gras-kurz	gemischt-hoch	gemischt-kurz	
Variante	MC	41,7 (a)	17,0 a <sup>1)</sup>	23,6	17,7 a
	LC	63,9 (b)	5,4 b	24,5	6,2 b
	LT	59,8 (ab)	4,5 b	29,6	6,0 b
Jahr	2002	56,4	8,8	23,2	11,6 a
	2003	55,9	8,2	28,1	7,8 b
	2004	53,1	10,0	26,4	10,6 ab
Termin	Mai/Juni	62,4	1,1 a	34,3 a	2,2 a
	Juli	52,9	15,3 b	20,3 b	11,6 b
	Sept/Okt	50,1	10,7 b (,c)	23,0 ab	16,2 b (,c)

<sup>1)</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (Bonferroni, 5%). Untersucht wurden die Unterschiede innerhalb eines Haupteffektes und innerhalb einer Kategorie. Tendenzen (Bonferroni, 10%) sind in Klammern dargestellt.

Wie in Tabelle 3 zu sehen ist, stellen die Bisstypen 'nur Gras-hoch' (41-64%) und 'gemischt-hoch' (20-34%) den größten Teil des Futterangebotes. Beim Angebot der Bisstypen 'nur Gras-kurz' (MC: 17%; LC/LT: 5,4%/4,5%) und 'gemischt-kurz' (MC: 17,7%; LC/LT: 6,2 bzw. 6,0%) waren die Unterschiede zwischen der Variante MC mit hoher Besatzstärke und den beiden Varianten mit niedrigerer Besatzstärke (LC und LT) signifikant. Die unterschiedliche Besatzstärke hat zur Folge, dass bei höherer Beweidungsintensität das Angebot an 'kurzen' Futterangebots-Komponenten erhöht ist. Einen weiteren deutlichen Effekt auf das Futterangebot (Bisstypen) hatte der Termin. Im Mai/Juni war der Anteil der beiden 'kurzen' Bisstypen signifikant niedriger als an beiden folgenden Terminen. Weiterhin war am ersten Termin der Anteil des Typs 'gemischt-hoch' im Vergleich zum Juli-Termin signifikant höher. Dieser Effekt ist auf bessere Wachstumsbedingungen im Frühjahr zurückzuführen und darauf, dass die Tiere erst 3-4 Wochen vor der Beobachtung aufgetrieben worden waren.

In Tabelle 4 ist zu erkennen, dass generell Bissen, die nur aus hohem Gras bestehen, nicht so gern aufgenommen werden. 'Kurze' Bissen werden bevorzugt gefressen. Im Vergleich der Varianten fällt auf, dass der Jacobs Index für den Bisstyp 'nur Gras-hoch' bei der Variante LT zwar negativ, aber signifikant höher war als in Variante MC. Die MC-Ochsen

können diesen Bisstyp wegen seines geringen Angebots und des höheren Angebotes 'kurzer' Bissen noch stärker vermeiden als die Tiere der Variante LT.

Tabelle 4: Jacobs Indices verschiedener Bisstypen, Mittel der Haupteffekte

Jacobs Index:		nur Gras-hoch	nur Gras-kurz	gemischt-hoch	gemischt-kurz
Variante	MC	-0,599 a <sup>1)</sup>	-0,126	-0,050	0,470 a
	LC	-0,502 ab	0,139	0,055	0,662 b
	LT	-0,370 b	0,131	-0,011	0,562 ab
Jahr	2002	-0,560 a	-0,271	-0,217 a	0,457
	2003	-0,603 a	0,185	0,182 b	0,672
	2004	-0,369 b	0,169	0,019 ab	0,564
Termin	Mai/Juni	-0,580 a	0,414 a	0,152 (a)	0,803 a
	Juli	-0,553 ab	-0,142 b	0,037 (ab)	0,426 b
	Sept/Okt	-0,389 b	-0,070 b	-0,131 (b)	0,498 b

<sup>1)</sup> Werte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander (Bonferroni, 5%). Untersucht wurden die Unterschiede innerhalb eines Haupteffektes und innerhalb einer Kategorie. Tendenzen (Bonferroni, 10%) sind in Klammern dargestellt.

Der Aufwand, kurze 'nur Gras'-Bissen zu fressen, ist vermutlich für LT-Ochsen sehr hoch, deshalb geben sich diese Tiere mit einem geringeren Anteil dieses Bisstyps in ihrer Ration zufrieden und werden durch das Angebot gezwungen, den 'unbeliebten' Bisstyp 'nur Gras-hoch' aufzunehmen, um ihren Bedarf zu decken.

Der Bisstyp 'gemischt-kurz' wird von den Ochsen der Variante LC stärker (positiv) selektiert als von den MC-Ochsen. Wegen des deutlich höheren Angebots in Variante MC müssen diese Ochsen den Bisstyp nicht so stark selektieren, wie die in der Variante LC, in der das Angebot der Komponente 'gemischt-kurz' nur etwa gut ein Drittel so groß ist, wie in MC. Andererseits könnte der dieser Bisstyp in den verschiedenen Varianten auch unterschiedlich 'beliebt' sein. Dies könnte durch verschiedene Zusammensetzung des Bisstyps (z.B.: Gras & vorwiegend Klee oder Gras & vorwiegend Kräuter) gegeben sein.

Das Versuchsjahr hatte bei den 'hohen' Bisstypen einen signifikanten Effekt auf die Selektivität: Hohe 'nur Gras'-Bissen wurden im dritten Versuchsjahr weniger gemieden als in den Vorjahren. Der Bisstyp 'gemischt-hoch' wurde in 2002 eher vermieden, während dieser in 2003 leicht bevorzugt wurden. Dies ist sicher auf das verringerte Futterangebot (Trockenheit) in 2003 zurückzuführen. Die Tiere nahmen in 2003 wahrscheinlich auch qualitativ weniger gutes Futter auf, um ihren Bedarf decken zu können.

Die meisten signifikanten Effekte ergaben sich jedoch beim Faktor 'Termin': Bedingt durch geringeres Angebot wurden die beiden 'kurzen' Bisstypen am ersten Termin signifikant stärker bevorzugt als an den beiden Folgeterminen. Der Bisstyp 'nur Gras-hoch' wurde im September/Oktober weniger stark vermieden als bei den Beobachtungen im Mai/Juni. Eine entgegengesetzte Tendenz ist beim Bisstyp 'gemischt-hoch' zu erkennen.

### Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Auf heterogen strukturiertem Grasland wird die Futterselektion der Weidetiere deutlich vom Futterangebot beeinflusst, welches unter anderem von der Beweidungsintensität und vom Verlauf der Vegetationsperiode abhängt. Bei der Auswahl des Futters sind tendenziell verschiedene Präferenzen der untersuchten Rinderrassen bzw. unterschiedliche Bedürfnisse/Ansprüche an das Futter zu erkennen, zu deren Überprüfung sind aber weitere Untersuchungen notwendig.

### Literatur

- BARTHAM, G. T., 1986. Experimental techniques: The HFRO sward stick. Biennial Report. Hill Farming Research Organisation, 1984-85, 29-30.
- CASTLE, M. E., 1976: A simple disc instrument for estimating herbage yield. Journal of the British Society 31, 37-40.
- ROOK, A. J., DUMONT, B., ISSELSTEIN, J., OSORO, K., WALLISDEVRIES, M. F., PARENTE, G., MILLS, J., 2004: Matching type of livestock to desired biodiversity outcomes in pastures – a review. Biological Conservation 119, 137-150.

# Zum Einfluss der Winterbeweidung auf bodenphysikalische Merkmale

G. Schlimbach, W. Opitz von Boberfeld

Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen

## Einleitung

Die Winteraußenhaltung von Mutterkühen und Schafen ist nicht auf allen Böden möglich. Eine ausreichende Trittfestigkeit der Flächen - besonders in den Wintermonaten - ist hierfür Voraussetzung. Auf Grünland kann der Weidetiertritt auf feuchten, bindigen Böden eine bodenverdichtende Wirkung haben und bei hoher Feuchte in Verbindung mit hohen Besatzdichten narbenzerstörend sein. Verdichtungen machen sich hauptsächlich im Hauptwurzelraum der Narben bis 10 cm Tiefe bemerkbar und sind noch in Schichten bis 20 cm nachweisbar (JACOB 1987). Geeignet für die Winteraußenhaltung sind flachgründige und sandreiche Böden, wie z.B. Rendzinen, Ranker oder Sandbraunerden (OPITZ v. BOBERFELD 2001). Da von der Bodenbelastung hauptsächlich dränende und luftführende Poren (= Porengröße: >50 µm und 50-10 µm) erfasst werden, können auf Flächen mit bindigeren Böden Oberflächenabfluss und Gasaustausch eingeschränkt sein (HORN 1999). Das Ziel der Untersuchung ist festzustellen, welchen Einfluss die Tierart und der Beweidungstermin im Winter auf die oberflächennahe Bodenverdichtung haben. Die Zielgrößen umfassen die physikalischen Merkmale Gesamtporenvolumen, Poren >50 µm, 50-10 µm, 10-0,2 µm, <0,2 µm, Luft- und Wasserleitfähigkeit, Eindringwiderstand, Lagerungs- und Proctordichte und Scherwiderstand. Um eine Aussage über Luft- und Feldkapazität machen zu können, werden hier die Größen Poren >50 µm, Poren 50-10 µm und die Lagerungsdichte dargestellt.

## Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden im Winter 2004/2005 auf Winterweiden im Westerwald (=Elkenroth) und im Großraum Gießen (=Linden) statt, vgl. Tabelle 1.

Tabelle 1: Varianten

Faktoren	Stufen
1. Weidetermin	1.1 Vor der Beweidung (Kontrolle)
	1.2 Ende September (31. – 41. Woche)
	1.3 Ende November (47. – 49. Woche)
	1.4 Ende Dezember (51. – 1. Woche)
2. Bodenschicht	2.1 5-10 cm
	2.2 15-20 cm
3. Tierart	3.1 Rind (= Elkenroth, 470 ü. NN)
	3.2 Schaf (= Linden, 160 m ü. NN)

In Elkenroth wies die Fläche eine geringe Hanglage auf. Als Bodentyp stand eine pseudovergleyte Parabraunerde an. In Linden ist die Fläche dem Bodentyp Gley zuzuordnen. Die Flächen wurden bis zum Untersuchungstermin vier Jahre lang beweidet. Nach der letzten Beweidung wurden bodenphysikalische Untersuchungen durchgeführt, um bodenverdichtende Effekte nach vierjähriger Winterbeweidung - sofern vorhanden - nachzuweisen. Hierbei wurden Parzellen beprobt, die mit einer Besatzdichte von 1.510 kg metabolischer Körpermasse ha<sup>-1</sup> (= 34,6 GV ha<sup>-1</sup>) beweidet worden waren. Nach den Beweidungen wurden acht Proben je Parzelle in 100 cm<sup>3</sup>-Stechringen im Feuchtezustand nahe Feldkapazität den Schichten 5-10 cm und 15-20 cm sowie einer Kontrollvariante (= vor der Beweidung) entnommen. An den ungestörten Stechzylinderproben wurde durch Trocknung bei 105° C die Lagerungsdichte errechnet und nach dem Verfahren von Richards & Fireman (1943) bei pF 1,8 und pF 2,5 das Porenvolumen durch Überdruck in Drucktöpfen bestimmt. Damit eine Aussage über die jeweilige Bodenschicht getroffen werden kann, wurden die Schichten getrennt verrechnet. Im Winter 2004 fand zusätzlich in Linden ein direkter Vergleich mit Rindern und Schafen auf dem trittempfindlichen Gley statt. Die Parzellen wurden mit derselben Besatzdichte parallel beweidet.

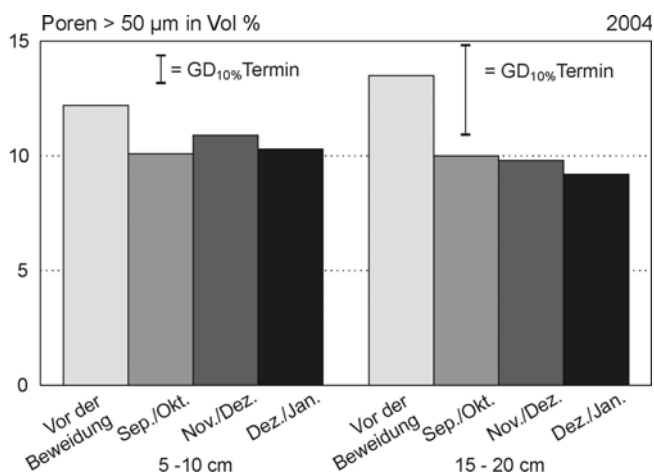


Abb. 1: Poren >50 µm in Abhängigkeit vom Beweidungstermin auf der Rinderweide

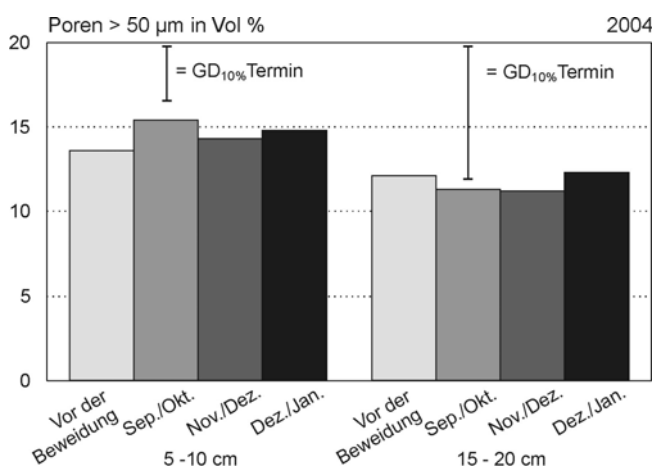


Abb. 2: Poren >50 µm in Abhängigkeit vom Beweidungstermin auf der Schafweide

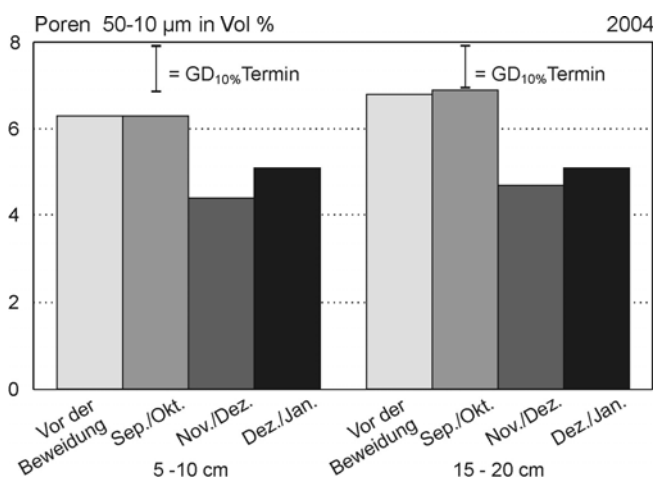


Abb. 3: Poren 50-10 µm in Abhängigkeit vom Beweidungstermin auf der Rinderweide

## Ergebnisse und Diskussion

In Abbildungen 1 und 2 ist der Anteil der Porengröße >50 µm für die Rinderweide und für die Schafweide dargestellt. Der Porenanteil nimmt auf der Rinderweide in der Schicht 5-10 cm nach allen drei Beweidungsterminen im Vergleich zur Kontrolle (=vor der Beweidung) signifikant ab. Für die Schicht 15-20 cm liegt auf der Rinderweide nur zwischen der Kontrolle und dem Dez./Jan.-Termin eine Signifikanz vor. Auf der Schafweide ist der Faktor Termin für beide Schichten nicht gesichert. Eine Rinderbeweidung hat hier wegen des höheren spezifischen Drucks Einfluss auf die Porengröße >50 µm; bei Betrachtung der Situation nach Beweidung der drei Termine kann jedoch kein Unterschied festgestellt werden.

Der Faktor Termin ist für die Porengröße 50-10 µm für beide Schichten und Tierarten gesichert (= Abb. 3 und 4). Die Ursache hierfür ist die Abnahme des Porenanteils zum Termin Nov./Dez. und Dez./Jan. Der Porenraum 50-10 µm (= enge Grobporen) gibt die nutzbare Feldkapazität an. Im September waren die Niederschlagsmengen wesentlich geringer als im November bzw. Dezember, so dass eine Beweidung am Ende des Jahres offenbar eine größere Auswirkung hat.

Die Lagerungsdichte ist in Abbildungen 5 und 6 dargestellt. Signifikante Unterschiede treten hierbei nicht auf. Die Lagerungsdichte wird offenbar infolge wassergesättigter Poren weder durch eine Beweidung von Rindern noch von Schafen beeinflusst. Abbildungen 7-9 zeigen die Ergebnisse aus dem Versuch, der auf dem trittempfindlichen Boden einen direkten Vergleich von Rind und Schaf erlaubt. Der Anteil der Porengröße >50 µm (=Abb. 7) unterscheidet sich auf der Variante „Rind“ in der Schicht 5-10 cm signifikant vom Wert der Variante „Schaf“.



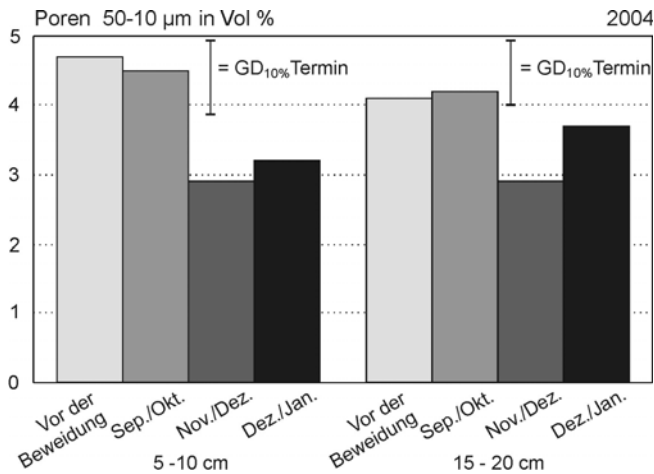


Abb. 4: Poren 50-10 µm in Abhängigkeit vom Beweidungstermin auf der Schafweide

In der Schicht 15-20 cm ist der Porenanteil beider Varianten gleich. Die Poren >50 µm (= weite Grobporen) stellen den Porenraum dar, der bei Feldkapazität mit Luft erfüllt ist. Dieser Porenraum wird nur durch die Rinderbeweidung eingeschränkt. Auf die Porengröße 50-10 µm (= Abb. 8) und auf die Lagerungsdichte (= Abb. 9) hat der Faktor Tierart keinen Einfluss. Das Gesamtporenvolumen bleibt hierbei gleich. Eine Verringerung der Poren >50 µm bewirkt eine Erhöhung der Poren von 10-0,2 µm (= Mittelporen).

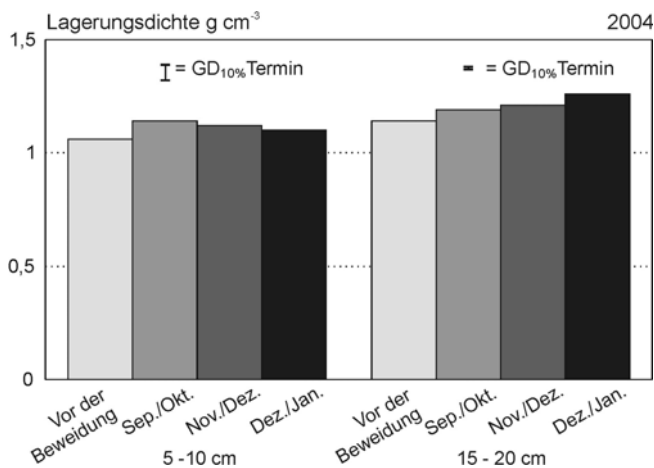


Abb. 5: Lagerungsdichte in Abhängigkeit vom Beweidungstermin auf der Rinderweide

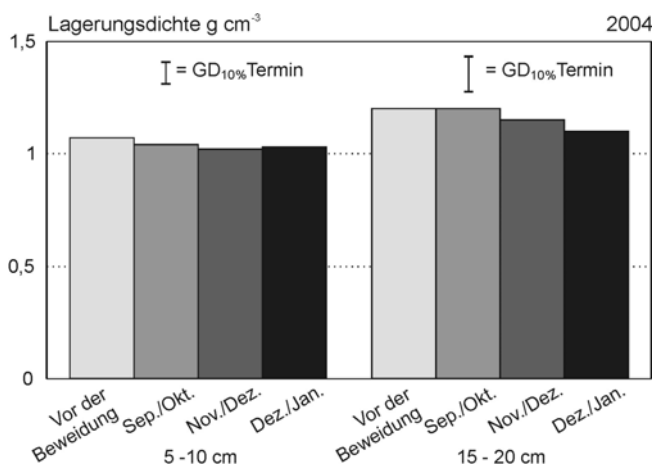


Abb. 6: Lagerungsdichte in Abhängigkeit vom Beweidungstermin auf der Schafweide

### Zusammenfassung

- Die Rinderbeweidung auf einer pseudovergleyten Parabraunerde führt zu einer Verringerung des Porenanteils >50 µm in der oberen Bodenschicht. Diese Veränderung besteht jedoch nur zwischen unbeweideten und beweideten Parzellen. Unterschiede zwischen den Beweidungsterminen liegen nicht vor.
- Der Porenanteil 50-10 µm hat sich auf der Rinder- und Schafweide nach den Beweidungen im Nov./Dez. und Dez./Jan. signifikant verringert.
- Die Lagerungsdichte wird weder durch eine Rinder- noch durch eine Schafbeweidung beeinflusst.
- Beim direkten Vergleich der Beweidung mit Rindern und Schafen auf dem trittempfindlichen Boden ist ein signifikanter Unterschied zwischen den Tierarten bei den Poren >50 µm in der Schicht 5-10 cm festgestellt worden. Der Anteil der Poren 50-10 µm und die Lagerungsdichte hat sich bei gleicher metabolischer Körpermasse tierartsspezifisch nicht verändert.

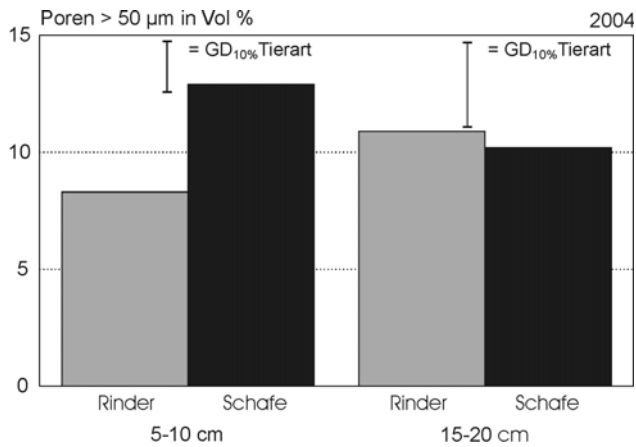


Abb. 7: Poren >50 µm in Abhängigkeit von der Tierart

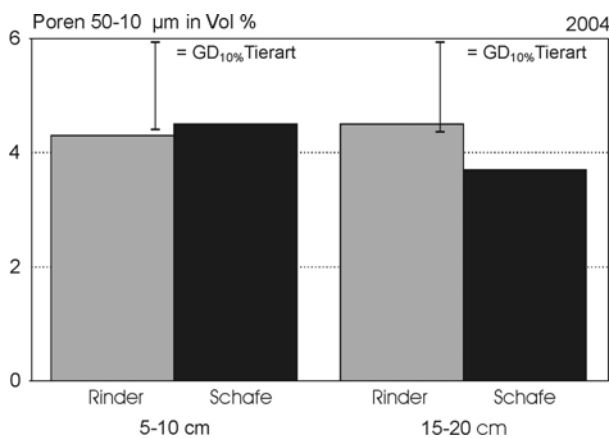


Abb. 8: Poren 50-10 µm in Abhängigkeit von der Tierart

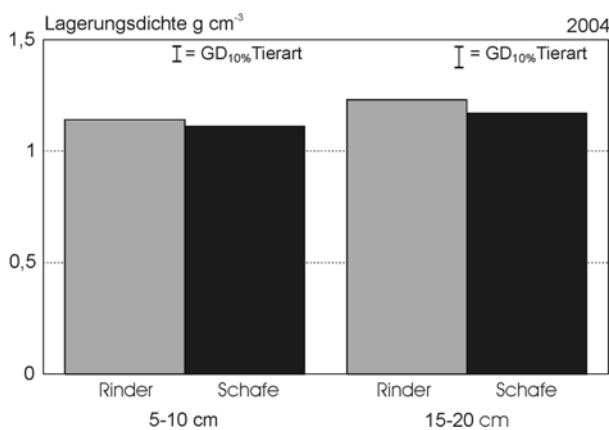


Abb. 9: Lagerungsdichte in Abhängigkeit von der Tierart

### Literatur

HORN, R., 1999: Verdichtung von Böden – Überlegungen zum Prozess und zur Prognose der mechanischen Belastbarkeit. – Wasser & Boden 51, 9-13.

JACOB, H., 1987: Nutzung des Dauergrünlandes. In: VOIGTLÄNDER, G & H. JACOB: Grünlandwirtschaft und Futterbau – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart, 258-327.

OPITZ V. BOBERFELD, W., 2001: Grassland management aspects for year-round outdoor stock keeping of suckler cows. – Grassl. Sci. Poland 4, 137-147.

RICHARDS, L. A. & H. FIREMAN, 1943: Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. – Soil Sc. 56, 173-180.

# Schätzung des Ertrags und der Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen mittels der Feldspektroskopie - Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches

S. Biewer<sup>1</sup>, S. Erasmi<sup>2</sup>, T. Fricke<sup>1</sup>, M. Kappas<sup>2</sup>, M. Wachendorf<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fachgebiet Grünlandökologie und Futterbau, Universität Kassel

<sup>2</sup>Geographisches Institut, Georg-August-Universität Göttingen

## Einleitung

Unter Feldbedingungen weist die botanische Zusammensetzung von Grünlandbeständen eine große Variationsbreite auf, die verschiedene wichtige agronomische Faktoren wie die Futterqualität und den Ertrag beeinflussen. Dabei kommt den Leguminosen besonders in der ökologischen Landwirtschaft eine große Bedeutung zu, da sie durch ihre Fähigkeit Stickstoff aus der Luft zu fixieren den für die Folgefrüchte wichtigen Nährstoff in den Betriebskreislauf bringen. Um eine gleichmäßige Etablierung der Leguminosen im Pflanzenbestand zu fördern, ist es wichtig die lokalen Ertragsanteile einzelner bestandesbildender Arten zu bestimmen. Bisher kann die Bestimmung nur unter großem Zeitaufwand vorgenommen werden. Eine feldspektroskopische Erfassung könnte diese Bestimmung erheblich vereinfachen, da bei entsprechender Technik der Zeitaufwand relativ gering wäre. Die Erfassung der Ertragsanteile einzelner Arten könnte schon während der Wachstumsphase vorgenommen werden und direkt danach mit regulierenden Maßnahmen reagiert werden, wie z. B mit einer Nachsaat.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit der feldspektroskopischen Erfassung des Trockenmasseertrags und der Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen. Dazu wurden in einem Gewächshausversuch verschiedene Ansaatvarianten feldspektroskopisch erfasst. Darüber hinaus wurde dieser Gefäßversuch auch unter pflanzenbaulichen Gesichtspunkten von HIMSTEDT et al. (2005 in diesem Tagungsband) ausgewertet.

## Material und Methoden

Es wurden zehn verschiedene Varianten geprüft. Neben Reinsaaten von Deutschem Weidelgras (G 20 kg ha<sup>-1</sup>), Rotklee (R 8 kg ha<sup>-1</sup>), Weißklee (W 4 kg ha<sup>-1</sup>) und Luzerne (L 16 kg ha<sup>-1</sup>) wurden folgende Gemengevarianten ausgesät: R8G (Rotklee 8 kg ha<sup>-1</sup> + Weidelgras 20 kg ha<sup>-1</sup>), R2G (Rotklee 2 kg ha<sup>-1</sup> + Weidelgras 20 kg ha<sup>-1</sup>), WG (Weißklee 4 kg ha<sup>-1</sup> + Weidelgras 20 kg ha<sup>-1</sup>) und LG (Luzerne 16 kg ha<sup>-1</sup> + Weidelgras 20 kg ha<sup>-1</sup>). Als Kontrolle dienten zwei Varianten ohne jegliche Aussaat, die eine war mit und die andere ohne Beikräuter bewachsen.

Um Bestände verschiedener Altersstufen beobachten und vergleichen zu können wurden die Leguminosen/Gras - Mischungen zu vier Aussatterminen in 2wöchigem Abstand gesät. Zum gemeinsamen Erntezeitpunkt (21, 35, 49 oder 63 Tage nach der Aussaat) standen also Bestände vier verschiedener Altersklassen zur Verfügung. Die Aussaat erfolgte von Hand mit einem Reihenabstand von 12 cm und einer Saattiefe von 0,5 cm. Die Holzgefäße (70 x 70 x 20 cm) wurden mit 2 cm Drainsubstrat (Lavagrass) und ca. 16 cm homogenisiertem, feinkrümeligem Boden (sL- IS; 3,6% S, 73% U, 23,4% T und ca. 2% Humus) befüllt. Nach Analysen in 2005 liegt die Phosphor-, Magnesium- und Kalium Versorgung bei einem pH-Wert von 6,7 in den Gehaltsklassen D bis E. Keine der Varianten wurde gedüngt. Für die Bestimmung der Bestandeszusammensetzung wurde zur Ernte die gesamte oberirdische Biomasse in Gras, Leguminosen und nicht angesäte Arten fraktioniert. Nach der Bestimmung aller Arten wurden die Fraktionen für eine spätere Qualitätsbestimmung 18h bei 65°C getrocknet.

Drei Tage vor der Ernte wurden alle Varianten unter Kunstlichtbedingungen mit einem Spektrometer der Firma Analytical Spectral Devices (ASD) im Wellenlängenbereich zwischen 400 und 2320 nm gemessen. Aus den Daten dieser Messungen wurden robuste und in der Literatur belegte Spektralindices errechnet und mit den Daten der Ge-

samerträge sowie der Bestandeszusammensetzung (% d. TM) korreliert. Zur Schätzung von Parametern der Vegetation wurden die häufig verwendeten Indices Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) und Simple Ratio (SR) herangezogen, die aus dem Verhältnis nahinfraroter und roter Strahlung berechnet werden (STENBERG et al. 2004). Als weiteren Index für die Erfassung von Parametern der Vegetation ist der RedEdge berechnet worden, der den Wendepunkt des Kurvenanstiegs zwischen sichtbarer und nahinfraroter Reflektion darstellt (USTIN et al. 1999):

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{MW } 800\text{nm} - 900\text{nm}) - (\text{MW } 650\text{nm} - 700\text{nm})}{(\text{MW } 800\text{nm} - 900\text{nm}) + (\text{MW } 650\text{nm} - 700\text{nm})}, (\text{MW} = \text{Mittelwert});$$

$$\text{SR} = 940\text{nm} / 640\text{nm};$$

$$\text{RedEdge} = 700 + 40 * \left( \frac{((670\text{nm} + 780\text{nm}) / 2) - 700\text{nm}}{(740\text{nm} - 700\text{nm})} \right).$$

### Ergebnisse und Diskussion

Die durch die feldspektroskopischen Messungen erhaltenen Spektralsignaturen der einzelnen Varianten zeigen einen charakteristischen Verlauf für Vegetationsbestände. Dieser ist geprägt durch hohe Absorption im sichtbaren Licht und kurzwelligen Infrarot und durch hohe Reflektionswerte im Nahinfrarot (ERASMI 2003). Exemplarisch sind in Abbildung 1 die Spektralsignaturen der Ansaatvarianten Gras, Rotklee, Rotklee/Gras und unbewachsener Boden dargestellt. Der unbewachsene Boden hebt sich dabei durch einen anderen Kurvenverlauf deutlich von den Ansaatvarianten ab.

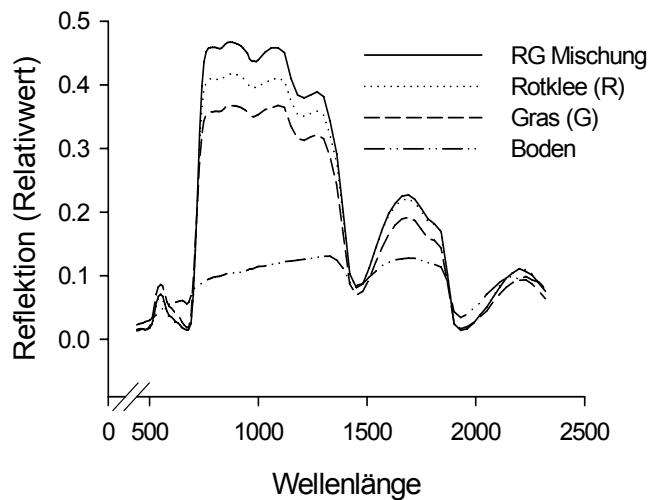


Abb. 1: Spektralsignaturen 9 Wochen alter Ansaatmischungen: Gras, Rotklee, Rotklee Gras, unbewachsener Boden.

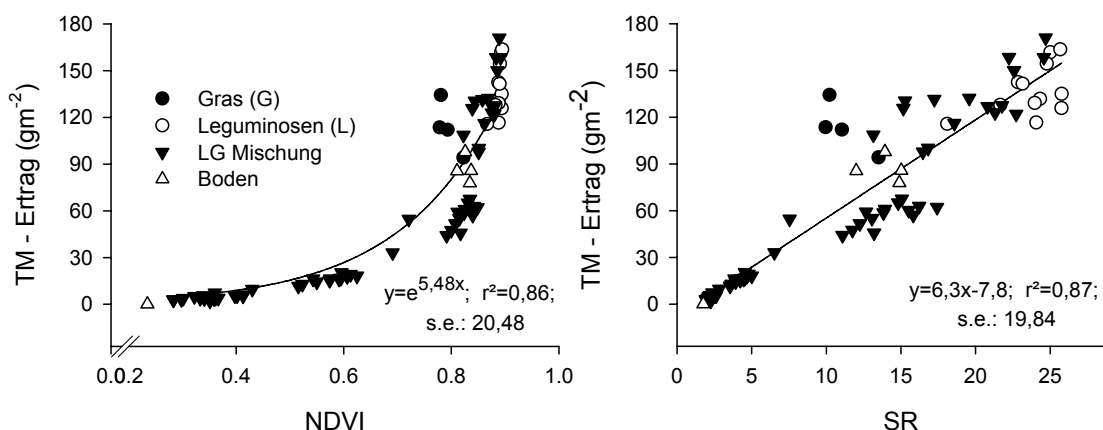


Abb. 2: Trockenmasseerträge der Ansaatmischungen Gras, Leguminosen, Leguminosen Gras und bewachsener und unbewachsener Boden in Abhängigkeit vom (A) NDVI und (B) SR.

Durch die Berechnung von dimensionslosen Vegetationsindices aus den Spektraldatensätzen wird der Bereich des roten und nahinfraroten Spektrums betrachtet, der am

sensibelsten auf Veränderungen der Vegetation reagiert. Die Korrelation zwischen dem Trockenmasseertrag und dem Vegetationsindex NDVI ergibt eine signifikante exponentielle Funktion (Abb. 2). Trotz der Signifikanz und des hohen Bestimmtheitsmaßes,

lässt sich der Trockenmasseertrag anhand dieser Regressionskurve schlecht bestimmen. Steigen die Werte des NDVI auf über 0,8, so kann der Trockenmasseertrag, bedingt durch den steilen exponentiellen Verlauf der Funktion, nicht mehr genau erfasst werden.

Im Gegensatz dazu ergibt sich bei dem Einsatz des SR eine lineare Korrelation mit dem Trockenmasseertrag. Die Korrelation weist dabei ein ebenso hohes Bestimmtheitsmaß und einen etwas geringeren Standardfehler auf. Der lineare Verlauf der Regressionsgeraden ermöglicht es den Trockenmasseertrag auch bei hohen Werten des SR sicher zu bestimmen und scheint daher zur Schätzung der Trockenmasseerträge besser geeignet.

Für die Korrelation der Vegetationsindices mit den Ertragsanteilen der Fraktionen Gras, Leguminosen und Beikräuter eignet sich der RedEdge am Besten zur Darstellung der Schätzfunktionen. Im Vergleich zu der Korrelation mit den anderen Indices ist die Streuung bei Korrelation mit dem Index RedEdge am geringsten.

Die Regressionsfunktionen zur Schätzung des Ertragsanteils des Grases und der Leguminosen verlaufen linear und sind hoch signifikant. Dabei nehmen mit zunehmenden Werten des RedEdges die Ertragsanteile des Grases ab und die der Leguminosen zu. Die Korrelation mit den Ertragsanteilen der Beikräuter und dem RedEdge ist dagegen nicht signifikant.

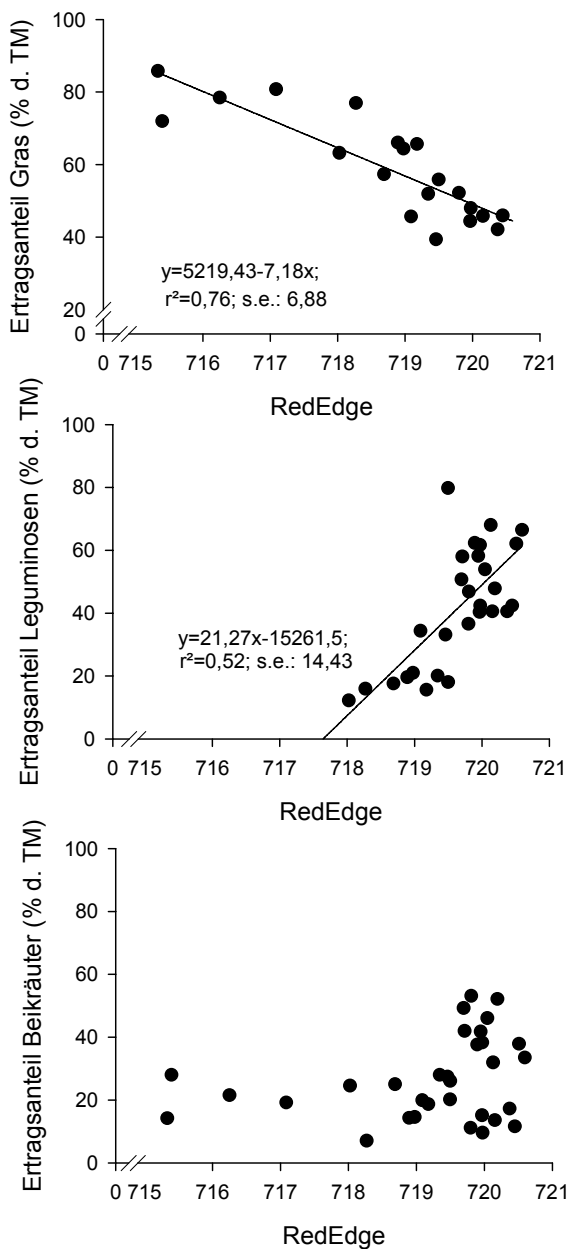


Abb. 3: Ertragsanteile (% d. TM) von (A) Gras, (B) Leguminosen und (C) Beikräutern 9 Wochen alter Ansaatmischungen in Abhängigkeit vom RedEdge.

Bei der Erfassung der Ertragsanteile von Gras, Leguminosen und Beikräutern durch die Feldspektroskopie wurden bisher die 9 Wochen alten Pflanzenbestände dargestellt. Die Ertragsanteile des Grases und der Leguminosen sind auch z. T. in den jüngeren Aufwüchsen signifikant mit dem RedEdge korreliert, weisen aber in allen vier Entwicklungsstadien unterschiedliche Regressionskoeffizienten auf (siehe Tab. 1). Da die Trockenmasseerträge in allen Aufwuchsstadien hoch signifikant mit den Vegetationsindi-

ces korreliert sind, besteht Grund zur Annahme, dass sich die Regressionskoeffizienten zu den verschiedenen Aufwuchsstadien durch die variierenden Trockenmasseerträge verändern. Mit Hilfe einer verfeinerten Spektralanalyse soll im Weiteren versucht werden, die Ertragsanteile unabhängig vom Aufwuchsstadium zu bestimmen.

Tabelle 1: Regressionskoeffizienten und Signifikanzniveaus der Ertragsanteile Gras und Leguminosen 21-63 Tage alter Ansaatmischungen in Abhängigkeit des RedEdge Indexes

<i>Tage nach Aussaat</i>	21	35	49	63
Gras	-5.3*	n.s.	n.s.	-7.18**
Leguminosen	5.37**	4.55**	5.07**	21.27**

n.s.: nicht signifikant; \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,001$ .

### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des Gefäßversuches zeigen, dass durch feldspektroskopische Messungen der Trockenmasseertrag verschiedener Ansaatmischungen gut zu bestimmen ist. Zur genauen Schätzung des Trockenmasseertrags ist der Simple Ratio mit einem linearen Kurvenverlauf gegenüber dem NDVI, der eine exponentielle Schätzfunktion aufweist, besser geeignet.

Auch die Ertragsanteile von Gras und Leguminosen können durch feldspektroskopische Messungen erfasst werden. Hier besteht allerdings die Schwierigkeit, dass dies bislang nur bei Betrachtung eines definierten Entwicklungsstadiums möglich ist. Um die Ertragsanteile unabhängig von der Entwicklung des Pflanzenbestandes bestimmen zu können, werden zurzeit weitere Möglichkeiten zur Auswertung der Hyperspektraldatensätze geprüft. Darüber hinaus werden die Untersuchungen in einem groß angelegten Freilandversuch weiter geführt.

Lassen sich diese Ergebnisse auch unter Feldbedingungen reproduzieren, so wäre dies ein wichtiger Schritt in der Entwicklung nicht destruktiver Methoden zur teilflächenspezifischen Erfassung von Grünlandbeständen.

### Literatur

- ERASMI, S., 2003: Optische Fernerkundung zur teilflächenspezifischen Zustandsbeschreibung von Winterweizenbeständen. Göttinger Geographische Abhandlungen 110, S.165.
- HIMSTEDT, M., FRICKE, T. und WACHENDORF, M., 2005: Ertrag und Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras - Gemengen während der Etablierungsphase - Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches. Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss.
- STENBERG, P., RAUTIAINEN, M., MANNINEN, T., VOIPIO, P. und SMOLANDER, H., 2004: Reduced Simple Ratio Better than NDVI for Estimating LAI in Finnish Pine and Spruce Stands. *Silva Fennica* 38 (1), S. 3-14.
- USTIN, S. L., SMITH, M. O: JACQUEMOUD, S., VERSTRAETE, M. UND GOVAERTS, Y., 1999: Geobotany: Vegetation Mapping for Earth Sciences. In Rencz, N. (Hrsg.): Remote sensing for the earth science. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 3rd ed., S. 209.

# Vegetation und chemische Zusammensetzung der Pflanzendecke des extensiv genutzten Grünlandes in Polen

H. Czyż<sup>1</sup>, T. Kitczak<sup>1</sup>, M. Trzaskoś<sup>1</sup>, M. Bury<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Grünland, Agraruniversität Szczecin

<sup>2</sup>Fachlabor für Speziellen Pflanzenbau, Agraruniversität Szczecin

## Einleitung

Der Charakter der Vegetation und ihr Futterwert sind von den Standortbedingungen (BOCKHOLT 1990, CZYŻ et al 1998) abhängig. Unter den armen Standortbedingungen üben die Graslandflächen oft außer ökologischer Funktion eine Funktion der extensiven Futterquellen aus (CZYŻ et al. 1999, GIEBELHAUSEN 2002, TRĄBA et WYŁUPEK 2000). Das Ziel der Arbeit war eine floristische und futterqualitative Bewertung extensiv genutzten Grünlandflächen unter differenzierten Standortbedingungen.

## Material und Methoden

Das untersuchte Grünland wurde auf verschiedenen Standortbedingungen lokalisiert, d.h. auf Mineralboden, organischen und organisch-mineralischen Böden und nur einmalig durch Einschnittnutzungsverfahren genutzt.

Zur Untersuchung wurden 6 repräsentativen Untersuchungsflächen ausgewählt, auf denen bei der Ernte des 1. Schnittes die Pflanzenproben zur botanischen und chemischen Analyse des Pflanzenbewuchses gesammelt wurden. Die Analyse des Pflanzenmaterials wurde nach der botanischen Gewichtbestimmungsmethode durchgeführt. Es wurden sechs Gräsergesellschaften ausgesondert (Tab. 1) vom Typ: *Deschampsia flexuosa* mit *Agrostis capillaris* (**De.f. z Ag.c**); *Avenastrum pubescens* (**Av. p.**); *Festuca rubra* (**Fe.r**); *Festuca rubra* mit *Anthoxanthum odoratum* (**Fe.r. z An.o**); *Festuca rubra* mit *Poa pratensis* (**Fe.r. z Po.p.**); *Alopecurus pratensis* mit *Poa pratensis* (**Al.p. z Po.p.**). Nach dem Sammeln des Pflanzenmaterials wurden Bodenprofile aufgedeckt, auf deren Grundlage der Bodentyp bestimmt wurde und die Bodenproben aus der Bodenoberfläche (0-20 cm) zur chemischen Analyse entnommen wurden. In den Bodenproben wurden folgende Parameter bestimmt:  $pH_{KCl}$  - (potentiometrisch), Verluste bei Ausglühen – bei Verbrennung der Probe bei 550°C, pflanzenverfügbares Kalium und pflanzenverfügbare Phosphor - (Egner-Riehm-Methode), pflanzenverfügbares Magnesium (Schachtschabel-Methode). Die Analyse von Pflanzenmaterial wurde auf den Gehalt von Rohprotein nach der Kjeldahl-Methode und die Makronährstoffe (P, K, Ca, Mg und Na) nach ASA-Methode ausgeführt.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Zusammensetzung und Eigenschaften der Pflanzendecke waren von Boden- und Feuchtigkeitsverhältnissen und von dem Gehalt an Nährstoffe abhängig. Auf sehr leichtem Mineralboden vom Typ Rosterde und Subtyp Norm-Rosterde bei dem Gehalt an organischer Masse von 2,28% und stark saurer Bodenreaktion ( $pH_{KCl}$  – 4,26), mit mittlerem Gehalt an pflanzenverfügbarem P (45,3 mg·kg<sup>-1</sup> TM) und Mg (24,8 mg·kg<sup>-1</sup> TM), und sehr armem Gehalt an K (20,6 mg·kg<sup>-1</sup> TM des Bodens) bildeten sich Pflanzengesellschaften von Typ *Deschampsia flexuosa* mit *Agrostis capillaris*. In der Gesellschaft traten außer den Dominanten auch *Calamagrostis epigeios*, *Festuca rubra*, *Carex arenaria*, *Centaurea scabiosa* und *Galium verum* auf (Tab. 1). Auf dem ähnlichen Standort, lokalisiert auf Anmoor-Mursch- Boden mit 7,49% organischer Masse und saurer Bodenreaktion ( $pH_{KCl}$  – 5,31), arm an K (25,6 mg·kg<sup>-1</sup> TM) und P (40,9 mg·kg<sup>-1</sup> TM) und mit mittlerem Gehalt an Mg (32,7 mg·kg<sup>-1</sup> TM) entwickelte sich die Pflanzengesellschaft von Typ *Avenastrum pubescens*. In der Gesellschaft stellte man *Corynephorus canescens*, *Trifolium arvense*, *Dianthus carthusianorum*, *Helichrysum arena-ria*, *Hieracium pilosella* und *Echium vulgare* fest (Tab. 1). Die gleichen Arten auf extensiv genutztem Grünland notierten GIEBELHAUSEN et al. (2002). Die Pflanzendecke mit hohem Anteil an folgenden Arten: *Deschampsia flexuosa*, *Avenastrum pubescens*,

*Agrostis capillaris* zeigt nach Aussagen von vielen Autoren wie z.B. KOZŁOWSKI et al. (1997), TRABA et WYŁUPEK (2000) auf die Verarmung des Bodens und des Grünlandes mit dessen Bestandsbildner wird als Ödland betrachtet. Unter mittel-feuchten Bedingungen, auf Torf-Murschboden, reich an organische Masse (61,5%), saurer Bodenreaktion ( $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,37$ ), sehr niedriger Versorgung mit P ( $31,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$ ) und K ( $31,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$ ) und hohem Gehalt an Mg ( $40,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$ ) bildeten sich zwei Pflanzengesellschaften *Festuca rubra* und *Festuca rubra* mit *Anthoxanthum odoratum* heraus. In der Gesellschaft von *Festuca rubra* zeichnete sich außer den Dominanten *Arrhenatherum elatius* aus. Schmetterlingsblütler waren durch *Vicia cracca* vertreten und in der Gruppe der Un- und Kräuter vorherrschten *Galium verum* i *Ranunculus repens*. In der zweiten Gesellschaft dominierten unter Gräser *Festuca rubra* und *Anthoxanthum odoratum* und der Anteil anderen Arten war niedrig (Schmetterlingsblütler – 0,27%, Un- und Kräuter – 13,0%) (Tab. 1). Auf Anmoor-Murschähnlichem Boden, bei 50 cm Grundwasserstand trat die Pflanzengesellschaft von Typ *Festuca rubra* mit *Poa pratensis* auf. Der Boden zeichnete sich durch niedrigen Gehalt an organischer Masse (3,71%), niedriger Konzentration an Makroelementen P ( $20,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$ ) und K ( $9,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$ ), mittleren Gehalt an Mg ( $23,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$ ) und saurer Bodenreaktion ( $\text{pH}_{\text{KCL}} 5,42$ ) aus. Der Pflanzenbewuchs auf dem Standort bestand aus fünf Gräserarten, die die Hauptmasse der Pflanzendecke (79,1%) ausmachten, einer Art der Schmetterlingsblütler (*Trifolium repens*) und sieben Arten aus der Gruppe der Un- und Kräuter mit Überlegenheit von *Galium verum* (Tab. 1). Unter sehr feuchten Standortbedingungen auf dem Norm-Murschähnlichen Boden, der durch hohen Gehalt an organischer Masse (17,3%), sehr saurer Bodenreaktion ( $\text{pH}_{\text{KCL}} 3,68$ ), niedrigem Gehalt an P ( $27,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$ ) und K ( $33,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$ ), hohem Gehalt an Mg ( $49,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$ ) charakterisiert war, wurde das Auftreten von der Pflanzengesellschaft *Alopecurus pratensis* mit *Poa pratensis* festgestellt. Die unter diesen Bedingungen ausgebildete Pflanzengesellschaft war sehr vereinfacht unter allen untersuchten Gesellschaften. Allgemein der Pflanzenbewuchs charakterisierte sich durch hohen Anteil an Gräsern (94,7%) und niedrigen Anteil an Un- und Kräutern aus (5,3% des Bewuchses), die Schmetterlingsblütler sind ausgefallen. Die erzielten Ergebnisse finden ihre Bestätigung in der Fachliteratur, in der Verbreitung von *Festuca rubra* beschrieben wurde und die Vereinfachung der Artenzusammensetzung der Pflanzengesellschaften von Typ *Alopecurus pratensis* auf Murschböden festgestellt wurde (GAJDA 1997, SCHALITZ et al. 2002, TRABA 1994).

Allgemein wird eine Meinung verbreitet, dass die Artenzusammensetzung über den Gehalt an Makro- und Mikronährstoffen entscheidet. Differenzierung der Artenzusammensetzung der Pflanzengesellschaften und Standortbedingungen auf einzelnen Untersuchungsflächen widerspiegelte sich in dem Gehalt an Mineralbestandteile im Futter. Die Konzentration an Phosphor variierte in Mehrheit von untersuchten Pflanzengesellschaften um dem Norm für das gute Futter, die Ausnahme bildete Pflanzengesellschaft von *Festuca rubra* mit *Anthoxanthum odoratum*, die einen höheren Gehalt an P ( $4,33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ TM}$ ) in Verhältnis zu anderen Gesellschaften besaß. Hauptsächlich war der Gehalt an den übrigen Nährstoffen K, Na, Mg und Ca niedrig im Verhältnis zu Bedarf der Tiere an diesen Inhaltstoffen. Eine ausreichende Menge an Mg hatten zwei Gesellschaften: *Festuca rubra* mit *Poa pratensis* i *Festuca rubra* mit *Anthoxanthum odoratum*, wobei die letztgenannte an Natrium reich war. Durch den höheren Gehalt an Kalium unterschied sich die Gesellschaft *Avenastrum pubescens*. Die höchste Konzentration an Rohprotein  $126 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\text{TM}$  war in der Pflanzengesellschaft *Festuca rubra*, die auf dem Boden mit hohem Stickstoffgehalt ( $18,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) wuchs und sich durch den hohen Anteil an Schmetterlingsblütlern auszeichnete. Ähnliche Ergebnisse erzielten TRABA und WYŁUPEK (2000) bei der Bewertung von extensiv genutzten Weideflächen und CZYŻ et al. (1998) bei der Bewertung von Wiesen auf Murschböden.



Tabelle 1: Artenzusammensetzung der Pflanzendecke (%)

Art	Pflanzengesellschaften					
	Av. p.	De. f. z Ag.c.	Fe.r.	Fe.r. z An.o.	Fe.r. z Po.p.	Al.p. z Po.p.
<i>Agropyron repens</i>	0,13	1,45				0,26
<i>Agrostis alba</i>			1,00			2,82
<i>Agrostis capillaris</i>		23,38				
<i>Alopecurus pratensis</i>			1,99		6,94	47,40
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0,22	2,08	7,99	49,20		
<i>Arrhenatherum elatius</i>		2,97	14,57			
<i>Avenastrum pubescens</i>	37,79					
<i>Calamagrostis epigeios</i>	6,20	0,18				
<i>Corynephorus canesce</i>		4,42				
<i>Dactylis glomerata</i>					2,08	
<i>Deschampsia flexuosa</i>		38,85				
<i>Festuca rubra</i>	6,62		53,59	31,92	33,57	0,18
<i>Holcus lanatus</i>				0,27	5,59	
<i>Poa pratensis</i>	10,25	2,33		5,32	31,49	41,05
<b>Gesamt Gräser</b>	<b>61,21</b>	<b>75,66</b>	<b>79,14</b>	<b>86,71</b>	<b>79,67</b>	<b>94,71</b>
<i>Carex arenaria</i>	10,88					
<b>Gesamt Riedgrasgewächse</b>	<b>10,88</b>					
<i>Trifolium arvense</i>	0,29	1,64				
<i>Trifolium repens</i>				0,27	2,55	
<i>Vicia cracca</i>	1,45	0,13	5,49			
<i>Vicia tetrasperma</i>	2,54	0,63				
<b>Gesamt Schmetterlingsblütler</b>	<b>4,28</b>	<b>2,40</b>	<b>5,49</b>	<b>0,27</b>	<b>2,55</b>	
<i>Achillea millefolium</i>	0,80	2,53				3,70
<i>Arabis arenosa</i>			0,50	1,46		
<i>Armeria elongata</i>	1,08					
<i>Centaurea scabiosa</i>	10,23					
<i>Cerastium vulgatum</i>		0,25		1,46	2,33	
<i>Deschampsia flexuosa</i>		38,85				
<i>Dianthus carthusianorum</i>		9,48				
<i>Echium vulgare</i>		2,80				
<i>Filipendula hexapetala</i>	0,87					
<i>Galium verum</i>	7,61		5,99	3,60	6,37	
<i>Geum rivale</i>			1,50			
<i>Helichrysum arenaria</i>		2,97				
<i>Hieracium pilosella</i>		2,84				
<i>Linaria vulgaris</i>		1,07				
<i>Ranunculus acer</i>			4,99		3,25	
<i>Ranunculus repens</i>				0,40		
<i>Rumex acetosa</i>					2,78	
<i>Stellaria graminea</i>			1,50			
<i>Taraxacum officinale</i>						0,18
<i>Urtica dioica</i>				0,13	0,81	0,18
<i>Veronica chamaedrys</i>	0,87			2,65		
<i>Veronica hederifolia</i>			0,90	3,32	2,24	0,7
<i>Viola tricolor</i>	0,80					0,53
<b>Gesamt Kräuter und Unkräuter</b>	<b>23,63</b>	<b>21,94</b>	<b>15,37</b>	<b>13,02</b>	<b>17,78</b>	<b>5,29</b>

Tabelle 2: Der Gehalt an Rohprotein und Makronährstoffen im Aufwuchs

Gesellschaft	Rohprotein	Makroelementen (g·kg <sup>-1</sup> TM)				
		P	K	Ca	Mg	Na
<i>Av.p.</i>	112,5	2,61	19,5	1,44	1,20	0,08
<i>De.f. z Ag.c.</i>	101,9	3,20	12,03	1,45	1,22	0,07
<i>Fe.r.</i>	125,6	2,91	9,54	4,05	3,18	1,20
<i>Fe.r. z An.o.</i>	106,2	4,33	5,76	2,95	2,06	2,62
<i>Fe.r. z Po.p.</i>	112,5	3,34	8,93	2,12	2,27	0,64
<i>Al.p. z Po.p.</i>	108,1	2,75	11,14	1,63	1,23	0,11
Norm für Futter nach FALKOWSKI et all. (2000)	<b>125,0</b>	<b>3,00</b>	<b>17,0</b>	<b>7,0</b>	<b>2,00</b>	<b>1,50</b>

### Schlussfolgerungen

1. Das extensiv genutzte Grünland stellt in Abhängigkeit von Standortbedingungen einen unterschiedlichen wirtschaftlichen und natürlichen Wert dar.
2. Für die Beständigkeit der Artenzusammensetzung und die Erhaltung des Futter- und Naturwertes ist eine rationelle Grünlandbewirtschaftung unentbehrlich.

### Literatur

- BOCKHOLT, R. 1990. Standorte, Pflanzenbestände, Ertragspotential, Futterwert und Nutzung des Überschwemmungsgraslandes im Küstenbereich Mecklenburg - Vorpommerns. Habilitationsschrift, Universität Rostock.
- CZYŻ H., DZIDA M., JAKUBOWSKI P. 1998. Wpływ warunków glebowych na skład florystyczny oraz zawartość makro- i mikroelementów w runi łąkowej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 462: 93-99.
- CZYŻ H., GOS A., KITCZAK T., TRZASKOŚ M. 1999. Charakterystyka szaty roślinnej odłogowanych łąk w dolinie dolnej Warty. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis 197 (75): 55-58.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I., KOZŁOWSKI S. 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wyd. AR w Poznaniu: 5-132.
- GAJDA J. 1997. Zmiany w składzie florystycznym łąk pobagiennych użytkowanych ekstensywnie na torfowisku Krowie Bagno. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 453: 81-87.
- GIEBELHAUSEN H., MILIMONKA A und RICHTER K. 2002. Etablierung von Extensivgrünland. In: Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. 46. Jahrestagung 29-31. 08.2002, Rostock: 197-200.
- KOZŁOWSKI S., JĘDRZEJCZAK P., SABINIARZ A. 1997. Aspekt florystyczny i chemiczny produkcji pasz na łąkach czerskich. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 453: 105-111.
- SCHALITZ G., CZYŻ H., NIEDŹWIECKI E., PROTASOWICKI M. 2002. Population ecological measuring programme by *Alopecurus pratensis* L. for estimation of reaction to extended flooding conditions in the Oder river floodplains. Proc. of the 19<sup>th</sup> Gen. Meeting of the EGF, La Rochelle, France, 27 - 30 May. Grassland Science in Europe, Vol. 7: 844- 845.
- TRĄBA C., WYŁUPEK T. 2000. Ekstensywne pastwiska zespołu *Lolio-Cynosuretum* w dolinach rzecznych Kotliny Zamojskiej. Zeszyty Nauk AR im H. Kołłątaja w Krakowie, 368, 73: 287-291.
- TRĄBA C. 1994. Rolnicza charakterystyka łąk kostrzewowo-wiechlinowych w dorzeczu Łabuńki. Ogólnopolska Konferencja Łąkarska „Kierunki rozwoju łąkarstwa na tle aktualnego poziomu wiedzy w najważniejszych jego działach”. SGGW, Warszawa, 375- 379.

# Einfluss der Blattentwicklung bei Silomaisorten der Reifegruppen früh und mittelfrüh auf Trockenmasseertrag und Futterqualität

P. N. Edoka, K. Schmalzer, K. Richter

Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau

## Einleitung und Problemstellung

Informationen zum Blattflächenindex von Maissorten sind wichtig, um das Abreifeverhalten der Restpflanze charakterisieren zu können und neue Sorten und Sortentypen bewerten zu können. Der Blattflächenindex kann in wachsenden Beständen nach verschiedenen Methoden mit unterschiedlich hohem Aufwand bestimmt werden (HAMMER et al., 1998, ŠESTÁK et al., 1971).

Die Zielstellung der Untersuchungen bestand darin, die Variabilität in der vegetativen Entwicklung und in der Ausprägung der Blattmerkmale nach unterschiedlichen Methoden für Silomaisortimente verschiedener Reifegruppen und Jahre darzustellen. Daraus sollen Informationen zum Abreifeverhalten der Blätter und zu Verlusten an Assimilationsfläche während der Vegetationszeit abgeleitet werden, um die Sorteneignung für Standorte mit limitiertem Wasserangebot besser charakterisieren zu können. Es sollen ergänzend zum vorhandenen Modell für die regionale Erntezeitprognose (RATH et al., 2002) Kriterien aus der Blattentwicklung abgeleitet werden, welche die Entscheidung über den Erntetermin für Maisbestände erleichtern, die nach der weiblichen Blüte unter Trockenstress abreifen.

## Material und Methoden

Für die Untersuchungen standen Landessortenversuche (Brandenburg) zur Verfügung (BARTHELMES und KRÜGER 2005), die in den Jahren 2002 bis 2004 am Standort Berge der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt wurden (Tab. 1). Alle für die Sortencharakteristik relevanten Ertrags- und Boniturdaten wurden nach den Richtlinien des Bundessortenamtes (2003) bestimmt.

Tabelle 1: Anzahl der geprüften Sorten in den Landessortenversuchen Brandenburg

Prüfjahr	Reifegruppe früh	Reifegruppe mittelfrüh
2002	20	22
2003	18	25
2004	16	25
orthogonal geprüfte Sorten	Baxxos, Nescio, Tassilo [3]	Lacta, LG3226, Pontos, PR39B50, Rivaldo, Topper [6]

Zur Bestimmung der Inhaltsstoffe diente die Nahinfrarotreflexionsspektroskopie mit den im Netzwerk des VDLUFA beschriebenen Parametern (TILLMANN 2002). Die Analysen übernahm das LVLF Brandenburg, Referat Grünland- und Futterwirtschaft Paulinen-  
aue.

Die Blattentwicklung wurde anhand des Blattflächenindex bestimmt. Von Aufgang bis Ernte wurden dazu wöchentlich die grüne Blattfläche und der Anteil von abgestorbenen und vergilbten Blättern von jeweils vier Pflanzen je Sorte bestimmt. Die Fläche jedes einzelnen Blattes ergab sich aus dem Produkt von Blattlänge, Blattbreite und einem nach ŠESTÁK et al. (1971) bestimmten Faktor, der in Abhängigkeit von Blattgeneration und Sorte variierte. Die Gesamtblattfläche ergab sich aus der Summe der Blattflächen aller Blattgenerationen. Eine Blattfläche von 4000 cm<sup>2</sup> je Pflanze entspricht bei der zu Grunde liegenden Bestandesdichte von 8 Pflanzen je m<sup>2</sup> einem Blattflächenindex von 3,2. Die aus den Einzelpflanzenmessungen abgeleiteten Werte für den Blatt-

flächenindex wurden im Jahre 2003 mit den Werten verglichen, die mit dem Messgerät LAI-2000 in den Maisparzellen bestimmt wurden. Zur Ernte wurden die Trockenmasse der Blättern und der Pflanze ermittelt. Alle Prüfmerkmale wurden varianzanalytisch ausgewertet und für alle Merkmalskombinationen die linearen Korrelationskoeffizienten bestimmt.

Die Angaben zu Niederschlägen, klimatischen Wasserbilanzdefiziten (KWB) und zu den Temperatursummen während der Vegetationszeit des Silomaises sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Tabelle 2: Saat- und Erntetermine, Temperatursumme ( $T_{AGPM}$ ), Niederschlag und klimatisches Wasserbilanzdefizit während der Vegetationszeit (ohne Saattag) - Reifegruppe früh [1] und Reifegruppe mittelfrüh [2]

Jahr	Saat-tag		Erntetag		Niederschlag [mm]		KWB [mm]		Temperatursumme [°C]	
	1/2	1	2	1	2	1	2	1	2	
2002	30.04.	03.09.	09.09.	326	326	-24	-43	1479	1554	
2003	29.04.	15.08.	23.08.	114	117	-318	-350	1346	1454	
2004	29.04.	06.09.	13.09.	258	264	-43	-52	1349	1416	

### Ergebnisse und Diskussion

Die in den Sortimenten erzielten Ergebnisse zu den wichtigsten Ertrags-, Qualitäts- und Blattmerkmalen sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der Blattflächenindex und der Abreifegrad der Blätter vor der Ernte beziehen sich auf die maximal angelegte Blattfläche (Summe der Blattfläche aller angelegten Blattgenerationen je Pflanze).

Tabelle 3: Ertrags- und Qualitätsparameter in den Jahren 2002 bis 2004 von Sorten der Reifegruppen früh [1] und mittelfrüh [2]

Jahr	TM-Ertrag [dt/ha]		TM-Gehalt [%]		Stärkegehalt [%]		Energiegehalt [MJ NEL/kgTM]		Blattflächenindex		Abreifegrad [%]	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2002	176	182	34,4	38,2	34,9	37,6	6,5	6,6	3,35	3,61	8	13
2003	105	125	39,3	43,6	27,8	31,3	5,9	6,0	3,76	3,86	66	64
2004	167	186	29,5	32,0	30,6	31,0	6,3	6,3	3,58	3,59	8	11

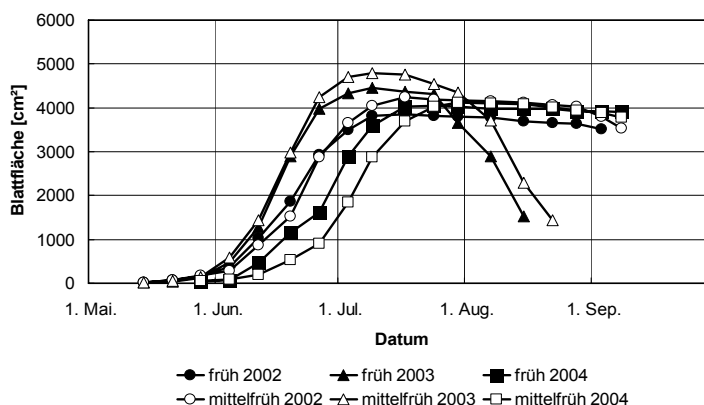


Abb. 1: Blattflächenentwicklung in den Jahren 2002 bis 2004 für die orthogonal geprüften Sorten (Mittelwerte der grünen Blattfläche von vier Pflanzen je Sorte)

Der schnelle Blattflächenverlust nach der weiblichen Blüte im Jahre 2003 (Abb. 1) hatte maßgeblich zur Minderung des Ertragsniveaus und zum Anstieg der Trockenmassege-

halte in der Gesamtpflanze im Vergleich zu den Jahren mit höherem Niederschlagsangebot (2002 und 2004) beigetragen.

Es bestanden in allen Jahren und Prüfsortimenten signifikante Unterschiede im Blattflächenindex bzw. in der maximalen Blattfläche zwischen den Sorten, auf die in diesem Beitrag nicht im Einzelnen eingegangen werden kann. Die Blattflächenentwicklung endete etwa zum Termin der weiblichen Blüte (BBCH 65). Zu diesem Zeitpunkt war die maximale Blattfläche erreicht, die ersten vier bis fünf Blattgenerationen aber bereits abgestorben. Die aus den Einzelpflanzen-Untersuchungen gewonnenen Parameter sind in Tabelle 4 in Relation zu den Ergebnissen aus den NIRS-Analysen für die Gesamtpflanzenprobe der Ernteparzelle dargestellt.

Tabelle 4: Ausgewählte Korrelationskoeffizienten zwischen Merkmalen der Silomaisorten der Reifegruppe früh und mittelfrüh in den Jahren 2002 und 2003

Reifegruppe früh		Jahr 2002					
Merkmale	1	2	3	4	5	6	
1 Blattfläche (Pflanze)		0,94 <sup>++</sup>	0,76 <sup>++</sup>	-0,45 <sup>++</sup>	0,62 <sup>++</sup>	-0,61 <sup>++</sup>	
2 Blatt-TM je Pflanze	0,80 <sup>++</sup>		0,87 <sup>++</sup>	-0,41 <sup>++</sup>	0,52 <sup>++</sup>	-0,51 <sup>++</sup>	
3 Gesamt-TM je Pflanze	0,37 <sup>++</sup>	0,52 <sup>++</sup>		-0,33 <sup>++</sup>	0,34 <sup>++</sup>	-0,31 <sup>++</sup>	
4 Stärkegehalt	-0,24 <sup>++</sup>	0,01	0,18		-0,85	0,77 <sup>++</sup>	
5 Rohfasergehalt	0,30 <sup>++</sup>	0,05	-0,05	-0,93 <sup>++</sup>		-0,95 <sup>++</sup>	
6 Energiegehalt	-0,26 <sup>++</sup>	-0,04	0,07	0,93 <sup>++</sup>	-0,98 <sup>++</sup>		
Jahr 2003							
Reifegruppe mittelfrüh		Jahr 2002					
Merkmale	1	2	3	4	5	6	
1 Blattfläche (Pflanze)		0,77 <sup>++</sup>	0,67 <sup>++</sup>	-0,39 <sup>++</sup>	0,40 <sup>++</sup>	-0,36 <sup>++</sup>	
2 Blatt-TM je Pflanze	0,67 <sup>++</sup>		0,81 <sup>++</sup>	-0,19	0,20	-0,17	
3 Gesamt-TM je Pflanze	0,62 <sup>++</sup>	0,80 <sup>++</sup>		-0,35 <sup>++</sup>	0,34 <sup>++</sup>	-0,33 <sup>++</sup>	
4 Stärkegehalt	-0,13	-0,09	-0,17		-0,87 <sup>++</sup>	0,88 <sup>++</sup>	
5 Rohfasergehalt	0,15	0,08	0,14	-0,92 <sup>++</sup>		-0,98 <sup>++</sup>	
6 Energiegehalt	-0,20	-0,13	-0,15	0,88 <sup>++</sup>	-0,95 <sup>++</sup>		
Jahr 2003							

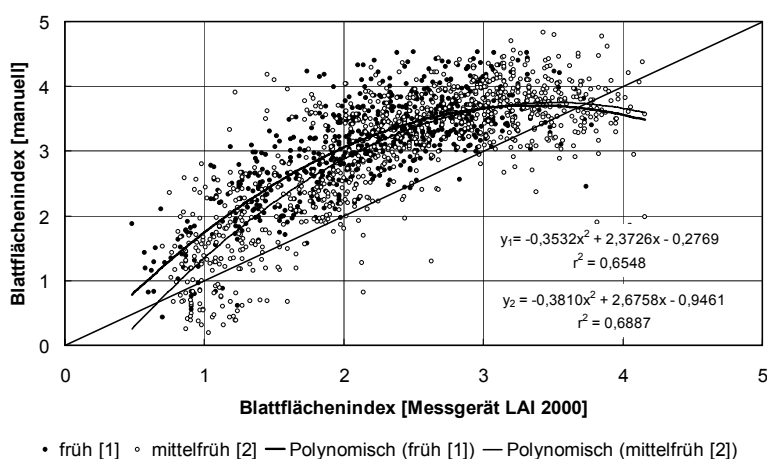


Abb. 2: Vergleich der Messmethoden (Messgerät LAI 2000, manuelle Messung) zur Bestimmung des Blattflächenindex von Juni bis August 2003

Die Relationen zwischen den Messmethoden für den Blattflächenindex (manuelle Messung von Einzelpflanzen und Messgerät LAI-2000) sind exemplarisch für das Jahr

2003 in Abbildung 2 gegenübergestellt. Während der vegetativen Entwicklung des Mais führte die Bestimmung mit dem Messgerät zu geringeren Werten für den Blattflächenindex, mit zunehmendem Abreifegrad der Blätter zu höheren Werten.

Die Messung mit dem Messgerät war gegenüber der manuellen Messung weniger zeitaufwändig, jedoch konnte die Entwicklung der einzelnen Blattgenerationen nicht getrennt erfasst werden. Für die Beurteilung des Abreifegrades der Blätter sowie der Restpflanzenabreife fehlten damit wichtige Informationen, die für die Einschätzung der Trockenheitstoleranz der Sorten und der Futterqualität unter verschiedenen Umweltbedingungen entscheidend sein können (HARTMANN & GEIGER, 2002, VALENTINUZ & TOLLENAAR, 2004). Nach bisherigen Erfahrungen erwies es sich als wichtig, dass die in Nähe des Kolbenblattes angelegten Blätter bis zur Ernte grün bleiben (zwei bis drei Blatttagen unterhalb des Kolbenblattes), damit das Verstrohen der Restpflanze nicht zum Anstieg der Trockenmassegehalte (>35 %) in der Gesamtpflanze führt (SCHMALER & RICHTER 2004).

### Schlussfolgerungen

Der Vorteil eines hohen maximalen Blattflächenindex konnte bei limitiertem Wasserangebot nicht in jedem Jahr für eine höhere Ertragsbildung genutzt werden.

Während mit der Blattfläche die ertragsbestimmenden Blatt- und Gesamttrockenmassen je Einzelpflanze anstiegen, nahmen die qualitätsbestimmenden Parameter Stärkegehalt und Energiekonzentration ab. Diese Zusammenhänge waren bei einem hohen klimatischen Wasserbilanzdefizit während der Vegetationszeit des Silomais im Jahre 2003 weniger deutlich ausgeprägt. Besonders unter trocken-heißen Abreifbedingungen konnten Sorten mit großer Blattzahl, Blattfläche und einem späteren Termin der weiblichen Blüte ihr Ertragspotenzial nicht ausschöpfen. Auch aus Sicht der Futterqualität waren hier Sorten mit einer geringeren Ausstattung an Blattfläche überlegen.

### Literatur

- BARTHELMES, G. & KRÜGER, F. (2005): Sortenratgeber 2004/2005. Silomais, Körnermais. Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg.
- HAMMER, G. L., RICKERT, K. G. & BIRCH, C. J. (1998): Improved methods for predicting individual leaf area and leaf senescence in maize (*Zea mays*). Australian Journal of Agricultural Research 49 (2), 249-262.
- BUNDESSORTENAMT (HRSG.) (2003): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (großkörnig), Hackfrüchte außer Kartoffeln 2003. Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH.
- HARTMANN, A. & GEIGER, H. H. (2001) Siloreife – Restpflanze nicht vergessen! Auswirkungen unterschiedlicher Restpflanzenabreife, Energiedichte und Verdaulichkeit. Mais 29 (2), 76-79.
- RATH, J., HERMANN, A., KORNHERR, A. & HÖPPNER, F. (2002): Den Erntetermin von Silomais vorhersagen? Forschungsprojekt „Regionale Erntezeitprognose Silomais“. Mais 30 (4), 144-147.
- SCHMALER, K. & RICHTER, K. (2004): Blattflächenentwicklung und Abreifegrad von Silomais bei unterschiedlichem Wasserangebot. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 6, 187-190.
- ŠESTÁK, Z., ČATSKÝ, J. & JARVIS, G. (1971): Plant photosynthetic production. Manual of methods. Dr. W. Junk N. V. Publishers. The Hague. 800 pp.
- TILLMANN, P. (2002): Qualitätsuntersuchung an Maissilage. Anwendung der NIRS-Methode im Netzwerk des VDLUFA. Mais 30 (1), 30-31.
- VALENTINUZ, O. R. & TOLLENAAR, M. (2004): Vertical profile of leaf senescence during the grain-filling period in older and newer maize hybrids. Crop Science 44, 827-834.

# Chancen der Ampfererkennung mittels digitaler Bildverarbeitung

S. Gebhardt, W. Kühbauch

Institut für Pflanzenbau – Lehrstuhl Allgemeiner Pflanzenbau, Universität Bonn

## Zusammenfassung

Den Stumpfbältrigen Ampfer (*Rumex obtusifolius*) automatisch erkennen und vernichten zu können, wäre ein enormer Beitrag für den Präzisionspflanzenschutz im Grünland. Im vorgestellten Projekt soll ein Bildanalysesystem zur automatischen Erkennung von *Rumex obtusifolius* und anderer Komponenten der Grünlandvegetation entwickelt werden. Dabei geht es vor allem darum, die besonderen Schwierigkeiten der Bildauswertung im Grünland (schwierige Kontrastverhältnisse im digitalen Bild, Artenvielfalt und Heterogenität, hohe Dichte an Pflanzen und Überlappungen) zu überwinden. Ist man in der Lage, die Blätter der Unkräuter automatisch durch die sie umrandenden Konturen zu beschreiben, hat man gute Chancen, Unkrautarten zu unterscheiden. In die Bildverarbeitung fließen spezifische Eigenschaften der Unkräuter (z.B. Farbe, Geometrie, Oberflächenbeschaffenheit) als Unterscheidungskriterien ein, aus denen ein Algorithmus zur schnellen Erkennung von *Rumex* und anderer Pflanzen der Grünlandflächen entwickelt werden soll. Aus zeitlich und räumlich (GPS-Positionierung) hoch aufgelösten Bildaufnahmen sollen Unkrautverteilungskarten und gegebenenfalls Applikationskarten für die teilschlagspezifische Unkrautkontrolle entwickelt werden.

## Einleitung

*Rumex obtusifolius* ist aufgrund der Häufigkeit seines Auftretens, der Verdrängung wertvoller Futterpflanzen und seines geringen Futterwertes eines der größten Problemunkräuter im Grünland. Eine Regulierung und Verbesserung von ampferbelasteten Beständen ist daher unumgänglich. Heute richten sich mehr als 90% aller Maßnahmen (manuelles Ausstechen, mechanisches Wurzelfräsen, Infrarot-Gastechnik, chemische Bekämpfung) in der Unkrautregulierung gegen den Ampfer (Pötsch 2001). Die Bekämpfungsmaßnahmen sind allesamt mit hohem Aufwand an Zeit und Arbeitskraft verbunden. Beim maschinellen Ampferstechen oder Wurzelfräsen mit dem vom österreichischen Ökobauern Ferdinand Riesenhuber entwickelten „WUZI“ kann bisher eine Flächenleistung von bis zu 600 Pflanzen pro Stunde erreicht werden, abhängig von der Bestandesdichte, den Bodenverhältnissen und dem guten Auge des Fahrers. Ein vollautomatisches System zur Erkennung und Kartierung des Ampfers würde die Existenz solcher oder auch chemischer Unkrautkontrolle nachhaltig verbessern.

Die digitale Bildverarbeitung bietet Möglichkeiten zur Automatisierung des Erkennungsprozesses. Im Ackerbau werden diese Techniken seit längerem erforscht und erprobt, z.B. mit einem operationellen Online-System zur Herbizidapplikation (GERHARDS et al. 2002).

Im Grünland blieben bildanalytische Verfahren bisher weitgehend ungenutzt. Gründe sind die enorme Artenvielfalt und Heterogenität von Grünlandbeständen, welche eine bildanalytische Auswertung besonders schwierig gestalten. Die bildanalytische Unkrauterkenntnis in die Grünlandwirtschaft einzuführen ist Inhalt des hier vorgestellten Projektes. Im Verlaufe der Arbeit sollen die erforderlichen Algorithmen zur automatischen Erkennung des stumpfbältrigen Ampfers und anderer Komponenten der Grünlandvegetation entwickelt werden. Am Ende des Projektes soll ein Bildanalysesystem zur differenzierten Erfassung der Grünlandvegetation zur Verfügung stehen.

## Bildaufnahme

Grundlage der Arbeit bildet ein Grünlandversuch auf der Lehr- und Forschungsstation der Universität Bonn in Rengen (Eifel). Aufgrund der Ähnlichkeit in Form und Farbe des Ampfers zu den dort vorrangig vertretenden Pflanzenarten Löwenzahn, Breitwegerich und Weißklee müssen die individuellen Farb- und Formeigenschaften dieser Pflanzenarten in künstlich erstellten Artenkombinationen und Aufnahmesituationen verfolgt und

statistisch getrennt werden. Der Ampfer wird daher als Einzelpflanze, mit mehreren sich überlappenden Ampferpflanzen, im Verbund mit den anderen Grünlandpflanzen und über unterschiedlichen Bodenverhältnissen (keine Vegetation, lückiger Deutsch Weidelgrasbestand, dichter Deutsch Weidelgrasbestand) untersucht. Der Schwierigkeitsgrad der Bildklassifikation wird dadurch systematisch erhöht.

Die Kamera (eine herkömmliche digitale RGB Kamera mit 8 Megapixeln Auflösung) wird an am Ausleger eines Krans befestigt, welcher auf einem Schienensystem bewegt wird. Durch Lichtschranken gesteuert fährt dieser jede einzelne Versuchsparzelle an und die Bildaufnahme wird automatisch ausgelöst. Eine hohe Wiederholrate der Aufnahme ermöglicht die permanente fotografische Erfassung der Pflanzen während der gesamten phänologischen Entwicklung.

Ein grundsätzliches Problem sind die Lichtverhältnisse zum Zeitpunkt der Aufnahme. Direktes Sonnenlicht bewirkt verstärkte Reflexionen an der Blattoberfläche und führt zu starker Schattenbildung. Beides erschwert die Bildverarbeitung. Bessere Voraussetzungen bietet das Abschatten der Pflanzen oder eine Aufnahme mit künstlicher Lichtquelle (siehe Abb. 1).

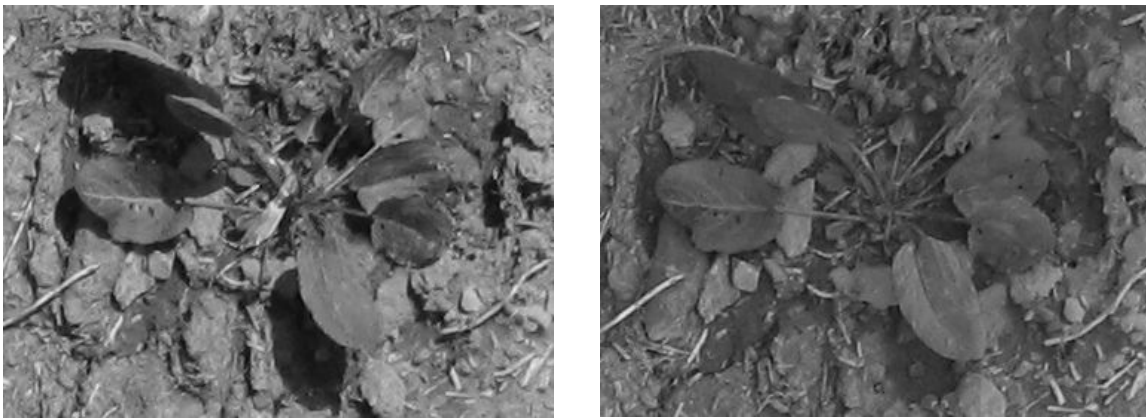


Abb. 1: Beispiel für unterschiedliche Beleuchtungsverhältnisse. Links: direktes Sonnenlicht; Rechts: abgeschattetes Objekt

### **Bildverarbeitung**

Ziel der Bildverarbeitung ist die Trennung der einzelnen Pflanzen vom Bildhintergrund. Dieser Schritt wird als Bildsegmentierung bezeichnet. Die Farbe der Blätter wird als Unterscheidungskriterium nicht hinreichend sein. Die Blattoberflächen des Stumpfblätrigen Ampfers und der anderen zu untersuchenden Pflanzen weisen jedoch eine gewisse Homogenität auf und trennen sich so optisch von den Gräsern. Diese Eigenschaft kann in der Bildverarbeitung ausgenutzt werden und als Grundlage für die Bildsegmentierung dienen. Die Ergebnisse der Segmentierung können Polygone sein, welche die Objekte umranden (siehe Abb. 2 links). Dadurch ist es möglich die Form der Blätter mathematisch zu beschreiben.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die hier verwendeten Formparameter, mit denen die Pflanzenarten voneinander zu unterscheiden sind. Bisherige bildanalytische Untersuchungen zeigen, dass die Form eines Ampferblattes deutlich von der des Klee- oder des Löwenzahns abgrenzbar ist.

Aufgrund von Überlagerungen der Blätter werden sich die Konturen der Blätter nicht in jedem Fall ableiten lassen. Eine Beschreibung der Blätter über die geometrische Form ist dann nicht mehr möglich. Die Oberflächenbeschaffenheit (Textur, Muster) der Blätter könnte daher als diakritisches Merkmal getestet sein. Darunter ist zum Beispiel die Rauigkeit oder die Glätte von Oberfläche zu verstehen.



Tabelle 1: Übersicht einiger Formparameter (DU AND SUN 2004)

$Flächenindex = \frac{Fläche}{MaxDurchmesser \cdot MinDurchmesser}$	$Rundheit = \frac{4\pi \cdot Fläche}{\pi \cdot MaxDurchmesser}$
$Längenverhältnis = \frac{MaxDurchmesser}{MinDurchmesser}$	$FormFaktor1 = \frac{4\pi \cdot Fläche}{Umfang^2}$
$Kreisförmigkeit = \frac{Umfang^2}{Fläche}$	$FormFaktor2 = \frac{MaxDurchmesser}{Fläche}$
$Exzentrizität = \sqrt{1 - \frac{kleineHalbachse^2}{großeHalbachse^2}}$	$FormFaktor3 = \frac{4 \cdot Fläche}{\pi \cdot MaxDurchmesser \cdot MinDurchmesser}$

Die Textur lässt sich zum Beispiel durch statistische Werte des Grauwertehistogramms beschreiben, wie im einfachsten Fall mit dem Mittelwert oder der Standardabweichung. Im rechten Bild der Abbildung 2 ist das Ergebnis einer Trennung homogener von inhomogenen Regionen veranschaulicht. Dabei wurde das Bild mit einem Gitternetz überlagert und für jede Masche wurde ein Homogenitätstest vollzogen, wobei die Standardabweichung der Grauwerte der Pixel innerhalb der Masche als Maß für die Glätte der Oberfläche verwendet wurde. Die schwarzen Maschen erfüllten dieses Kriterium. Eine Trennung großblättriger Pflanzen vom Hintergrund wäre also auch mit diesem Verfahren möglich. Im Verlaufe des Projektes muss untersucht werden, ob sich die Textur der verschiedenen Pflanzenarten hinreichend unterscheiden, um so eine sichere Trennung nach Pflanzenarten vornehmen zu können.

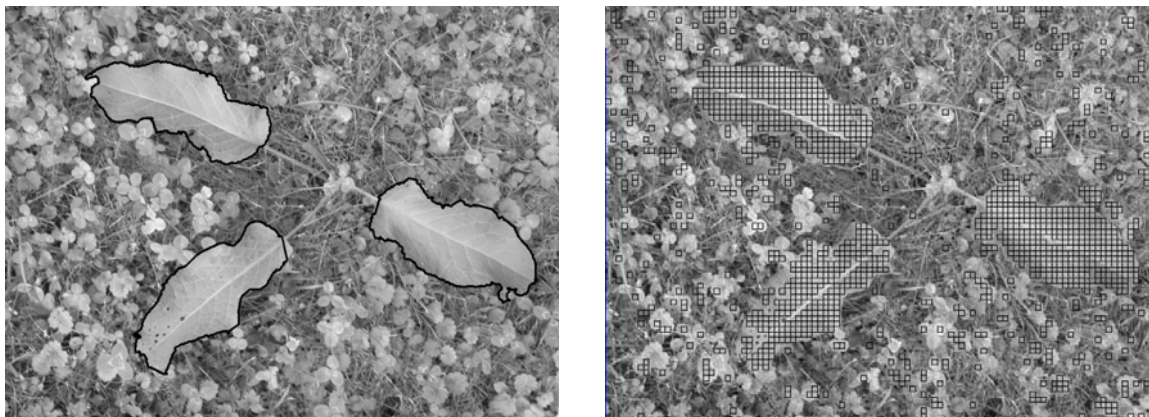


Abb. 2: Links: Ergebnis einer kantenbasierten Segmentierung zur Beschreibung der geometrischen Form der Blätter. Rechts: Klassifikation der Maschen eines Gitternetzes mittels Homogenitätskriterium

### Aussichten

Ein System zur Unkrautbekämpfung basierend auf der Erkennung der Unkräuter durch digitale Bildverarbeitung wäre ein enormer Beitrag für den Präzisionspflanzenbau im Grünland. Es ist vorstellbar, dass ein solches System durch Kopplung mit GPS Navigation völlig autonom arbeiten könnte. Voraussetzung dafür ist ein robuster Bildverarbeitungsalgorithmus, mit welchem man in der Lage ist, Ampferpflanzen zu erkennen und zu lokalisieren. Hierfür sind grundlegende Untersuchungen notwendig, welche die Merkmale (Farbe, Geometrie, Textur), die mittels digitaler Bildverarbeitung messbar sind und eine Unterscheidung des stumpfblättrigen Ampfers zu anderen Pflanzen gewährleisten, herausarbeiten. Diese Merkmale zu finden ist Inhalt der Arbeit. Lassen sich solche signifikanten Merkmale tatsächlich identifizieren, ist der Aufbau einer Bildverarbeitungskette (Bildaufnahme → Bildvorverarbeitung → Segmentierung → Merkmalsmessung → Klassifikation → Applikation) der nächste Schritt.

## Literatur

- DU, C. J. UND D. W. SUN (2004). "Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation." Trends in Food Science & Technology 15(5): 230-249.
- GERHARDS, R., M. SÖKEFELD, A. NABOUT, R.-D. THERBURG, P. KROHMANN, C. TIMMERMANN UND W. KÜHBAUCH (2002). "Online weed control using digital image analysis." Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection, Sonderheft XVIII: 421-427.
- PÖTSCH, E. M. (2001). "Wissenswertes zur mechanischen und chemischen Ampferbekämpfung." Bericht über das 7. Alpenländische Expertenforum zum Thema Bestandesführung und Unkrautregulierung im Grünland - Schwerpunkt Ampfer am 22. und 23. an der BAL Gumpenstein. Irdning, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft BAL Bericht.

# Quantitative Untersuchung des Einflusses verschiedener Standortfaktoren auf das Vorkommen von Weißklee in einem ökologisch bewirtschafteten Grünlandbestand

S. Gottardi, T. Fricke, G. Spatz, M. Wachendorf  
Fachgebiet Grünlandökologie und Futterbau, Universität Kassel

## Einführung

Die Stickstoffversorgung und die Qualität des Futters sind besonders im ökologischen Landbau von dem Vorkommen und der Etablierung des Weißklee (*Trifolium repens* L.) in Grünlandbeständen abhängig. Seine Ertragsanteile weisen innerhalb eines Bestandes kleinräumige Variationen auf, die auf Standorteigenschaften und Bewirtschaftungseffekten sowie interspezifischer Konkurrenz beruhen. Bei einheitlicher Nutzung einer Grünlandfläche mit großer Variabilität der Standorteigenschaften stellen die standortspezifischen Parameter die Haupteinflussgrößen bei der Etablierung von *Trifolium repens* dar. Im Rahmen dieser Studie wurden auf der Basis räumlicher Erhebungen mittels multipler Regressionsanalyse Beziehungen zwischen Standort und Weißkleeertragsanteilen ermittelt.

## Material und Methoden

Die Untersuchung wurde auf 1998 einheitlich angesätem Dauergrünland (*Lolium perenne* früh/mittel/spät je 1 kg/ha, *Festuca pratensis* 4 kg/ha, *Dactylis glomerata* 3 kg/ha, *Phleum pratense* 1,5 kg/ha, *Poa pratensis* 3 kg/ha, *Festuca rubra* 2 kg/ha, *Trifolium repens* 4 kg/ha) im mitteldeutschen Hügelland nach vier Jahren weitgehend einheitlicher Nutzung als extensive Mähweide durchgeführt. Die 20 ha große Grünlandfläche gehört zum ökologisch bewirtschafteten Versuchsgut „Domäne Frankenhausen“ der Universität Kassel und liegt 218 - 251 m ü. NN bei durchschnittlich 650 mm Jahresniederschlag und 8,5 °C Jahresdurchschnittstemperatur. Sie ist durch ein Gelände mit Hangneigungen bis zu 20 % gekennzeichnet und vorwiegend in nordwestliche Richtung exponiert. Der obere Buntsandstein (Röt), der vor allem in Senken von Löss und Kolluvien überlagert wird, bildet die geologische Grundlage. Die Heterogenität der geomorphographischen Reliefattribute der Fläche spiegelt ein breites Spektrum unterschiedlicher Bodentypen wider (Hauptbodentypen: Auenboden, Gley, Kolluvium, Parabraunerde, Pelosol, Braunerde und Ranker). Die räumliche Erhebung der Grünlandfläche enthält Beprobungsstellen in einem Raster (50m) von 97 Punkten bei einer Probenflächengröße von 1 m<sup>2</sup>. An diesen Stellen erfolgte seit 2001 die Erfassung der Bestandeszusammensetzung (Ertragsanteilschätzung) nach der Methode KLAPP/STÄHLIN (in: VOIGTLÄNDER und VOß, 1979) vor dem ersten Schnittzeitpunkt. Außerdem wurden folgende Bodenparameter erfasst: pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>), Mg- (CaCl<sub>2</sub>), K- (CAL), P-Gehalt (CAL) (HOFFMANN, 1991); N<sub>t</sub>-Gehalt (Elementaranalysator (SCHLICHTING et al., 1995)) sowie die geschätzte Tonkornfraktion des Bodens (AG Bodenkunde, 1996). Für die Untersuchung der Etablierung von *Trifolium repens* innerhalb der Jahre 2001-2003 wurde die multiple Regressionsanalyse mittels GLM-Procedures (GLM für "General Linearer Modell") in SAS (SAS Institute, 1997) durchgeführt. Zur Bestimmung des Einflusses auf die Weißkleeertragsanteile wurden in das Modell nicht nur die Haupteffekte, sondern auch ihre gegenseitige Beeinflussung in Form von Wechselwirkungen bzw. Zweier- und Dreierinteraktionseffekte einbezogen. Das Modell wurde schrittweise auf die signifikanten Effekte (p<0.05) reduziert. Als Haupteffekte wurden die chemischen Bodenwerte sowie die geschätzte Tonkornfraktion ausgewählt. Die Wirkung einzelner signifikanter Effekte aus der Regressionsgleichung wurde als Graphik visualisiert. Für die fortlaufend dargestellten Haupteffekte wurde eine Variationsbreite („range“) ihrer Werte verwendet, die um ihre Mittelwerte +/- Standardabweichung lagen. Die in der einzelnen Graphik nicht direkt dargestellten, signifikanten Effekte waren darin implementiert und auf ihren Mittelwert fixiert. Vor der Berechnung des Modells wurden die Weißkleeertragsanteile zunächst logarithmisch dargestellt und anschließend für die graphische Darstellung wieder rücktransformiert. CONNOLLY and WACHENDORF (2001) geben detaillierte Erklärungen zu den genannten Be-

rechnungen. Die Interpolation der punktuell erhobenen Messwerte zu räumlichen Karten erfolgte nach der Inversen-Distanzmethode in Arc/View 3.2.

### Ergebnisse und Diskussion

Unter den sieben im Herbst 1998 angesäten Arten waren in den drei Untersuchungsjahren *Trifolium repens*, *Lolium perenne* und *Dactylis glomerata* am stärksten vertreten, wobei sich der Weißklee nahezu flächendeckend etablierte. Der maximale Anteil von *Trifolium repens* lag bei 56,6% im Jahr 2001 mit durchschnittlichen Ertragsanteilen von 22,2%. In den Jahren 2002 und 2003 betrug er im arithmetischen Mittel 15% bzw. 15,9% (Tab. 1). Insgesamt wurde während der drei Untersuchungsjahre ein rückläufiger Trend in der flächenmäßigen Kleeausbreitung auf der Untersuchungsfläche beobachtet, der in Abbildung 1 dargestellt wird. Er ist bei hohen Weißkleeertragsanteilen stärker als bei niedrigen und ebenfalls deutlich erkennbar bei der Einteilung der Fläche in Ertragsanteilklassen (Tab. 2). Dieser allgemeine Rückgang ergibt sich aus der Abnahme der Areale mit anfänglich hohen Kleeertragsanteilen (>26%) einerseits sowie aus der teilweise deutlichen Zunahme der weißkleeärmeren Flächen (Weißkleeanteile 16-25% sowie <10%) andererseits.

Tabelle 1: Ertragsanteile (%) von *Trifolium repens* auf der Untersuchungsfläche (Mittelwert, Minimum, Maximum und Standardabweichung)

Jahr	2001	2002	2003
Mittelwert	22.2	15	15.9
Minimum	0.2	0.2	0.2
Maximum	56.6	45.6	45.6
Standardabweichung	17.07	13.24	12.64

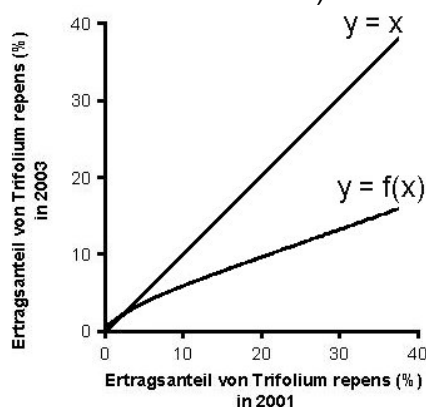


Abb. 1: Entwicklung des Weißklee: Gegenüberstellung der Ertragsanteile von 2001 u. 2003

Mittels multipler Regressionsanalyse wurde untersucht, ob die chemischen Parameter und Korngröße des Bodens die Ertragsanteile von *Trifolium repens* beeinflussten. 2001 zeigte, dass unter Einbeziehung aller berücksichtigten Standortparameter 29,5% der gesamten Streuung der Weißkleeertragsanteile erklärt werden konnte. Weiterhin wurde ein signifikanter Beitrag für pH-Wert, P-Gehalt und Tonfraktion gefunden (Tab. 3). Die Zusammenhänge zwischen Weißklee und pH-Wert ( $p < 0,0001$ ) bzw. Tonfraktion ( $p < 0,005$ ) des Bodens waren positiv, obwohl bei letzterem Effekt der Einfluss auf den Weißklee relativ schwach war. Dagegen war die Beziehung zum P-Gehalt ( $p < 0,03$ ) leicht negativ (Abb. 3). Ähnliche Beziehungen ergaben sich auch in den Analysen der Jahre 2002 und 2003 (Tab.3).

Tabelle 2: Flächenanteile von *Trifolium repens* der Untersuchungsjahre 2001 - 2003

Ertragsanteilkategorie	Flächenanteile (%)		
	2001	2002	2003
2 – 5 %	0.3	1.4	4.8
6 – 10 %	6.5	20.3	18.7
11 – 15 %	19.1	33.8	25.6
16 – 25 %	38.5	39.4	49.5
26 – 40 %	34.7	5.1	1.3
41 – 57 %	0.8		

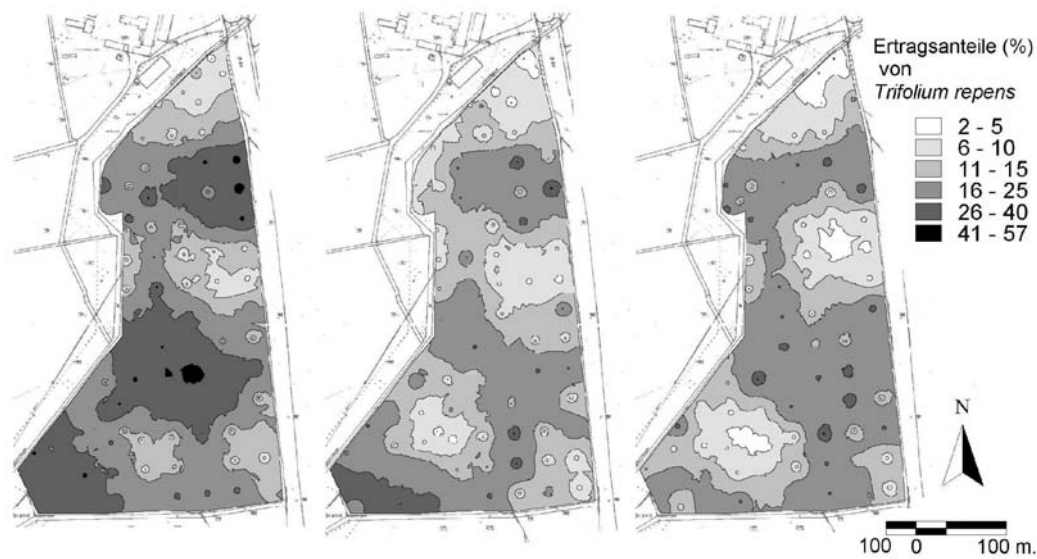


Abb. 2: Zeitliche und räumliche Darstellung der Ertragsanteile von *Trifolium repens* zum jeweils ersten Nutzungstermin auf der Grünlandfläche in den Jahren 2001 bis 2003, interpoliert über inverse Distanzwichtung ( $\emptyset$  Kleeanteil 2001: 22,2%; 2002: 15%; 2003: 15,9%)

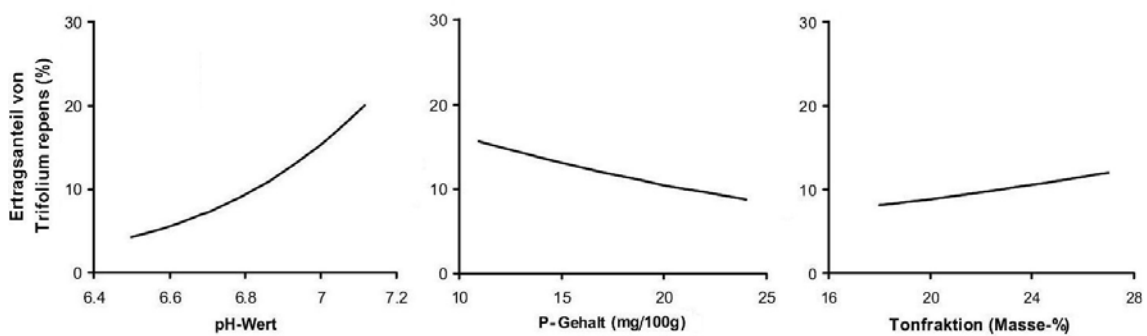


Abb. 3: Einfluss von pH-Wert, P-Gehalt und Tonfraktion auf die Ertragsanteile von *Trifolium repens*

Tabelle 3: Schätzwerte der Parameter im Modell für *Trifolium repens* der Jahre 2001-2003 (Abkürzungen: Est. - Schätzwerte; S.E. - Standardfehler; Sign. - Signifikanz)

Parameter	2001			2002			2003		
	Est.	(S.E.)	Sign.	Est.	(S.E.)	Sign.	Est.	(S.E.)	Sign.
Achsenabschnitt	-21.68	(± 4.25)	***	-229.25	(± 104)	*	-22.54	(± 4.64)	***
pH-Wert	2.80	(± 0.64)	***	62.79	(± 30.3)	*	2.00	(± 0.66)	**
P-Gehalt	-0.05	(± 0.02)	*	-0.05	(± 0.02)	*			NS
Mg-Gehalt			NS	0.14	(± 0.08)	NS	0.16	(± 0.07)	*
Tonfraktion	0.05	(± 0.02)	**	0.22	(± 0.08)	**	0.24	(± 0.08)	**
pH-Wert x pH-Wert			NS	-4.41	(± 2.19)	*			NS
Mg-Gehalt x Tonfraktion			NS	-0.01	(± 0)	*	-0.01	(± 0)	*

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; NS - nicht signifikant.

## Diskussion

Bei der Etablierung setzte sich in den drei Untersuchungsjahren ein stark abnehmender Trend in Arealen mit anfangs hohem Weißkleebesatz fort.

Die Auswertung mittels multipler Regressionsanalyse mit dem Ziel, Einflüsse von Standortfaktoren auf das Vorkommen von *Trifolium repens* zu untersuchen, zeigte in allen Jahren einen positiven Zusammenhang zwischen den Weißkleeertragsanteilen und einem pH-Wert zwischen 6,5 und 7,2. Ähnliche Ergebnisse stellte auch SNAYDON (1962) in seinen Untersuchungen fest, jedoch für pH-Werte zwischen 4,1 und 5,6. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden sowohl in 2001 als auch in 2002 negative Beziehungen zwischen P-Gehalt und Weißkleeanteil festgestellt. Eine der möglichen Erklärungen dafür dürfte in der Konkurrenz mit leistungsfähigeren Gräsern liegen. Bei hohen P-Gehalten des Bodens sind Gräser vermutlich besonders konkurrenzfähig und unterdrücken die Ausbreitung des Weißkleees (JANSSENS et al. 1998; ACUÑA and WILMAN, 1993).

Offensichtlich konkurrieren diese Gräser mit *Trifolium repens* gerade bei pH-Werten zwischen 6,0 und 6,5, wo die Bedingungen für die P-Mobilität am günstigsten sind (BERGMANN, 1993). Dagegen konnte sich *Trifolium repens* bei gleichzeitig niedrigen P-Gehalten und hohen pH-Werten besser als die Gräser etablieren. Ebenfalls begünstigten tonreiche Böden, zumindest in 2001, das Vorkommen dieser Leguminose eindeutig. In den folgenden Jahren wurde der Einfluss der Tonfraktion von weiteren Parametern wie z.B. dem Mg-Gehalt überlagert. So wurden die Weißkleeanteile bei verschiedenen Tonfraktionsniveaus durch den Mg-Gehalt unterschiedlich beeinflusst.

## Schlussfolgerung

Zur Analyse der Beziehungen zwischen Standortfaktoren und der Bestandeszusammensetzung von heterogenen Grünlandbeständen stellt die multiple Regression auf Basis von rasterartig erhobenen Boden- und Bestandesdaten eine leistungsfähige Methode dar.

## Literatur

- ACUNA, P. and D. WILMAN, 1993. Some effects of added phosphorus on perennial ryegrass-white clover swards. *Grass and Forage Science*, 48: 416-420.
- AG BODENKUNDE DER GEOLOGISCHEN LANDESÄMTER UND DER BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE IN DER BRD, 1996. *Bodenkundliche Kartieranleitung (KA4, 4. verbesserte und erweiterte Auflage)*, Hannover.
- BERGMANN, W., 1993. *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen* Gustav Fischer Verlag, Jena-Stuttgart.
- CONNOLLY, J. and M. WACHENDORF, 2001. Developing multisite dynamic models of mixed species plant communities. *Annals of Botany*. 88: 703-712.
- HOFFMANN, G., 1991. *Die Untersuchung von Böden. – Methodenbuch, Band 1, 4. Auflage*, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- JANSSENS, F., A. PEETERS, J. TALLOWIN, J. BAKKER, R. BEKKER, F. FILLAT and M. OOMES, 1998. Relationship between soil factors and grassland diversity. *Plant and Soil*, 202: 69-78.
- SCHLICHTING, E. BLUME, H.-P. und K. STAR, 1995. *Bodenkundliches Praktikum*. Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin Wien, 2. Aufl.
- SNAYDON, B. R., 1962. Micro-distribution of *Trifolium repens* L. and its relation to soil factors. *Journal of Ecology*, 50(1): 133-143.
- VOIGTLÄNDER, G. und N. VOß, 1979. *Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung*. Eugen Ulmer, Stuttgart.

# Ertrag und Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen während der Etablierungsphase- Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches

M. Himstedt, T. Fricke, M. Wachendorf  
Fachgebiet Grünlandökologie und Futterbau, Universität Kassel

## Einleitung

In einem neunwöchigen Gefäßversuch wurde die Ertragsbildung und Bestandeszusammensetzung unterschiedlicher Leguminosen/Gras - Gemenge unter kontrollierten Licht-, Temperatur- und Feuchtebedingungen beobachtet. Um den Einfluss der Mischungsverhältnisse von Leguminosen und Gras auf Ertrag, Leguminosenanteil, Futterqualität und Beikrautpopulation zu untersuchen, erfolgte die Aussaat von Reinsaaten und binären Mischungen von Rotklee, Weißklee, Luzerne und Deutschem Weidelgras. Das Versuchsdesign dieser Untersuchung ermöglicht eine Analyse der Pflanzenbestände auf funktionaler und struktureller Ebene. Die funktionale Ebene eines Bestandes wird durch Ertragsbildung, Futterqualität und Nährstoffflüsse beschrieben. Die strukturelle Ebene kann unter anderem durch die Bestandeszusammensetzung beschrieben werden. Im Rahmen dieses Beitrags wird auf die Ertragsbildung und die Bestandeszusammensetzung eingegangen, eine Untersuchung der Futterqualität ist geplant. Verknüpfungen der strukturellen und funktionalen Ebene ermöglichen eine umfassende Betrachtung des Pflanzenbestandes.

## Material und Methoden

Aus den verschiedenen Mischungsverhältnissen ergaben sich neun Varianten. Neben Reinsaaten von Deutschem Weidelgras ( $G\ 20\ \text{kg ha}^{-1}$ ), Rotklee ( $R\ 8\ \text{kg ha}^{-1}$ ), Weißklee ( $W\ 4\ \text{kg ha}^{-1}$ ) und Luzerne ( $L\ 16\ \text{kg ha}^{-1}$ ) wurden folgende Gemengevarianten ausgesät: R8G (Rotklee  $8\ \text{kg ha}^{-1}$  + Weidelgras  $20\ \text{kg ha}^{-1}$ ), R2G (Rotklee  $2\ \text{kg ha}^{-1}$  + Weidelgras  $20\ \text{kg ha}^{-1}$ ), WG (Weißklee  $4\ \text{kg ha}^{-1}$  + Weidelgras  $20\ \text{kg ha}^{-1}$ ) und LG (Luzerne  $16\ \text{kg ha}^{-1}$  + Weidelgras  $20\ \text{kg ha}^{-1}$ ). Als Kontrolle diente eine Variante ohne jegliche Aussaat.

Um Bestände verschiedener Altersstufen beobachten und vergleichen zu können wurden die Leguminosen/Gras - Mischungen zu vier Aussaatterminen in 2wöchigem Abstand gesät. Zum gemeinsamen Erntezeitpunkt (21, 35, 49 oder 63 Tage nach der Aussaat) standen also Bestände vier verschiedener Altersklassen zur Verfügung. Die Aussaat erfolgte von Hand mit einem Reihenabstand von 12 cm und einer Saattiefe von 0,5 cm. Die Holzgefäße (70 x 70 x 20 cm) wurden mit 2 cm Drainsubstrat (Lavagrass) und ca. 16 cm homogenisiertem, feinkrümeligem Boden (sL- IS; 3,6% S, 73% U, 23,4% T und ca. 2% Humus) befüllt. Nach Analysen in 2005 liegt die Phosphor-, Magnesium- und Kalium Versorgung bei einem pH-Wert von 6,7 in den Gehaltsklassen D bis E. Im Rahmen des Gefäßversuchs erfolgte keinerlei Düngung. Für die Bestimmung der Bestandeszusammensetzung wurde zur Ernte die gesamte oberirdische Biomasse in Gras, Leguminosen und nicht angesäte Arten fraktioniert. Nach der Bestimmung aller Arten wurden die Fraktionen für eine spätere Qualitätsbestimmung 18h bei 65°C getrocknet. Die Berechnung der Evenness erfolgte auf Grundlage aller nicht angesäten Arten, die angesäten Leguminosen und Gräser im jeweiligen Bestand wurden nicht mit einbezogen (verändert nach DIERSEN, 1990). Die Nomenklatur der Beikräuter wurde nach ROTHMALER (1996) vorgenommen.

## Ergebnisse und Diskussion

Die neun Wochen alten Leguminosen/Gras-Gemenge waren den Leguminosen-Reinbeständen hinsichtlich des Biomasseertrages weitgehend überlegen, wobei Rotklee und Luzerne signifikant produktiver waren als Weißklee (Abb.1). Die höhere Produktivität von Rotklee und Luzerne zeigte sich auch innerhalb der Gemenge. Rotklee mit einer Aussaatstärke von 8 kg ha<sup>-1</sup> stellte nach den 63 Tagen einen Ertragsanteil von 41,5%. Rotklee mit nur 2 kg ha<sup>-1</sup> Aussaatstärke hatte mit 17,2% nur geringfügig weniger Ertragsanteil als Weißklee (17,9%), der mit 4 kg ha<sup>-1</sup> ausgebracht wurde. Der Ertragsanteil von Luzerne betrug 36,1% bei einer Aussaatstärke von 16 kg ha<sup>-1</sup>. Eine Ertragsüberlegenheit von Rotklee/Gras-Gemengen gegenüber reinem Rotklee Anbau wird auch von WACHENDORF (1995) beschrieben.

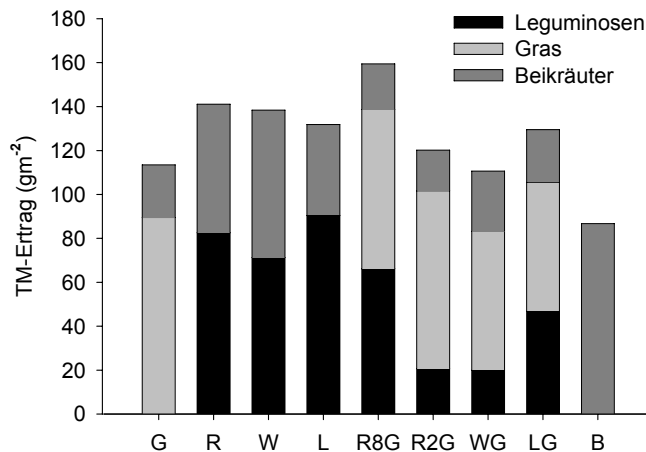


Abb. 1: Mittlerer Trockenmasseertrag (gm<sup>2</sup>) von Gras, Leguminosen und Beikräutern neun Wochen alter Pflanzenbestände: G: Gras; R: Rotklee; W: Weißklee; L: Luzerne; R8G: Rotklee (Saatstärke 8 kg) Gras; R2G: Rotklee (Saatstärke 2 kg) Gras; WG: Weißklee Gras; LG: Luzerne Gras; B: Boden.

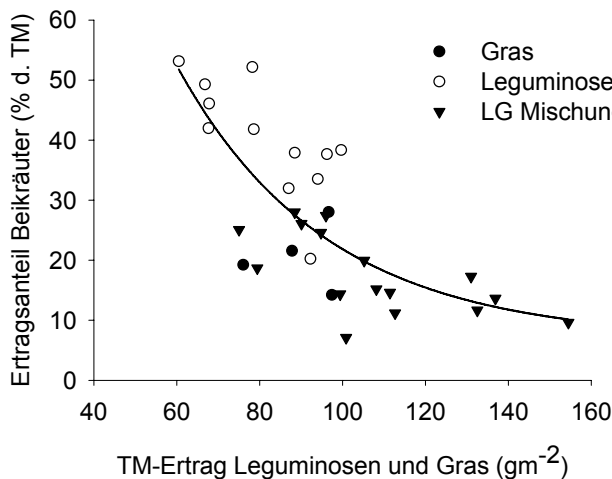


Abb. 2: Ertragsanteil der Beikräuter neun Wochen alter Bestände in Abhängigkeit vom TM-Ertrag von Leguminosen und Gras (gm<sup>2</sup>).

Regressionsgleichung:  $y = 6.8268 + 241.2032 e^{-0.0278x}$ ,  $R^2=0.58$ , s.e.=8.8.

Die Leguminosen/Gras-Gemenge und die Gras-Reinsaat wiesen im Vergleich zu den Leguminosen-Reinseaten eine deutlich stärkere Beikraut unterdrückende Wirkung auf. Zu erklären ist dies mit den höheren TM-Erträgen dieser Ansaatvarianten. Es besteht eine gesicherte negativ - exponentielle Beziehung zwischen dem Ertrag der angesäten Arten und dem Ertragsanteil der Beikräuter (Abb.2). Die bessere Beikrautunterdrückung der Gras-Reinsaat gegenüber der Luzerne-Reinsaat bei annähernd gleichen Erträgen (Gras: 89,5 g m<sup>-2</sup>, Luzerne: 90,4 g m<sup>-2</sup>) kann auf die starke Konkurrenzkraft von Deutschem Weidelgras zurückgeführt werden. Diese Eigenschaft der Gras-Reinsaat wurde in Mischung mit Rotklee und Luzerne verbessert, mit Weißklee dagegen leicht verschlechtert. Ein signifikanter Einfluss vom Leguminosenertrag oder Grasertrag auf die Ertragsanteile der Beikräuter konnte nicht festgestellt werden.



Vorherrschende Beikräuter mit hoher Stetigkeit und meist hohen Ertragsanteilen an der Beikraut-Fraktion waren *Alopecurus myosuroides*, *Stellaria media* und *Capsella bursa-pastoris* sowie die zusammen aufgenommenen Arten *Matricaria recutita* und *Matricaria discoidea*. Die Arten *Alopecurus myosuroides*, *Thlaspi arvense* und *Papaver rhoeas* gehören den Klatschmohn-Gesellschaften an (*Papaveretalia rhoeadis*), welche auf basenreichen Lehm- und Tonböden verbreitet sind. *Fumaria officinalis* und *Veronica agrestis* weisen auf die Erdrauch-Gesellschaft (Assoziation *Thlaspi-Fumarietum officinalis*) hin, die auf frischen, gut mit Nährstoffen versorgten, lehmigen Böden verbreitet ist. *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium album* und *Galium aparine* zeigen gut mit Stickstoff versorgte Böden an und sind gegenüber anderen Standortfaktoren indifferent. Die aufgelaufenen Arten wiesen wie erwartet auf gut mit Nährstoffen versorgten Boden hin.

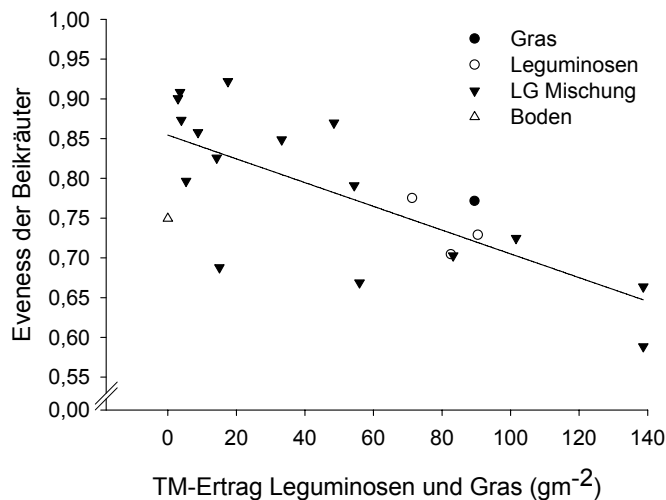


Abb. 3: Evenness der Beikräuter in Abhängigkeit vom TM-Ertrag von Leguminosen und Gras ( $\text{gm}^{-2}$ ). Regressionsgleichung:  $y = 0,8544 - 0,0015 \cdot x$ ;  $R^2 = 0,53$ .

Für eine genauere Analyse der Beikraut-Fraktion wurde die Evenness errechnet. Die Evenness als Struktur-Parameter gibt an, bis zu welchem Grad die maximal mögliche Gleichverteilung erreicht wurde (DIERSEN, 1990). Die Werte für Evenness liegen zwischen 0 und 1. Bei gleichmäßiger oder zufälliger Verteilung der Arten liegen die Evenness-Werte bei 1. Je niedriger der Wert, desto unterschiedlicher sind die Arten verteilt, was auf inter- oder intra-spezifische Wechselwirkungen schließen lässt.

Wie in Abbildung 3 dargestellt, sinken die Evenness-Werte der Beikräuter mit steigendem Ertrag von Leguminosen und Gras. Es besteht eine signifikant lineare Beziehung zwischen der

Evenness der Beikräuter und dem Ertrag von Leguminosen und Gras (Abb.3). Die hier vorliegenden Evenness-Werte bewegen sich zwischen 0,58 und 0,92. Eine Einbeziehung der relativ hohen Ertragsanteile der angesäten Arten hätte die Evenness-Werte verringert und so die differenzierte Betrachtung der Beikraut-Fraktion überlagert.

Eine zusätzliche Betrachtung der Artenzahlen der Beikräuter in Bezug auf den Ertrag von Leguminosen und Gras ergänzt die bisherigen Ergebnisse. So stieg die Artenzahl der Beikräuter bis zu einem mittleren Ertrag, um bei weiter steigendem Ertrag wieder zu sinken (Abb. 4). Bei niedrigem Ertrag etablierten sich Beikraut-Arten bis es aufgrund des wachsenden Ertrages der angesäten Arten zu einer starken Konkurrenz kam und einige Beikraut Arten wieder zurücktraten. Der Einfluss der angesäten Arten auf die Beikräuter wurde mit steigendem Ertrag größer und wirkte sich unterschiedlich auf die einzelnen Beikraut-Arten aus.

Einige Beikraut-Arten wurden zurückgedrängt. Nur wenige konnten ihre Ertragsanteile innerhalb der Beikraut-Fraktion erhöhen. Um die ausgefallenen Arten zu identifizieren, wurde ein Stetigkeitsvergleich gemacht. Zu den Arten, deren Stetigkeit abnahm gehören *Myosotis arvensis*, *Fumaria officinalis* und *Sisymbrium officinale*. Die Ertragsanteile von *Alopecurus myosuroides* und *Stellaria media* stiegen im Laufe des Bestandeswachstums an.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchung gibt Einblicke in die Konkurrenzbedingungen zwischen den angesäten Kulturpflanzen und den bodenbürtigen Beikräutern während der Etablierungsphase der Kultur. Die untersuchten Leguminosen/Gras-Gemenge und

Gras-Reinbestände waren hinsichtlich des Biomasse-Ertrages und der Beikraut unterdrückenden Wirkung den Leguminosen-Reinbeständen überlegen.

So hat der Leguminosen- und Grasertrag einen signifikanten Einfluss auf die Ertragsanteile der Beikräuter. Die Evenness-Werte und die Anzahl der Beikraut-Arten beschreiben die vorhandene Beikraut Population und verdeutlichen nochmals die

Beeinflussung durch den Ertrag der Kulturpflanzen. Beikräuter wie *Alopecurus myosuroides* wurden in diesem Versuch in Gemengen nicht mehr unterdrückt als in Gras-ReinSaat, aber mehr als in den Leguminosen-ReinSaaten.

Zur weiteren Analyse von Konkurrenzbeziehungen in Leguminosen/Gras-Gemengen wurde ein Freilandversuch angelegt. Verschiedene Ansaatmischungen und regelmäßige Ernten und Analysen sollen Aussagen über Etablierung, Ertrag, Ertragsanteile und Futterqualität von Leguminosen/Gras-Gemengen ermöglichen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Erprobung neuer nicht destruktiver Methoden zur Erfassung von Ertragsanteilen und Biomasse. Neben digitaler Fotografie zur Mustererkennung wird auch die Feldspektroskopie (BIEWER et al. 2005, in diesem Band) geprüft.

## Literatur

- BIEWER, S.; S. ERASMI, T. FRICKE, M. KAPPAS & M. WACHENDORF (2005): Schätzung des Ertrags und der Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen mittels der Feldspektroskopie - Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches.- Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss.
- DIERßEN, K. (1990): Einführung in die Pflanzensoziologie. Wiss. Buchges. Darmstadt, 241 S.
- HAEUPLER, H. (1982): Evenness als Ausdruck der Vielfalt in der Vegetation. Dissertationes botanicae, Bd. 65, J. Cramer- Gantner Verlag, Vaduz, 268 S.
- WACHENDORF, M. (1995): Untersuchungen zur Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Rotklee und Rotklee gras in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz, der Stickstoffdüngung und der Grasart. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Diss. 184 S.
- HOFMEISTER, H. & GARVE, E. (1998): Lebensraum Acker. 2. Auflage, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 322 S.
- ROTHMALER, W.; BÄBLER, M.; JÄGER, E. WERNER, K. (Hrsg.) (1996): Exkursionsflora von Deutschland, Band 2. Gustav Fischer Verlag, Jena, 639 S.

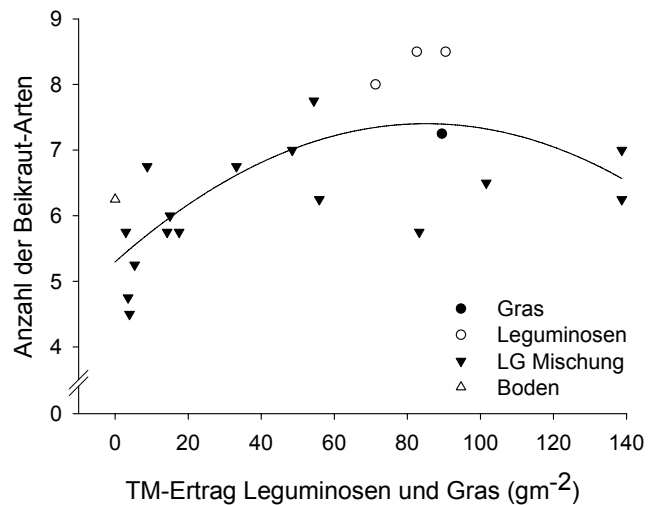


Abb. 4: Artenzahl der Beikräuter in Abhängigkeit vom TM-Ertrag von Leguminosen und Gras (g m<sup>-2</sup>); Regressionsgleichung:  $y = 5,2954 + 0,0495 * x - 0,0003 * x^2$ ;  $R^2 = 0,52$ .

# Wirkung von Düngung und Nutzungsfrequenz auf Erträge und Nährstoffgehalte auf Niedermoorgrünland

H. Käding, G. Petrich  
Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Paulinenaue

## Einleitung und Problemstellung

Extensive Grünlandbewirtschaftung ist gekennzeichnet durch reduzierten Einsatz von Produktionsmitteln, insbesondere an Düngemitteln je Flächeneinheit. Die Folgen sind Ertragsrückgänge, oft Verminderung der Nutzungshäufigkeit und Futterqualitätseinbußen. Die sich verändernden Qualitätsparameter und Mineralstoffgehalte sind betriebswirtschaftlich besonders bedeutungsvoll, wenn das Erntegut als Futter für leistungsfähige Tierbestände dienen soll. Die Kenntnis der Nährstoffdynamik und deren Berücksichtigung soll sowohl ein Überangebot als auch eine Unterversorgung der Niedermoorstandorte vermeiden helfen.

## Material und Methoden

Zur Auswertung gelangte ein 7 Jahre dauernder Versuch (1997 bis 2003) mit variiertem Düngung und Nutzungsfrequenz. Der Parzellenversuch befindet sich auf einem talsandunterlagertem Niedermoorstandort im Havelländischen Luch mit einer Mooraufgabe von ca. 80 cm. Als Versuchsanlage diente eine zweifaktorielle Streifenanlage mit vier Wiederholungen. Die Parzellengröße betrug 20 m<sup>2</sup>.

Folgende Prüffaktoren und -stufen wurden untersucht und gewertet:

Faktor 1: Düngung (kg ha<sup>-1</sup>)

Stufe 1	N 120*	P 25	K 120
Stufe 2	N 0	P 25	K 120
Stufe 3	N 0	P 0	K 120
Stufe 4	N 0	P 0	K 0

\* N-Verteilung: 1.1 40+40+40+0, 1.2 60+60

Faktor 2: Schnitthäufigkeit

Stufe 1	4 Schnitte
Stufe 2	2 Schnitte

## Ergebnisse

### 1 Erträge

Im Verlauf der Versuchsperiode sind witterungsbedingt Ertragsschwankungen in den Einzeljahren aufgetreten, ein gesicherter steigender bzw. fallender Trend ist nicht erkennbar. Der Düngereinfluss auf den Ertrag ist in allen Jahren durch etwa gleiche Ertragsdifferenzen erkennbar.

Die ermittelten Durchschnittserträge von 1997 bis 2003 sind als Boxplot dargestellt (Abb. 1). Im Mittel der Versuchsjahre erzielte die Vierschnittnutzung bei allen Düngungsvarianten statistisch gesicherte deutlich niedrigere Erträge als die Zweischnittnutzung (GD 9,49). Derartige Ergebnisse sind auch aus anderen Veröffentlichungen bekannt. Die höchsten Erträge wurden bei Volldüngung mit Stickstoff, Phosphor und Kalium (Variante 1) erreicht. Der Mehrertrag ist vorrangig auf die Stickstoffdüngung zurückzuführen. Bei einer Aufwandmenge von 120 kg N ha<sup>-1</sup> erzeugte 1 kg Stickstoff bei Zweischnittnutzung 28,3 kg und bei Vierschnittnutzung 15,5 kg Trockenmasse.

N-Düngung führte zu signifikanten Mehrerträgen gegenüber ausschließlicher PK-Düngung. PK-Düngung und reine K-Düngung bewirkten gesicherte Mehrerträge gegenüber den ungedüngten Varianten (GD 6,24).

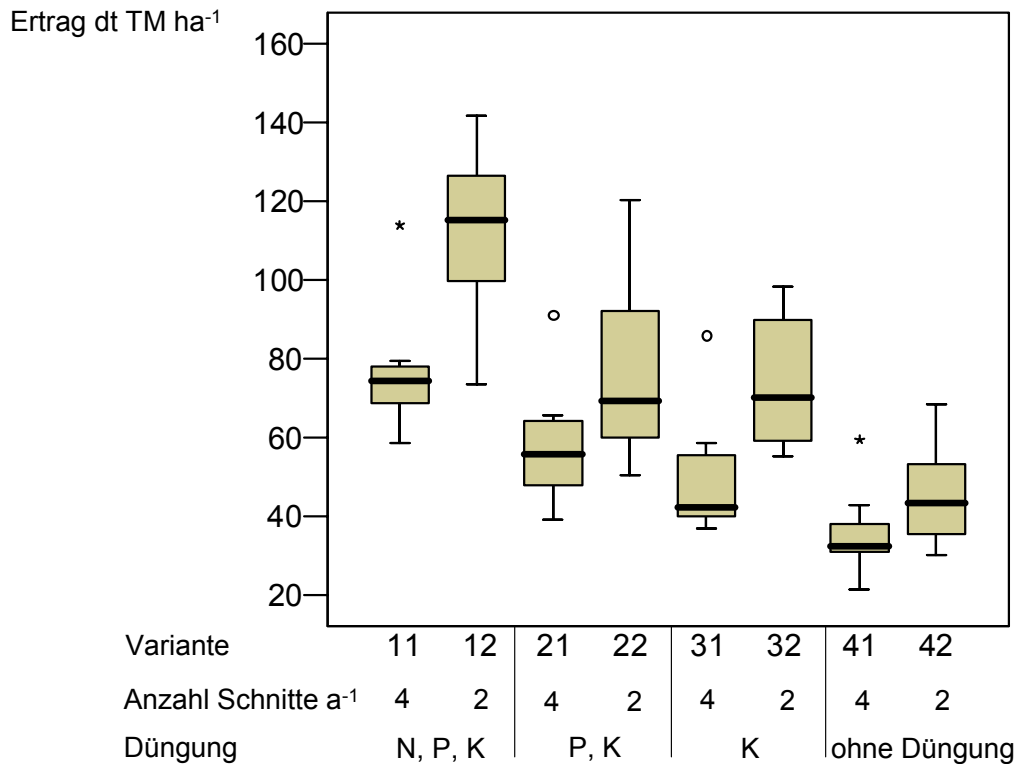


Abb. 1: Trockenmasseerträge (dt ha<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit von Düngung und Schnitthäufigkeit

PK-Düngung erbrachte bei Zwei- und Vierschnittnutzung nur geringe, statistisch nicht gesicherte, Mehrerträge gegenüber reiner K-Düngung. P-Düngung hatte somit einen geringeren Einfluss auf die Ertragsbildung. Wurde auf Grunddüngung ganz verzichtet, erreichte der Ertrag im Mittel von Zwei- und Vierschnittnutzung nur rund 60 % der PK-Variante und 43 % der NPK-Variante.

## 2 Gehalte in Pflanze und Boden

Um Aussagen zur optimalen Nährstoffversorgung treffen zu können, sind Kenntnisse über Nährstoffgehalte im Boden und in der Pflanze erforderlich. Auch werden Nährstoffzufuhr und -entzug als Bilanz gegenübergestellt.

Ähnlich wie bei den Erträgen gibt es bei den Nährstoffgehalten in der Pflanze jahresabhängige Unterschiede. Bei den Stoffgehalten ist kein Trendverlauf erkennbar. Nachweisbar war jedoch, dass in ertragsstarken Jahren durch den Verdünnungseffekt geringere Pflanzengehalte ausgewiesen wurden. Die durchschnittlichen Gehalte aller Varianten betragen 2,88 g P kg<sup>-1</sup> TS und 15,6 g K kg<sup>-1</sup> TS.

Vierschnittnutzung führte im ausgewerteten Versuch zu signifikant höheren P-Gehalten im Futter als Zweischnittnutzung (Tab. 1). Die Phosphordüngung kombiniert mit Stickstoff- und Kaliumdüngung erhöhte statistisch gesichert die P-Gehalte in der Pflanze bei Vierschnittnutzung. Die Entzüge wurden bei Vierschnitt- im Vergleich zur Zweischnittnutzung trotz höherer P-Gehalte durch die geringeren Erträge nahezu ausgeglichen.

Verzicht auf P-Düngung reduzierte signifikant die P-Gehalte im Boden, sowohl bei Zweischnitt- als auch bei Vierschnittnutzung. Stickstoffdüngung einschließlich Phosphordüngung erhöhte durch Mehrerträge die P-Entzüge und verringerte entsprechend die P-Gehalte im Boden bei Vierschnittnutzung. Die durch N-Düngung geringeren P-Gehalte bei Zweischnittnutzung sind nicht signifikant.

Tabelle 1: PK-Gehalte in Pflanze und Boden (DL) sowie PK-Entzüge in Abhängigkeit von Düngung und Nutzungshäufigkeit (1997 - 2003)

Düngung (kg ha <sup>-1</sup> )			Nutzungshäufigkeit	Phosphor			Kalium		
N	P	K		Gehalt Pflanze g kg <sup>-1</sup>	Entzug Pflanze kg ha <sup>-1</sup>	Gehalt Boden mg 100 g <sup>-1</sup>	Gehalt Pflanze g kg <sup>-1</sup>	Entzug Pflanze kg ha <sup>-1</sup>	Gehalt Boden mg 100 g <sup>-1</sup>
120	25	120	4	3,54	27,6	13,0	19,4	149,6	14,2
120	25	120	2	2,37	26,2	13,5	13,6	151,3	18,8
0	25	120	4	3,79	22,5	17,8	24,4	144,5	22,9
0	25	120	2	2,67	20,6	17,1	17,8	138,2	28,2
0	0	120	4	3,01	15,0	7,1	22,6	117,0	19,9
0	0	120	2	2,07	15,2	7,4	17,0	125,1	27,0
0	0	0	4	3,09	11,0	6,6	6,8	25,0	9,6
0	0	0	2	2,50	11,3	6,4	5,4	24,7	9,0

Obwohl sich durch Verzicht auf P-Düngung die Bodengehalte verringerten, blieben diese Varianten im Mittel der 7 Versuchsjahre in der Gehaltsklasse C. Die P-Düngungsvarianten blieben insgesamt auf sehr hohem Niveau in der Gehaltsklasse E. Alle K-Düngungsvarianten hatten bei gleicher Nutzungsfrequenz statistisch gesichert höhere K-Gehalte in der Pflanzensubstanz als die Varianten ohne K-Düngung (Tab. 1). Signifikant höhere K-Gehalte im Boden konnten nur bei Zweischnittnutzung mit reiner K- und PK-Düngung, sowie bei Vierschnittnutzung mit PK-Düngung nachgewiesen werden.

Ohne K-Düngung erreichten die Varianten im Mittel Bodengehaltsklasse B, mit K-Düngung Klassen zwischen C und E. Die K-Gehalte in der Pflanze wiesen ohne K-Düngung mit Werten unter 10 g kg<sup>-1</sup> TS einen starken Mangel auf. Extrem geringe K-Mengen im Futter zeigen Unterversorgung des Bodens an (KÄDING, 1996).

Wird von mittelintensiver Grünlandbewirtschaftung (N<sup>120</sup>P<sup>25</sup>K<sup>120</sup>-Düngung und Vierschnittnutzung) auf extensive Bewirtschaftung (ohne Düngung mit Zweischnittnutzung) umgestellt, so ist laut Versuchsergebnis mit einer Reduzierung der P- und K-Gehalte im Boden um 51 bzw. 34% und in der Pflanze um 29 bzw. 72% zu rechnen.

### 3 Bilanzen

Durch P-Zufuhr von 25 kg ha<sup>-1</sup> ist die P-Bilanz nahezu ausgeglichen. Ohne P-Düngung ist die P-Bilanz negativ, insbesondere wenn durch K-Gaben eine Ertragserhöhung erzielt wurde (Tab. 2).

Tabelle 2: PK-Bilanzen in Abhängigkeit von Düngung und Nutzungshäufigkeit (1997-2003)

Düngung (kg ha <sup>-1</sup> )			Nutzungshäufigkeit	P-Bilanz kg ha <sup>-1</sup>	K-Bilanz kg ha <sup>-1</sup>
N	P	K			
120	25	120	4	- 2,55	- 29,6
120	25	120	2	- 1,21	- 31,3
0	25	120	4	+ 2,53	- 24,5
0	25	120	2	+ 4,42	- 18,2
0	0	120	4	- 15,33	+ 3,0
0	0	120	2	- 15,21	- 5,1
0	0	0	4	- 11,34	- 25,0
0	0	0	2	- 10,88	- 24,3

Die K-Bilanz ist sowohl mit als auch ohne K-Düngung überwiegend negativ. 120 kg K ha<sup>-1</sup> und Jahr sind zum Bilanzausgleich nicht ausreichend, außer bei reiner K-Düngung. Allerdings ist, wie auch andere Versuche auf gleichem Standort zeigen, ein vollständiger Bilanzausgleich für Ertragsbildung und angemessene Inhaltsstoffe nicht

erforderlich (KÄDING, 1996; KÄDING et al., 2003). Vollständiger Verzicht auf K-Düngung führte allerdings zu einem Mangel im Boden, der sich negativ auf das Pflanzenwachstum auswirkte.

### **Diskussion und Schlussfolgerungen**

Durch Verzicht auf P- und K-Düngung reduzierte sich der Ertrag bei beiden Schnittvarianten signifikant. Kaliumdüngung allein bewirkte einen gesicherten Ertragszuwachs gegenüber der ungedüngten Variante.

Zweischnittnutzung lieferte deutlich höhere Jahreserträge mit niedrigeren PK-Gehalten in der Erntesubstanz als Vierschnittnutzung. Junges Futter hat eine höhere Nährstoffkonzentration und dadurch einen höheren Futterwert. Da eine zwei- bis viermalige Nutzungsfrequenz nur geringe Unterschiede bezüglich des Nährstoffentzuges aufweist, ist keine differenzierte Nährstoffzufuhr notwendig.

Dass mit steigenden P- und K-Gaben die Gehalte im Boden und in der Pflanze zunehmen und mit zusätzlicher Stickstoffgabe, bedingt durch höhere PK-Entzüge, die Gehalte im Boden und in der Pflanze sinken, ist einleuchtend. Somit sind für den Nährstoffausgleich höhere Düngergaben erforderlich.

Die durch unterlassene Düngung hervorgerufene Reduzierung der PK-Gehalte im Boden um 51 bzw. 34% und in der Pflanze um 29 bzw. 72% gegenüber NPK-Düngung ist allerdings beachtlich.

Um bei der praktizierten Bewirtschaftungsintensität eine ausgeglichene P-Bilanz bei akzeptablen P-Gehalten in der Erntesubstanz auf diesem Standort zu erreichen, ist eine Phosphordüngung von 20 bis 28 kg P ha<sup>-1</sup> angemessen. Damit wird der P-Entzug des Grünlandbestandes durch die P-Zufuhr ausgeglichen. Verzicht auf P-Düngung reduzierte gesichert den P-Gehalt in der Pflanze bei Vierschnittnutzung und im Boden bei Zwei- und Vierschnittnutzung.

K-Zufuhr bewirkte bei Zwei- und Vierschnittnutzung statistisch gesicherte Unterschiede in den Pflanzengehalten und nur teilweise in den Bodengehalten. Die Pflanzenanalyse ist ein aussagekräftiges Kriterium zur Nährstoffversorgung mit den Grundnährstoffen Phosphor und Kalium auf Niedermoorgrünland. P-Gehalte in der Erntesubstanz von weniger als 2,5 g kg<sup>-1</sup> TS und K-Gehalte von 10 bis 15 g kg<sup>-1</sup> TS bei jährlich 3 bis 4 Nutzungen deuten auf eine Unterversorgung des Bodens hin.

Ein Verzicht auf Kaliumdüngung wirkt sich besonders auf den Niedermoorstandorten, die wenig Kalium in der Bodensubstanz enthalten und ein schwaches Sorptionsvermögen besitzen, gravierend auf Ertragsbildung und Inhaltsstoffe aus. Ertragsdepressionen als Folgen starken K-Mangels wurden bereits von KÄDING (1996) nachgewiesen. Gleichzeitig schwindet die Möglichkeit überschüssigen Stickstoff aus der Bodensubstanz aufzunehmen und zu verwerten.

Obwohl bis 150 kg ha<sup>-1</sup> Kalium durch die Erntesubstanz entzogen wurden, waren unter den geprüften Standortbedingungen Düngermengen um 120 kg K ha<sup>-1</sup> ausreichend.

### **Literatur**

- KÄDING, H., 1996: Auswirkungen variierter Kaliumdüngung auf Niedermoorgrünland, Arch. Acker- Pfl. Boden 40 205 - 215
- KÄDING, H., WERNER, A. UND SCHALITZ, G., 2003: Auswirkungen langjähriger N-Düngung auf Standorteigenschaften, Erträge, Stoffgehalte und Vegetationszusammensetzung des Niedermoorgrünlandes, Pflanzenbauwissenschaften 7 (1) 13 – 20
- KÄDING, H., 2005: Effect of varied fertilization and cutting frequency on forage yields, phosphorus and potassium contents and nutrient balance of fen grassland Arch Agron Soil Sci, im Druck

# Einfluss von Schnitt und Beweidung auf die Ertragsbildung von Futterleguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras

J. Kleen, M. Gierus, F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## Einleitung und Problemstellung

Der Weißklee gilt wegen seiner positiven Eigenschaften als bedeutendste Leguminose der Weidewirtschaft. So besitzt er eine gute Weideverträglichkeit, eine hohe Nutzungselastizität und die Fähigkeit sich dauerhaft in einem Bestand zu etablieren. Jedoch weist er auch ein begrenztes Ertragspotential im Vergleich zu anderen Futterleguminosen auf. Aufgrund seiner geringen Durchwurzelungstiefe besteht beim Weißklee zudem eine begrenzte Verträglichkeit gegenüber länger anhaltenden Trockenperioden. Obwohl verschiedene Untersuchungen zu alternativen Futterleguminosen bereits stattgefunden haben, liegen bisher kaum Untersuchungen vor, die sich sowohl mit einem Vergleich verschiedener Leguminosenarten, als auch mit einem Vergleich des Bewirtschaftungssystems befassen.

Das Ziel des Projektes besteht darin, potentielle alternative Futterleguminosen zum Weißklee bezüglich den Veränderungen ihrer Ertragsbildung unter Weide- und Schnittsystemen zu untersuchen. In Abhängigkeit der Leguminosenart und des Nutzungssystems werden Unterschiede in der Ertragsbildung erwartet. Im Rahmen dieses Projektes werden folgende Arten im Vergleich zum Weißklee (*Trifolium repens*) betrachtet: Rotklee (*Trifolium pratense*), Hornklee (*Lotus corniculatus*), Luzerne (*Medicago sativa*) und Kaukasusklee (*Trifolium ambiguum*).

## Material und Methoden

Das Projekt wird auf dem Versuchsbetrieb „Lindhof“ der Universität Kiel durchgeführt. Der „Lindhof“ liegt an der Eckernförder Bucht ungefähr 25 km nördlich von Kiel. Die Bodenart besteht aus lehmigem Sand bis sandigem Lehm und weist 43 Bodenpunkte auf. Die langjährigen Mittel der Jahresdurchschnittstemperatur und der jährlichen Niederschlagsmenge liegen bei 8,7 °C und 774,4 mm. Die Versuchsanlage erfolgte im Frühjahr 2003 als Blanksaat. Der Hornklee und die Luzerne wurden kurz vor der Aussaat mit spezifischen Rhizobienbakterien geimpft; das Saatgut des Kaukasusklees wurde bereits geimpft geliefert. Die Versuchsanlage erfolgte als Spaltanlage in vollständig randomisiertem Blockdesign mit drei Wiederholungen. Der Rotklee (RK), Hornklee (HO), Kaukasusklee (KU), eine Schnitt-(LD) und eine Weideluzerne (LA), jeweils im Gemenge mit Dt. Weidelgras, sowie Dt. Weidelgras in Reinsaat mit Gülledüngung (DW+) und Dt. Weidelgras ohne Gülledüngung (DW-) wurden unter folgenden Nutzungssystemen im Vergleich zum Weißklee (WK) betrachtet: Siloschnitt, Beweidung und simulierte Beweidung. Nur die Bestände mit WK, RK, HO und LA wurden beweidet. Im Siloschnitt wurden im Jahr 2004 vier Aufwüchse beprobt, während bei der simulierten Beweidung und der Beweidung fünf Aufwüchse untersucht wurden. Die Beprobungen erfolgten mit einer Schnitthöhe von 5 cm. Die Beweidung erfolgte mit einer Besatzstärke von 2 GV/ha als Umtriebsweide mit Färsen der Rasse „Limousin“, deren Alter zwischen 8 bis 12 Monaten lag. Die Weideparzellen wurden vor und nach jedem Auftrieb ebenso mit einer Schnitthöhe von 5 cm beprobt. Zu jedem Schnitttermin wurden der TM-Ertrag, bei den beweideten Varianten zudem der Weiderest, das phänologische Entwicklungsstadium der jeweiligen Leguminosenart und des Dt. Weidelgrases und die botanische Zusammensetzung der Bestände bestimmt. Die Bestimmung der Phänologie erfolgte an je ca. 50 Trieben der jeweiligen Leguminose und des Dt. Weidelgrases. Die Ermittlung der botanischen Zusammensetzung der Bestände erfolgte mittels Fraktionierung einer Unterprobe in Leguminosenart, Dt. Weidelgras und Kräuter. Die varianzanalytische Auswertung der Daten erfolgte mittels SAS-Programm (proc

mixed). Dabei wurde beim F-Test  $P < 0,05$  als signifikant unterschiedlich angesehen. Anschließend wurden die Mittelwerte mit dem Student t-Test mit dem WK verglichen und die Irrtumswahrscheinlichkeiten mittels Bonferroni-Holm-Test korrigiert.

### Ergebnisse und Diskussion

Bei allen Leguminosen konnte zunächst eine Zunahme generativer Triebe festgestellt werden, wobei anschließend bei den meisten Arten der Anteil generativer Triebe kontinuierlich bis zum Ende der Vegetationsperiode abnahm (Abb. 1). Unterschiede zwischen den Arten innerhalb eines Nutzungssystems ergaben sich besonders bei der simulierten Beweidung, bei welcher der HO stets mehr generative Triebe aufwies als alle anderen untersuchten Arten, die sich nicht voneinander unterschieden. Auch zur Beweidung konnten beim HO zu den ersten Nutzungsterminen höhere Anteile an generativen Trieben beobachtet werden. Zum Siloschnitt fiel besonders der RK mit geringeren Anteilen an generativen Trieben auf. Aus Abbildung 1 lässt sich auch erkennen, dass sich das Dt. Weidelgras im Gemenge mit den verschiedenen Leguminosenarten zum einem unter den verschiedenen Nutzungssystemen ähnlich verhielt und das zum anderem die Unterschiede zwischen den verschiedenen Beständen gering waren. So lag der Anteil generativer Triebe zu Untersuchungsbeginn in allen Beständen sehr hoch und nahm zum zweiten Termin überall deutlich ab.

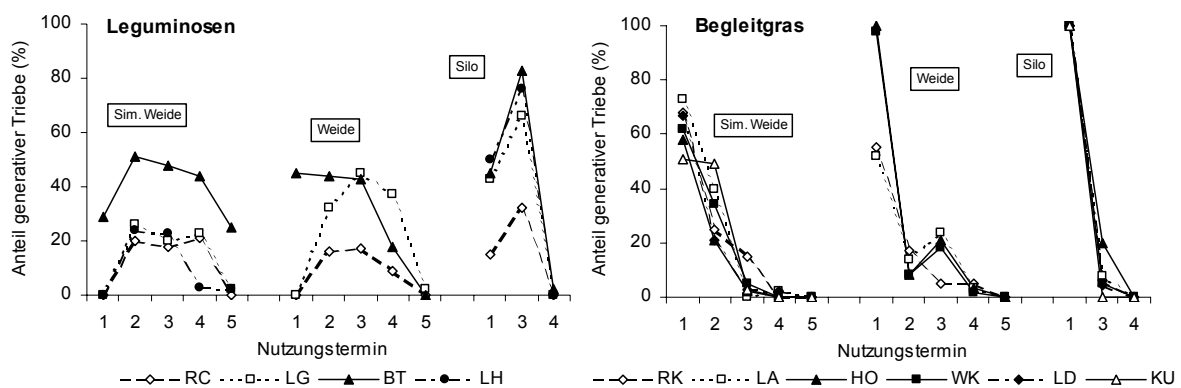


Abb. 1: Anteil generativer Triebe (%) der untersuchten Leguminosenarten und des Dt. Weidelgrases zu den jeweiligen Terminen der verschiedenen Nutzungssysteme (Nutzungssysteme: SBW: simulierte Beweidung, BW: Beweidung, Silo: Siloschnitt. Leguminosen: WK: Weißklee, RK: Rotklee, LA: Weideluzerne; LD: Schnittluzerne, HO: Hornklee, KU: Kaukasusklee)

In der folgenden Abbildung ist zum einem die Veränderungen der Anteile (%) der jeweiligen Leguminosenart an der botanischen Zusammensetzung der Bestände und zum anderen die TM-Erträge (g TS/m<sup>2</sup>) der Bestände zu den verschiedenen Nutzungsterminen dargestellt.



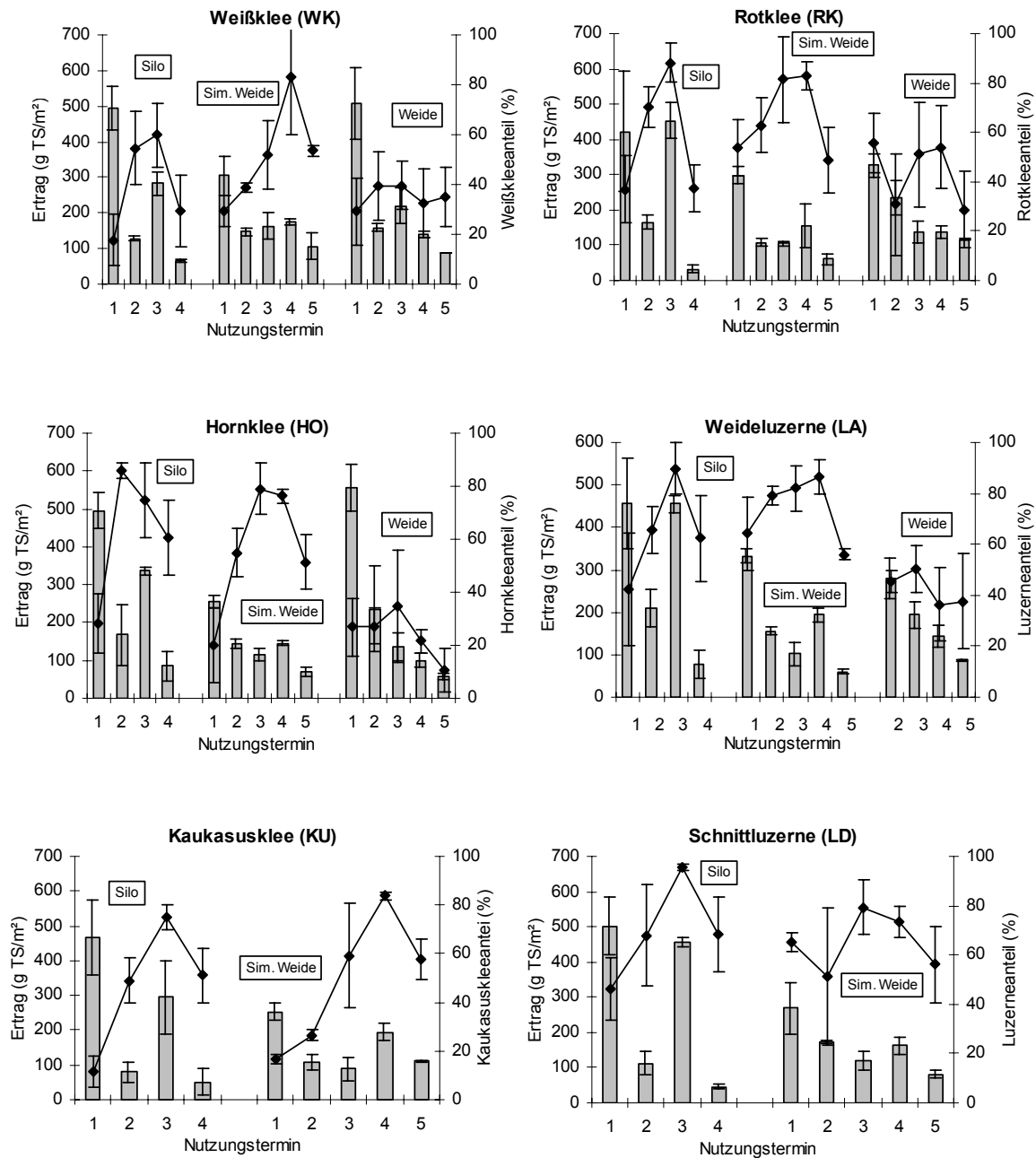


Abb. 2: Veränderungen der Leguminosenanteile (%), sowie TM-Erträge (g TS/m<sup>2</sup>) der Bestände unter unterschiedlichen Nutzungssystemen (Nutzungssysteme: SBW: simulierte Beweidung, BW: Beweidung, Silo: Siloschnitt)

Zunächst konnte bei fast allen Arten eine Zunahme der Bestandesanteile festgestellt werden. Über alle Nutzungssysteme gesehen, war im Frühjahr im Vergleich zum WK (25,5%) ein höherer Anteil an RK (48,8%) und LA (53,7%) zu beobachten. Dagegen war der HO mit 25% Leguminosenanteil nicht signifikant unterschiedlich zum WK. Ferner konnte beobachtet werden, dass im Frühjahr der Leguminosenanteil in der Beweidung und simulierten Beweidung bei allen Arten, außer dem HO, größer war als im Siloschnitt. Am Ende der Vegetationsperiode konnten lediglich für die LA (62,3%) und den HO (60,5%) durch die verringerte Nutzungsintensität des Siloschnitts deutlich höhere Bestandesanteile im Vergleich zum WK (29,6%) beobachtet werden. Für alle an-

deren Nutzungssysteme waren am Ende der Vegetationsperiode die Unterschiede zum WK für keine der untersuchten Arten signifikant. Unter der Beweidung lagen die Weißkleeanteile über die ganze Vegetationsperiode hinweg zwischen 30 und 40 %, was sich mit den Ergebnissen von SCHILS et al. (1999) deckt. Auch RK, HO und LA wiesen unter der Beweidung tendenziell geringere Bestandesanteile auf, als unter den reinen Schnittsystemen. Diese Unterschiede ließen sich jedoch lediglich für den HO zur Herbstbeprobung signifikant absichern.

Unter der Beweidung wies die LA als einzige Art mit 758,6 g TS/m<sup>2</sup>/Jahr einen deutlich geringeren Jahresertrag auf als der WK (1114,8 g TS/m<sup>2</sup>/Jahr). Im Siloschnitt wies die LA (1199,8 g TS/m<sup>2</sup>/Jahr) dagegen als einzige Art deutlich höhere Erträge auf als der WK (969,5 g TS/m<sup>2</sup>/Jahr), während unter simulierter Beweidung für keine Art signifikante Unterschiede zum WK festgestellt werden konnten. Bei einer weiteren Auswertung innerhalb der Schnittsysteme, wiesen sowohl DW-, als auch DW+ signifikant geringere Erträge auf als der WK. RK, LA, LD und HO bildeten im Siloschnitt signifikant höhere Erträge als unter der simulierten Beweidung. Diese Beobachtung lässt sich mit den Untersuchungen von KALLENBACH et al. (2002) vergleichen. So konnten diese Autoren feststellen, dass mit einer zunehmenden Nutzungsintensität, von einer 4-Schnittnutzung zu einer 5- bzw. 6- Schnittnutzung die Erträge bei allen untersuchten Luzernesorten abnahmen. Beim WK und KU konnten in der vorliegenden Untersuchung dagegen mit zunehmender Nutzungsintensität keine signifikanten Unterschiede im Ertrag festgestellt werden. Diese Ergebnisse decken sich mit denen von PETERSON et al. (1994) und SCHILS et al. (1999), die ebenso keine Auswirkungen einer erhöhten Nutzungsintensität auf den Ertrag des KU bzw. des WK feststellen konnten.

### **Schlussfolgerung**

Wenngleich Weißklee als bedeutendste Leguminose der Weidewirtschaft gilt, so konnten für den Rotklee und den Hornklee vergleichbare Ertragsleistungen unter Beweidung ermittelt werden. Lediglich die Weideluzerne wies deutlich geringere Erträge auf als der Weißklee. Dagegen konnte diese Luzernesorte als einzige Art unter der Silonutzung deutlich höhere Erträge aufweisen als der Weißklee.

### **Literatur**

- KALLENBACH, R. L., NELSON, C. J., AND COUTTS, J. H.: Yield, Quality, and Persistence of Grazing – and Hay – Type Alfalfa under Three Harvest Frequencies. *Agron. J.* 94:1094-1103 (2002)
- PETERSON, P. R., SHEAFFER, C. C., JORDAN, R. M., AND CHRISTIANS, C. J.: Responses of Kura Clover to Sheep Grazing and Clipping: I. Yield and Forage Quality. *Agron. J.* 86:655-660 (1994)
- SCHILS, R. L. M., VELLINGA, T. V.; AND KRAAK, T.: Dry – matter yield and herbage quality of a perennial ryegrass/white clover sward in a rotational grazing and cutting system. *Grass and Forage Science*, 54:19-29 (1999)

# RAL-Referenzierte Messung der Rasenfarbe

R. Lock<sup>1</sup>, H. Nonn<sup>2</sup>, W. Kühbauch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Pflanzenbau, Universität Bonn

<sup>2</sup> WOLF-Garten GmbH & Co KG

## Einleitung

Die Farbe ist ein wesentliches Kriterium für die Bonität von Rasenflächen. Beeinflusst wird die Rasenfarbe durch die Zusammensetzung der Rasenmischung nach Grasarten und –sorten und die Rasenpflege, Düngung, Bewässerung, Schnittregime etc. Üblicherweise wird die Rasenfarbe durch visuelle Bonitur ermittelt (BSA1999) mit allen damit verbundenen Fehlern. In der vorliegenden Arbeit wurde am Beispiel Rasen untersucht ob und wie mit Hilfe einer hochauflösenden Digitalkamera eine Farbmessung durchgeführt werden kann.

## Material und Methoden

Zwei Rasenarten (Gefäßversuch mit Lägerrispe und Rotschwengel) wurden mit einer Digitalkamera vom TYP CANON Powershot mit 5 M Pixel Auflösung aufgenommen. Die Eichung der Kamera erfolgte mit Hilfe des RAL- Design Farbsystems (RAL 1999). Das RAL-Farbsystem besteht als physikalischer Standard aus 1688 Farbkarten die nach dem HLC-System (Hue, Lightness, Chroma) angeordnet sind. Dieses basiert auf einem Zylinderkoordinatensystem, das eine dem menschlichen Farbempfinden ähnliche, gleich abständige Farbanordnung zulässt (CIELAB). Für die Kalibrierung wurde eine dimmbare Halogen-Lichtquelle mit einem ausgeglichenen Lichtspektrum verwendet. Die Farbkarten des RAL Farbsystems wurden zusammen mit einem Weißstandard bei 5 verschiedenen Lichtintensitäten fotografiert. Abbildung 2 zeigt die RGB Reflexionswerte einer Farbkarte gegenüber den Reflexionswerten des Weißstandards. Die Funktion ist ein Polynom höheren Grades und wurde durch Regression aus den Messwerten ermittelt. Alle 1688 Farbkarten wurden in gleicher Weise kalibriert. Die Aufnahmen der Rasengräser wurden im RAW-Datenformat erstellt. Alle kameraeigenen Bildverarbeitungsfunktionen wurden abgeschaltet. An verschiedenen Stellen im Rasenbild wurde der Weißstandard mit fotografiert. Er dient als Helligkeitsmesser und kann, im Bild räumlich verteilt, gegebenenfalls einen Helligkeitsgradienten ermitteln. Für die Bestimmung der Rasenfarbe wurde aus dem Bild der RGB Reflexionswert des Weißstandards bestimmt, mit Hilfe der zuvor bestimmten Parameter wurden für jede Farbkarte die zugehörigen RGB Reflexionswerte berechnet sowie anhand der RGB Reflexionswerte der Rasengräser nach minimaler Distanz die Farbklassifizierung durchgeführt (Abb. 1).

## Ergebnisse und Diskussion

Zur Validierung des beschriebenen Verfahrens wurden die Farbkarten unter verschiedenen Lichtquellen fotografiert und das Ergebnis der Messung mit dem Nennwert der Farbkarte verglichen. Die Farbkarten wurden zuverlässig erkannt, wenn ausreichend Licht in allen 3 Spektralkanälen vorhanden war.

Abbildung 3 zeigt eine starke Streuung der RGB - Reflexionswerte von Lägerrispe und Rotschwengel. Die hohe Anzahl von verschiedenen Farben ist auf die 3-D-Struktur des Rasenbestandes zurückzuführen. Zunächst wurden die Farbwerte jeweils für die Mittelwerte berechnet. Aufgrund der großen Streuung der Farbwerte wurden darüber hinaus für jede Rasenart 2 Helligkeitsklassen gebildet und die RAL-Farbwerte bestimmt. Ein Vorteil des gewählten Verfahrens besteht in der direkten Überprüfbarkeit der Ergebnisse, die jeweils als Farbkarte vorliegen. Sollte eine feinere Farbabstufung erforderlich sein, können Zwischenwerte durch Interpolation ermittelt werden. Die Umrechnung in einen anderen Farbraum, beispielsweise  $L^*a^*b^*$ , ist gewährleistet (GONZALEZ et al., 1993).

- Kameraeigene Bildverarbeitungsfunktionen abschalten
- Weißstandard an verschiedenen Stellen im Bild platzieren
- RGB-Reflektanzen für alle RAL-Farbkarten bestimmen
- RGB-Reflektanz für Rasenprobe im Bild bestimmen
- RAL-Farbkartenwert bestimmen

Abb. 1: Arbeitsschritte bei der Bestimmung der RAL-Karte

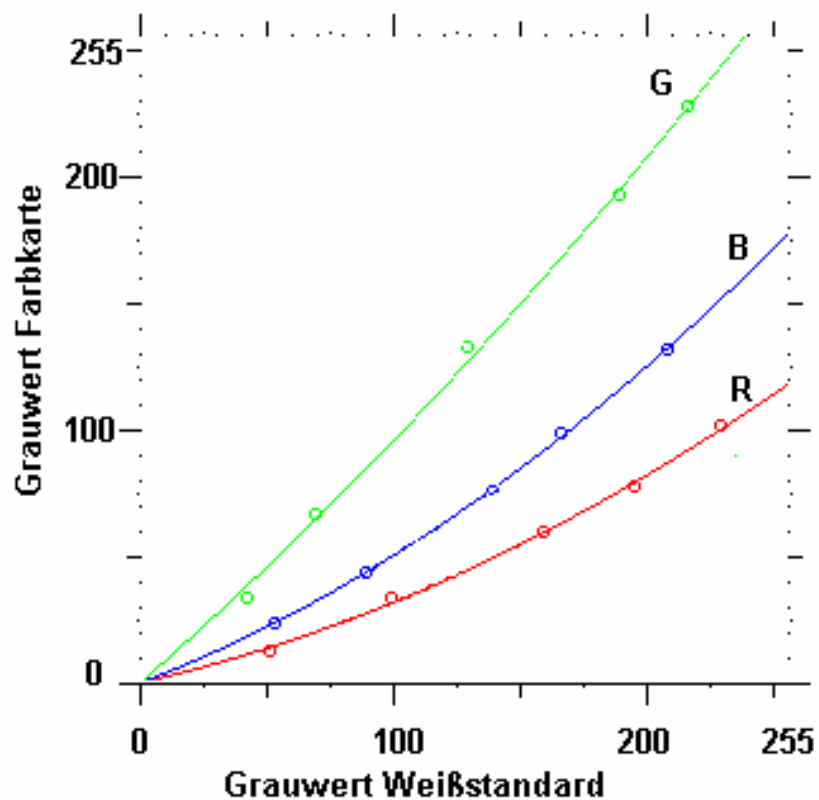


Abb. 2: Kalibrierkennlinien in Grauwerten (0..255) für die 3 Kanäle RGB für die Farbkarte 120,20,20.

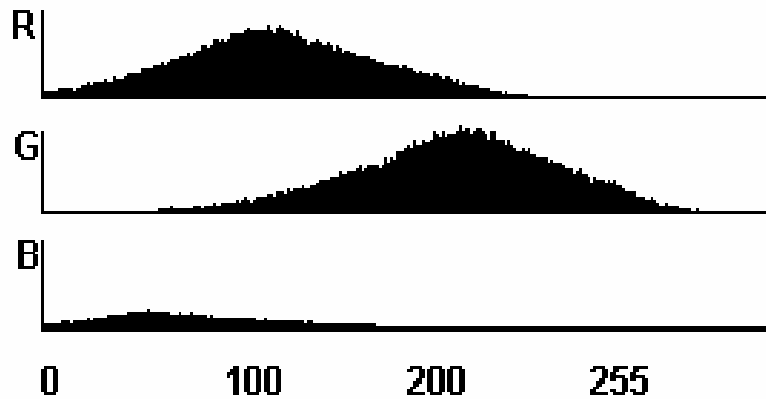


Abb. 3a: RGB-Histogramm für die Rasenart Lägerrispe

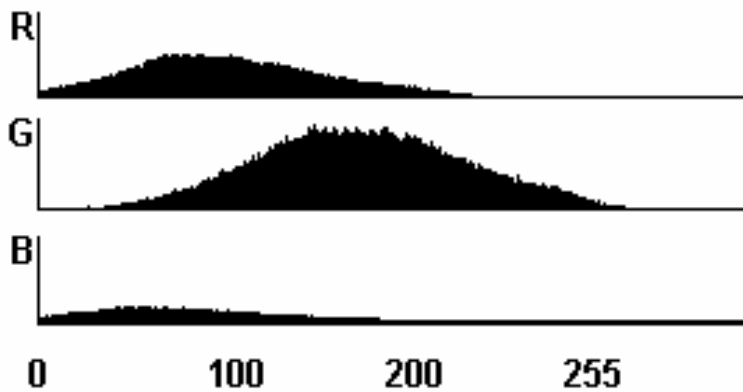


Abb. 3b: RGB-Histogramm für die Rasenart Rotschwingel.

Tabelle 1: RAL-Farbwerte von Lägerrispe und Rotschwingel

Rasenart	RGB-Mittelwert	Helle Anteile	Dunkle Anteile
Lägerrispe	120,40,30	120,60,40	120,40,20
Rotschwingel	110,30,20	110,40,20	110,30,10

### Literatur

BUNDESSORTENAMT (Hrsg.), 1999: Richtlinie für die besondere Anbauprüfung auf Rasennutzung.

GONZALEZ, R. C., AND R. E. WOODS. 1993. Digital Image Processing. New York: Addison-Wesley Publishing Co.

RAL, Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. Sankt Augustin 1999 RAL Design Farbsystem

CIELAB (Commission Internationale d' Eclairage) 1976 Wien

# Einfluss der Übersaat mit Klee-Grassmischung im Vergleich mit der Stickstoffdüngung auf der Mähweide

M. Müller, F. Hrabe, S. Hejduk

## Einleitung

Seit dem EU-Beitritt werden 80 % des Grünlandes in Tschechien nach Bedingungen der Agrarumweltprogrammen bewirtschaftet, wo man nicht mehr als 40 kg N/ha Grünland im Durchschnitt düngen darf. So müssen neue Wege für die Verbesserung und Erhaltung des Grünlandes gesucht werden. Grünland in Tschechien, das früher intensiv genutzt und mit Mineraldünger gedüngt wurden, ist zum Großteil kleearm (HEJDUK, KOMAREK, 2002). Es ist möglich, diese kleearmen Bestände mit der Nachsaat einer Klee-Grassmischung zu verbessern. Kleeinsaaten wirken sich positiv auf den Trockenmasse- und Rohproteintrag aus. Durch die Fähigkeit der Leguminosen in Symbiose mit Knöllchenbakterien Luftstickstoff zu binden, können Mineraldünger ganz oder teilweise eingespart werden (KÄDIG und PETRICH, 2003). Dazu haben Kleearten im Vergleich mit Gräsern eine höhere Futterqualität, Futteraufnahme und bessere Verteilung des Ertrages im Jahr (SLEUGH et al., 2000). Bestände, die im Grasgerüst schwach sind, werden schon bei der Ersten Lücken stark mit *Taraxacum officinale* besetzt. Im grünen Zustand zählt sie zu den wertvollsten Futterpflanzen, aber bei Heubereitung sind die Bröckelverluste hoch (BUCHGRABER, GINDL, 2004). Davon sind die meisten Weiden und Mähweiden betroffen.

## Material und Methoden

Der Versuchstandort befand sich in Jimramovske Pavlovice im Gebiet der Böhmisches-Mährischen Höhen in Tschechien. Das Temperaturmittel im langjährigen Mittel beträgt 6,1 °C und die Niederschlagsmenge 737 mm.

Im Versuch I wurde die Altnarbe (*Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*) am 2. Mai 2002 mittels Striegelkombination (Einböck) mit zwei verschiedenen Klee-Grassmischungen (österreichische – A und tschechische – CZ Herkunft) und Deutschem Weidelgras im Reinsaat (zwei Sorten) nachgesät. Die Saatstärke betrug 40 kg/ha für Deutsches Weidelgras und 25 kg/ha für die Klee-Grassmischungen. Die beiden Mischungen enthielten *Trifolium repens* (10%), *Trifolium pratense* (10%), *Dactylis glomerata* (20%), *Lolium perenne* (15%), *Lolium hybridum* (10%), *Festuca pratensis* (10%), *Phleum pratense* (10%) und *Poa pratensis* (15%). Mineralischer Stickstoff (50 kg/ha) wurde im Frühjahr verabreicht. Der Versuch wurde nur einmal im Frühjahr - im Mai - geerntet und dann beweidet.

Im Versuch II, der im Frühjahr 2003 angebaut wurde, sind verschiedene Nachsaatverfahren (Striegelkombination, Schlitzgerät, Bandfräse) und zwei Düngungsintensitäten (ohne Düngung und N<sub>90</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>) verglichen worden. Der Stickstoff wird zu jedem Aufwuchs (3x30 kg/ha) verabreicht. Die Nachsaatmischung enthielt *Trifolium repens* (10%), *Trifolium pratense* (20%), *Lolium perenne* (30%), *Festulolium* (20%) und *Poa pratensis* (20%) und die Saatstärke war 25 kg/ha. Die Altnarbe besteht aus *Bromus hordeaceus*, *Poa pratensis*, *Festuca pratensis* und *Dactylis glomerata*. Dieser Versuch wurde in Schnittnutzung mit jährlich drei Aufwüchsen bewirtschaftet. Nach der Ernte haben Tiere eine Woche freien Zugang auf die Fläche, um die tatsächliche Weidenutzung zu simulieren.

Der Boden ist auf beiden Flächen ausreichend mit P und K versorgt.

## Ergebnisse und Diskussion

Versuch I: Die Trockenmasseerträge werden deutlich von Übersaat und N-Düngung beeinflusst. Ohne Übersaat und N-Düngung betrug der TM-Ertrag 18 dt/ha. Durch N-Düngung erhöhte er sich auf 31 dt/ha (172 %). Durch Übersaat mit der Klee-Grassmischung konnten erhebliche Mengen an symbiotisch gebundenen Stickstoff akkumuliert werden, so dass der TM-Ertrag 27 dt/ha für tschechische bzw. 32 dt/ha für österreichische Mischung erreicht wurde. Die Stickstoffdüngung erhöhte die TM-Erträge auf diesen Varianten mit

Übersaat um 5 (A) bzw. 8 (Cz) dt/ha. Die N-Düngungseffektivität (5-A bzw. 8-CZ dt/ha) war aber niedriger als auf der Kontrollvariante, weil durch die N-Düngung Kleearten und damit auch die N-Bindung hauptsächlich im ersten Jahr zurückgedrängt wurden.

Auch im Versuch II hat die Nachsaat die Erträge positiv beeinflusst (Tab. 2). Die N-Düngungseffektivität war hier auf Varianten mit der Nachsaat noch niedriger (nur 4,3 dt/ha). Wirtschaftlich ist die Düngung in diesen Versuchen eher sinnlos zu bewerten.

*Trifolium repens* konnte besonders ohne N-Düngung gute Ertragsanteile nach der Übersaat mit Klee-Grasmischungen erzielen, was korrespondiert mit den Ergebnissen von PICKERT und KUNKEL (2003). Auf anderen Varianten ohne Kleeartenansaat waren die Kleeanteile im Frühjahr 2003 nur gering, obwohl im Herbst 2002 auf diesen Flächen höhere Mengen (6-20%) beobachtet wurden. *Trifolium pratense* hat sich im Versuch I (bis 5 %) nur wenig durchgesetzt, obwohl er als konkurrenzstärkste und für die Nachsaat geeignete Leguminose bezeichnet wird (GURETZSKY et al., 2004). Im Versuch II hat sich Rotklee deutlich mehr durchgesetzt und schon im ersten Schnitt Anteile bis 20 % erreicht. In weiteren Schnitten waren die Anteile an Rotklee noch höher.

Die N-Düngung fördert meistens *Dactylis glomerata* und *Elytrigia repens*. Anteile an Quecke waren vor allem ohne Nachsaat in beiden Versuchen relativ hoch (9 – 41%).

*Lolium perenne* in Reinsaat konnte weder ohne noch mit N-Düngung durch Nachsaat genug etabliert werden, um die Erträge positiv zu beeinflussen. Deutsches Weidelgras würde voraussichtlich noch mehr intensive Düngung benötigen, um sich genug durchzusetzen. *Dactylis glomerata* und auch *Phleum pratense* haben sich in diesen Klima- und Standortbedingungen besser durchgesetzt. Es wurde eine bessere Etablierung der Gräser in Mischungen mit Klee festgestellt.

*Taraxacum officinale*, das etwa 90 % der Kräuter im Versuch I bildet, wurde nur ohne N-Düngung mittels Übersaat zurückgedrängt. *Taraxacum officinale* kann durch weniger intensive Nutzung zurückgedrängt werden (KLIMEŠ et al., 2003), was auf der Mähweide kaum möglich ist.

### Schlussfolgerung

Unabhängig von der verwendeten Klee-Grasmischung wurde der Bestand mittels Übersaat oder Nachsaat verbessert und die Erträge wurden erhöht. Die Ertragssteigerung ist auf gute Etablierung nicht nur der Gräser, sondern vor allem des Weißkleees und Rotkleees zurückzuführen. Rotklee und Weißklee sollten beide in Nachsaatmischungen enthalten sein. Die N-Düngung konnte durch Stickstoffbindung der Leguminosen teilweise oder ganz ersetzt werden.

*Lolium perenne* konnte sich auch mit N-Düngung nicht auf diesem Standort genug etablieren, um einen positiven Ertragsanstieg zu bewirken. *Dactylis glomerata* und auch *Phleum pratense* haben sich besser durchgesetzt.

Tabelle 1: Einfluss der verschiedenen Nachsaatmischungen und Stickstoffdüngung auf die TM-Erträge im ersten Schnitt, Versuch I

Übersaat	N-Düngung	TM-Ertrag (Ø2003, 2004)	
		dt TM	%
Ohne	0	18	100
	50	31	172
D. Weidelgras	0	17	94
	50	24	133
Mischung A	0	32	177
	50	37	205
Mischung CZ	0	27	150
	50	35	194

Tabelle 2: Einfluss der Nachsaat und Düngung auf TM-Erträge, Versuch II (2004)

Nachsaat	Düngung	TM-Ertrag	
		dt TM	%
Ohne	0	73,0	100
	NPK	95,0	130
Nachsaat	O	99,0	136
	NPK	103,3	142

Tabelle 3: Einfluss der verschiedenen Nachsaatmischungen und Stickstoffdüngung auf die botanische Zusammensetzung im ersten Schnitt, Versuch I

Übersaat	N-Düngung	2003			2004		
		Gräser	Legumino-sen	Kräuter	Gräser	Legumino-sen	Kräuter
Ohne	0	40	4	56	41	20	39
	50	80	2	17	61	10	29
D. Wei-delgras	0	79	0	21	51	17	32
	50	82	0	18	53	13	34
Mischung A	0	43	24	33	55	28	16
	50	73	4	22	50	25	25
Mischung CZ	0	57	20	23	49	33	18
	50	82	3	14	56	20	25

Tabelle 4: Einfluss der Nachsaat und der Düngung auf die botanische Zusammensetzung, Versuch II (2004)

Nachsaat	Düngung	I. Schnitt			II. Schnitt			III. Schnitt		
		Gräser	Legu-mino-sen	Kräuter	Gräser	Legu-mino-sen	Kräuter	Gräser	Legu-mino-sen	Kräuter
Ohne	0	70	17	13	61	30	9	56	23	21
	NPK	89	5	6	74	16	10	58	20	22
Nachsaat	0	67	18	15	46	46	8	35	50	15
	NPK	74	13	13	49	45	6	43	45	12

## Literatur

- BUCHGRABER K., GINDL G. (2004): Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung. Leopold Stocker Verlag. Graz. 192 S.
- GURETZSKY J. A., K.J. MOORE, A.D. KNAPP AND E.C. BRUMMER (2004): Emergence and Survival of Legumes Seeded into Pastures Varying in Landscape Position. *Crop. Sci.* 44:227-233.
- HEJDUK S., KOMAREK P. (2002): Vyhodnoceni vybranych zemedelskych podniků metodou „Inventarizace a klasifikace TTP (IKTTP)“. In: Chov skotu a slechtění skotu pro konkurenceschopnou výrobu a obhospodarování drnového fondu. Rapotín. s 178-188.
- KÄDING H., PETRICH G. (2003): Leguminosen als Stickstofflieferanten für Grünland. In: Kurzfassung der Referate und Poster 47. Jahrestagung, 28. bis 30. August in Braunschweig. 109-112.
- KLIMEŠ F., L. KOLÁŘ, M. KOBES, B. VOŽENÍLKOVÁ (2003): The impact of various cultivation methods and permanent grassland use on the changes in *Taraxacum officinale* Web. cover rate. *Plant Soil Environ.*, 49: 49-54.
- PICKERT J., KUNKEL G. (2003): Einfluss des Nachsaattermin von Weißklee-Gras-Gemischen auf die Entwicklung von Niedermoorgrünland mit und ohne N-Düngung. In: Kurzfassung der Referate und Poster 47. Jahrestagung, 28. bis 30. August in Braunschweig. 113-115.
- SLEUGH B., K.J. MOOR, J.R. GEORGE AND E.C. BRUMMER (2000): Binary Legume-Grass Mixtures Improved Forage Yield, Quality and Seasonal Distribution. *Agron. J.* 92:24-29.



# Einfluss der Nutzungshäufigkeit auf Ertragsbildung und Futterqualität von Grasland-Ökosystemen in der Inneren Mongolei

A. Schiborra, M. Gierus, F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## Einleitung

Die DFG-Forschergruppe MAGIM (Matter fluxes in grasslands of Inner Mongolia as influenced by stocking rate; [www.magim.net](http://www.magim.net)) arbeitet seit Mai 2004 in der Inneren Mongolei, V.R. China. Der Standort in der Region Xilingoule befindet sich etwa 500 km nördlich von Peking auf dem mongolischen Plateau (etwa 1.000 bis 1.200 m ü.N.N.). Mit Jahresdurchschnittstemperaturen von 1,7°C und durchschnittlichen Niederschlägen von etwa 320 mm im Jahr, ist dort eine semi-aride Steppenlandschaft anzutreffen. Die Vegetationsperiode ist etwa 150 Tage (Mai bis September) lang, frostfreie Tage gibt es nur etwa 100 pro Jahr.

Durch die massive Zunahme der Überbeweidung in dieser Region, vor allem seit den 1980er Jahren (JIAN & MEURER, 2001), ist das allgemeine Ziel des Projekts die Analyse der Folgen der Überbeweidung, sowie die Prüfung möglicher Gegenmaßnahmen. Die Forschergruppe setzt sich aus 9 Teilprojekten zusammen, die sich jeweils mit verschiedensten Aspekten der Überbeweidungsproblematik auseinandersetzen. Ein Aspekt ist die immer geringer werdende Produktivität des Graslands, die das Problem der Überbeweidung immer weiter verschärft. Vor diesem Hintergrund führt die Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau der Universität Kiel, in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie der Universität Kiel, einen Beweidungsversuch mit Schafen durch. Der Versuch umfasst eine Fläche von etwa 160 ha und arbeitet mit 6 Beweidungsintensitäten in 2 verschiedenen Bewirtschaftungssystemen. In Vorbereitung auf diesen Versuch, der im Juni 2005 startete, wurde im Jahr 2004 ein Vorversuch durchgeführt. In diesem Vorversuch lag der Schwerpunkt der Untersuchungen auf der Bestimmung der Ertragsbildung und Futterqualität der Hauptbestandbildner *Stipa grandis* und *Leymus chinensis*. Im Folgenden werden Ergebnisse dieses Vorversuchs vorgestellt.

## Material und Methoden

Ein Areal mit repräsentativer Bestandszusammensetzung wurde für den Vorversuch ausgewählt. Es wurden 3 Behandlungen in einer randomisierten Blockanlage, mit 4-facher Wiederholung geprüft. Die Behandlungen unterschieden sich in ihrer Nutzungshäufigkeit:

- Behandlung I wurde einmal, am Ende der Vegetationsperiode (Mitte/Ende September) geschnitten
- Behandlung II wurde alle 6 Wochen geschnitten (simulierte, moderate Beweidungsintensität)
- Behandlung III wurde alle 3 Wochen geschnitten (simulierte, hohe Beweidungsintensität)

Die Schnitte wurden mit einem Rasenmäher bis auf 2,5 cm Höhe ausgeführt. Die Beprobung der Behandlungen I und II erfolgte im Abstand von 2 Wochen, Behandlung III wurde alle 3 Wochen beprobt, jeweils vor dem Schnitt. Die ersten 3 Beprobungen wurden in allen Behandlungen zum gleichen Zeitpunkt ausgeführt, da erst ab Anfang Juli geschnitten werden konnte.

Bei der Beprobung wurden pro Plot vier  $\frac{1}{4}$  m<sup>2</sup> große Quadrate in der Fläche verteilt und bis auf 1 cm Höhe geschnitten. Die Biomasse wurde in 4 Fraktionen aufgeteilt: die Hauptarten *Stipa grandis* und *Leymus chinensis*, die jeweils etwa  $\frac{1}{3}$  des Aufwuchses ausmachen, alle restlichen Arten und das nekrotische Material. Im Juli und im September erfolgte eine Aufnahme der vollständigen botanischen Zusammensetzung. Dabei

wurden alle Arten, nicht nur *Stipa grandis* und *Leymus chinensis*, getrennt voneinander erfasst.

Des Weiteren wurden auch die Triebdichten von *Stipa grandis* und *Leymus chinensis* ermittelt. Mit einem Zählgitter wurden pro Versuchspot an 4 verschiedenen Stellen je 200 cm<sup>2</sup> ausgezählt. Die Proben der 4 Fraktionen (*Stipa grandis*, *Leymus chinensis*, Restliche Arten und Nekrotisches Material) wurden bei 60°C für 24 Stunden im Trockenschrank getrocknet und im Anschluss mit einer Zentrifugalmühle auf 1 mm vermahlen. Die Proben wurden dann zur Qualitätsanalyse nach Kiel geschickt. Dort wurden alle Proben mit dem Nah-Infrarot-Spektrometer (NIRS) gescannt. An ausgewählten Proben wurden dann verschiedene nasschemische Qualitätsanalysen durchgeführt. Unter anderem wurde der Gesamt-N-Gehalt im C/N-Analyser gemessen, und aus diesem dann der Rohproteingehalt (N x 6,25) errechnet. Des Weiteren wurden NDF-Gehalte semi-automatisch (ANKOM-Gerät) nach der Methode von VAN SOEST et al. (1991) ermittelt.

Bei dem Versuch handelt es sich um eine vollständig randomisierte Blockanlage. Die Einzelbeobachtungen wurden einer Varianzanalyse unterzogen. Bei signifikantem F-Wert ( $P < 0,05$ ) wurden die entsprechenden Mittelwerte anhand eines Student t-Tests geprüft, und nach Bonferroni-Holm korrigiert.

### Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die ermittelten Erträge der 3 Behandlungen, und die Botanische Zusammensetzung (4 Fraktionen) im September, zusammengefasst. Für Behandlung I wurde der Ertrag zum ortsüblichen Heuschnittzeitpunkt (Mitte/Ende August) berücksichtigt, für die simulierten Beweidungen der letzte Beprobungstermin Mitte September am Ende der Vegetationszeit.

Tabelle 1: Ertrag (g TM/m<sup>2</sup>) und botanische Zusammensetzung (% d. TM)

Behandlung	I	II	III	SE
<b>Ertrag 2004 (g TM/m<sup>2</sup>)</b>				
	217,4 <sup>b</sup>	291,1 <sup>a</sup>	296,9 <sup>a</sup>	5,88
<b>Botanische Zusammensetzung September 2004 (% d. TM)</b>				
<i>Stipa grandis</i>	32 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	1,51
<i>Leymus chinensis</i>	28 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	1,03
Restliche Arten	28 <sup>b</sup>	51 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	2,22
Nekrotisches Material	12	0	0	0,48

Ein Mehrertrag von etwa 800 kg/ha kann für Behandlung II und III gegenüber Behandlung I statistisch gesichert ( $P < 0,05$ ) werden, der Ertrag kann durch die Nutzung also gesteigert werden. Zwischen den Behandlungen II und III sind die Unterschiede gering und nicht zu sichern, so dass eine höhere Nutzungshäufigkeit hier zu keiner weiteren Ertragssteigerung führt. Die Anteile an *Stipa grandis* und *Leymus chinensis* in den Behandlungen sind in etwa gleich, der Anteil an anderen Arten an der TM steigt in den Behandlungen II und III aber signifikant an. Grund dafür ist, dass Arten die bodennah wachsen, durch den Schnitt bessere Lichtverhältnisse vorfinden und sich entsprechend besser entwickeln können. Zu diesen Arten gehören vor allem *Cleistogenes squarrosa* und *Carex korschinskyi*.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die Entwicklungen der Triebdichten von *Stipa grandis* und *Leymus chinensis*. Hier zeigt sich ein für Gräser typischer Verlauf. Hohe Triebdichten zu Beginn der Vegetationsperiode, die dann bis in die generative Phase hinein abnehmen, und sich anschließend auf leicht steigendem Niveau einpendeln. Ein Unter-

schied zwischen den Behandlungen konnte nicht festgestellt werden. Insgesamt machen die Triebdichten des Bestandes ca.  $\frac{1}{3}$  der Triebdichten aus, die in nord-west-europäischen Breiten gemessen werden.

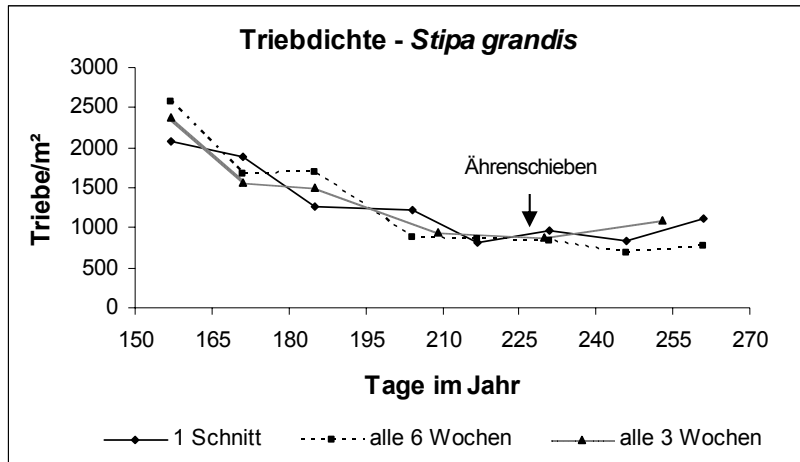


Abb. 1: Triebdichte von *Stipa grandis* (Triebe/m²)

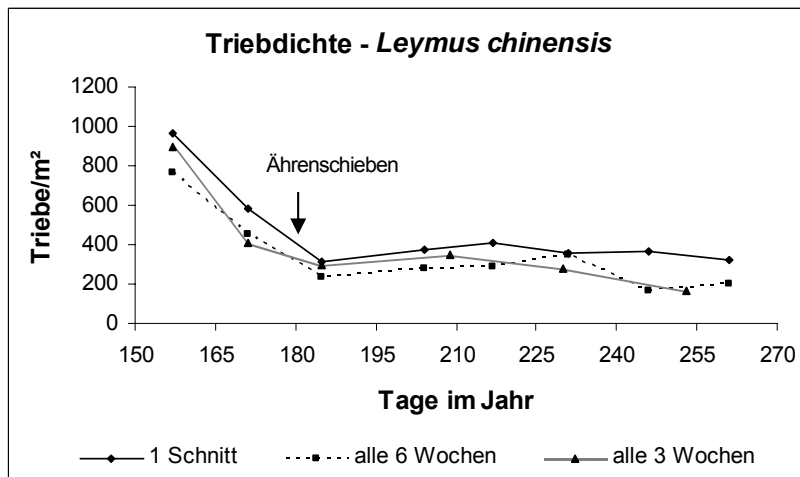


Abb. 2: Triebdichte von *Leymus chinensis* (Triebe/m²)  
(Schnitttermine: Beh I: 261.Tag; Beh II: 185., 231., 261.Tag; Beh III: 185., 209., 230., 253.Tag)

Aus den im Winter in Kiel ermittelten Qualitätsparametern werden im Folgenden die Ergebnisse für die Entwicklung der Rohprotein- und NDF-Gehalte vorgestellt.

Tabelle 2: mittlere Rohproteingehalte (% d. TM)

Art	Behandlung		
	I	II	III
<i>Stipa grandis</i>	7,93 <sup>a</sup>	13,26 <sup>b</sup>	14,90 <sup>c</sup>
<i>Leymus chinensis</i>	7,52 <sup>a</sup>	14,96 <sup>b</sup>	15,99 <sup>b</sup>
Restliche Arten	7,58 <sup>a</sup>	12,16 <sup>b</sup>	14,24 <sup>c</sup>

$P < 0,05$ ; SE = 0,44

Die mittleren Rohproteingehalte unterscheiden sich deutlich zwischen den Behandlungen. Für *Stipa grandis* und die Restlichen Arten lassen sich die Unterschiede zwischen allen Behandlungen statistisch sichern, während der Unterschied bei *Leymus chinensis*

nur zwischen Behandlung I und den beiden anderen signifikant ist. Die Tabelle 2 zeigt, dass der mittlere Rohproteingehalt in Behandlung I niedrig bleibt, was, da das Material immer älter wird, zu erwarten war. Durch die simulierte Beweidung in Behandlung II und III kommt es aber nicht zu Alterungsprozessen, somit bleibt das Pflanzenmaterial jung und der mittlere Rohproteingehalt damit hoch. Die Entwicklung der NDF-Gehalte wird in Abb. 3 für *Stipa grandis* und *Leymus chinensis* gemeinsam dargestellt. Statistisch signifikante Unterschiede ergeben sich zwischen Behandlung I und den Behandlungen II und III. Zwischen diesen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, daher sind in der Abbildung 3 die Behandlung I, und exemplarisch Behandlung III dargestellt.

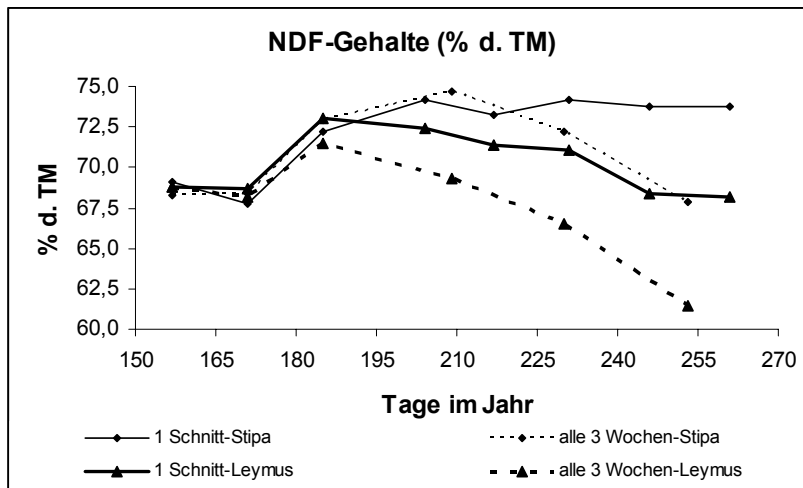


Abb. 3: NDF-Gehalte (% d. TM) von *Stipa grandis* und *Leymus chinensis*

Die NDF-Gehalte von *Stipa grandis* steigen mit dem Alterungsprozess (Beh. I) an, und bleiben etwa ab dem 200. Tag konstant. Wie beim mittleren Rohproteingehalt zeigt sich, dass durch die simulierte Beweidung die Alterungsprozesse abgebrochen werden, und die NDF-Gehalte nach jeder Nutzung geringer werden. Die NDF-Gehalte von *Leymus chinensis* bewegen sich insgesamt auf einem niedrigeren Niveau. Auch hier ist der Effekt der simulierten Beweidung deutlich sichtbar. Die NDF-Gehalte beider Arten bewegen sich oberhalb von 60 % bis hin zu 74,5 % d. TM, je nach Nutzungshäufigkeit. Im Vergleich dazu, fanden CHILIBROSTE et al. (2000) bei Aufwüchsen von *Lolium perenne*, die zwischen dem 6. und 30. Tag nach dem Schnitt geerntet wurden, NDF-Gehalte zwischen 44 und 53 % in d. TM.

### Schlussfolgerungen

Es konnte gezeigt werden, dass eine erhöhte Nutzungsintensität zu erhöhten Erträgen führt. Die Futterqualität konnte durch die Nutzungen positiv beeinflusst werden.

### Literatur

- CHILIBROSTE P., TAMMINGA S., BOER H., GIBB M.J. & DEN DIKKEN G. (2000): Duration of Regrowth of Ryegrass (*Lolium perenne*) Effects on Grazing Behaviour, Intake, Rumen Fill, and Fermentation of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 83, 984-995.
- JIAN Y. & MEURER M. (2001): Die Steppen Nordchinas und ihre Belastung durch weide- und landwirtschaftliche Landnutzung. *Geogr. Rundschau* 53, 48-52.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B. & LEWIS B.A. (1991): Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.

# Ergebnisse aus siebenjährigen Phosphor- und Kaliumdüngungsversuchen auf ostdeutschen Grünlandstandorten

R. Schuppenies, B. Greiner, F. Hertwig, H. Hochberg, G. Riehl  
Paulinenaauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e. V. und Landesanstalten der Länder Sachsen – Anhalt, Brandenburg, Thüringen, Sachsen

## Einleitung

In den Ländern Brandenburg, Sachsen – Anhalt, Thüringen und Sachsen werden 45 % bis 67 % der Grünlandflächen extensiv bewirtschaftet. Die Grunddüngung auf dem Grünland wird in vielen Betrieben als Einsparpotential gesehen. Grünlandflächen sind stärker als Ackerflächen von der Nährstoffverarmung betroffen. 2004 waren in Sachsen – Anhalt 55 % der Grünlandflächen suboptimal mit Phosphor versorgt. Kaliummangel liegt überwiegend auf anmoorigen und moorigen Böden vor, die von Natur her kaliumarm sind. In den Ländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen wurden Ringversuche zur Phosphor- und Kaliumdüngung angelegt, die der Beantwortung der folgenden Fragen dienen sollen: Kann die Phosphor- und Kaliumdüngung auf dem Grünland unterlassen bzw. auf eine Düngung unterhalb des Entzuges reduziert werden und welche Auswirkungen hat das auf den Ertrag, die Mineralstoffgehalte im Futter und im Boden? Hat eine erhöhte Düngung positive Auswirkungen auf den Ertrag und die Mineralstoffgehalte im Futter und im Boden?

## Material und Methoden

In jedem der in Tabelle 1 beschriebenen Versuchsstandorte wurden 1997 und in Hayn 1998 Phosphor- und Kaliumdüngungsversuche mit den in der Tabelle 2 beschriebenen Düngungsvarianten als Lateinisches Quadrat angelegt. Mit Ausnahme des zweischnit- tigen genutzten Versuches am Standort Graditz wurden 3 bis 4 Schnitte geerntet.

Tabelle 1: Beschreibung der Versuchsstandorte

	Höhe über NN	Geolo- gische Herkunft	Bo- den- art	Nieder- schläge mm	Jahres- mittel °C	Pflanzenbestand	pH- Wert	K mg/100g Boden	P mg/100g Boden
Paulinenaue	29	Mo IIa		514	9,0	Ansaatgrünland	5,6	8-14	6,9-9,7
I den	18	Al 1	sL	518	8,6	Ansaatgrünland	6,6	13	8,2
Hayn	441	V 5	sL	618	6,5	Wiesenfuchsschwanz- wiese	6,4	10	3,2
Heßberg	380	Al3	L-T	760	7,1	Wiesenfuchsschwanz- wiese	5,9	5	1,4
Oberweißbach	660	V9a1	uL	842	5,9	Goldhaferwiese	6,1	6	4,4
Wechmar	360	V 2	L-T	550	7,9	Glatthaferwiese	7,0	18	14,9
Christgrün	430	V 5	sL	722	7,4	Weidelgras- Weißkleeweide	5,3	9-13	3,2-3,5
Forchheim	565	V 8	sL	879	6,5	Ansaatgrünland	5,2	8-14	3,3-4,0
Graditz	83	Al3	sL	548	8,9	Glatthaferwiese	6,8	9-11	14,2-17,1

Für die Variante 1\*Entzug (Standardentzug) wurde ein Gehalt von 0,3 % P bzw. 2,0 % K festgelegt. Die verwendeten Düngerarten waren KAS, 60er Kali und Triplesuperphosphat. Untersucht wurden die Ertragsleistungen und die Mineralstoffgehalte in der Pflanze und im Boden.

Tabelle 2: Düngungsvarianten in den PK – Versuchen

P - Düngungsversuch		K - Düngungsversuch	
P - Düngung	K - Düngung	P - Düngung	K - Düngung
0	1*Entzug	1*Entzug	0
1*Entzug	1*Entzug	1*Entzug	1*Entzug
0,5*Entzug	1*Entzug	1*Entzug	0,7*Entzug
1,5*Entzug	1*Entzug	1*Entzug	1,3*Entzug

## Ergebnisse

### 1 Phosphor

Die Erträge lagen im Trockenjahr 2003 deutlich niedriger als in den übrigen Versuchsjahren. Eine unterlassene Phosphordüngung führte mit Ausnahme von Forchheim im Versuchszeitraum nicht zu signifikanten Mindererträgen.

Abweichungen von 50 % oberhalb bzw. unterhalb des Standardentzugs waren bisher nicht ertragswirksam. Durch Düngezuschläge nahmen die Phosphorgehalte in der Pflanze auf allen Standorten mit Ausnahme von Heßberg zu und lagen in den nach Standardentzug oder höher gedüngten Varianten > 3 g/kg TS.

Tabelle 3: Trockenmasseerträge 2003 relativ zur nach Standardentzug gedüngten Variante und Phosphorgehalte in der Pflanze

Variante	I den	Wech-mar	Forch-heim	Hayn	Heßberg	Christ-grün	Paulinen-aue	Oberweiß-bach	Gra-ditz
Trockenmasseertrag relativ zur Variante 1*E									
0*E	111	107	91	81	98	95	104	82	96
0,5*E	86	111	94	95	89	98	110	107	103
1,5*E	97	103	99	105	115	103	111	104	95
GD <sub>15%p</sub>	n.s.	n.s.	6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1*E dt/ha	41,0	57,8	52,4	78,7	73,3	63,6	59,2	52,5	62,9
Phosphorgehalt in g/kg TS									
0*E	3,1	3,5	3,1	2,7	2,3	2,7	2,8	2,8	
0,5*E	3,4	3,4	3,3	3,4	2,6	2,8	2,9	3,2	
1*E	3,5	3,9	3,5	3,8	2,8	3,2	3,2	3,5	
1,5*E	3,7	3,6	3,6	4,0	2,6	3,3	3,3	3,6	
N in kg/ha	180	180	180	200	220	180	0	200	120

Durch eine Düngung nach dem Standardentzug von 3g/kg TS konnte bei annähernd ausgeglichenen Phosphorbilanzen auf ausreichend mit Phosphor versorgten Standorten die Versorgungsstufe C gehalten werden, ebenso durch eine 50 % unter dem Entzug liegende Phosphordüngung bei gleichzeitig negativen Phosphorbilanzen. Düngezuschläge von 50 % über dem Standardentzug führten im Versuchszeitraum zu positiven Phosphorbilanzen von 47 bis 117 kg/ha. Eine Steigerung des Phosphorgehaltes im Boden durch eine über dem Entzug liegende Phosphordüngung konnte mittels Standardbodenuntersuchung nur in Oberweißbach (Gehaltsklasse B zum Versuchsbeginn) und in Paulinenaue (Gehaltsklasse C zum Versuchsbeginn) festgestellt werden.

Tabelle 4: Differenz der Phosphorgehalte im Boden und Phosphorbilanzsumme im Versuchszeitraum

Varian- te	I- den	Wech- mar	Forch- heim	Hayn*	Heßberg	Christ- grün	Paulinen- aue	Oberweiß- bach	Gra- ditz**
Bodengehaltsklasse zum Versuchsbeginn									
1997	C	E	B	B	A	B	C	B	E
P-Gehalt mg/100 g Boden, Differenz im Versuchszeitraum									
ohne P	-4,1	-7,2	-2,1	0,2	0,6	-1,4	-2,0	-2,3	-5,6
0,5*E	0,1	-7,8	-2,0	-1,1	0,4	-2,1	1,3	-1,2	-4,8
1,0*E	-1,7	-6,3	-0,3	-1,3	0,2	-0,3	4,9	-0,3	-3,5
1,5*E	-0,7	-5,0	-0,1	-1,1	0,3	-0,9	7,3	1,4	-3,3
P-Bilanzsumme in kg/ha seit Versuchsbeginn									
ohne P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	188	-209	-175	-150	-167	-178	-152	-156	-148
0,5*E	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	105	-118	-94	-97	-86	-83	-81	-95	-53
1,0*E	-22	-20	-9	-6	3	0	-16	-5	31
1,5*E	56	83	75	53	81	79	47	73	117
*Hayn: Versuchsbeginn 1998, **Graditz bis 2002									

## 2 Kalium

Durch eine unterlassene Kaliumdüngung kam es bereits auf 6 Versuchsstandorten zu signifikanten Mindererträgen. Die Kaliumgehalte in der Pflanzen lagen mit < 11 g/kg TS deutlich unter 20 g/kg TS und zeigen starken Kaliummangel an.

Tabelle 5: Trockenmasseerträge 2003 relativ zur nach Standardentzug gedüngten Variante und Mineralstoffgehalte in der Pflanze

Variante	I- den	Wech- mar	Forch- heim	Hayn	Heßberg	Christ- grün	Paulinen- aue	Oberweiß- bach	Gra- ditz
Trockenmasseertrag relativ zur Variante 1*E									
0 Kalium	102	89	91	83	58	66	50	20	77
0,7*E	93	97	101	108	84	101	106	85	93
1,3*E	110	100	103	118	98	106	103	97	92
GD <sub>15%p</sub>	n.s.	n.s.	n.s.	15	18	10	24	19	11
1*E									
dt/ha	45,0	63,5	52,4	69,7	77,5	65,2	72,4	56,8	62,8
Kaliumgehalt in g/kg TS									
0 Kalium	17,8	17,7	15,0	10,6	10,1	10,1	8,1	4,9	
0,7*E	21,9	22,9	25,4	23,9	23,3	18,7	14,7	17,4	
1*E	23,7	24,1	27,2	28,2	24,9	21,8	20,0	19,5	
1,3*E	25,2	26,9	29,6	30,8	28,7	24,5	23,8	24,0	
Natriumgehalt in g/kg TS									
0 Kalium	2,6	0,1	0,5	1,3	0,3	3,2	3,7	0,9	
0,7*E	1,5	0,1	0,5	1,1	0,2	2,5	2,9	0,4	
1*E	1,6	0,1	0,5	1,0	0,2	2,2	1,6	0,4	
1,3*E	1,1	0,1	0,4	0,5	0,1	1,7	0,9	0,4	
Magnesiumgehalt in g/kg TS									
0 Kalium	2,9	2,5	3,1	2,7	3,5	3,7	3,7	5,4	
0,7*E	2,1	2,2	2,7	2,4	2,7	3,1	3,0	3,9	
1*E	2,4	1,9	2,5	2,4	2,3	3,0	2,3	4,0	
1,3*E	2,1	2,0	2,3	2,4	2,2	2,6	2,3	3,4	
N in									120
kg/ha	180	180	180	200	220	180	0	200	

Auf den 3 Standorten, auf denen keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den Kaliumdüngungsvarianten gemessen wurden, lagen die Kaliumgehalte in der Pflanze zwischen 15 und 18 g/kg TS bei gleichzeitig negativen Kaliumbilanzen von insgesamt 998 bis 1256 kg/ha. Das spricht für ein starkes Kaliumnachlieferungsvermögen auf diesen Standorten. Düngezuschläge von 30 % waren bisher nicht ertragswirksam, führten aber auf allen Standorten zu Luxuskonsum. Hohe Kaliumgehalte drücken die Gehalte an anderen Kationen besonders von Natrium und Magnesium, so dass die für die Wiederkäuerernährung erforderlichen Gehalte von 1,0 bis 1,5 g Na/kg TS unterschritten werden. Allerdings liegen auch deutliche Standortunterschiede vor.

In den Kaliumdüngungsversuchen ergab die Bodenuntersuchung auf 5 Standorten einen Anstieg der Kaliumgehalte durch eine 30 % über dem Standardentzug von 20 g/kg TS liegende Kaliumdüngung. Auf 4 Standorten war kein Zusammenhang zwischen der Höhe der Kaliumdüngung und den Kaliumgehalten im Boden festzustellen.

Tabelle 6: Differenz der Kaliumgehalte im Boden und Kaliumbilanzsumme im Versuchszeitraum

Variante	I den	Wechmar	Forchheim	Hayn*	Heßberg	Christgrün	Paulinen- aue	Oberweiß- bach	Graditz**
Bodengehaltsklasse zum Versuchsbeginn									
1997	C	D	C	C	B	C	C	B	C
K-Gehalt mg/100 g Boden, Differenz im Versuchszeitraum									
0 K	-7,0	-8,0	-5,6	-2,9	3,0	-4,5	-4,0	-2,0	-3,3
0,7*E	-6,0	-6,0	-6,2	-2,9	2,0	-4,6	1,1	-1,0	-4,7
1,0*E	-4,0	-1,0	-5,0	-1,9	2,0	-5,2	4,0	0	-4,7
1,3*E	2,0	5,0	-4,2	6,1	2,0	-1,5	16,5	-1,0	-0,4
K-Bilanzsumme in kg/ha seit Versuchsbeginn									
0 K	-1256	-998	-1106	-779	-851	-735	-351	-202	-725
0,7*E	-703	-472	-595	-527	-481	-376	-178	-136	-183
1,0*E	-380	-167	-271	-314	-142	-82	-63	5	96
1,3*E	-137	145	53	-104	69	143	21	34	378

\*Hayn: Versuchsbeginn 1998, \*\*Graditz bis 2002

### Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Neben den Ergebnissen der Standardbodenuntersuchung sind die Mineralstoffgehalte in der Pflanze stärker zur Abschätzung des Nährstoffbedarfes zu nutzen, weil der Zusammenhang zwischen dem Ertrag und den Bodengehalten nicht immer gegeben ist und die Bodenanalysewerte in den Versuchsjahren häufig großen jährlichen Schwankungen unterliegen. Viele Böden verfügen über pflanzenverfügbare Reserven, die durch die Standardbodenuntersuchung nicht erfasst werden. Ein enger Zusammenhang zwischen den Düngebilanzen und den Bodengehalten ließ sich nicht feststellen. Auf Phosphormangelstandorten war ein leichter Anstieg der Bodengehalte durch Düngezuschläge bisher nur in Oberweißbach zu erreichen.

Eine Düngung, die sich an einem Standardentzug von 20 g K/kg TS und 3 g P/kg TS orientiert, war für die Ausschöpfung des standorttypischen Ertragspotentials ausreichend. Eine von diesen Orientierungswerten abweichende Düngung bewirkte bisher keine signifikanten Ertragsänderungen. Düngezuschläge führten besonders bei Kalium zu Luxuskonsum und zur Verdrängung von Natrium und Magnesium.

Ohne Kaliumdüngung lagen signifikante Mindererträge vor, wenn die Kaliumgehalte in der Pflanze unter 11 g/kg TS abgesunken waren. Latenter Mangel liegt bei Kaliumgehalten unter 15 g/kg TS und Phosphorgehalten unter 2,5 g/kg TS vor.



# **Einfluss der Bewirtschaftung auf das Vorkommen von Jakobskreuzkraut (*Senecio jacobaea* L.)**

S. Siegrist-Maag, M. Suter, A. Lüscher

Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau

## **Einleitung**

Das für Rindvieh und andere Nutztiere giftige Jakobskreuzkraut (*Senecio jacobaea* L.) ist in verschiedenen Ländern (z.B. Großbritannien, Neuseeland) ein bekanntes Unkraut. Seit einigen Jahren wird diese (einheimische) Pflanze auch in der Schweiz vermehrt beachtet. Das aktuelle Wissen über Giftigkeit und Ausbreitungspotenzial wurde von BOSSHARD et al. (2003) in einem Übersichtsartikel publiziert. Die ökologischen Eigenschaften und der Lebenszyklus von *S. jacobaea* sind eingehend untersucht worden (SCHMIDL 1972; WARDLE 1987; MCEVOY UND RUDD 1993). Diese Daten stammen v.a. aus Auslandregionen, die nur bedingt mit Schweizer Verhältnissen vergleichbar sind. Deshalb wurde eine Untersuchung durchgeführt mit dem Ziel, das Auftreten von Jakobskreuzkraut in den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Schweiz und den Einfluss der Bewirtschaftung auf das Vorkommen von *S. jacobaea* besser abschätzen zu können.

## **Material und Methoden**

### *1 Datenerhebung*

Auf gemeldeten Flächen mit *S. jacobaea* wurde auf je 25 m<sup>2</sup> eine Vegetationsaufnahme gemacht (inkl. Schätzung der Lückigkeit), verschiedene Standortfaktoren erhoben (Neigung, Exposition, Höhe), eine Bodenprobe genommen (0 - 10 cm) und der Bewirtschafter nach der Nutzung der Parzelle befragt. Um den Einfluss der Bewirtschaftung zu erfassen, wurde in unmittelbarer Nähe der Fläche mit Jakobskreuzkraut eine Vergleichsfläche untersucht, die möglichst gleiche Standorteigenschaften aber kein Kreuzkraut aufwies. Auf den Vergleichsflächen wurden dieselben Erhebungen gemacht, wie auf den Flächen mit *S. jacobaea*.

Die untersuchten Flächen fanden sich in den Schweizer Regionen Jura, Mittelland und nördl. Voralpen.

### *2 Datenanalyse*

Um die Bedeutung der verschiedenen Umwelt- und Bewirtschaftungsfaktoren für das Vorkommen von *S. jacobaea* zu ermitteln, wurde eine logistische Regression durchgeführt. Die Variablen wurden mittels Vorwärtsselektion ins Modell aufgenommen, wobei der QAICc (BURNHAM UND ANDERSON, 2002) als Maß für die Aufnahme ins Modell verwendet wurde. Die Kennarten der beiden Gruppen ‚mit Kreuzkraut‘ und ‚ohne Kreuzkraut‘ wurden mit dem ‚Indicator Value of species‘ (IndVal) von DUFRÉNE UND LEGENDRE (1997) unter Berücksichtigung der Deckung berechnet.

Die Bodenproben wurden gemäss den Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten (FAL 1999) analysiert (P- und K-Test mit CO<sub>2</sub> gesättigtem Wasser).

## **Resultate und Diskussion**

### *1 Wenig gedüngte Flächen*

Als entscheidende Faktoren für das Vorkommen von *S. jacobaea* ergaben sich die drei Variablen N-Düngung, Lückigkeit und die Nutzung als Standweide (Tab. 1).

Tabelle 1: Umwelt- und Bewirtschaftungsvariablen mit signifikanten Effekten auf die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von *Senecio jacobaea*. (Rücktransformierte Werte einer logistischen Regression. Die Variablen wurden in der Reihenfolge der Tabelle mittels Vorwärtsselektion ins Modell aufgenommen.)

Variable	Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von <i>S. jacobaea</i> (%)	p-Wert
Intercept (Achsenabschnitt)*	18	0.025
N <sub>verfügbar</sub> -gedüngt (100 kg / ha Jahr)	4	0.008
Lückigkeit (25-100 %)	90	0.005
Nutzung Umtriebsweide	17	0.953
Nutzung Standweide	72	0.017

\* Der Intercept gibt die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von *S. jacobaea* an, wenn eine Fläche als Schnittwiese genutzt, mit N<sub>verfügbar</sub> von 50 kg N / ha und Jahr gedüngt wurde und eine Lückigkeit von 0 - 25 % aufwies. Nahm z. B. die Menge von N<sub>verfügbar</sub>-gedüngt von 50 auf 100 kg N / ha und Jahr zu, dann nahm die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von *S. jacobaea* von 18 % auf 4 % ab.

Auf Flächen, die mit 50 kg N / ha und Jahr gedüngt wurden, war die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen von *S. jacobaea* größer (18 %), als auf Flächen, die 100 kg N / ha und Jahr erhielten (4 %, Tab. 1). Stickstoff fördert schnellwachsende und konkurrenzstarke Gräser und Kräuter, die den Boden in kurzer Zeit bedecken. So waren denn auch unter den Kennarten der Gruppe ‚ohne Senecio‘ fast nur Nährstoffzeiger und Zeiger intensiver Nutzung, die sehr konkurrenzstark sind (Bsp. *Trifolium repens*, *Lolium multiflorum*, *Ranunculus repens*, Tab. 2). *S. jacobaea* hingegen ist ein Lichtkeimer, der sich im ersten Jahr nur langsam entwickelt; entsprechend gering sind die Chancen dieser Art, sich gegen schnellwachsende Konkurrenten durchzusetzen.

Die Flächen ohne *S. jacobaea* hatten im Vergleich auch höhere P- und Mg-Testwerte. Diese Werte erscheinen deshalb nicht im logistischen Modell, weil sie mit N<sub>verfügbar</sub>-gedüngt positiv korreliert waren ( $p < 0.001$ ). Ebenso war auch die Nutzungsintensität mit der N-Düngung positiv korreliert ( $p < 0.001$ ). Es kann also festgestellt werden, dass die Flächen ohne *S. jacobaea* generell eine deutlich höhere Nährstoffversorgung aufwiesen und intensiver genutzt wurden als solche mit *S. jacobaea*.

## 2 Lückigkeit

Bestände mit hoher Lückigkeit (zwischen 25 und 100 %) zeigten mit 90 % eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von *S. jacobaea* (Tab. 1). Im Vergleich dazu wiesen dichtere Bestände mit einer Lückigkeit zwischen 0 und 25 % eine deutlich tiefere Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen der Art auf (18 %). Dieses Resultat wird gestützt durch Versuche von MCEVOY UND RUDD (1993): Sie zeigten, dass sich *S. jacobaea* auf Flächen, die durch Störungen offen gehalten wurden, signifikant besser etablierte als in ungestörten, dichten Beständen. Weitere Arten die von Lücken profitieren, fanden sich unter den Kennarten der Gruppe ‚mit Senecio‘ (Bsp. *Sonchus asper*, *S. oleraceus*, *Glechoma hederacea*, Tab. 2).

Die Gründe für Lückigkeit können vielfältig sein. In dieser Untersuchung fiel die signifikant positive Korrelation der Lückigkeit mit der Neigung auf ( $p < 0.001$ ). In steilen Flächen ist die Gefahr größer, dass die Grasnarbe durch Tritt (bei Weide) und durch Fahrspuren (bei Schnitt) immer wieder verletzt wird. *S. jacobaea*-Keimlinge können in solchen Lücken Licht und Platz finden, um sich zu etablieren.

Tabelle 2: Kennarten für die Gruppen mit und ohne *Senecio jacobaea* (mSj und oSj). (Berechnet mit dem Indicator Value of species (IndVal) unter Berücksichtigung der Deckung (%) nach DUFRÈNE und LEGENDRE (1997). Es sind nur die Arten mit  $p \leq 0.02$  aufgeführt.)

Kennarten	Vorkommen der Arten (Anzahl Aufnahmen)		Deckung der Arten (%)		IndVal	p-Wert
	mSj	oSj	mSj	oSj		
	(n=32)	(n=30)				
<b>Gruppe ohne <i>S. jacobaea</i></b>						
<i>Rumex obtusifolius</i>	6	20	0.9	1.7	0.54	<0.001
<i>Trifolium repens</i>	26	28	4.0	9.4	0.58	<0.001
<i>Heracleum sphondylium</i>	1	10	0.5	3.2	0.32	0.001
<i>Lolium multiflorum</i>	7	14	8.3	29.5	0.36	0.002
<i>Taraxacum officinale aggr.</i>	25	27	3.2	6.8	0.55	0.005
<i>Ranunculus repens</i>	7	12	0.8	4.7	0.31	0.007
<b>Gruppe mit <i>S. jacobaea</i></b>						
<i>Senecio jacobaea</i>	32	0	4.0	0.0	1.00	<0.001
<i>Brachypodium pinnatum</i>	10	0	13.9	0.0	0.31	0.001
<i>Prunella vulgaris</i>	19	5	1.2	0.9	0.47	0.001
<i>Sanguisorba minor</i>	9	0	4.2	0.0	0.28	0.001
<i>Lathyrus pratensis</i>	14	3	0.8	0.5	0.37	0.002
<i>Bromus erectus</i>	9	0	18.4	0.0	0.28	0.003
<i>Sonchus asper</i>	7	0	0.5	0.0	0.22	0.004
<i>Festuca rubra aggr.</i>	25	10	12.7	25.6	0.51	0.007
<i>Lotus corniculatus aggr.</i>	16	6	1.6	1.2	0.37	0.007
<i>Potentilla sterilis</i>	10	2	1.2	0.5	0.27	0.007
<i>Sonchus oleraceus</i>	8	0	1.3	0.0	0.25	0.007
<i>Medicago lupulina</i>	9	1	0.7	0.5	0.25	0.009
<i>Thymus serpyllum aggr.</i>	7	0	1.1	0.0	0.22	0.010
<i>Hieracium pilosella</i>	8	1	2.2	0.5	0.23	0.011
<i>Plantago media</i>	10	2	2.3	1.5	0.26	0.015
<i>Ononis repens</i>	6	0	1.2	0.0	0.19	0.017
<i>Glechoma hederacea</i>	12	6	3.1	0.8	0.28	0.018
<i>Ranunculus bulbosus</i>	6	0	1.5	0.0	0.19	0.020

### 3 Standweide

Die Nutzung als Standweide war ein weiterer signifikanter Faktor für das Vorkommen von *S. jacobaea* (Tab. 1). Die Wahrscheinlichkeit für das Vorkommen des Kreuzkrautes war mit über 70 % in Standweiden deutlich höher als in Schnittwiesen (18 %). Typisch für eine Standweide ist ihr meist inhomogener Bestand, der durch den selektiven Fraß der Tiere und durch geringe Weidepflege verursacht wird. Die unternutzten Bereiche der Standweide, die wenig oder gar nicht abgefressen werden, dürften für die Versammlung von *S. jacobaea* bedeutend sein: Mit einer Blühzeit von Mitte Juni bis August ist das Jakobskreuzkraut auf solche spät oder gar nicht genutzten Stellen angewiesen. Unter den Kennarten fanden sich in der Gruppe mit *S. jacobaea* entsprechend Zeiger der Unternutzung (*Brachypodium pinnatum*, *Ononis repens*, Tab. 2).

Häufig findet man Standweiden in steilem Gelände, wo jegliche andere Nutzung, v.a. Mahd, zu arbeitsaufwändig ist. Mit der Neigung gehen dann oft die zwei oben erwähnten Faktoren einher: geringe Düngung und Lückigkeit. Dabei kann es sich auch um Flächen handeln, die unter dem allgemeinen Arbeitsdruck vernachlässigt werden und

bei denen keine sorgfältige Weideführung und eine ungenügende Weidepflege stattfindet. All diese Faktoren begünstigen das Vorkommen von *S. jacobaea*.

#### **4 Artenvielfalt und Bekämpfung**

Die Flächen mit *S. jacobaea* wiesen eine signifikant höhere Artenzahl (Mittelwert 32) auf, als die Flächen ohne *S. jacobaea* (Mittelwert 21). Dies hängt u.a. mit der geringeren N-Düngung und der damit verknüpften geringeren Intensität der Nutzung auf den Flächen mit *S. jacobaea* zusammen. Der Artenreichtum der Flächen ‚mit Senecio‘ hat insofern Bedeutung, als dass man aufgrund der gezeigten Resultate versucht sein könnte, das Jakobskreuzkraut mit erhöhter Düngung und intensiverer Nutzung zu bekämpfen. Dies ist im Falle von Weiden mit starker Neigung und für artenreiche Bestände sicher die falsche Strategie. Neben dem Verlust der Artenvielfalt würden durch die intensiver genutzten Pflanzenbestände, die den Boden weniger stabilisieren, viele neue Probleme geschaffen. Zudem zeigte unsere Untersuchung, dass die Lückigkeit und das Weidesystem einen ebenso großen Effekt auf das Vorkommen des Jakobskreuzkrautes hatten (Tab. 1). Im Sinne einer standortangepassten Nutzung steht die Verhinderung von Grasnarbenschäden durch sorgfältige Beweidung (z.B. leichte Tiere, Umtriebsweide, Wahl der Koppelform, angepasster Weidebesatz) und eine angepasste Weidepflege im Vordergrund.

#### **Zusammenfassung**

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von *S. jacobaea* war am höchsten in extensiv und wenig intensiv bewirtschafteten, steilen Standweiden mit einem lückigen Bestand. Eine nachhaltige Bekämpfung erfolgt aufgrund der vorliegenden Resultate am besten durch das Vorbeugen von Grasnarbenschäden und angepasster Weidepflege.

#### **Literatur**

- BOSSHARD A., JOSHI J., LÜSCHER A. & SCHAFFNER U., 2003. Jakobs- und andere Kreuzkraut-Arten: eine Standortbestimmung. *Agrarforschung* 10 (6), 231-235.
- BURNHAM K.P. & ANDERSON D.R., 2002. Model selection and multimodel inference, 2nd edn., Springer, New York. 488 S.
- DUFRENE M. & LEGENDRE P., 1997. Species assemblances and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67 (3), 345-366.
- FAL, 1999. Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, Band 1: Bodenuntersuchung zur Düngeberatung.
- MCEVOY P.B. & RUDD N.T., 1993. Effects of vegetation disturbances on insect biological control of tansy ragwort, *Senecio jacobaea*. *Ecological Applications* 3(4), 682-698.
- SCHMIDL L., 1972. Biology and control of ragwort, *Senecio jacobaea* L., in Victoria, Australia. *Weed Research* 12, 37-45.
- WARDLE D.A., 1987. The ecology of ragwort (*Senecio jacobaea* L.) – a review. *New Zealand Journal of Ecology* 10, 67-76.

## **Hoch Zucker Gräser – Eine neue Sortengeneration für höchste Ansprüche an die Futterqualität**

M. Beimler, F. Eickmeyer  
Saatzucht Steinach GmbH

### **Bedeutung und Berücksichtigung der Futterqualität von Gräsersorten in Züchtung und offiziellen Prüfungen**

In Deutschland, wie in vielen anderen Ländern auch, kann zunehmend eine divergente Entwicklung in der Intensität der Milch- und Fleischproduzierenden Betriebe beobachtet werden. Einerseits erfolgt – oftmals in benachteiligten Regionen – eine Extensivierung der Milchvieh- und Mastviehhaltung, bis hin zu Mutterkuhherden als eine Art natürliche „Landschaftspflegemaßnahme“. In geeigneten Regionen erfolgt andererseits eine zunehmende Intensivierung der Milch und Fleischproduktion, um mit möglichst kleiner Herde die Milchquote zu ermelken oder maximale Tageszunahmen zu erreichen.

Die Wirtschaftlichkeit in der Steigerung von Milch- und Fleischleistung hängt in hohem Maße von den Preisen für Kraftfutter ab. Daher ist nach wie vor sowohl in der extensiven als auch in der intensiven Wirtschaftsweise eine hohe Milch- und Fleischleistung aus der Grundfütteration erstrebenswert (HASERT und WESENBERG, 2004) da dieses Futter meist günstiger als Kraftfutter produziert werden kann. Denn das Rind als Wiederkäuer ist durchaus in der Lage, bei ausreichender Energiedichte, die Proteingehalte des Grundfutters effizient in Milch- und Muskeleiweiß umzusetzen.

Qualität und Energiegehalte des wirtschaftseigenen Grundfutters sind in hohem Maße vom Erntezeitpunkt, Witterung bei der Ernte, Ernteverfahren und ggf. Silierverlauf abhängig. Der ebenso wichtigen Bestandeszusammensetzung in Arten, insbesondere aber in Sorten wird im Hinblick auf die Futterqualität meist viel zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet.

In den Regionalempfehlungen werden Futtermischungen propagiert, die Sorteneigenschaften wie Trockenmasseertrag, Mooreignung, Winterhärte, Ausdauer, Narbendichte, Erstschnitt- oder Nachwuchsbetonung, Krankheitsresistenzen, Reifezeitpunkt usw. berücksichtigen. Dies ist gut und richtig so. Leider wird derzeit aber weder in Landesortenversuchen noch im Wertprüfungssystem der Futterwert einer Sorte per se, also die Zusammensetzung ihrer futterwertbestimmenden Inhaltsstoffe ermittelt. Der Futterwert geht also weder in die Entscheidung über die Zulassung noch in die Empfehlung einer Sorte mit ein. Dies liegt daran, dass die hierfür entscheidenden Parameter wie Verdaulichkeit, Zuckergehalt, Proteingehalt im regulären Prüfsystem nicht ermittelt werden. Damit fehlt der privaten Pflanzenzüchtung aber auch der Anreiz, den futterwertbestimmenden Merkmalen in der Selektion mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Für den Milch- und Fleischproduzenten sind diese Parameter einer Sorte aber entscheidend.

Etwas anders ist die Situation in England: Dort vermarktet die Firma Germinal Holdings seit wenigen Jahren unter dem Markenzeichen AberHSG<sup>®</sup> so genannte High-Sugar-Grasses. Diese werden von den englischen Landwirten stark nachgefragt. So dass trotz eines um 30% höheren Saatgutpreises für diese Sorten die Saatgutproduktion kaum die Nachfrage decken kann. Gezüchtet wurden und werden diese HSG-Sorten am IGER (Institute of Grassland and Environmental Research) in Aberystwyth (daher das Präfix ABER) in Wales. Am IGER wird bereits seit 1980 an der Entwicklung von leistungsfähigen Sorten mit einem höheren Gehalt an Zuckern (Wasserlöslichen Kohlenhydraten = WSC) gearbeitet. Interdisziplinär werden die Eigenschaften der AberHSG<sup>®</sup>-Sorten von Pflanzenbauern und Tierernährern beschrieben und von Germinal Holdings erfolgreich vermarktet. Als deutscher Partner der Fa. Germinal Holdings hat die Saatzucht Steinach GmbH beim Bundessortenamt für die Sorte Aberavon erstmals einen Antrag auf eine Sonderprüfung zur Bestimmung der Verdaulichkeit und

des Zuckergehaltes gestellt. Die Sorte Aberavon hat die Wertprüfung und Sonderprüfung des Bundessortenamtes durchlaufen und die Zulassung wird Anfang Herbst 2005 erwartet. Erste Saatgutvermehrungen in Deutschland sind angelegt.

### Hoch Zucker Gräser – Was muss man darunter verstehen?

Unter Hoch Zucker Gräsern sollten solche Futtergräserarten verstanden werden, die nachweislich - und in unabhängigen nationalen Versuchen belegen - einen genetisch deutlich höheren Gehalt an Wasserlöslichen Kohlenhydraten und eine höhere Verdaulichkeit besitzen als vergleichbare Sorten (gleiche Reifegruppe und gleiche Ploidiestufe). Bisher liegen Prüfergebnisse solcher Sorten und Ergebnisse aus Tierernährungsversuchen zu Bastardweidelgras und Deutschem Weidelgras aus England vor. Den bisher wohl umfangreichsten Sortenvergleich für die Merkmale Zuckergehalt und Verdaulichkeit hat GILLILAND (2003) beschrieben. In seinen Versuchen konnte die diploide, frühe Sorte Aberdart zeigen, dass sie sowohl diploiden als auch tetraploiden Sorten in den erwähnten Merkmalen deutlich überlegen ist. Allerdings zeichnet sich die Sorte Aberdart durch eine mangelnde Winterhärte unter deutschen Bedingungen aus. Die in der Sonderprüfung des BSA stehende Sorte Aberavon ist hinsichtlich der Winterhärte schon eine deutliche Verbesserung. Die Saatzucht Steinach GmbH hat sich ein Markenzeichen für Hoch-Zucker-Gräser HZG gesichert, da inzwischen einige Firmen mit dem Merkmalen 'höhere Zuckergehalte' und 'bessere Verdaulichkeit' in ihren Sorten werben, ohne dies in vergleichenden Versuchen jemals nachgewiesen zu haben.

### Vorteile von Hoch Zucker Gräsern

Bei der Umwandlung von freigesetztem Futterstickstoff zu Mikrobenprotein im Pansen des Wiederkäuers ist schnell verfügbare Energie in Form von wasserlöslichen Kohlenhydraten der begrenzende Faktor (Abb. 1) (ROOKE et al., 1987). Im Stall kann dieser Mangel an Energie durch teure Kraffuttermgaben ausgeglichen werden. Insbesondere unter Beweidung ist ein Ausgleich durch Kraffutter zwar möglich, jedoch in der Regel asynchron zur Verfügbarkeit des freigesetzten Futterstickstoffes im Pansen. Dies bedeutet, die Energie wird bei nachfolgender Kraffuttergabe erst dann zur Verfügung gestellt, wenn die Futterstickstofffreisetzung schon nahezu abgeschlossen ist. Die Folge ist, dass nur rund 20% des Stickstoffes (in Form von Grundfutterprotein) zu Milch und Muskeleiweiß umgesetzt wird. Der Rest wird über Kot und Harn wieder ausgeschieden was den Stoffwechsel des Tieres zusätzlich belastet.

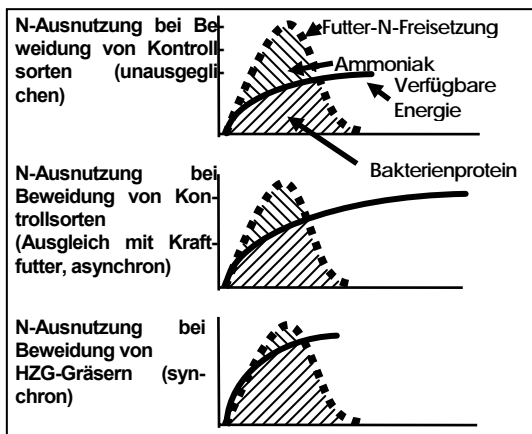


Abb. 1: Energie als begrenzender Faktor beim Aufbau von Mikrobenprotein

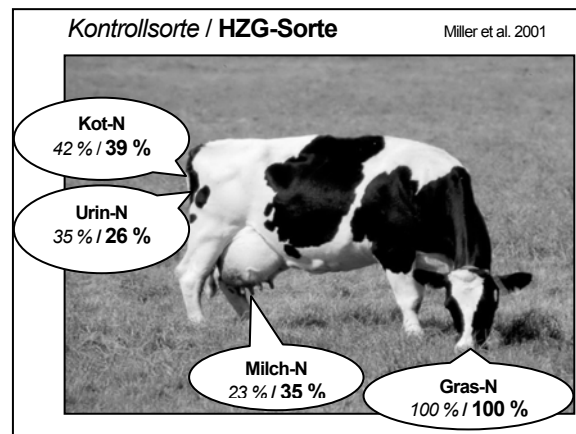


Abb. 2: Verbesserte Nutzung des Grasproteins bei HZG-Sorten

Bei einer simultanen Bereitstellung von Wasserlöslichen Kohlenhydraten in Form von Hoch Zucker Sorten konnten in Fütterungsversuchen deutliche Verbesserungen in der Umsetzung des Futterproteins zu Milch- und Fleischeiweiß bei einer Verringerung der N-Ausscheidungen über Kot und Harn nachgewiesen werden (Abb. 2). Durch die Fütterung von HZG-Sorten konnte eine Steigerung der N-Ausnutzung von 23 % auf 35 % erreicht werden. So fanden MILLER et al. (2001), dass eine Differenz von 40g WSC/kg Organische Trockenmasse zwischen einer Hoch Zucker Sorte und einer Kontrollsorte zu einer signifikanten Steigerung der Milchproduktion führten.

Tabelle 1: Ertragssteigerung in der Milchproduktion durch die Verwendung einer Hoch-Zucker Sorte

Merkmal	Normale Sorte	Hoch-Zucker Sorte	Standard Abweichung
Milchleistung (kg/Tag)	12,6	15,3	0,65
Milcheiweiß Ertrag (g/Tag)	434	528	22
N-Ausscheidung über Urin (g/Tag)	100	71	5,0

In einem anderen Experiment konnte bei der Beweidung von Charolais Stieren auf einer Hoch Zucker Sorte eine um 20 % höhere Tagesaufnahme und eine um 25% höhere Lebendgewichtszunahme erzielt werden als bei Beweidung auf einer Kontrollsorte (Abb. 3).

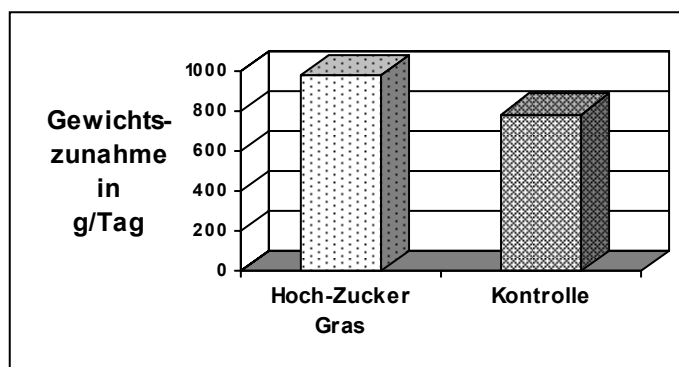


Abb. 3: Lebendgewichtszunahme von Charolais-Stieren, die auf einer Hoch-Zucker-Sorte weiden im Vergleich zur Herde auf einer Kontrollsorte

### Ergebnisse aus der Sonderprüfung des Bundessortenamtes

In 2001 wurde vom BSA an 2 Standorten (Scharnhorst und Braunschweig) eine Sonderprüfung der Sorte Aberavon auf erhöhte Gehalte an Wasserlöslichen Kohlenhydraten und verbesserter Verdaulichkeit angelegt. Als Vergleichssorten dienten die diploiden Sorten Moronda, Summit und Gladio. Sie wurden aufgrund eines zu Aberavon ähnlichen Reifeverhaltens ausgewählt.

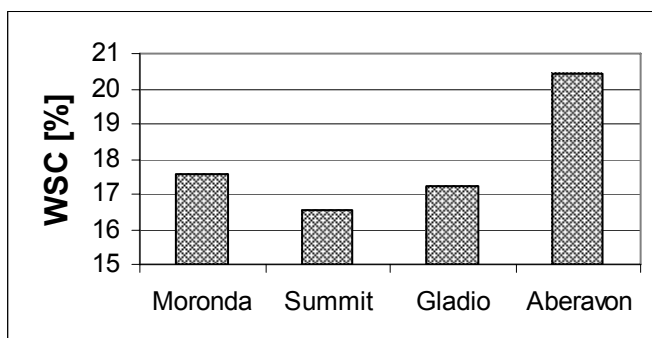


Abb. 4: Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, Durchschnitt über den Versuchszeitraum

Die ermittelten Ergebnisse zur Verdaulichkeit (NIRS Methode) und zum Gehalt an Wasserlöslichen Kohlenhydraten (NIRS Methode) gemittelt für den gesamten Versuchszeitraum sind in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt.

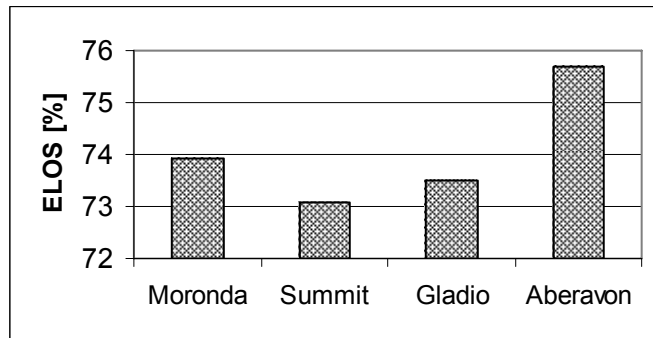


Abb. 5: Gehalt der enzymlöslichen organischen Substanz, Durchschnitt über den Versuchszeitraum

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Sorte Aberavon zeigt in der überwiegenden Zahl der Versuche und Schnitte im Vergleich zu diploiden Sorten der gleichen Reifegruppe deutlich höhere Gehalte an Wasserlöslichen Kohlenhydraten. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass der Zuckergehalt starken jahres- und tageszeitlichen Schwankungen unterliegt. Sonneneinstrahlung, Zeitpunkt der Probenahme, schnelle und schonende Analyse sind äußerst wichtig, um vergleichbare und aussagefähige Ergebnisse zu erzielen. Ertrags- und Resistenzmerkmale stellen nur einen Teil der relevanten Sorteneigenschaften bei Futterpflanzenarten dar. Tierproduktivität ist das eigentlich zu bewertende Merkmal. Jedoch ist die direkte Messung der Futterwert-Merkmale komplex und teuer. Die Futterwertmerkmale können nur in Fütterungsexperimenten am Tier geeicht werden. Wünschenswert wäre eine engere Zusammenarbeit von Tierernährern und Futterpflanzenzüchtern sowie eine stärkere Berücksichtigung des Futterwertes einer Sorte im offiziellen Prüfsystem. Da zukünftig mehr Futtergräserarten mit verbesserten Futterwerteigenschaften zu erwarten sind, sollte mit der Verfügbarkeit eines neuen Sortentypes Formeln zur Schätzung des Futterwertes und des Energiegehaltes von Frisch und Konservierungsfutter auf den Prüfstand gestellt und ggf. überarbeitet werden.

### Literatur

- DE BOEVER J.L., B.G. COTTYN, F.X. BUYSSE, F.W. WAINMAN AND J.M. VANACKER (1986): The use of a cellulase technique to predict the feeding value of compound foodstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* **14**, 203-214.
- GILLILAND T.J., P.D. BARRETT, R.E. AGNEW, A.M. FEARON AND F.E.A. WILSON (2003): Variation in herbage quality and grazing value traits in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* **59**, 11-19.
- HASERT G. UND F WESENBERG (2004): So optimieren Großbetriebe. *DLG-Mitteilungen* **10/04**; 18-21.
- MILLER L.A, D.H. BAKER, M.K. THEODOROU, J.C. MACRAE, M.O. HUMPHREYS AND N.D. SCOLLAN (2001): Efficiency of nitrogen use in dairy cows grazing ryegrasses with different water soluble carbohydrate concentrations in grassland ecosystems. In: *Grassland Ecosystems: An Outlook into the 21<sup>st</sup> Century*, Proceedings of the XIX International Grassland Congress (Eds J.A. Gomide and W.R.S. Mattos), Sao Paulo, Brazil.
- ROOKE J.A., LEE, N.H. AND ARMSTRONG, D.G. (1987): The effects of intraruminal infusions of urea, casein, glucose syrup and a mixture of casein and glucose syrup on nitrogen digestion in the rumen of cattle receiving grass-silage diets. *British Journal of Nutrition* **57**; 89-98.



# Veränderungen der Rohproteinfraktion A (NPN) verschiedener Futterpflanzen im Vegetationsverlauf

M. Gierus, A. Herrmann, S. Kruse, J. Kleen, F. Taube  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## Einleitung

In der Wiederkäuerernährung stellt die Proteinfraktionierung nach LICITRA et al. (1996) eine weit verbreitete chemisch-analytische Methode zur Bewertung der Proteinqualität dar, die darüber hinaus eine Abschätzung der im Dünndarm anflutenden Menge an UDP (unabbaubares Rohprotein) erlaubt. Die mit dieser Methode ermittelte A-Fraktion umfasst die Nicht-Protein-Stickstoff-Verbindungen (NPN) wie Nitrat, freie Aminosäuren etc., die nicht zur UDP-Bildung beitragen. Überhöhte Gehalte dieser Verbindungen bei unzureichend fermentierbarer organischer Masse im Pansen werden als ernährungsphysiologisch nachteilig betrachtet, da sie die N-Effizienz des Tieres mindern und in Form ausgeschiedenen Harnstoffs das N-Verlustpotential im Milchvieh/Futterbaubetrieb erhöhen. In der Pflanze hingegen erfüllen NPN-Verbindungen wichtige Funktionen im N-Metabolismus als Speicher- und Transportformen. Differenzen im N-Metabolismus von Futterpflanzen (fixierend vs. nicht-fixierend) und die Nutzung zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien lassen Unterschiede bezüglich des Anteils der A-Fraktion insbesondere im Vegetationsverlauf erwarten. Die systematische Bestimmung der Proteinfraktionen in Futterpflanzen im Verlauf der Vegetationsperiode ist eine Voraussetzung für die Ableitung von Futterproduktionsstrategien bzw. Weideverfahren mit gesteigerter Proteinqualität und Stickstoffnutzungseffizienz für hochleistende Tiere.

Ziel eines aktuellen Projektes ist es, die Veränderungen der Anteile der A-Fraktion im Zuwachsverlauf von Silomais (*Zea mays*), Weißklee (*Trifolium repens*), Rotklee (*Trifolium pratense*), Hornklee (*Lotus corniculatus*), Luzerne (*Medicago sativa*) und Kaukasischem Klee (*Trifolium ambiguum*) zu quantifizieren.

## Material und Methoden

Die Datenbasis für Silomais wurde in den Jahren 2001-2003 in einem Feldversuch (Blockanlage, zwei Wiederholungen) auf dem Versuchsgut Hohenschulen der CAU Kiel erhoben. Geprüft wurden acht Silomaisgenotypen, die hinsichtlich Reifegruppe (früh, mittelfrüh und mittelspät), Abreifeverhalten (stay green, normal und dry down) und zu erwartender Inhaltsstoffzusammensetzung das Sortenspektrum von Mais repräsentieren. Insgesamt 150 kg N/ha/Jahr wurden in drei Teilgaben vor dem 6/8-Blatt Stadium ausgebracht. An sechs Terminen innerhalb der Vegetationsperiode (ein Termin vor, fünf nach der Blüte) wurden jeweils zehn Pflanzen geerntet, nach Kolben und Restpflanzen fraktioniert, gehäckselt, gefriergetrocknet und anschließend auf 1 mm vermahlen. Die Gehalte an auswaschbarem N wurden mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) geschätzt. Werte zur Kalibration und Validation wurden durch Filtration nach GIERUS et al. (2005) ermittelt. Der N im Rückstand wurde bestimmt und NPN als Differenz zwischen Gesamt-N und N im Rückstand errechnet. Die Gehalte der Gesamtpflanze resultieren aus den Anteilen von Kolben und Restpflanze und ihren entsprechenden Gehalten. Die Gehalte wurden varianzanalytisch mit der Prozedur „mixed model“ des Programmpakets SAS 8.2 verrechnet. Die paarweisen Mittelwertvergleiche wurden mit t-test und anschließender Bonferroni-Hom Korrektur vorgenommen.

Die Datenbasis der Leguminosen Weißklee, Rotklee, Hornklee Luzerne und Kaukasusklee [*Trifolium ambiguum*] wurde anhand eines einjährigen Feldversuchs im Jahr 2003 auf dem Versuchsgut Lindhof der CAU Kiel erhoben. Da die Leguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras angebaut wurden, erfolgte zunächst eine Fraktionierung der Proben (5 cm Schnitthöhe) in Leguminose, Gras und Kräuter. Die Proben wurden bei 60°C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und an-

schließlich auf 1 mm vermahlen. Die Fraktion A der Leguminosen wurde mit einer 10%igen Wolframatlösung nach LICITRA et al. (1996) bestimmt und NPN als Differenz vom Gesamt-N der Probe und N im Rückstand errechnet. Das Versuchsdesign war eine Blockanlage mit 3 Wiederholungen. Bei signifikantem F-Wert ( $P < 0.05$ ) wurden die Mittelwerte anhand eines Student t-Tests gegen Weißklee geprüft und nach Bonferro-Holm Test korrigiert.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich des Verlaufs der Gehalte an Fraktion A in der Vegetationsperiode von Mais und den untersuchten Leguminosenarten spiegelt den unterschiedlichen N-Metabolismus von fixierenden und nicht-fixierenden Futterpflanzen wider. Mais nimmt einen Großteil des Stickstoffs bereits vor der Blüte auf. Nach der Blüte ist der N-Haushalt geprägt durch eine reduzierte N-Aufnahme sowie durch die Re-Allokation von N aus den vegetativen Pflanzenteilen in das sich entwickelnde Maiskorn. Aufgrund des schnellen Transfers der NPN-Verbindungen in das Korn, der hohen Enzymaktivität (HIREL et al., 2005 a, b) und der intensiven Stärkeeinlagerung in den Kolben ist im Vegetationsverlauf von Mais keine Akkumulation der Fraktion A zu beobachten, sondern die Gehalte der Gesamtpflanze weisen eine kontinuierliche Abnahme von 31-36% vor der Blüte auf Werte von 16-21% am letzten Erntetermin auf (Abb. 2). Die Gehalte im Kolben sinken von 52% des Gesamt-N auf 20% in den mittelspäten Sorten, von 48 bis 13% in den mittelfrühen und von 40 bis 14% in den frühen Sorten (Abb.1). Die Verläufe der Gehalte in den Restpflanzen variieren zwischen 17 und 36% und zeigen keine signifikanten Sortenunterschiede zwischen einzelnen Sorten im Bereich der Siloreife (Termin 5-6). Im Gegensatz zu Silomais ist bei den Futterleguminosenarten eine Zunahme der Gehalte an Fraktion A im Vegetationsverlauf zu verzeichnen. Dieser Effekt ist begründet durch den unterschiedlichen N-Metabolismus, d.h. der N-Fixierung, die stark durch Umweltbedingungen wie Temperatur und Bodenfeuchte beeinflusst wird. Darüber hinaus findet ebenfalls eine N-Remobilisierung aus den vegetativen Pflanzenteilen in die sich entwickelnden Samen statt. Von der Weidereife (Termin 2, vegetativ) bis zur Siloreife (Termin 4, vegetativ/Beginn Blüte) wiesen die Gehalte an Fraktion A eine deutliche Zunahme auf und zeigten bis zur Heurereife (Termin 6, Blüte/Ende Blüte) nur noch eine geringe Veränderung. Zu ähnlichen Ergebnissen bei Weißklee kamen AYRES et al. (1998), die einen Anteil der Fraktion A von 11.8 bis 28.5% anhand der Nylonsäckchenmethode fanden. Zur Siloreife weist Silomais (Termin 5/6) also einen etwas höheren Anteil an Fraktion A auf als Rotklee und Hornklee, aber einen deutlich geringeren Anteil als Weißklee, Luzerne und Kaukasischer Klee.

Tabelle 1: Ergebnisse der Varianzanalyse: Einfluss von Jahr, Reifegruppe, Sorte innerhalb Reifegruppe und Erntetermin auf die A-Fraktion in Silomaisgenotypen

Effect	Num DF			F Value			Pr>F		
	Gesamt	Rest	Kolben	Gesamt	Rest	Kolben	Gesamt	Rest	Kolben
jahr	2	2	2	95.91	227.70	48.23	<.0001	<.0001	<.0001
reife	2	2	2	30.38	2.04	140.46	<.0001	0.1380	<.0001
sorte(reife)	5	5	5	5.68	1.79	15.02	0.0003	0.1265	<.0001
termin	5	5	4	267.08	179.82	754.51	<.0001	<.0001	<.0001
block	1	1	1	2.03	5.69	3.59	0.1597	0.0204	0.0656
reife*termin	10	10	8	1.31	3.80	7.11	0.2468	0.0006	<.0001
sorte(reife)*termin	25	25	20	1.15	1.06	2.05	0.3239	0.4137	0.0164
jahr*reife	4	4	4	2.21	1.00	2.98	0.0795	0.4172	0.0306
jahr*sorte(reife)	10	10	10	1.81	1.28	0.87	0.0801	0.2661	0.5680
jahr*termin	10	10	8	31.75	27.63	10.92	<.0001	<.0001	<.0001

Die varianzanalytische Verrechnung der A-Fraktion für Silomais weist eine signifikante Interaktion von 'Sorte innerhalb der Reifegruppe x Termin' lediglich für den Kolben aus

(Tab. 1). Statistisch absicherbare Sortenunterschiede traten an Ernteterminen 2 bis 4 innerhalb der mittelfrühen Reifegruppe und an Termin 2 in der frühen und mittelspäten auf. Innerhalb der mittelfrühen Reifegruppe zeigte sich die größte Differenzierung zwischen den Sorten. Vor allem die mittelfrühe Sorte Attribut weist einen der mittelspäten Sorten Clarica und Benicia ähnlichen Gehalt auf und unterscheidet sich signifikant von den anderen Sorten ihrer Reifegruppe (Abb. 1). Neben den signifikant höheren Gehalten der Sorte Clarica sind keine weiteren Sortenunterschiede zur Siloreife in der Gesamtpflanze abzusichern (Abb. 2).

Tabelle 2: Ergebnis der Varianzanalyse: Einfluss von Termin und Art auf die A-Fraktion in Futterleguminosen.

Effect	Num DF	F Value	Pr>F
block	2	0.02	0.0970
termin	5	46.20	<.0001
art	4	40.51	<.0001
termin*art	20	4.63	0.0015

Die varianzanalytische Verrechnung der Gehalte an Fraktion A der Futterleguminosenarten belegt eine signifikante Interaktion Termin x Art (Tab. 2). Statistisch absicherbare Unterschiede ergaben sich für den Vergleich Hornklee – Weißklee ab dem 3. Termin (Abb. 2). Für Rotklee hingegen konnte ab Termin 4 ein geringerer Gehalt an Fraktion A abgesichert werden. Die geringeren Gehalte bei Rotklee sind vermutlich auf die Aktivität von Polyphenoloxidase und bei Hornklee auf den Gehalt an kondensierten Tanninen zurückzuführen. Polyphenoloxidase katalysiert die Bildung von Quinonen, die Komplexe mit Proteinen eingehen und somit den exzessiven Proteinabbau im Pansen verhindern können (JONES et al., 1995). Auch für Tannine ist eine Komplexbildung mit Proteinen nachgewiesen (FRASER et al., 2000).

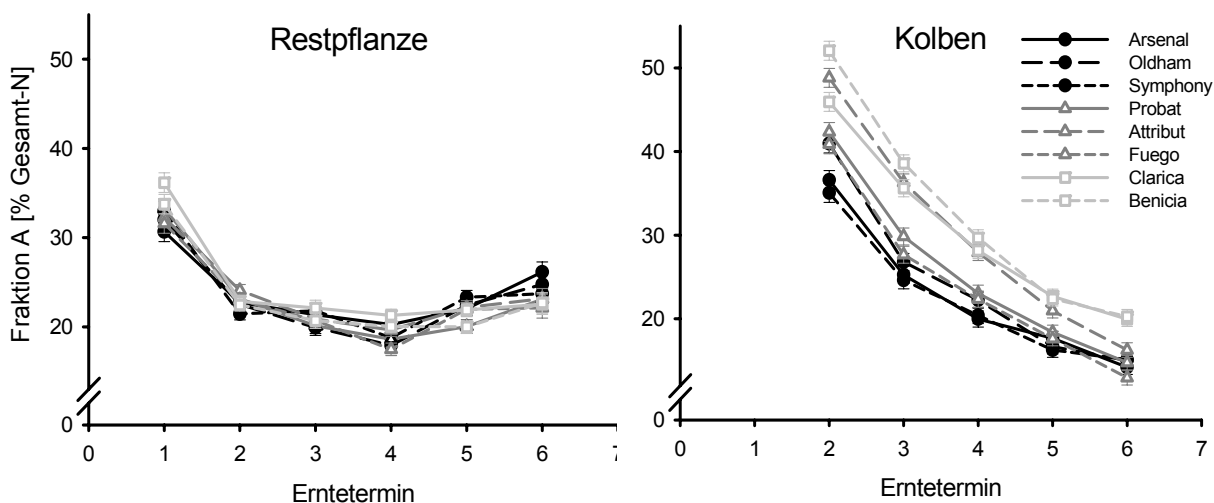


Abb. 1: Fraktion A in % des Gesamt-N in Restpflanze und Kolben ausgesuchter Silomaisorten.

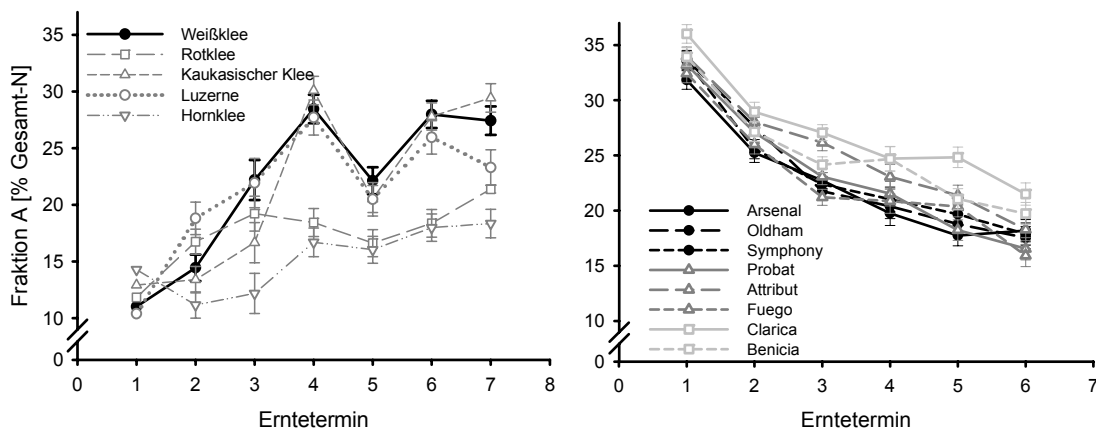


Abb. 2: Fraktion A in % des Gesamt-N bei ausgesuchten Futterleguminosen und in der Gesamtpflanze unterschiedlicher Silomaisorten.

### Schlussfolgerung

Die Gehalte an Fraktion A spielen eine große Rolle für die N-Ausnutzung durch den Wiederkäuer. Ein Vergleich von Silomais und Futterleguminosenarten zeigte aufgrund des unterschiedlichen N-Metabolismus einen abweichenden Verlauf in der Vegetationsperiode. Zur Siloreife ist eine deutliche Differenzierung zwischen den Pflanzenarten gegeben. Während die Fraktion A bei Silomais ca. 20% des Rohproteingehaltes ausmacht, weisen Luzerne, Weißklee und Kaukasischer Klee deutlich höhere Werte auf. Der Gehalt an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen bei Hornklee und Rotklee führt zu einer günstigeren Beurteilung.

### Literatur

- AYRES, J.F., NANDRA, K.S., TURNER, A.D., 1998. A study of the nutritive value of white clover (*Trifolium repens* L.) in relation to different stages of phenological phase in spring. *Grass and Forage Sci.* 53:250-259.
- FRASER, M.D., FYCHAN, R., JONES, R., 2000. Voluntary intake, digestibility and nitrogen utilization by sheep fed ensiled forage legumes. *Grass and Forage Sci.* 55:271-279.
- GIERUS, M., DE JONGE, L. MEIJER, G.A.L., 2005. Physico-chemical characteristics and degradation rate of soluble protein obtained from the washout fraction of feeds. *Lives. Prod. Sci.* (in press).
- HIREL, B., MARTIN, A., TERCÉ-LAFORGUE, T., GONZALEZ-MORO, M.-B., ESTAVILLO, J.-M., 2005. Physiology of maize. I: A comprehensive and integrated view of nitrogen metabolism in a C4 plant. *Physiol. Plant.* 124, 167-177.
- HIREL, B., ANDRIEU, B., VALADIER, M.-H., RENARD, S., QUILLERE, I., CHELLE, M., POMMEL, B., FOURNIER, C., DROUIER, J.-L., 2005. Physiology of maize. II: Identification of physiological markers representative of the nitrogen status of maize (*Zea mays*) leaves during grain filling. *Physiol. Plant.* 124, 178-188.
- JONES, B.A., MUCK, R.E., HATFIELD, R.D., 1995. Red clover extracts inhibit legume proteolysis. *J. Sci Food Agric.* 67:329-333.
- LICITRA, G., HERNANDEZ, T. M., VAN SOEST, P. J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 57: 347-358.

# Abbaubarkeit des Rohproteins von Futterleguminosen und Silomais

M. Gierus, A. Herrmann, F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

## Einleitung

Bei Futterleguminosen steht neben dem energetischen Futterwert insbesondere die Versorgung mit hochwertigem Protein im Vordergrund. Aufgrund des geringeren Proteingehaltes spielt bei Silomais die Energieversorgung in der Wiederkäuerernährung eine übergeordnete Rolle, während der Beitrag zur Proteinversorgung eher gering eingestuft wird. Da Milchkühe, je nach Rationsgestaltung, jedoch große Mengen an Maissilage aufnehmen können, sollte im Hinblick auf eine effiziente N-Verwertung der Charakterisierung der Proteinqualität von Silomais eine größere Bedeutung zugemessen werden. Eine hohe Proteinqualität liegt bei einem Anteil von ca. 30% an im Pansen unabgebautem Rohprotein (UDP) vor. Der Anteil an UDP ist von der Geschwindigkeit des Abbaus und von der Passagerate abhängig. Ein rascher Proteinabbau im Pansen führt in Abhängigkeit der Menge an fermentierbaren Kohlenhydraten zu hohen N-Verlusten. Für Futterleguminosen ist ein hoher Proteinabbau zu erwarten, der allerdings zwischen Leguminosenarten stark variieren kann. Zum Proteinabbau von Silomais liegen bislang nur sehr wenige Untersuchungen vor.

Zur Schätzung der UDP-Fraktion des Rohproteins hat sich weltweit die Nylonsäckchenmethode (in situ Methode) in den unterschiedlichen Proteinbewertungssystemen durchgesetzt, zumal auch die meisten Systeme die Einschätzung eines Futtermittels aufgrund seiner Anteile an abbaubarem und unabbaubarem Rohprotein als unabdingbar erkannt haben. Alternativ zur in situ Methode stehen in vitro Methoden zur Schätzung der Proteinabbaubarkeit zur Verfügung. In vitro Methoden haben den Vorteil, dass zeitgleich viele Proben unter kontrollierten Bedingungen analysiert werden können. Eine dieser Methoden ist die in vitro Inhibitoren Methode, die bereits Ende der achtziger Jahre entwickelt wurde (BRODERICK, 1987). Die Methode beruht auf dem Prinzip, dass ein stickstoffarmes Inkubationsmedium mit Pansensaft und Pufferlösung durch einen Vorgärungsprozess mit Kohlenhydratüberschuss erzeugt wird. Nach der Zugabe der Futtermittelprobe ist der Proteinstickstoff in Abhängigkeit der Abbaubarkeit des Futtermittels eine nun essentielle Quelle für die Pansenmikroben.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Proteinqualität von Weißklee (*Trifolium repens*), Rotklee (*Trifolium pratense*), Kaukasischem Klee (*Trifolium ambiguum*), Luzerne (*Medicago sativa*), Hornklee (*Lotus corniculatus*), Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*), sowie Silomais (*Zea mays*) anhand der Abbaurate des Rohproteins mittels einer veränderten in vitro Methode (BRODERICK, 1987) zu quantifizieren.

## Material und Methoden

Die Datenbasis der Leguminosenarten Weißklee, Rotklee, Kaukasischem Klee, Luzerne, Hornklee wurde in einem einjährigen Feldversuch im Jahr 2003 auf dem Versuchsgut Lindhof der CAU Kiel erhoben, wo die Leguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras angebaut wurden, sowie Deutsches Weidelgras in Reinsaat. Die reinen Deutsch' Weidelgras-Parzellen wurden mit insgesamt 200 kg N/ha/Jahr (80/40/80) in Form von Rindergülle gedüngt. Die Probenahme erfolgte im Primäraufwuchs, wobei die Leguminosenarten sich im vegetativen Stadium und die Gräser überwiegend im Stadium des Ährenschiebens befanden. Nach der Beprobung (5 cm Schnitthöhe) erfolgt zunächst eine Fraktionierung in Leguminose, Gras und Kräuter. Die Proben wurden bei 60°C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und anschließend auf 1 mm vermahlen. Für Deutsches Weidelgras wurden 2 Varianten in die Untersuchung einbezogen, sowohl die Reinsaatvariante als auch das aus der Fraktionierung des Rotklee-grasbestandes stammende Deutsche Weidelgras.

Die Datenbasis für Silomais wurde in den Jahren 2001 und 2002 in einem Feldversuch (Blockanlage, zwei Wiederholungen) auf dem Versuchsgut Hohenschulen der CAU Kiel im Rahmen des Projektes „Regionale Erntezeitprognose Silomais“ (HERRMANN et al., 2005) erhoben. Von den im Projekt geprüften acht Silomaissorten wurden die frühe Sorte ‚Oldham‘ (S220/ca. K230) und die mittelfrühe Sorte ‚Fuego‘ (S250/K220) für die Analyse der Proteinabbaubarkeit ausgewählt. Während beide Sorten ein ähnliches Abreifeverhalten im Kolben aufweisen, zeichnet sich ‚Fuego‘ durch eine langsame Restpflanzenabreife („stay-green“) aus, die einen Effekt auf die Proteinabbaubarkeit ausüben könnte. Insgesamt 150 kg N/ha/Jahr wurden in drei Teilgaben vor dem 6/8-Blatt Stadium ausgebracht. Der Silomais wurde zum Zeitpunkt der Siloreife beerntet. Allerdings war die Abreife im Jahr 2002 witterungsbedingt etwas weiter fortgeschritten als im Jahr 2001, wie Trockenmassegehalte von 29,05% und 29,12% für ‚Oldham‘ bzw. ‚Fuego‘ im Jahr 2001 und 32,5%/34,1% im Jahr 2002 erkennen lassen. Zur Siloreife wurden jeweils zehn Pflanzen geerntet, gehäckselt, bei 65 °C getrocknet und anschließend auf 1mm vermahlen.

Für die Bestimmung der Proteinabbaubarkeit wurde die in vitro Methode von BRODERICK (1987) verwendet. Veränderungen der Methode sind bei GIERUS et al. (2005) beschrieben. Pansensaft stammte aus zwei fistulierten Ochsen und wurde für die Analyse vor der Morgenfütterung entnommen. Die Ochsen wurden zweimal täglich mit Grassilage und Krafffutter im Erhaltungsbedarf gefüttert. Im Labor wurde der Pansensaft zu der vorgewärmten (39°C) McDougalls-Pufferlösung in gleichen Mengen zugegeben und mit CO<sub>2</sub> begast. Nach Zugabe von 7,0 g/l Maltose, 3,5 g/l Stärke, 3,5 g/l Xylose und 3,5 g/l Pektin verblieb das Inokulum 3 Stunden in der Vorgärungsphase im Inkubationsschrank. Stündlich wurde der pH-Wert kontrolliert. Falls der pH-Wert unterhalb von 6,4 fiel, wurde dieser mit einer 3 N NaOH adjustiert. Die Futtermittelproben wurden 1 Stunde vor Beginn der Inkubation mit McDougalls-Lösung versetzt und im Wasserbad bei 39°C aufgewärmt. Zwanzig Minuten vor Beginn der Probeentnahme wurden die Inhibitoren zum Inkubationsmedium gegeben (Hydraziniumsulphat, Chloramphenicol und Mercaptoethanol). Die Futtermittelproben wurden in vorgewärmte 250-ml Flaschen eingewogen, wobei für jede Probe zwei Wiederholungen durchgeführt wurden. Als Kontrolle wurde Kasein und Albumin eingesetzt. Zu definierten Zeitpunkten (0 h und 4 h) wurde 10 ml Probenlösung entnommen, in vorgekühlte Zentrifugenröhrchen pipetiert, und das nicht abgebaute Protein mit einer vorgekühlten 65%-igen Trichloressigsäurelösung (TCA) ausgefällt. Nach Zentrifugation bei 3000xg wurde das Gesamt-N im Überstand bestimmt. Die Berechnung der Abbauraten erfolgte mit nachstehender Gleichung:  $[Kd (/h) = (\ln B_4 - \ln B_0)/4]$ ; wobei B<sub>0</sub> und B<sub>4</sub> die Gehalte an ausfällbarem Protein nach 0 oder 4 Stunden entsprechen. Die Daten wurden varianzanalytisch verrechnet und die Mittelwerte anhand des Tukey-Tests bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $P < 0,05$  geprüft.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchung zur Proteinabbaubarkeit sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Der N-Gehalt der untersuchten Futterpflanzenarten zeigte erwartungsgemäß eine große Differenzierung mit Werten zwischen 1,08% (Silomais ‚Fuego‘) und 3,86% (Weißklee). Bemerkenswert ist der höhere N-Gehalt von Deutschem Weidelgras, welches im Gemenge mit Rotklee angebaut wurde im Vergleich zum Gras aus Reinsaat. Die Unterschiede waren allerdings nicht statistisch absicherbar. Der Gehalt an durch TCA ausfällbarem, d.h. intaktem Protein, zeigte ebenfalls eine große Variation mit Werten zwischen 70,1% für die Silomaissorte ‚Oldham‘ und 91,5% für Deutsches Weidelgras aus Gemenge mit Rotklee. Letzterer Wert unterschied sich signifikant von Weißklee, Kaukasischer Klee, Luzerne und beiden Silomaissorten.

Anzumerken ist, dass die Proteinabbauraten aller Proben mit der mittleren Abbauraten des Albumins korrigiert wurden, um Abweichungen in der Pansensaftqualität auszugleichen. Die mittleren Abbauraten von Kasein und Albumin lagen bei 40,5%/h und

6,4%/h, was recht gut mit den Ergebnissen von GIERUS et al. (2005) übereinstimmt, die eine mittlere Abbaurate für Kasein und Albumin von 41,5%/h und 6,4%/h feststellten. Nach einer Inkubationszeit von 4 Stunden wurde eine mittlere Proteinabbaurate der Futterpflanzen von 1,9 bis 13,4%/h ermittelt. Obwohl sich die Leguminosenarten durch einen im Vergleich zu Deutschem Weidelgras und Silomais deutlich höheren Proteingehalt auszeichneten, resultierte dies nicht zwangsläufig in einer gesteigerten Proteinabbaurate. Im Gegenteil wies Deutsches Weidelgras in Reinsaat signifikant höhere Abbauraten als alle untersuchten Leguminosenarten auf, mit Ausnahme der Luzerne. Für Deutsches Weidelgras aus Rotkleeergrasgemenge konnten signifikante Unterschiede zu Weißklee und Hornklee abgesichert werden. Ebenfalls zeigte die Silomaisorte ‚Fuego‘ eine höhere Abbaurate als Hornklee, während ‚Oldham‘ einen geringeren Proteinabbau als Luzerne aufwies.

Die Anteile an UDP wurden für angenommene Passageraten von 4 und 8%/h und den ermittelten Abbauraten berechnet. Sowohl für die UDP-4 als auch die UDP-8 Variante zeichnete sich Hornklee durch die signifikant höchsten UDP-Anteile aus. Die niedrigsten Werte wurden für Deutsch Weidelgras Reinsaat und Luzerne gefunden, die sich aufgrund der großen Streuung der Einzelwerte jedoch nur in einigen Mittelwertvergleichen statistisch absichern ließen.

Tabelle 1: Stickstoffgehalt und Abbaubarkeiten verschiedener Futterleguminosenarten, Deutsch Weidelgras in Reinsaat und als Begleitgras und Silomais.

	N, % TS	Intaktes Protein*, % inkub. N	Abbau, %/h	UDP-4, %	UDP-8, %
WK	3,86 <sup>a</sup>	81,6 <sup>b</sup>	4,2 <sup>de</sup>	41,5 <sup>b</sup>	54,5 <sup>b</sup>
RK	3,50 <sup>a</sup>	83,6 <sup>ab</sup>	5,7 <sup>cde</sup>	36,0 <sup>b</sup>	49,9 <sup>b</sup>
KU	3,56 <sup>a</sup>	81,4 <sup>bc</sup>	5,5 <sup>cde</sup>	34,5 <sup>bc</sup>	48,4 <sup>bc</sup>
LU	3,66 <sup>a</sup>	79,6 <sup>bc</sup>	11,6 <sup>ab</sup>	21,1 <sup>c</sup>	33,2 <sup>d</sup>
HO	3,72 <sup>a</sup>	86,2 <sup>ab</sup>	1,9 <sup>e</sup>	59,9 <sup>a</sup>	70,1 <sup>a</sup>
DW+	1,55 <sup>bc</sup>	87,0 <sup>ab</sup>	13,4 <sup>a</sup>	21,0 <sup>c</sup>	33,5 <sup>d</sup>
RK-G	1,91 <sup>b</sup>	91,5 <sup>a</sup>	9,0 <sup>abc</sup>	28,9 <sup>bc</sup>	43,6 <sup>bcd</sup>
Oldham	1,23 <sup>cd</sup>	70,1 <sup>d</sup>	5,6 <sup>cde</sup>	33,0 <sup>bc</sup>	43,3 <sup>bcd</sup>
Fuego	1,08 <sup>d</sup>	72,8 <sup>cd</sup>	7,4 <sup>bcd</sup>	28,7 <sup>bc</sup>	40,2 <sup>cd</sup>
SE	0,2	6,2	3,8	9,6	10,9

\* entspricht Fraktion B der Nylonsäckchenmethode

[WK: Weißklee; RK: Rotklee; KU: Kaukasischer Klee; LU: Luzerne; HO: Hornklee; DW+: Deutsch Weidelgras Reinsaat; RK-G: Deutsch Weidelgras aus Rotkleeergrasgemenge; Silomaisorten ‚Oldham‘ und ‚Fuego‘; SE: Standardfehler]

## Diskussion

In vitro Methoden zur Bestimmung des Proteinabbaus werden alternativ zur traditionellen Nylonsäckchenmethode aufgrund eines größeren Probenumsatzes zunehmend bevorzugt. Die in vitro Methode von BRODERICK (1987) stellt sowohl eine Alternative zur Schätzung des Proteinabbaus als auch des UDP-Gehaltes dar. Im Vergleich zur Nylonsäckchenmethode liegen die Abbauraten in der vorliegenden Untersuchung in einem ähnlichen Bereich. So stimmen die für WK, KU und LU gefundenen Abbauraten von 6,2%/h, 3,9%/h und 10,6%/h mit den Ergebnissen von AYRES et al. (1998), SEGUIN und MUSTAFA (2003), bzw. YU et al. (2004) überein. Für Rotklee und Hornklee liegen die ermittelten Abbaurate allerdings unterhalb der in der Literatur gefundenen Werte. Für Rotklee wurden beispielsweise Abbauraten von 6,6 – 11,4%/h bestimmt (COBLENTZ et al., 1998; 1999). Die in dieser Untersuchung für Hornklee gefundenen, geringen Abbauraten können auf den Tanningehalt dieser Leguminosenart zurückgeführt werden. Wie aus der Literatur bekannt, weisen tanninhaltige Pflanzenarten eine Reduktion der Proteinabbaubarkeit auf (RIOUX et al., 1995).

Für Futtergräser werden, in Abhängigkeit der N-Düngungsintensität und des Nutzungstermins, Abbauraten von 6,9 – 13,3%/h berichtet (VALK et al., 1996). Zu Silomais liegen

nur spärliche Informationen über den Proteinabbau vor, da Silomais in der Wiederkäuerernährung nicht als Proteinträger fungiert. Der Vergleich der beiden Sorten ließ zwar eine tendenziell höhere Proteinabbaubarkeit der stay-green Sorte ‚Fuego‘ im Vergleich zur normal abreifenden Sorte ‚Oldham‘ erkennen, der Unterschied war allerdings statistisch nicht abzuschließen.

### **Schlussfolgerung**

Die in dieser Studie angewandte in vitro Methode zeichnet sich durch ein großes Potential zur Schätzung der Abbauraten und des UDP-Gehaltes von Futterpflanzen aus.

### **Literatur**

- AYRES, J.F., NANDRA, K.S., TURNER, A.D., 1998. A study of the nutritive value of white clover (*Trifolium repens* L.) in relation to different stages of phenological phase in spring. *Grass and Forage Sci.* 53:250-259
- BRODERICK, G.A., 1987. Determination of protein determination rates using a rumen in vitro system containing inhibitors of microbial nitrogen metabolism. *Br. J. Nutr.* 58, 463-475.
- COBLENTZ, W.K., ABDELGADIR, I.E.O., COCHRAN, R.C., FRITZ, J.O., FICK, W.H., OLSON, K.C., TURNER, J.E., 1999. Degradability of forage proteins by in situ and in vitro enzymatic methods. *J. Dairy Sci.* 82, 343-354.
- COBLENTZ, W.K., FRITZ, J.O., FICK, W.H., COCHRAN, R.C., SHIRLEY, J.E., 1998. In situ dry matter, nitrogen, and fiber degradation of alfalfa, red clover, and eastern gamagrass at four maturities. *J. Dairy Sci.* 81, 150-161.
- GIERUS, M., DE JONGE, L. MEIJER, G.A.L., 2005. Physico-chemical characteristics and degradation rate of soluble protein obtained from the washout fraction of feeds. *Lives. Prod. Sci.* (im Druck).
- HERRMANN, A., KORNER, A., HÖPPNER, F., GREEF, J.M., RATH, J., TAUBE, F. 2005. Erntezeitprognose von Silomais – Validierung und Umsetzung in die Praxis. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* (dieser Tagungsband).
- RIoux, R., SANTOS, G.T. DOS, PETIT, H.V., PROULX, J.G., 1995. Effect of cultivars on in vitro and ruminal degradation of the nitrogen fraction in birdsfoot trefoil silage.
- SEGUIN, P., MUSTAFA, A.F., 2003. Chemical composition and ruminal nutrient degradabilities of fresh and ensiled Kura clover (*Trifolium ambiguum* M.B.). *Can J. Anim. Sci.* 83, 577-582.
- VALK, H., KAPPERS, I.E., TAMMINGA, S., 1996. In sacco degradation characteristics of organic matter, neutral detergent fibre and crude protein of fresh grass fertilized with different amounts of nitrogen. *Anim. Feed Sci. Techn.* 63, 63-87.
- YU, P., CHRISTENSEN, D.A., MCKINNON, J.J., 2004. In situ rumen degradation kinetics of timothy and alfalfa as affected by cultivar and stage of maturity. *Can J. Anim. Sci.* 84, 255-263.



# Erntezeitprognose von Silomais – Validierung und Umsetzung in die Praxis

A. Herrmann<sup>1</sup>, A. Kornher<sup>1</sup>, F. Höppner<sup>2</sup>, J. M. Greef<sup>2</sup>, J. Rath<sup>3</sup>, F. Taube<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau,  
Christian-Albrechts Universität zu Kiel

<sup>2</sup>Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig

<sup>3</sup>Deutsches Maiskomitee e.V., Bonn

## Einleitung und Problemstellung

Sowohl die Sortenwahl als die Terminierung des Erntezeitpunktes von Silomais sollten mit dem Ziel getroffen werden, die höchstmögliche Futterqualität zu erreichen. In der landwirtschaftlichen Praxis sind jedoch oft verfrühte Erntetermine zu beobachten, die zu Problemen im Hinblick auf eine verstärkte Sickersaftbildung führen. Daneben wurden in den letzten Jahren auch zunehmend verspätete Erntetermine mit Trockenmassegehalten über 35 % festgestellt, was in Nachgärungen resultieren kann. In beiden Fällen, d.h. einer zu frühen bzw. zu späten Ernte, wird das genetische Leistungspotential einer Sorte nicht optimal ausgenutzt mit entsprechenden negativen ökonomischen Auswirkungen. Ursachen für eine unsichere Abreifeeinschätzung liegen u.a. in der Einführung weiterentwickelter Sorten (stay-green), die eine weitgehend entkoppelte Abreife von Kolben und Restpflanze aufweisen.

Die in Frankreich und den USA zur Erntezeitprognose eingesetzten Temperatursummenmodelle scheinen zufrieden stellende Ergebnisse zu liefern, die Übertragbarkeit auf deutsche Klima- und Bodenverhältnisse bleibt jedoch kritisch zu prüfen. Ziel eines in Kooperation mit der FAL Braunschweig und dem Deutschen Maiskomitee durchgeführten Projektes ist es daher, ein bundeseinheitliches, praxisgerechtes Prognosesystem zur regionalen Vorhersage der Silomaisabreife zu entwickeln. Die Eignung von 3 Modellen wird untersucht: (i) das Temperatursummenmodell nach AGPM mit einer Basistemperatur von 6 °C (GDD-6), (ii) ein modifiziertes Temperatursummenmodell nach DMK unter Verwendung einer Basistemperatur von 8 °C (GDD-8) und (iii) das mechanistische, ursprünglich für Grünland entwickelte Modell FOPROQ (KORNHER *et al.*, 1991), welches neben der Temperatur weitere Erklärungsgrößen berücksichtigt und zum Modell MAIS<sub>PROG</sub> weiterentwickelt wurde. Ergebnisse zur Validierung der Modelle und die Umsetzung des Modells MAIS<sub>PROG</sub> in die Praxis werden vorgestellt.

## Material und Methoden

### Datenbasis

Die Datenerhebung für die Modellkalibrierung erfolgte während 4 Versuchsjahren (2000-2003) an über 20 repräsentativen Standorten bundesweit, was eine möglichst große Bandbreite verschiedener Umwelten im Hinblick auf die Bodeneigenschaften und die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse gewährleistete. Daten für eine Modellvalidierung werden im Jahr 2004 und 2005 erhoben. Eine Voraussetzung für die Entwicklung eines bundeseinheitlichen Prognosemodells war weiterhin die hinreichende Erfassung der genotypisch bedingten Variation des Abreifeverhaltens im Maissortenspektrum. Hierzu wurde ein Prüfsortiment von 8 Genotypen ausgewählt, welches das Sortenspektrum hinsichtlich der Reifegruppe und des Abreifeverhaltens (schnelle bzw. langsame Restpflanzenabreife) sowie der zu erwartenden Inhaltsstoffzusammensetzung repräsentiert. Für die Validierung wurde das Abreifeverhalten von 6 Genotypen an insgesamt 10 Standorten geprüft, s. Tab. 1. Zur Vorgehensweise bei der Datenerhebung siehe HERRMANN *et al.* (2004).

Tabelle 1: Prüfsortiment der Validation.

Sorte	Siloreifezahl	Kornreifezahl	Abreifetyp
Arsenal	210	210	normal
Justina	210	-	normal
Oldham	220	-	normal
Probat	230	240	normal
LG3226	240	240	normal
Benicia	280	250	stay green

#### Modellbeschreibung

FOMAQ (Forage Maize Quality) ist eines der wenigen Modelle, welches eine umfassende Simulation von Ertrag und Futterqualitätsparametern erlaubt. Das Modell besteht aus zwei dynamisch interagierenden Teilmodellen für Biomasseproduktion und Qualitätsentwicklung, die durch Bestandes- und Bodencharakteristika sowie Umweltbedingungen gesteuert werden (HERRMANN *et al.*, 2005). Für die Temperatursummenmodelle wurde eine 3-parametrische exponentielle bzw. lineare Funktion zur Quantifizierung der Beziehung zwischen GDD-Einheiten und dem TM-Gehalt der Gesamtpflanze ab Aussaat bzw. ab Blüte verwendet. Ein Polynom zweiten Grades erlaubte die Beschreibung des Zusammenhangs zwischen GDD-Einheiten und dem TM-Gehalt des Kolbens. Die Güte der Modellanpassungen wurde über das Bestimmtheitsmaß und den Root Mean Square Error (RMSE) abgeschätzt.

#### Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Modellvalidierung bestätigen die prinzipielle Eignung der untersuchten Modelle. So weisen alle drei untersuchten Modelle für den TM-Gehalt der Gesamtpflanze einen absoluten Prognosefehler von lediglich ca. 2 % auf (Tab. 1). Die geringen Unterschiede in der Güte der Modellanpassung zwischen den Modellen beruhen wahrscheinlich darauf, dass im Versuchsjahr 2004 an keinem der Standorte ein stärkerer Wassermangel zu verzeichnen war. Nichtsdestotrotz konnte der Prognosefehler für die Berechnung des TM-Gehaltes ab Aussaat mit dem Modell MAIS<sub>PROG</sub> vermindert werden. Ist die Entwicklung der Pflanze jedoch durch Trockenstress beeinflusst, kann der Prognosefehler durch die Einbeziehung der Einstrahlung und vor allem des Bodenwasserhaushaltes im Modell MAIS<sub>PROG</sub> um bis zu 71% gegenüber den Temperatursummenmodellen reduziert werden (HERRMANN *et al.*, 2004). Übereinstimmend zur Modellkalibrierung, zeichnete sich das GDD-8 Modell im Vergleich zum GDD-6 Modell durch eine höhere Prognosegenauigkeit aus.

Bei Berechnung ab weiblicher Blüte zeigt sich die Überlegenheit von MAIS<sub>PROG</sub> nur bei den mittelfrühen bzw. mittelspäten Sorten Probat/LG3226 und Benicia. Während für das GDD-6 Modell der Prognosefehler bei Berechnung ab Blüte im Vergleich zur Berechnung ab Aussaat reduziert ist, weisen die 8 °C-Variante und das Modell MAIS<sub>PROG</sub> einen tendenziell höheren Fehler auf. Diese Effekte sind vermutlich auf die niedrigen Temperaturen in der Jugendentwicklung der Maisbestände zurückzuführen.

Für den TM-Gehalt des Kolbens ist ein absoluter Prognosefehler von 2.5 bis 3 % zu verzeichnen. In Übereinstimmung zur Modellkalibrierung kann durch das Modell MAIS<sub>PROG</sub> ebenfalls eine Fehlerreduktion gegenüber der Temperatursumme erreicht werden. Eine Ausnahme bildet lediglich die Sorte Arsenal/Justina. Der Vergleich der GDD-Modelle zeigt in der Validierung eine höhere Prognosegenauigkeit der 8° Variante, während in der Kalibrierung das GDD-6 Modell eine bessere Modellanpassung aufwies. Die Witterungsverhältnisse in der Vegetationsperiode, insbesondere die Temperatur, scheinen folglich einen großen Einfluss auf die Vorzüglichkeit der verwendeten Basistemperatur auszuüben.

Das Jahr 2004 wurde als Testphase für die Einführung des Modells MAIS<sub>PROG</sub>, welches sich durch die beste Prognosegüte auszeichnete, in die landwirtschaftliche Praxis ge-

nutzt. Die Zugangsmöglichkeit erfolgte zunächst nur für einen ausgewählten Benutzerkreis. Abbildung 1 stellt die technische Umsetzung der Erntezeitprognose dar.

Tabelle 3: Ergebnisse der Validierung (2004) für den TM-Gehalt der Gesamtpflanze, berechnet ab Aussaat und Blüte) und den TM-Gehalt des Kolbens.

	Sorte	n	MAIS <sub>PROG</sub>		GDD-6		GDD-8	
			r <sup>2</sup>	RMSE	r <sup>2</sup>	RMSE	r <sup>2</sup>	RMSE
TM-Gehalt ab Aussaat (g kg <sup>-1</sup> FM)	Arsenal & Justina	43	0.91	1.94	0.84	2.52	0.89	2.04
	Oldham	36	0.85	2.37	0.78	3.03	0.82	2.39
	Probat & LG3226	39	0.85	1.96	0.78	2.66	0.82	2.18
	Benicia	33	0.88	1.78	0.79	2.20	0.87	1.80
TM-Gehalt ab Blüte (g kg <sup>-1</sup> ) DM)	Arsenal & Justina	40	0.90	2.04	0.92	2.05	0.91	1.93
	Oldham	33	0.77	2.98	0.83	2.86	0.82	2.77
	Probat & LG3226	36	0.88	2.07	0.92	2.42	0.91	2.23
	Benicia	32	0.90	1.64	0.91	2.18	0.92	1.97
TM-Gehalt Kol- ben (g kg <sup>-1</sup> ) FM)	Arsenal & Justina	40	0.92	2.96	0.92	3.05	0.93	2.69
	Oldham	33	0.93	2.56	0.92	2.75	0.93	2.62
	Probat & LG3226	36	0.96	2.24	0.93	2.85	0.94	2.78
	Benicia	33	0.94	2.92	0.94	3.12	0.96	3.08

Für die Erstellung der Prognosen wurden täglich von 240 Stationen die aktuellen Wetterdaten abgerufen. Die Wetterstationen sind den Anbaugebieten für Mais zugeordnet worden. Die Daten werden zum Webserver des DMK übertragen, auf den die Nutzer (Landwirte, Berater, Züchter) zugreifen können. In der Testphase wurden die Prognosen als Mittelwert über die Reifegruppen für verschiedene Aussattermine und Niederschlagsklassen berechnet. Ab dem Erntejahr 2005 wird die Maisabreife sortentypspezifisch beschrieben und das System im Internet der Allgemeinheit zugänglich gemacht ([www.maisprog.de](http://www.maisprog.de) bzw. [www.maiskomitee.de](http://www.maiskomitee.de), s. Abb. 2).

### Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis

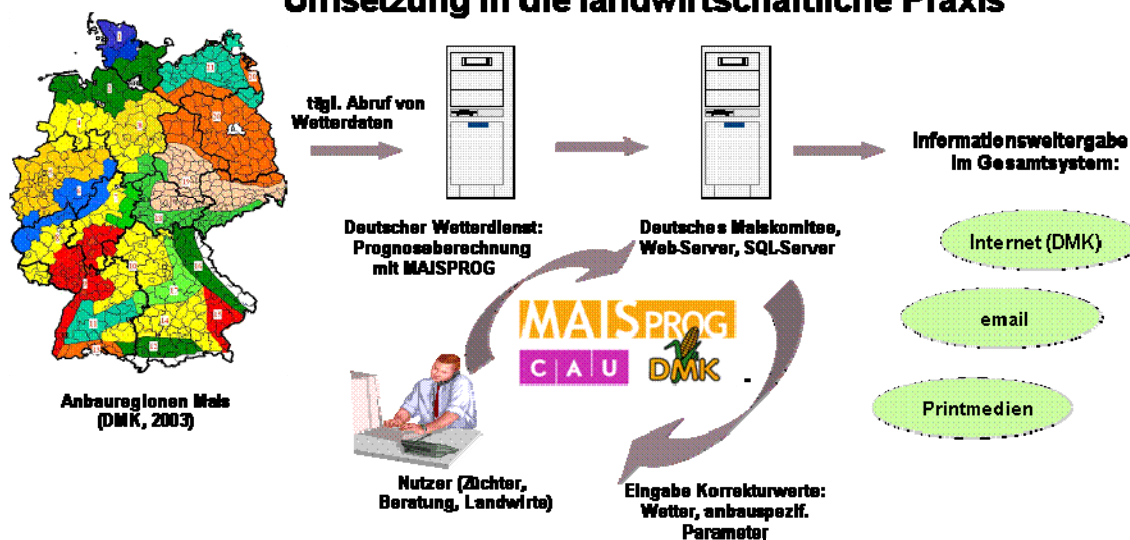


Abb. 1: Technische Umsetzung der Erntezeitprognose für Silomais

Die Erntezeitprognose steht kostenlos allen Nutzern in einer Basisversion zur Verfügung, in der allerdings nur der Durchschnittswert für die jeweilige Reifegruppe im Anbaubereich ermittelt wird und nicht einer einzelnen Sorte. Mit Premium Login können angemeldete Benutzer oder DMK-Mitglieder die für sie nächstgelegene Wetterstation auswählen und für jede Sorte eine individuelle Prognose erstellen lassen. Die durch die Wetterstation ermittelte Niederschlagsmenge kann entsprechend lokaler Witterungsergebnisse durch die Zuordnung zu Niederschlagsklassen korrigiert werden, um so eine noch genauere Prognose zu erhalten.

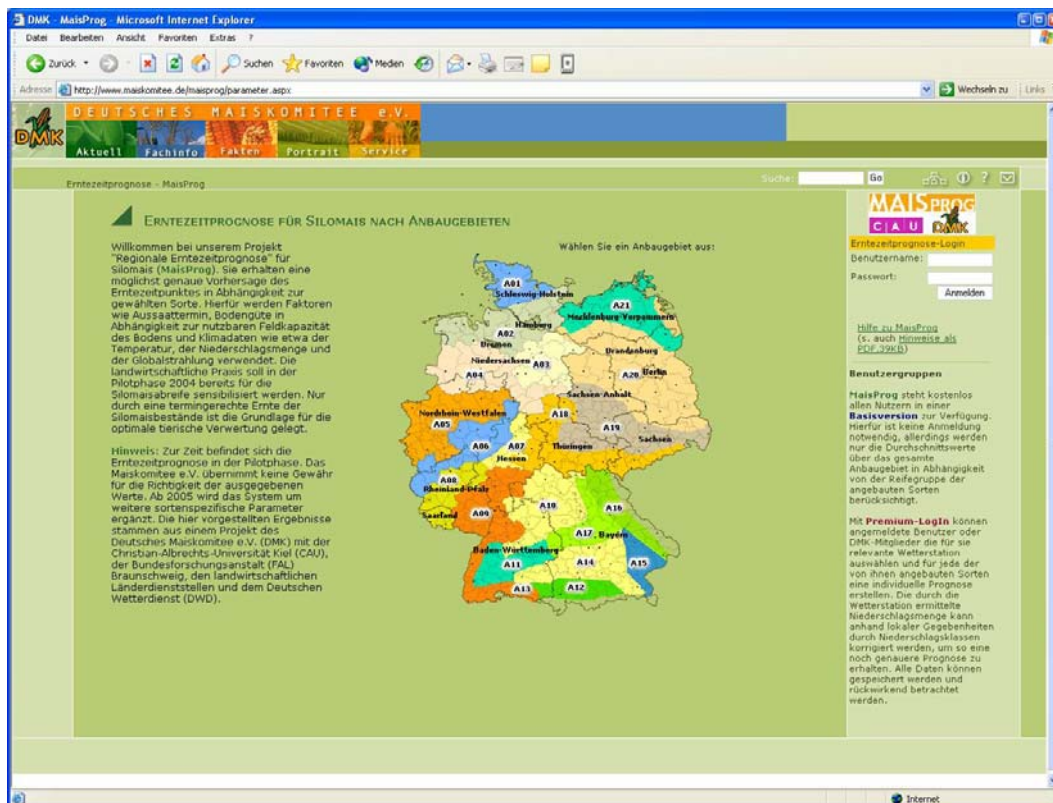


Abb. 2: Eingangsseite zur regionalen Erntezeitprognose.

### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Kalibrierung und Validierung der drei Modellansätze belegen, dass mit dem Modell MAIS<sub>PROG</sub> die Prognosegüte gegenüber den bekannten Temperatursummenmodellen verbessert werden kann. Über das Internet wird interessierten Landwirten und Beratern ein Werkzeug zur Verfügung gestellt, mit Hilfe dessen die optimale Erntezeitspanne von Silomais verschiedener Reifegruppen und -typen frühzeitig erkannt werden kann. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Erträge mit guter Genauigkeit vorhersagen zu können.

### Literatur

- HERRMANN, A., KORNER, A., HÖPPNER, F., GREEF, J.M., RATH, J., TAUBE, F. 2004. Erntezeitprognose von Silomais – ein Modellvergleich. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, Band 6, 155-158.
- HERRMANN, A., KORNER, A., TAUBE, F. 2005. A new harvest time prognosis tool for forage maize production in Germany. *Agricultural and Forest Meteorology* 130, 95-111.
- KORNER, A., NYMAN, P., TAUBE, F. 1991. Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. *Das Wirtschaftseigene Futter* 37, 232-248.

# Einfluss unterschiedlicher Lagertemperaturen auf den Silierverlauf von Gras- und Klee grasgemischen aus Herbstaufwüchsen

K. Hünting<sup>1</sup>, M. Pries<sup>2</sup>, E. Leisen<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>Landwirtschaftszentrum Haus Riswick  
<sup>2</sup>Referat 41 Tierproduktion  
<sup>3</sup>Referat 54 Ökologischer Land- und Gartenbau  
 alle Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

## Versuchsfrage

Welchen Einfluss hat der die Lagertemperatur auf Gärqualität von Gras bzw. Klee gras-Mischungen mit unterschiedlichen Weiß- und Rotklee Anteilen aus Herbstaufwüchsen?

## Hypothesen

In der Praxis zeigen im Herbst geerntete Klee grassilagen trotz zum Teil widriger Gärbedingungen, wie hohe Schmutzanteile und geringe Trockenmassegehalte, nur eine geringe Neigung zur Fehlgärung mit erhöhten Buttersäuregehalten. Hypothese ist hier, dass die in dieser Jahreszeit vorherrschenden niedrigen Temperaturen das Gärverhalten positiv beeinflussen und die Bildung von Buttersäure reduzieren. MCDONALD et al., (1991) berichten diesbezüglich über ein höheres Temperaturoptimum der buttersäurebildenden Clostridien gegenüber Milchsäurebakterien. Bereits 1958 berichten GIBSON et al., dass Silagen, die zwischen 30 – 40°C gelagert wurden deutlich höhere Clostridienaktivität zeigten, als solche, die bei 22°C gelagert wurden.

## Methode

Im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick, Kleve, wurden Silierversuche in 1,5 l Labor-Silos nach den Vorgaben der DLG zur Prüfung auf Gütezeichenfähigkeit in der Wirkungsrichtung 1 b/c durchgeführt. Des Weiteren wurden, analog zum Prüfungsschema der DLG, die gleichen Prüfungen mit bei 10°C gelagertem Material durchgeführt. Die Prüfung erfolgte an sieben Ausgangsmaterialien mit unterschiedlichen Kleeanteilen.

Folgende Untersuchungen wurden in je 3-facher Wiederholung nach Vorgabe der DLG (2000) mit bei unterschiedlichen Temperaturen gelagerten Materialien durchgeführt:

- Ermittlung der pH-Werte (0,5 l Laborsilo) am Tag 3
- Gärsäurenmuster am 90. Tag (1,5 l Laborsilo)

Ausgangsmaterial: Der Silierversuch wurde mit Rotklee gemischen (*Trifolium pratense* (*Tp*)) und *Lolium multiflorum* (*Lm*)), Weißklee gemischen (*Trifolium repens* (*Tr*)) und *Lolium perenne* (*Lp*)) und Welschem Weidelgras (*Lolium multiflorum*) durchgeführt.

Tabelle 1: Übersicht über die Mischungsverhältnisse in den verschiedenen Varianten

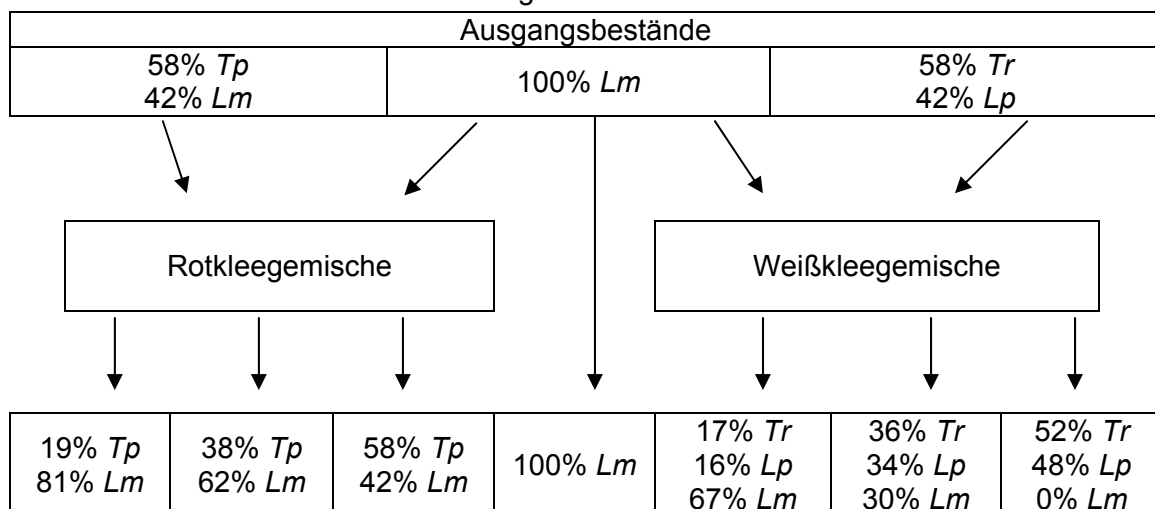


Tabelle 1 gibt Auskunft über die Mischungsanteile. In Tabelle 2 werden die Inhaltstoffe der Ausgangsmaterialien dargestellt.

Tabelle 2: Rohnnährstoffe der Ausgangsmaterialien

		100% <i>Lm</i>	19% <i>Tp</i> 81% <i>Lm</i>	38% <i>Tp</i> 62% <i>Lm</i>	58% <i>Tp</i> 42% <i>Lm</i>	17% <i>Tr</i> 16% <i>Lp</i> 67% <i>Lm</i>	36% <i>Tr</i> 34% <i>Lp</i> 30% <i>Lm</i>	52% <i>Tr</i> 48% <i>Lp</i> 0% <i>Lm</i>
Trockenmasse	g/kg	384	335	333	310	382	389	369
Rohprotein	g/kg TM	174	207	217	241	213	236	261
Rohasche	g/kg TM	238	141	134	148	142	136	103
Rohfett	g/kg TM	37	41	41	42	40	37	37
Rohfaser	g/kg TM	42	187	94	150	192	179	172
wasserl. Kohlenhydrate	g/kg TM	84	86	86	65	84	74	72
Pufferkapazität	g Milchsäure/ kg TM	64	64	58	66	54	53	49
Vergärbarkeitskoeffizient		49	44	45	39	51	50	49
Nitrat	g/kg TM	0,6	1,3	0,7	0,6	2,1	1,2	1,2
Milchsäurebakterien	KBE/g log	5,5	4,3	5,6	6,3	5,3	4,8	4,6

Die Trockenmassegehalte der Ausgangsmaterialien schwanken zwischen 310 g/kg für die (58% *Tp* 42% *Lm*)-Variante und 389 g/kg in der Variante (36% *Tr*; 34% *Lp*; 30% *Lm*). Alle Variante bewegen sich auf dem für Grassilage anzustrebenden Niveau (SPIEKERS und POTTHAST, 2004). Der ausgewiesene Aschegehalt der (100% *Lm*)-Variante mit 238 g/kg TM deutet auf eine erhebliche Verschmutzung des Ausgangsmaterials hin. Insgesamt stand sehr proteinreiches und rohfaserarmeres Material zur Verfügung, was auf phänologisch sehr junge Aufwüchse schließen lässt. Der in der (100% *Lm*)-Variante ausgewiesene Rohfasergehalt von 42 g/kg TM ist auf Analysefehler zurückzuführen. Die Ausgangsmaterialien waren aufgrund der geringen Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und Pufferkapazitäten als schwer vergärbar einzustufen.

Tabelle 3 zeigt die Rohnnährstoffgehalte nach 90 Tagen Lagerdauer. Durch die Lagerung bei unterschiedlichen Temperaturen konnten hier keine größeren Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 3: Rohnnährstoffe der silierten Materialien (n=6)

	100% <i>Lm</i>	19% <i>Tp</i> 81% <i>Lm</i>	38% <i>Tp</i> 62% <i>Lm</i>	58% <i>Tp</i> 42% <i>Lm</i>	17% <i>Tr</i> 16% <i>Lp</i> 67% <i>Lm</i>	36% <i>Tr</i> 34% <i>Lp</i> 30% <i>Lm</i>	52% <i>Tr</i> 48% <i>Lp</i> 0% <i>Lm</i>
TM, g/kg	390	335	336	315	391	392	404
XP, g/kg TM	194	218	225	242	218	238	251
XF, “	199	202	194	184	196	186	178
Sand, “	60	37	35	42	50	46	42

Die in Tabelle 4 dargestellten pH-Werte zeigen deutlich die reduzierte Säuerungsgeschwindigkeit zu Beginn des Silierprozesses bei niedriger Lagertemperatur. Bei den pH-Werten nach 90 Tagen Lagerdauer waren diese Unterschiede weniger deutlich, jedoch weiterhin erkennbar.

Tabelle 4: pH-Werte nach 3 bzw. 90 Tagen bei unterschiedlicher Lagertemperatur (n=3)

	100% <i>Lm</i>	19% <i>Tp</i> 81% <i>Lm</i>	38% <i>Tp</i> 62% <i>Lm</i>	58% <i>Tp</i> 42% <i>Lm</i>	17% <i>Tr</i> 16% <i>Lp</i> 67% <i>Lm</i>	36% <i>Tr</i> 34% <i>Lp</i> 30% <i>Lm</i>	52% <i>Tr</i> 48% <i>Lp</i> 0% <i>Lm</i>
pH 3.Tag 25°C	6,08	5,82	5,69	5,48	6,57	6,24	6,22
pH 3.Tag 10°C	6,78	6,67	6,48	6,3	6,73	6,58	6,49
pH 90.Tag 25°C	4,6	4,43	4,57	4,77	4,47	4,50	4,83
pH 90.Tag 10°C	4,87	4,60	4,70	4,70	4,77	4,67	4,97

Auch bei den gebildeten Mengen an Milch-, Essig- und Buttersäure zeigte sich der Einfluss der niedrigeren Lagertemperatur durch eine Reduktion der gebildeten Gärssäuren. Dieses, einhergehend mit höheren Restzuckergehalten, geringeren Ammoniak-N-Gehalten und den geringeren Gärverlusten (siehe Tabelle 5 bzw. Tabelle 6) zeigt, dass der Gärprozess bei reduzierter Lagertemperatur weniger intensiv stattfindet. Dieses steht in guten Einklang mit dem Nichterreichen des Temperaturoptimums der Milchsäurebakterien, welches im Temperaturbereich 25 – 40°C liegt (PAHLOW et al.; 2003). Untersuchungen von MUCK und DICKERSON (1988) zeigen für Luzerne-Silage, gelagert bei Lagertemperaturen von 15 und 25°C, sehr ähnliche Ergebnissen wie sie in dieser Studie auftraten.

Bei allen kühl gelagerten Varianten war Buttersäure nicht bestimmbar. Lediglich in zwei Varianten der Rotklee-Gemische, gelagert bei 25°C, konnte Buttersäure nachgewiesen werden. Diese Varianten enthielten dabei nicht nur die höchsten Gehalte der weiteren untersuchten Gärssäuren (siehe Tabelle 5) sondern auch, wie aus Tabelle ersichtlich, die geringsten Restzuckergehalte, was eine intensive Fermentation verdeutlicht.

Tabelle 5: Gärssäuren bzw. Zuckergehalte der Silagen nach 90 Tagen Lagerdauer (n=3)

	100% <i>Lm</i>	19% <i>Tp</i> 81% <i>Lm</i>	38% <i>Tp</i> 62% <i>Lm</i>	58% <i>Tp</i> 42% <i>Lm</i>	17% <i>Tr</i> 16% <i>Lp</i> 67% <i>Lm</i>	36% <i>Tr</i> 34% <i>Lp</i> 30% <i>Lm</i>	52% <i>Tr</i> 48% <i>Lp</i> 0% <i>Lm</i>
Milchsäure g/kg TM 25°C	62	82	83	103	70	71	49
Milchsäure g/kg TM 10°C	38	66	63	92	54	62	33
Essigsäure g/kg TM 25°C	15	27	27	39	21	23	28
Essigsäure g/kg TM 10°C	8	16	17	21	12	13	11
Buttersäure g/kg TM 25°C	n.b.	n.b.	0,2	2	n.b.	n.b.	n.b.
Buttersäure g/kg TM 10°C	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Zucker g/kg TM 25°C	19	4	2	0	3	7	18
Zucker g/kg TM 10°C	23	2	1	0	20	13	34

n.b. = nicht bestimmbar

Die in Tabelle 6 ersichtlichen sehr hohen NH<sub>3</sub>-N Gehalte für die Weißklee-Gemische, insbesondere für die Variante (17% *Tr* 16% *Lp* 67% *Lm*), stehen in Einklang mit der bis zum 3. Tag nach Einlagerung nicht eingesetzten Säuerung des Siliergutes, welche aber, erkennbar anhand der gebildeten Gärssäuren, nach 90 Tagen Lagerdauer sehr

wohl stattgefunden hat. Zur Klärung dieses Sachverhaltes besteht weiterer Forschungsbedarf.

Tabelle 6: Ammoniak-N-Anteil am Gesamt N und Gärverluste (in %) nach 90 Tagen Lagerdauer (n=3)

	100% <i>Lm</i>	19% <i>Tp</i> 81% <i>Lm</i>	38% <i>Tp</i> 62% <i>Lm</i>	58% <i>Tp</i> 42% <i>Lm</i>	17% <i>Tr</i> 16% <i>Lp</i> 67% <i>Lm</i>	36% <i>Tr</i> 34% <i>Lp</i> 30% <i>Lm</i>	52% <i>Tr</i> 48% <i>Lp</i> 0% <i>Lm</i>
NH <sub>3</sub> -N-Anteil 25°C	8,44	9,08	11,03	9,47	22,81	16,49	12,89
NH <sub>3</sub> -N-Anteil 10°C	7,42	8,28	9,09	6,83	30,96	16,61	11,27
Gärverluste 25°C	5,54	6,96	7,37	7,57	6,35	6,53	6,38
Gärverluste 10°C	4,46	5,36	5,54	5,9	5,08	4,87	4,71

### Fazit

In den hier durchgeführten Untersuchungen konnte ein Fehlgärverhalten von im Herbst geernteten Aufwüchsen nicht festgestellt werden. Einschränkend muss erwähnt werden, dass die Witterungsbedingungen im Herbst nicht immer ein Anwelken auf die hier erreichten TM-Gehalte erlauben. Weitere Untersuchungen in einem niedrigerem TM-Bereich erscheinen angebracht.

### Literatur

- DLG (2000): DLG-Richtlinie zur Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichen-Fähigkeit DLG, Frankfurt a. M.
- T. GIBSON, A.C. STIRLING, R.M. KEDDY und R.F. ROSENBERG (1958): Bacteriological changes in silage made at controlled temperatures; Journal of Gen. Microbiology; 19; 112 - 129
- P. McDONALD, A.R. HENDERSON und S.J.E. HERON (1991): The biochemistry of silage; 2<sup>nd</sup>. Edition; Chalcombe Publ.; Marlow; UK
- R.E. MUCK und J.T. DICKERSON (1988): Storage temperature effects on proteolysis in alfalfa silage; Trans. ASAE; 31; 1005-1009
- G. PAHLOW, R.E. MUCK, F. DRIEHUIS, S.J.W.H. OUDE ELFERINK und S.F. SPOELSTRA (2003) : Silage Science and Technology; American Society of Agronomy, Inc.; S. 41
- H. SPIEKERS und V. POTTHAST (2004): Erfolgreiche Milchviehfütterung 4. Auflage, S. 113; DLG-Verlag Frankfurt a.M.



# Hoch-Zuckerreiches-Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort - erste Ergebnisse

H. Jänicke

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion  
Dummerstorf

## Einleitung

Für Grasaufwüchse von hoher Futterqualität ist der Zuckergehalt ein wichtiges Kriterium. Hohe Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten sind bei Beweidung ebenso erwünscht wie bei Schnittnutzung. Gerade für die Erzeugung hochwertiger Silagen muss ausreichend, möglichst natürliches Gärsubstrat im Ausgangsmaterial vorhanden sein. Da sich die Weidelgräser gegenüber anderen Arten u. a. durch hohe Zuckergehalte auszeichnen, ist das ein entscheidender Grund, weidelgrasreiche Grünlandnarben anzustreben.

In den letzten Jahren wurde für Hoch-Zuckerreiches-Gras (=HZG) geworben. Als wesentliche Vorzüge wurden die überdurchschnittlichen Zuckergehalte und die höhere Verdaulichkeit hervorgehoben. Das führte zu einer verstärkten Nachfrage zum HZG aus der landwirtschaftlichen Praxis und war Anlass, sich dieser Frage zuzuwenden, zu der bereits aus verschiedenen Versuchsanstellungen berichtet wurde. MILLER et al. (2001) weisen auf die Veränderungen des Gehaltes an wasserlöslichen Kohlenhydraten im jahreszeitlichen Verlauf sowie im Tagesverlauf hin und konnten bei Beweidung von HZG verschiedene positive Effekte auf die Milchproduktion nachweisen. WILKINS et al. (2003) berichten von der gelungenen Erfüllung des Zuchtziels einer Kombination von Erhöhung der Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate und der gleichzeitigen Steigerung der TM-Erträge bei *Lolium perenne*. In einem Sortenvergleich Deutscher Weidelgräser ermittelten GILLILAND et al. (2003) deutliche Vorteile für die HZG-Sorte im Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten und in der Verdaulichkeit. Am Standort Braunschweig wurden HZG-Sorten im Rahmen eines EU-Projektes bearbeitet und erbrachten gegenüber den Vergleichssorten höhere Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten, wobei sie in der absoluten Höhe unter den Erwartungen blieben und Zweifel bestanden, ob diese Neuzüchtungen ausreichend widerstandsfähig gegenüber harten Wintern und Frühjahrstrockenheit sind (MARTENS und GREEF, 2003). Eine Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse zu HZG-Sorten an verschiedenen deutschen Standorten gibt EICKMEYER (2004) und zeigt damit die mehrfach vorhandene Überlegenheit der HZG-Sorte ABERAVON gegenüber den Vergleichssorten.

Das Grünland in Mecklenburg-Vorpommern befindet sich zu über  $\frac{3}{4}$  auf Niedermoorstandorten, auf denen *Lolium perenne* von Natur aus als auswinterungsgefährdet gilt. Durch den züchterischen Fortschritt werden inzwischen eine Reihe von Sorten mit verbesserter Mooreignung angeboten. Es bedarf jedoch regionaler Sortenversuche, um für Standort und Nutzung geeignete Sorten empfehlen zu können. Um aktuellen Anforderungen zu entsprechen wurde im Rahmen eines derartigen Sortenversuchs zunächst eine HZG-Sorte aufgenommen. Über erste Ergebnisse soll im Folgenden berichtet werden.

## Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden Sortenversuche auf dem Niedermoorgrünland der Raminer Agrar GmbH (Uecker-Randow-Kreis) genutzt. Im Jahr 2002 angesät, in Form von einfaktoriellen Blockanlagen mit vier Wiederholungen, wird die Versuchsfläche betriebsüblich bewirtschaftet. Die Probennahme erfolgte jeweils an einem Tag zur gleichen Tageszeit bei neun Sorten, die sowohl Vertreter der drei Reifegruppen früh, mittel und spät als auch der beiden Ploidiestufen di- und tetraploid sind. Die einzelnen Sorten (Tab. 1) sollten nicht nur als typische Stellvertreter fungieren, sondern auch Vergleiche zu Sortenversuchen auf anderen Standorten ermöglichen. Die Analysen zu den Fut-

terwertparametern wurden nach VDLUFA-Methoden im Labor der Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt, die Untersuchung auf den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten mittels Anthron-Methode.

Tabelle 1: Zur Ermittlung der Futterqualität ausgewählte Sorten, Ansaat 2002, Niedermoor, Ramin

Sorte	Plodie	Reifegruppe*	Sorte	Plodie	Reifegruppe*
SAMBIN	Diploid	Früh/ 2	GLADIO	Diploid	Spät/ 7
ABERSILO	Diploid	Früh/ 3	TIVOLI	Tetraploid	Spät/ 8
LITEMPO	Tetraploid	Früh/ 3	NAVARRA	Tetraploid	Spät/ 7
FENNEMA	Diploid	Mittel/ 4	HZG –Sorte	Diploid	Spät/ 7
EDDA	Tetraploid	Mittel/ 5	ABERAVON		

\*nach Einstufung des BSA

### Ergebnisse und Diskussion

Untersucht wurden bisher sieben Aufwüchse aus zwei Jahren. In den Tabellen 2 und 3 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Dabei wurde die HZG-Sorte dem Mittelwert der neun untersuchten Sorten sowie den Mittelwerten der Reifegruppen und Ploidiestufen gegenübergestellt. Um eine bessere Einordnung der Zuckerwerte vornehmen zu können, sind die Spannbreiten der Rohnährstoffgehalte aufgeführt.

Tabelle 2: Zuckergehalte Deutscher Weidelgräser im 1. Nutzungsjahr (=2003) auf Niedermoor, Ansaat 2002, Ramin

Parameter/ Mittelwerte	Einheit/ Anzahl	1. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	2003 MW
		Zucker in g/kg TM			
MW frühe RG	n=12	134	43	81	86
MW mittlere RG	n=8	166	30	76	90
MW späte RG*	n=12	136	35	100	90
MW tetraploid	n=16	127	31	86	81
MW diploid*	n=16	158	43	88	96
HZG-Sorte	n=4	137	69	139	115
MW – 9 Sorten	n=36	142	40	93	92
Rohprotein **	g/kg TM	149 – 189	200 – 219	170 – 185	-
Rohfaser **	g/kg TM	219 – 284	227 – 269	231 – 266	-
Rohasche **	g/kg TM	107 – 129	102 – 125	97 – 124	-

MW= Mittelwert; RG= Reifegruppe; \* ohne HZG-Sorte

\*\*Spannbreite mit Angabe des jeweils höchsten und geringsten Wertes je Sorte

Die Zuckergehalte der einzelnen Aufwüchse liegen auf recht unterschiedlichem Niveau und sollten auf jeden Fall zusammen mit Faser- und Proteingehalt betrachtet werden. Der erste Aufwuchs spiegelt den unterschiedlichen Entwicklungsstand der Sorten aus drei Reifegruppen wieder, da alle neun Sorten zu einem Termin geerntet wurden. Für die Folgeaufwüchse wurden gleich lange Aufwuchszeiten für alle Sorten realisiert. Ein Vergleich der Mittelwerte von di- und tetraploiden Sorten zeigt kein einheitliches Ergebnis. So weisen sowohl die tetra- als auch die diploiden Sorten die jeweils höheren Zuckergehalte auf, wobei der Abstand zwischen ihnen nicht in jedem Fall praxisrelevant sein dürfte. Dass die tetraploiden Sorten nicht immer wie erwartet die höheren Zuckerwerte erreichen, im Vergleich zu den diploiden Sorten, wurde z.B. auch von GILLILAND et al. (2003) beschrieben. Auch zwischen den Reifegruppen waren die Unterschiede nicht gleichgerichtet, wobei möglicherweise eine Tendenz zu höheren Gehalten bei den späten Sorten besteht. Die absoluten Werte für die Zuckergehalte er-

scheinen bei einigen Aufwüchsen relativ niedrig, was zum Teil mit den Erfahrungen am Standort übereinstimmt.

Tabelle 3: Zuckergehalte Deutscher Weidelgräser im 2. Nutzungsjahr (=2004) auf Niedermoor, Ansaat 2002, Ramin

Parameter/ Mittelwerte	Einheit/ Anzahl	Zucker in g/kg TM				2004 MW
		1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs	
MW frühe RG	n=12	78	91	212	84	116
MW mittlere RG	n=8	81	135	201	109	131
MW späte RG*	n=12	56	166	225	112	140
MW tetraploid	n=16	66	139	219	102	131
MW diploid*	n=16	75	121	210	99	126
HZG-Sorte	n=4	87	224	264	139 (n=3)	191
MW – 9 Sorten	n=36	72	140	220	105	134
Rohprotein **	g/kg TM	171 – 195	172 – 216	102 – 128	189 – 208	-
Rohfaser **	g/kg TM	246 – 289	204 – 234	206 – 234	198 – 237	-
Rohasche **	g/kg TM	105 – 135	96 – 130	76 – 92	93 – 124	-

MW= Mittelwert; RG= Reifegruppe; \* ohne HZG-Sorte

\*\*Spannbreite mit Angabe des jeweils höchsten und geringsten Wertes je Sorte

Besonders auffällig ist das hohe Niveau der Zuckerwerte im dritten Aufwuchs 2004, der relativ früh geschnitten wurde. Die hohen Zuckerwerte traten zusammen mit niedrigen Proteinwerten auf und bestätigen diese aus anderen Untersuchungen mitgeteilte Beobachtung. Allein im ersten Aufwuchs des ersten Jahres war die HZG-Sorte im durchschnittlichen Bereich zu finden, also sogar weniger zuckerreich als einige herkömmliche Sorten. In den beiden weiteren Aufwüchsen des ersten Jahres und in den vier des zweiten Jahres lag sie stets über allen untersuchten Sorten, aber mit unterschiedlicher Differenz zu diesen. Im zweiten Jahr enthielt die HZG-Sorte im zweiten Aufwuchs das Dreifache an Zucker wie die schwächste der analysierten Sorten, im vierten Aufwuchs das Zweifache und im dritten Aufwuchs 144 % gegenüber 100 % der schwächsten Sorte.

Tabelle 4: Rohnährstoff- und Zuckergehalte (in g/kg TM) ausgewählter Sorten der späten Reifegruppe, im 1. und 2. Nutzungsjahr auf Niedermoor, Ansaat 2002, Ramin

Sorte	1. Jahr – 1. Aufwuchs			1. Jahr – 3. Aufwuchs		
	Rohprotein	Rohfaser	Zucker	Rohprotein	Rohfaser	Zucker
GLADIO	183	219	175	219	239	42
TIVOLI (T)	189	250	106	201	269	31
NAVARRA (T)	180	246	127	200	259	33
ABERAVON	172	240	137	201	227	69
Sorte	2. Jahr – 2. Aufwuchs			2. Jahr – 3. Aufwuchs		
	Rohprotein	Rohfaser	Zucker	Rohprotein	Rohfaser	Zucker
GLADIO	179	218	168	118	211	201
TIVOLI (T)	180	221	168	114	210	242
NAVARRA (T)	176	219	162	111	211	233
ABERAVON	172	204	224	102	206	264

Ein Vergleich innerhalb der späten Reifegruppe wird am Beispiel von vier Aufwüchsen gezeigt (Tab. 4) und bestätigt, dass überwiegend eine Differenz zu Gunsten der HZG-Sorte gegenüber den Vergleichssorten für den Zuckergehalt vorhanden war und das es

ebenso einzelne Aufwüchse gab, in denen kein bzw. nur ein geringer Vorteil für die HZG-Sorte erkennbar war. Für den potentiellen Nutzer in der landwirtschaftlichen Praxis ist von hohem Interesse, um welchen Betrag der Zuckergehalt vom HZG höher sein muss als bei herkömmlichen Sorten, damit eine positive Wirkung auf die tierische Leistung unter Produktionsbedingungen gesichert vorhanden ist und ob dieser an seinem Standort erreicht wird. Aus dem Niedermoorboden wird in Abhängigkeit von Witterungs- und Bewirtschaftungsbedingungen in unterschiedlichen Mengen Stickstoff freigesetzt, der als zusätzlicher Einflussfaktor auf den Zuckergehalt wirken könnte. Schwierigkeiten bereitet die recht unterschiedliche Höhe der Gehalte in den einzelnen Aufwüchsen.

Wesentliche Voraussetzung für die Nutzung der erwünschten qualitativen Verbesserungen bleibt die Standorteignung. Auch nach der dritten Überwinterung präsentierte sich die HZG-Sorte in allen vier Wiederholungen in gutem Zustand, so dass es in dieser Anlage bisher noch keinen Hinweis auf eine mangelnde Eignung gab.

### Fazit

In beiden Jahren wies die HZG-Sorte im Mittel über alle Aufwüchse die höchsten Zuckergehalte auf, wobei es für eine Einschätzung der Praxisrelevanz und der statistischen Sicherung weiterer Untersuchungen und Auswertungen bedarf. Das gewählte Schnittregime, die N-Düngung, die Entwicklung der Grundwasserstände während der Vegetationszeit und der Witterungseinfluss auf die einzelnen Aufwüchse hatten sicher erheblichen Einfluss auf die ermittelten Zuckerwerte. Die Bearbeitung der Thematik soll fortgesetzt werden.

### Literatur

- EICKMEYER, F. (2004): Hoch-Zucker-Gräser – Hintergründe, Entstehung und erste Ergebnisse deutscher Versuchsansteller. Vortrag Jahrestagung DLG-Ausschuss Gräser – Klee und Zwischenfrüchte in Fulda.
- GILLILAND, T.J., P.D. BARRETT, R.E. AGNEW, A.M. FEARON AND F.E.A. WILSON (2003): Variation in herbage quality and grazing value traits in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. Vortr. Pflanzenzüchtg. 59, 11-19.
- MARTENS, S.D. UND J.M. GREEF (2003): Sweetgrass – Der Anbau von zuckerreichen Deutschen Weidelgräsern (Q12). Mitt. d. AG Grünland und Futterbau, Bd. 5, 229-230.
- MILLER, L.A., J.M. MOORBY, D.R. DAVIES, M.O. HUMPHREYS, N.D. SCOLLAN, J.C. MACRAE AND M.K. THEODOROU (2001): Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation cows. Grass and Forage Science, 56, 383-394.
- WILKINS, P.W., J.A. LOVATT AND M.L. JONES (2003): Improving annual yield of sugars and crude protein by recurrent selection within diploid ryegrass breeding populations, followed by chromosome doubling and hybridisation. Proc. 25<sup>th</sup> EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section Meeting; Czech. J. Genet. Plant Breed., 39 (Special Issue), 95-99.

# Gute Silagen erzeugen ohne Nitrat im Grünfutter?

E. Kaiser, K. Weiß

Im Grünfutter enthaltenes Nitrat hat, indem es während der Silagegärung reduziert wird, maßgeblichen Einfluss auf die Stoffumsetzungen im Gärungsverlauf. Nitratreduktion und Gärungsverlauf sind zwei direkt miteinander verknüpfte Prozesse. Die Auswirkungen der Nitratreduktion auf den Gärungsverlauf sind davon abhängig, welche Reduktionsprodukte entstehen und zu welchem Zeitpunkt sie gebildet werden. Zu Gärbeginn hat Nitrat aufgrund seiner Reduktion zu Nitrit eine inhibitorische Wirkung auf die Clostridienentwicklung. Die im Zusammenhang mit dem Laktatabbau stattfindende Nitratreduktion führt zunächst zur Bildung von Essigsäure und erst im weiteren Verlauf der Fehlgärung zu Entstehung von Buttersäure. Bei Fehlen von Nitrat im Gärmedium ist von Gärbeginn an mit dem Auftreten von Buttersäure zu rechnen und tritt auch während des Laktatabbaus unmittelbar Buttersäure auf.

Wie Erhebungen in Bayern und Schleswig-Holstein gezeigt haben, ist das derzeit zur Silierung verwendete Grünfutter weitgehend nitratfrei oder weist nur sehr geringe Nitratgehalte auf. Es ist deshalb davon auszugehen, dass unter praktischen Bedingungen ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Buttersäure in der Silage besteht.

In diesem Zusammenhang erhebt sich zunächst die Frage, welcher Nitratgehalt im Grünfutter mindestens vorliegen muss, um die negativen Auswirkungen des Fehlens von Nitrat vermeiden zu können und zum zweiten, wie das Fehlen von Nitrat im Siliergut im Interesse der Qualitätssicherung der Silagen kompensiert werden kann.

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden in der Literatur vorliegende Ergebnisse eigener Untersuchungen herangezogen.

## Material und Methode

- Zwei mehrfaktorielle Versuche mit *Dact. glomerata*, zur Ermittlung des notwendigen Mindest-Nitratgehaltes (MNG) sowie zu den Auswirkungen geringer Nitratgehalte auf die Vergärbarkeit (IV 2001; KAISER und WEIß 2002). Variationsreihen des TS-Gehaltes, des Z/PK-Quotienten und des Nitratgehaltes wurden in N = 295 Varianten so miteinander kombiniert, dass eine breite Variation in den Merkmalen der Vergärbarkeit vorlag, jeweils mit geringem und hohem Clostridiensporengehalt.
- Vier Versuche mit Grünfutter (Wiesenschwingel, Welsches Weidelgras, Grünhafer und Grünroggen), bei denen steigende Gaben an N-Dünger verabreicht wurden. Die Versuche hatten zum Ziel, gestaffelte Nitratgehalte im Grünfutter zu erreichen, um dessen Auswirkungen auf den Gärungsverlauf prüfen zu können (HEIN 1970)

## Ergebnisse

Wie aus Abbildung 1 hervorgeht, ist der theoretisch notwendige Mindest-Nitratgehalt von den übrigen Merkmalen der Vergärbarkeit, d.h. vom TS-Gehalt und Z/PK-Quotienten abhängig. Je schwerer vergärbare das Material nach TS und Z/PK ist, umso höher ist der notwendige MNG und umgekehrt. Angesichts der Wirkungsweise des Nitrats im Gärungsverlauf ist ein einheitlicher feststehender Wert für MNG auch nicht zu erwarten. Bei clostridiensporenenreichem Grünfutter sind die notwendigen Gehalte für MNG noch höher als bei sporenaemem Material. Wie aus Tabelle 1 ablesbar ist, liegt für schwer vergärbare Grünfutter (VK = 32) auch wenn es sporenaem ist, mit 5,8 g NO<sub>3</sub>/kg TS ein relativ hoher Wert für MNG vor. Aber selbst bei VK = 60 sind noch nennenswerte Mengen für MNG erforderlich.

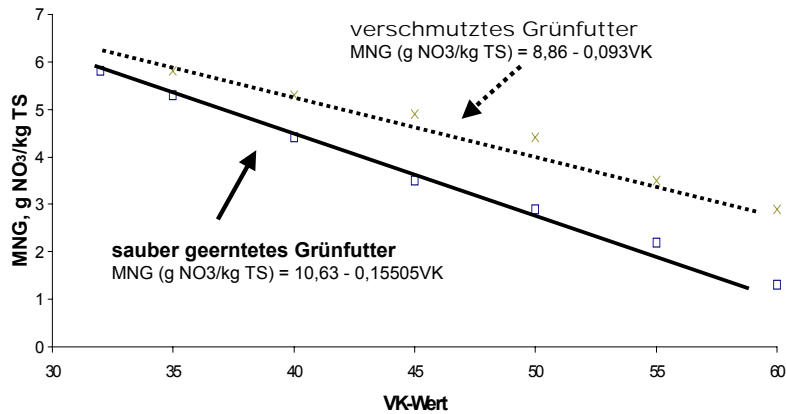


Abb. 1: Theoretisch notwendiger Mindest-Nitratgehalt (g NO<sub>3</sub>/kg TS) zur Erzeugung buttersäurefreier Silagen (Quelle: Iv 2001)

Tabelle 1: Mindest-Nitratgehalt (g NO<sub>3</sub>/kg TS) zur Erzeugung BS-freier Silagen in Abhängigkeit vom VK-Wert (Quelle: Iv 2001)

VK-Wert	MNG	
	für sauber geerntetes Material	für verschmutztes Material
32	5,8	5,8
35	5,3	5,8
40	4,4	5,3
45	3,5	4,9
50	2,9	4,4
55	2,2	3,5
60	1,3	2,9

Inwieweit durch N-Düngung der notwendige Nitratgehalt im Grünfutter eingestellt werden kann, ist aus Tabelle 2, in der beispielhaft die Ergebnisse für Wiesenschwingel dargestellt sind, ablesbar. Wie daraus hervorgeht, ist die N-Menge zur Erreichung der theoretisch notwendigen Nitratgehalte relativ hoch. Zudem ist festzustellen, dass mit steigender N-Düngermenge der TS-Gehalt des Grünfutters sowie der Z/PK-Quotient rückläufig sind, die Vergärbarkeit mit steigender N-Düngung demzufolge abnimmt. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch in den Versuchen mit Grünhafer und Grünroggen erzielt. Lediglich beim Welschen Weidelgras, bei dem die Ernte des Grünfutters zwei Wochen nach der N-Düngung erfolgte, lagen bereits bei 60 kg N/ha 7,1 g NO<sub>3</sub>/kg TS vor.

Tabelle 2: Veränderung der chemischen Zusammensetzung von Wiesenschwingel bei steigender N-Düngung (Quelle: Hein 1970)  
(Ernte nach Schieben der Blütenstände, ca. 4 – 5 Wochen nach der N-Düngung)

kg N/ha	TS (%)	g NO <sub>3</sub> /kg TS	Z/PK	VK
30	30,0	0,09	2,4	49,2
60	27,5	0,4	2,0	43,5
90	24,1	3,1	1,6	36,9
120	25,0	4,9	1,5	37,3
150	23,8	5,8	1,3	34,0
180	25,5	11,5	1,2	34,7
150+30	27,4	9,8	1,1	36,3
150+60	24,8	16,8	1,1	33,9

Die N-Düngung kann demnach nicht als geeignete Maßnahme zur Erreichung der theoretisch notwendigen Nitratgehalte im Siliergut angesehen werden. Die erforderlichen N-Mengen sind aus pflanzenbaulichen Gesichtspunkten nicht akzeptabel und vor allem ist die Beeinflussung der Vergärbarkeit durch N-Düngung nicht steuerbar.

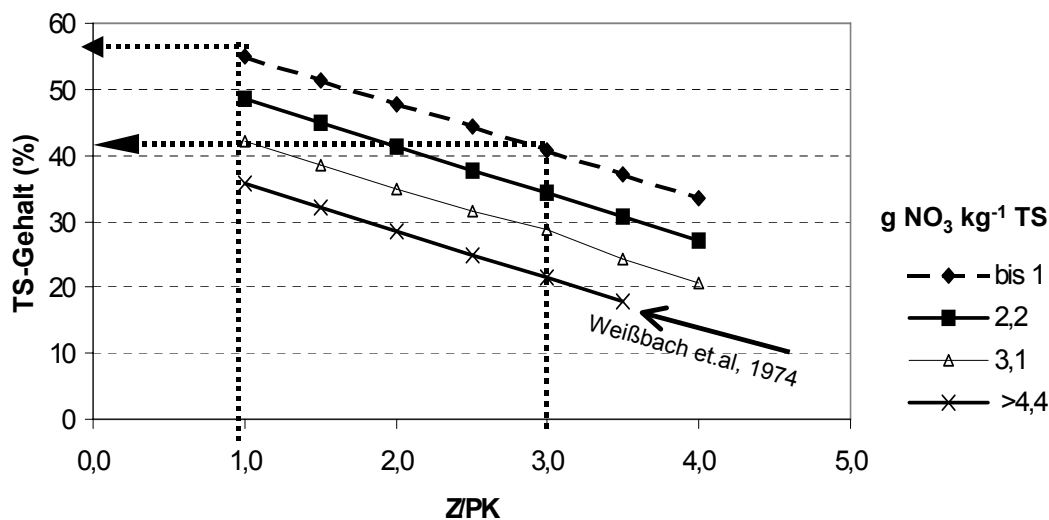


Abb. 2: Vergärbarkeit unter Berücksichtigung des Nitratgehaltes (Clostridiensporenarmes Grünfutter) (Quelle: KAISER und WEIß 2002)

Es stellt sich demzufolge die Frage, durch welche siliertechnischen Maßnahmen das Fehlen von Nitrat kompensiert werden kann. Dabei ist zunächst zu klären, ob und in wieweit dafür das Welken in Betracht kommt. Wie aus Abbildung 2 und Tabelle 3 entnommen werden kann, ist bei weitgehendem Fehlen von Nitrat im Grünfutter ( $\leq 1$  g NO<sub>3</sub>/kg TS) der Mindest-Trockensubstanzgehalt zur Erzeugung buttersäurefreier Silagen, bei vergleichbarem Z/PK, nahezu 20 % TS (absolut) höher als bei Vorhandensein von Nitrat im Grünfutter. Aus den Angaben geht zudem hervor, dass bei weitgehend nitratfreiem Grünfutter der notwendige Mindest-TS-Gehalt höher als der aus technologischen Gründen zulässige TS-Gehalt ist, selbst bei einem vergleichsweise zuckerreichen Material von Z/PK = 3,0.

Tabelle 3: Theoretisch notwendiger Mindest-TS-Gehalt im Siliergut in Abhängigkeit von Z/PK und Nitratgehalt des Grünfutters

Z/PK	TS <sub>min</sub> in %	
	NO <sub>3</sub> -haltig ≥ 4,4 g NO <sub>3</sub> /kg TS	NO <sub>3</sub> -frei ≤ 1,0 g NO <sub>3</sub> /kg TS
1,0	36	55
2,0	29	48
3,0	21	41
4,0	< 20	34

Das Welken des Grünfutters bzw. ein stärkeres Welken als bisher üblich, kann deshalb nicht als geeignete Maßnahme zur Sicherung der Gärqualität von nitratfreiem Grünfutter angesehen werden. Geht man davon aus, dass der weitaus größte Teil des zur Silierung eingesetzten Grünfutters einen Z/PK zwischen 1,0 und 3,0 aufweist (WEIß 2000), dann gilt für den ganz überwiegenden Teil des Grünfutters, dass das Welken allein nicht ausreicht, um bei nitratfreiem/-armem Grünfutter eine buttersäurefreie Silage

zu erzeugen. Zusätzlich zum Welken ist deshalb der Siliermittel (SM)-Einsatz erforderlich.

Bei der Auswahl der Siliermittel ist zu berücksichtigen, dass Säuerung durch Milchsäuregärung nicht der alleinige Hemmfaktor für Clostridien in der Silage ist. (Abbildung 3). Im unteren TS-Bereich ist zusätzlich zur Säuerung ein direkter Clostridienhemmstoff erforderlich. Mit steigendem TS-Gehalt wird die eingeschränkte Wasserverfügbarkeit zunehmend als Hemmfaktor wirksam. Daraus folgt, dass im unteren TS-Bereich, auch bei zuckerreichem Material, chemische Siliermittel in Betracht kommen, im mittleren und oberen TS-Bereich dagegen biologische Präparate, d.h. Milchsäurebakterien.

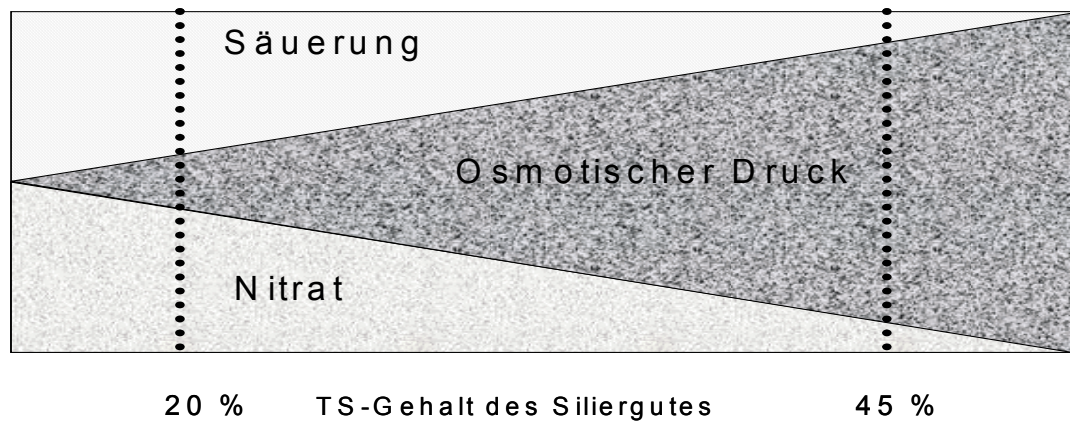


Abb. 3: Unterbindung von Clostridienaktivität in Silagen (schematische Darstellung)

#### Fazit

Die N-Düngung ist keine geeignete Maßnahme, um den für die Silierung notwendigen Mindest-Nitratgehalt im Siliergut zu erreichen. Zur Sicherung der Gärqualität bei nitratfreiem Grünfutter ist zusätzlich zum Welken der Siliermitteleinsatz erforderlich.

#### Literatur

- HEIN, E. (1970): Die Beeinflussung des Gärungsverlaufes bei der Grünfuttersilierung durch den Nitratgehalt des Ausgangsmaterials. Dissertation, Rostock, AdL
- IV, POLIP (2001): Untersuchungen zur Unterbindung von Buttersäuregärung und Clostridienaktivität in Silagen aus nitratarmem Grünfutter. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin
- KAISER, E., K. WEIß und POLIP IV (2002): A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. Proc. XIII. Int. Silage Conference, Auchincruive, Scotl.
- WEIß, K. (2001): Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin



# Beziehungen zwischen Gerüstsubstanzen und *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz von Winterweidefutter

M. Kräling, W. Opitz von Boberfeld  
 Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen

## Einleitung

Eine zentrale Rolle für die Futterqualität von Winterweidefutter „auf dem Halm“ spielt die *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz. In vorausgegangenen Untersuchungen unter verschiedenen Aspekten (WOLF 2002, WÖHLER 2003, BANZHAF 2004), wird bereits auf abnehmende Verdaulichkeiten mit fortschreitendem Winter hingewiesen, dabei besteht jedoch gerade für mitteleuropäische Verhältnisse Klärungsbedarf, welche Faktoren maßgeblichen Einfluss darauf haben. U.a. führen BUXTON & REDFEARN (1997) Gerüstsubstanzen, im speziellen Lignin, als limitierenden Faktor der Verdaulichkeit an. Welche Fraktionen der Gerüstsubstanzen sich zum Ende der Vegetationszeit in etablierten Pflanzengesellschaften (= *Lolio*- und *Festuco-Cynosureten*) als erst-limitierend ausweisen, soll anhand unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie Schonungsgrad und variierendem Wintererntetermin untersucht werden.

## Material und Methoden

An sechs verschiedenen Standorten wurden im Frühjahr 1999 die Versuche einheitlich als Lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen angelegt. Die entsprechenden Faktoren und Stufen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Varianten

Faktoren	Stufen	
1. Assoziation	1.1 <i>Festuco-Cynosuretum</i> 1.2 <i>Lolio-Cynosuretum</i>	
2. Standort	<i>Lolio-Cynosureten</i> 2.1 320 m ü. NN 2.2 390 m ü. NN 2.3 420 m ü. NN	<i>Festuco-Cynosureten</i> 2.4 370 m ü. NN 2.5 415 m ü. NN 2.6 460 m ü. NN
3. Vornutzung	3.1 Anfang Juni (= 1x) 3.2 Anfang Juni + Anfang Juli (= 2x)	
4. Erntetermin	4.1 Anfang November 4.2 Mitte Dezember 4.3 Ende Januar	
5. Zeit	5.1 Erstes Hauptnutzungsjahr (= 1999/2000) 5.2 Zweites Hauptnutzungsjahr (= 2000/2001) 5.3 Drittes Hauptnutzungsjahr (= 2001/2002)	

Die Verdaulichkeit organischer Substanz (DOM) wurde über die Variablen Gasbildung, Rohprotein- und Aschegehalt nach der Formel 43f (MENKE & STEINGASS 1987, OPITZ V. BOBERFELD et al., 2003) geschätzt. Die Daten der Ergosterol-Konzentrationen wurden zur weiteren Beschreibung der Futterqualität nach Verseifung und Ex-

traktion in Petrolether mit der HPLC am UV-Detektor bestimmt (SCHWADORF & MÜLLER 1989, ANONYMUS 1993). Mit Hilfe der Anthronmethode (YEMM & WILLIS 1954) wurden die wasserlöslichen Kohlenhydrate kolorimetrisch bestimmt. Nach ANONYMUS (1997) wurden die Konzentrationen der Neutralen Detergentien Faser (= NDF), der Sauren Detergentien Faser (= ADF) und des Sauren Detergentien Lignins (= ADL) analysiert.

## Ergebnisse

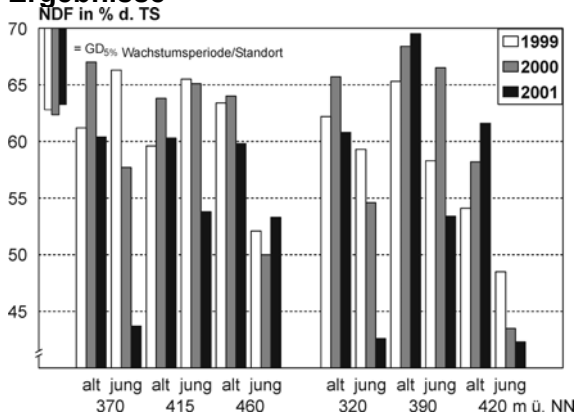


Abb. 1: NDF-Konzentration in der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von Wachstumsperiode und Standort

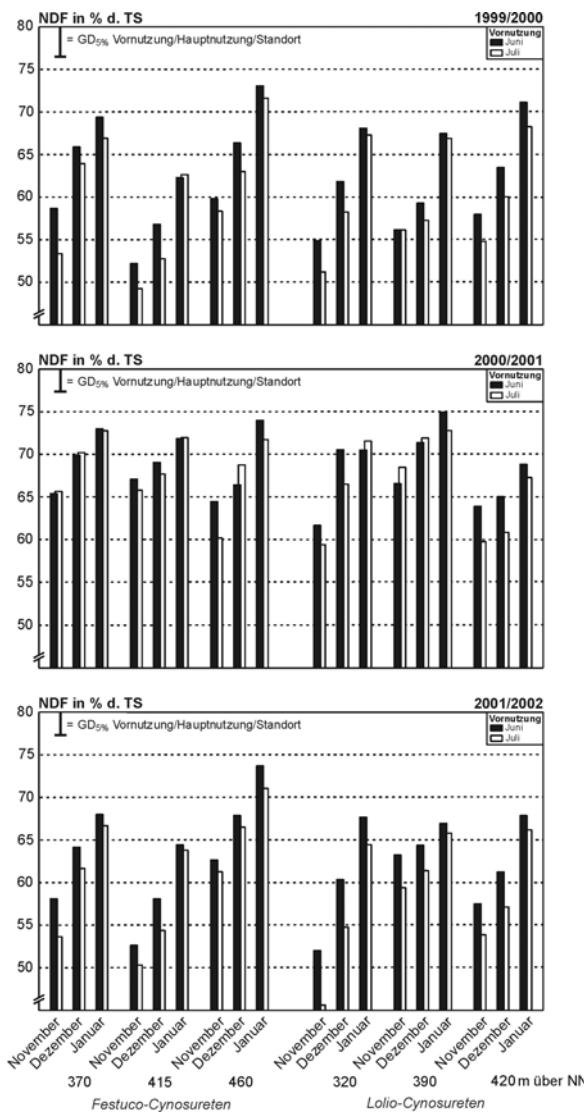


Abb. 2: NDF-Konzentration im Winter in Abhängigkeit von Vornutzung, Hauptnutzung und Standort

Um die Höhe der NDF-Konzentration im Winter einordnen zu können, sei hier auf die NDF-Konzentrationen der Vegetationsperiode verwiesen, vgl. Abbildung 1. Der größte Einfluss auf die NDF-Konzentration geht im Winter in allen drei Jahren vom Erntetermin aus, gefolgt vom Standort und der Vornutzung. Ebenso in allen drei Winterperioden gesichert ist die Interaktion Erntetermin x Standort, da sich die Standorte zu den Ernteterminen unterschiedlich verhalten. Wie in der Vegetationsperiode, so unterscheiden sich auch im Winter die NDF-Konzentrationen der *Festuco-Cynosureten* und *Lolio-Cynosureten* nicht voneinander und erreichen, betrachtet über drei Winter, eine Konzentration von 63,6%. Die TS-Erträge sind ebenfalls nicht unterschiedlich. Es sind jedoch deutliche jahrbedingte Unterschiede festzustellen, so zeichnet sich der Winter 2000/2001 durch vergleichsweise milde und niederschlagsreiche Witterung aus, was sich in den höchsten TS-Erträgen wie auch in den höchsten NDF-Konzentrationen widerspiegelt, vgl. Abbildung 2. Falls Unterschiede zwischen früher und später Vornutzung auftreten, zeichnet sich das jüngere Pflanzenmaterial meist durch niedrigere NDF-Konzentrationen aus, vgl. Abbildung 2. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz verhält sich konform mit der NDF-Konzentration, so sind auch hier im Mittel der Winter die Pflanzengesellschaften nicht verschieden. Auch hier verhalten sich die Verdaulichkeiten der organischen Substanz jahrbedingt unterschiedlich, wobei der vergleichsweise milde und niederschlagsreiche Winter 2000/2001 im Mittel der Pflanzengesellschaften die niedrigsten Verdaulichkeiten aufweist. Den größten Einfluss hat sowohl im ersten als auch im letzten Winter der Erntetermin, im zweiten Winter jedoch der Standort. Die Verdaulichkeiten der organischen Substanz zeigen keine eindeutige Rangfolge zu den Winterernteterminen und liegen im Mittel der drei Winter bei 55,6%. Die Beziehungen der untersuchten Merkmale gehen aus Tabelle 2 hervor, wobei diese zwischen DOM und NDF jahrunabhängig hoch sind.

Tabelle 2: Korrelationstabelle

	NDF	ADF	ADL	wIK	Ergosterol	XP	Ertrag
DOM 1999/2000 2000/2001 2001/2002	-0,90**	-0,75**	-0,86**	+0,80**	-0,48**	+0,51**	+0,37**
	-0,71**	-0,59**	-0,50**	+0,72**	-0,59**	+0,19	+0,37**
	-0,91**	-0,79**	-0,78**	+0,84**	-0,76**	+0,50**	+0,27**
NDF 1999/2000 2000/2001 2001/2002	+0,83**	+0,79**	-0,82**	+0,50**	-0,52**	-0,29**	-0,29**
	+0,78**	+0,52**	-0,86**	+0,53**	-0,45**	-0,27**	-0,27**
	+0,89**	+0,73**	-0,89**	+0,79**	-0,49**	-0,36**	-0,36**
ADF 1999/2000 2000/2001 2001/2002	+0,75**	-0,62**	+0,19*	-0,79**	-0,01	-0,01	-0,01
	+0,44**	-0,71**	+0,45**	-0,70**	-0,18	-0,18	-0,18
	+0,78**	-0,78**	+0,65**	-0,67**	-0,21*	-0,21*	-0,21*
ADL 1999/2000 2000/2001 2001/2002	-0,72**	+0,43**	-0,52**	-0,26**	-0,26**	-0,26**	-0,26**
	-0,50**	+0,34**	-0,08	-0,29**	-0,29**	-0,29**	-0,29**
	-0,67**	+0,57**	-0,53**	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18
wIK 1999/2000 2000/2001 2001/2002	-0,57**	+0,16	+0,51**	+0,51**	+0,51**	+0,51**	+0,51**
	-0,70**	+0,22*	+0,38**	+0,38**	+0,38**	+0,38**	+0,38**
	-0,89**	+0,29**	+0,40**	+0,40**	+0,40**	+0,40**	+0,40**

### Zusammenfassung

- Die engste Beziehung in der Vegetationsperiode besteht zwischen NDF und DOM.
- Auch bei den Winterernteterminen besteht jahrunabhängig die engste Beziehung zwischen DOM und NDF.
- Die vergleichsweise hohen NDF-Konzentrationen des Standortes 390 m ü. NN im Winter 2000/2001 sind in dem hohen Ertragsanteil von *Alopecurus pratensis* begründet.
- Offensichtlich wird die DOM im Winter von zahlreichen Faktoren, wie Bestandzusammensetzung, zusätzlich beeinflusst und lässt gezielte Voraussagen kaum zu, jedoch sind - vor allem durch den Erntetermin im Winter - positive Auswirkungen zu erwarten.

### Literatur

- ANONYMUS, 1993: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 3. Ergänzungslieferung. – Verl. VDLUFA Darmstadt.
- BANZHAF, K., 2004: Einfluss von Pflanzengesellschaft und Bewirtschaftungsintensität auf Muster und Konzentration ausgewählter Mineralstoffe von Winterweidefutter. Diss. Gießen
- BUXTON, D.R. & D.D. REDFEARN, 1997: Plant limitations to fiber digestion and utilization. – J. Nutr. **127**, 814-818.
- 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. **15**, 59-94.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., 1994: Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen. – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., 1997: Winteraußenhaltung von Mutterkühen in Abhängigkeit vom Standort unter pflanzenbaulichem Aspekt. – Ber. Landw. **75**, 604-618.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. & D. WOLF, 2002: Zum Effekt pflanzenbaulicher Maßnahmen auf Qualität und Ertrag von Winterfutter "auf dem Halm". – German J. Agron. **6**, 9-16.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., P.C. THEOBALD & H. LASER, 2003: Prediction of digestibility and energy concentration of winter pasture forage and herbage of low-input grassland – a comparison of methods. – Arch. Anim. Nutr. **57**, 167-176.
- SCHWADORF, K. & H.-M. MÜLLER, 1989: Determination of ergosterol in cereals, feed components, and mixed feed by liquid chromatography. -J. Assoc. Off. Anal. Chem. **72**, 457-462.
- WÖHLER, K., 2003: Zur Qualität und Masse von Winterweidefutter in Abhängigkeit von Standort, Pflanzengesellschaft und Bewirtschaftung. – Diss. Gießen.
- WOLF, D., 2002: Zum Effekt von Pflanzenbestand, Vornutzung und Nutzungstermin auf Qualität und Masse von Winterweidefutter. – Diss. Gießen.
- YEMM, E. W. & A. J. WILLIS, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochem. J. **54**, 508 - 514.

# Wetterbasierte Modellierung der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais

S. Kruse, A. Herrmann, A. Kornher, F. Taube

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau

## Einleitung und Problemstellung

Im Rahmen des Projektes „Regionale Erntezeitprognose von Silomais“ wurde ein Modell zur Erntezeitprognose von Silomais entwickelt. Diese Modellierung bietet die Möglichkeit den optimalen Erntetermin vorherzusagen um bestmögliche Futterqualität sicherzustellen, außerdem wird eine differenziertere Charakterisierung von Sortentypen anhand futterwertbestimmender Parameter ermöglicht. Der Futterwert von Silomaisgenotypen wird neben dem Stärkegehalt entscheidend durch den Gehalt bzw. durch die Abbaubarkeit der pflanzlichen Zellwandbestandteile beeinflusst. Die Anteile der Faserkomponenten sind ebenso wie ihre Gehalte im Verlauf der Abreife systematischen Schwankungen unterworfen. Während in der generativen Phase die Assimilattranslokation in den Kolben zu sinkenden Zellwandgehalten führt, nimmt dieser in der Restpflanze mit zunehmender Alterung deutlich zu. Diese Prozesse werden in hohem Maße durch den Genotyp, aber auch durch Umweltbedingungen direkt oder indirekt beeinflusst.

Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist es, die umweltbedingte Variation der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf zu quantifizieren. Die Modellierung der Qualitätsveränderungen im Modell FOPROQ (KORNHER et al., 1991) beruht auf der engen Beziehung zur phänologischen Entwicklung, die durch Umweltbedingungen wie Temperatur, Einstrahlung und pflanzenverfügbares Bodenwasser gesteuert wird.

## Material und Methoden

Die vorgestellte Untersuchung beruht auf Daten, die in einem dreijährigen Feldversuch auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel erhoben wurden. Geprüft wurden acht Silomaisorten, die hinsichtlich Reifegruppe (früh, mittelfrüh, mittelspät), Abreifeverhalten (stay green, normal, dry down) und zu erwartender Inhaltsstoffzusammensetzung das Sortenspektrum von Mais repräsentieren. Die Pflanzen wurden an sechs Terminen (1 vor, 5 nach der Blüte) in der Vegetationsperiode beprobt. Mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) wurden die Gehalte an Gerüstsubstanzen (NDF (neutral detergent fiber), ADF (acid detergent fiber), Hemicellulose und Cellulose) im Kolben bzw. in der Restpflanze ermittelt, wobei die Kalibration und Validation auf der Analyse der pflanzlichen Zellwandbestandteile in Anlehnung an GOERING und VAN SOEST (1970, zit. in NAUMANN und BASSLER, 1976) beruhte. Die Gehalte der Gesamtpflanze resultieren aus den Anteilen von Kolben und Restpflanze und ihren entsprechenden Gehalten. Zur näheren Beschreibung der Probenahme, Analyse bzw. zur Güte der NIRS-Schätzung siehe KRUSE et al. (2004, 2005).

Das Qualitätsmodell unterstellt die Existenz zweier Qualitätslevels, wobei die Qualitätsveränderungen von einem zum anderen Level kontinuierlich erfolgen und durch Umweltbedingungen beeinflusst werden. Umweltfaktoren wie Temperatur, Strahlung und pflanzenverfügbares Bodenwasser werden über geeignete Funktionen in entsprechende Veränderungsraten konvertiert, aufsummiert und zu dem betreffenden Futterqualitätskriterium in Beziehung gesetzt. Eine Optimierungsroutine erlaubt die Minimierung der Abweichung zwischen den gemessenen und simulierten Daten auf Basis der Summe der kleinsten Quadrate. Die Kalibrierung der Modellparameter wurde sortenspezifisch vorgenommen.

## Ergebnisse und Diskussion

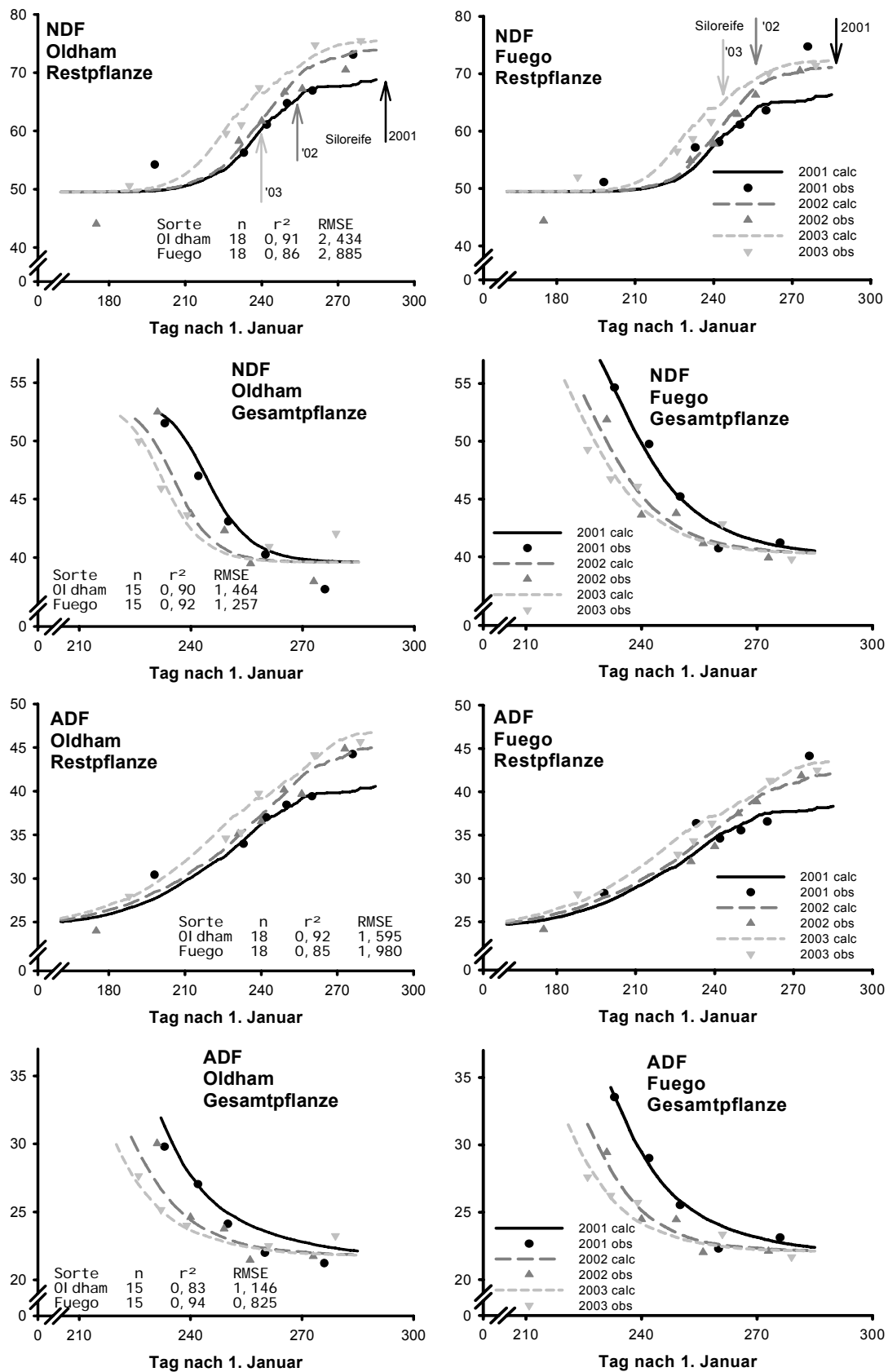


Abb. 1: Simulierte (Linien) und gemessene (Symbole) NDF- und ADF- Gehalte von Rest- bzw. Gesamtpflanze der Sorten Oldham und Fuego in den Jahren 2001-2003.

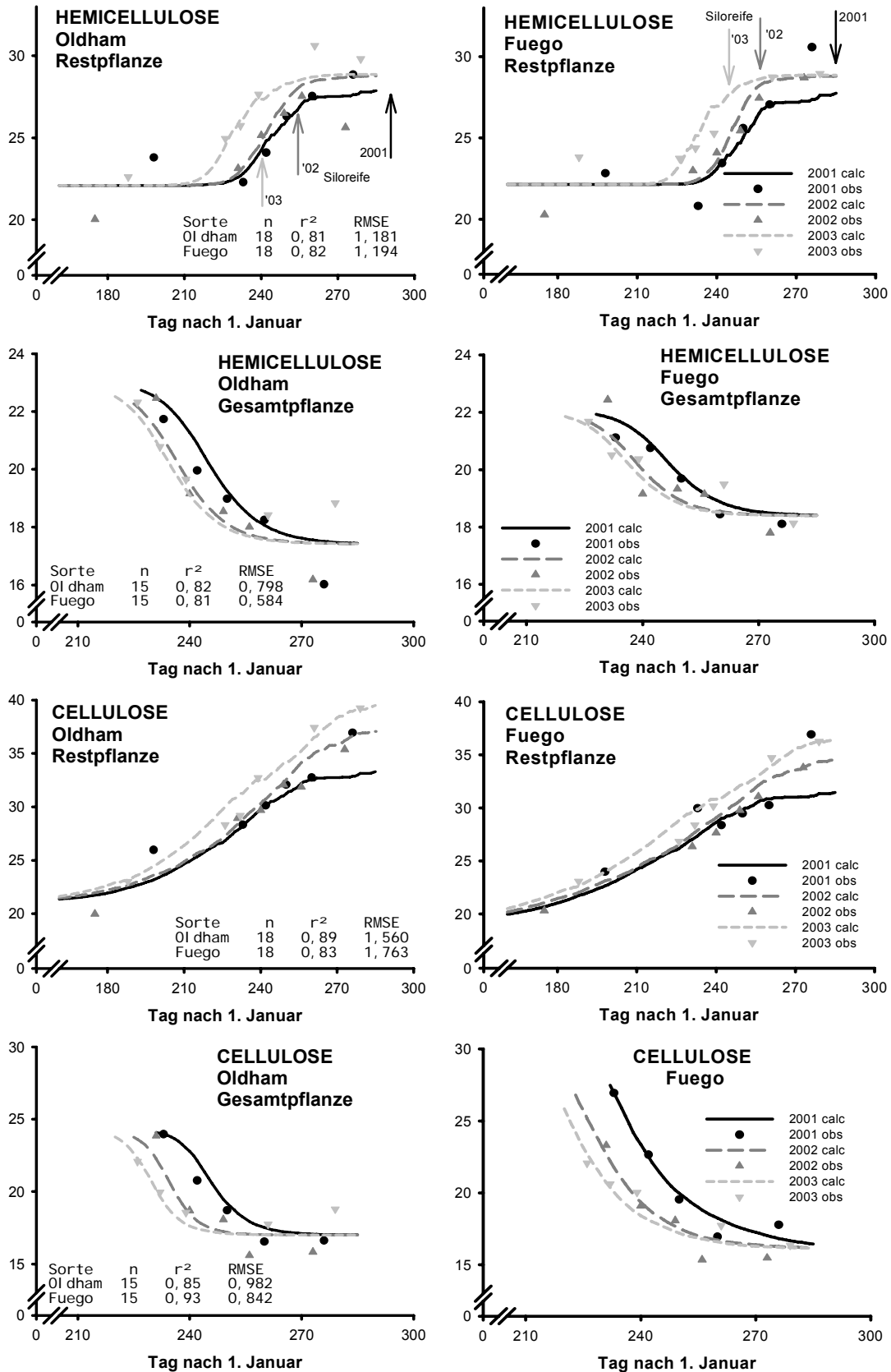


Abb. 2: Simulierte (Linien) und gemessene (Symbole) Hemicellulose- und Cellulosegehalte von Rest- bzw. Gesamtpflanze der Sorten Oldham und Fuego in den Jahren 2001-2003.

Abbildungen 1 und 2 stellen die simulierten Gehalte an ADF, NDF, Hemicellulose und Cellulose der Rest- bzw. Gesamtpflanze den ermittelten Werten gegenüber. Die dargestellten Sorten wurden auf Grund ihres unterschiedlichen Abreifeverhaltens ausgewählt. Während Oldham mit einer Siloreifezahl (SRZ) von 210 der frühen Reifegruppe zuzuordnen ist und gleichmäßig abreift, gehört die Sorte Fuego der mittelfrühen Gruppe an (SRZ 250) und kann als stay green Typ angesprochen werden. Die Gehalte der Kolben wurden bei der Modellierung auf Grund ihrer geringen Variation nicht berücksichtigt. In den sinkenden Gerüstsubstanzengehalten der Gesamtpflanze spiegeln sich die durch Stärkeakkumulation im Kolben sinkenden Gehalte wider, die die ansteigenden Gehalte in der Restpflanze überlagern.

Die Gehalte der Gerüstsubstanzen konnten zufrieden stellend für alle Sorten und Fraktionen mit dem Modell abgebildet werden, wie mittlere Prognosefehler (RMSE = Root Mean Squared Error) von 0,69-2,89% und Bestimmtheitsmaße ( $R^2$ ) von 0,81-0,94 erkennen lassen. Lediglich im Jahr 2001 wurden die Werte der Restpflanze am letzten Termin systematisch unterschätzt. Der Verlauf der Gehalte an Zellwandbestandteilen in der Restpflanze ist gekennzeichnet durch einen verzögerten Anstieg im Jahr 2001, begleitet von einer verzögerten Kolbenentwicklung (Daten nicht dargestellt), was in einer deutlichen Differenzierung der Jahre auch für die Gesamtpflanze resultiert. Diese Effekte sind im Wesentlichen auf die im Vergleich zu den beiden Folgejahren niedrigere Temperatur in der Vegetationsperiode im Jahr 2001 zurückzuführen (Tagesmitteltemperatur jeweils berechnet vom 01.05.-30.09.: 14,8 °C; 16,4 °C; 16,7 °C für 2001, 2002 und 2003). Die Höhe der Einstrahlung (Tagesmittel Globalstrahlung: 1658,0 J cm<sup>-2</sup>; 1557,8 J cm<sup>-2</sup>; 1731,5 J cm<sup>-2</sup>), sowie insbesondere der im Jahr 2003 auftretende Trockenstress (Niederschlagssumme: 436mm, 445mm, 210mm) scheinen hingegen einen geringeren Einfluss auf die Ausbildung von Gerüstsubstanzen ausgeübt zu haben, wie der Vergleich der Jahre 2002 und 2003 erkennen lässt. In der Gesamtpflanze tritt die Differenzierung der Jahre am deutlichsten in der frühen Entwicklungsphase hervor, mit zunehmender Abreife nähern sich die Verläufe an.

Ein Vergleich der Sorten weist geringere Gehalte an Gerüstsubstanzen in der Restpflanze für die stay-green Sorte Fuego aus. Dies wird jedoch nicht in den Werten für die Gesamtpflanze widerspiegelt, da der Kolbenanteil variierend wirkt.

### **Schlussfolgerung**

Es bleibt festzuhalten, dass die Modellierung der Gehalte an Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, Hemicellulose und Cellulose) mittels FOPROQ auch für Silomais zufrieden stellende Ergebnisse mit geringen Fehlern und guten Bestimmtheitsmaßen ergeben hat. Der Faktor ‚Jahr‘, der sich signifikant bei der varianzanalytischen Verrechnung der Gehalte erwies (vgl. KRUSE et al. 2005) konnte durch die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse der Versuchsjahre erklärt werden.

### **Literatur**

- KORNHER, A., P. NYMAN und F. TAUBE, 1991: Ein Computermodell zur Berechnung der Qualität und Qualitätsveränderung von gräserdominierten Grünlandaufwüchsen aus Witterungsdaten. *Das wirtschaftseigene Futter*, 37, 232-248.
- KRUSE, S., A. HERRMANN und F. TAUBE, 2004: Differenziertere Beschreibung von Maisorten mittels der Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und Stärke. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, 6, 197-200.
- KRUSE, S., A. HERRMANN, A. KORNHER und F. TAUBE, 2005: Genotypbedingte Veränderungen der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais. *dieser Tagungsband*.
- NAUMANN, C. und R. BASSLER, 1976: *Methodenbuch Bd.III. Die chemische Analyse von Futtermitteln*. Verlag Neumann, Melsungen, Berlin, Basel und Wien.

# Genotypbedingte Veränderungen der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais

S. Kruse, A. Herrmann, F. Taube

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau

## Einleitung und Problemstellung

Der Futterwert von Silomais wird neben dem Stärkegehalt entscheidend durch die Abbaubarkeit der Zellwand determiniert, welche primär aus Cellulose, Hemicellulose und Lignin zusammengesetzt ist. Die Anteile der drei Faserkomponenten sind wie ihre Gehalte an der Gesamtpflanze im Verlauf der Abreife systematischen Veränderungen unterworfen. Während in der generativen Phase die Assimilattranslokation in den Kolben zu sinkenden Zellwandgehalten führt, nimmt dieser in der Restpflanze mit zunehmender Alterung deutlich zu. Diese Prozesse werden in hohem Maße durch den Genotyp, aber auch durch Umweltbedingungen direkt oder indirekt beeinflusst.

Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist es, die genotypbedingten Gehaltsveränderungen der Zellwandbestandteile Cellulose, Hemicellulose und Lignin im Vegetationsverlauf für die Restpflanze, den Kolben und die Gesamtpflanze unterschiedlicher Silomaisorten zu quantifizieren.

## Material und Methoden

Die vorgestellte Untersuchung basiert auf dreijährigen Daten (2001-2003) die auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel erhoben wurden. Geprüft wurden acht Silomaisorten, die hinsichtlich Reifegruppe, Abreifeverhalten und zu erwartender Inhaltsstoffzusammensetzung das Sortenspektrum von Mais repräsentieren (s. KRUSE et al., 2004). Die Beprobung erfolgte an sechs Terminen (1 Termin vor, 5 Termine nach der Blüte). Die Gehalte an Gerüstsubstanzen im Kolben und in der Restpflanzen wurden mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) ermittelt (s. Tab. 1).

Tabelle 1: Statistische Kennzahlen der NIRS-Kalibration und NIRS-Validation für die Parameter NDF, ADF, ADL.

Parameter	n		Mittelwert		SEC		R <sup>2</sup>		SEV/SEP	
	Kolb	Rest	Kolb	Rest	Kolb	Rest	Kolb	Rest	Kolb	Rest
NDF	51	52	25.90	61.01	1.40	0.55	0.98	1.00	1.80	0.97
ADF	52	52	12.07	35.83	0.69	1.08	0.98	0.97	1.05	1.27
ADL	53	52	4.98	6.38	0.86	0.83	0.76	0.79	1.22	1.22

(n: Kalibrationsprobenanzahl, SEC: Standardfehler der Kalibration, R<sup>2</sup>: Bestimmtheitsmaß, SEV/SEP: Standardfehler der Validation)

Die Kalibration und Validation erfolgte für die Gehalte an NDF (neutral detergent fiber), ADF (acid detergent fiber) und ADL (acid detergent lignin) in Anlehnung an GOERING und VAN SOEST (1970, zit. in NAUMANN und BASSLER, 1976), wobei sowohl bei der NDF- als auch bei der ADF-Bestimmung der Kolben hitzestabile Amylase dazugegeben wurde (100-300µl). Die Gehalte der Faserkomponenten Cellulose und Hemicellulose wurden anschließend rechnerisch ermittelt (ADF-ADL = Cellulose; NDF-ADF (Cellulose und Lignin) = Hemicellulose).

Die Gesamtpflanzengehalte resultieren aus den Anteilen von Kolben und Restpflanze und ihren entsprechenden Gehalten. Die varianzanalytische Verrechnung erfolgte durch die Prozedur „mixed model“ des Programmpaketes SAS 8.2 (SAS Inst. Inc.), wobei für „repeated measurements“ eine heterogene, autoregressive Kovarianzstruktur angenommen wurde. Die paarweisen Mittelwertvergleiche wurden mittels t-test und anschließender Bonferroni-Holm Korrektur vorgenommen.



## Ergebnisse und Diskussion

Die Wechselwirkung ‚Sorte (innerhalb Reifegruppe) x Termin‘ zeigt bei der varianzanalytischen Verrechnung der Gehalte von Hemicellulose, Cellulose und Lignin in der Gesamtpflanze keine signifikanten Unterschiede. Die Wechselwirkung ist signifikant für den Lignin- und Cellulosegehalt der Restpflanze und die Hemicellulose- und Cellulosegehalte des Kolbens (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Ergebnisse der Varianzanalyse: Einfluss von Jahr, Reifegruppe, Sorte innerhalb einer Reifegruppe und Erntetermin auf den Hemicellulose-, Lignin- und Cellulosegehalt von Gesamtpflanze, Restpflanze und Kolben.

<i>Hemicellulose</i> Effect	Num DF			F Value			Pr>F		
	Gesamt	Restpfl.	Kolben	Gesamt	Restpfl.	Kolben	Gesamt	Restpfl.	Kolben
jahr	2	2	2	45.19	49.60	1.55	<.0001	<.0001	0.2213
reife	2	2	2	13.79	51.27	14.29	<.0001	<.0001	<.0001
sorte(reife)	5	5	5	5.94	3.36	3.10	0.0002	0.0101	0.0158
termin	5	5	4	170.71	254.08	192.64	<.0001	<.0001	<.0001
block	1	1	1	0.68	2.14	0.03	0.4143	0.1490	0.8678
reife*termin	10	10	8	3.77	6.47	3.55	0.0006	<.0001	0.0017
sorte(reife)*termin	25	25	20	1.42	1.57	1.87	0.1360	0.0790	0.0288
jahr*reife	4	4	4	2.59	1.68	1.14	0.0457	0.1680	0.3521
jahr*sorte(reife)	10	10	10	1.57	0.78	2.50	0.1390	0.6485	0.0192
jahr*termin	10	10	8	15.63	22.74	11.39	<.0001	<.0001	<.0001
<i>Lignin</i> Effect	Num DF			F Value			Pr>F		
	Gesamt	Restpfl.	Kolben	Gesamt	Restpfl.	Kolben	Gesamt	Restpfl.	Kolben
jahr	2	2	2	77.17	137.97	25.86	<.0001	<.0001	<.0001
reife	2	2	2	3.80	1.91	1.69	0.0276	0.1562	0.1940
sorte(reife)	5	5	5	2.58	6.07	4.41	0.0345	<.0001	0.0019
termin	5	5	4	100.61	269.26	25.90	<.0001	<.0001	<.0001
block	1	1	1	4.10	6.10	0.04	0.0470	0.0161	0.8495
reife*termin	10	10	8	2.51	2.75	0.83	0.0127	0.0075	0.5815
sorte(reife)*termin	25	25	20	1.23	1.97	1.03	0.2508	0.0174	0.4361
jahr*reife	4	4	4	2.07	1.93	0.77	0.0944	0.1152	0.5524
jahr*sorte(reife)	10	10	10	0.67	0.75	1.55	0.7438	0.6728	0.1492
jahr*termin	10	10	8	12.60	19.17	6.16	<.0001	<.0001	<.0001
<i>Cellulose</i> Effect	Num DF			F Value			Pr>F		
	Gesamt	Restpfl.	Kolben	Gesamt	Restpfl.	Kolben	Gesamt	Restpfl.	Kolben
jahr	2	2	2	156.91	69.11	37.95	<.0001	<.0001	<.0001
reife	2	2	2	157.30	48.12	51.71	<.0001	<.0001	<.0001
sorte(reife)	5	5	5	10.40	8.35	7.77	<.0001	<.0001	<.0001
termin	5	5	4	408.36	1355.95	366.68	<.0001	<.0001	<.0001
block	1	1	1	0.09	7.25	2.13	0.7601	0.0092	0.1530
reife*termin	10	10	8	18.19	7.01	5.66	<.0001	<.0001	<.0001
sorte(reife)*termin	25	25	20	1.70	2.07	2.22	0.0529	0.0131	0.0079
jahr*reife	4	4	4	8.80	1.16	8.06	<.0001	0.3392	<.0001
jahr*sorte(reife)	10	10	10	1.63	1.99	1.82	0.1193	0.0506	0.0910
jahr*termin	10	10	8	25.35	48.34	7.39	<.0001	<.0001	<.0001

Im Ligningehalt unterscheiden sich die Restpflanzen der Sorten innerhalb der frühen Reifegruppe am 3. Termin signifikant voneinander. Sortenunterschiede im Cellulosegehalt der Restpflanze ergeben sich innerhalb der frühen (2. und 3. Termin) und mittelfrühen Gruppe (4. und 5. Termin). Die Kolbengehalte variieren in der mittelfrühen (3.-5. Termin) und mittelspäten Reifegruppe (2. Termin). Diese Effekte sind marginal, im Folgenden werden daher nur die Verläufe der drei Reifegruppen dargestellt.

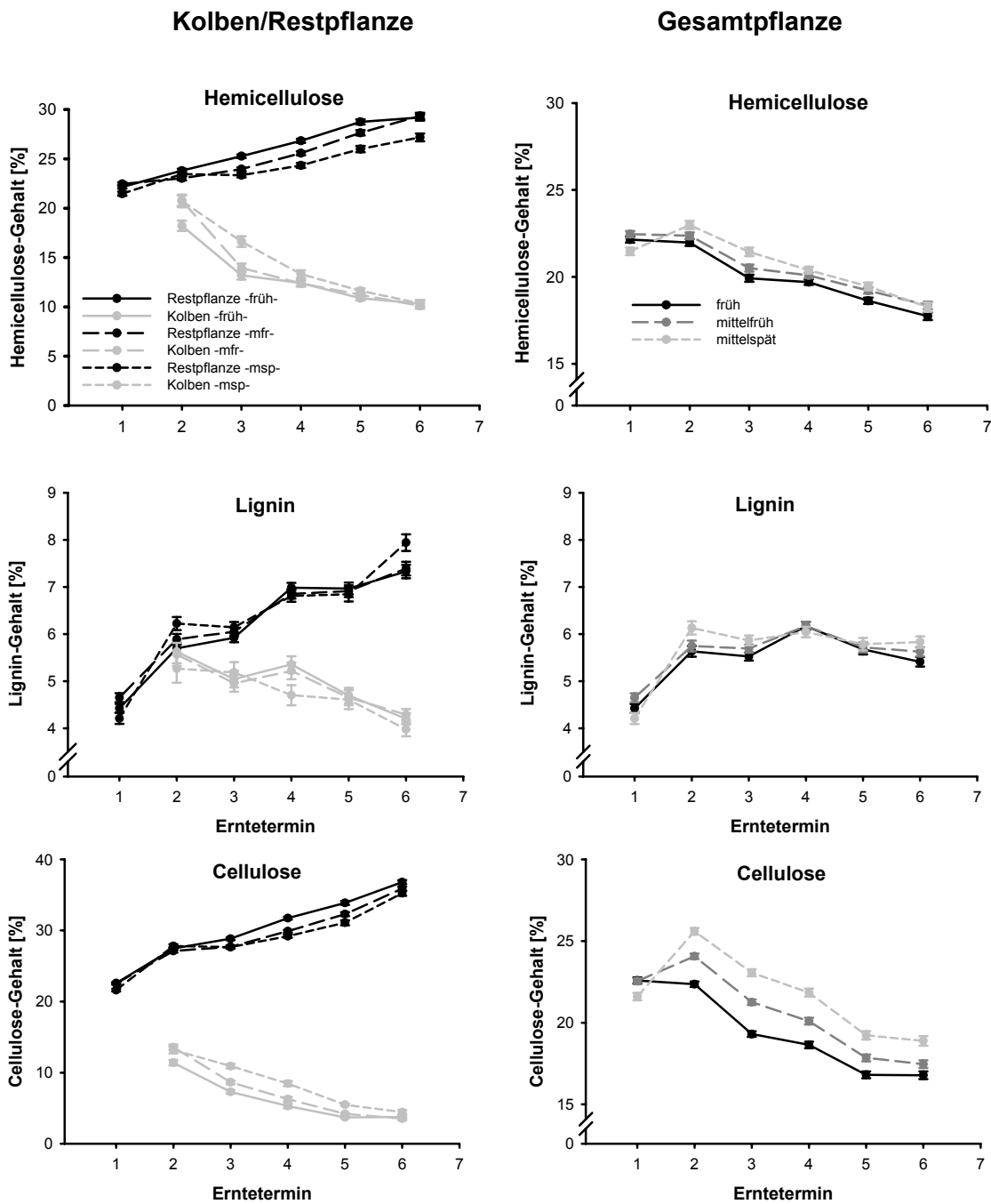


Abb. 1: Gehalte von Restpflanze bzw. Kolben und Gesamtpflanze der frühen, mittelfrühen (mfr) und mittelspäten (msp) Reifegruppe an Hemicellulose, Lignin und Cellulose im Mittel über die Jahre 2001-2003, I: Standardfehler.

Wie zu erwarten, steigen die Gehalte von Hemicellulose (21-29%), Lignin (4-8%) und Cellulose (22-37%) in der Restpflanze innerhalb der Vegetationsperiode an. Die Hemicellulose und Cellulosegehalte der früheren Sorten liegen außer am Erntetermin 2 durch die weiter vorangeschrittene Abreife in den Restpflanzen signifikant über denen der mittelspäten Sorten. Die Ligningehalte in der Restpflanze der mittelspäten Sorten liegen am letzten Erntetermin über denen der früheren Reifegruppen, dieses kann ebenfalls am 2. Termin abgesichert werden, wohingegen am ersten Termin die mittelspäte Reifegruppe signifikant niedrigere Gehalte aufweist als die mittelfrühe. Eine Reifegruppendifferenzierung im abnehmenden Ligningehalt des Kolbens kann mit Ausnahme des 4. Termins nicht abgesichert werden. Durch die früher einsetzende Stärke-

akkumulation im Kolben nehmen die Gehalte an Hemicellulose und Cellulose in den früheren Reifegruppen schneller ab. Die Gehalte an Hemicellulose im Kolben der mittelspäten Sorten sind am 2., 3. und 5. Termin signifikant höher als die der früheren Reifegruppen. Die Cellulosegehalte im Kolben der mittelspäten Sorten sind zu jedem Termin signifikant höher als die früherer Reifegruppen. Hemicellulose- und Cellulosegehalte der Reifegruppen gleichen sich am letzten Erntetermin bei 10 bzw. 3% an. Die Stärkeeinlagerung in den Kolben, die dadurch induzierten abnehmenden Gerüstsubstanzegehalte und der ansteigende Kolbenanteil überlagern den Effekt der zunehmenden Gehalte in der Restpflanze, so dass in der Gesamtpflanze die Anteile der Zellwandbestandteile Hemicellulose und Cellulose nach der Blüte der Pflanzen sinken. Die mittelspäte Reifegruppe weist einen signifikant höheren Gehalt an Hemicellulose auf, welcher jedoch statistisch am letzten Erntetermin (17-18%) nicht abzusichern ist. Die deutlichste Differenzierung zwischen den Reifegruppen ist im Cellulosegehalt der Gesamtpflanze zu finden. Die Gehalte fallen von 23-25% (2. Termin) zum Ende der Vegetationsperiode auf 16-18%. Signifikante Unterschiede zwischen den Reifegruppen lassen sich an jedem Termin absichern, Ausnahmen bilden die Vergleiche zwischen den frühen und mittelfrühen Sorten am ersten und letzten Termin. Der Ligningehalt der Gesamtpflanze variiert von 4-6%, wobei die mittelspäten Sorten am 2., 3. und 6. Termin einen höheren Ligningehalt und am ersten Termin einen niedrigeren Gehalt aufweisen als die früheren Reifegruppen.

### **Schlussfolgerung**

Sortenunterschiede innerhalb der Reifegruppen konnten zum ernterelevanten Zeitpunkt in dieser Studie für die Gesamtpflanzen nicht ermittelt werden. Vor dem Hintergrund, dass unterschiedliche Gehalte an Gerüstsubstanzen keine Aussage darüber erlauben, ob sich die untersuchten Genotypen hinsichtlich ihrer Abbaubarkeit unterscheiden (vgl. u.a. CONE and ENGELS, 1993; TOLERA et al., 1999) wird zur weiteren Differenzierung des Probenmaterials die Gasbildung an Anlehnung an den Hohenheimer-Futterwerttest analysiert. Da außerdem bei der varianzanalytischen Verrechnung der Faktor ‚Jahr‘ als Haupteffekt oder in Interaktion einen höchst signifikanten Einfluss auf die Gehalte an Gerüstsubstanzen aufweist, sollen die umweltbedingten Variationen der Gehalte im Vegetationsverlauf mit dem witterungsgesteuerten Modell FOPROQ quantifiziert werden (KRUSE et al., 2005).

### **Literatur**

- CONE, J.W. and F.M. ENGELS, 1993: The influence of ageing on cell wall composition and degradability of three maize genotypes. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 40, 343-355.
- KRUSE, S., A. HERRMANN und F. TAUBE, 2004: Differenzierte Beschreibung von Mais-sorten mittels der Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und Stärke. *Mitteilung der AG Grünland und Futterbau Band 6*, 197-200.
- KRUSE, S., A. HERRMANN, A. KORNER und F. TAUBE, 2005: Wetterbasierte Modellierung der Gehalte an Gerüstsubstanzen im Vegetationsverlauf von Silomais, dieser Tagungsband.
- NAUMANN, C. und R. BASSLER, 1976: *Methodenbuch Bd.III. Die chemische Analyse von Futtermitteln*. Verlag Neumann, Melsungen, Berlin, Basel und Wien.
- TOLERA, A., Berg, T. and F. SUNDSTØL, 1999: The effect of variety on maize grain and crop residue yield and nutritive value of the stover. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 79, 165-177.

# Vergleichbarkeit der Rohproteinbestimmung nach DUMAS und nach KJELDAHL bei unterschiedlichen Weideaufwüchsen

H. Laser

Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen

## Einleitung

Für die Rohproteinbestimmung von Futterproben stehen in Deutschland offiziell zwei Verbandsmethoden zur Verfügung: die Analyse nach KJELDAHL und die N-Bestimmung nach DUMAS über Elementaranalyse. Da Grünlandaufwüchse insbesondere bei extensiver Bewirtschaftungsweise bezogen auf die Rohproteinkonzentrationen einen weiten Wertebereich aufweisen, stellt sich vor allem hier die Frage, inwieweit bei unterschiedlichen Niveaus mit den konkurrierenden Methoden vergleichbare Werte zu erzielen sind.

## Material und Methoden

Um Ergebnisse von Rohproteinanalysen nach DUMAS und nach KJELDAHL direkt gegenüber stellen zu können, wurden insgesamt 208 Pflanzenproben unterschiedlicher Weideaufwüchse nacheinander mit beiden Methoden untersucht. Um möglichst verallgemeinerungsfähige Aussagen treffen zu können, wurden jeweils Primäraufwüchse und Sekundäraufwüchse aus zwei unterschiedlichen Jahren von an drei Standorten mehrfaktoriell angelegten Freilandversuchen untersucht. Die Versuche beinhalteten die Faktoren Kalkung (= 0, 40 dt CaO ha<sup>-1</sup> als CaCO<sub>3</sub>) und N-Gabe (= 0, 80 kg N ha<sup>-1</sup> als Kalkammonsalpeter). Die Primäraufwüchse wurden bereits Anfang Mai bei geringem TS-Ertrag geerntet, um auch hohe Rohproteinkonzentrationen in die Betrachtung einbeziehen zu können. Bei der Elementaranalyse nach Dumas werden die Proben in einem Trägergasstrom unter Sauerstoffzugabe bei etwa 1000° C verbrannt. Die entstehenden Stickoxide werden zu molekularem Stickstoff reduziert, der nun mit einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor und spezifischer Software quantitativ erfasst wird. Die Bestimmung nach Kjeldahl beruht dagegen auf einer Nassveraschung mit Schwefelsäure und der Überführung von NH-, NH<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub>-Gruppen in die NH<sub>4</sub>-Form. Im weiteren Verlauf wird NH<sub>3</sub> aus der Aufschluslösung freigesetzt, das mit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> reagiert (ANONYMUS 1997). Aus der neutralisierten Säuremenge errechnet sich die N-Konzentration. Bei beiden Verfahren wird der Faktor nach Mulder von 6,25 benutzt, um aus den N-Konzentrationen die Rohprotein-Konzentration (= XP %) zu errechnen.

## Ergebnisse und Diskussion

Es zeigt sich in Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen (ADESOGAN et al., 2000), dass die Ermittlung der Rohproteinkonzentrationen mittels Elementaranalyse zu durchweg höheren Ergebnissen führt als bei der Bestimmung nach KJELDAHL, vgl. Abb. 1. Die Diskrepanz nimmt gleichmäßig mit zunehmenden N-Konzentrationen zu, weshalb insbesondere bei hohen Rohprotein-Konzentrationen ganz erhebliche Abweichungen auftreten. Jedoch ist die Beziehung zwischen den Ergebnissen der beiden Verfahren mit hohen Bestimmtheitsmaßen von  $r^2 > 0,95$  offensichtlich linear. Eine vollständige Übereinstimmung der Methoden wäre allerdings nur in dem Fall gegeben, wenn die lineare Funktion mit  $y$  (DUMAS) =  $x$  (KJELDAHL) beschrieben werden könnte.

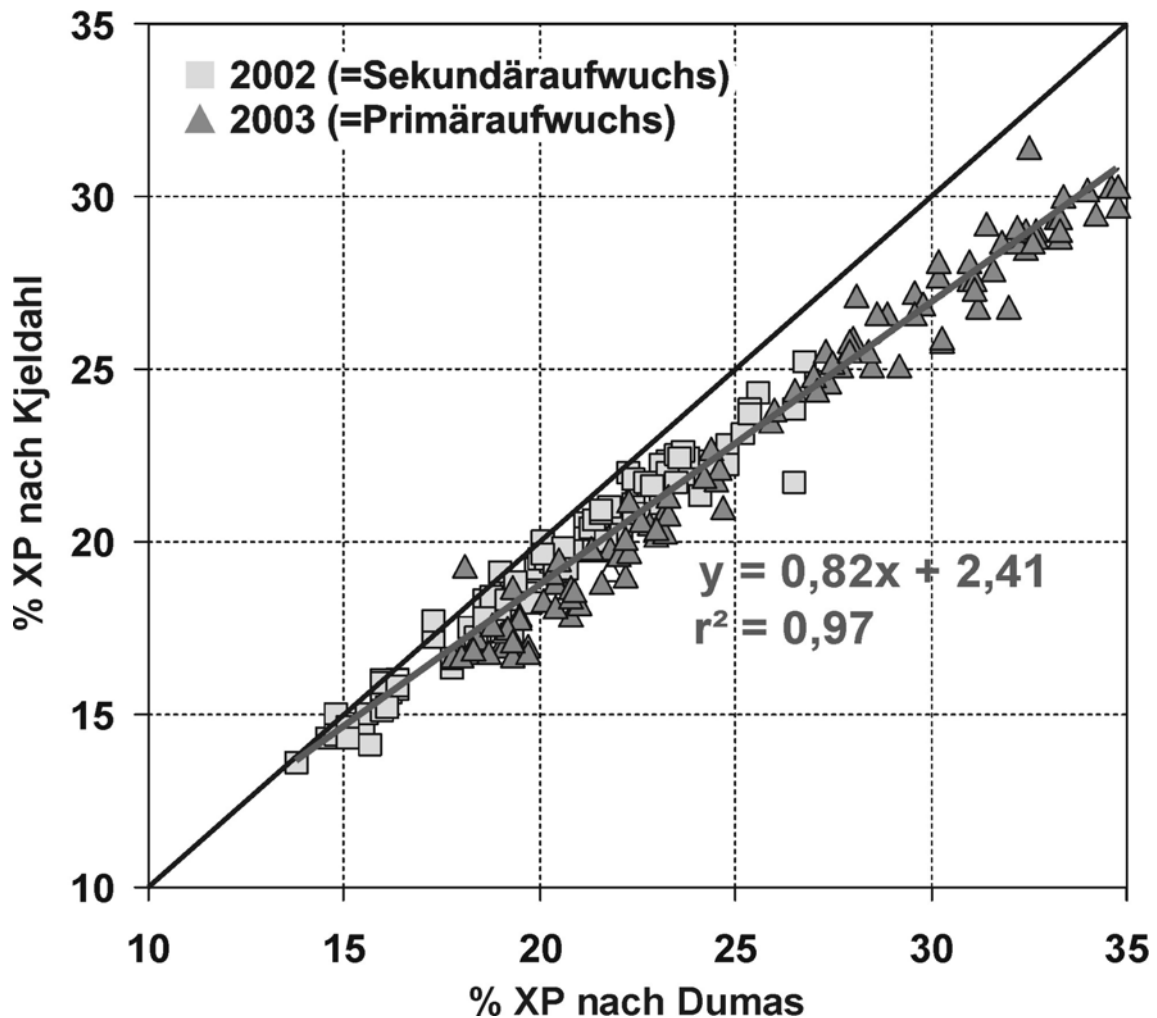


Abb. 1: Gegenüberstellung der nach DUMAS bzw. nach KJELDAHL bestimmten Rohproteinkonzentrationen (XP % = N in % x 6,25)

Tatsächlich ist die Steigung  $b$  der in Abbildung 1 beschriebenen Funktion deutlich  $< 1$ . Es ist wahrscheinlich, dass die höheren Werte nach Elementaranalyse eine systematische Überschätzung der Rohproteinkonzentrationen bedeuten, denn mit diesem Verfahren wird auch N aus Verbindungen berücksichtigt, die bei dem KJELDAHL-Verfahren nicht erfasst werden (ADESOGAN et al., 2000), wie z. B. Nitrat oder schwerlösliche Fraktionen der N-haltigen Zellwandbestandteile, die in Schwefelsäure nicht oder unvollständig aufgeschlossen werden. Obwohl die N-Verbindungen, die nur bei den hohen Temperaturen der Elementaranalyse frei gesetzt werden, nicht für die Proteinsynthese der Weidetiere in Betracht kommen, wird bei beiden Verfahren der Faktor nach Mulder von 6,25 gewählt, um den Rohproteingehalt aus den gemessenen N-Konzentrationen zu ermitteln. Mit Hilfe der Gleichung der angegebenen linearen Funktion wird für die im DUMAS-Verfahren ermittelten N-Werte ein neuer Faktor zur Rohproteinberechnung abgeleitet, der diesem Umstand Rechnung trägt. Auf dieser Basis wird folgende Berechnung vorgeschlagen:

$$\text{XP \%} = 2,4 + N_{\text{Dumas}} \text{ in \%} \times 5,1.$$

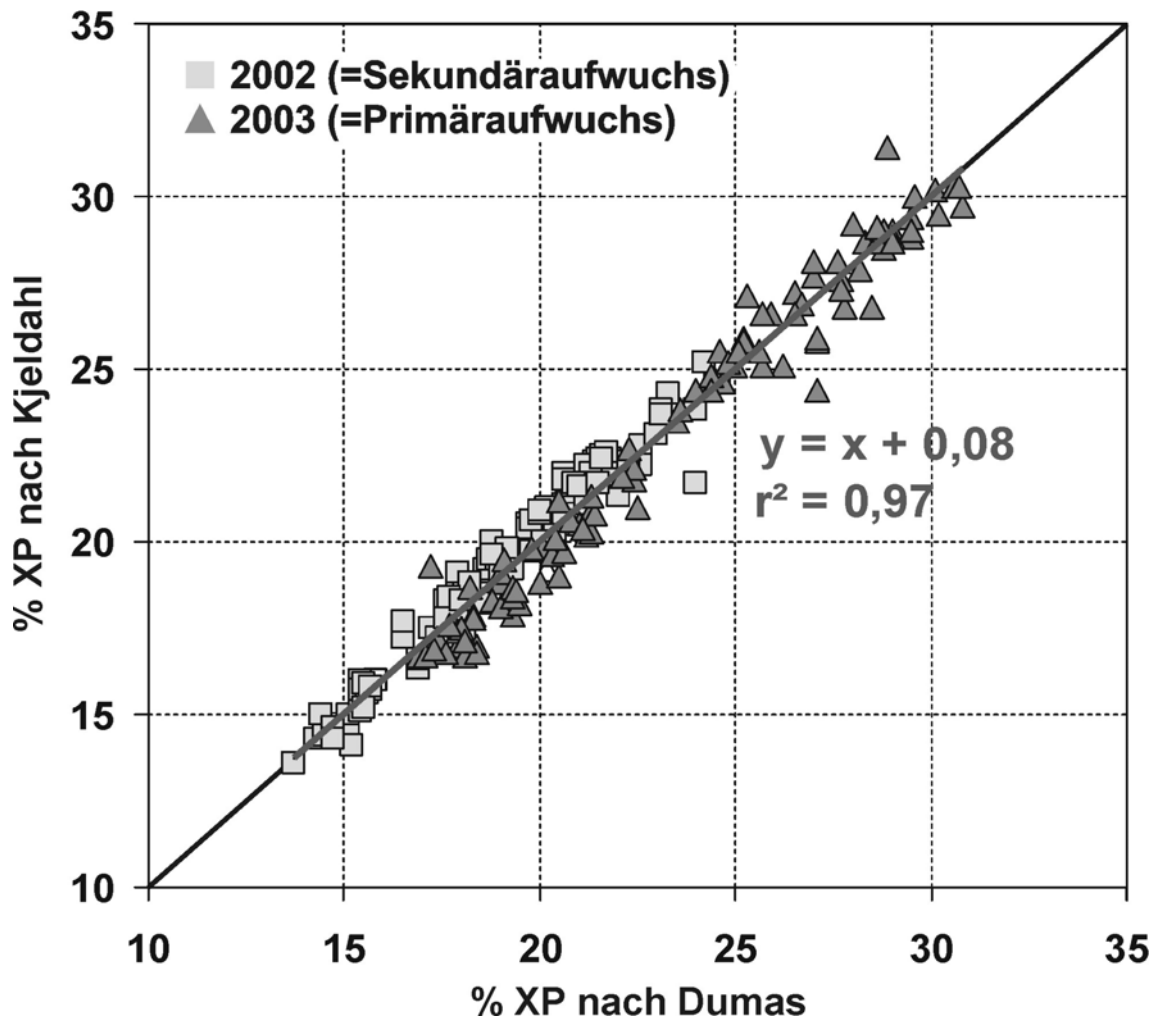


Abb. 2: Gegenüberstellung der nach KJELDAHL (XP % = N in % x 6,25) bzw. nach DUMAS (XP % = 2,4 + N in % x 5,1) bestimmten Rohproteinkonzentrationen

Nach Berechnung der Rohproteinkonzentrationen aus den N-Werten der Elementaranalyse anhand der genannten Umrechnungsformel und der Gegenüberstellung mit den N-Werten aus dem KJELDAHL-Verfahren multipliziert mit dem üblichen Faktor 6,25 ergibt sich die in Abbildung 2 dargestellte Angleichung der Methoden. Die Formel erbringt auch im Zusammenhang einer von dieser Untersuchung unabhängigen Beprobung von 83 Primäraufwüchsen unterschiedlichster Standorte eine gute Annäherung der beiden konkurrierenden Verfahren. Für stark überständiges Material, Silagen oder Heu oder gar Getreide und Mais müssen jedoch gesonderte Untersuchungen durchgeführt werden.

### Schlussfolgerungen

Die Rohproteinbestimmung nach DUMAS hat gegenüber der seit langem eingeführten KJELDAHL-Methode den Vorteil, dass sie weniger aufwendig ist, keinen nasschemischen Aufschluss voraussetzt und damit umweltfreundlicher ist. Unter Berücksichtigung eines Korrekturgliedes lässt sich der offensichtliche Nachteil einer systematischen Überschätzung der Werte vor allem bei hohen Konzentrationen vermeiden und eine ausreichende Vergleichbarkeit mit Ergebnissen, die in der Analyse nach DUMAS gewonnen wurden, erreichen.

## **Literatur**

- ADESOGAN A.T., D.I. GIVENS & E. OWEN, 2000: Measuring chemical composition and nutritive value in forages. In: 'T MANNETJE, L & R.M. JONES (eds.): Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research, CAB International, Wallingford.
- ANONYMUS, 1997: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch 3. 4. Ergänzungslieferung. Hrsg. u. Verl. VDLUFA, Darmstadt.

# Steuerung von Ertrag und Qualität bei Klee gras – Zusammenfassung von Versuchen und Erhebungen in Nordrhein-Westfalen 1995 – 2004

E. Leisen  
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

## Problematik

Klee gras aufwüchse entsprechen hinsichtlich Ertrag und Qualität nicht immer den Wünschen der Praxis. So gibt es bei vergleichbarer Nutzungsintensität Klee grassilagen mit weniger als 10 % und solche mit mehr als 20 % Protein (Tab. 1). Unbefriedigende Aufwüchse können Probleme geben bei Erntemenge, Gärverlauf, Rationsgestaltung sowie bei Gesundheit und Leistung der Tiere. Eine gezielte Anbauplanung wird erschwert durch eine Vielzahl von Faktoren, die sowohl die Anfangs- als auch die Weiterentwicklung von Klee grasbeständen beeinflussen können.

Tabelle 1: Rohproteingehalt bei Klee grassilagen der Ernten 1997 – 2003  
in Klammern: Spannweite der Rohproteingehalte

Anmerkung	1. Schnitt	2. Schnitt	4./ 5. Schnitt
	Anzahl Proben		
	146	98	26
	(% Rohprotein in T)		
<i>Mittelwert</i> (Spannweite)	<b>14,6</b> (9,5 – 24,2)	<b>15,6</b> (11,2 – 22,5)	<b>18,7</b> (14,3 – 23,4)
Jahr mit <b>max. Mittelwert</b>	1997: <b>16,0</b>	1999: <b>17,1</b>	2003: <b>19,6</b>
Jahr mit <b>min. Mittelwert</b>	2000: <b>12,8</b>	2001: <b>14,0</b>	2002: <b>17,5</b>

## Hypothesen

Versuche in Verbindung mit breitangelegten Praxiserhebungen geben Hinweise, welche Wirkung einzelne Faktoren unter unterschiedlichen Praxisbedingungen haben. Einzelne Faktoren können gezielt zur Steuerung von Klee grasbeständen genutzt werden.

## Datengrundlage

Grundlage der Auswertung bilden die Ergebnisse von Versuchen (Tab. 2) sowie Erhebungen auf Klee grasflächen zwischen Herbst 2002 und Herbst 2004 (Tab. 3). Tabelle 4 zeigt die Dauer des Klee grasanbaus auf den Praxisbetrieben und damit die Bedeutung von Ausdauer und Gesundheit bei der Mischungszusammenstellung.

Versuche sind aus arbeitswirtschaftlichen Gründen nur auf wenigen Standorten durchführbar. Speziell im ökologischen Landbau mit 2- oder Mehrartenmischungen statt reinen Grasansaat und keiner Nivellierung der Einflussfaktoren durch Stickstoffdüngung können die unterschiedlichen Standort- und Anbaubedingungen die Entwicklung von Klee gras maßgeblich beeinflussen. Nicht berücksichtigt wurden Versuche auf konventionellen Flächen und solche nach Grünlandumbruch (für den Öko-Landbau untypische Stickstoffnachlieferung) sowie Versuche mit Mischungen unterschiedlicher Sortenzusammensetzung (keine Unterscheidung zwischen Sorten- und Mischungseffekt).



Tabelle 2: Klee grasversuche in Nordrhein-Westfalen der letzten 9 Jahre

Versuchsjahre	Niederungs- und Übergangslagen			Höhenlage meist Lehm- böden
	Lehmböden	Sandböden	tonige Lehme - Tonböden	
1996 – 1999	Wiesengut, 3 Versuche Minden, 1 Versuch	Holtwick, 1 Versuch Weeze, 2 Versuche	Nordkirchen, 1 Versuch	Mettmann, 1 Versuch
2003 - 2005		Batenhorst, 1 Versuch		Altenheerse, 1 Versuch

Bei den Erhebungen wurde festgehalten: Artenzusammensetzung und Ertragsanteile (Schätzung jeweils durch dieselbe Person), Standortdaten, Düngungsmaßnahmen, Saattermin und Sätechnik (Blanksaat, Untersaat), Klee grasmischung, Nutzungsart und Nutzungsintensität, bei Deckfrucht: Artenzusammensetzung, Bestandesdichte, Ernte-termin.

Tabelle 3: Aufteilung der Bonituren der Jahre 2002 - 2004

	Anzahl	Blanksaat      Untersaat Aufteilung nach Sätechnik	
<b>Betriebe</b>			
<b>Lehmböden</b>	29	62%	38%
<b>Sandböden</b>	24	75%	25%
<b>Flächen</b>			
<b>Lehmböden</b>	228	60%	40%
<b>Sandböden</b>	211	74%	26%

gewichtete Zuordnung; mehrere Betriebe machen sowohl Blank- als auch Untersaat

Tabelle 4: Nutzungsdauer von Klee grasflächen auf Milchviehbetrieben in NRW

		Anzahl Hauptnutzungsjahre		
		1	2	3
<b>Lehm- böden</b>	<b>Blanksaat</b>	6	6	6
	<b>Untersaat</b>	4	5	1
<b>Sand- böden</b>	<b>Blanksaat</b>	4,5	6,5	7
	<b>Untersaat</b>	2	2	1

gewichtete Zuordnung; mehrere Betriebe machen sowohl Blank- als auch Untersaat

## Ergebnisse

Tabelle 4 zeigt in Kurzfassung das Ergebnis der Auswertung von Versuchen und Erhebungen.

Für Empfehlungen: Neben den hier genannten Einflussfaktoren sollte auf eine ausreichende Versorgung des Bodens mit Grundnährstoffen geachtet werden. Die Wirkung von Güllegaben auf Klee gras muss noch näher untersucht werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es zu einem starken Rückgang von Klee, wie auf einigen Erhebungsflächen bonitiert, und nur zu einer geringen Ertragswirkung kommt, in den nachfolgenden Aufwüchsen sogar Mindererträge möglich sind.

Tabelle 5: Klee gras - Steuerung von Ertrag und Qualität – Teil 1

Maßnahme	Wirkung
Ansaatmischung	<b>T-Ertrag</b> bei 4 – 5 – Schnittnutzung, <b>Einfluss der Grasart:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kaum Unterschiede zwischen Welschem und Dt. Weidelgras</li> <li>• Wiesenschwingel und Lieschgras: einzelne Standorte/ Jahre mit größerer Bedeutung im Aufwuchs (allerdings: Ertragsrelevanz noch unbekannt)</li> </ul>
	<b>Protein ertrag</b> bei 4 – 5 – Schnittnutzung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• höherer Ertrag bei Mischungen ohne Welsches Weidelgras</li> </ul>
	<b>Qualität:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiegehalt: nur geringe Unterschiede (Ausnahme: Knaulgras altert schneller, auch bei hohen Blattanteilen in Folgeaufwüchsen)</li> <li>• Proteingehalt: höhere Gehalte bei <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersaat</li> <li>• Blanksaat in Mischungen ohne Welsches Weidelgras bei 1. und 2. Aufwuchs (teilweise auch in Folgejahren)</li> </ul> </li> <li>• Siliereignung: theoretisch geringer bei Mischungen ohne Welsches Weidelgras (weniger Zucker, in ersten Aufwüchsen mehr Protein); Gärqualität in Praxis aber trotzdem meist gut</li> <li>• Futteraufnahme bei Kleereichem höher, bei nassem Futter aber auch Gefahr von Blähsucht; Mischungseinfluss ist unbekannt</li> </ul>
Ertragsverteilung	Mischungen mit Welschem Weidelgras sind meist frühjahrsbetonter
Sortenwahl	<b>Faltblatt:</b> Empfehlungen entsprechend Versuchsergebnissen und Öko-Verfügbarkeit; vor allem bei Rotklee: Ausdauer und Gesundheit beachten
Saatstärke	<b>T-Ertrag:</b> Rotklee bei Untersaat: 10 % höherer Ertrag bei 10 statt 6 kg/ha <b>Ertragsanteile</b> bei Erhebungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotklee und Deutsches Weidelgras: keine Beziehung zur Saatstärke (Minimum: 4 kg/ha bzw. 3 kg/ha)</li> <li>• Welsches Weidelgras/ Bastardweidelgras: bei früher Blanksaat tendenziell Beziehung zur Saatstärke (Minimum: 6 kg/ha)</li> </ul>
<b>weiter auf nachfolgender Seite</b>	

Tabelle 5: Klee gras - Steuerung von Ertrag und Qualität – Teil 2

<b>Maßnahme</b>	<b>Wirkung</b>
Dominanz	bei Mischungen ohne Welsches Weidelgras Dominanz als Grasart: <b>Deutsches Weidelgras:</b> 78 % der Flächen bei Blanksaat und 85 % der Flächen bei Untersaat <b>Wiesenschwingel</b> ab 10 kg/ha (67 % der kritischen Saatstärke): 16 % der Flächen bei Blanksaat
Sätechnik	<b>Untersaat:</b> von Beginn an meist rotklee- und proteinreich <b>Blanksaat:</b> zu Beginn grasreich, bei Mischungen mit Welschem Weidelgras oft auch proteinarm
Saattermin	<b>Blanksaat:</b> bei später Herbstsaat: Entwicklung von Rotklee, Weißklee und Wiesenschwingel unsicher; höhere Ertragsanteile bei Weidelgräsern <b>Untersaat:</b> frühe Saat oft rotkleereicher, späte unsicherer (Trockenheit, Konkurrenz der Deckfrucht)
Bodenart:	<b>Sandböden gegenüber Leimböden:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bei Blanksaat oft grasreicher, bei vergleichbarem Proteingehalt</li> <li>• bei Untersaat: deutlicher Rückgang des Rotkleeanteils im 1. Hauptnutzungsjahr (auf Leimböden: kaum Veränderungen)</li> </ul>
Nutzung der Deckfrucht	<b>Körnernutzung im Vergleich zur Silagegewinnung:</b> rotkleereicher, vor allem auf Sandböden
Nutzungsart	<b>Weide im Vergleich zu Schnittnutzung:</b> starker Rückgang von Rotklee auf Sandböden, weniger auf Leimböden
Nutzungsintensität	<b>Bei intensiver Nutzung</b> (4 – 5 – Schnittnutzung, je nach Standort): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Artenzusammensetzung: geringere Ertragsanteile bei Rotklee, höhere Anteile bei Deutschem Weidelgras und Weißklee</li> <li>• Proteingehalt: steigt</li> <li>• „Geschmack“ (Futteraufnahme?): besser, da Absterben und Verfaulen unterer Blattetagen vor allem bei Nässe vermieden wird</li> </ul>

Danksagung: Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe ökologischer Landbau in NRW“ durchgeführt mit finanzieller Unterstützung durch das Land NRW und der EU.

# Dynamik der Futterqualität von Rotklee-Gras-Gemengen in Abhängigkeit von der Sortenwahl und dem Graspartner

C. Meinsen, L. Sterz, L. Dittmann

## Einleitung

Der Gemengeanbau von Rotklee und Gräsern ist eine bewährte Anbauform im Ackerfutterbau, der sich im Vergleich zu Reinsaaten durch positive Effekte sowohl hinsichtlich der Erträge als auch in der qualitativen Zusammensetzung auszeichnet. Bedingt durch den unterschiedlichen Wuchshabitus und unterschiedlicher Anforderungen werden die Wachstumsbedingungen günstig ausgenutzt. Der große Vorteil beruht darauf, dass die Gräser den von den Leguminosen fixierten Stickstoff nutzen und damit auf eine mineralische Stickstoffdüngung verzichtet werden kann. (MEINSEN 1985)

Die Bestandszusammensetzung variiert in Abhängigkeit von der Wahl der Saatmischung, aber auch zahlreicher exogener Faktoren, in weiten Grenzen. Die Auswirkungen auf die Futterqualität werden nachfolgend näher analysiert.

## Material und Methoden

Zur Auswertung gelangen zwei Schnittzeitversuche mit unterschiedlichen Rotklee-Gras-Gemengen, die an der Universität Rostock durchgeführt wurden (STERZ 1988).

Für die Untersuchungen wurden 6 Varianten mit zwei tetraploiden Rotkleesorten, der mittelfrühen Sorte „Matri“ sowie der mittelspäten Sorte „Radegast“, in Kombination mit jeweils einer der folgenden drei Grasarten ausgewählt:

Lolium multiflorum Lam., „Lolita“ (Lm); Festulolium braunii „St.12/83“, (FL),

Lolium perenne L., „Alex“ (Lp).

Das Schnittregime war auf eine kontinuierliche Frischfutterproduktion ausgerichtet und enthielt folgende Varianten:

1. Aufwuchs: wöchentliche Probenahme zwischen 14. 5. .. 25.6. (Schnitttermine 1 - 7)
2. Aufwuchs: Schnitt nach konstanten Aufwuchszeiten von 48 Tagen
3. Aufwuchs: Ernte zu zwei Schnittterminen (1 – 3) am 2. 9., (4 – 7) am 26. 9.

Der Versuchsstandort ist ein diluvialer Tiefland mit anlehmigem bis lehmigem Sand in der Krume und liegt im Klimabereich der Ostseeküste.

Die Schnittzeitversuche wurden jeweils im Hauptnutzungsjahr nach Aussaat unter Grünhafer und zweimaliger Nutzung im Ansaatjahr durchgeführt. Die Klee-Grasbestände erhielten eine jährliche PK-Düngung. Eine Stickstoffdüngung wurde nicht verabreicht.

Zur Beurteilung der Futterqualität wurden Rotklee und Gräser getrennt analysiert und entsprechend ihrer Gewichtsanteile für die Bewertung der Gemenge herangezogen.

Es wurden folgende Qualitätsparameter untersucht:

Parameter:	Methode:
Trockensubstanzgehalt (TS %)	Trocknung bei 105 °C
Rohproteingehalt (RP g/kg TM)	KJELDAHL-Verfahren
Rohfasergehalt (RFa g/kg TM)	Weender-Analyse
Verdaulichkeit der organischen Substanz (VOM %)	nach FRIEDEL (1990)

Auf Grund der engen Beziehung der in-vitro Verdaulichkeit zur umsetzbaren Energie können die Ergebnisse des Cellulaseverfahrens für die energetische Bewertung des Futters genutzt werden.

## Ergebnisse

Für die Bestandsetablierung ist das Ansaatjahr entscheidend. Bei gleichen Saatmischungsanteilen von 80 % Rotklee und 20 % Gräsern entwickelten sich im Ansaatjahr 1985 mit normalem Witterungsverlauf sehr kleereiche Bestände, während die anhal-

tende Vorsommertrockenheit 1986 die Gräser begünstigte. Die Unterschiede in der Bestandszusammensetzung blieben bis in die Hauptnutzungsjahre erhalten (Tab. 1).

Tabelle 1: Ertragsanteile des Rotkleees an der Erntemasse in %

	1986			1987		
	1.Aufw.	2.Aufw.	3.Aufw.	1.Aufw.	2.Aufw.	3.Aufw.
<b>Matri/Lm</b>	94	93	100	81	70	58
<b>Matri/FL</b>	93	89	95	68	62	51
<b>Matri/Lp</b>	95	94	97	79	71	73
<b>Radegast/Lm</b>	94	90	100	72	64	61
<b>Radegast/FL</b>	90	85	96	70	53	52
<b>Radegast/Lp</b>	94	91	91	80	69	70

Die Futterqualität der Klee grasgemenge wird außer durch die Bestandszusammensetzung entscheidend durch den Entwicklungszustand der Gemengepartner zum Schnittzeitpunkt bestimmt. Der Ablauf der phänologischen Entwicklung wird andererseits durch Witterungsfaktoren variiert. (Tab. 2)

Tabelle 2: Phänologische Entwicklung der Gemengepartner im 1. Aufwuchs

Jahr	Temperatur		Rotklee				Gräser		
	> 8°C	Mittel	Beginn Knospe		Beginn Blüte		Beginn BS		
		1.-7.Schnitt	Matri	Radegast	Matri	Radegast	Lm	FL	Lp
<b>1986</b>	23.4.	14,9°C	3.6.	7.6.	15.6.	18.6.	28.5.	3.6.	5.6.
<b>1987</b>	22.4.	11,2°C	12.6.	15.6.	24.6.	?	3.6.	9.6.	16.6.

BS = Blütenstandsschieben

? = Vegetationsstadium bis zum 7. Schnitt nicht erreicht

Während die schnelle Erwärmung im Mai 1986 das Wachstum und die phänologische Entwicklung der Gemengepartner im ersten Aufwuchs beschleunigte, führten die unter der Norm liegenden Temperaturen 1987 zu Verzögerungen in der Entwicklung, die sich in verlangsamten Veränderungen der Futterqualität widerspiegeln (Abb. 1).

Die beiden Rotkleearten unterscheiden sich nur wenig im Entwicklungsablauf. Radegast erreichte vergleichbare Vegetationsstadien 3 – 4 Tage nach Matri. Demzufolge ergaben sich auch kaum Unterschiede bei den Qualitätsmerkmalen beider Sorten, dagegen deutliche Unterschiede zu den Gräsern. Im Mittel aller Schnittzeitpunkte lagen die Rohproteingehalte der Rotkleearten mit 213 g/kg TM um 54 g/kg TM über den Werten der Gräser, während der Rohfasergehalt mit 206 g/kg TS um 55 g/kg TM niedriger ausfiel.

Ein als Grenzwert angenommener Rohfasergehalt von 280 g/kg TM wird durch die Gräser zwischen dem 4. und 5. Schnitttermin überschritten, während die Rotkleearten auch bei spätem Schnitttermin unter diesem Grenzwert bleiben.

Vom Entwicklungsrhythmus ist die mittelspäte Sorte von *Lolium perenne* L. dem Rotklee am besten angepasst. Sie zeichnet sich im Vergleich zu den anderen Gräsern durch höhere Rohproteingehalte aus, in Bezug auf die Verdaulichkeit erwies sich *Lolium multiflorum* Lam. überlegen.

Die über die Cellulasemethode ermittelte Verdaulichkeit der organischen Masse, die für die energetische Bewertung herangezogen wird, korreliert im zeitlichen Verlauf mit dem Rohfasergehalt. Die zwischen Rotklee und Gräsern bestehenden Unterschiede werden nivelliert. Wesentlich ist der Nachweis der Überlegenheit des Rotkleees bei spätem Schnitt.

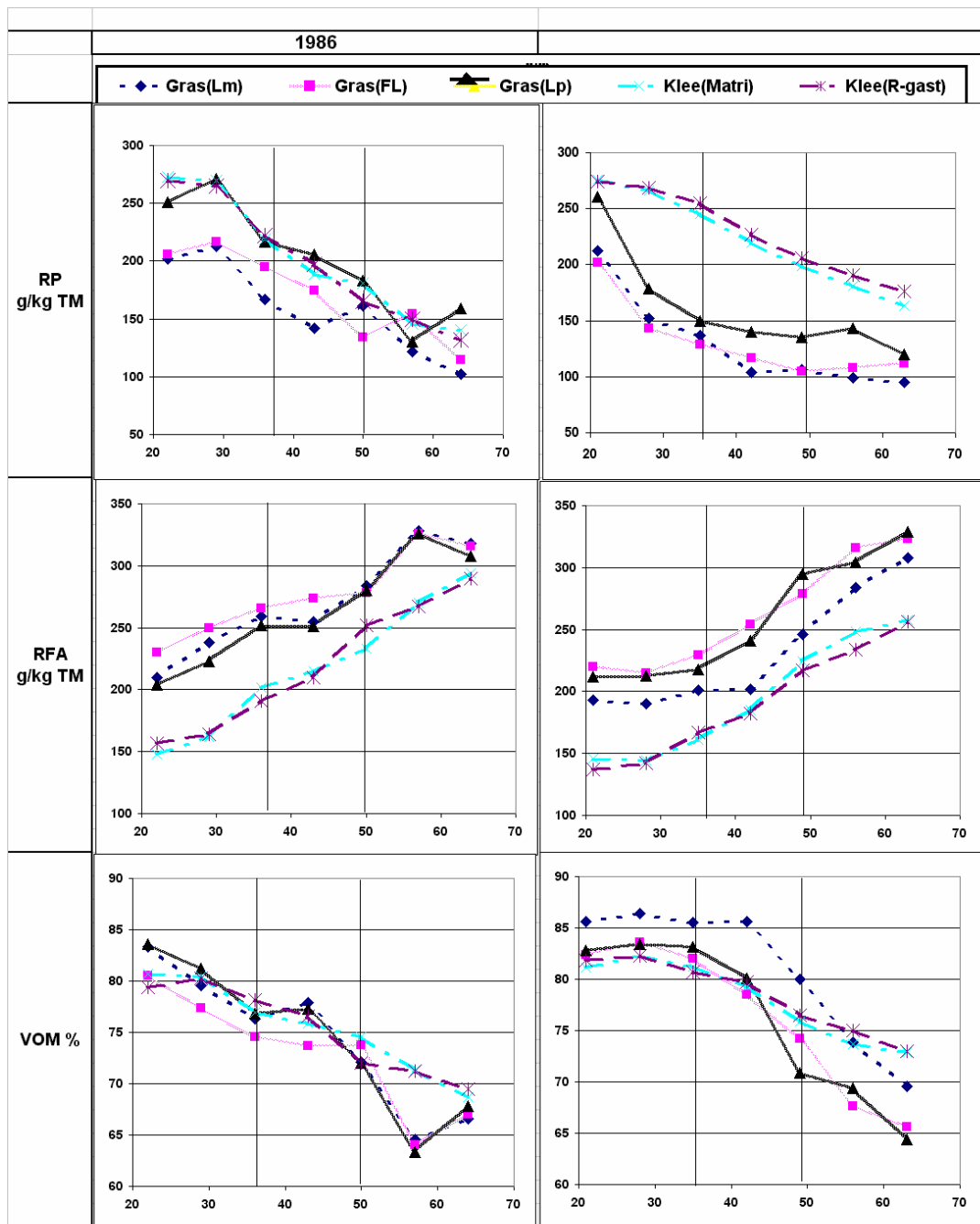


Abb.1: Dynamik der Qualitätsparameter im 1. Aufwuchs

Die Ernte des 2. Aufwuchses erfolgte zwischen dem 1.7. und 12.8., jeweils 48 Tage nach den Schnittterminen des 1. Aufwuchses. Der Einfluss der Witterung in den verschiedenen Aufwuchsperioden sowie das unterschiedliche Nachwuchsverhalten der Gemengepartner bewirken Verschiebungen in der Bestandzusammensetzung und erhöhen den Anteil schwer erfassbarer Einflussgrößen auf die Futterqualität, die an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden können. Beim 3. Aufwuchs wirkt als zusätzlicher Faktor die abnehmende Tageslänge auf die Wachstumsintensität, die sich in verlangsamten Veränderungen der Qualitätsmerkmale niederschlägt. Wie der Tabelle 3 zu entnehmen ist, bleiben die beim 1. Aufwuchs aufgezeigten Unterschiede zwischen Rotklee und Gräsern auch im 2. und 3. Aufwuchs bestehen (Tab. 3).

Tabelle 3: Qualitätsmerkmale der Gemengepartner in Abhängigkeit vom Nutzungsregime (Mittelwerte der Sorten und Versuchsjahre)

Nutzung im 1. Aufwuchs	RP g/kg TM			Rfa g/kg TM			VOM %			NEL MJ/kg TM		
	Aufw 1	Aufw 2	Aufw 3	Aufw 1	Aufw 2	Aufw 3	Aufw 1	Aufw 2	Aufw 3	Aufw 1	Aufw 2	Aufw 3
früh Rotklee	259	191	203	160	227	242	80	72	70	6,44	5,82	5,59
1.-3.Term Gräser	195	118	163	224	297	287	82	69	69	6,52	5,40	5,23
mittelfrüh Rotklee	198	193	223	215	236	192	76	71	75	6,18	5,74	6,08
4.-6.Term Gräser	142	132	160	262	316	269	76	64	72	6,09	4,92	5,56
spät Rotklee	160	186	262	265	244	154	72	70	78	5,82	5,59	6,35
6.-7.Term Gräser	122	149	179	316	298	274	67	67	72	5,24	5,15	5,62

Die über die getrennten Analysen ermittelten Werte sind geeignet, Qualitätsparameter für Klee gras gemenge mit unterschiedlicher Bestandszusammensetzung zu berechnen (Tab. 4).

Qualitätsparameter für Klee gras gemenge in Abhängigkeit von Bestandszusammensetzung und Nutzungsregime												
Nutzung	RP g/kg TM			RFA g/kg TM			VOM %			NEL MJ/kg TM		
	Aufw 1	Aufw 2	Aufw 3	Aufw 1	Aufw 2	Aufw 3	Aufw 1	Aufw 2	Aufw 3	Aufw 1	Aufw 2	Aufw 3
<b>Kleeanteil 80 %</b>												
früh	246	177	195	173	241	251	81	71	70	6,45	5,74	5,52
mittelfrüh	187	181	210	224	252	207	76	70	75	6,16	5,57	5,98
spät	152	179	245	275	254	178	71	70	77	5,70	5,50	6,21
<b>Kleeanteil 50 %</b>												
früh	227	155	183	192	262	265	81	70	70	6,48	5,61	5,41
mittelfrüh	170	162	191	238	276	230	76	68	74	6,13	5,33	5,82
spät	141	168	221	290	271	214	69	69	75	5,53	5,37	5,99

### Zusammenfassung

Auf Grund seiner verzögerten Entwicklung und höherer Qualität bei spätem Schnitt trägt der Rotklee zur Verlängerung der Nutzungszeitspannen bei. Anzustrebende Anteile von 60 % in Klee gras Gemengen werden durch zahlreiche Faktoren variiert. Zur Beurteilung der Futterqualität können Analysen der einzelnen Gemengepartner unter Beachtung der Bestandszusammensetzung herangezogen werden.

### Literatur

- FRIEDEL, K. 1990 : Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfutter mit Hilfe einer Cellulase-Methode. Wiss.Z. Uni Rostock, N-Reihe 39, S. 78 – 86.
- MEINSEN, C. 1985 : Kombinationseffekte beim Gemengeanbau von Rotklee und Gräsern. Wiss.Z. Uni Rostock, N-Reihe 34, S. 45 – 47.
- STERZ, L. 1988 : Untersuchungen zur Ertragsleistung und Beeinflussung der Futterqualität von Rotklee gras Gemengen durch die Verwendung unterschiedlicher Gemengepartner bei differenziertem Schnittregime.- Diss.(A), Universität Rostock.

# Zur Problematik der Futterwertschätzung von Zwischenfrüchten

M. Neff, W. Opitz von Boberfeld

Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen

## Einleitung

Die Bestimmung der Verdaulichkeit organischer Substanz (= DOM) erfordert einen Tierversuch. Da Verdauungsversuche mit Tieren zeit- und kostenaufwendig sind, werden für die routinemäßige Praxis schnelle, kostengünstige und möglichst genaue Methoden zur Schätzung der DOM benötigt. *In vitro*-Verfahren mit Pansensaft sind vergleichsweise zuverlässige Methoden, um die DOM von Winterweidefutter zu schätzen, da pilzlicher Befall und die in *Brassicaceen* enthaltenen sekundären Inhaltsstoffe, wie Glucosinolate, die Aktivität der Pansenmikroben beeinträchtigen und die DOM von Futtermitteln verändern können (OPITZ V. BOBERFELD et al., 2003). In der Praxis verbreitete Methoden zur Schätzung der DOM sind neben den *in vitro*-Pansensaftverfahren - HFT und der Methode nach TILLEY & TERRY (1963) – die Cellulase-Methode zur Bestimmung der Enzymlöslichkeit organischer Substanz (= ELOS), die chemische Methode anhand der analytisch ermittelten Rohnährstoffe, die jedoch offenbar keine zuverlässigen Schätzwerte liefert (AERTS et al., 1977, KIRCHGEßNER & KELLNER 1981, OPITZ V. BOBERFELD et al. 2003) und die Nahinfrarotspektroskopie (= NIRS) als physikalische Methode, die – aufgrund des geringen Zeitaufwandes – häufig in der Praxis angewendet wird, für die Schätzung der DOM jedoch weniger geeignet ist, da dieses Verfahren der Eichung durch die klassischen Schätzmethode bedarf, wodurch es mit einem größeren Fehler behaftet ist.

## Material und Methoden

Die Freilandversuche - gelegen 160 m ü. NN, südlich von Gießen - wurden als Spaltanlage mit drei Wiederholungen angelegt, wobei der Saattermin die Hauptteilstücke, der Erntetermin die Mittelteilstücke und der Faktor Frucht die Kleinteilstücke belegte. Bei der Darstellung der Ergebnisse wird sich hier auf die Arten Winterraps, Sommerraps

Tabelle 2: Variantentabelle

Faktoren	Stufen
1. Früchte	1.1 Hordeum vulgare (Ausfallgetreide-Simulation – 500 kg*ha <sup>-1</sup> ) 1.2 Winterraps (AKELA, LIRATOP(00) – 12 kg*ha <sup>-1</sup> ) 1.3 Sommerraps, Schnitttyp (PETRANOVA, LIFORUM(00) – 12 kg*ha <sup>-1</sup> ) 1.4 Herbstrübe (AGRESSA, SILOGANOVA – 1,5 kg*ha <sup>-1</sup> ) 1.5 Einjähriges Weidelgras, 4n, spät (ANDY, JIVET – 50 kg*ha <sup>-1</sup> )
2. Saattermin	2.1 Ende Juli 2.2 Mitte August
3. Erntetermin	3.1 Anfang November 3.2 Mitte Dezember 3.3 Ende Januar
4. Jahr	4.1 2001/2002 4.2 2002/2003

Schnitttyp, Herbstrübe, Einjähriges Weidelgras und Ausfallgetreide sowie auf das erste und zweite Untersuchungs-jahr beschränkt. Für eine Gegenüberstellung verschiedener Schätzmethode wurde die DOM mit dem HFT über die Variablen Gasbildung (= Gb) und Rohprotein (= XP)

nach der Formel  $DOM [\%] = 24,59 + 0,7984 Gb + 0,0496 XP$  (MENKE & STEINGASS, 1987), nach TILLEY & TERRY (1963) und mit der Cellulase-Methode zur Bestimmung der ELOS (ANONYMUS 1992) geschätzt.



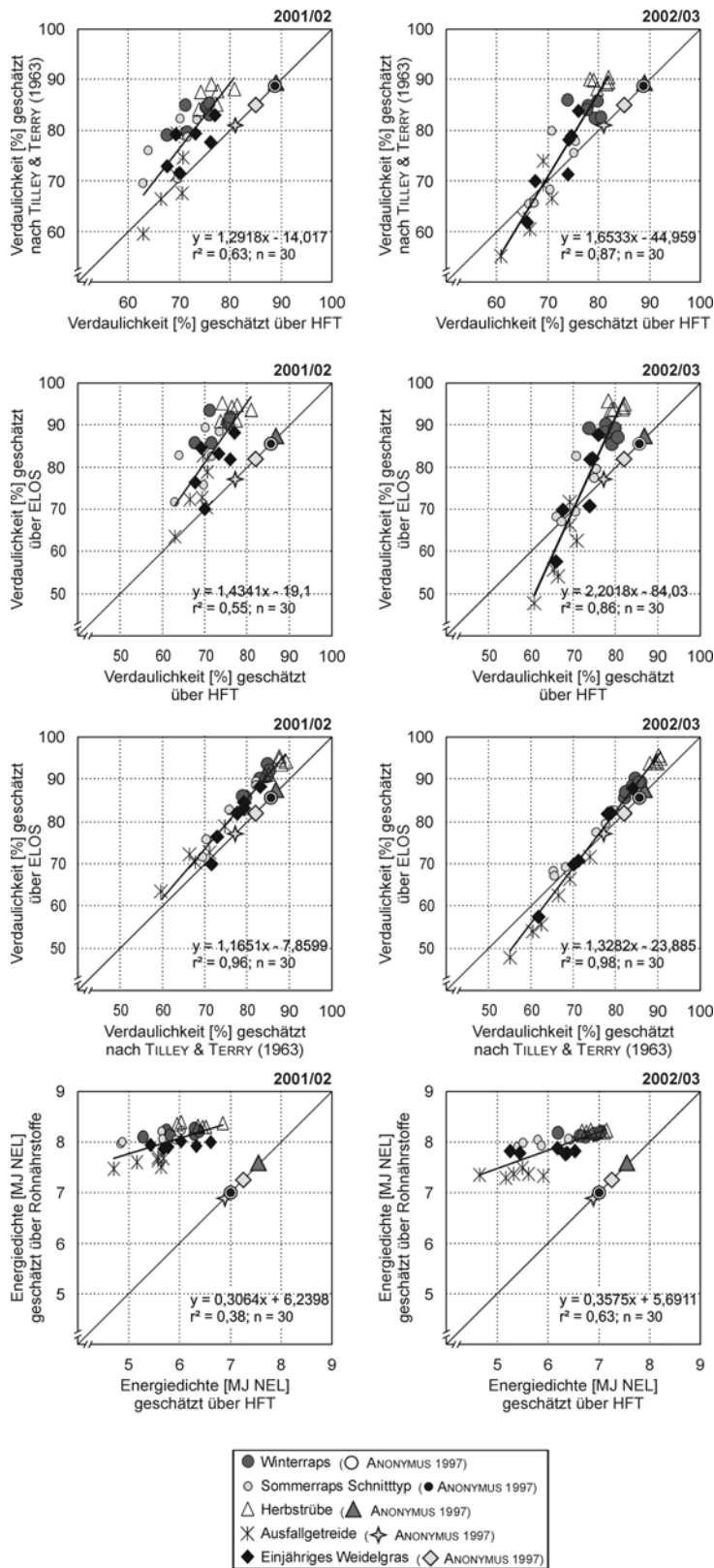


Abb. 3: Verdaulichkeit organischer Substanz, geschätzt mit dem HFT, mit der Methode nach TILLEY & TERRY (1963) und mit der Cellulase-Methode sowie Energiedichte, geschätzt mit dem HFT und mit der chemischen Methode anhand der Rohnährstoffe

Des weiteren wurde die Energiedichte mit dem HFT über die Variablen Gb, XP und Rohfett nach der Formel ME [MJ]=  $2,2+0,1357 \text{ Gb} + 0,0057 \text{ XP} + 0,0002859 \text{ XL}^2$  (MENKE & STEINGASS, 1987) geschätzt und anhand der Rohnährstoffe nach folgender Formel berechnet:  $\text{NEL [MJ]} = \text{ME} [0,48 + 1037 \text{ ME}/(1000 - \text{XA})]$ , wobei ME [MJ] =  $0,0312 \text{ DXL} + 0,0136 \text{ DXF} + 0,0147 (\text{DOM} - \text{DXL} - \text{DXF}) + 0,00234 \text{ XP}$  ist (HOFFMANN et al., 1971; POTTHAST et al., 1997). Die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe in % entstammen der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer (ANONYMUS 1997).

### Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt die Gegenüberstellung der Verdaulichkeiten, geschätzt mit dem HFT, mit der Methode nach TILLEY & TERRY (1963), mit der Cellulase-Methode sowie den Vergleich des HFT mit der chemischen Methode anhand der Rohnährstoffe. Der Vergleich von HFT einerseits und TILLEY & TERRY (1963) bzw. ELOS andererseits liefert ähnliche Ergebnisse, wobei die Unterschiede zum HFT bei ELOS deutlicher ausfallen. Sowohl TILLEY & TERRY (1963) als auch ELOS schätzen die Verdaulichkeiten meist höher ein als der HFT, was insbesondere für die hochverdaulichen Brassicaceen Herbstrübe und Winter-

raps zutrifft. Beim Ausfallgetreide wird die beste Anpassung der Methoden erreicht und auch die Varianten des Sommerraps Schnitttyp und des Einjährigen Weidelgras, die höhere Konzentrationen an Gerüstsubstanzen – insbesondere an ADL – enthalten, liegen nahe der Winkelhalbierenden. Beim Sommerraps Schnitttyp sind dies vor allem die Varianten des frühen Saattermins Ende Juli, was mit dem höheren Stängelanteil in Verbindung steht; beim Einjährigen Weidelgras liegen die Konzentrationen an Gerüstsubstanzen bei langer Vegetationsperiode – früher Saattermin in Verbindung mit spätem Erntetermin – auf hohem Niveau. Im Winter 2002/03 werden mehrere Varianten der *Poaceen* mit TILLEY & TERRY (1963) bzw. ELOS niedriger eingeschätzt als mit dem HFT, was offenbar mit dem hohen Pilzbefall der Gräser in diesem feuchten Winter in Zusammenhang steht. Die geringen Verdaulichkeiten, geschätzt mit dem HFT, können verschiedene Ursachen haben. Im Gegensatz zum HFT erfolgt bei TILLEY & TERRY (1963) und ELOS eine Pepsin-HCl-Behandlung, wodurch zum einen Proteine verdaut werden und zum anderen durch die saure Vorbehandlung die DOM durch Lösung der Hemicellulosen steigt (VAN SOEST 1968). Ein weiterer Unterschied zwischen den Methoden besteht darin, dass beim HFT die Gasbildung gemessen wird. Kohlenhydrate (= KH) werden beim mikrobiellen Abbau in Bakterieneiweiß überführt und erscheinen somit kaum als Gase; bei TILLEY & TERRY (1963) und bei ELOS werden diese KH gelöst und als *in vitro* verdaulich mitbestimmt. Die geringe Variationsbreite beim HFT steht offenbar mit der Regressionsgleichung in Zusammenhang. Da keine Regressionsgleichung, basierend auf *Brassicaceen*, zur Verfügung steht, kommt eine gemeinsame Schätzgleichung für alle Futtermittel zur Anwendung, wodurch es zu einer Überschätzung der energiearmen und Unterschätzung der energiereichen Futtermittel kommen kann (MENKE & STEINGASS 1987). Auf der Winkelhalbierenden sind zusätzlich die Verdaulichkeiten aus der DLG-Futterwerttabelle (ANONYMUS 1997) aufgeführt, wobei hier nicht zwischen verschiedenen Rapsformen differenziert wird. Die Verdaulichkeiten, geschätzt mit ELOS, liegen oft höher als die Werte aus der DLG-Futterwerttabelle (ANONYMUS 1997), was unwahrscheinlich erscheint, da es sich hier um Winteraufwüchse handelt, die höhere Konzentrationen an Rohfaser (= XF) aufweisen und meist auch einem stärkeren Pilzbefall unterliegen. Die Gegenüberstellung der Energiedichten, geschätzt mit dem HFT und der chemischen Methode, zeigt keine Übereinstimmung der Methoden. Nachteil der chemischen Methode ist die unzureichende Charakterisierung der KH durch die Fraktion der XF und zum anderen, dass die Verdaulichkeitskoeffizienten für die einzelnen Rohnährstoffe aus der DLG-Futterwerttabelle (ANONYMUS 1997) übernommen werden und hier nicht zwischen den Rapsformen differenziert wird, die sich aufgrund des unterschiedlich hohen Stängelanteils in ihrer DOM deutlich unterscheiden.

### Zusammenfassung

Die *in vitro*-Pansensaftmethoden sind für eine Schätzung der DOM offenbar besser geeignet, was insbesondere für Pflanzenmaterial aus extensiver Bewirtschaftung zutrifft, das einen höheren Pilzbefall und damit höhere Konzentrationen an Gerüstsubstanzen aufweisen kann, sowie für Pflanzen, die sekundäre Inhaltsstoffe enthalten und ein Einfluss auf die Aktivität der Pansenmikroben nicht ausgeschlossen werden kann. Die chemische Methode anhand der Rohnährstoffe liefert keine aussagefähigen Ergebnisse. Es ist anzustreben, dass neue Regressionsgleichungen auf Basis von Fütterungsversuchen mit *Brassicaceen* entwickelt werden, da die spezifischen Eigenschaften dieser Gruppe, die reich an KH ist und sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe enthält, nicht ausreichend berücksichtigt werden.

### Literatur

AERTS, J.V., D.L. DE BRABANDER, B.G. COTTYN & F.X. BUYSSE, 1977: Comparison of laboratory methods for predicting the organic matter digestibility of forages. – Anim. Feed. Sci. Technol. 2, 337-349.

- ANONYMUS, 1992: Bestimmung der enzymlöslichen organischen Substanz (Cellulosemethode). Methodenbuch 3. 3. Ergänzungslieferung. – Verl. VDLUFA, Darmstadt, 6.6.1, 1-3.
- ANONYMUS, 1997: DLG-Futterwerttabellen für Wiederkäuer. – 7. Aufl., Verl. DLG, Frankfurt/Main.
- HOFFMANN, L., R. SCHIEMANN & W. JENTSCH, 1972a: Weitere Untersuchungen mit Einzelfutterstoffen. In: Energetische Futterbewertung und Energienormen, Nachdruck. – Verl. VEB, Berlin, 81-117.
- KIRCHGEßNER, M. & R.J. KELLNER, 1981: Schätzung des energetischen Futterwertes von Grün- und Raufutter durch die Cellulase-Methode. – Landw. Forsch. 34, 4, 276.
- 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. Tierern. 15, 59-94.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., P.C. THEOBALD & H. LASER, 2003: Prediction of digestibility and energy concentration of winter pasture forage and herbage of low-input grassland – A comparison of methods. – Arch. Anim. Nutr. 57, 167-176.
- POTTHAST, V., R. HAVERKAMP & M. RODEHUTSCORD, 1997: Ableitung von Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Grasprodukten unter Verwendung von *in vitro* Parametern (Gasbildung, Cellulose-Löslichkeit). – D. wirtschaftseigene Futter 43, 205-216.
- TILLEY, J.M.A. & R.A. TERRY, 1963: A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. – J. Brit. Grassl. Soc. 18, 104-111.
- VAN SOEST, P.J., 1968: Structural and chemical characteristics which limits the nutritive value of forages. In: HARRISON, C.M. (ed.): Forage: economics/quality. – Spec. Publ. 13, American Soc. Agron., Madison, Wiscon., 63-76.

# Silierzusätze und Steigerung der Milchleistung: Auswirkungen auf die aerobe Stabilität

H. Nußbaum  
LVVG Aulendorf

## Einleitung

Unter guten Silierbedingungen (Erntetermin und -management) weisen Silagen auch ohne den Einsatz von Siliermitteln eine sehr gute Gärqualität auf. Trotzdem können unter derartigen Bedingungen Zusätze auf der Basis homofermentativer Milchsäurebakterien (MSB) die Fermentation beschleunigen. Gegenüber unbehandelten Silagen sind dann die pH-Werte und Trockenmasseverluste häufig niedriger. Diese positiven Effekte alleine rechtfertigen unter betriebswirtschaftlicher Betrachtung den Einsatz in den wenigsten Fällen. Erst zusätzliche Effekte wie verbesserte Futteraufnahme oder Steigerung der Milchleistung machen den Siliermitteleinsatz rentabel. Derartige Auswirkungen können über das DLG-Gütezeichen auf Grundlage von Versuchsergebnissen neutraler Forschungseinrichtungen attestiert werden. Bekannt ist, dass durch den Einsatz homofermentativer MSB die aerobe Stabilität bei der Silageentnahme verschlechtert sein kann. Das erschwert die Empfehlung für den praktischen Einsatz. In einem Versuch wurden deshalb gezielt Produkte, die das DLG-Gütezeichen „4cMilch“ (Verbesserung der Milchleistung) tragen, hinsichtlich Auswirkungen auf Futterwert, Gärqualität und aerobe Stabilität untersucht.

## Material und Methoden

An der Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf wurden am 12. Mai 2004 (1. Aufwuchs, Deutsches Weidelgras) neben einer unbehandelten Variante acht Zusätze mit dem DLG-Gütezeichen „4cMilch“ (homofermentative Milchsäurebakterien) und ein Produkt, das sowohl aus homo- als auch heterofermentativen Milchsäurebakterien besteht, eingesetzt. Das Ausgangsmaterial für die Versuche wies mit einem Vergärbarkeitskoeffizient (VK) von 54,6 günstige Siliereignung auf (Tabelle 1). Die Versuche wurden analog der Siliermittelprüfung zur Erlangung eines DLG-Gütezeichens in 1,5 Liter Behälter im Labormaßstab durchgeführt. Je drei Wiederholungen wurden mit jeweils zwei Stresstagen (Luftdurchfluss am 28. und 42. Tag) nach 7 Wochen Lagerung, drei weitere Wiederholungen nach 90 Tagen (ohne Luftstress) beprobt und auf Futterwert, Gärqualität sowie aerobe Stabilität untersucht.

Tabelle 1: Ausgangsmaterial für den Silierversuch

TS %	XP	XF % i.TS	XA	NEL MJ/kg TS	WSC* % i.TS	PK* g MS	Z/PK*	VK*	Nitrat mg/kg TS
29,5	16,4	21,7	10,5	6,80	15,2	4,8	3,15	54,6	87,7

\* WSC = wasserlösliche Kohlenhydrate,

PK = Pufferkapazität (Gramm Milchsäure bis pH 4,0),

Z/PK = Quotient aus Zuckergehalt und Pufferkapazität,

VK = Vergärbarkeitskoeffizient ( $= 8 \cdot Z/PK + TS$ )

## Ergebnisse

### 1 Futterwert

Die Energiekonzentration nahm bei der Fermentation um 0,2 MJ NEL/kg TS ab (Tabelle 2). Nach 90 Tagen Gärdauer wiesen die mit homofermentativen MSB behandelten Silagen im Mittel 0,3 MJ NEL/kg TS weniger auf als das Ausgangsmaterial, wobei die Spanne der Verluste von 0,1 bis 0,4 MJ NEL/kg TS reichte. Die Behandlung mit der Kombination aus homo- und heterofermentativen MSB bewirkte auf Grund höherer TM-Verluste und verstärkter Essigsäurebildung gegenüber dem Erntegut eine Abnahme der Energiekonzentration um 0,4 MJ NEL/kg TS.

## 2 Gärqualität

Alle acht Silierzusätze mit homofermentativen Milchsäurebakterien (MSB) säuerten rascher und intensiver (pH-Wert um 0,4 bis 0,5 Einheiten niedriger) als die Kontrollsilage (Tabelle 2). Die Milchsäuregehalte lagen etwa doppelt so hoch, die Essigsäuregehalte bei rund der Hälfte. Die Kombination aus homo- und heterofermentativen MSB bewirkte etwas höhere Milchsäuregehalte und folglich niedrigere pH-Werte (0,2 Einheiten tiefer), vor allem aber höhere Essigsäure- und 1,2-Propandiolgehalte (Propylenglykol). Alle Silagen waren frei von Buttersäure.

Tabelle 2: Auswirkungen der Silierzusätze auf Futterwert, Gärqualität und aerobe Stabilität bei unterschiedlicher Lagerdauer und Lagerbedingungen (mit/ohne Luftstress)

Kriterium	Lagerdauer (Tage)	Luftstress	Silierzusatz			
			ohne (Kontrolle)	MSB ho <sup>1</sup>	(Spanne)	MSB ho+he <sup>2</sup>
Energiegehalt MJ NEL/kg TS	49	ja	6,56	6,66	(6,49-6,81)	6,60
	90	nein	6,58	6,52	(6,43-6,67)	6,39
pH-Wert	3	nein	5,9	5,3	(4,9-5,8)	5,7
	49	ja	4,5	4,1	(4,0-4,1)	4,3
	90	nein	4,5	4,0	(4,0-4,1)	4,3
Milchsäure % i.TS	49	ja	4,7	9,5	(8,8-10,5)	6,2
	90	nein	4,4	9,3	(8,7-10,6)	6,9
Essigsäure % i.TS	49	ja	1,9	0,9	(0,4-1,5)	2,0
	90	nein	1,7	0,9	(0,5-1,5)	2,4
Propandiol % i.TS	49	ja	0	0		0,1
	90	nein	0	0		0,9
aerobe Stabilität Tage bis +2°C	49	ja	4,1	2,1	(0,8-3,7)	7,1
	90	nein	8,5	6,2	(3,5-8,9)	9,4

1= Homofermentative Milchsäurebakterien (Mittelwerte aus 8 Zusätzen)

2= Zusatz mit homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien (1 Zusatz)

## 3 Aerobe Stabilität

Die mit heterofermentativen MSB behandelten Silagen wiesen eine um drei Tage (mit Luftstress) bzw. um einen Tag (ohne Stress) bessere aerobe Stabilität als die unbehandelten Silagen auf (Tabelle 2). Demgegenüber nahmen die Temperaturen in den mit 4cMilch-Produkten behandelten Silagen (homofermentative MSB) zwei Tage früher als in der Kontrolle zu, wobei zwischen den Mitteln eine große Bandbreite zu beobachten war (Grafik 1, 2). Bei einzelnen Zusätzen war bereits nach knapp einem Tag eine deutliche Erwärmung fest zu stellen. Während nach 49 Tagen Fermentation in Verbindung mit Luftstress nach 4 und 6 Wochen alle homofermentativen Produkte die aerobe Stabilität verschlechterten, war nach 90 Tagen Fermentation ein Produkt geringfügig besser als die Kontrolle. Generell ist zu erkennen, dass die aerobe Stabilität mit längerer Lagerdauer zunimmt (Kontrolle: von zwei auf sechs Tage). Dies trifft insbesondere für die Kombination aus homo- und heterofermentativen MSB zu, weil erst nach einer mindestens sechs- bis achtwöchigen Gärung die Bildung von Essigsäure und Propandiol stattfindet.

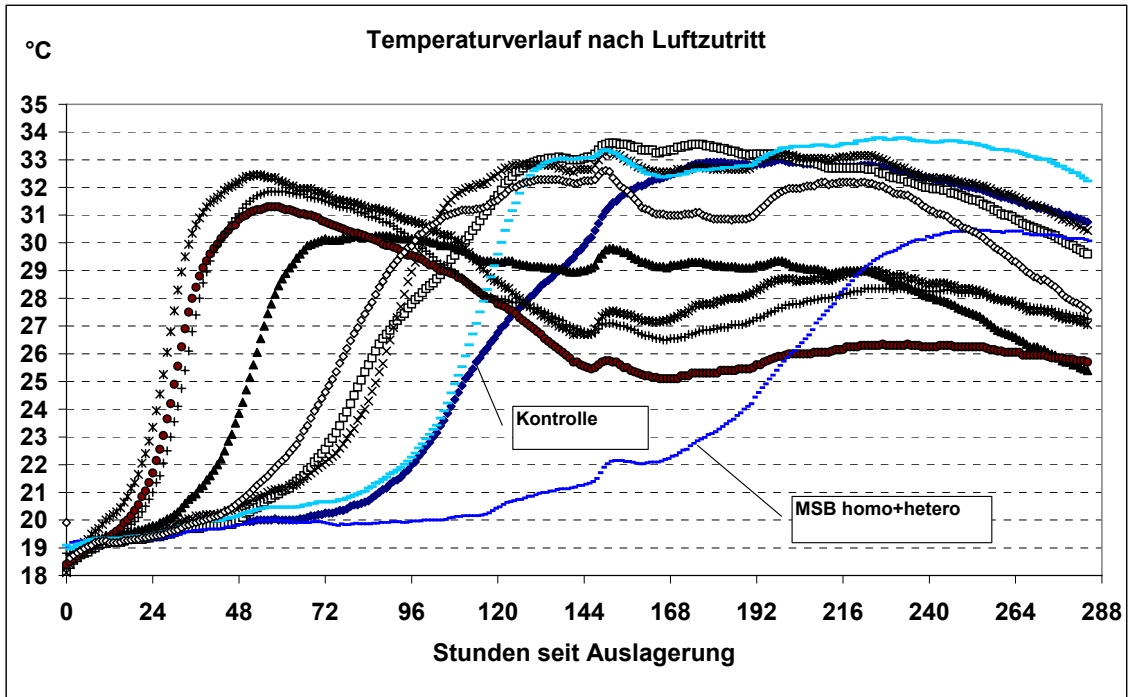


Abb. 1: Temperaturverlauf nach der Silageentnahme bei einer Gärdauer von 49 Tagen und Luftstress nach 4 bzw. 6 Wochen.

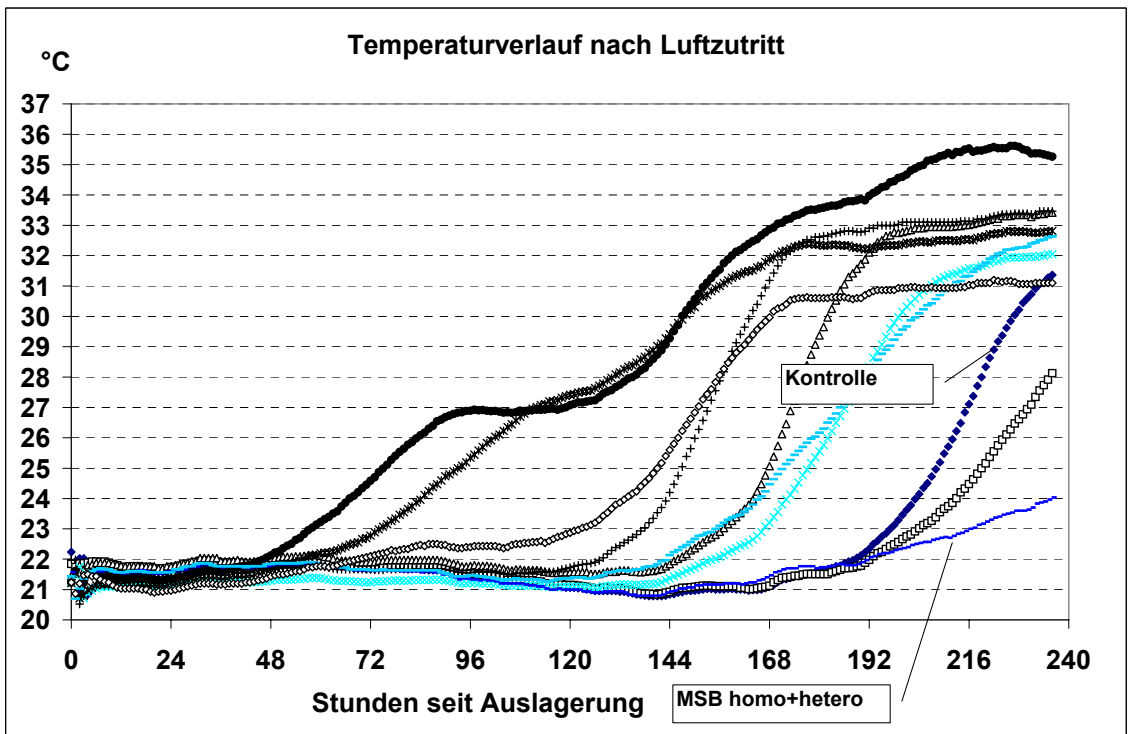


Abb. 2: Temperaturverlauf nach der Silageentnahme bei einer Gärdauer von 90 Tagen ohne Luftstress.

## Zusammenfassung

Bei einem Silierversuch mit Deutschem Weidelgras konnte auch ohne den Zusatz von Zusätzen beste Silage mit 6,6 MJ NEL/kg TS hergestellt werden. Die Zudosierung von Siliermitteln auf Basis homofermentativen Milchsäurebakterien mit dem DLG-Gütezeichen „4cMilch“ wirkte sich in dem sehr hochwertigen Erntegut im Mittel aller 8 Silierzusätze kaum auf die Energiegehalte aus. Einzelne Produkte verbesserten zwar die Energiekonzentration um 0,1 bis 0,25 MJ NEL/kg TS, bei andere lagen die Gehalte aber um 0,1 bis 0,15 MJ NEL/kg TS niedriger als ohne Zusatz. Dabei ist anzumerken, dass in diesem Laborversuch keine Fütterungs- und Milchleistungsdaten erhoben wurden. Die mit homo- und heterofermentativen Milchsäurebakterien behandelte Silage wies um 0,2 MJ NEL/kg TS weniger Energie als die Kontrollsilage auf.

Durch die Applikation von homofermentativen MSB wurde die Gärqualität auf Grund einer intensiven Milchsäuregärung und raschen Säuerung signifikant verbessert. Die Reduktion der Essigsäuregehalte bewirkte jedoch eine deutlich schlechtere aerobe Stabilität der Silagen nach der Auslagerung. Da dieser Effekt über alle Produkte zu beobachten war, wird von Seiten der Beratung für eine entsprechende Kennzeichnung derartiger Silierzusätze plädiert. Hinweise zum optimalen Einsatz und Vorgaben zum Entnahmevorschub sollten auf den Verpackungen angebracht und in der firmenseitigen Beratung erwähnt werden.

Die Ergänzung der homo- mit heterofermentativen Milchsäurebakterien verbesserte die aerobe Stabilität auf Kosten von Trockenmasse und Energie.

## Literatur

- FILYA, I. A. KARABULUTI and E. SUCU (2002): The effect of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of maize silage in warm climate. Conference Proceedings XIIIth International Silage Conference 2002, 192.
- KUNG L. et al. (2003): Silage Additives. In: BUXTON, R., MUCK, R.E. AND J.H. HARRISON (2003): Silage Science and Technology. American Society of Agronomy, No. 42, 305-360.
- MCDONALD, P., HENDERSON, A.R. and S.J.E. HERON (1991): The Biochemistry of Silage. Second edition, Chalcombe Publications, Marlow, GB.
- NUSSBAUM, H. (1994): Versuche zur Eignung von Milchsäurebakterien (MSB) aus eigener Anzucht. Tätigkeitsbericht 1993-1994 der Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf.
- NUSSBAUM, H. (2002): Einsatz von Siliermitteln in ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Tagungsband AG Grünland und Futterbau, Rostock 2002.
- RANJIT, N. K. and L. KUNG, JR. (2000): The effect of *Lactobacillus plantarum* and *L. buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.* 83:526-535.
- WYSS, U. (1996): Wirksamkeit von Siliermitteln bei Maissilagen. *Agrarforschung* 1996, v. 3 (7) p. 317-320.

# Stabilisierung von Total-Misch-Rationen durch Zusätze

H. Nußbaum  
LVVG Aulendorf

## Einleitung

Bei der Milchviehfütterung ist der Einsatz von Total-Misch-Rationen (TMR) auf Grund positiver Effekte hinsichtlich Futteraufnahme und Pansenphysiologie sowie arbeitswirtschaftlicher Vorteile weit verbreitet. Werden jedoch bereits warme oder Silagen mit der Neigung zur Nacherwärmung in die TMR eingemischt, erwärmen sich die fertigen Mischungen innerhalb weniger Stunden. Die Folgen sind vor allem Energieverluste, verminderte Verdaulichkeit und reduzierte Futteraufnahme. Für die Erwärmung sind vor allem Hefepilze verantwortlich, die über warme Silagen oder unsachgemäß gelagerte und damit häufig alkoholhaltige Nebenprodukte in die Mischung gelangen können. Bei schlechter Futtertischhygiene vermehren sich Hefen auch in Futterresten im Trog. Energiereiche Futterkomponenten (vor allem zuckerhaltige Produkte), lange Mischintervalle (z.B. nur zweitägiges Mischen am Wochenende) oder warme Umgebungstemperaturen (Sommer) verstärken die Problematik. Treten trotz vorbeugender Maßnahmen warme Silagen und folglich warme TMR-Mischungen auf, ist der Einsatz von Zusätzen sinnvoll. Die möglichen Effekte verschiedener TMR-Zusätze sowie Kosten werden nachfolgend anhand zweier Versuche an der Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf beschrieben.

## Material und Methoden

### 1 Versuchsdurchführung

Mit dem Futtermischwagen der Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf wurden zwei verschiedenen TMR-Mischungen (Zusammensetzung in Tabelle 1) hergestellt und jeweils Teilpartien mit acht verschiedenen handelsüblichen Zusätzen zur Stabilisierung behandelt und analog der Prüfung auf aerobe Stabilität für das DLG-Gütezeichen für Siliermittel in einem isolierten, aber luftdurchströmten Behälter bei Raumtemperatur (20 bis 22 °C) gelagert. Mittels Temperaturlogger wurden über sechs Tage lang stündlich die Temperaturen in den Mischungen erfasst. Die Mischungen gelten als erwärmt (instabil), wenn die Temperatur um 2°C gegenüber der Raumtemperatur zugenommen hat.

Tabelle 1: Zusammensetzung der Total-Misch-Rationen

Futtermittel	Ration kg/Kuh und Tag	
	M1: grasbetont	M2: maisbetont
Maissilage (36,6 % TS)		17,1
Grassilage (55,2 / 34,5 % TS)	27,0	12,0
Weizenstroh	0,5	
Melasseschnitzel	3,0	3,0
Mineralfutter	0,2	0,2
KF-Mix Sommer	6,5	6,5
<b>Summe kg/Kuh u. Tag</b>	<b>37,2</b>	<b>38,8</b>
NEL, MJ/kg TS	6,98	6,87
TS %	61,0	47,4

### 2 Zusätze

Neben der unbehandelten Kontrolle wurden die in Tabelle 2 aufgelisteten Mittel eingesetzt. Die Zusätze weisen unterschiedliche pH-Werte auf, was hinsichtlich Handhabung



und Korrosivität im Futtermischwagen von Bedeutung ist. Die nach Firmenangaben genannten Kosten (incl. MwSt) sind unverbindlich und können sich je nach Behältergröße, Abnahmemenge und -wege ändern. Beim Mittel „Bergo TMR-Stabil“ wurde die kleinste Aufwandmenge von 2 Liter je Tonne TMR gewählt. Das hat sich in den Effekten etwas negativ, bezüglich der Kosten positiv ausgewirkt. Bei mit ähnlichen Zusätzen vergleichbarer Aufwandmenge von 3 kg/t TMR müssen rund 4,80 € je Tonne TMR kalkuliert werden. Das Produkt „Frischhalte Mineral TMR“ enthält überwiegend Mineralstoffe mit entsprechend hohen Kosten. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Auflistung der Hauptwirkstoffe keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Tabelle 2: Die in beiden Mischungen eingesetzten Produkte mit ihren Hauptwirkstoffen\*.

Produkt	pH-Wert	Hauptwirkstoffe	je Tonne TMR	
			Aufwandmenge im Versuch	Kosten ca. €**
Kaliumsorbit	8,3	K-Sorbit	0,3 kg in 10 l Wasser	2,75
Luprosil NC	6,8	Propionsäure, Ammoniak, Propylenglykol	6,0 Liter	7,80
Lupro Grain	4,2	Propionsäure, Ammoniak, Propylenglykol	3,5 Liter	4,90
Kornfit	6,0	Propionsäure, K-Sorbit	3,0 Liter	4,50
Combisil	Pulver	Benzoat, Fumarsäure, Kochsalz	5,5 kg	4,60
Frischhalte Mineral TMR	Pulver	K-Sorbit (7,5 %)	6,0 kg	5,00
Bergo TMR-Stabil	5,4	Propionsäure, Propylenglykol	2,0 Liter	3,20
Schaumasil NK 90	5,0	Propionsäure, Propylenglykol	3,0 kg	4,05

\* kein Anspruch auf Vollständigkeit

\*\* unverbindlich, incl. MwSt nach Firmenangaben; je nach Behältergröße, Abnahmemenge und -wege andere Preise

### Ergebnisse

Die in der ersten TMR (M1) eingemischte Grassilage hatte 55,2 % TS und war vor dem Mischen mit rund 21 °C bei Umgebungstemperaturen von etwa 15 °C (Herbst 2004) bereits leicht erwärmt. Deshalb blieb die unbehandelte Kontrolle nur 56 Stunden (2,3 Tage) lang aerob stabil. Die Maissilage (aus 2003, 36,6 % TS) betonte zweite Mischung (M2) enthielt eine andere Grassilage mit 34,5 % TS. Bis zur Erwärmung um 2°C gegenüber der Raumtemperatur von 20 bis 22 °C dauerte es deshalb im zweiten Durchgang doppelt so lange (116 Stunden bzw. 4,8 Tage). Die Effekte der Zusatzmittel sind in Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle 3: Einfluss der Zusätze auf die Verzögerung der Nacherwärmung gegenüber der unbehandelten Kontrolle in Stunden

Zusatz	Mischung:	Verzögerung der Erwärmung um Stunden bis +2°C	
		M1: grasbetont	M2: maisbetont
Kaliumsorbit		11,0	67,3
Luprosil NC		20,3	144,3
Lupro Grain		41,0	144,3
Kornfit		17,3	144,3
Combisil		21,7	144,3
Frischhalte Mineral TMR		19,3	100,3
Bergo TMR-Stabil*		13,3	110,3
Schaumasil NK 90		23,7	144,3
<b>Mittel der Zusätze</b>		<b>20,9</b>	<b>124,9</b>

\* Aufwandmenge nur 2 l/t TMR

Alle Zusätze verzögerten die Erwärmung, wobei die Spannweite mit 11 bis 41 Stunden insbesondere unter den erschwerten (aber praxisüblichen) Bedingungen mit trockener, aerob instabiler Grassilage groß war. Der Zusatz „Lupro Grain“ schnitt am besten ab. Bei der maisbetonten Mischung mit aerob stabiler Grassilage sind die Unterschiede weniger deutlich. Ein Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Propionsäure und der Dauer der Verzögerung scheint zu bestehen. Kaliumsorbit verzeichnete die geringsten, wenn auch ausreichenden Effekte. Vermutlich war die Aufwandmenge von 300 g/t TMR in beiden Versuchen zu knapp gewählt, obwohl in Vorversuchen (2003) mit dieser Dosierung gute Erfahrungen gemacht wurden.

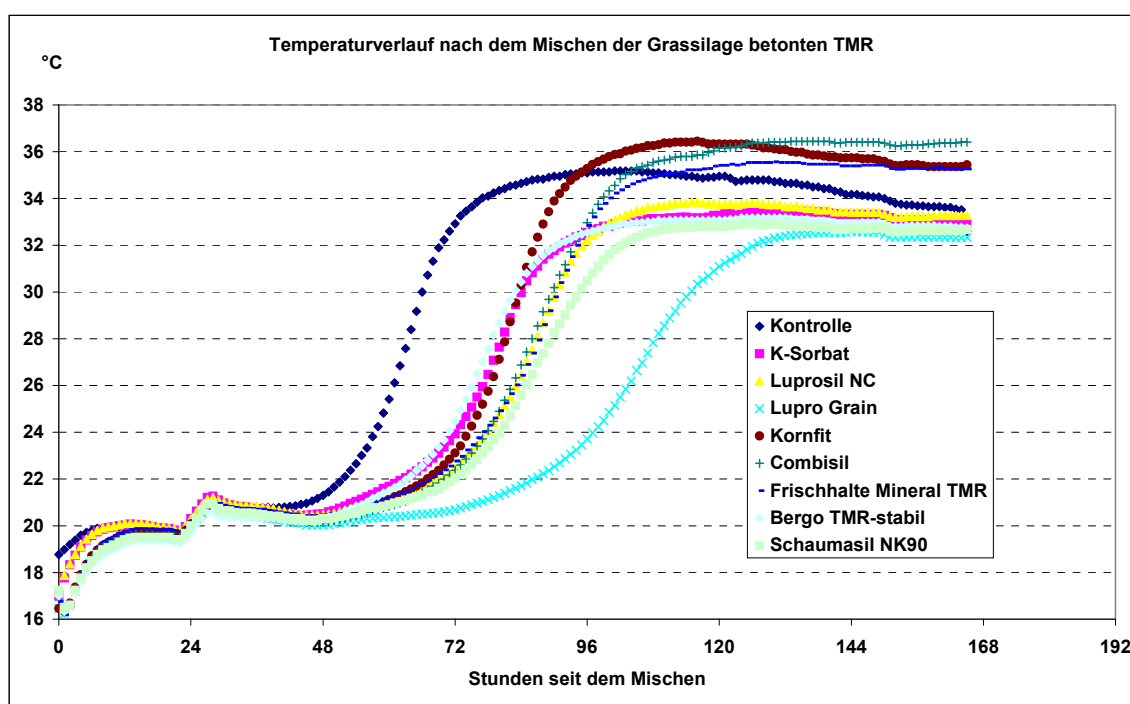


Abb. 1: Einfluss der Zusätze auf den Temperaturverlauf der grasbetonten Total-Misch-Ration (M1) nach dem Mischen der TMR

Beim ersten Versuch verbesserten die Zusätze die Stabilität im Mittel um 20,9 Stunden, also um rund einen Tag. Beim zweiten Versuch betrug die zusätzliche Stabilisierung 124,9 Stunden, also etwa fünf Tage. Da TMR-Mischungen normalerweise inner-

halb von 1-2 Tagen verfüttert sind, ist weniger die absolute Verzögerung der Erwärmung, sondern die Unterschiede zwischen den Mitteln und die Effekte bereits erwärmter Ausgangskomponenten zu beachten.

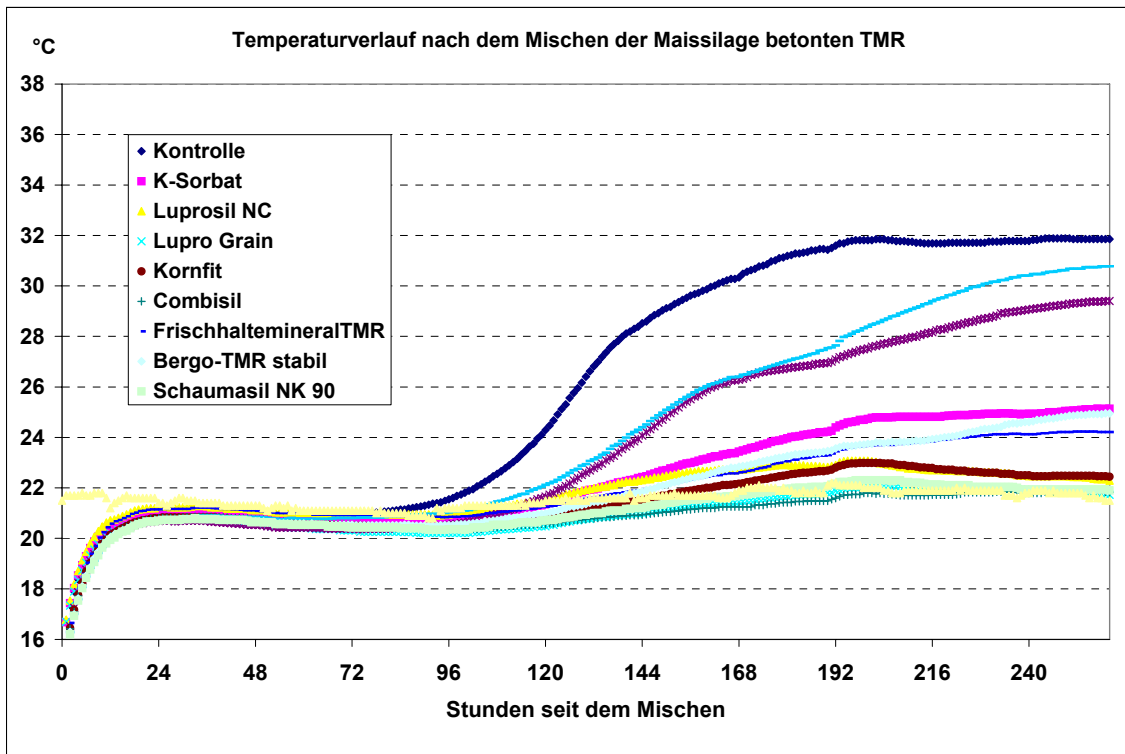


Abb. 2: Einfluss der Zusätze auf den Temperaturverlauf der maisbetonten Total-Misch-Ration (M2) nach dem Mischen der TMR

### Zusammenfassung

Warme TMR-Mischungen bedeuten Energieverluste, geringere Verdaulichkeit und verminderte Futteraufnahme. Verantwortlich dafür sind Hefepilze, die vor allem über warme Silagen oder schlecht gelagerte Zusatzkomponenten in die Mischungen gelangen. Die Erzeugung stabiler Silagen, häufiges Mischen, saubere und kühle Lagerung von Zukaufsfuttermitteln sowie Futtertischhygiene beugen der Erwärmung vor. Bei zwei verschiedenen TMR-Mischungen wurden in Aulendorf handelsübliche Zusätze zur Verzögerung der Erwärmung geprüft. Alle Zusätze verbesserten die aerobe Stabilität im Mittel um rund einen Tag (bei erwärmten Silagen) bzw. fünf Tagen (bei stabilen Komponenten), wobei die Bandbreite groß war. Instabile Komponenten bedeuten eine raschere Erwärmung und geringere Effekte der Zusätze bzw. machen eine höhere Dosierung notwendig. Die Dauer der Stabilisierung korreliert überwiegend mit den Gehalten an Propion-, Sorbin- oder Benzoesäure. Die Zusätze kosten zwischen 3,50 und 5,00 € je Tonne TMR.

# Fütterungsversuche zur Bestimmung des Futterwertes von Kleegrassilagen mit unterschiedlichem Anteil von Weißklee und Rotklee im Herbstaufwuchs

M. Pries, E. Leisen  
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

## Einleitung

In Verdauungsversuchen mit Hammeln wird der Futterwert von Kleegrassilagen mit definierten Anteilen an Weißklee bzw. Rotklee geprüft, um anschließend einen Vergleich mit dem Energiegehalt, der über die Rohnährstoffformel geschätzt wurde, vorzunehmen.

## Material und Methoden

Die Durchführung erfolgte im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick. Die Silagen wurden aus einem Bestand mit 100 % Welschem Weidelgras und einem Bestand mit 42 % Welschem Weidelgras + 58 % Rotklee (jeweils nach 44 Tagen Aufwuchsdauer) sowie aus einem Bestand mit 52 % Weißklee und 48 % Deutschem Weidelgras (69 Tage Aufwuchsdauer) am 25.10.2004 nach 2,5 Felddagen gewonnen, mit einem Fräsmischwagen gemischt, in 200 I-Fässern einsiliert und bei einer Temperatur von 10° C (entsprechend der kühleren Witterung bei Ernte Ende Oktober) über 100 Tage gelagert.

Mischungsvarianten auf Basis Trockenmasse bei Rotklee Grassilagen:

- **Variante 1:** 100 % Welsches Weidelgras **(100 WW)**
- **Variante 2:** 19 % Rotklee + 81 % Welsches Weidelgras **(19 RK 81 WW)**
- **Variante 3:** 58 % Rotklee + 42 % Welsches Weidelgras **(58 RK 42 WW)**

Mischungsvarianten auf Basis Trockenmasse bei Weißklee Grassilagen:

- **Variante 1:** 17 % Weißklee + 16 % Deutsches Weidelgras + 67 % Welsches Weidelgras **(17 WK, 16 DW, 67 WW)**
- **Variante 2:** 52 % Weißklee + 48 % Deutsches Weidelgras **(52 WK, 48 DW, 0 WW)**

Die Fütterungsversuche erfolgten gleichzeitig mit je fünf Hammeln der Rasse Schwarzkopf. Das Vorgehen orientierte sich an der Vorgabe der GfE (1991). Kot und Futter wurden in der LUFA NRW analysiert. Die Korrektur der Trockenmasse erfolgte nach der Maßgabe von Weißbach und Kuhla unter Berücksichtigung der Gärsäuren. Auf der Basis der verdaulichen Rohnährstoffgehalte wurden die Gehalte an ME und NEL nach der Vorgabe der GfE (1995) kalkuliert.

## Ergebnisse und Diskussion

### 1 Gärqualität

Die Silagen sind in allen Varianten gut vergoren: 86 bis 96 DLG-Punkte, pH-Wert: 4,4 bis 4,6 Milchsäuregehalt: 80 bis 110 g/kg TM, Essigsäuregehalt: 17 bis 24 g/kg TM, Propion- und Buttersäure unterhalb der Nachweisgrenze, Ethanol niedrig, NH<sub>3</sub>-N: 8,7 bis 10,9 % des N, in Weißklee Grassilagen auch 12,5 % bis 13,5 %, was einen leichten Aminosäurenabbau dokumentiert.

### 2 Rohnährstoffgehalte und Verdaulichkeit von Silagen mit Rotklee und Welschem Weidelgras

Die Verdaulichkeit der Organischen Substanz in der **reinen Welsch-Weidelgras-Variante** beträgt 79,3 %, was im Wesentlichen durch den niedrigen Rohfasergehalt erklärt werden kann. Dass trotz der guten Verdaulichkeit der Energiegehalt in dieser Variante auf dem Niveau der DLG-Werte liegt, findet seine Erklärung in dem hohen Aschegehalt, wodurch die Menge an Organischer Substanz in dem Material entsprechend reduziert wird.

Die Variante **19 RK/81 WW** hat eine Verdaulichkeit der Organischen Substanz von 79,8 %, womit der Wert der reinen Welsch-Weidelgrasvariante erreicht wird, was im wesentlichen aufgrund des hohen Weidelgrasanteils auch nicht unerwartet ist. Erst in der Variante **58 RK/42 WW** sinkt die Verdaulichkeit der Organischen Masse auf 75,3 %. Sie liegt damit um 2,3 %-Punkte oberhalb der Verdaulichkeit reiner Rotkleeisilagen gemäß DLG-Werten.

Die Gasbildungs- und die ELOS-Werte spiegeln die Veränderungen in der Verdaulichkeit nur ungenügend wieder. Ob dies u. U. materialtypisch ist, lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht klären.

Tabelle 1: Ergebnisse der Verdaulichkeitsbestimmungen und Werte aus der DLG Futterwerttabelle 1997

Behandlung	100 WW	19 RK 81 WW	58 RK 42 WW	Welsch Weidelgras, 2. u. folg. Aufwüchse, 4-6 Wochen DLG 1997	Rotklee, 2. u. folg. Aufwüchse, i. d. Knospe DLG 1997
Trockenmasse, g/kg	326	335	312	350	350
Rohasche, g/kg TM	183	167	148	152	127
Rohprotein, g/kg TM	178	201	238	160	196
Rohfaser, g/kg TM	187	176	157	232	215
Rohfett, g/kg TM	37	39	42	45	45
Organischer Rest , g/kg TM	593	619	653		
Ges. Zucker, g/kg TM	12	<0,3	<0,3		
ADF, g/kg TM	255	254	224		
NDF, g/kg TM	451	421	340		
NFC, g/kg TM	151	173	232		
Gasbildung, ml/200 mg TM	36,7	38,1	37,7		
ELOS, % der TM	66,0	65,7	65,9		
<b>Verdaulichkeit, %</b>					
Organische Substanz	79,3 ± 0,1	79,8 ± 1,3	75,3 ± 0,4	76	73
Rohfett	57,3 ± 2,2	66,8 ± 0,7	62,0 ± 4,2	61	70
Rohfaser	83,9 ± 0,6	81,8 ± 2,0	78,1 ± 3,4	82	66
Organischer Rest	79,3 ± 0,3	80,1 ± 1,5	80,4 ± 0,9		
<b>NEL, MJ/kg TM</b>	<b>6,16 ± 0,02</b>	<b>6,42 ± 0,12</b>	<b>6,54 ± 0,05</b>	<b>6,03</b>	<b>6,07</b>

### 3 Rohnährstoffgehalte und Verdaulichkeit von Silagen mit Weißklee, Deutschem Weidelgras und Welschem Weidelgras

Die Verdaulichkeit der Organischen Substanz in der Variante **52 WK/48 DW/0 WW** ergibt mit 80,1 % einen sehr guten Wert, so dass mit 6,92 MJ NEL/kg TM auch eine hohe Energiedichte erreicht wird. Ein Vergleich mit den entsprechenden Angaben für reine Weißkleebestände nach DLG-Werten lässt die Analyseergebnisse als realistisch erscheinen. Reine Weißkleeisilagen sind in der DLG-Tabelle nicht aufgeführt.

Die Verdaulichkeit der Organischen Substanz für die Variante **17 WK/16 DW/67 WW** beträgt 80,2 %, woraus sich ein Energiegehalt von 6,59 MJ NEL/kg TM bestimmen lässt. Der Energiegehalt liegt damit zwischen der Variante 100 WW und weißkleebetonten Variante. Mit zunehmendem Weißkleeanteil ergeben sich ansteigende Energiegehalte.

Tabelle 2: Ergebnisse der Verdaulichkeitsbestimmungen und Werte aus derDLG-Futterwerttabelle 1997

Behandlung	100 WW	17 WK 16 DW 67 WW	52 WK 48 DW 0 WW	Weißklee (Grünfutter) 2. u. folg. Aufwüchse vor der Blüte <i>DLG 1997</i>
Trockenmasse, g/kg	326	362	390	120
Rohasche, g/kg TM	183	131	109	110
Rohprotein, "	178	225	265	271
Rohfaser, "	187	196	178	144
Rohfett, "	37	39	41	43
Organischer Rest, "	593	634	672	
Ges. Zucker, "	12	<0,3	<0,3	
ADF, "	255	254	234	
NDF, "	451	379	340	
NFC, "	151	274	245	
Gasbildung, ml/200 mg TM	36,7	42,6	40,8	
ELOS, % der TM	66,0	66,7	69,9	
<b>Verdaulichkeit, %</b>				
Organische Substanz	79,3 ± 0,1	80,2 ± 1,6	80,1 ± 1,0	
Rohfett	57,3 ± 2,2	64,0 ± 2,0	59,9 ± 2,7	
Rohfaser	83,9 ± 0,6	82,7 ± 3,0	79,0 ± 3,7	
Organischer Rest	79,3 ± 0,3	80,5 ± 1,2	81,6 ± 0,6	
<b>NEL, MJ/kg TM</b>	<b>6,16 ± 0,02</b>	<b>6,59 ± 0,15</b>	<b>6,92 ± 0,10</b>	<b>7,05</b>

#### 4 Vergleich der Energiegehalte nach verschiedenen Schätzverfahren

Bei Anwendung der Rohnährstoffformel werden für alle Varianten niedrigere und zum Teil auch deutlich niedrigere Energiewerte im Vergleich zu den im Hammeltest bestimmten Energieangaben ausgewiesen. In den kleefreien bzw. kleeärmeren Varianten sind die Differenzen besonders groß. Bei den kleereichen Silagen ergibt sich eine recht gute Übereinstimmung zwischen Schätzung und Bestimmung.

Der über die Gasbildungsformel berechnete Energiegehalt weicht besonders stark von der Energiebestimmung über die Verdaulichkeit ab. Die Differenz beträgt hier zum Teil mehr als ein MJ NEL/kg TM. Bei kleereichen Silagen bestehen geringere Unterschiede.

In beiden Schätzverfahren ergibt sich die gleiche Rangierung der Futter im Hinblick auf die Höhe des Energiegehaltes im Vergleich zur Energiebestimmung über die Verdaulichkeitsmessung. Dem zufolge kommt man innerhalb einer Schätzmethode auch zu gleichlautenden Qualitätsbewertungen.

Tabelle 3: Vergleich der Energieangaben nach Verdaulichkeitsprüfung und Rohrnährstoffformel

	Varianten				
	100 WW	19 RK 81 WW	58 RK 42 WW	17 WK 16 DW 67 WW	52 WK 48 DW 0 WW
Verdaulichkeitsbestimmung					
<b>VQ OS, %</b>	79,3	79,8	75,3	80,2	80,1
<b>MJ NEL, kg TM</b>	6,16	6,42	6,54	6,59	6,92
NEL, MJ/kg TM, <b>GfE '98</b> Basis Rohrnährstoffe	5,63	5,98	6,48	6,30	6,84
NEL, MJ/kg TM, <b>GfE '98, HFT</b> (Gasbildung)	5,06	5,42	5,84	6,00	6,34

### Fazit

Die aus der DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer bekannte Verdaulichkeit verschiedener Klee- und Grasarten wird weitestgehend wieder gefunden. Die Anwendung verschiedener Energieschätzverfahren erbringt allerdings immer niedrigere Schätzgrößen als die über die Verdaulichkeit bestimmten Energiewerte. Mit höheren Kleeanteilen ergeben sich geringere Differenzen.

Schätzfehler von zum Teil mehr als einem MJ NEL/kg TM erfordern eine Anpassung der Schätzformel. Hierzu ist es notwendig, weitere Verdauungsversuche durchzuführen, einen bundesweiten Datenpool zu erstellen, die Regressionen abzuleiten und anschließend eine Validierung an unabhängigen Datensätzen vorzunehmen.

### Literatur

- DLG Futterwerttabellen für Wiederkäuer, 1997. DLG-Verlag, Frankfurt a. M.
- AUSSCHUSS FÜR BEDARFSNORMEN DER GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, 1991: Leitlinien zur Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 65, 229-234.
- AUSSCHUSS FÜR BEDARFSNORMEN DER GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, 1998: Formel zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermittel aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. Proc. Soc. Nutr. Physiol., Band 7.
- AUSSCHUSS FÜR BEDARFSNORMEN DER GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, 2001: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt a.M.
- WEIßBACH und KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter. Übers. Tierernährg. 23, 189-214.

Danksagung: Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe ökologischer Landbau in NRW“ durchgeführt mit finanzieller Unterstützung durch das Land NRW und der EU.

# Zu den Auswirkungen von Gärkennwerten aus Silierversuchen auf Futterwert und Futteraufnahme

K. Rutzmoser

## Einleitung und Fragestellung

Bei der Vergärung von Silagen werden Stoffe umgebaut, die dafür gebrauchte Energie wird dem Futtermaterial entzogen, damit verringert sich der Futterwert. Zur Beurteilung von Maßnahmen, die den Gärverlauf beeinflussen, ergeben sich folgende Fragen:

- Wie verändern sich die Gehalte an Rohnährstoffen durch die Silierung und mit welchen Kennwerten kann diese Veränderung beschrieben werden?
- Wie können Verdaulichkeiten und Energiegehalt aus bekannten Größen geschätzt werden?
- Welche Auswirkungen eines veränderten Futterwertes sind auf die Futter- und Nährstoffaufnahme der Tiere zu erwarten?

Diese Fragen geben gleichzeitig die Schritte vor, wie mit dem vorgeschlagenen Modell die Auswirkungen des Silierergebnisses auf das Futter und das Tier abgeleitet, besser erfasst und bewertet werden sollen. Das Ziel der Arbeit ist, mit jeweils einem Formelsatz folgende Zusammenhänge abzubilden:

- Rohnährstoffgehalte in der Silage nach Gehalten im Grüngut und Silierkennwerten
- Verdaulichkeiten und Energiegehalt in der Silage nach Rohnährstoffgehalten
- Futter- und Energieaufnahme (ergibt Leistungsvermögen) nach Futter- und Silierkennwerten

## Veränderungen der Rohnährstoffe von Grüngut zu Silage

Mit den Um- und Abbauvorgängen bei der Vergärung werden die Gehalte der Rohnährstoffe verändert. Die Grundlagen des Modells wurden aus Ergebnissen von Silierversuchen abgeleitet. Zur Auswertung standen die Daten von 200 Silierversuchen in Bilanznetzen zur Verfügung (114 Ergebnisse von Grassilagen des ersten Schnittes, 64 Grassilagen aus Folgeschnitten sowie 22 Klee-, Luzerne- oder Weidelgrassilagen). Es wurden die Rohnährstoffe (in g/kg T) nach der Weender Analyse bei der Einlagerung vom Grüngut und bei der Auslagerung von der Silage bestimmt, ebenso die Gärkennwerte wie T-Verlust, Gärssäuren und  $\text{NH}_3$  bzw.  $\text{NH}_3\text{-N}$ .

Es zeigte sich, dass der Verlust bzw. der Erhalt an Trockenmasse (T) in Prozent (v. H.), (T-Erhalt, das Gegenstück zum Verlust =  $100 - \text{T-Verlust}$ ) bezogen auf das Ausgangsmaterial einen aussagekräftigen Kennwert über die Summe der erfolgten Umsetzungen darstellt.

Folglich zielt das Modell im ersten Schritt darauf ab, die Veränderungen der Rohnährstoffe vom Grüngut zur Silage abhängig von der Weender Analyse des Grüngutes und dem Erhalt (oder Verlust) an T zu bestimmen. Aus den Ergebnissen der Silierversuche und sachlogischen Zusammenhängen konnte ein Satz von Gleichungen abgeleitet werden.

### Rohasche

Die Menge an Rohasche wird durch die Siliervorgänge nicht verändert (soweit kein Sickersaft anfällt), deshalb sind in der Silage Anreicherungen im Ausmaß der Verluste an organischer Masse zu erwarten. In eine Berechnungsformel geht der Verlust oder Erhalt an T in v. H. ein:

Rohasche Auslagerung =  $100 / \text{Erhalt} * \text{Rohasche Einlagerung (g/kg T)}$  oder

Rohasche Auslagerung =  $100 / (100 - \text{Verlust}) * \text{Rohasche Einlagerung (g/kg T)}$



### Rohprotein

Das Rohprotein (RP) wird beim Gärvorgang zum Teil von den Bakterien angegriffen und es entsteht eine gewisse Menge an Ammoniak (NH<sub>3</sub>). Dieses bleibt in der Silage, bei der üblichen Analytik der Proben nach der Trocknung im Trockenschrank muss davon ausgegangen werden, dass das Ammoniak entwichen ist. Der Rohproteingehalt in der Silage ergibt sich somit aus der Anreicherung entsprechend der T-Verluste abzüglich des RP-Anteils aus N im Ammoniak. In den Versuchsproben wurde der Ammoniakgehalt der Silagen (im feuchten Material) gemessen. Dieser kann mit dem Faktor RP = 5,16 \* NH<sub>3</sub> als RP-Menge (Äquivalent) bewertet werden.

Eine Abschätzung des erwarteten RP-Gehalts in der Silage wird, abhängig vom RP-Gehalt im Ausgangsmaterial und dem T-Erhalt in Tabelle 1 entwickelt. Dabei wurde das RP aus NH<sub>3</sub>-N mittels Regressionsanalysen abgeleitet.

Tabelle 1: Ableitung des Rohproteins in der Silage aus Grüngut und T-Erhalt

RP im Grüngut		120	160	200
Erhalt		g/kg T	g/kg T	g/kg T
96 v.H.	RP Anreich.	125	167	208
	RP aus NH <sub>3</sub> -N	4	7	11
	RP Schätz.	121	160	199
92 v.H.	RP Anreich.	130	174	217
	RP aus NH <sub>3</sub> -N	6	11	15
	RP Schätz.	124	163	202
88 v.H.	RP Anreich.	136	182	227
	RP aus NH <sub>3</sub> -N	9	16	22
	RP Schätz.	127	166	205

Sowohl bei höherem RP-Gehalt wie auch bei niedrigerem Erhalt (höheren Verlusten) ergeben sich größere RP-Anteile aus NH<sub>3</sub>, welche vom angereicherten RP abgezogen werden. Die sich ergebende Gleichung kann geschrieben werden:

$$\text{Rohprotein Auslagerung} = 76 + 0,975 * \text{Rohprotein Einlagerung} - 0,75 * \text{Erhalt}$$

### Rohfaser

Die Rohfaser (RF) reichert sich aufgrund des Abbaues an organischer Masse durch den Gärvorgang an. Allerdings führte die Schätzung nach der Regressionsanalyse zu etwas geringeren Gehalten, was mit einem relativ geringfügigen Abbau oder Umbau der Faserstoffe während des Siliervorganges durchaus erklärlich ist. Bei höherem Rohfaser-Gehalt und auch bei niedrigerem Erhalt (höheren Verlusten) ergibt sich ein etwas größerer Abbau. In vergleichbarer Weise wie beim Rohprotein wird der erwartete Rohfaser-Gehalt in der Silage abhängig von RF-Gehalt im Grüngut und Erhalt mit der folgenden Gleichung dargestellt:

$$\text{Rohfaser Auslagerung} = 179 + 0,975 * \text{Rohfaser Einlagerung} - 1,75 * \text{Erhalt}$$

### Rohfett und N-freie Extraktstoffe, NfE

Das Rohfett kann mit einem mittleren Wert von z. B. 40 g/kg T in der Silage konstant gesetzt werden, auch wenn gewisse Veränderungen mit der Reife des Grases zu beobachten sind.

Die NfE sind in der Weender Analyse der rechnerische Rest der Futtertrockenmasse nach der Formel (in g/kg T):

$$\text{NfE} = 1000 - \text{Rohasche} - \text{Rohprotein} - \text{Rohfaser} - \text{Rohfett}$$

### Schätzung der Verdaulichkeiten (VQ)

Für die Schätzung der Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe kann das in der Beratung in Bayern verwendete Verfahren benutzt werden. Es werden die VQ in Abhängigkeit von Rohnährstoffen bestimmt. Dabei gehen als Bezugswerte in die Formeln ein:

XPOM, Rohprotein in der organischen Masse: =  $XP / (1000 - XA) * 1000$  (g/kg T) und  
XFOM, Rohfaser in der organischen Masse: =  $XF / (1000 - XA) * 1000$  (g/kg T).

Die Gleichungen sind aus den Daten der DLG-Tabelle für Wiederkäuer, 6. und 7. Auflage abgeleitet, beispielhaft sind hier die Formeln für Grassilagen vom ersten Schnitt aufgeführt:

VQ-Schätzung Grassilage Erstschnitt:

VQ Rohprotein =  $47.40 + 0.12033 * XPOM$  (v. H.)

VQ Rohfaser =  $96.20 - 0.06713 * XFOM$  (v. H.)

VQ Rohfett =  $62.56 + 0.01518 * XFOM$  (v. H.)

VQ NfE =  $102.96 - 0.10110 * XFOM$  (v. H.)

### Energieberechnung

Aus den Rohnährstoffen und den nach vorigen Gleichungen ermittelten VQ ist die umsetzbare Energie (ME) in MJ nach den Vorgaben z. B. der DLG-Tabelle zu berechnen. Mit einer gewichteten Summenrechnung der verdaulichen Nährstoffe ist auch die verdauliche organische Masse zu bestimmen.

### Futteraufnahme

Die verfügbaren Kennwerte des Futters können in Schätzverfahren zur Futteraufnahme eingehen. HUHTANEN (2001) gibt einen Index der Futteraufnahme von Silage in Abhängigkeit von Futterwert und Silierkennwerten an:

Index der Futteraufnahme (relativ) =  $100 + 0,151 (\text{Verdau. Nährstoffe} - 690) - 0,000531 (\text{Gesamtsäuren} ** 2 - 6400) - 4,765 (\text{Ln}(\text{Ammoniak-N}) - \text{Ln}(50))$

Der Futterwert wird in Form der Summe der verdaulichen Nährstoffe (verdau. org. Masse, g/kg T) mit einem mittleren Wert von 690 g/kg T eingesetzt. Von den Gärkennwerten wird die Säuresumme (Gesamtsäuren, g/kg T, zum Quadrat) und der Ammoniak-N-anteil (g NH<sub>3</sub>-N/kg Gesamt-N, nat. Logarithmus) als bedeutsam für die Futteraufnahme angesehen. Der Einfluss der Verdaulichkeit und der Silierkennwerte auf die Futteraufnahme kann getrennt dargestellt werden.

### Leistung

Wird der Index der Futteraufnahme auf eine bestimmte Futter-(T-)menge, z.B. 10 kg T angewendet, lässt sich mit dem Energiegehalt ein Milcherzeugungswert berechnen, der zu einem Vergleichsfutter (z.B. dem Ausgangsmaterial der Silierung) in Beziehung gesetzt werden kann.

### Anwendung und Beispiel des Modells

Das Modell soll anhand eines (fiktiven) Beispiels in Tabelle 2 dargestellt werden, bei dem im Ausgangsmaterial (Gras 1. Schnitt) die Weender Analyse 95 g Rohasche, 160 g Rohprotein und 240 g Rohfaser je kg T erbrachte und mit zwei unterschiedlichen Behandlungen (eine Behandlung kann auch Kontrolle ohne Zusatz sein) 88 und 94 v.H. Erhalt (12 und 6 v.H. Verluste) gemessen wurden. Mit den betreffenden Formeln werden zunächst die Rohnährstoffe in der Silage und darauf aufbauend deren Verdaulichkeiten, die verdaute organische Masse (OM) und der Energiegehalt in MJ ME sowie die Abschätzung der Futteraufnahme und Leistung, hier Milch berechnet.

Tabelle 2: Abschätzung von Futterwert und Futteraufnahme nach Siliererfolg

	Behandlung A	Behandlung B
Erhalt (v. H.) (Verlust)	88 (12)	94 (6)
in Silage g/kg T		
Rohasche	108	101
Rohprotein	166	162
Rohfaser	259	249
XPOM	186	180
XFOM	290	277
in Silage v. H.		
VQ Rohprotein	69,8	69,1
VQ Rohfaser	76,7	77,6
VQ Rohfett	67,0	66,8
VQ NfE	73,6	75,0
in Silage		
Verd. org. Masse g/kg T	656	668
ME MJ	10,25	10,42
NEL MJ	6,13	6,25
Gesamtsäure g/kg T	72	58
NH <sub>3</sub> -N v. T.	40	35
Index Futteraufnahme		
Verdaul. Nährstoffe	-5,1	-3,3
Gesamtsäuren	+0,6	+1,6
NH <sub>3</sub> -N	+1,1	+1,7
Index	96,6	100
Leistung (kg Milch)		
aus 10 kg Grüngut-T (6,37 NEL)	8,9 (100)	8,9 (100)
aus Silage nach Index Futteraufn.	7,5 (84,3)	8,5 (95,5)

Das vorgeschlagene Modell ermöglicht in Silierversuchen auf der Grundlage der Analyse des Grüngutes und der Messung von Erhalt (Verlust) den Futterwert der Silage zu schätzen. Ergänzt mit der Bewertung der Gärssäuren und des NH<sub>3</sub>-N in der Silage wird eine Abschätzung der Futteraufnahme rechenbar und die Auswirkung auf die Leistung des Tieres erkenntlich. Der T-Verlust (Erhalt) ist bei Laborsilos einfach, sicher und kostengünstig durch Wägung zu ermitteln und stellt einen guten Kennwert über die Summe der erfolgten Umsetzungen dar. Der Gewichtsverlust ist lediglich mit einer angepassten Korrektur auf den tatsächlichen T-Abbau umzurechnen.

### Literatur

- DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer (1991, 1997), DLG-Verlag Frankfurt
- HUHTANEN, P. (2001): Factors Influencing Intake of Grass Silage. Conference Proceedings 10<sup>th</sup> International Symposium Forage Conservation 2001, Brno, Czech Republic, 55 – 66, ISBN 80-7157-528-3
- RUTZMOSER, K., SPANN, B., RICHTER, W. (2001): Vorschätzung von Silagen aus dem Grüngut – Teil 1: Veränderungen von Rohnährstoffgehalten von Gras und daraus gewonnenen Silagen. Schule und Beratung, 9, IV-10 – IV-16
- RUTZMOSER, K. (2003): Estimation of digestibility and energy in silage based on green grass analysis. Proceedings 11<sup>th</sup> International scientific Symposium Forage Conservation, Nitra, ISBN 80-88872-31-6, 166 – 167

# Zum Einfluss di-/tetraploider *Lolium perenne*-Sorten sowie mittel-/großblättriger *Trifolium repens*-Formen in Mähweide-Mischungen auf den Futterwert

M. Sterzenbach

Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen

## Einleitung

Gerade bei immer mehr extensiven Produktionsweisen und dementsprechenden Haltungsformen spielt die Futterqualität eine wichtige Rolle. Neben den extensiven Weideformen sind aber auch qualitativ hochwertige Mähweiden von entscheidender Bedeutung. Die Arten *Lolium perenne* und *Trifolium repens* können dabei bei der Verbesserung der Futterqualität von Grünlandaufwüchsen eine wichtige Rolle spielen. Aufgrund höherer Erträge und höherer Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate und dadurch höheren Energiedichten spielen dabei vor allem tetraploide *Lolium perenne*-Sorten in der Futterproduktion eine immer größere Rolle. Dies spiegelt sich auch an der hohen Anzahl zugelassener Sorten in der Beschreibenden Sortenliste wieder. *Trifolium repens f. giganteum* weist dagegen höhere N<sub>2</sub>-Fixierungsraten auf, was vor allem in der Versorgung der Wiederkäuer mit ausreichend Rohprotein bei extensiver Wirtschaftsweise von Bedeutung wäre.

Ergebnisse über die Futterqualität dieser verschiedenen Formen aus der Literatur stammen dabei jedoch meist aus Untersuchungen mit Monokulturen. Deshalb sollen hier die Erträge und die Futterqualität von di-/tetraploiden *Lolium perenne*-Sorten sowie mittel-/großblättrigen *Trifolium repens*-Formen in Mähweide-Mischungen mit anderen Grasarten untersucht werden.

## Material und Methoden

Zur Bestimmung des TS-Ertrages und der Gäreignung wurden vier Mischungen von di-/tetraploiden *Lolium perenne*-Sorten (= sechs Sorten pro Ploidiestufe) und mittel-/großblättrigen *Trifolium repens*-Formen (= zwei Sorten pro Varietät) mit anderen Gräsern in einem Versuch, angelegt als Lateinisches Rechteck mit vier Wiederholungen, ausgesät, vgl. Tab. 1. Geerntet wurden fünf Aufwüchse (= 2001) bzw. vier Aufwüchse (= 2002); daraus wurde der Jahres-TS-Ertrag berechnet. Der Primäraufwuchs wurde dabei zu zwei unterschiedlichen Schnittterminen (= Weide- bzw. Siloreife), die restlichen Aufwüchse zum gleichen Schnitttermin geerntet. Von den Primäraufwüchsen wurden zur Beschreibung der Futterqualität die Energiedichte als Netto-Energie-Laktation (= NEL), geschätzt aus der Gasbildung (STEINGASS & MENKE, 1986), der Rohprotein- (ANONYMUS 1997) und der Rohfettkonzentration (ANONYMUS 1997) verwendet; die Schätzung erfolgte nach der Gleichung 16e (MENKE & STEINGASS, 1987). Die Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate wurde mit der Anthronmethode (YEMM & WILLIS, 1954) ermittelt. Dargestellt werden die Jahres-TS-Erträge sowie die Rohproteinkonzentration, Energiedichte und Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate der differenziert geernteten Primäraufwüchse.

Tabelle 1: Sorten

	Mischung 1	Mischung 2	Mischung 3	Mischung 4
<i>Lolium perenne</i> (diploid) (Saatstärke 14 kg pro ha)	ANTON	ANTON		
	LABRADOR	LABRADOR		
	AUBISQUE	AUBISQUE		
	TWINS	TWINS		
	CASTLE	CASTLE		
	TRIVOLI	TRIVOLI		
<i>Lolium perenne</i> (tetraploid) (Saatstärke 14 kg pro ha)			BARANNA	BARANNA
			LIPRINTA	LIPRINTA
			LIPERRY	LIPERRY
			SALEM	SALEM
			LIPONDO	LIPONDO
		LIVREE	LIVREE	
<i>Trifolium repens f. hollan- dicum</i> (Saatstärke 2 kg pro ha)	LIREPA		LIREPA	
	MILKANOVA		MILKANOVA	
<i>Trifolium repens f. gigan- teum</i> (Saatstärke 2 kg pro ha)		L.F.G.		L.F.G.
		GIGANT		GIGANT
		ZERNO		ZERNO
<i>Festuca pratensis</i> (Saatstärke 6 kg pro ha)	COSMOS 11	LIFARA		
<i>Phleum pratense</i> (Saatstärke 5 kg pro ha)	LIROCCO	THIBET		
<i>Poa pratensis</i> (Saatstärke 3 kg pro ha)	LATO	LIMAGIE		

## Ergebnisse

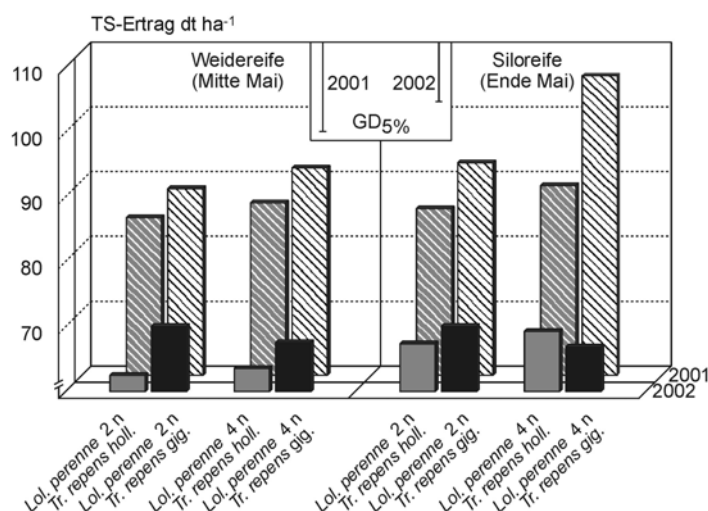


Abb. 1: TS-Ertrag in Abhängigkeit von Jahr, Erntetermin und *Lolium perenne*/*Trifolium repens*-Sortengruppe

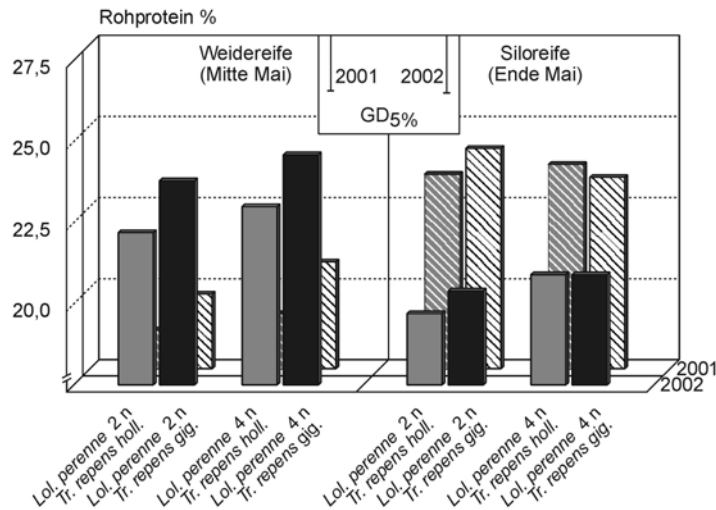


Abb. 2: Rohprotein-Konzentration in Abhängigkeit von Jahr, Erntetermin und *Lolium perenne/Trifolium repens*-Sortengruppe

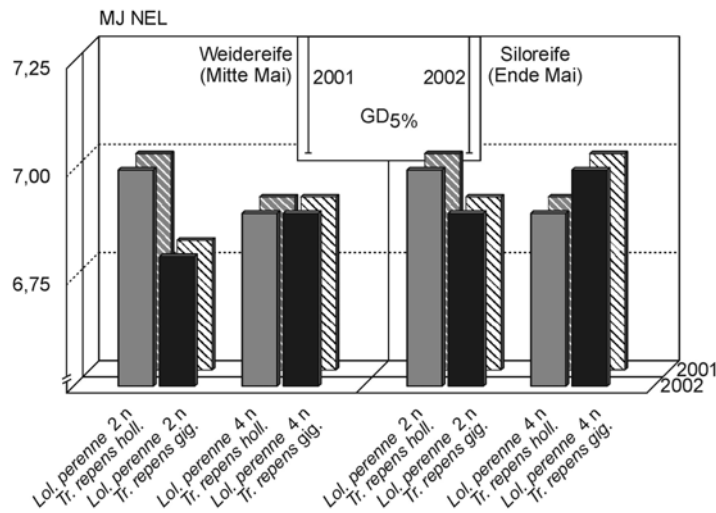


Abb. 3: Energiedichte in Abhängigkeit von Jahr, Erntetermin und *Lolium perenne/ Trifolium repens*- Sortengruppe

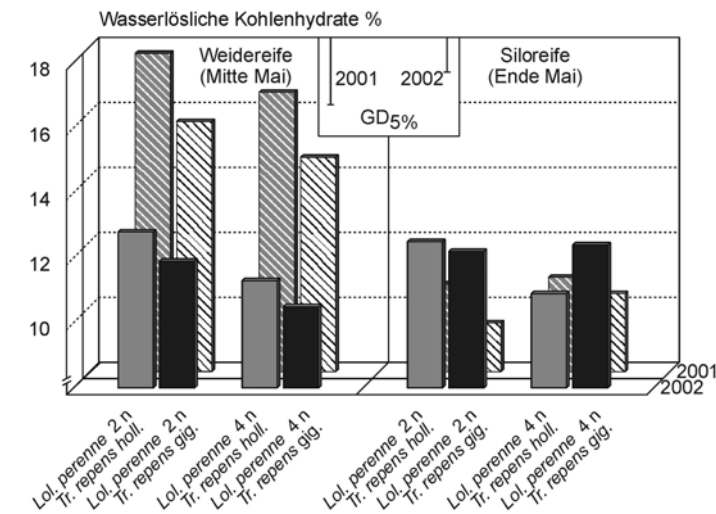


Abb. 4: Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate in Abhängigkeit von Jahr, Erntetermin und *Lolium perenne/Trifolium repens*- Sortengruppe

## Zusammenfassung

- Die Ergebnisse zeigen, dass Mischungen mit tetraploiden *Lolium perenne*-Sorten und *Trifolium repens f. giganteum* teilweise Erträge erzielen; OPITZ v. BOBERFELD (1976) stellt dagegen nach einigen Jahren einen Angleich der Erträge fest.
- Die Rohprotein-Konzentrationen weisen witterungsbedingt signifikante Unterschiede zwischen den beiden Schnittterminen auf. 2002 erzielten Aufwüchse mit *Trifolium repens f. giganteum*, welche zur Weidereife geerntet wurden, signifikant höhere Rohprotein-Konzentrationen.
- Bei der Energiedichte sind keine relevanten Unterschiede zwischen den einzelnen Mischungen festzustellen, die Energiedichten liegen jedoch um 1-2 MJ NEL höher als bei Aufwüchsen extensiv bewirtschafteter Flächen in dieser Region (STERZENBACH 2000).
- Die größten Veränderungen sind bei der Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate festzustellen, wobei der größte Einfluss vom Schnitttermin ausgeht. Aufwüchse zur Weidereife geerntet, enthalten signifikant geringere Konzentrationen wasserlöslicher Kohlenhydrate als Aufwüchse zur Siloreife. Mischungen mit tetraploiden *Lolium perenne*-Sorten sowie Mischungen mit *Trifolium repens f. giganteum* enthalten signifikant niedrigere Konzentrationen.

## Literatur

- ANONYMUS, 1997: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch Bd. 3, Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- 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. **15**, 59-94.
- OPITZ v. BOBERFELD, W., 1979: Der Einfluss von di- und tetraploiden Sortentypen von *Lolium perenne* L. bei differenzierten N-Gaben auf Bestandeszusammensetzung und Ertrag einer Mähweide. J. Agron. Crop Sci, **148**,54-61.
- STEINGASS, H. & K.H. 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. **14**, 251-270.
- STERZENBACH, M., 2000: Nutzungsmöglichkeiten von Aufwüchsen extensiv bewirtschafteten Grünlandes durch Mütterkühe. Diss. Gießen.
- YEMM, E. W. & A. J. WILLIS, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochem. J. **54**, 508 - 514.

# Totalherbizid-Applikation im Spätherbst und Qualitätsaspekte von Winterweidefutter „auf dem Halm“

M. Sterzenbach, A. Jüngst, W. Opitz von Boberfeld  
Professur für Grünlandwirtschaft und Futterbau der Justus-Liebig-Universität Gießen

## Einleitung

Vor dem Hintergrund zunehmender Grünlandfreisetzung in Deutschland und in benachbarten Regionen gewinnt die Winteraußenhaltung von Mutterkühen und Fleischrindern in Form der Winterweide zunehmend an Bedeutung. Besonders Grenzertragslagen und Grünlandstandorte mit extensiven Produktionsverfahren in peripheren Regionen sind davon betroffen. Durch eine Nutzung von Winterfutter „auf dem Halm“ kann dabei dem zumindest teilweisen Verzicht auf teure Futtermischungen Rechnung getragen werden.

Weltweit spielen dabei *Festuca arundinacea* und mit Einschränkung *Lolium perenne* die wichtigste Rolle als Winterfuttergras temperierter Regionen (WOLF 2002). Für die Vegetationszeit im Winter liegen jedoch gerade für Mitteleuropa nur begrenzte Daten über die Verlagerung von Nährstoffen innerhalb der Pflanze und somit der Qualität von Winterfutter „auf dem Halm“ vor. Aus diesem Grund soll hier der Einfluss des Vegetationsendes – hervorgerufen durch eine Herbizid-Applikation – auf die Translokation von qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen untersucht werden.

## Material und Methoden

Der vorliegende Versuch wurde als Lateinisches Rechteck mit insgesamt drei Wiederholungen und folgenden Faktoren und Stufen angelegt:

Tabelle 1: Versuchsvarianten

Faktoren	Stufen
1. Art	1.1 <i>Lolium perenne</i> 1.2 <i>Festuca arundinacea</i>
2. Applikation Totalherbizid	2.1 ohne Applikation 2.2 Applikation Anfang November 2.3 Applikation Ende November

Zur Bestimmung der Auswirkung des Applikationstermins wurden die Parzellen zuletzt Mitte Juli genutzt. Die Applikation des Totalherbizides erfolgte durch „Round-up ultra“ mit einer Aufwandmenge von 12 l \* ha<sup>-1</sup>, um ein Ab-

sterben der *Festuca arundinacea*-Narbe zu gewährleisten. Die Beerntung der Parzellen erfolgte Ende Januar.

Die Schätzung der Energie erfolgte aus der Gasbildung (STEINGASS & MENKE, 1986), der Rohprotein- (ANONYMUS 1997) und der Rohfett-Konzentration (ANONYMUS 1997) nach der Gleichung 16e (MENKE & STEINGASS, 1987). Die Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate wurde mit Hilfe der Anthronmethode (YEMM & WILLIS, 1954) bestimmt; nach Verseifung und Petroletherextraktion wurde die Konzentration an Ergosterol mit der HPLC mittels UV-Detektor bestimmt (SCHWADORF & MÜLLER, 1989). Zur Bestimmung der Mineralstoffe wurden die Pflanzenproben trocken verascht und die Asche in 2 %-iger HNO<sub>3</sub>-Lösung aufgenommen. Die Ca-, Mg-, K- und Na-Konzentrationen wurden am Atomabsorptionsspektrometer und P kolorimetrisch (GERICKE & KURMIES, 1952) bestimmt.



## Ergebnisse

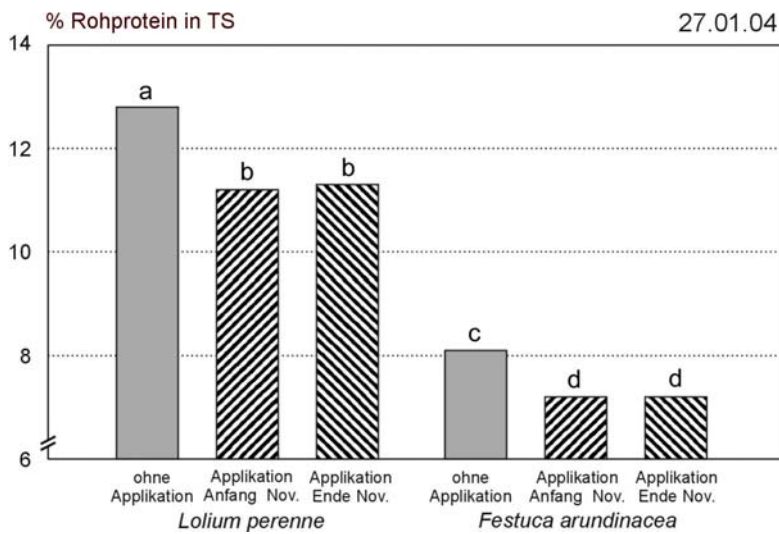


Abb. 1: Rohprotein-Konzentration in Abhängigkeit von Art und Behandlungstermin

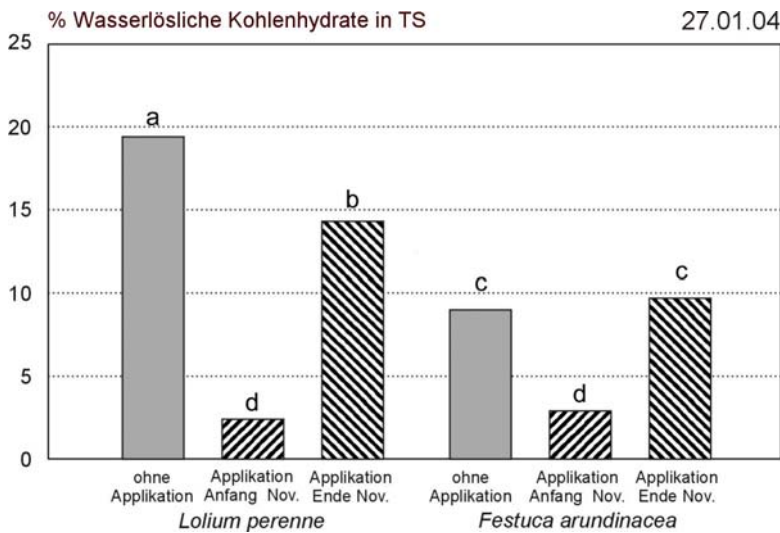


Abb. 2: Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate in Abhängigkeit von Art und Behandlungstermin

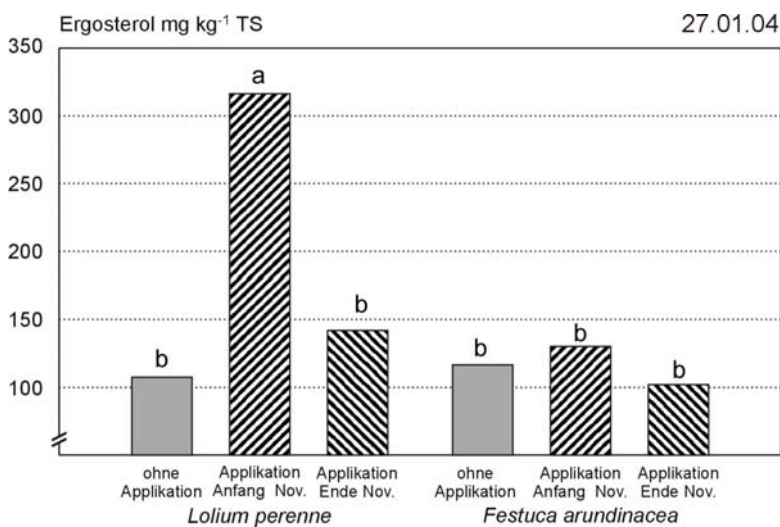


Abb. 3: Ergosterol-Konzentration in Abhängigkeit von Art und Behandlungstermin

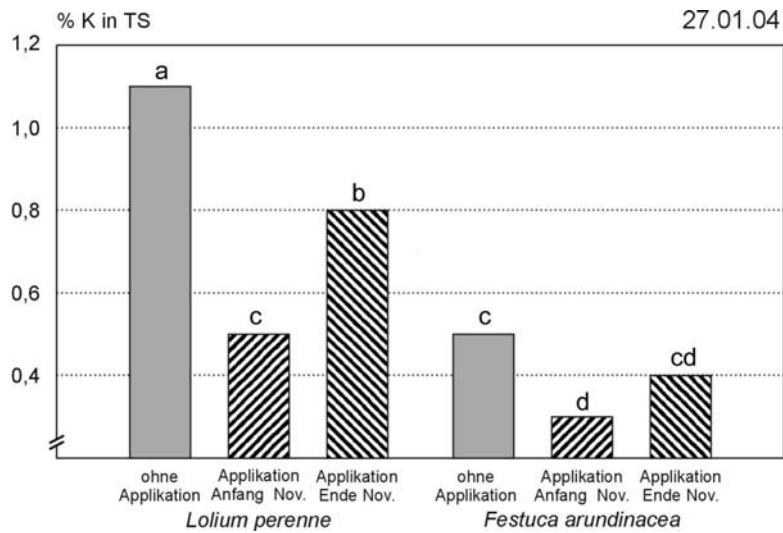


Abb. 4: Kalium-Konzentration in Abhängigkeit von Art und Behandlungstermin

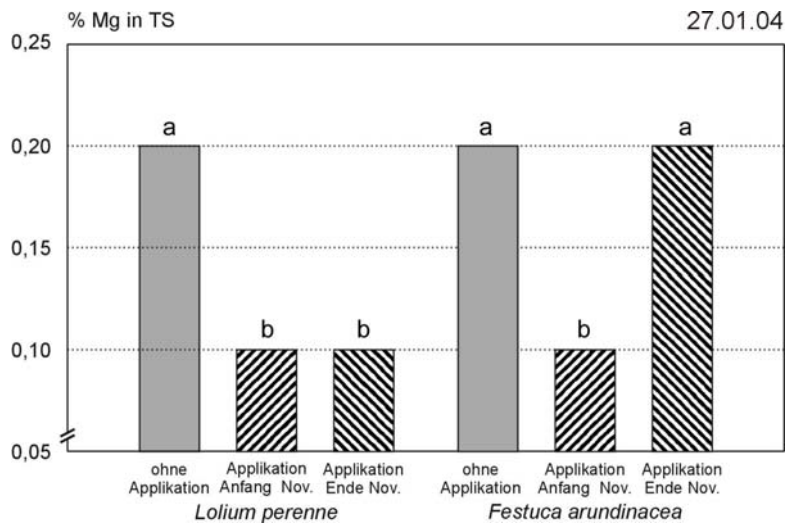


Abb. 5: Magnesium-Konzentration in Abhängigkeit von Art und Behandlungstermin

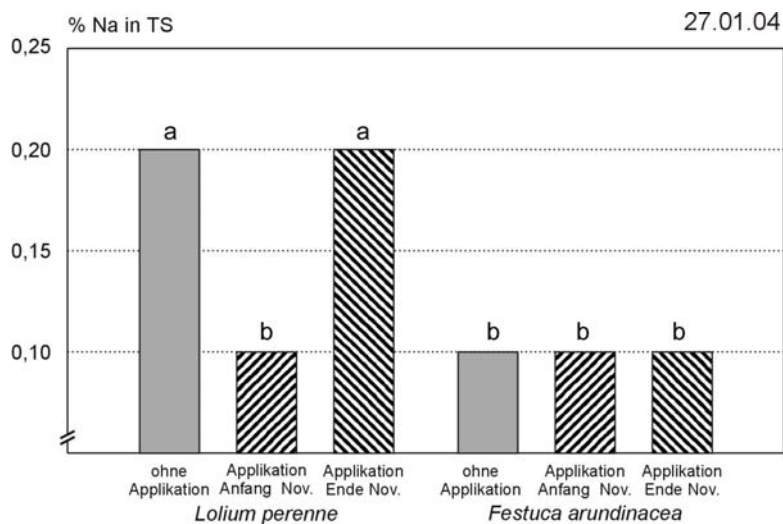


Abb. 6: Natrium-Konzentration in Abhängigkeit von Art und Behandlungstermin

## Zusammenfassung

- Außer beim Phosphor geht bei allen Inhaltstoffen die Behandlung als signifikante Hauptwirkung hervor; insbesondere ist eine deutliche Verringerung der jeweiligen Konzentration nach dem Behandlungstermin Anfang November festzustellen. Dies gilt insbesondere für die Rohprotein-Konzentration, Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate, Energiedichte und Mg. Für Na ist dies nur bei *Lolium perenne* der Fall.
- Die beiden Gräser reagieren unterschiedlich auf die Herbizidbehandlung; bei den wasserlöslichen Kohlenhydraten und K reagiert *Lolium perenne* stärker als *Festuca arundinacea*.
- Ein Abbau oder eine Verlagerung findet bei fast allen Inhaltstoffen statt; besonders intensiv werden wasserlösliche Kohlenhydrate, K und Mg verlagert.
- Auch der Verpilzungsgrad wird von der Herbizidbehandlung beeinflusst; bei *Lolium perenne* erhöht sich die Ergosterol-Konzentration vor allem nach der Behandlung Anfang November, wogegen diese bei *Festuca arundinacea* konstant bleibt.
- Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die erfassten Inhaltstoffe von *Festuca arundinacea* von einer Herbizidapplikation offenbar weniger beeinträchtigt werden. Bei *Lolium perenne* sorgen insbesondere der stark erhöhte Verpilzungsgrad und die niedrigen Konzentrationen wasserlöslicher Kohlenhydrate für eine drastige Beeinträchtigung der Futterqualität. Die Totalherbizid-Applikation stellt somit keine Konservierungsmöglichkeit der Nährstoffe dar.

## Literatur

- ANONYMUS, 1997: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch Bd. **3**, Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- GERICKE, S. & B. KURMIES, 1952: Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung in Amminium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. – Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde **59**, 235-247.
- 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. **15**, 59-94.
- OPITZ V. BOBERFELD, W. & D. WOLF, 2002: Zum Effekt pflanzenbaulicher Maßnahmen auf Qualität und Ertrag von Winterweidefutter. German J. Agron. **6**, 9-16.
- SCHWADORF, K. & H.-M. MÜLLER, 1989: Determination of ergosterol in cereals, feed components, and mixed feed by liquid chromatography. – J. Assoc. Off. Anal. Chem. **72**, 457-462.
- STEINGASS, H. & K.H. 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. **14**, 251-270.
- WOLF, D., 2002: Zum Effekt von Pflanzenbestand, Vornutzung und Nutzungstermin auf Qualität und Masse von Winterweidefutter. – Diss. Giessen.
- YEMM, E. W. & A. J. WILLIS, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochem. J. **54**, 508 - 514.

# Futterwerteigenschaften von Luzerne – ausgewählte Ergebnisse

E. Willner<sup>1</sup>, H. Jänicke<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Genbank Malchow/ Poel,

<sup>2</sup>Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion Dummerstorf

## Einleitung

Die Luzerne (*Medicago x varia Martyn*) ist als leistungsfähige und ausdauernde Futterpflanze bekannt. Bei vergleichsweise geringem Mitteleinsatz erbringt sie relativ hohe Erträge und gefragte Futterqualitäten. Sie hat sich als trockenheitsverträglich bewährt und in Fruchtfolgen gehen von ihr positive Wirkungen aus. Das gestiegene Interesse an der Luzerne in den landwirtschaftlichen Betrieben wird zusätzlich gefördert durch internationale Erfahrungen, da Luzerne in Ländern mit Milchproduktion auf hohem Leistungsniveau stabiler Bestandteil der Ration ist. Sie zeichnet sich durch hohe Proteingehalte und -erträge sowie in der Rinderfütterung durch eine besonders gute Faserwirkung aus. Für Nordostdeutschland relevante Versuchsdaten aus den Jahren vor 1990 entstanden in anderen Versuchsansätzen (Sorten und Faktoren) und sind ebenso wenig auf die heutigen Verhältnisse übertragbar wie Ergebnisse aus westlich und südlich gelegenen Regionen mit andersartigen Standortbedingungen. Um begründete Empfehlungen geben zu können, werden aktuelle regionale Versuchsergebnisse benötigt. Auch ist der derzeitige Stand der Futterwertcharakterisierung für die Luzerne eher unbefriedigend, da vermutlich die für die Fütterung relevanten Effekte nicht hinreichend erfasst werden.

In der Genbank Malchow des IPK sind 524 Luzernemuster vorhanden, die jedoch unzureichend beschrieben sind. Ebenso fehlt es an Daten zu den aktuell vom Bundessortenamt zugelassenen und auf dem Markt befindlichen Sorten, um eine aussagefähige Charakterisierung vornehmen zu können. Für eine fundierte Beurteilung sind Versuchsdurchführungen erforderlich, die für Luzernesorten in Mecklenburg-Vorpommern mehr als 15 Jahre zurückliegen.

Darum wurde am Standort Malchow eine primäre und sekundäre Evaluierung verschiedener Sorten und Herkünfte begonnen, die gleichzeitig zur Erweiterung und Aktualisierung der Aussagen zur Futterqualität genutzt wurde, um letztendlich begründete Empfehlungen für die potentiellen Nutzer ableiten zu können.

## Material und Methode

Der Feldversuch wurde am Standort Malchow (530 mm/a und 9,1°C im langjährigen Jahresmittel) auf gut mit Nährstoffen versorgtem sandigem Lehm angelegt. Am 23.04.2001 wurde die Luzerne als einfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen gedriilt. Untersucht werden sollte das Verhalten verschiedener Luzerneherkünfte bei einheitlicher qualitätsorientierter Nutzung hinsichtlich Ertragsleistung, Ausdauer, Wuchsverhalten und futterwertbestimmender Inhaltsstoffe. In vier Versuchsjahren (2001-2004) wurden je drei bzw. vier Schnitte geerntet. Neben der Ertragsmessung erfolgten Bonituren am Pflanzenbestand und Analysen zu ausgewählten Futterwertparametern. Die Untersuchungen zur Futterqualität erfolgten nach VDLUFA- Methoden in der LFA Mecklenburg-Vorpommern. Maßgebend für die Versuchsdurchführung waren die Richtlinien zur Durchführung landwirtschaftlicher Wertprüfungen und Sortenversuche des Bundessortenamts sowie die im IPK üblichen Deskriptoren. In die Untersuchungen wurden folgende 11 Sorten (Tab.1) einbezogen:

Tabelle 1: Versuchsglieder, Luzernevergleich 2001-2004, Malchow/ Poel

SORTE	Land / Züchter
FEE	DEU / E. Schmidt
FRANKEN NEU	DEU / E. Schmidt
SANDITI	NLD / Barenbrug
DAPHNE	FRA / Florimond Desprez
VERKO	DEU + HUN / Feldsaaten Freudenberger + GATE
PLANET	DEU / DSV
EUROPE	DEU / KWS
PLATO	DEU / Feldsaaten Freudenberger
VIKTORIA	HUN / Mezogazdasagi Kutato-Fejlesztzo Kht., Szarvas
DIANE	FRA / Verneuil Recherche
DAISY	DNK / DLF Trifolium

## Ergebnisse

### 1 Trockensubstanzgehalte

Im dritten Aufwuchs sind in allen vier Jahren signifikante Differenzen für die Trockensubstanzgehalte ausgewiesen. Dabei ist im Ansaatjahr 2001 ein von den drei folgenden Jahren abweichender Termin zu berücksichtigen (Tab. 2). Obwohl diese Sortenunterschiede nur im Sommer bzw. Herbst auftraten, sind sie mit Blick auf die Silierzeugung von Interesse. Dabei lag in allen vier Jahren eine Sorte stets über dem Versuchsmittel und zwei Sorten stets darunter.

Tabelle 2: Trockensubstanzgehalte (in %), 3. Aufwuchs, Mittelwerte je Sorte (n=4), Luzernevergleich 2001-2004, Malchow/ Poel

Jahr	Erntetermin	Aufwuchstage	Maximum	Minimum	Differenz Max.- Min.
1.	10.10. 01	50	27,17	21,89	5,28
2.	21.08. 02	34	24,10	21,94	2,16
3.	13.08. 03	28	21,26	19,71	1,55
4.	11.08. 04	35	22,90	19,33	3,57

### 2 Rohprotein- und Rohfasergehalte

Die Rohproteingehalte lagen erwartungsgemäß bei 200 g/kg TM und darüber (Tab. 3). Sie wiesen bei Blühbeginn (bis zu 10 % der Pflanzen zeigen erste Blüten = Stadium 5) ein etwas niedrigeres Niveau auf (Tab. 3 und 6) als in den Stadien 2 und 3 (= verlängerte Triebe ohne bzw. mit Knospen). Von den 13 Untersuchten gab es in fünf Aufwüchsen signifikante Sortenunterschiede. Der Rohfasergehalt nahm im Entwicklungsverlauf zu und lag überwiegend deutlich höher beim Schnitt zu Blühbeginn gegenüber den früheren Stadien 2 und 3 (Tab. 4 und 6). Nur bei drei der 13 Aufwüchse waren für die Rohfaser gesicherte Differenzen zwischen den Sorten zu verzeichnen. Häufiger traten bei beiden Rohnährstoffen signifikante Differenzen in den ersten und letzten Aufwüchsen des Jahres auf, allerdings weder einheitlich noch gleichgerichtet. Insgesamt gab es jedoch für die Rohnährstoffe nur wenige statistisch gesicherte Sortenunterschiede zu verzeichnen. Auf Basis dieser Ergebnisse können zunächst keine einzelnen Sorten hervorgehoben werden.

Tabelle 3: Rohproteingehalte (in g/kg TM) der einzelnen Aufwüchse im Mittel des Sortiments und mit dem jeweils niedrigsten und höchsten Mittelwert je Sorte (n=4), Luzernevergleich 2001-2004, Malchow/ Poel

Versuchsjahr	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
1. = 2001	159	213	239	-
	135 - 177	200 - 223	210 - 254	-
2. = 2002	210	199	198	n.u.
	194 - 225	192 - 207	182 - 212	n.u.
3. = 2003	225	205	264	228
	212 - 236	191 - 217	253 - 270	214 - 240
4. = 2004	220	217	225	n.u.
	210 - 242	206 - 228	214 - 245	n.u.

n.u. = nicht untersucht

Tabelle 4: Rohfasergehalte (in g/kg TM) der einzelnen Aufwüchse im Mittel des Sortiments und mit dem jeweils niedrigsten und höchsten Mittelwert je Sorte (n=4), Luzernevergleich 2001-2004, Malchow/ Poel

Versuchsjahr	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
1. = 2001	326	316	270	-
	311 - 338	302 - 332	246 - 302	-
2. = 2002	279	320	326	n.u.
	263 - 300	306 - 328	308 - 344	n.u.
3. = 2003	258	305	236	231
	245 - 278	283 - 336	226 - 253	224 - 247
4. = 2004	203	267	283	n.u.
	178 - 233	249 - 276	254 - 300	n.u.

n.u. = nicht untersucht

### 3 Zuckergehalte

Die Zuckergehalte lagen auf bekannt niedrigem Niveau, zwischen 20 und 50 g/kg TM mit Ausnahme von zwei Aufwüchsen (Tab. 5) und bestätigen die schlechte Silie- reingung der Luzerne mit dem Mangel an Gärsubstrat.

Tabelle 5: Zuckergehalte (in g/kg TM) der einzelnen Aufwüchse im Mittel des Sortiments und mit dem jeweils niedrigsten und höchsten Mittelwert je Sorte (n=4), Luzernevergleich 2001-2004, Malchow/ Poel

Versuchsjahr	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
1. = 2001	42	23	22	-
	38 - 47	21 - 25	14 - 28	-
2. = 2002	45	21	47	n.u.
	43 - 49	20 - 24	42 - 50	n.u.
3. = 2003	45	42	33	67
	41 - 49	38 - 46	32 - 36	60 - 72
4. = 2004	80	39	36	n.u.
	72 - 86	37 - 43	34 - 38	n.u.

n.u. = nicht untersucht

### 4 Erntetermin

Der Schnitzeitpunkt hat entscheidenden Einfluss auf die Futterqualitätsparameter. Auch in früheren Untersuchungen wurden bei späterem Schnitzeitpunkt höhere Rohfaser- und geringere Rohproteinwerte ermittelt (HAAß 1973, SCHMIDT und KLOSS 1985, STEINHÖFEL und SCHIEFER 2003). In den Tabellen 6 und 7 sind die zur Ernte ermittelten Wuchsstadien und Wuchshöhen aufgeführt. Übereinstimmend mit SCHMIDT und MÄRTIN (1984) lässt sich feststellen, dass bei gleichen Entwicklungsstadien je nach Jahr verschieden hohe Nährstoff- gehalte ermittelt wurden und unterschiedliche Aufwuchszeiten zum Erreichen dieser Sta- dien benötigt wurden. Nach SCHMIDT und MÄRTIN (1984) ist bei Schnitt nach Entwick- lungsstadium keine einheitlich hohe Futterqualität erzielbar und es wird die Wuchshöhe als Kri-

terium für die Bestimmung des Schnitttermins empfohlen. Die praktische Umsetzung wurde durch den Ansatz bestimmt, dass maximal vier Schnitte pro Jahr geerntet werden sollten. Bei Einhaltung der empfohlenen Wuchshöhen, die hier in der Regel überschritten wurden, wäre eine höhere Schnitzzahl unvermeidbar gewesen. Das Ertragsniveau lag bei 124 dt TM/ha im Ansaatjahr und bei 164 – 206 dt TM/ha in den Hauptnutzungsjahren und bestätigt das hohe Leistungsvermögen der Luzerne. Die Entscheidungen über die einzelnen Schnittzeitpunkte verlangen die Beantwortung verschiedenster Fragen. Dazu scheint eine Aktualisierung vorhandener Empfehlungen erforderlich zu sein.

Tabelle 6: Wuchsstadium zur Ernte (nach BSA-Richtlinie zur Durchführung landwirtschaftlicher Wertprüfungen und Sortenversuche), Luzernevergleich 2001-2004, Malchow/ Poel

Versuchsjahr	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
1. = 2001	5	3-4	4	-
2. = 2002	3	5	5	2-3
3. = 2003	3	5	5	2
4. = 2004	3	3	5	2

Tabelle 7: Wuchshöhe (in cm) zur Ernte, der einzelnen Aufwüchse im Mittel des Sortiments und mit dem jeweils niedrigsten und höchsten Mittelwert je Sorte (n=4), Luzernevergleich 2001-2004, Malchow/ Poel

Versuchsjahr	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
1. = 2001	76	77	n.u.	-
	69 - 81	70 - 81	n.u.	-
2. = 2002	101	81	74	n.u.
	95 - 109	73 - 88	70 - 80	n.u.
3. = 2003	109	100	84	47
	104 - 115	95 - 108	75 - 89	41 - 51
4. = 2004	90	70	79	49
	83 - 94	64 - 78	71 - 84	43 - 54

n.u. = nicht untersucht

### Fazit

Mit dem Vergleich der Luzernesorten sind aktuelle Daten ermittelt worden, die als Basis für Empfehlungen zu Anbau und Einsatz der Luzerne genutzt werden können. Sortenunterschiede traten vereinzelt auf und waren überwiegend relativ gering bzw. kaum von praktischer Relevanz. Darum ist insbesondere aus Sicht der Futterqualität keine der Sorten hervorzuheben, sie eignen sich grundsätzlich alle für den Anbau unter vergleichbaren nordostdeutschen Bedingungen. Die vorhandenen Empfehlungen zum Nutzungsregime für Luzerne bedürfen einer Anpassung an die aktuellen Erfordernisse der landwirtschaftlichen Praxis.

### Literatur

- HAAB, J. (1973): Untersuchungen zum Einfluss von Raddruck, Radschlupf und Pflegemaßnahmen auf Luzerne. Diss. Universität Halle.
- SCHMIDT, L. und R. KLOSS (1985): Die Eignung der Wuchshöhe zur Bestimmung der optimalen Schnittzeitspanne bei Luzerne (*Medicago media* Pers.). – Arch. Acker-Pflanzenb. Bodenkd., Berlin 29, H. 5, S. 319-328.
- SCHMIDT, L. und B. MÄRTIN (1984): Untersuchungen zum Einfluss acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen auf den Futterwert der Luzerne. Wiss. Zeitschrift Universität Halle, H. 4, S. 3-9.
- STEINHÖFEL, O. und C. SCHIEFER (2003): Königin der Futterpflanzen – Luzerne: bodenverbessernd, trockenheitsresistent, proteinreich. Neue Landwirtschaft, H.7, S. 46-48.

# N-Austrag nach Gülleapplikation auf dem 20-jährigen Freilandlysimeter Rengen

M. Anger

Institut für Pflanzenbau der Universität Bonn

## Einleitung und Problemstellung

Vor mehr als 20 Jahren rückte auch für das Grünland vermehrt der N-Austrag mit dem Sickerwasser in den Mittelpunkt der Betrachtung. Eine Vielzahl verschiedener Untersuchungen hat gezeigt, dass die Auswaschung von Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) auf Grünland bei ertragsorientierter N-Düngung vorrangig von der Nutzungsart abhängt (vgl. Literaturübersicht ANGER 2001). So können hierzulande auf Weiden bei erhöhter N-Düngung deutlich umfangreichere  $\text{NO}_3$ -Mengen im Laufe des Winters ausgewaschen werden als auf geschnittenem Grünland. Dieser Unterschied erklärt sich mit dem Verbleib der Exkremamente auf der Fläche und dem geringen N-Entzug auf Weiden einerseits sowie dem hohen N-Entzug mit dem Schnittgut auf geschnittenem Grünland andererseits. Selbst bei umfangreichem Rückfluss von Exkrement-N auf Schnittgrünland treten nur geringe  $\text{NO}_3$ -Verluste auf, wie STRATMANN (1989) und PAAß (1993) bereits auf dem Freilandlysimeter – jedoch nur auf wenigen Untersuchungsjahren basierend – ermittelten. Es stellt sich nun die Frage, ob mit einer langjährig überhöhten Gülleapplikation eine Anreicherung von organischem N im Boden einhergeht, deren Mineralisation langfristig eine erhöhte Gefahr von  $\text{NO}_3$ -Austrägen mit sich bringen könnte. Diese Versuchsfrage kann mit Hilfe der Langzeitstudien auf dem Freilandlysimeter Rengen beleuchtet werden.

## Material und Methoden

Während der zurückliegenden 20 Jahre wurde auf den Lysimetern gleich bleibend mit Rindergülle bzw. mineralisch mit Kalkammonsalpeter (KAS) gedüngt (Tab. 1). Die breitausgebrachten Güllemengen wurden bewusst z.T. sehr hoch angesetzt, um Effekte zu untersuchen, wie sie u.a. auf hofnah gelegenen Grünlandflächen und bei schlechter Applikationsqualität der Ausbringgeräte vorliegen können. Für jede der fünf Düngungsstufen liegen Ergebnisse mit sechsfacher Wiederholung vor.

Tabelle 1: Düngerstufen (n = 6)

Düngung	N-Menge ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )	[Gülle-N / KAS-N]
1 Kontrolle	0	[ 0 / 0]
2 Gülle 2 x 30 m <sup>3</sup>	240	[ 240 / 0]
3 Gülle 3 x 40 m <sup>3</sup>	480	[ 480 / 0]
4 4 x Kalkammonsalpeter (KAS)	200	[ 0 / 200]
5 Gülle 2 x 20 m <sup>3</sup> + 4 x KAS	360	[ 160 / 200]

Im Jahre 1985 wurden auf der Versuchsstation Rengen in der Eifel (480 m ü. NN; meteorologische Mittel 7,9° C und 811 mm) mit den Freilandlysimetern eine weltweit außergewöhnliche Versuchsanlage angelegt. Ein wesentliches Charakteristikum der Lysimeter ist, dass für jede der 2 x 6 m großen Versuchspartzellen nicht nur eine separate Probenahme des Oberflächenabflusses vorgenommen werden kann sondern vor allem des Sicker- bzw. Interflow-Wassers, das in 35 bis 40 cm Tiefe auf der Stauschicht des vorliegenden Pseudogleys im Boden hangabwärts fließt (Abb. 1).



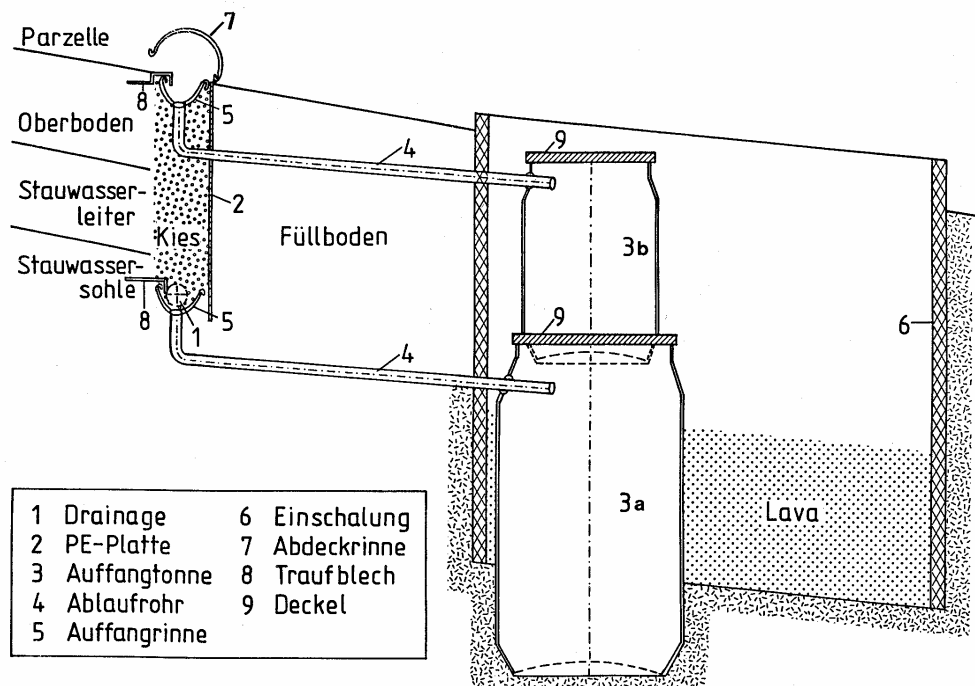


Abb. 1: Systematische Darstellung der Auffangvorrichtung für den Interflowabfluss (= Sickerwasser; 3a) und den Oberflächenabfluss (3b) jeder Parzelle auf den Feldlysimetern Rengen

Die Isolierung der Parzellen bis 50 cm Tiefe wird durch senkrecht eingegrabene und miteinander verschweißte Polyäthylenplatten gewährleistet. Diese bis auf die Stauschicht reichenden Trennungen kapseln jede der 12 m<sup>2</sup> großen Versuchspartellen einzeln ab. Am Hangfuß jeder Parzelle befindet sich eine separate Auffangvorrichtung für das austretende Bodenwasser, welches im Labor photometrisch auf NO<sub>3</sub><sup>-</sup> und NH<sub>4</sub>-N untersucht wurde. Da der N-Austrag mit dem Oberflächenabfluss sowie in Form von NH<sub>4</sub> als marginal bezeichnet werden kann, konzentrieren sich nachfolgend die Aussagen auf den N-Austrag in Form von NO<sub>3</sub>. Vorgestellt wird zudem eine N-Bilanzierung, die darüber hinaus die N-Entzüge mit dem Schnittgut sowie Schätzungen des N-Eintrages mit den Expositionen und der legumen N<sub>2</sub>-Bindung (WEIßBACH 1995) und die kalkulierten Emissionen in Form von NH<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O (ANGER 2001) sowie N<sub>2</sub> (SCHOLEFIELD et al., 1991) berücksichtigt.

### Ergebnisse und Diskussion

Im Verlauf der letzten zwei Dekaden zeigen die NO<sub>3</sub>-Austräge auf den Düngervarianten in den 15 untersuchten Sickerwasserperioden (SWP) mit 4 bis 22 kg NO<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> SWP<sup>-1</sup> eine relativ geringe Schwankungsbreite (Abb. 2); der Variationskoeffizient liegt zwischen 50 und 76 %. Die unmittelbar mit dem Bau der Lysimeter einhergehende erhöhte Mineralisation von Boden-N und nachfolgende höhere N-Austräge in der ersten Sickerwasserperiode bleiben unberücksichtigt (STRATMANN 1989). Die Sickerwassermenge übt nur bei äußerst geringen Mengen in ausgesprochen trockenen Winterhalbjahren, wie in 1995/96, einen markanten Einfluss auf die Höhe der NO<sub>3</sub>-Austräge aus (Abb. 2). Sickerwassermengen über 215 mm SWP<sup>-1</sup> sind offenbar ausreichend, um die im Bodenprofil befindlichen NO<sub>3</sub>-Mengen auszuwaschen.

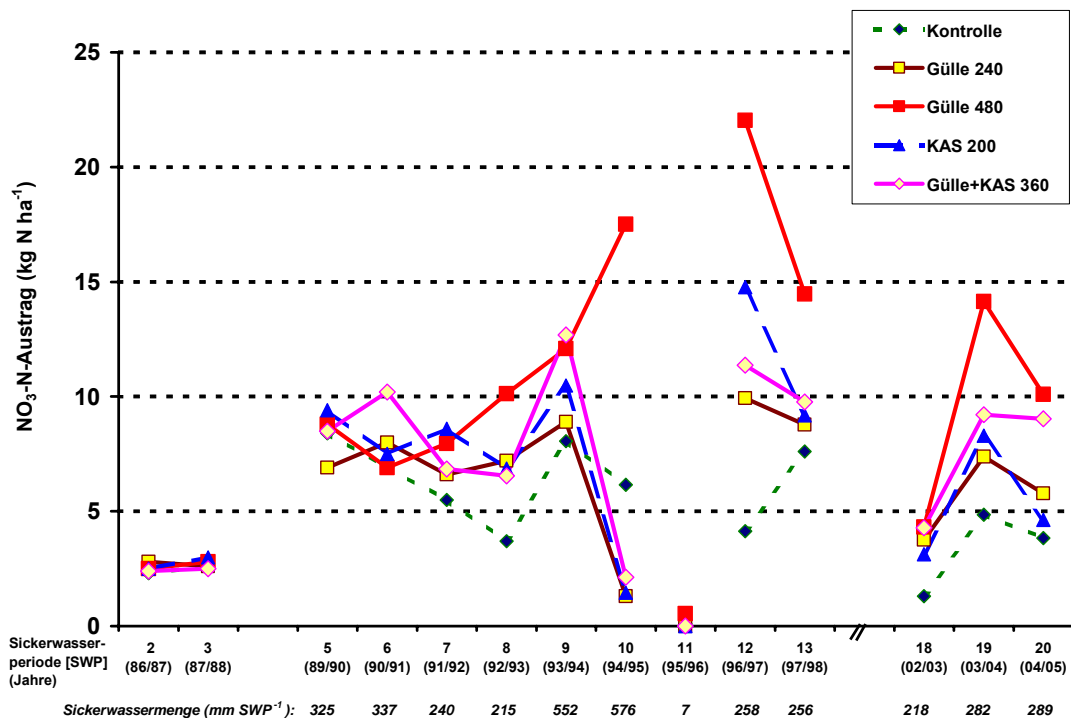


Abb. 2: NO<sub>3</sub>-N-Austrag in den untersuchten Sickerwasserperioden (SWP) im Zeitraum von 20 Jahren bei unterschiedlicher Düngung und Schnittnutzung (in kg NO<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> SWP<sup>-1</sup>) sowie kalkulierte Sickerwassermengen (unten *kursiv*, nach der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO-Penman-Monteith-Beziehung)

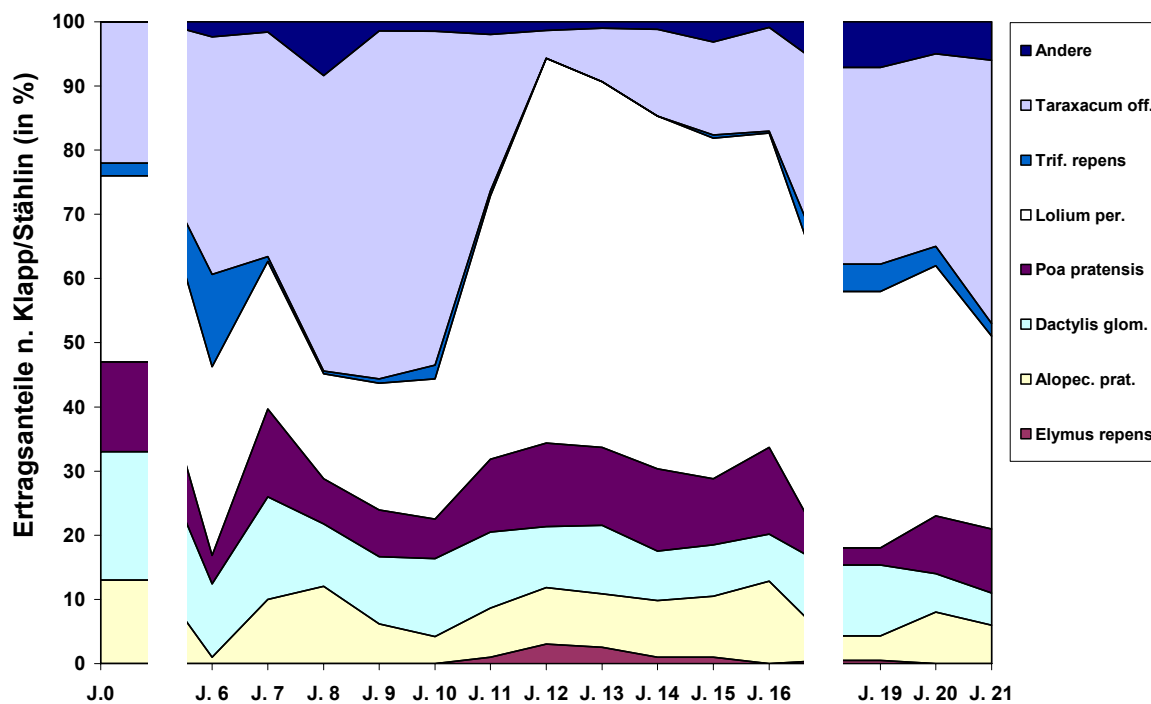


Abb. 3: Ertragsanteile nach KLAPP/STÄHLIN (in %) beispielhaft für die Variante Gülle-240 (= 240 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) zu Beginn des Versuches (J.0) bis ins Jahr 21 (J.21)

Tabelle 2: Kalkulierte N-Bilanz (in kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) mit Differenz aus N-Input (Düngung, Exposition\*, N<sub>2</sub>-Bindung\*) und N-Output (N-Entzug durch Ertrag und N-Verluste)

Düngung	∑ Input	∑ Output	Ertrag	NO <sub>3</sub> -	NH <sub>3</sub> -*	N <sub>2</sub> O-*	N <sub>2</sub> *-Verluste [∑]	Diff.
1 Kontrolle	57	68	58	5	2	1	2 [10]	-11
2 Gülle 240	266	284	204	7	62	2	9 [80]	-18
3 Gülle 480	506	428	268	15	122	2	21 [160]	78
4 KAS 200	226	183	152	8	6	3	14 [31]	43
5 Gülle+KAS 360	386	351	268	9	46	5	23 [83]	35

\* Größen geschätzt

Ursache der meist sehr geringen NO<sub>3</sub>-Austräge dürften die bereits sehr hohen N-Entzüge durch das Erntegut sowie bei Gülledüngung durch die hohen NH<sub>3</sub>-Verluste nach der Gülleapplikation sein (Tab.2). Damit sind offenbar – trotz der erheblichen Unterschiede in der Höhe der applizierten N-Menge – nur noch geringe NO<sub>3</sub>-Mengen unmittelbar vor der Sickerwasserperiode austragsgefährdet. Daher hat die Narbenverbesserung in den Güllevarianten durch regelmäßige Bekämpfung von *Taraxacum officinalis* mit Nachsaat von *Lolium perenne* im 10. bis 14. Versuchsjahr keinen Einfluss auf die NO<sub>3</sub>-Austräge (Abb. 3). In ihrer Größenordnung korrespondieren die geringen NO<sub>3</sub>-Werte mit den Ergebnissen aus N<sub>min</sub>-Beprobungen auf demselben Standort bei gleicher Düngung und Schnittnutzung (ANGER 2001). Die geringe Differenz zwischen N-Input und N-Output zeigt, dass offenbar die Bilanzgrößen gut erfasst sind (Tab.2).

Da sich auf einem Lysimeter eine regelmäßige Bodenbeprobung verbietet, liegen Werte zum Boden-N-Gehalt nur aus dem 12. und dem 18. Jahr vor (Tab.3). Diese bestätigen, dass auch bei langfristig hoher Gülledüngung keine wesentliche Anreicherung des Boden-N-Pools erfolgt. Denn auch der organische Gülle-N wirkt produktiv, so dass nach Abzug kurzfristiger NH<sub>3</sub>-Emissionen unmittelbar nach der Ausbringung der Gülle-N zu 80 % (Gülle-480) bis 100 % (Gülle-240) in Ertrag umgesetzt wird (Tab. 2).

Tabelle 3: Gesamt-N-Menge im Bodenprofil von 0-30 cm in 1997 und 2003 (in kg N ha<sup>-1</sup>)

Düngung	März 1997	März 2003
1 Kontrolle	6.595	6.747
2 Gülle 240	7.425	7.789
3 Gülle 480	7.660	7.945
4 KAS 200	7.773	7.947
5 Gülle+KAS 360	7.603	7.644

## Literatur

- ANGER, M. (2001): Kalkulation der umweltbelastenden Stickstoffverluste auf Dauergrünland und Bewertung des nachhaltigen Stickstoffeinsatzes im Grünlandbetrieb. *Habil.schrift Univ. Bonn*, 290 S.
- PAAß, F. (1993): Stickstoffverluste auf Grünland. *Diss. Univ. Bonn*, 128 S.
- SCHOLEFIELD, D., D.R. LOCKYER, D.C. WHITEHEAD and K.C. TYSON (1991): A model to predict transformations and losses of nitrogen in UK pastures grazed by beef cattle. *Plant and Soil* 132, 165-177.
- STRATMANN, B. (1989): Toleranzgrenzen für Gülle auf Grünland. *Diss. Univ. Bonn*, 131 S.
- WEIßBACH, F., 1995: Über die Schätzung des Beitrags der symbiontischen N<sub>2</sub>-Fixierung durch Weißklee zur Stickstoffbilanz von Grünlandflächen. *Landbauforschung Völkenrode (FAL)* 45 (2), 67-74.

# Ammoniakverluste tierhaltender Betriebe – Vergleich von Modellierung und isotopischem Fingerabdruck

K. Auerswald<sup>1</sup>, K. Strotmann<sup>1</sup>, M. Schwertl<sup>1</sup>, B. Reidy<sup>2</sup>, W. Richner<sup>3</sup>, H. Schnyder<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Grünlandlehre Freising

<sup>2</sup>Schweiz. Hochschule für Landwirtschaft (SHL)

<sup>3</sup>Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau

## Einleitung

Die NH<sub>3</sub>-Ausgasung stellt in tierhaltenden Betrieben eine wesentliche N-Verlustquelle dar. Gleichzeitig belasten diese Verluste die Umwelt, da sie zumindest teilweise in naturnahen Nachbarökosystemen wie Wäldern oder Magerstandorten wieder deponiert werden. Zudem hängt die NH<sub>3</sub>-Ausgasung stark von Bewirtschaftungsmaßnahmen ab und ist daher durch die Landwirtschaft zu verantworten.

Die Verlustpfade sind vielfältig (z.B. Weide, Stall, Lager, Ausbringung) und variieren innerhalb eines Pfades je nach Rahmenbedingungen stark. Eine flächen- und zeitintegrierende Messung auf Betriebsebene, die dem Rechnung tragen würde, ist jedoch kaum möglich. Da eine Bewertung verschiedener Produktionssysteme eine gesamtheitliche Betrachtung erfordert, muss auf Modellierung zurückgegriffen werden, die die verschiedenen Verlustpfade und ihre Steuergrößen abbildet. Das Modell DYNAMO (MENZI et al. 2003) erfüllt diese Aufgabe. Es simuliert den N-Fluss von der Ausscheidung der Tiere bis zum Ausbringen der Wirtschaftsdünger und berechnet abhängig von vielen für die NH<sub>3</sub>-Ausgasung relevanten Parametern die betrieblichen NH<sub>3</sub>-Emissionen. Auch wenn die Datenbasis des Modells experimentell gut abgesichert ist, bleibt das Problem, dass die Prognosen kaum mit Messungen validiert werden können, weil eben eine Emissionsmessung auf Systemebene nicht möglich ist.

Bei der NH<sub>3</sub>-Ausgasung kommt es zu einer ausgeprägten isotopischen Diskriminierung, was durch Messung nachweisbar ist. Die Modellierung wurde daher mit den <sup>15</sup>N-Signaturen in den Schwanzhaaren der Tiere verglichen, da die Schwanzhaare ca. ein Jahr Information speichern. Sie integrieren dadurch über das Jahr und über alle Flächen, die zur Futterproduktion beitragen.

## Material und Methoden

Für 35 Betriebe mit unterschiedlichen Produktionssystemen in Süddeutschland und der Schweiz wurden die NH<sub>3</sub>-Verluste mit Hilfe von DYNAMO auf Betriebsebene modelliert. Innerhalb der Schweizer Betriebe wurde unterschieden zwischen normalen Betrieben der Region Appenzell und Betrieben des Optimilch-Programms aus der Region Bern, Solothurn, Luzern, die eine hohe Wirtschaftlichkeit mit einem ausgefeilten Bewirtschaftungssystem mit entweder besonders hohem oder besonders niedrigen Betriebsmitteleinsatz bei der Milchproduktion erreichen und so ein weites Spektrum abbilden. Damit gliedern sich die Daten in drei unabhängige Betriebsgruppen, die es erlauben, die Generalisierbarkeit der Aussagen zu prüfen.

Mehrere Schwanzhaare von 3-5 Tieren je Betrieb wurden auf ihre <sup>15</sup>N-Signatur untersucht (Details zur Messung s. SCHWERTL et al. 2005). Die <sup>15</sup>N-Signatur wird in  $\delta$ -Notation angegeben:  $\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{Probe}}/R_{\text{standard}}) - 1] \cdot 10^3$ . R ist dabei das <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N Verhältnis in der Probe bzw. im Standard (AIR=Luft-N<sub>2</sub>). Die Mittelwerte der Betriebe werden hier verwendet, deren Vertrauensintervall meist um die 0,3 ‰ beträgt (je nach Zahl der Messwerte und der zeitlichen Variabilität des Produktionssystems).

## Theorie

NH<sub>3</sub>-Ausgasung lässt sich isotopisch nachweisen, weil das schwerere <sup>15</sup>N weniger leicht verloren geht und sich daher in der Residualfraktion anreichert. Der Grad der Anreicherung hängt ab vom verloren gegangenen Anteil und von der Fraktionierungskonstante, die sehr hoch ist (je nach Temperatur und Druck um 40‰, UREY, 1947). Je

mehr verloren geht, umso höher ist das verbleibende  $\text{NH}_3$  isotopisch angereichert (Abb. 1). Berücksichtigt man, dass nur etwa die Hälfte des N im Wirtschaftsdünger  $\text{NH}_3$  bzw.  $\text{NH}_4^+$  ist und der organisch gebundene N unverändert bleibt, steigt die isotopische Signatur des gesamten Wirtschaftdüngers nur etwa bis zu einem Verlust von 70% des  $\text{NH}_3$ -N nahezu linear an (Abb. 1). Darüber nimmt die Signatur im Mittel des Wirtschaftdüngers wieder ab, weil nur noch wenig  $\text{NH}_3$  verbleibt. Bis zu einem Verlust von 70% sollte daher der Verlust mit einem nahezu linearen Anstieg in der Isotopensignatur verbunden sein. Dies ist wichtig, weil dadurch hohe und niedrige Verluste verschiedener Partien (z.B. verschiedene Ausbringungszeitpunkte) gemittelt werden können, was bei stark kurvilinearen Zusammenhängen nicht möglich wäre, ohne die jeweiligen Quantitäten zu wissen.

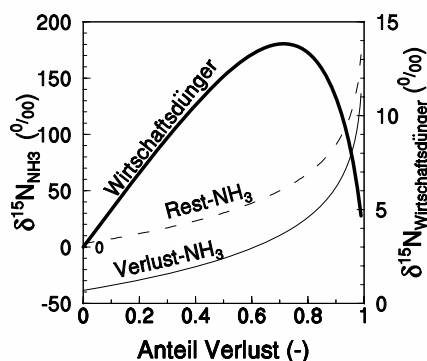


Abb. 1: Aus der Rayleigh-Fraktionierung berechneter Effekt der  $\text{NH}_3$ -Ausgasung auf die N-Signatur des ausgasenden und des verbleibenden  $\text{NH}_3$  (linke y-Achse) und des verbleibenden Gesamtstickstoffs im Wirtschaftsdünger incl. organischem N-Anteil (rechte y-Achse); Annahmen: Ausgangssignatur 3 ‰; Fraktionierung: 40 ‰.

Isotopensignaturen haben den Vorteil, dass häufig quantitative Prognosen möglich sind, die mit den Messwerten verglichen werden können. Es gilt, dass die Haarsignatur die Futtersignatur widerspiegeln muss, wobei das Haar bei durchschnittlichen Rohproteingehalten im Futter durch den Trophiestufeneffekt um etwa 3.4 ‰ angereichert ist (Sponheimer *et al.* 2003):

$$(1) \delta_{\text{Haar}} = \delta_{\text{Futter}} + 3.4 \text{ ‰}$$

Die Futtersignatur wiederum hängt von der Signatur N-Quelle der Pflanzen ab, da es bei der Pflanzenaufnahme praktisch zu keiner Fraktionierung kommt:

$$(2) \delta_{\text{Futter}} = \delta_{\text{N-Quelle}}$$

Die Signatur der N-Quelle wiederum hängt von den Signaturen der einzelnen N-Zufuhren (Wirtschaftsdünger, Mineraldünger, Leguminosensfixierung, Deposition) und den Masseanteilen  $m$  dieser Zufuhren ab:

$$(3) \delta_{\text{N-Queller}} = (\delta_{\text{Wirt.}} \cdot m_{\text{Wirt.}} + \delta_{\text{Min.}} \cdot m_{\text{Min.}} + \delta_{\text{Depos.}} \cdot m_{\text{Depos.}} + \delta_{\text{Leg.}} \cdot m_{\text{Leg.}}) / (m_{\text{Wirt.}} + m_{\text{Min.}} + m_{\text{Depos.}} + m_{\text{Leg.}})$$

Die Wirtschaftsdüngersignatur wiederum entspricht der Futtersignatur, wobei allerdings  $^{15}\text{N}$  in der Ammonium-Fraktion je nach Verlusten durch die Rayleigh-Fraktionierung um den Faktor  $R$  angereichert ist:

$$(4) \delta_{\text{Wirt.}} = \delta_{\text{Futter}} \times (1 \times m_{\text{org-N}} + R \times m_{\text{NH}_3\text{-N}}) / (m_{\text{org-N}} + m_{\text{NH}_3\text{-N}})$$

Durch Verknüpfen dieser Gleichungen lässt sich die Haarsignatur abhängig von den berechneten  $\text{NH}_3$ -Verlusten prognostizieren und mit den Messwerten vergleichen.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Gesamt-N-Anfall variiert im Betriebsmittel von ca. 90 bis 490 kg/ha/a, die Verluste von 4 bis 111 kg/ha/a (Tab. 1) und deckten damit ein weites Spektrum ab. Die  $\text{NH}_3$ -Verluste korrelierten eng mit dem N-Überschuss. Das Bestimmtheitsmaß von  $r^2=0,66$  lässt den Schluss zu, dass die  $\text{NH}_3$ -Verluste etwa zu 2/3 von der Intensität der Tierhaltung (z.B. quantifiziert als Düngegroßvieheinheiten) gesteuert werden. Die betriebs-spezifischen Gegebenheiten (z.B. Flächennutzung, Haltungsform, Tierarten, Ausbringung des Wirtschaftsdüngers) sind demnach für ein 1/3 der Variation verantwortlich.

Tabelle 1: Mittelwerte und Extrema der N-Zufuhren und der NH<sub>3</sub>-Verluste der 35 untersuchten Betriebe

	N-Anfall				NH <sub>3</sub> -Verlust	
	Wirtschafts- dünger	Mineral- dünger	Legumi- noson	Gesamt	absolut	relativ % d. NH <sub>3</sub>
	kg/ha/a					
Min.	22	0	19	87	3	27
Mittel	166	30	49	281	51	60
Max.	378	162	105	488	111	81

Die Verluste betragen im Mittel 60% des in den Ausscheidungen enthaltenen NH<sub>4</sub>-N, wenn man davon ausgeht, dass die Hälfte des ausgeschiedenen N NH<sub>4</sub>-N ist. Für diesen Mittelwert kann gerade noch angenommen werden, dass die meisten Einzelverluste im Bereich von 50-70% und damit noch im quasi-linearen Bereich der Wirtschaftsdüngerkurve von Abbildung 1 liegen. Dies bedeutet aber auch, dass die über dem Mittelwert liegenden Betriebe bereits so hohe NH<sub>3</sub>-Verluste haben, dass eine Zunahme der Verluste nicht mehr zu einer linearen Zunahme der <sup>15</sup>N-Signatur führt. Dies erklärt, warum die Haarsignatur stark subproportional mit den Verlusten zunimmt (Abb. 2). 20% der Betriebe wiesen sogar durchschnittliche Verluste von über 70% auf, lagen also über dem Scheitelpunkt der Wirtschaftsdüngerkurve. Für diese Betriebe ist daher sogar anzunehmen, dass höhere Verluste durch niedrigere <sup>15</sup>N-Signaturen gekennzeichnet sind. Dies wird weiter dadurch verstärkt, dass solche Betriebe ihre hohen Verluste durch hohen N-Import (Mineraldünger, Zukaufsfutter) ausgleichen, die wegen ihrer niedrigeren <sup>15</sup>N-Signatur den im Futter bzw. Haar zu erwartenden Wert weiter absenken. Dennoch bestätigt Abbildung 2 die Hypothese, dass sich die NH<sub>3</sub>-Verluste auf Betriebsebene widerspiegeln und dass insbesondere Tierhaare geeignete Indikatoren sind, weil sie die Isotopensignatur des Futters eines Jahres integrierend reflektieren. Prognostiziert man die Haarsignatur aus den Gleichungen (1) bis (5) und vergleicht sie mit den Messwerten, so liegen die Werte um die 1:1-Gerade und der Zusammenhang wird etwas enger ( $r^2=0,52$ ). Allerdings bleibt die Streuung weiterhin hoch. Dies hat vielfältige Ursachen. (1) Zukaufsfutter oder aus dem Boden-Pool freigesetzter Stickstoff kann sich in Einzelfällen auswirken. (2) Manche Zufuhren und ihre N-Signatur konnten nur geschätzt werden (z.B. Deposition). (3) Für die Berechnung sind viele (>100) Angaben der Landwirte zu ihrem Betrieb notwendig, die Fehler enthalten. (4) Unregelmäßigkeiten innerhalb der Betriebe (z.B. wenn Wirtschaftsdünger nur auf einem Teil der Flächen oder Kulturen appliziert wird) können Verschiebungen verursachen. Und schließlich treten Fehler in der <sup>15</sup>N-Messung und im Modell auf. Eine Schichtung der unerklärten Residuen z.B. nach Regionen, Betriebstypen (organische/konventionelle Betriebe), Produktionsverfahren (z.B. Art der Tierhaltung), Betriebsgrößen und Betriebsintensitäten erklärten die Streuung nicht. Fehler in Messung und Modell sind daher vermutlich für den kleinsten Teil der Streuung verantwortlich.

Durch Variation der verschiedenen Annahmen (z.B. Menge der N-Deposition, Verfügbarkeit der organischen N-Komponente im Wirtschaftsdünger) lässt sich prüfen, ob die Annahmen der Prognose realistisch sind. Dabei zeigte sich, dass Abweichungen von den *a priori* gesetzten Annahmen zu einer Verschlechterung (gemessen am Nash-Sutcliffe-Index bzw. am Root Mean Squared Error) führten, was die Annahmen bestätigt. Einzig eine Verminderung der NH<sub>3</sub>-Verluste verbesserte die Übereinstimmung zwischen Prognose und Messung. Die beste Übereinstimmung wurde erzielt, wenn die NH<sub>3</sub>-Verluste nur mit 40% der modellierten Verluste angenommen wurden ( $r^2=0,67$  statt 0,52). Ein so großer Fehler kann im Modell nicht enthalten sein. Im Wesentlichen sind wohl zwei Ursachen verantwortlich: (1) Die dem Modell zugrunde liegenden Messungen bilden zeitlich und räumlich nicht einen ganzen Betrieb ab, sondern wesentlich kleinere Skalen. Die Verluste sinken aber mit zunehmender Skala, weil ein Teil der

Ausgasung wieder refixiert wird. (2) Viele Verluste sind isotopisch unwirksam, weil das gesamte  $\text{NH}_3$  verloren geht, z.B. wenn Gülle auf Pflanzen- oder Bodenoberflächen vollständig austrocknet.

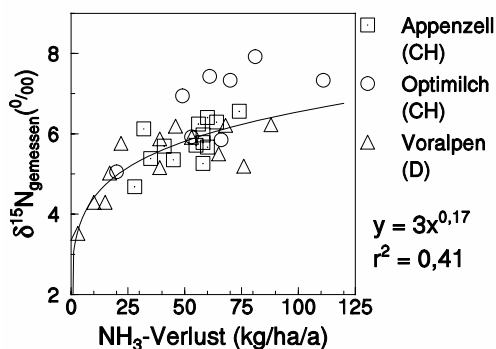


Abb. 2: Mittlere  $^{15}\text{N}$ -Haarsignatur in Abhängigkeit vom modellierten  $\text{NH}_3$ -Verlust

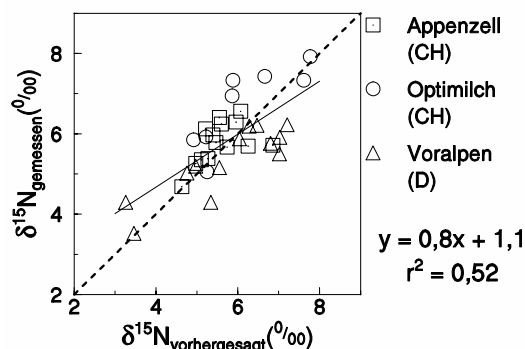


Abb. 3: Vergleich der gemessenen  $^{15}\text{N}$ -Haarsignatur mit der aus N-Zuführen und  $\text{NH}_3$ -Verlust prognostizierten Haarsignatur

### Schlussfolgerungen

$\text{NH}_3$ -Verluste sind in tierhaltenden Betrieben erheblich und steigen mit der Intensität der Tierhaltung linear an. Auf Systemebene sind die Verluste kaum zu messen, so dass auf Modellierungen zurückgegriffen werden muss. Die starke isotopische Fraktionierung bei der  $\text{NH}_3$ -Ausgasung reichert  $^{15}\text{N}$  an, was beispielsweise im Tierhaar nachweisbar ist. Dies kann jedoch nur als Indikator gesehen werden, da die Streuung zwischen Verlust und  $^{15}\text{N}$ -Signatur erheblich ist. Die Abbildung hoch komplexer Systeme, wie sie landwirtschaftliche Betriebe darstellen, ist mit so vielen Unsicherheiten behaftet, dass sich die Ursachen der Streuung nicht klären lassen. Die Verwendung von zwei Indikatoren (Tierhaar und Modell) ist deshalb vorteilhaft. Die Tierhaare bringen besonders die Vorteile, nur schwer manipulierbar und mit relativ geringem Aufwand messbar zu sein. Die Modellierung bringt die Vorteile, dass sie die Verlustpfade quantifiziert und damit die Möglichkeiten einer Verlustminderung aufzeigt. Durch den Vergleich mit der Messung lassen sich Fehler in den Angaben zu Bewirtschaftung oder in den Annahmen leichter erkennen.

### Literatur

- MENZI H, RUETTIMANN L, REIDY B (2003) DYNAMO: A new calculation model for dynamic emission inventories for ammonia. Proc. Internat. Symp. "Gaseous and odour emissions from animal production facilities", Horsens, Denmark, 378-382.
- SCHWERTL M, AUERSWALD K, SCHÄUFELE R, SCHNYDER H (2005) Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production systems? Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 153-165
- SPONHEIMER M, ROBINSON T, AYLIFFE LK, ROEDER B, HAMMER J, PASSEY BH, WEST AG, CERLING TE, DEARING MD, EHLERINGER JR (2003) Nitrogen isotopes in mammalian herbivores: hair delta-15-N values from a controlled feeding study. Int. J. Osteoarchaeology 12 80-87.
- UREY HC(1947) The thermodynamic properties of isotopic substances. J. Chem. Soc. 562-581.

# Der Einfluss der Düngung auf Ertrag und Diversitätskennziffern einer zwischenzeitlich 10 Jahre nicht gedüngten Niedermoor- Feuchtwiese

U. Bauer, L. Dittmann, R. Bockholt  
Agrar- u. Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

## Zielstellung

Ob eine langjährig extensiv bewirtschaftete Feuchtwiese durch Düngung und Einsaat in leistungsfähiges Grünland zurückverwandelt werden kann und wie schnell sich die Biodiversitätskennziffern und Erträge verändern wird in einem Parzellenversuch geprüft. Dazu erfolgte im Jahre 1999 die Anlage eines einfaktoriellen Dauerversuches mit 4 Wiederholungen. Die Ergebnisse der ersten Jahre liegen zur Auswertung vor.

## Material und Methoden

Der Parzellenversuch befindet sich auf einem tiefgründigen Niedermoor mit artenreicher Vegetation in der Warnowniederung 30 km flussaufwärts von Rostock (Gemarkung Kambs). Die historische Entwicklung der Grünlandfläche ist gekennzeichnet durch die Nutzung als Feuchtwiese seit der Inkulturnahme im 18. Jahrhundert im Überflutungsbereich des Flusses; danach erfolgte in Verbindung mit der Begradigung der Warnow als Schifffahrtskanal in den Jahren von 1915 bis 1917 die Absenkung des Grundwasserstandes, der Einbau von Dränagen und die Übersandung (ca. 10 cm). Als Folge des Baues eines Wehres in Rostock zum Schutz des Trinkwassers in der Warnow vor salzhaltigem Ostseewasser stieg der Grundwasserstand seit 1950 erneut auf 40 bis 60 cm unter Gelände mit gelegentlichen Überflutungen an. Dadurch konnte sich die Feuchtwiesenvegetation wieder entwickeln. In den Jahren 1988/89 sollten durch den Bau eines Schöpfwerkes und die Neuansaat einer Wiesenmischung (*Festuca pratensis*; *Poa pratensis*; *Phleum pratense*; *Lolium perenne*) Ertrag und Futterqualität dauerhaft gesteigert werden. Der Betrieb des Schöpfwerkes endete bereits 1990 und seitdem praktiziert der Bewirtschafter eine naturschutzgerechte Grünlandbewirtschaftung (ohne Düngung). Als Folge konnte sich die Neuansaat nicht durchsetzen. Die Bodenkennwerte der Versuchsfläche, Bodenentwicklungsstufe Erdfen, am Versuchsbeginn und nach fünf Versuchsjahren der einzelnen Düngungsvarianten sind in Tabelle 1 ausgewiesen.

Tabelle 1: Bodenkennwerte des Versuchsstandortes

Parameter	ME	1999	Düngungsvarianten im Jahre 2003			
			ohne Düngung	K	Pk	NPK
<b>C t</b>	% LTM	16,8	17,8	17,3	17,6	20,2
<b>N t</b>	% LTM	1,2	1,4	1,3	1,2	1,4
<b>pH-Wert</b>	-log (H)	6,8	6,6	6,7	6,8	6,7
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	mg/100 g LTM	12,0	5,0	8,1	7,8	8,8
<b>K<sub>2</sub>O</b>	mg/100 g LTM	5,0	6,0	10,0	8,0	9,0
<b>Mg</b>	mg/100 g LTM	56,0	59,0	68,0	63,0	67,0

Die Düngungsvarianten wurden in Anpassung an häufig praktizierte Formen der Grünlandbewirtschaftung gewählt (Variante 1 ohne Düngung., Variante 2 nur 160 kg/ha K, Variante 3 160 kg K und 48 kg P, Variante 4 160 kg K 48 kg P und in drei Teilgaben insgesamt 160 kg N/ha). Bei den Varianten 5 (PK-Düngung) und 6 (NPK-Düngung) erfolgte eine Einsaat von *Festulolium braunii*. Zur Feststellung der Entwicklung der Pflanzengesellschaft wurde der Ertragsanteil der einzelnen Arten in % vom Gesamtertrag an Grünmasse vor der Ernte des ersten Aufwuchses (Anfang Juni) geschätzt. Die Sortierung einiger Ernteproben diente der Kontrolle. In dieser Abhandlung unberücksichtigt bleiben die oft abweichenden Ertragsanteile in den Folgeaufwüchsen.



Die Wasserstufe des Standortes beträgt 3+, die ökologische Feuchtezahl 6,7. In dem artenreichen Bestand kommen 8 in Mecklenburg-Vorpommern geschützte Arten vor, (*Cardamine pratensis*, *Lychnis flos-cuculi*, *Antoxanthum odoratum*, *Carex disticha*, *Lathyrus palustris*, *Angelica sylvestris*, *Polygonum bistorta*, *Achillea ptarmica*). Außerhalb der Versuchsfläche wächst *Dactylorhiza majalis*.

Erhebliche Abweichungen vom Jahresmittel der Niederschläge (600 mm) traten in den Jahren 2002 mit 810 und 2003 mit nur 365 mm auf. Auch von der Jahrestemperatur (8,7° C) gab es erhebliche Abweichungen im Jahr 2002 (9,1 °C).

## Ergebnisse

### 1 Trockenmasseerträge

In den Jahren nach Wiederaufnahme der Düngung stiegen die Erträge der mit PK und mit NPK gedüngten Varianten stetig an (Abb. 1).

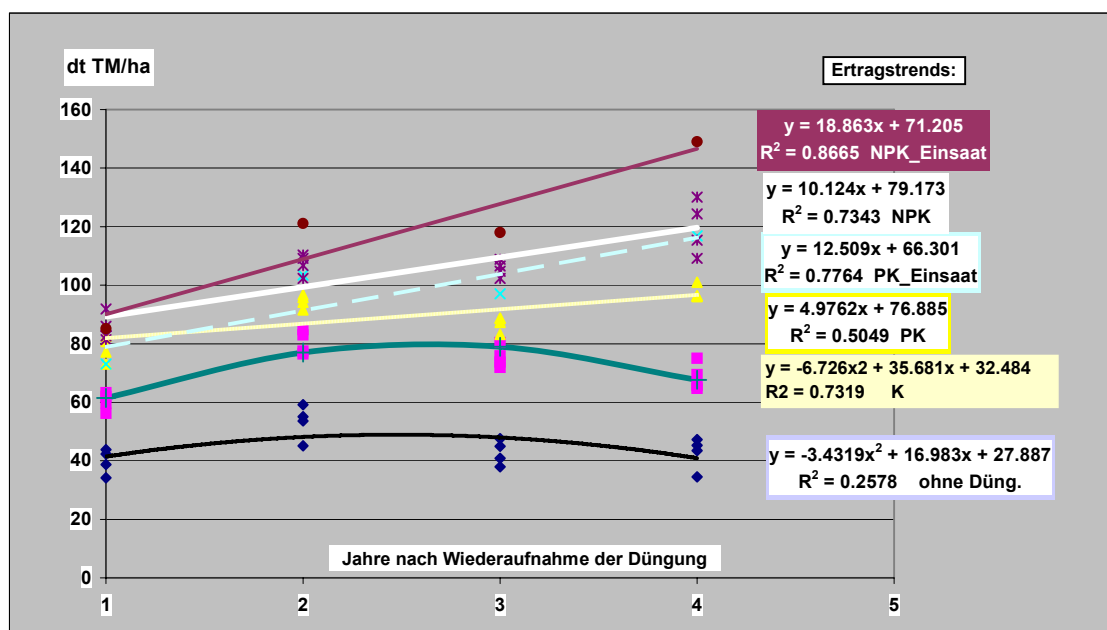


Abb. 1: Ertragsentwicklung in Abhängigkeit von Düngung und Einsatz (Trends)

Tabelle 2: Trockenmasseerträge und Signifikanz der Differenzen nach dem Duncan-Test

Faktoren	Stufen	Aufwuchs 1	Aufwuchs 2	Aufwuchs 3	Jahresertrag	
		dt TM/ha				
Düngung	1 ohne Düngung	16.8	18.2	9.5	44.6	a
	2. K-Düngung	27.5	27.6	16.2	71.2	b
	3. PK- Düngung	42.0	31.0	16.3	89.3	c
	4. NPK- Düngung.	49.9	36.7	17.8	104.5	d
	5. PK- + <i>Festulolium</i>	45.5	31.5	20.6	97.6	d
	6. NPK + <i>Festulolium</i>	59.7	39.8	18.9	118.4	e
Jahre	2001	27.6	27.1	12.7	67.4	a
	2002	41.3	31.8	13.9	87.0	c
	2003	30.8	31.1	19.2	81.0	b
	2004	44.7	26.8	16.3	87.8	c
	<b>Gesamtmittel</b>	<b>36.1</b>	<b>29.2</b>	<b>15.5</b>	<b>80.8</b>	

Die Ertragsunterschiede sind nach dem Duncan-Test signifikant (Tab. 2). Besonders deutlich zeigte sich der Ertragsanstieg wenn Düngung und Einsaat gemeinsam Anwendung fanden. Auf den Flächen, die nur K erhielten, hat sich die Ertragszunahme der ersten Jahre bereits umgekehrt. Auch in Versuchen von PICKERT und SCHUPPENIES (2002) auf dem Paulinenauer Niedermoor hatte die K-Düngung erheblichen Einfluss auf Ertrag und Bestandszusammensetzung. Ohne Düngung nahmen die Erträge laufend ab und betragen zurzeit nur noch etwa 30 % im Vergleich zur Intensivvariante.

## 2 Entwicklung der Artenvielfalt

Bei Einrichtung des Versuches im Jahre 1999 kamen 49 Arten, davon 14 Gräser, 7 Leguminosen und 28 Kräuter vor. NPK-Düngung und Einsaat führten seitdem zur Abnahme der Artenvielfalt (Tab. 3), während bei PK-Düngung eine Zunahme erfolgte. Auch bei wenig veränderten Artenzahlen haben sich ihre Anteile am Gesamtertrag erheblich verändert. So erreichte im Jahre 2005 der Ertragsanteil der Gräser bei Volldüngung mit Einsaat etwa 85 % (davon die Hälfte *Festulolium braunii*) und der Anteil der Leguminosen nur 3 %, während bei der PK-Variante die Gräser 60 % und die Leguminosen 22 % hatten. Der Anteil von Giftpflanzen (*Equisetum palustre*) nahm durch Volldüngung und Einsaat von 3 % auf 0,2 % ab.

Tabelle 3: Entwicklung der Artenvielfalt in Abhängigkeit von Düngung und Einsaat

Variante	Jahr	SHANNON-Index	EVENNESS	Rote Liste_Anz	Anz_Süssgr	Anz_Kraut_Leg	Anz_alle_Pfla	Süssgräser %	Kraut_Leg %
ohne D	2001	2.65	0.70	8	9	34	45	36.5	51.5
	2005	3.16	0.81	8	12	36	50	68.8	28.3
K	2001	3.29	0.85	8	12	35	49	50.3	42.7
	2005	3.31	0.85	8	13	35	50	50.4	40.6
PK	2001	3.20	0.85	6	10	31	43	37.7	60.3
	2005	3.17	0.81	8	12	37	51	49.8	46.2
PK Einsaat	2005	3.12	0.82	8	13	30	45	62.4	34.6
NPK	2001	3.06	0.83	4	10	27	39	47.8	51.0
	2005	2.94	0.80	6	12	26	40	44.9	41.1
NPK Einsaat	2005	2.56	0.71	6	14	21	37	80.6	17.4

Mit der Errechnung der Futterwertzahl (KLAPP et al.) lässt sich der Einfluss von Düngung und Einsaat auf den landwirtschaftlichen Nutzwert der Pflanzenbestände deutlich machen (Abb. 2).

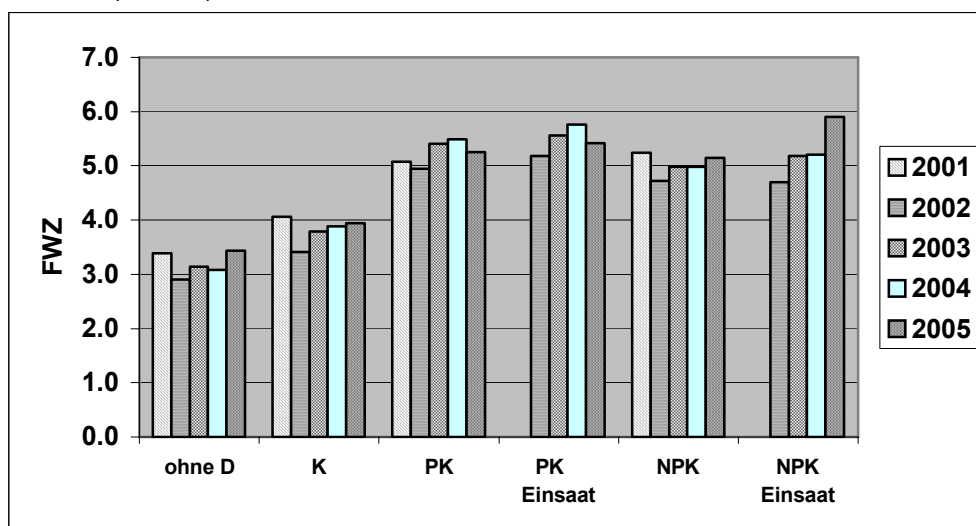


Abb. 2: Entwicklung der Futterwertzahlen in Abhängigkeit von Düngung und Einsaat

Der extensiv bewirtschaftete Pflanzenbestand lieferte bei geringen Erträgen eine Biomasse (FWZ 3), die als Futter im landwirtschaftlichen Betrieb ungeeignet ist. Dagegen verbesserte die Düngung, insbesondere in Verbindung mit Einsaat, die Futterqualität erheblich und machte das Futter für den Einsatz in der intensiven Rinderhaltung geeignet. Einen guten Kompromiss zwischen Artenerhaltung am Standort und Futterqualität liefert auf dem Niedermoor die PK-Düngung ohne Einsaat.

\*Anmerkung: Der Shannon-Index basiert auf der in der Kommunikationstheorie formulierten Entropie der Information, deren Formel zuerst von Claude Shannon 1948 veröffentlicht wurde:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i)$$

Der Evenness-Index ergibt sich aus dem Shannon-Index dividiert durch den Logarithmus der Artenzahl (jeweils auf der Basis ln).

### **Zusammenfassung und Perspektiven**

Das Arteninventar der Niedermoore kann in Abhängigkeit zahlreicher Einflussfaktoren sehr unterschiedlich sein. Bei artenreichen Beständen, die bereits eine geringe Nährstoffversorgung des Standortes aufweisen, scheint ein weiterer Verzicht auf Grunddüngung zur nicht erwünschten Verringerung der Artenzahl zu führen und zur weiteren Abnahme des landwirtschaftlichen Wertes. Es kommt zur Entwicklung von Pflegeflächen, die keine verwertbare Biomasse als Futter oder zur Biogasgewinnung liefern. Ähnliche Ergebnisse erzielte TITZE (2002) auf einem Niedermoor im Dummerstorf. Ohne finanzielle Förderung besteht die Gefahr, dass diese ausgehagerten Flächen später brach fallen und verbuschen. Kalidüngung verlängert den Prozess des Ertrags- und Artenrückganges, lässt jedoch die N- und P-Reserven des Moores verwerten. Die PK-Düngung erhält den Artenreichtum und den Futterwert. Diese Variante sollte für ausgehagertes, artenreiches Grünland in Naturschutzprogrammen Berücksichtigung finden. NPK-Düngung mit oder ohne Einsaat führt zu artenarmen Grasbeständen mit einigen massenwüchsigen Kräutern; für Artenschutz am Standort und biologische Vielfalt ist eine Stickstoffdüngung abträglich. Anzustreben ist die Erhaltung der landschaftsökologischen Funktionen der Niedermoore bei ergebnisorientierter Grünlandbewirtschaftung (MÜLLER und ISSELSTEIN, 2002).

### **Literatur**

- KLAPP, E., P. BOEKER, F. KÖNIG, A. STÄHLIN: Wertzahlen der Grünlandpflanzen. – Das Grünland Nr. 5, Hannover, 1953 (Beilage zur Zeitschrift „Der Tierzüchter“)
- MÜLLER, J., J. ISSELSTEIN; Gegenwärtiger Stand und Perspektiven der ressourcenschonenden Bewirtschaftung von Niedermoorgrünland. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 46. Jahrestagung, Tagungsband, 51-57
- PICKERT, J., R. SCHUPPENIES; Veränderungen in Ertrag und Grünlandnarbe bei Kalium-Aushagerung und Wiederaufnahme der K-Düngung auf einem sandunterlagerten Niedermoor in Nordostdeutschland. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 46. Jahrestagung, Tagungsband, 84-87
- TITZE, A.; Auswirkungen variierter Nutzungs- und Düngungsintensität auf den Pflanzenbestand, den Ertrag und die Qualität des Futters von Niedermoorgrünland. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 46. Jahrestagung, Tagungsband, 70-73

# Ergebnisse eines 10-jährigen Mulch- und Aushagerungsversuches auf Sandgrünland im Küstenbereich von Mecklenburg – Vorpommern (Feinsandgley)

R. Bockholt, I. Bockholt  
Agrar- u. Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

## Zielstellung

Im neu gegründeten Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft ist Intensivgrünland zur Kernzone erklärt worden. Mit den Zielen, bezüglich der früher reichlich gedüngten Nährstoffe N, P, K eine schnelle Aushagerung zu erreichen, die Senkenfunktion für das Niedermoorwachstum (organische Substanz, C, N, S – Bindung) wieder herzustellen, wird seit 1992 die naturschutzgerechte Nutzung praktiziert. Diese besteht im Rahmen der Vertragsmöglichkeiten im Verzicht auf Neuansaat, Düngung und Pflanzenschutzmittel, in der Anhebung des Grundwasserniveaus und einer großflächigen extensiven Beweidung. Es handelt sich um Böden (18 bis 22 Bodenpunkte) mit einem früheren Ertragsniveau von 120 - 150 dt TM/ha. Die frühere Bewirtschaftung bestand in intensiver Düngung (300 kg N, 50 kg P, 200 kg K), Ansaat von Zuchtgräsern und Regulierung des Grundwassers im Bereich von 40 bis 60 cm unter Flur. Die Zielstellung des Versuches bestand darin, die Wirkung anderer Bewirtschaftungssysteme im Vergleich zur großflächigen Beweidung zu überprüfen.

## Prüffaktoren des Aushagerungs- und Mulchversuches

1992 erfolgte die Anlage des 3-faktoriellen Feldversuches in der Sundischen Wiese als Streifen- Spaltanlage mit 4 Wiederholungen und 84 Parzellen von 20 m<sup>2</sup>.

**Faktor A:** Begrünungsvarianten (3 Stufen, Ansaaten u. Selbstbegrünung)

**Faktor B:** Nutzungshäufigkeit (4 Stufen, 0 bis 3 Schnitte je Jahr)

**Faktor C:** Verbleib der Phytomasse (2 Stufen, Phytomasse geräumt, gemulcht)

**Konstante Faktoren:** Küstenüberschwemmungsgrünland, gedeicht bereits vor 1900; Bodentyp: früher Niedermoor (flachgründiges Niedermoor), jetzt Feinsandgley, 18cm HN, 33 cm NN, 50-jähriges Klimamittel: 599 mm Jahresniederschlag, 8°C Jahrestemperatur, Vorfrucht: Zwischennutzung, Silomais, Ohne Düngung, pH-Wert (KCL): 5,1 bis 4,6, Versorgungsstufen im Versuch 1992: K = B, P = B, Mg = E

## Ergebnisse des Arteninventars im 3-faktoriellen Parzellenversuch

Der 3-faktorielle Parzellenversuch bezieht sich auf das im Gebiet flächenmäßig dominierende *Lolio-Elytrigietum*. Die Vegetation der Versuchsfläche setzt sich heute aus wenigen im Jahre 1992 angesäten und vielen bodenständigen Arten zusammen. Mit insgesamt 86 aufgelisteten Arten und 13 geschützten Arten auf einer Fläche von 1.700 m<sup>2</sup> ergibt sich eine hohe Biodiversität an höheren Pflanzen, welche durch die Strukturvielfalt in Folge differenzierter Bewirtschaftung der Parzellen und den Nutzungswandel vom Acker zum Dauergrünland begründet ist. Nach 10 Jahren ergaben sich einerseits bei 3-Schnittnutzung und andererseits bei Aushagerung (Abb. 1) die höchsten Artenzahlen und in Kombination dieser Varianten eine gute Übereinstimmung des Artenspektrums mit dem den Versuch umgebenden dreimal genutzten Weideland.

## Ertragsentwicklung der Aushagerungsvarianten

Mit der Entfernung der Phytomasse von der Versuchsfläche wurde eine Schnittnutzung praktiziert, die zur Herstellung von Heu, Silagen oder Kompost durchgeführt werden könnte, mit dem Ziel, Nährstoffvorräte abzubauen. Im Mittel aller Aushagerungsvarianten wurde ein Ertrag von 53 dt TM je ha erreicht. Im Ansaatjahr 1992 war nach Silomaisanbau zunächst ein klares Stickstoffdefizit des Sandbodens vorhanden. Das Stickstoff – Defizit wurde ab 2. Nutzungsjahr zunehmend durch Leguminosen der artenreichen Ansaatmischung (Gemeiner Hornklee, Weißklee) ausgeglichen, wodurch im Mittel bis zum 8. Nutzungsjahr trotz Verzichts auf jegliche Düngung eine Ertragerhöhung von 23 bis auf 73 dt Trockenmasse zu verzeichnen war.

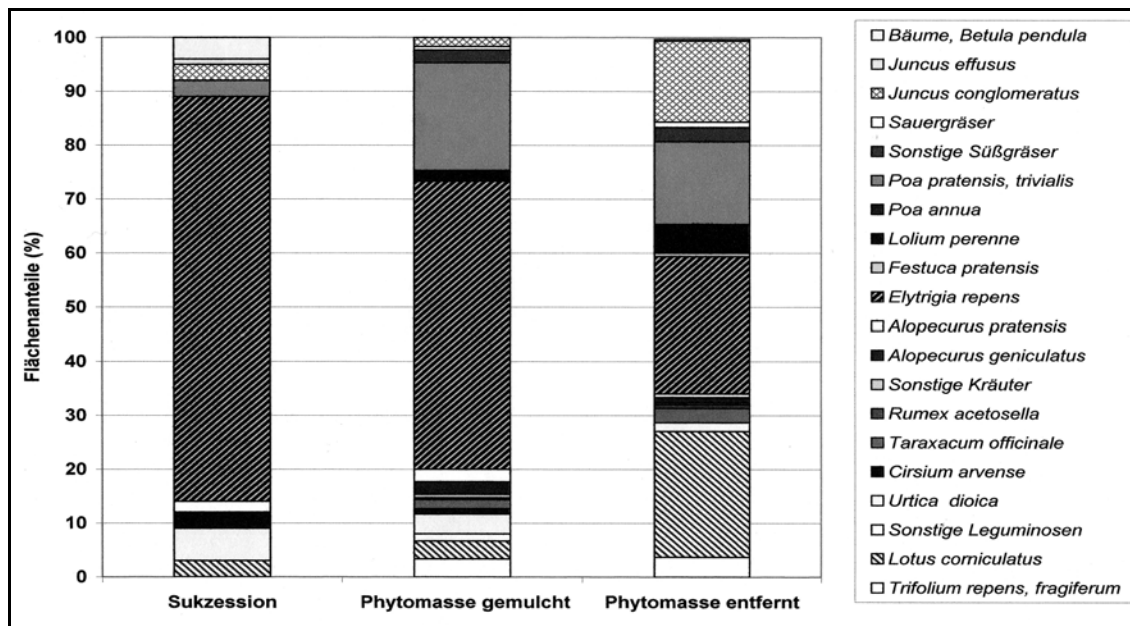


Abb. 1: Vegetation nach 10 Jahren Selbstbegrünung

Erst ab 9. trat eine abnehmende Tendenz des TM - Ertrages ein. In den ersten beiden Versuchsjahren bestanden signifikante Ertragsvorteile der Vielartenmischung mit Leguminosen, welche *Alopecurus pratensis* (Wiesenfuchsschwanz), *Phleum pratense* (Wiesenslieschgras), *Festuca rubra* (Rotschwengel) und *Lotus corniculatus* (Hornschothenklee), *Trifolium repens* (Weißklee) enthielt. Ertragsnachteile konnten ab dem 3. Jahr in der Selbstbegrünungsvariante und ab dem 8. Jahr in der Weidelgrasvariante (*Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*) in Folge Einwanderung der Leguminosen, die in den Varianten Sukzession, 1-Schnittnutzung und 2-Schnittnutzung zur Samenreife gelangten, ausgeglichen werden. Im Vergleich der Schnittvarianten setzte der abnehmende Teil der Trendfunktion bei häufiger Nutzung (3 Schnitte) 2 Jahre früher ein.

#### Ertragsentwicklung in Abhängigkeit vom Verbleib der Phytomasse

Bei 3-Schnittnutzung wurde der Ertrag auch in Abhängigkeit vom Verbleib der Phytomasse erfasst. Im 10-jährigen Mittel sind in der Aushagerungsvariante 51 dt Trockenmasse festgestellt worden, während in der gemulchten Variante mit Nährstoffrückführung 75 dt Trockenmasse erreicht worden sind (Abb.2).

Während die Trendfunktion der Aushagerungsvariante nach Überschreitung von 60 dt/ha ab dem 8. Jahr eine abnehmende Tendenz zeigte, war das Optimum der Mulchvariante bei ständiger Ertragssteigerung bis zum 10. Jahr bis zur Höhe von 100 dt TM je ha noch nicht überschritten.

#### Entwicklung der Pflanzeninhaltsstoffe der Aushagerungsvarianten

Es wurde ein mittlerer Stickstoffgehalt von 2,0 % N in der Trockenmasse erreicht. Im Vergleich der Schnitthäufigkeit wurde mit 1,7 % N bei 1-Schnittnutzung der geringste, mit 2,2% N bei 3-Schnittnutzung der höchste Mittelwert erzielt. Die Vielartenmischung mit Leguminosen erreichte lediglich in den ersten beiden Jahren höhere N- Gehalte. Der mittlere P-Gehalt betrug 0,31% P in der Trockenmasse. In 10 Versuchsjahren ist niemals Mangel an Phosphor aufgetreten. Die Mittelwerte der Schnittvarianten erreichten 0,29 % bei 1-Schnittnutzung und 0,34% bei 3-Schnittnutzung. Im Vergleich der Begrünungsvarianten traten keine nennenswerten Differenzen auf. Der mittlere K-Gehalt betrug 1,5 % in der Trockenmasse. Im Verlaufe der 10-jährigen Versuchsdurchführung hat sich eine klare Entwicklung von ausreichender Kaliumversorgung bis zur extremen Mangelsituation vollzogen. Im Vergleich der Schnittvarianten sind bei der 1-Schnittnutzung höhere Gehaltswerte aufgetreten, die eventuell mit dem tiefer reichenden Wurzelsystem der Vegetation dieser Variante erklärt werden können.

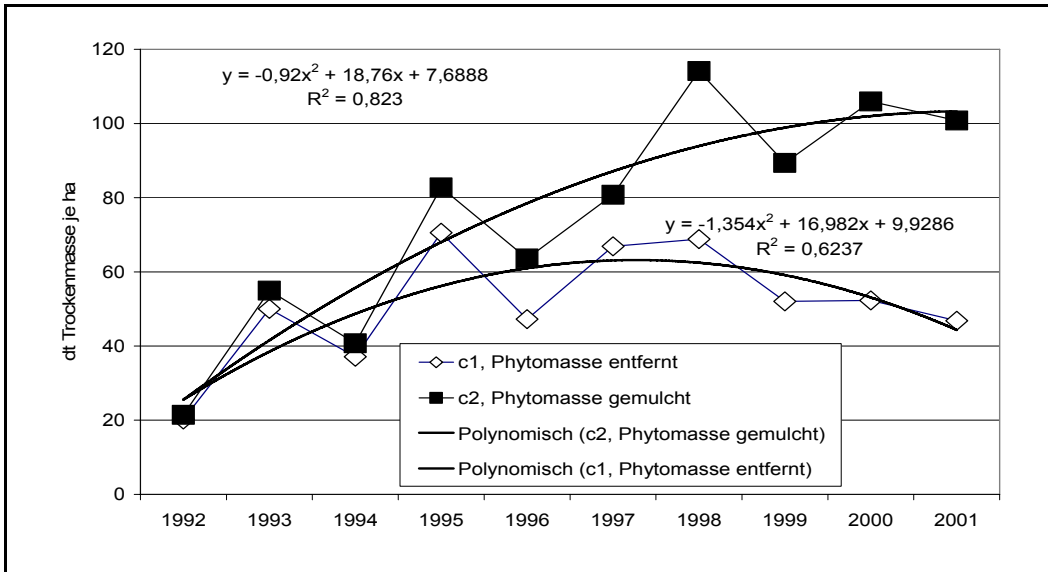


Abb. 2: Trendfunktionen des Ertrages im Mittel der 3-Schnittnutzung

### Pflanzeninhaltsstoffe in Abhängigkeit vom Verbleib der Phytomasse

Bei der 3-Schnittnutzung traten keine höheren N - Gehalte der nährstoffreicheren Mulchvariante auf, da zunehmender Nährstoffreichtum bezüglich Stickstoff in Folge ausreichender Versorgung mit Phosphor und Kalium ertragswirksam wurde.

In Bezug auf die Phosphorgehalte trat ab dem 7. Jahr ein gerichteter geringfügiger Trend zur Reduzierung in der Aushagerungsvariante ein. In Bezug auf die Kaliumwerte trat bereits ab dem 4. Nutzungsjahr eine zunehmende Differenzierung zu Gunsten der Mulchvariante ein. Die Kaliumgehalte hielten sich bei Nährstoffrückführung über das Mulchen im ausreichenden Versorgungsbereich  $> 1,8\%$  i. TM, während sie bei Aushagerung in extreme Mangelbereiche  $< 1\%$  abglitten. Nach anfänglichem Stickstoffmangel, der sich aber nur in geringen Erträgen zeigte, tritt bei Aushagerung dieses Sandbodens also in zweiter Position Kaliummangel auf, der auch in stark reduzierten Gehaltswerten zum Ausdruck kommt.

### Entwicklung des Nährstoffentzuges in den Aushagerungsvarianten

Der Entzug an Stickstoff, Phosphor und Kalium gestaltete sich ebenfalls als Trend in Form eines Polynoms 2. Grades. Im Mittel der 10 Jahre wurden in den Aushagerungsvarianten jährlich 102 kg N /ha; 16 kg P/ha und 72 kg K /ha entzogen.

Analog zum Ertrag stieg der Nährstoffentzug in den Aushagerungsvarianten bis zum 8. Nutzungsjahr an und zeigte danach eine abfallende Tendenz.

Mit einer Kombination von 2-Schnittnutzung und leguminosenreichen Luftstickstoff fixierenden Mischungen können auf diesem zu Beginn der Aushagerung vordergründig unter Stickstoffmangel leidenden Sandgley-Standort die höchsten Erträge und damit auch die stärksten Aushagerungseffekte an P und K erreicht werden.

Lediglich der Kaliumentzug entwickelte sich abweichend vom Trend der Ertragskurve. In Folge stark reduzierter Gehaltswerte und zunehmender Verarmung des Bodens an Kalium verlief der Entzug über ein Optimum (4. Jahr = 109 kg K/ha) ab dem 5. Jahr mit abnehmendem Trend bis zu einem Minimum von 40 kg K/ha und Jahr.

### Nährstoffumsatz (kg N, P, K/ha) in Abhängigkeit vom Verbleib der Phytomasse

Bei 3-Schnittnutzung ergab sich ab dem 3. Jahr bezüglich Kalium und ab dem 7. Jahr in Bezug auf Stickstoff und Phosphor eine überzeugende Differenzierung der Umsatzwerte zwischen den gemulchten und ausgehagerten Varianten. In der Mulchvariante der 3-Schnittnutzung wurden im Mittel der 10 Jahre 151 kg/ha Stickstoff umgesetzt. Der zunehmende Trend hält nach der Trendfunktion noch an. Beachtliche Größenordnungen von 200 kg N/ha wurden im 9. und 10. Jahr überschritten. In der Mulchvariante der 3-

Schnittnutzung wurden im Mittel der 10 Jahre 26 kg/ha Phosphor umgesetzt. Der zunehmende Trend hält ebenfalls an. Im 10. Jahr wurde der bisher höchste Wert von 38 kg Phosphor je ha und Jahr erreicht. In der Mulchvariante der 3-Schnittnutzung wurden im Mittel der 10 Jahre 150 kg/ha Kalium umgesetzt. Im polynomischen Trend wurde nach eindeutigem Anstieg bis zum 7. Jahr ein Maximum in Höhe von 190 kg erreicht, das vom 8. bis 10 Nutzungsjahr in etwa gleicher Größenordnung die Umsatzkurve bestimmt. Insgesamt ergibt sich durch den steigenden Umsatz an Nährstoffen in allen Mulchvarianten ein Trend zur Eutrophierung.

### Differenzierung der Bodenparameter nach 10 Jahren

Nach 10 Versuchsjahren waren die Mittelwerte der Ansaatvarianten in Bezug auf kein einziges Bodenparameter statistisch signifikant differenziert. Dagegen wirkten die anderen Versuchsfaktoren „Anzahl der Schnitte“ und „Verbleib der Phytomasse“ auf fast alle Bodenparameter signifikant differenzierend. Je seltener die Schnittnutzung durchgeführt wurde und je weniger Nährstoffe von der Fläche entfernt wurden, umso reichlicher sind die Bodennährstoffe nachweislich erhalten geblieben. In Bezug auf die Nährstoffvorräte rangierte die freie Sukzession immer an erster Position. Diese Aussage bezieht sich nicht nur auf alle Bodenparameter, sondern auch auf das C/N-Verhältnis, das bei freier Sukzession am weitesten ist. Danach rangierten die Variante „Phytomasse gemulcht“ und die Variante „Phytomasse entfernt“ bzw. die Schnittnutzungen geringerer Häufigkeit und die Nutzungen höherer Häufigkeit. Die großflächig unter Praxisbedingungen praktizierte extensive Weidenutzung mit Mutterkühen rangierte bezüglich Phosphor und Kalium in der Größenordnung der 3-Schnittnutzung zwischen den gemulchten und ausgehagerten Varianten. Die Weidenutzung führte aber auch statistisch signifikant im Vergleich mit den anderen geprüften Sukzessions- und Schnittnutzungsvarianten zum günstigsten pH-Wert, zum höchsten Gesamt-Stickstoffgehalt und zum engsten C/N-Verhältnis des Bodens.

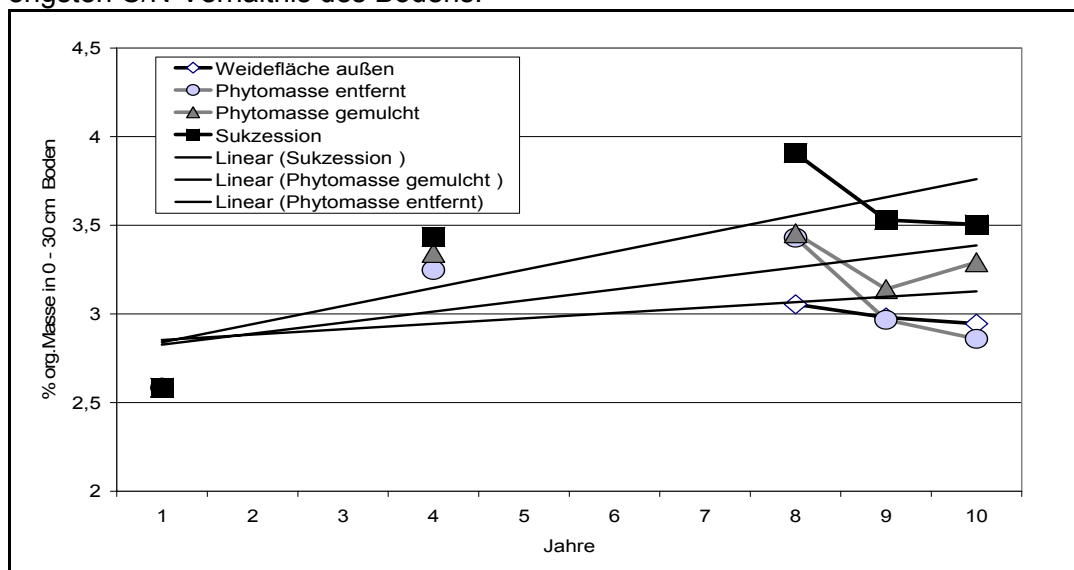


Abb. 3: Trends der organischen Masse im Boden

In jeder Versuchsvariante vollzogen sich nach Übergang zur naturschutzgerechten Dauergrünlandnutzung trotz Verzichts auf Düngung für den Gehalt an organischer Masse (Abb. 3), für den Gesamt-N-Gehalt, für den Gesamt-C-Gehalt und für das C/N-Verhältnis in den oberen Bodenschichten positive Trends. Jedoch ist der Anstieg in den Trendgleichungen in Abhängigkeit von den Versuchsvarianten differenziert.

# Charakteristik der von Salzwasser beeinflussten Weideflächen an der Ostseeküste Polens

H. Czyż<sup>1</sup>, M. Trzaskoś<sup>1</sup>, M. Bury<sup>2</sup>, T. Kitczak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Grünland, Agraruniversität Szczecin

<sup>2</sup> Fachlabor für Speziellen Pflanzenbau, Agraruniversität Szczecin

## Einleitung

Die Pflanzengesellschaften auf den Salzböden an der Ostseeküste können unter unseren Klimaverhältnissen nützliche, wertvolle und natürliche Weiden bilden (OLACZEK 1966, WILKOŃ-MICHALSKA 1968). Ihre Erträge (Produktivität, Leistung) sind abhängig von den Standortbedingungen und der Dauer der Vegetationsperiode. Wenn sie als Weide genutzt werden, bilden sie eine billige Futterquelle. Extensive Weidewirtschaft stellt zusätzlich eine gute aktive Schutzmaßnahme für salzliebende Arten dar und begünstigt die Ansiedlung von vielen Vogelarten und anderen Tieren (CZYŻ i in. 2002, BOCKHOLT i in. 2002, SĄGIN 1999).

Das Ziel der Untersuchungen war die Bestimmung der botanischen Artenzusammensetzung und die Einschätzung des Futterwertes einer Küstenweide mit anteiligen Halophyten, welche die Futtergrundlage für Rinder und Pferde bildete.

## Material und Methode

Auf der Weide, die sich auf der Insel „Karsiborska Kępa“ befindet, wurden Untersuchungsflächen ausgegrenzt (A,B,C,D), auf denen zweimal in der Vegetationssaison (im Frühjahr und im Sommer) eine Bestimmung des Aufwuchses unter pflanzlichem und futterqualitativem Gesichtspunkt durchgeführt wurde. Unter dem floristischen Aspekt berücksichtigte die Bewertung des Aufwuchses die Pflanzenarten und ihren prozentualen Anteil an der Ertragsmasse. Zur Einschätzung des Futterwertes bestimmte man den Mineralstoffgehalt und die Energiekonzentration in der Trockenmasse.

Beim Sammeln von Pflanzenproben zur botanischen und chemischen Analyse wurden aus den gleichen Flächen die Bodenproben zur Bestimmung von Salzgehalt in der Oberfläche (0-20 cm) und pH-Wert (in KCl) entnommen. Die Analyse der Futterqualität des Auswuchses wurde auf der Grundlage des Gehaltes an Makro- und Mikronährstoffen und des energetischen Wertes durchgeführt. Die Methoden zur Bestimmung der einzelnen Bestandteile sind in: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere (Frankfurt (Main) 1995) beschrieben.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Vegetation auf dem analysierten Gebiet war differenziert. Der Charakter der Pflanzengesellschaften hing einerseits von den Boden- und Feuchtigkeitsbedingungen und andererseits von der Nutzung ab. Über die hohe Abhängigkeit der Artenzusammensetzung der Pflanzengesellschaften von den Standortbedingungen berichten die Untersuchungen, die von vielen Autoren durchgeführt sind: NIEDŹWIECKI et al. 2002, CZYŻ et al. 2003, TRZASKOŚ et al. 1999, SĄGIN 1999.

Auf der Parzelle A, gelegen auf Alluvialboden (Marschboden), der von mineralischen Meeres- und Flusssedimenten gebildet ist, mit  $pH_{KCL}$  6,35-6,37, einem Salzgehalt von  $14,70 \text{ g.dm}^{-3}$  NaCl und einem Grundwasserstand von 50 cm, dominierten in der Vegetation die Gräser, die im 1. Schnitt 77,7% und im 2. Schnitt 83,3% des Bewuchses ausmachten. In beiden Schnittterminen herrschte *Poa pratensis* vor und es traten außerdem *Agrostis stolonifera*, *Festuca rubra*, *Holcus lanatus* und andere auf. Die salzliebenden Arten (Halophyten) betrug im ersten Aufwuchs 13,1% (Tab. 1) und sind durch *Juncus gerardi* (2,3%), *Triglochin maritimum* (8,5%) und *Lotus tenuifolius* (2,3%) vertreten. Im 2. Schnitt sank der Anteil an Halophyten fast um die Hälfte. Der Aufwuchs auf der Parzelle zusammen mit Halophyten war sehr gut durch Rinder und Pferde aufgenommen und nur die Blütenstände von *Triglochin maritimum* sind verschmährt wor-



den. Nach der Meinung von OLACZEK (1967) nehmen die Halophyten sowohl bei der Bildung der richtigen Struktur der Weidegesellschaften teil, als auch an deren Ernährungseigenschaften. Auf dem gleichen Boden, aber mit Grundwasserniveau von 30 cm (Parzelle B), stellte man das Auftreten von Pflanzengesellschaften mit kleinerem Anteil an Gräsern von 40,3 bis 51,0%, aber mit hohem Anteil an *Carex panicea* (22,6 - 23,2%) fest, die im 1. Termin zusammen mit *Anthoxanthum odoratum* und im 2. Termin gemeinsam mit *Festuca rubra* den niedrigen Weidebewuchs bildete. Die Vegetation zeichnete sich durch reichliche Anteile von Halophyten aus. Im 1. Probenahmetermin war ihr Anteil höher als im 2. Schnittermin. Im 1. Schnitt traten *Glaux maritima*, *Juncus gerardi*, *Triglochin maritimum* und *Lotus tenuifolius* auf und im 2. Schnitt stellten die Botaniker zusätzlich *Centaurium littorale* und *Plantago maritima* fest. Der Aufwuchs wurde durch Rinder gut und durch Pferde schlecht aufgenommen.

Auf dem Mudde-Morsch-Boden (Parzelle C), mit Mineralsediment – Unterlage, bei  $pH_{KCL}$  5,31 - 5,76, und Salzgehalten von 10,85 bis 13,30  $g \cdot dm^{-3} NaCl$ , bei einem Grundwasserstand von 40 cm, wo die Bedingungen für die Entwicklung von Halophyten günstig war, bildete sich eine Pflanzengesellschaft mit kleinerem Anteil an Gräsern (36,8%) und hohem Anteil an salzliebenden Pflanzen, deren Anteil 57,8% im 1. Termin und 19,8% im 2. Termin ausmachte. Von den Gräsern dominierten *Festuca rubra* und *Agrostis stolonifera*, und unter den Halophyten zeichneten sich *Juncus gerardii*, *Triglochin maritimum* aus (Tab.1). Auch *Plantago maritima* hatte einen hohen Anteil im Pflanzenbestand. Zahlreich waren auch Schmetterlingsblütler mit überwiegend *Trifolium repens* (12%) vertreten. Allgemein traten hier die Halophyten arten- und anteilmäßig zahlreich auf und es gab gleichzeitig viel nicht gefressenes Restfutter.

Unter ähnlichen Bodenbedingungen, aber auf dem feuchteren Standort (Grundwasserstand bei 20-30 cm), dort wo in der Vergangenheit der Versumpfungsprozess stärker stattfand (Parzelle D), war der Pflanzenbestand reich an Gräsern (77,3%), unter denen: *Holcus lanatus* und *Festuca rubra* vorherrschten. Es wurde auch *Agrostis gigantea* und *Poa pratensis* festgestellt (Tab.1). Zwar war der Anteil an Halophyten in der Pflanzenmasse mit 18,2% im ersten Aufwuchs und 11,8% im zweiten Aufwuchs nicht besonders groß, aber die salzliebenden Arten, besonders *Triglochin maritimum*, waren sehr gut ausgebildet. Die Artenstruktur der Pflanzendecke und die Anteile von Halophyten und *Holcus lanatus* hatten höchstwahrscheinlich einen negativen Einfluss auf die Futteraufnahme der Weidetiere (Pferde und Rinder). Die Pflanzengesellschaften auf dem untersuchten Gebiet waren durch die Tiere verschont.

Große Heterogenität der Standortbedingungen und damit verbundene pflanzliche Mannigfaltigkeit verursachten verschiedene Relationen zwischen Futtermenge und Nutzung der Pflanzendecke auf einzelnen Flächen des Grünlandes. Die Pflanzengesellschaften mit hohem Anteil an *Holcus lanatus* und Halophyten, darunter hauptsächlich von *Juncus gerardii*, waren durch Rinder und Pferde verschmätzt worden. Dies bestätigen die Untersuchungen von CZYŻ et al. (2002).

Der Gehalt an chemischen Bestandteilen und auch an Energiekonzentration hing von der Artenzusammensetzung der Pflanzengesellschaften, vom Entwicklungsstadium der Pflanzen und von den Standortbedingungen ab. Aus dem Vergleich des Gehalts an Makronährstoffen mit den Grenzwerten für gutes Futter geht hervor, dass der Pflanzenbestand mit Kalium, Magnesium und Natrium reichlich versorgt war, dagegen aber hohen Mangel an Phosphor aufwies. Der Gehalt an Kalzium war unterschiedlich und schwankte zwischen 4,8 und 8,0  $g \cdot kg^{-1}$  TM, wobei der höhere Gehalt im Sommeraufwuchs festgestellt wurde. In Bezug auf den Gehalt an Mikronährstoffen wies der untersuchte Pflanzenbewuchs eine gute Versorgung mit Mangan und Eisen und eine schlechte Versorgung mit Kupfer und Zink (Tab. 2) auf. Die Spannweite im Gehalt an Eisen und Mangan war ziemlich bedeutend und die Differenzen der Ergebnisse hingen mit dem Anteil an Halophyten und dem Entwicklungsstadium der Pflanzen zusammen.

Tabelle 1: Der Anteil an Pflanzengruppen und die Bestandsbildner im Pflanzenbewuchs auf der Weide (%)

Spezifikation	Untersuchungspartellen							
	A		B		C		D	
	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer
Monocotyledones	81,7	83,8	80,1	73,0	59,5	59,9	82,6	83,5
Dicotyledones	18,3	16,2	19,9	27,0	40,5	40,1	17,4	16,5
dabei Halophyten Bestandsbildner	13,1	7,0	25,4	18,9	57,6	21,5	18,2	11,8
<i>Agrostis stolonifera</i>		17,0			17,0			
<i>Anthoxanthum odoratum</i>			26,8					
<i>Carex panicea</i>			23,2	22,6				
<i>Festuca rubra</i>	17,0			23,3	18,0	40,0	19,4	60,0
<i>Glaux maritima</i>			11,1					
<i>Holcus lanatus</i>							15,8	11,2
<i>Juncus gerardi</i>					22,7			
<i>Plantago maritima</i>				7,4	14,2		8,1	
<i>Poa pratensis</i>	40,4	35,0					25,5	
<i>Trifolium repens</i>						12,0		
<i>Triglochin maritimum</i>	8,5				19,5	7,0		

Tabelle 2: Energiekonzentration und Gehalt an Makro- und Mikroelementen

Spezifikation	Untersuchungspartellen							
	A		B		C		D	
	Sammeltermine							
	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer	Frühjahr	Sommer
Energie (MJ·kg <sup>-1</sup> TM)								
ME	9,1	8,8	9,2	8,3	8,9	8,8	9,1	8,5
NEL	5,3	5,1	5,4	4,9	5,2	5,1	5,3	4,9
Makroelemente (g·kg <sup>-1</sup> TM)								
Phosphor	1,95	2,00	1,65	1,75	1,60	1,60	1,75	2,00
Kalium	23,5	16,6	18,7	17,3	21,0	13,0	37,6	29,3
Kalzium	6,6	7,15	6,35	7,4	6,5	8,0	4,8	7,6
Magnesium	2,7	2,1	2,5	2,9	2,6	2,9	2,6	2,5
Natrium	5,2	2,4	3,0	7,5	1,5	7,4	7,1	4,8
Mikroelemente (mg·kg <sup>-1</sup> TM)								
Mangan	34,0	57,2	149,3	188,3	91,6	122,7	120,4	155,6
Kupfer	2,5	1,9	4,1	2,8	3,3	2,4	3,7	2,6
Zink	14,0	16,7	25,6	19,7	19,8	18,2	22,7	19,0
Eisen	75,3	55,0	145,8	95,3	110,5	75,1	128,2	85,2
Lithium	5,3	5,4	9,5	9,0	7,3	9,2	8,2	12,0

Höhere Mengen an Mangan wurden im Sommer und an Eisen im Frühjahr festgestellt. Die Spannweite im Gehalt an Zink und Kupfer war nicht groß und schwankte zwischen 14,0 und 25,6 mg·kg<sup>-1</sup> TM (Zn) und von 1,9 bis 4,1 mg·kg<sup>-1</sup> TM (Cu). Auf den niedrigen Gehalt an Zink im Futter aus dem Grünland aus Westpommern weisen FALKOWSKI et al. (2000), CZYŻ und DZIDA (1996), CZYŻ et al. (1999) hin. Mangel an Kupfer im Futter aus Wiesen und Weiden kommt ziemlich häufig in Polen vor (FALKOWSKI et al. 2000). Das Auftreten von Halophyten, besonders der hohe Anteil im Aufwuchs der Parzelle C, veränderte die Energiekonzentration nicht (Tab. 2). Die beschriebene Pflanzendecke auf der Weide zeichnete sich durch NEL-Werte zwischen 4,9 und 5,4 MJ·kg<sup>-1</sup> TM aus,

sie waren also niedriger als der Bedarf der Weidetiere (BOCKHOLT et al. 2002 (b), KRZYWIECKI 1995) stellten fest, dass einige Halophyten den gleichen oder auch höheren Futterwert als Schmetterlingsblütler besitzen und gleichzeitig diese durch einen höheren Gehalt an Mikroelementen überragen. Es werden also die eigenen Ergebnisse über dem Wert der Pflanzengesellschaften mit Anteil an Halophyten im Hinblick auf den Gehalt an K, Mg, Na, Mn und Fe bestätigt.

### Schlussfolgerungen

Der untersuchte Pflanzenbewuchs auf der Insel Karsiborska Kępa wies einen hohen Gehalt an K, Na, Mg und Fe und niedrigen Gehalt an P, Cu und Zn auf. Dies war abhängig von den Standortbedingungen, dem Anteil an Halophyten und dem Entwicklungsstadium der Pflanzen.

Eine extensive Weidewirtschaft sollte erhalten bleiben, wodurch ein mittelwertiges Futter mit unterschiedlicher Pflanzenzusammensetzung bei gleichzeitigem aktivem Schutz der salzliebenden Arten bereitgestellt wird.

### Literatur

- BOCKHOLT R., SCHMITZ S., NOEL S. 2002(a). Development of vegetation on embanked salt grassland on the Baltic Sea coast after 10 years of extensive use. Proceedings of the 1<sup>st</sup> Conference, "Salt Grassland and Coastal meadows in the Baltic region", Band 18, pp. 167-172.
- BOCKHOLT R. 2002 (b). Yield and forage value of salt grassland near the Baltic Sea in Mecklenburg-Western - Pomerania (FRG). Proceedings of the 1<sup>st</sup> Conference, "Salt Grassland and Coastal meadows in the Baltic region", Band 18, pp. 84-92.
- CZYŻ H., DZIDA M. 1996: Zawartość mikroelementów w poszczególnych składnikach runi łąkowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 581-585.
- CZYŻ H., NIEDŹWIECKI E., TRZASKOŚ M., MICHAŁKIEWICZ J. 2002. Charakterystyka zbiorowisk roślinnych ukształtowanych w warunkach oddziaływania wód słonych. Rocz. Akad. Rol. w Poznaniu, CCCXLII, 23: 63-72.
- CZYŻ H., TRZASKOŚ M., BURY M. 1999. Grassland yield and biological value of sward feed. Fol. Univ. Agric. Stetin. 203 Agricultura (80): 83-89.
- Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Masttiere. W: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Frankfurt (Main), 1995.
- FALKOWSKI M., KUKUŁKA I., KOZŁOWSKI S. 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Wydaw. AR, Poznań: 5-132.
- NIEDŹWIECKI E., PROTASOWICKI M., CZYŻ H., MALINOWSKI R. 2002. Soil habitat of the area with halophilous vegetation within the Polish Baltic Sea Zone. Proc. of the 1<sup>st</sup> Conference „Salt Grasslands and Coastal Meadows in the Baltic Region”, Band 18, 31-36.
- OLACZEK 1967. Roślinność pastwiskowa na słonych glebach okolic Łęczycy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 74: 65-70.
- SĄGIN P. 1999. Cenne składniki szaty roślinnej Karsiborskiej Kępy (Wsteczna delta Świny) i problemy ich ochrony. Fol. Univ. Agric. Stetin. 197 Agricultura (75): 283-286.
- TRZASKOŚ M., CZYŻ H., JAKUBOWSKI P. 1999. Floristic composition of sward depending on soil water conditions. Fol. Univ. Agric. Stetin. 203 Agricultura (80): 59-66.
- WILKOŃ-MICHALSKA J. 1968. Tendencje rozwojowe i ochrona halofitów w Polsce. Acta Univ. Łódź, Folia. Sozol. 3: 123-129.

# Versuchsergebnisse zur Auswirkung zunehmender mechanischer Belastung im Intensivgrünland

M. Diepolder<sup>1</sup>, R. Schröpel<sup>2</sup>, R. Brandhuber<sup>1</sup>, J. Bauchhenß<sup>1</sup>, B. Jakob<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Institut für Agrarökologie

<sup>2</sup> Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

## Einleitung und Problemstellung

Grünland wird heute im Vergleich zur Vergangenheit häufiger genutzt und befahren. Zudem führen die gestiegenen Anforderungen an die Futterqualität und an die Arbeitswirtschaft zu immer größeren und damit schwereren Maschinen. Nicht selten müssen wegen der engen Zeitspanne für die Erzielung optimaler Futterqualitäten und wegen der Logistik im Betriebsablauf die Böden auch bei feuchten Bedingungen befahren werden. Damit werden die Grasnarbe und die Böden intensiver mechanisch belastet und beansprucht. Das Risiko ist gestiegen, dass es zu Narbenverletzungen und zu Bodenverdichtungen kommt.

In einem Exaktversuch auf einer nativen Weidelgraswiese im Allgäuer Alpenvorland wurden unterschiedliche Belastungsstufen des Bodens simuliert. Anhand einer ersten Auswertung von vier abgeschlossenen Versuchsjahren beschreibt und diskutiert der folgende Beitrag die Auswirkungen zunehmender Belastung auf die Entwicklung des Pflanzenbestandes, auf den Ertrag sowie auf einige bodenphysikalische Parameter und die Bodenfauna.

## Material und Methoden

Der Exaktversuch am Spitalhof/Kempton (730 m Höhe, 1.290 mm Niederschlag, 7,0°C Jahresdurchschnittstemperatur, Parabraunerde aus schluffigem Lehm mit ca. 10% organischer Substanz in 0-10 cm Tiefe) besteht aus einer zweifaktoriellen Spaltanlage mit vier Wiederholungen. Es liegen in der Haupteinheit „Belastung“ drei Stufen und in der Untereinheit „Kalkung“ zwei Stufen (mit/ohne) vor. Die unterschiedlichen Belastungsgrade auf die Grasnarbe wurden mit einem Schlepper und angehängtem Güllefass durch Befahren „Spur an Spur“ viermal im Jahr erzeugt. Zeitpunkt des Befahrens war das zeitige Frühjahr und nach jeder der mit Gülle gedüngten Nutzung, wobei die Verdichtung in den Versuchspartellen jeweils einige Tage nach den Güllegaben vorgenommen wurde. Als Kontrollvariante (1) dienten Partellen ohne Belastung. Eine Differenzierung der Bodenbelastung bei den beiden verdichteten Vergleichsvarianten (2 und 3) wurde durch Variation der Befüllung und damit des Gewichts des Versuchsgülleffasses, durch die Fahrgeschwindigkeit und durch den Reifendruck erzielt. Bei dem Versuchsglied 2 mit „mittlerer Verdichtung“ lagen Gewichte der Kombination Schlepper/Güllefass von ca. 7-10 t, Reifendrucke im Bereich von ca. 2,0-2,5 bar und Vorfahrtsgeschwindigkeiten von ca. 6-7 km/h vor. Bei Versuchsglied 3 mit „starker Verdichtung“ wurden diese Parameter auf etwa 12-17 t, 2,5-3,5 bar und 2,5-3,0 km/h geändert.

In Anlehnung an die landwirtschaftlichen Praxis im Allgäuer Alpenvorland wurden die Partellen viermal pro Jahr geerntet. Sie erhielten einheitlich eine Düngung in Form von je 25 m<sup>3</sup> Rindergülle (ca. 5 % TS) zum ersten, dritten und vierten Aufwuchs sowie 40 kg mineralischen Stickstoff als KAS zum zweiten Aufwuchs. Die gekalkten Partellen erhielten zu Versuchsbeginn (2001) 20 dt/ha CaCO<sub>3</sub> und im August 2004 nochmals 15 dt/ha CaCO<sub>3</sub>.

Von allen vier Wiederholungen wurden die Pflanzenbestände der sechs Kombinationen vor dem jeweils ersten Schnitt in den Jahren 2002, 2004 und 2005 nach KLAPP/STÄHLIN aufgenommen. Die mittleren Trockenmasse-Erträge wurden aus den Ernteergebnissen der Jahre 2001-2004 ermittelt.

Nach drei Jahren mit differenzierter Bodenbelastung wurden auf den nicht gekalkten Partellen in zwei Tiefen (5-10 und 15-20 cm) im Herbst 2003 jeweils 12 Stechringe zur

Untersuchung des Bodengefüges entnommen. Dieses wird im vorliegenden Beitrag durch die Trockenrohdichte (TRD), das Gesamtporenvolumen (GPV) und die Luftkapazität (LK) charakterisiert. Auf einer separaten fünften Wiederholung wurde in 2002 und 2004 die Regenwurm-Individuendichte pro Parzelle anhand von je 10 Stichproben mit je 0,25 m<sup>2</sup> nach Austreiben mit Formalinlösung (0,2%) ermittelt.

## Ergebnisse und Diskussion

### Effekte der Kalkung

Der Faktor „Kalkung“ führte in diesem Versuch bisher zu keiner signifikanten Veränderung des Ertrages, des Pflanzenbestandes und der Regenwurmpopulation. Daher werden im folgenden Beitrag nur die Stufen des Faktors „Bodenbelastung“ miteinander verglichen. Eine Begründung für den fehlenden Kalkeffekt ist insbesondere darin zu sehen, dass die pH-Werte bereits vor Versuchsbeginn im Bereich von 0-40 cm deutlich über 6,0 (CaCl<sub>2</sub>) lagen. Innerhalb des Hauptwurzelraumes (0-10 cm) zeigten sich bei den für die vorliegenden Standortbedingungen optimalen Versorgungswerte im Bereich von ca. 6,0-6,4 pH-Einheiten bisher keine eindeutigen Trends bezüglich einer Veränderung des pH-Wertes in Abhängigkeit von der Bodenverdichtung oder von „gekalkt/ungekalkt“. Vielmehr lagen die Schwankungen der pH-Werte im Bereich des üblichen Versuchsfehlers von 0,1-0,2 pH-Einheiten. Es wird aber in Zukunft weiteren Untersuchungen am gleichen Standort vorbehalten sein, ob und inwieweit sich bei einer möglichen Bodenversauerung Interaktionen zwischen pH-Wert, Bodenverdichtung, Kalkmaßnahmen und bodenphysikalischen Parametern abzeichnen.

### Auswirkungen der Bodenbelastung auf den Pflanzenbestand

Die floristische Vielfalt von 12-15 Pflanzenarten (siehe Tabelle 1) ist typisch für grasreiches Intensivgrünland mit hohem Weidelgrasanteil in diesem Naturraum. Der Rückgang der Artenzahl im Berichtszeitraum ist nicht auf den Bodendruck, sondern vermutlich auf die Einflüsse des „Trockenjahres“ 2003 zurückzuführen.

Tabelle 1: Entwicklung der Pflanzenbestände

Belastungsstufe	1 „Ohne“			2 „Mittel“			3 „Stark“		
Jahr	2002	2004	2005	2002	2004	2005	2002	2004	2005
<b>Artenzahl</b>	15	15	13	15	12	11	16	14	12
<b>Anteile der Arten in Prozent der Frischmasse im ersten Aufwuchs</b>									
- <i>Lolium perenne</i>	37	43	44	44	48	62	40	43	48
- <i>Poa trivialis</i>	40	7	22	37	4	16	35	4	23
Gräser insgesamt	86	65	81	89	58	82	89	55	77
Kräuter	7	9	11	5	6	9	5	7	14
- <i>Trifolium repens</i>	7	26	8	6	36	9	6	38	9

Pro Variante und Untersuchungsjahr Mittelwertbildung aus jeweils 8 Parzellen

Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen, dass die Jahrgangseffekte den Einfluss der Bodenbelastung bei weitem überdeckten. Dies deutet sich insbesondere anhand der Entwicklung der Gemeinen Risse (*Poa trivialis*) und des Weißklees (*Trifolium repens*) an. Bei diesem lässt sich jedoch im Vergleich der unbefahrenen (1) Variante mit den befahrenen Parzellen (2 und 3) eine Förderung durch die Bodenverdichtung im Bestand 2004 nach dem vorherigen niederschlagsarmen Jahr erkennen. Dies bestätigt die zeitliche Varianz des Weißklees und dessen positive Reaktion auf Verdichtungen. Deutlich erkennbar sind ebenfalls die großen Schwankungen beim Ertragsanteil der Gemeinen Risse, wobei hier die ungünstigeren Wasserverhältnisse in 2003 zum fast vollständigen Zusammenbruch im darauf folgenden Frühjahr beigetragen haben dürften. Eine positive Reaktion der Gemeinen Risse auf zunehmenden Bodendruck – wie häufig vermutet – konnte in diesem Versuch bislang nicht abgeleitet werden. Andererseits bestätigte sich, dass das Deutsche Weidelgras (*Lolium perenne*) durchaus positiv auf ein gewis-

ses Maß an Bodendruck reagiert – in keiner Variante nahm sein Anteil ab. Er blieb – im Gegensatz zur Gemeinen Rispe – auch über die Jahre hinweg bemerkenswert stabil.

#### *Auswirkungen zunehmender Bodenbelastung auf den TM-Ertrag*

Tabelle 2 gibt die Trockenmasse-Erträge in Abhängigkeit von der ausgeübten Bodenbelastung wieder. Es zeigen sich im vierjährigen Mittel Ertragsminderungen bei den beiden befahrenen Varianten von 10,5 dt/ha (2) bis 15,2 dt/ha (3) gegenüber der unbefahrenen Kontrollvariante (1), was einem Verlust in einer Größenordnung von 9% bzw. 13% entspricht. Die Unterschiede zwischen „mittlerer“ (2) und „starker“ Belastung lagen hingegen nur bei 4,7 dt/ha bzw. knapp 5%, konnten aber dennoch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von ca. 10% abgesichert werden. Insgesamt deutete sich somit ein negativer Trend zunehmender Bodenbelastung auf das Ertragspotenzial an.

Tabelle 2: Vergleich der TM-Erträge (Mittel 2001-2004)

Variante	TM-Ertrag (dt/ha)	Differenz zu anderen Varianten und Test auf Signifikanz			
		2	Pr>t	3	Pr>t
1 „ohne Belastung“	113,6	10,5	0,0047	15,2	0,0007
2 „mittlere Belastung“	103,1	-		4,7	0,0960
3 „starke Belastung“	98,4	4,7	0,0960	-	

Die Höhe der Ertragsunterschiede ist erstaunlich, da beim Pflanzenbestand, den untersuchten bodenphysikalischen Kennwerten und der Bodenzologie nur geringfügige bzw. keine signifikanten Einflüsse festgestellt wurden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass noch weitere Faktoren für die deutlichen Ertragsabfälle bei den befahrenen Varianten (2 und 3) in Betracht kommen können: Denkbar ist eine Schwächung des Wiederaustriebs durch das Befahren nach der Nutzung, da durch die Verdichtung die Grasstoppel bzw. die Triebe flächig umgeknickt wurden. Möglich sind auch hohe Ammoniak-Verluste, da die Gülle auf dem verdichteten Parzellen nur langsam einsickern konnte. Hier bestehen Ansatzpunkte für weiteren Forschungsbedarf in den kommenden Jahren.

Die in Tabelle 3 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Varianz des Ertrages am stärksten durch den Jahrgangseffekt beeinflusst wurde, eine wichtiges Indiz dafür, gerade bei Grünlandversuchen möglichst lange Versuchszeiträume anzustreben. Jedoch ging ebenfalls ein hoch signifikanter Einfluss von der ausgeübten Bodenbelastung aus, während weder der Faktor „Kalkung“ noch dessen Wechselwirkung mit der Bodenbelastung Auswirkungen auf den Ertrag hatten.

Tabelle 3: Ergebnisse des F-Testes beim TM-Ertrag

Varianzursache	FG	F-Wert	Pr>F	sign.
Jahr	3	71,73	0,0001	***
Belastung	2	21,17	0,0019	***
Kalkung	1	0,44	0,5530	n.s.
Belastung x Kalkung	2	1,16	0,3760	n.s.

#### *Auswirkungen auf die Bodenstruktur*

Die in Tabelle 4 dargestellten Ergebnisse lassen insgesamt im Trend auf eine Gefügeverformung bei zunehmender Bodenbelastung in den beiden Tiefen, vor allem jedoch im Bereich von 5-10 cm schließen.

Tabelle 4: Vergleich der Trockenrohdichte, des Porenvolumens und der Luftkapazität nach drei Jahren differenzierter Bodenbelastung

Variante	Tiefe (cm)	TRD (g/cm <sup>3</sup> )	PV (Vol %)	LK (Vol %)
1 „ohne Belastung“	5-10	1,09	56	19
	15-20	1,27	50	14
2 „mittlere Belastung“	5-10	1,14	54	13
	15-20	1,29	49	12
3 „starke Belastung“	5-10	1,17	52	13
	15-20	1,32	48	11

Ein wichtiger Parameter zur Erkennung eines verdichteten Bodens ist die Luftkapazität, welche den Anteil der Poren mit einem Äquivalenzdurchmesser von größer als 50 Mikrometer wiedergibt. Das sind die Poren, welche wesentlich für den schnellen Wasser- und Gastransport im Boden verantwortlich sind. Insbesondere die Unterschiede zwischen „unbefahren“ (1) und „befahren“ (2 und 3) sind ausgeprägt und können vor allem für die obere Tiefe mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% absichert werden. Die beiden befahrenen Varianten unterscheiden sich in diesem Parameter allerdings nicht signifikant in ihrer Höhe. Ob die Bodenaggregate selbst durch die mechanische Belastung verdichtet wurden, konnte bisher nicht untersucht werden. Dies erscheint aber für künftige Untersuchungen ein wichtiger zusätzlicher Parameter, da eine zunehmende Dichtlagerung des Bodens mit der so genannten „Spatenprobe“ in den Parzellen gut erkennbar war.

#### *Individuendichte der Regenwürmer*

Die Auswirkungen der Bodenverdichtung sind in Tabelle 5 dargestellt. Zu Versuchsbeginn wurden im Durchschnitt 114 Regenwürmer pro Quadratmeter in den Versuchspartellen gezählt. Zwei Jahre später hatte sich deren Zahl auf allen Varianten unabhängig vom Verdichtungsgrad, mehr als verdoppelt.

Tabelle 5: Individuendichte der Regenwürmer pro Quadratmeter  
[Mediane, untere (US) und obere Schranken (OS); p=0,05]

Belastung	1: „ohne“		2: „mittel“		3: „stark“	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Kalkung						
Mediane (2002)	88	102	128	132	116	116
US – OS	24-116	24-136	92-152	92-188	60-176	28-168
Mediane (2004)	236	296	262	286	258	268
US – OS	196-252	268-352	200-292	236-304	208-276	208-288

Signifikante Unterschiede (0,05) bestehen zwischen den Jahren 2002 und 2004 sowie in 2002 zwischen „ohne Belastung“ und „mittlerer“ sowie „starker Belastung“. Ein gerichteter Einfluss der Faktoren „Bodenbelastung“ oder „Kalkung“ war bisher nicht nachweisbar. Regenwürmer können offenbar mit ihren Röhren aktiv Bodenverdichtungen durchstoßen.

#### **Fazit**

Die möglichen Auswirkungen des Bodendrucks auf das Grünland sind sehr differenziert zu betrachten. Insbesondere die bisher festgestellten negativen Effekte auf die Bodenstruktur und die Erträge bedürfen noch weiterer detaillierter Untersuchungen. Allerdings belegen die Ergebnisse, dass ein gewisser Bodendruck auch positive Auswirkungen auf den Pflanzenbestand haben kann.

# Umsetzung der FFH-Richtlinie mit der Landwirtschaft - Erfahrungen aus der Managementplanung in Sachsen

C. Franke, G. Riehl  
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

## Einführung

Der Freistaat Sachsen kommt den Verpflichtungen, die sich aus der FFH-Richtlinie (ANONYMUS, 1992) ergeben, seit 2003 durch die Erstellung von Managementplänen nach. Die frühzeitige Einbindung landwirtschaftlicher Nutzungsinteressen ist hierbei ein neuer Aspekt für die Naturschutzplanung.

Die sächsischen FFH-Gebiete haben einen Anteil von ca. 9 % (rund 170.000 ha) an der Landesfläche (Anonymus 2002). Davon sind etwa 13 % Grünland (rund 22.000 ha, ohne Magerrasen und Feuchtgrünland, eigene Auswertung auf Basis von Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie 2000). Das sind rund 1 % der Landesfläche beziehungsweise 12 % des gesamten Grünlands in Sachsen.

Im Freistaat Sachsen sind vor allem die FFH-Lebensraumtypen (LRT) Magere Flachland-Mähwiesen (LRT 6510, pflanzensoziologisch dem Arrhenatherion zuzuordnen) und Bergmähwiesen (LRT 6520, pflanzensoziologisch dem Geranio-Trisetion zuzuordnen) für die Grünlandnutzung von Bedeutung. FFH-Arten, deren Erhaltung wesentliche Auswirkungen auf die Grünlandbewirtschaftung hat, sind vor allem die Tagfalter Schwarzblauer Bläuling (*Maculinea nausithous*) und Großer Moorbläuling (*Maculinea teleius*).

Derzeit sind über 100 Managementpläne in Bearbeitung oder bereits abgeschlossen. Die naturschutzfachlich notwendigen Maßnahmen zur Erhaltung und Entwicklung von FFH-Lebensraumtypen und -Arten sollen möglichst für die betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe umsetzbar sein.

## Vorgehen

Landwirtschaftliche Aspekte werden in der FFH-Management-Planung mehrfach berücksichtigt (Abb. 1). Die Erstellung von FFH-Managementplänen wird an Planungsbüros vergeben. Diese müssen nachweisen, dass sie über Mitarbeiter mit landwirtschaftlichem Sachverstand verfügen. Kriterien hierfür sind beispielsweise nachgewiesene Arbeitserfahrung in der Landwirtschaft oder die Erstellung landwirtschaftlicher Gutachten.

Nach der Erfassung der relevanten Bereiche, in denen FFH-Lebensraumtypen und -Arten vorkommen, werden Maßnahmen zu deren Erhaltung und Entwicklung vorgeschlagen. Diese sind danach auszurichten, dass sie für ortsansässige landwirtschaftliche Betriebe praktikabel sind. Von den Staatlichen Ämtern für Landwirtschaft und der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) wird die Maßnahmenplanung fachlich begleitet, gegebenenfalls werden fachliche Hinweise zur Überarbeitung der Maßnahmenvorschläge aus landwirtschaftlicher Sicht gegeben.

Der wichtigste Punkt ist die Abstimmung der vorgeschlagenen Maßnahmen mit den landwirtschaftlichen Nutzern. Hierzu werden anhand der mit Maßnahmen belegten Flurstücke die betroffenen Betriebe ausfindig gemacht und zu einer Informationsveranstaltung eingeladen, auf der die vorgeschlagenen Maßnahmen vorgestellt und diskutiert werden. Im Anschluss können in Einzelgesprächen die derzeitige Bewirtschaftung der betroffenen Flächen und die Bereitschaft der Betriebe zur Umsetzung der Maßnahmen erörtert werden. Diese und mögliche Kompromissvarianten werden ebenso in den Managementplänen festgehalten wie unlösbare Konflikte.



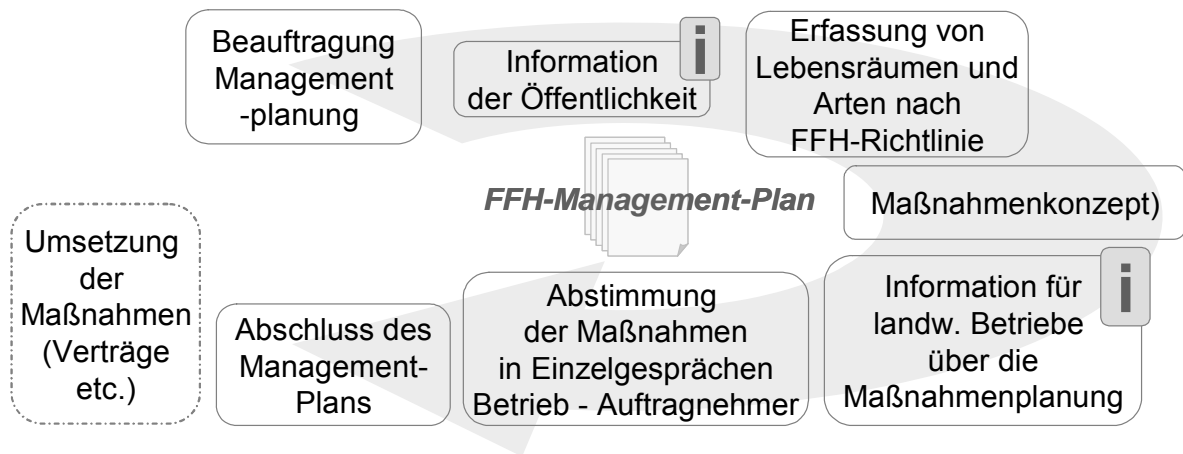


Abb. 1: Ablaufschema für die Erstellung eines FFH-Managementplans in Sachsen.

Um kalkulieren zu können, welche Kosten dem Freistaat durch FFH entstehen, werden die vorgeschlagenen Maßnahmen mit der aktuellen Förderkulisse und den bereits auf den betreffenden Flächen geförderten Maßnahmen hinterlegt.

Um durch die Angabe von Referenzwerten die Maßnahmenplanung so weit wie möglich zu vereinfachen, wurden zusammen mit dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie (Obere Naturschutzbehörde) Bewirtschaftungsgrundsätze für Flachland- und Bergmähwiesen (LRT 6510 und 6520) erstellt. Diese sind weniger an der Sicherung eines bestimmten Ertragsniveaus orientiert als vielmehr daran, eine floristische Artenzusammensetzung aufrecht zu erhalten, die sowohl die Kriterien für einen günstigen Erhaltungszustand entsprechend der FFH-Richtlinie erfüllt als auch eine landwirtschaftliche Nutzung noch ermöglicht. Einen Ausgangspunkt für die Bewirtschaftungsgrundsätze bildete die Auswertung von Versuchsdaten der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft und von Angaben aus Veröffentlichungen mit naturschutzfachlicher oder landwirtschaftlicher Zielstellung (Abb. 2). Trockenmasseerträgen wurden Empfehlungen zur Düngung oder Entzugswerte für die Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) gegenübergestellt. Die Streuung der Werte zeigt die relativ große Bandbreite, in der sich die Mähwiesen-LRT standörtlich und produktionstechnisch bewegen. Dies gilt sowohl für die Angaben aus landwirtschaftlichen Veröffentlichungen als auch für die Angaben aus naturschutzfachlichen Veröffentlichungen. Bei N-Entzugswerten wurden je nach Ertragsniveau 35 beziehungsweise 43 kg pro ha und Jahr als Nachlieferung aus dem Boden abgezogen. Ausgehend von Mittelwert und Standardabweichung im Bezug auf den jeweiligen Nährstoff und LRT wurden dann die Empfehlungen zur Nährstoffrücklieferung festgelegt. Darüber hinaus wurden keine weiteren Flussgrößen des Stickstoffhaushalts (Deposition aus der Luft, Lachgasemission etc.) berücksichtigt, da angenommen wurde, dass mögliche Einträge in der gleichen Größenordnung anzusetzen sind wie mögliche Austräge.

Die Empfehlungen für die maximale Düngung mit Stickstoff (60 - 75 kg N / ha für LRT 6510; 40 - 60 kg N / ha für LRT 6520) wurden nach dem naturschutzfachlichen Zielzustand differenziert, das heißt nach den Ausbildungen fett (jährliche Düngung), mittel (Düngung alle 2 bis 3 Jahre) und mager (keine Düngung). In gleicher Weise wurden weitere Empfehlungen, zum Beispiel zur Grunddüngung und Kalkung und Beschränkung der Beweidung von Grünland-Lebensraumtypen abgeleitet. Für die Bewirtschaftung von Bläulingshabitaten sollen ebenfalls Grundsätze aufgestellt werden.

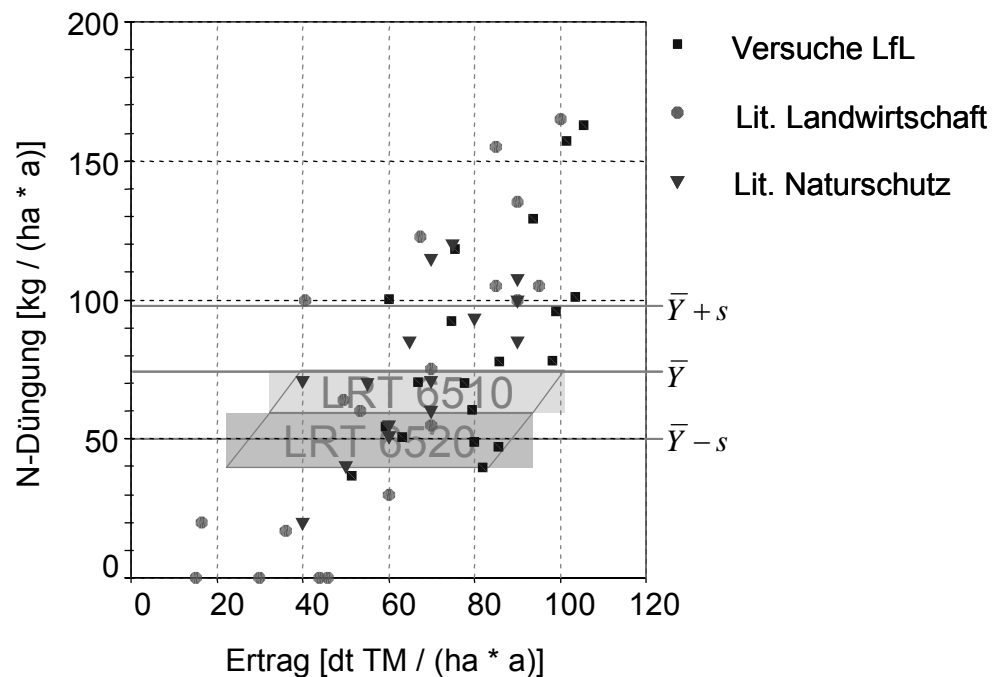


Abb. 2: Ableitung Stickstoff-Düngungsempfehlungen für FFH-Grünland-Lebensraumtypen (LRT grau hinterlegt; 6510: Magere Flachland-Mähwiesen, 6520: Berg-Mähwiesen,  $\bar{Y}$ : Mittelwert,  $s$ : Standardabweichung, Lit.: Literaturdaten).

### Erfahrungen

Aus der Praxis in der Erstellung von über 100 FFH-Managementplänen in Sachsen ist bisher im Bezug auf die Betroffenheit von Betrieben und deren Grünlandbewirtschaftung keine Muster zu erkennen gewesen. Die Anzahl der Betriebe, die im jeweiligen Gebiet wirtschaften, reichte von 0 bis 80 (derzeit vorliegende Schätzungen der Staatlichen Ämter für Landwirtschaft). Der Anteil, auf dem FFH-Erhaltungsmaßnahmen geplant wurden, an der Grünlandfläche eines Betriebes reichte von 0,5 bis über 15%. Dies war zum Beispiel ein Gemischt-/Futterbaubetrieb mit Milchviehhaltung, bei dem das Grünland lediglich etwa ein Viertel der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmacht, aber auch ein ökologisch wirtschaftender reiner Grünlandbetrieb mit Mutterkuhhaltung. Die Nutzungsweisen reichen von einschüriger Heunutzung bis zu dreischüriger Silagenutzung oder Beweidung.

Die Beteiligung der Landwirte an der Managementplanung kann zum derzeitigen Stand positiv bewertet werden. Das Verhältnis von Eingeladenen zu Teilnehmern auf landwirtschaftliche Informationsveranstaltungen zu MaP für einzelne Gebiete kann zwar sehr unterschiedlich ausfallen, dies kann jedoch den unterschiedlichen Grad der flächenmäßigen Betroffenheit der einzelnen Betriebe widerspiegeln. In der Mehrzahl der Fälle konnten mit den landwirtschaftlichen Nutzern Maßnahmen abgestimmt werden, die sowohl aus Sicht der Nutzer wie aus Sicht der FFH-Zielstellung sinnvoll sind. In den meisten Fällen wurde dort bereits seit Jahren mit niedriger oder mittlerer Intensität gewirtschaftet. Dies ist sicher auch dadurch bedingt, dass insgesamt 60 % des sächsischen Grünlandes im Rahmen des Agrarumweltprogramms „Umweltgerechte Landwirtschaft“ (ANONYMUS, 2000) bewirtschaftet werden; 11 % des sächsischen Grünlandes werden sogar mit besonderen naturschutzfachlichen Auflagen bewirtschaftet (eigene Auswertung auf Basis von SMUL 2005).

Ausgewählte Beispiele zeigen jedoch dort ein Konfliktpotenzial, wo eine Nutzungsänderung in jüngster Zeit erfolgt ist, beziehungsweise in naher Zukunft geplant ist. Vor allem in Mittelgebirgslagen bevorzugen Betriebe oft Weidenutzung gegenüber Mahdnutzung auf naturschutzfachlich wertvollen Flächen. Unter reiner Beweidung können jedoch die LRT 6510 und 6520 bis auf wenige Ausnahmen (zum Beispiel steile, magere Hangstandorte) nicht erhalten werden.

Der für eine Naturschutzplanung neue, integrative Ansatz stellt zwar sowohl für die Behördenvertreter aus Naturschutz und Landwirtschaft als auch für Planungsbüros und Betriebe eine Herausforderung an die interdisziplinäre Kommunikation dar. Auf Basis der positiven bisherigen Erfahrungen im Freistaat Sachsen scheinen Managementpläne jedoch ein geeignetes Mittel zur Umsetzung der FFH-Richtlinie zu sein.

### **Ausblick**

Die weitere Umsetzung der FFH-Richtlinie durch konkrete Maßnahmen, für welche ein Managementplan die Grundlage darstellt, ist eng mit der künftigen Gestaltung der Agrarumweltprogramme, die voraussichtlich 2007 angeboten werden, verknüpft. Zwei Forschungsprojekte der LfL versuchen in diesem Zusammenhang offene Fragen zu beantworten, die bei der Erstellung der Managementpläne aufgeworfen wurden. Zum einen soll ein agrarökonomisch orientiertes Projekt dazu dienen, mögliche Ertragseinbußen, die durch spezifische FFH-Maßnahmen im Grünland entstehen, besser monetär bewerten zu können und daraus Leitlinien für deren Ausgleich zu entwickeln (Projekt „Ökonomische Bewertung von FFH-Maßnahmen zur Ermittlung wirtschaftlicher Nachteile landwirtschaftlicher Unternehmen Sachsens“). Zum anderen wird untersucht, in wie fern sich Schleppen und Walzen auf die Bodenstruktur im Grünland auswirken (Projekt „Gute fachliche Praxis für Grünland: Bodengefüge- und Narbenschutz“), was im Zusammenhang mit den Lebensraumsansprüchen der Wirtsameisen für die FFH-Arten der Gattung *Maculinea* steht.

### **Literatur**

- ANONYMUS, 1992: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 206, 7-45.
- ANONYMUS, 2000: Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft zur Förderung einer umweltgerechten Landwirtschaft im Freistaat Sachsen (UL) vom 8. November 2000 (RL-Nr.: 73/2000). SächsABl. Sonderdruck Nr. 7/2000, 261-287.
- ANONYMUS, 2002: Natura 2000, Europäische Schutzgebiete in Sachsen, Umsetzung der FFH-Richtlinie und der Vogelschutzrichtlinie in Sachsen - 3. veränderte Nachauflage. SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.), o.A.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (Hrsg.), 2000: Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Elektron. Datenträger (CD-ROM) Sächsisches Druck- und Verlagshaus, Dresden.
- SMUL (SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, Hrsg.) 2005: Sächsischer Agrarbericht 2004. Dresden, 98 S.

Eine Liste der Quellen für die in Abbildung 2 dargestellten Werte kann von den Autoren auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

Kontakt: [christian.franke@fb64.lfl.smul.sachsen.de](mailto:christian.franke@fb64.lfl.smul.sachsen.de)

# KULAP 2000 – Arten- und Biotopschutz

H. Hochberg

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena

## Einleitung

Thüringen bietet seit 1993 Agrarumweltmaßnahmen in Form des Programms zur Förderung umweltgerechter Landwirtschaft, Erhaltung der Kulturlandschaft, Naturschutz und Landschaftspflege in Thüringen (KULAP) an. Für die Quantifizierung der Wirkungen der auf das Grünland ausgerichteten Maßnahmen sind auf der Grundlage eines Landesmonitoringnetzes inzwischen zwei Evaluierungen (ANONYM, 1999 und HOCHBERG et al, 2003) durchgeführt worden. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse zur Entwicklung der Grünlandpflanzengesellschaften sowie des Erhaltungszustandes des Extensivgrünlandes mitgeteilt.

## Methode

Das Landesmonitoringnetz Grünland umfasst 1.039 Feldstücke mit einer Gesamtfläche von 5.704 ha. Das Netz erstreckt sich über 310 Betriebe, welche 77.675 ha Grünland bewirtschaften und damit 45% des Thüringer Grünlandes repräsentieren. Auf jeder Fläche erfolgte 1997/98 und 2000/01 eine Vegetationsaufnahme (komplette Artenliste) und Ertragsanteilschätzung nach KLAPP-STÄHLIN.

Auf der Grundlage der Vegetationsaufnahmen sind im Ergebnis entsprechender pflanzensoziologischer Tabellenarbeit die Vegetationseinheiten bzw. Grünlandgesellschaften ermittelt worden. Dabei erfolgte die Sortierung zunächst nach maximaler floristischer Ähnlichkeit. Die Ausscheidung der einzelnen Pflanzengesellschaften wurde nach dem Kenn-/ Trennartenprinzip vorgenommen.

Als gebietsspezifische Indikatoren für den Erhaltungszustand der Grünlandvegetation dienten die Pflanzenbestandszusammensetzung, Habitatstruktur und Beeinträchtigung.

## Ergebnisse

### *1 Entwicklung und Vielfalt der Grünland-Pflanzengesellschaften*

Im Zuge der langjährigen Extensivierung des Grünlandes hat sich eine weitere, deutliche Differenzierung der Vegetationstypen vollzogen. Das Auftreten zusätzlicher Charakterarten im zweiten Aufnahmedurchgang sowie teilweise gravierende Bestandumschichtungen führten dazu, dass 8 neue Vegetationstypen hinzugekommen sind (1997/98 waren es 48 Grünlandgesellschaften/Vegetationstypen). Im Ergebnis von großräumigen Gebietsanalysen im Thüringer Wald und in der Rhön konnten weitere vier Grünlandgesellschaften nachgewiesen werden (FINKE und HOCHBERG, 2003).

Die Entwicklung des Flächenanteiles der einzelnen Gesellschaftsgruppen geht aus Abbildung 1 hervor.

Es zeigt sich, dass sich im Zuge der weiteren Extensivierung ein deutlicher Rückgang des Anteiles an artenarmen Fuchsschwanzwiesen und Ansaatgrünlandtypen vollzogen hat, während die Mähweiden mit Regenerationspotential sich sehr stark ausgebreitet haben.

Für alle anderen Gesellschaftsgruppen ergeben sich meist nur tendenzielle Änderungen. Das hohe Niveau des Flächenanteiles standortangepasster Grünlandgesellschaften, welches bereits Ende der 90er Jahre infolge der Extensivierung erreicht war, konnte noch deutlich verbessert werden (ANONYM, 1999).

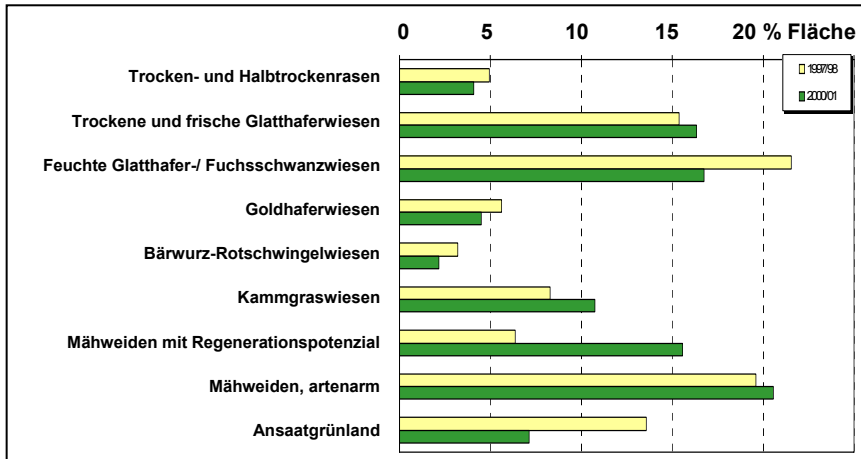


Abb. 1: Veränderung im Flächenanteil der Pflanzengesellschaften des Extensivgrünlandes in Thüringen

## 2 Entwicklung des Erhaltungszustandes

Der Erhaltungszustand des Grünlandes ist in Abhängigkeit von der Wirtschaftsweise sehr unterschiedlich zu beurteilen (Abbildung 2 und 3).

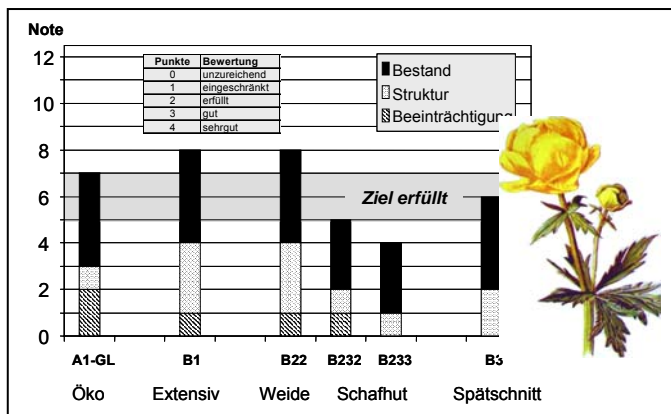


Abb. 2: Erhaltungszustand des Extensivgrünlandes (Nettowirkung 1997 zu 2001)

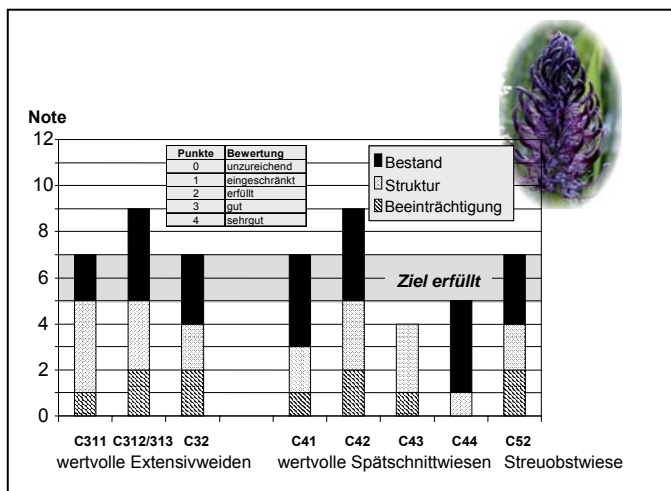


Abb. 3: Erhaltungszustand des Naturschutzgrünlandes (Nettowirkung 1997 zu 2001)

Die Lenkungsabsicht ist mehrheitlich erfüllt worden. Für die Grünlandextensivierung nach KULAP B1 bzw. B22 sowie für die Schafhut (C312/313) und die Spätschnitt-Bergwiesen ergibt sich jeweils eine gute Zielerfüllung. Eine Verschlechterung des Zustandes ist allerdings auf den Weiden außerhalb der LF sowie auf den Spätschnitt-Feuchtwiesen eingetreten, so dass diesen Maßnahmen eine eingeschränkte Erfüllung der Zielvorgabe zu bescheinigen ist.

Die Zusammensetzung der Pflanzenbestände hat aus naturschutzfachlicher Sicht mehrheitlich eine deutliche Verbesserung erfahren. Eine Ausnahme bilden nur die Spätschnitt-Feuchtwiesen, die sich in bedenklichem Ausmaß verschlechtert haben. Die sehr gute Ausstattung der Extensivweiden auf Trockenstandorten (C311) ist im Wesentlichen erhalten geblieben.

Die Habitatstruktur hat sich auf dem Extensivgrünland (B1, B22) bemerkenswert verbessert, auf den Extensivwiesen (B3) ist eine zunehmende Tendenz zu verzeichnen, während sie sich auf den ökologisch bewirtschafteten Wiesen und Weiden sowie auf den von Schafen genutzten Grünlandflächen verschlechtert hat. Die Extensivweiden (C3) weisen durchweg eine weitere Verbesserung des Bestandesaufbaues auf, insbesondere die Trockenstandorte und Schafhütungen (C31). Auch die Spätschnittwiesen weisen mehrheitlich eine beachtliche Verbesserung ihrer Habitatstruktur auf. Eine gegenläufige Tendenz wird auf den Wiesenbrüterflächen deutlich.

Die Beeinträchtigung, d.h. die Ausbreitung von Unkräutern und -gräsern sowie das Auftreten von Störungszeigern, hat überwiegend zugenommen und auf den nur zur Beweidung überlassenen Flächen (B233), den extensiv bewirtschafteten Wiesen (B3) sowie den Spätschnittwiesen in Wiesenbrütergebieten ein bedenkliches Ausmaß erreicht. Eine Verbesserung der Situation deutet sich auf dem ökologisch bewirtschafteten Grünland, den Schafhütungen (C312/313), den Bergweiden und Bergwiesen (C32, C42) sowie den Streuobstwiesen (C52) an. Die zunehmende Beeinträchtigung des Grünlandes steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Unterschreitung der Mindestnutzungsintensität und/oder fortschreitenden Nährstoffverarmung der Böden auf einem großen Flächenanteil des geförderten Grünlandes.

### **Fazit**

Trotz hohen Ausgangsniveaus ist bei der Mehrzahl der Maßnahmen eine deutliche Verbesserung eingetreten. Damit hat KULAP sich zum entscheidenden Lenkungsinstrument des Naturschutzes und der Landschaftspflege in Thüringen entwickelt.

### **Literatur**

- ANONYM (1999): Erhaltung der Kulturlandschaft, umweltgerechte Landwirtschaft, Naturschutz und Landschaftspflege - Evaluierung des KULAP in Thüringen. Hrsg.: Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Erfurt. 242 S.
- FINKE, C. UND H. HOCHBERG (2003): Extensivgrünland im Thüringer Schiefergebirge - Vegetation und Bodennährstoffversorgung. Schriftenreihe des Deutschen Grünlandverbandes e.V. Berlin. (3). 37 S.
- HOCHBERG, H., C. FINKE, M. SCHWABE, D. ZOPF UND I. MATTHES (2003): Halbzeitbewertung des Entwicklungsplanes für den ländlichen Raum Thüringen 2000-2006. Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Erfurt. 463 S.

# Der Zusammenhang zwischen floristischer Bodenfeuchteindikation von Grünlandstandorten und mittleren monatlichen Grundwasserflurabständen

T. Kaiser, L. Müller  
ZALF Müncheberg

## Einleitung

Die Bodenwasserverhältnisse beeinflussen die Vegetationsdifferenzierung und das Ertragspotenzial auf dem Dauergrünland entscheidend. Wegen der hohen zeitlichen Variabilität und der zeitaufwendigen Messungen von Kenngrößen des Bodenwasserhaushaltes ist es in der Grünlandkunde allgemein üblich, den Wasserfaktor nach der floristischen Indikationsmethode zu bestimmen (z.B. Feuchtezahl nach ELLENBERG et al. 1991, Wasserstufen nach HUNDT 1964, Bodenkundliche Kartieranleitung-BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN 1994). Die Frage hierbei ist: Welche der mittleren monatlichen Grundwasserflurabstände von Frühjahr bis zum Spätsommer stimmen am besten mit den floristischen Feuchteindikatorwerten überein, oder anders ausgedrückt: Welche mittleren Monatsgrundwasserstände von Frühjahr bis Spätsommer wirken am stärksten vegetationsdifferenzierend? Zur Beantwortung dieser Frage werden Vegetations- und Messdaten von 130 Aufnahmeflächen in Gebieten des Havelländischen Luchs bei Paulinenaue, der Unteren Havelniederung und des Oberen Rhinluchs im Bundesland Brandenburg analysiert. Die Wechselfeuchtigkeit wird bei dieser einfachen Analyse nicht berücksichtigt.

## Material und Methoden

- Vegetationsaufnahmen von 130 extensiv genutzten Aufnahmeflächen (16 bis 120 m<sup>2</sup> Flächengröße) auf flach- bis mittelgründigen Niedermoorstandorten des Havelländischen Luchs bei Paulinenaue und des Oberen Rhinluchs sowie auf Auestandorten in der Unteren Havelniederung in den Jahren 1998 bis 2003 (Aufnahmezeitpunkt vor dem 1. Schnitt – Ende Mai bis Anfang Juli, bei Nässtandorten Anfang August)
- Messungen der Grundwasserstände in 1- bis 2-wöchigen Intervallen (überwiegend mehrjährige Messergebnisse) – Ermittlung der durchschnittlichen Monatsgrundwasserstände
- Berechnung der ungewichteten mittleren Feuchtezahlen nach ELLENBERG et al. (1991) anhand der Vegetationsaufnahmen
- Zuordnung der Feuchtezahlen zu Wasserstufen nach PETERSEN, 1952 (nach KAISER UND KÄDING, im Druck)
- Regressions- und diskriminanzanalytische Auswertung mittels SPSS 12.0

## Ergebnisse

*Zusammenhang zwischen mittleren monatlichen Grundwasserständen und mittleren floristischen Feuchtezeigerwerten nach Ellenberg*

- Mittlere Feuchtezahlen nach Ellenberg sind quasi-intervallskaliert, daher für diesen Vergleich besser geeignet als Wasserstufen
- Die Anpassungskurven in Abbildung 1 belegen, dass innerhalb des Zeitraumes von April bis August die Messergebnisse in den April- und Maimonaten am besten mit dem floristisch indizierten Bodenwasserregime übereinstimmen (positive Grundwasserstände = Überstau). Je weiter die Zeit in Richtung Sommer voranschreitet, um so mehr nimmt der lineare Zusammenhang ab, der Wertebereich rückt näher zusammen, die Abweichung von der Schätzkurve nimmt zu.

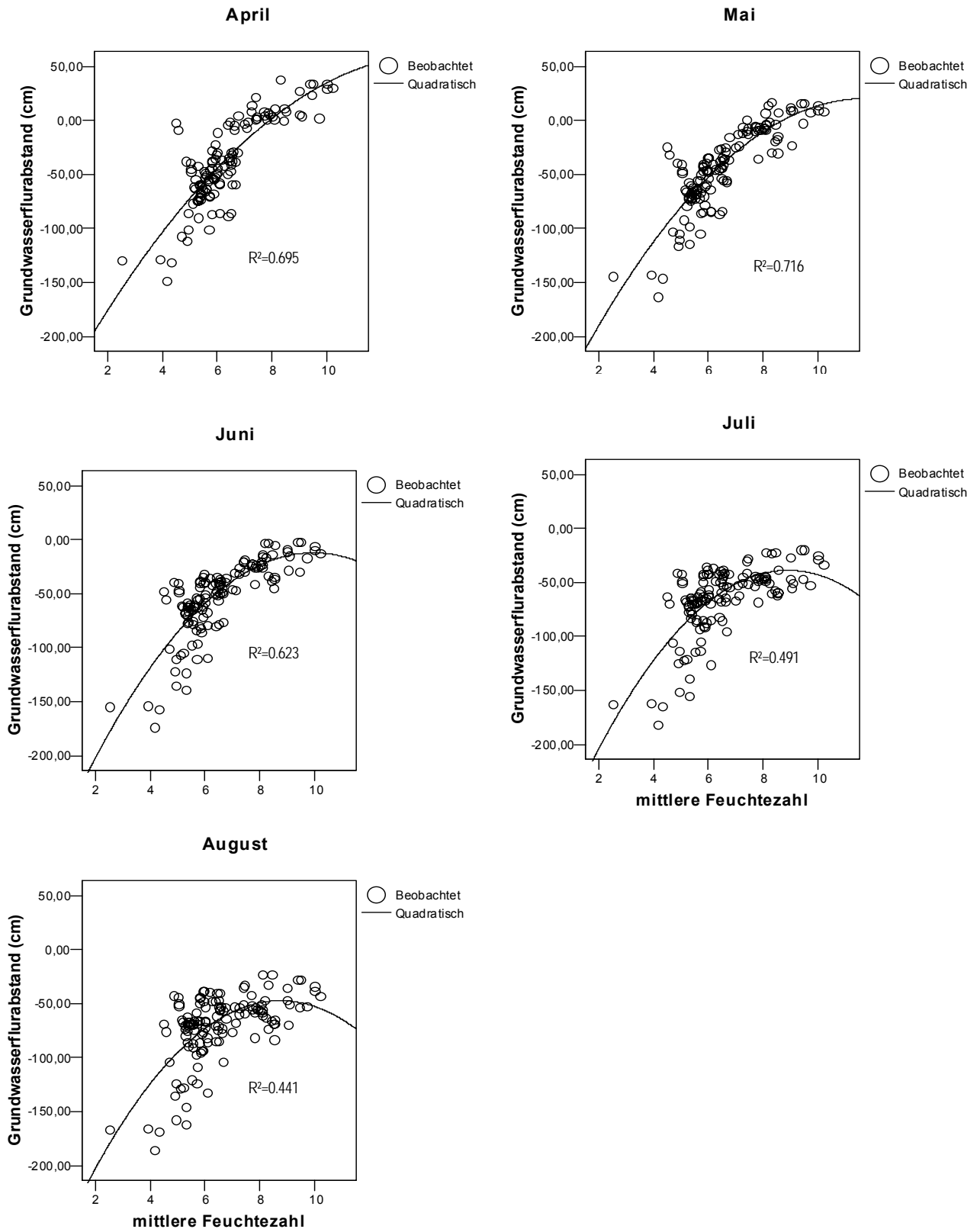


Abb. 1: Kurvenanpassung: Grundwasserflurabstände von Frühjahrs- und Sommermonaten (mehrfährige Monatsmittelwerte) in Beziehung zu den mittleren Feuchtezahlen



### *Diskriminanzanalytische Ableitung der Wasserstufe aus Monatsgrundwasserständen*

Als Gruppierungsvariable wurden bioindikatorisch ermittelte Wasserstufen verwendet (siehe Material und Methoden). Die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse bestätigen, dass unter Verwendung des Einflussfaktors „Monatsgrundwasserstand“ die Schätzgüte der prognostizierten Wasserstufen von Mai bis August hin abnimmt (Tabelle 1). Die Aprilwasserstände haben wir hier nicht verwendet, weil bei 12 der 130 Flächen im April keine Grundwasserstandsmessungen vorlagen. In der Hälfte der Fälle konnte mit Hilfe der mittleren Maigrundwasserstände die durch die Vegetation indizierte Wasserstufe vorhergesagt werden. Der überwiegende Teil der Fehlklassifikationen lag hierbei in unmittelbarer Nachbarschaft der jeweiligen originalen Wasserstufe (Tabelle 2). Bei abnehmenden Grundwassereinfluss (Minusbereich der Wasserstufen) verschlechterte sich die vorhergesagte Zuordnung, da hier die unterschiedlichen Bodensubstrate zunehmend differenzierend wirken können. Berücksichtigt man nur die Plus-Wasserstufen, erhöhte sich die Trefferquote bei Verwendung des Mai-Grundwasserstandes auf ca. 60 %.

Tabelle 1: Güte der diskriminanzanalytischen Ableitung von Wasserstufen aus mittleren Monatsgrundwasserständen

Mittlere Monatsgrundwasserstände	kreuzvalidierte Trefferquote (%)
Mai	50.8
Juni	46.2
Juli	38.8
August	25.4

Tabelle 2: Klassifizierungsergebnisse der Diskriminanzanalyse am Beispiel des Mai-Grundwasserstandes

Wasserstufe (original)	vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit - kreuzvalidiert							Anzahl Gesamt
	5-	3-	2-	2+	3+	4+	5+	
4-	0	1	0	0	0	0	0	1
3-	2	0	0	0	1	0	0	3
2-	1	6	2	4	4	1	0	18
2+	0	1	9	15	9	0	0	34
3+	0	0	4	2	20	5	0	31
4+	0	0	0	0	3	18	7	28
5+	0	0	0	0	1	3	11	15

### **Schlussfolgerungen**

Grundwasserstände im Frühjahr sind auf Niederungsböden im untersuchten Klimaraum des Nordostdeutschen Tieflandes ökologisch vegetationswirksamer als Sommergrundwasserstände. Bei eingeschränkter Messkapazität sollten sich Grundwasserstandsmessungen auf Frühjahrsmonate (April/Mai) konzentrieren.

## Literatur

- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN und Rohstoffe und Geologische Landesämter (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung .- 4. Auflage, Hannover
- ELLENBERG, H.; WEBER, H.E.; DÜLL, R.; WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULIßEN, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- Scripta Geobotanica 18
- HUNDT, R. (1964): Vegetationskundliche Verfahren zur Bestimmung der Wasserstufen im Grünland.- Z. f. Landeskultur 5 (2): 161 – 186
- KAISER, T. & KÄDING, H. (im Druck): Proposal for a transformation scale between bioindicatively determined water supply levels of grassland sites and mean moisture indicator values according to Ellenberg.- Archives of Agronomy and Soil Science
- PETERSEN, A. (1952): Die neue Rostocker Grünlandschätzung.- Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin: 3 – 20

# Verläufe der Gehalte verschiedener N-Fraktionen nach dem Umbruch von Grünland auf Sandböden

M. Kayser, J. Müller, K. Seidel

Forschungs- und Studienzentrum für Veredlungswirtschaft Weser-Ems der Universität Göttingen

## Einleitung und Problemstellung

Unter Grünland wird Stickstoff (N) in aller Regel akkumuliert. Ein Umbruch mit anschließender Ackernutzung führt in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung zu einer verstärkten Mineralisation organisch gebundenen Stickstoffs und resultiert in erhöhten Gehalten an mineralischem N und folglich höheren N-Austrägen mit dem Sickerwasser.

Die Untersuchung der Herbst-N<sub>min</sub>-Gehalte ist grundsätzlich geeignet, die Menge an Stickstoff abzuschätzen, die während der Sickerwasserperiode potentiell auswaschungsgefährdet ist. Zahlreiche Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass die N<sub>min</sub>-Werte allein noch kein hinreichend genaues Instrument sind, um die N-Austräge über Winter präzise zu quantifizieren (GÖLZ-HUWE *et al.*, 1989; LLOYD, 1992).

Die Gehalte an heißwasserlöslichem N (N<sub>hw</sub>) sollen Hinweise auf das Mineralisationspotential und die Nachlieferung von N aus dem leicht umsetzbaren organischen N-Pool geben (LEINWEBER *et al.*, 1995). Diese Fraktion ist sehr dynamisch und ändert sich in ihrer Größe kurzzeitig im Verlauf der Jahreszeit und längerfristig in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung (LEINWEBER *et al.*, 1995; KARRASCH *et al.*, 2000).

Ziel der vorgestellten Untersuchung zum Grünlandumbruch im Frühjahr war es, den Einfluss von Faktoren wie dem Standort (hier: Bodentyp und vorhergehende Bewirtschaftung der Grasnarbe), der nachfolgenden Ackerfrucht (Sommergerste + Zwischenfrucht oder Mais) sowie der Höhe der N-Düngung auf die Verläufe der N<sub>min</sub>-Werte und des heißwasserlöslichen N (N<sub>hw</sub>) im Oberboden (0-30 cm), die Gehalte an N<sub>min</sub> im Herbst (0-90 cm) und die N-Austräge über Winter zu prüfen.

## Material und Methoden

Der dreifaktorielle Umbruchversuch (Tab. 1) wurde auf drei Standorten mit Sandböden unterschiedlicher Entstehung und Bewirtschaftung in Nordwestdeutschland mit drei Wiederholungen bei einer Parzellengröße von 96 m<sup>2</sup> angelegt.

Tabelle 1: Faktoren und Faktorstufen des Grünlandumbruchversuches

Faktoren	Faktorstufen	Abkürzung
1. Standort	1.1 Eschboden, Weidenutzung	SI
	1.2 Sand, Weidenutzung	SII
	1.3 Sandmischkultur, Schnittnutzung	SIII
2. Folgefrucht	2.1 Sommergerste + Gelbsef	SG
	2.2 Mais	MA
3. Düngung der Folgefrucht	3.1 0 kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N0
	3.2 120 (Gerste) bzw. 160 (Mais) kg N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Nopt.

Standort 1 ist ein für Nordwestdeutschland typischer Eschboden mit guter Speicherfähigkeit und guter Verfügbarkeit für Wasser und Nährstoffe. Die Bodenart des Standorts 2 ist ein schwach schluffiger Sand, ab 70 cm reiner Sand. Beide Grasnarben waren mindestens 13 Jahre alt und wurden vornehmlich als Weide mit moderater N Düngung von maximal 120 kg N ha<sup>-1</sup> genutzt. Der Boden des Standortes 3 ist eine Sandmischkultur, die aus einem Gley podsol mit einer Hochmooraufgabe entstanden ist. Das Schnittgrünland auf diesem Standort war mindestens 9 Jahre alt und erhielt etwa 220 kg N ha<sup>-1</sup> über mineralischen und organischen Dünger.

Der Umbruch des Grünlandes erfolgte im Frühjahr 2003 nach der Abtötung der Narbe mit einem Totalherbizid durch Fräse und Pflug.

Die Sommergerste ‚Orthega‘ wurde Ende März 2003 gesät. Nach der Ernte Anfang August wurde 2-3 Wochen später Gelbsenf mit einer Saatstärke von 20 kg ha<sup>-1</sup> gedreht. Der mit 8 Körnern je m<sup>2</sup> gelegte Mais der Sorte ‚Banguy‘ wurde aufgrund der trockenheitsbedingten Frühreife bereits Ende August geerntet.

Zur Ermittlung des Nährstoffaustrages wurde auf den Standorten 1 und 2 zur Beprobung des Bodenwassers eine stationäre, vakuumgeregelte Saugkerzenanlage eingesetzt. Je Parzelle wurden vier keramische Saugkerzen in 75 cm Tiefe zur Gewinnung von Sickerwasser während des Winterhalbjahres (Oktober-April) genutzt. Aus der klimatischen Wasserbilanz, berechnet aus dem Niederschlag und der potentiellen Verdunstung nach Haude (DVWK, 1996), ergab sich die Sickerwassermenge für jeden Probennahmetermin. Der Nitrataustrag ist dann das Produkt aus Sickerwassermenge und Nitratkonzentration.

Auf allen drei Standorten wurden in einem Abstand von vier Wochen Bodenproben aus einer Tiefe von 0-30 cm zur Untersuchung auf N<sub>min</sub> und heißwasserlöslichem N (N<sub>hw</sub>) entnommen. Zusätzlich erfolgte jeweils zu Beginn und Ende der Sickerwasserperiode eine tiefere Beprobung bis 90 cm. N<sub>min</sub> wurde nach dem Standardverfahren analysiert (VDLUF, 1997); für N<sub>hw</sub> wurde 50 g lufttrockener und feingesiebter Boden in 100 ml destilliertem Wasser eine Stunde gekocht, filtriert und der Gesamt-N-Gehalt photometrisch bestimmt.

### Ergebnisse und Diskussion

Die Standorte unterschieden sich stark in ihrem N<sub>min</sub>-Gehalt im Herbst, während die Unterschiede in den N<sub>hw</sub>-Gehalten und im N-Austrag gering waren. Die Unterschiede zwischen den Standorten in N<sub>hw</sub> lassen sich möglicherweise auf Bodenunterschiede (Eschboden) und auf die Bewirtschaftung zurückführen; wie bei KARRASCH *et al.* (2000) fanden sich auch hier unter Beweidung die höheren N<sub>hw</sub>-Konzentrationen.

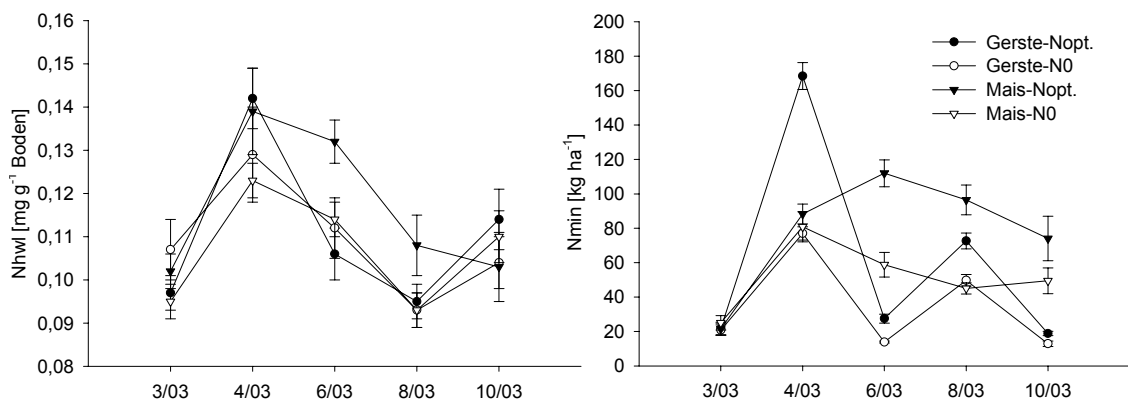


Abb. 1: Verläufe der Gehalte an heißwasserlöslichem N (N<sub>hw</sub>) und N<sub>min</sub> im Oberboden (0-30 cm) in Abhängigkeit von Folgefrucht und N-Düngungsniveau im Mittel über die drei Standorte; dargestellt mit Standardfehlern des Mittels.

Mais als Folgefrucht zeigte höhere N<sub>min</sub>-Gehalte im Oberboden, der hohe N<sub>min</sub>-Wert für Sommergerste im April lässt sich durch die N-Düngung Ende März erklären (Abb. 1). Im Vergleich dazu lagen die N<sub>min</sub>-Werte (0-30 cm) von nicht umgebrochenem und nicht gedüngtem Grünland auf einem gleichbleibenden Niveau von etwa 30 kg N ha<sup>-1</sup>. Die Reaktion der Gehalte an N<sub>hw</sub> auf die N Düngung ist weniger eindeutig als bei der N<sub>min</sub>-Fraktion und wird von anderen Effekten wie Temperaturverlauf und Bodenfeuchte überlagert. Auch LEINWEBER *et al.* (1995) fanden einen generellen saisonalen Trend in den Konzentrationen an heißwasserlöslichem organischem N und C

mit einem Maximum im Frühjahr, einem Minimum im Sommer und einem zweiten, schwächerem Maximum im Herbst.

Die N-Erträge werden hier nicht gezeigt, doch die Unterschiede zwischen den Standorten bzw. den Düngungsstufen waren überraschend gering, wenn bei der Gerste die Abfuhr von Korn, Stroh und der vom Gelbsenf aufgenommene N berücksichtigt werden.

Die Abstufung der Früchte und der Düngungsstufen in der Höhe der N-Austräge stimmt mit der Reihenfolge bei Nmin im Oberboden und Nmin (0-90 cm) im Oktober überein (Abb. 1 und Abb. 2). Dies ist bei Nhwf nicht der Fall, bei den gedüngten Maisparzellen nimmt diese labile N-Fraktion nach April stark ab, während Nmin (0-30 cm) auch während der Phase der verstärkten Nährstoffaufnahme auf einem relativ hohen Niveau verbleibt. Offenbar muss bei der Betrachtung der Nmin- und Nhwf-Verläufe und der Höhe der N-Austräge die ausgeprägte Sommertrockenheit dieses Jahres berücksichtigt werden.

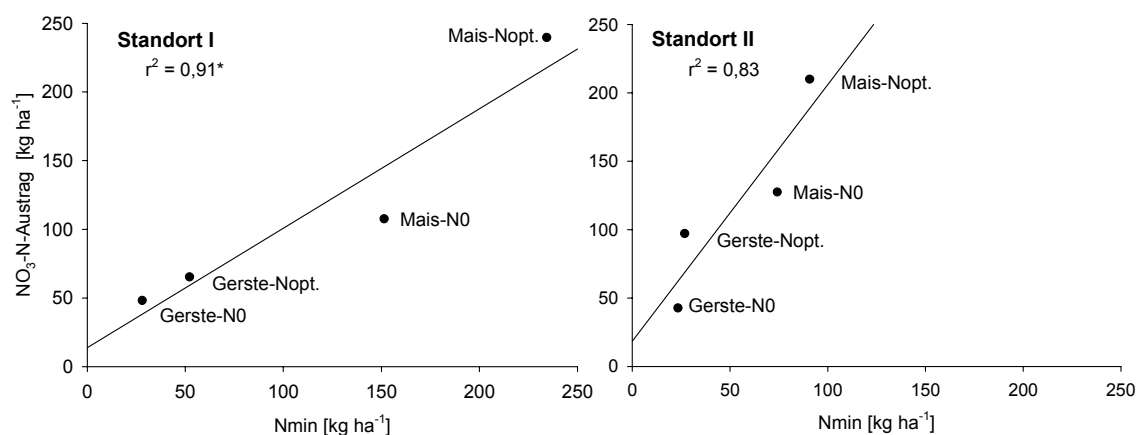


Abb. 2: Beziehung zwischen Herbst-Nmin-Werten und N-Austrägen in der folgenden Sickerwasserperiode im ersten Herbst/Winter nach einem Grünlandumbruch mit anschließender Ackernutzung auf zwei Standorten (\* =  $p < 0,05$ ).

Im Gegensatz zu den Ergebnissen früherer Versuche zur Grünlanderneuerung, die im Vergleich zu den Nmin-Werten deutlich niedrigere N-Austräge gezeigt haben, waren die N-Austräge beim Grünlandumbruchversuch mit anschließender Ackernutzung zum Teil deutlich höher als die vor dem Winter gemessenen Nmin-Werte (Abb. 2). Es muss also auch nach der Nmin-Beprobung im Herbst noch eine große Menge an Stickstoff mineralisiert worden sein, der dann über Winter ausgewaschen wurde.

Die höchsten N-Austräge wurden nach dem Anbau von mit  $160 \text{ kg N ha}^{-1}$  gedüngtem Mais gemessen, sie betragen im Mittel über beide untersuchten Standorte  $225 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Abb. 2). Trotz stark unterschiedlicher Herbst-Nmin-Werte wurden auf den beiden hier untersuchten Standorten ähnlich hohe N-Austräge gemessen. Die Höhe der N-Austräge wird auch von der Feldkapazität in Abhängigkeit von der Bodenart, der Niederschlagsmenge, den Temperaturen im Winter und den von abiotischen Faktoren abhängigen biochemischen Umsetzungsvorgängen (Mineralisation, Immobilisation, Denitrifikation) beeinflusst, die in diesem Versuch in ihrem Zusammenwirken zu ähnlich hohen N-Austrägen geführt haben. Im Fall anderer Standortgruppen, die eine andere Intensität dieser Prozesse aufweisen, kann es daher bei gleichem Management möglicherweise zu N-Austrägen in anderer Höhe kommen.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Intensität der N-Mineralisation und die über Winter ausgewaschene N-Menge nach dem Umbruch einer Grünlandnarbe in erster Linie vom nachfolgenden Management, d.h. der Intensität der Düngung und der ange-

bauten Folgefrucht, abhängig waren, wohingegen das Management des Grünlandes vor dem Umbruch keinen entscheidenden Einfluss hatte.

### **Schlussfolgerungen**

- Nach einem Grünlandumbruch im Frühjahr mit nachfolgender Ackernutzung können hohe Nitratausträge auftreten – dies steht im Gegensatz zu einer entsprechenden Neuanlage von Grünland ohne Nutzungsänderung.
- Durch das Fruchtfolgepaar Sommergerste + Zwischenfrucht Gelbsenf war der Nitrataustrag gegenüber dem Anbau von Mais deutlich reduziert.
- Mais als Folgefrucht nach Grünlandumbruch verursacht auch ohne Düngung ein spezifisch hohes Risiko des Nitrataustrages.
- Eine N-Düngung der Gerste deutlich unter den entzugsorientierten Empfehlungen ermöglicht es, die Gefahr der Nitratausträge mit dem Sickerwasser zu vermindern.
- Die einzelnen Standorte unterschieden sich zwar in den N<sub>min</sub>-Werten, die N-Austräge und N<sub>hw</sub>-Konzentrationen lagen dennoch im Falle der Standorte 1 u. 2 auf einem Niveau.
- Die N<sub>hw</sub>-Konzentrationen geben zwar Hinweise auf Standort- und Bewirtschaftungsunterschiede, vermögen allerdings nicht so deutlich wie N<sub>min</sub> zur Abschätzung des Austragsrisiko der Folgefrüchte und Düngungsstufen beizutragen.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass die getroffenen Aussagen für vergleichbare Standorttypen (norddeutsche Geest) gültig sind.

### **Literatur**

- DVWK (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. DVWK-Merkblätter 238.
- GÖLZ-HUWE, H., SIMON, W., HUWE, B. und VAN DER PLOEG, R.R. (1989): Zum jahreszeitlichen Nitratgehalt und zur Nitratauswaschung von landwirtschaftlich genutzten Böden in Baden-Württemberg. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 152, 273-280.
- KARRASCH, M., WACHENDORF, C. und TAUBE, F. (2000): Der Einfluss der Beweidung auf die Höhe labiler Kohlenstoff- und Stickstoff-Fraktionen in humosen Oberböden. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau 2, 209-212.
- LEINWEBER, P., SCHULTEN, H.-R. und KÖRSCHENS, M. (1995): Hot water extracted organic matter: chemical composition and temporal variations in a long-term field experiment. Biology and Fertility of Soils 20, 17-23.
- LLOYD, A. (1992): Nitrate leaching under arable land ploughed out from grass. The Fertilizer Society 330.
- VDLUFA (1997): Methodenbuch I. Die Untersuchung von Böden. VDLUFA-Verlag, Darmstadt

# Nutzungsalternativen für spät geschnittene Grünlandaufwüchse in sächsischen Vorgebirgslagen

S. Kiesevalter, G. Riehl, E. Albert, C. Röhricht  
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

## Einleitung

Durch die Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung und den dadurch bedingten veränderten Haltungs- und Fütterungsbedingungen sowie der zurückgehenden Rinderzahlen werden einerseits immer weniger Grünlandflächen als Futtergrundlage benötigt. Andererseits ist aus Gründen des Ressourcenschutzes und zum Erhalt der Biodiversität, wie z. B. Natura 2000, sowie zur Sicherung des Erholungs- und Erlebniswertes der Kulturlandschaft die Aufrechterhaltung einer vielfältigen Grünlandnutzung sehr wichtig. In Sachsen werden derzeit ca. 22 - 25 % des Grünlandes nicht zur Ernährung der bestehenden Wiederkäuerbestände benötigt (WACHS, 2002). RÖHRICHT und GROßOPHOFF (2003) gehen für Sachsen von 40 % der gesamten Grünlandaufwüchse aus, welche energetisch bzw. stofflich genutzt werden könnten.

## Untersuchungsfläche und Bewirtschaftung

Die 11 ha große Grünlandfläche liegt im Kreis Freital in 270 bis 330 m ü. NN. Kleinflächig (ca. 0,5 ha) kommt in guter Ausbildung die *Festuca rubra-Agrostis capillaris-Arrhenatheretalia*-Gesellschaft vor, während etwa je zur Hälfte das *Arrhenatheretum elatioris* und die *Alopecurus pratensis-Arrhenatheretalia*-Gesellschaft dominieren.

Die Bewirtschaftung erfolgt seit 1994 zum größten Teil als extensive Wiese, d. h. die erste Schnittnutzung erfolgt erst ab dem 15. Juni. Der andere Teil der Fläche ist auf Grund extremer Hangneigung (an einigen Stellen bis 45 %) nur sehr schwer mechanisierbar und wird deshalb nur einmal jährlich gemulcht. Die gesamte Fläche wurde seit 1994 nicht mehr gedüngt.

Von Mai 2003 bis Dezember 2004 wurden mit spät geschnittenen Primäraufwüchsen Untersuchungen zur Kompostierung und zur energetischen Nutzung von Heu in verschiedenen Feuerungsanlagen praxisnah auf einem Betrieb im Kreis Freital durchgeführt. Außerdem erfolgten Versuche zur Vergärung als Koferment in Biogasanlagen (KIESEWALTER et al., 2005).

2003 erfolgte die erste Mahd der Grünlandfläche auf Grund des verzögerten Projektbeginns sehr spät (18. -20. August), 2004 wurde am 16. Juni geschnitten.

## Ergebnisse und Diskussion

### Erträge und wertgebende Inhaltsstoffe der Grünlandaufwüchse

Die Trockenmasseerträge der eingesetzten ersten Aufwüchse lagen bei 34 bzw. 42 dt/ha (Tab. 1).

Tabelle 1: Ertrag und Inhaltsstoffe sowie berechneter Energiegehalt (nach WEIßBACH et al. (1999) auf der Grundlage der enzymunlöslichen organischen Substanz) der ersten Aufwüchse in den Jahren 2003 und 2004

Schnitt-termin	TM	TS	XF	XL	XP	ADF	ADL	EULOS	ME	NEL
	[dt/ha]	[%]	[%] in TS					[%]	[MJ/kg TM]	
18.08.03	34,3	58,8	35,5	2,9	8,0	41,2	8,4	53,5	7,4	4,2
16.06.04	42,4	28,9	37,2	2,2	8,1	39,5	6,1	48,4	7,9	4,5

Die hohen Gehalte an Faserbestandteilen sowie die berechneten niedrigen Energiegehalt weisen auf die extrem geringe Verdaulichkeit und Futterqualität hin.

Der im Juni 2004 geschnittene Aufwuchs weist höhere Gehalte an Stickstoff, Phosphor, Kalium, Natrium und Chlor auf als der erst im August 2003 geschnittene Auf-

wuchs. Jedoch liegen die Schwermetallgehalte insbesondere von Chrom, Nickel, Kupfer, Zink, Quecksilber und Blei, niedriger als 2003 (Tab. 2).

Tabelle 2: Elementgehalte und Heizwert der ersten Aufwüchse in 2003 und 2004

Schnitt-	N	P	K	Mg	Ca	S	Cl	Na	C
termin	[%] in TS								
18.08.03	1,27	0,16	1,12	0,09	0,33	0,14	0,17	0,02	47,92
16.06.04	1,29	0,22	2,08	0,09	0,25	0,12	0,24	0,03	48,16

Schnitt-	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	Hu(wf)
termin	[mg/kg TS]							[MJ/kg TS]
18.08.03	2,10	1,53	6,43	25,55	0,06	0,02	0,78	18,43
16.06.04	1,81	0,83	4,90	23,14	0,12	0,01	0,32	18,01

### Kompostierung von Grünlandaufwüchsen

Mit den Kompostierungsversuchen sollte unter praxisnahen Bedingungen in einem Landwirtschaftsbetrieb aus spät geschnittenen Aufwüchsen ein hochwertiger Kompost hergestellt werden, um ihn dann im Wirtschaftskreislauf wieder auf den Ackerflächen ausbringen zu können. Dazu wurde der Einfluss unterschiedlicher Grünschnitzaufbereitungsformen, verschiedener Zuschläge und Mietenabdeckungen hinsichtlich der Verbesserung der Kompostierbarkeit und des Rotteprozesses geprüft. Für das Umsetzen und Bewässern der Komposte wurde die im Betrieb vorhandenen Güllewagen und Miststreuer verwendet.

Zwischen den geschnitten und gehäckselten Aufwüchsen zeigten sich bei der Kompostierung keine erkennbaren Unterschiede im Rotteverlauf.

Durch die Güllebeimengung wird das C/N-Verhältnis des Kompostmaterials verbessert und somit der Reifeprozess beschleunigt. Das zeigte sich vor allem in der raschen Erhitzung der Kompostmieten sowie hohen Mietenkerntemperaturen (Tab. 3).

Tabelle 3: Rottegrad der geschnittenen Komposte und Temperaturparameter der Kompostierungsversuche 2003

Zuschläge	Rinder-gülle	Rinder-gülle	-	Bio-algeen	Holzhäcksel +		
					Rinder-gülle	Bio-algeen	-
Abdeckung	ohne	Vlies	Vlies	Vlies	Vlies	Vlies	Vlies
Rottegrad	V	V	V	IV	IV	V	IV
Mietentemp.-maximum [°C]	62	70	67	51	57	47	43
Ø Mietentemp.*							
> 55 °C [d]	18	28	13	0	2	0	0
> 65 °C [d]	0	9	2	0	0	0	0

\* BioAbfV: ≥ 55 °C mind. 14 Tage od. ≥ 65 °C mind. 7Tage um Hygienisierung zu gewährleisten

Durch eine Beimischung von Holzhäckseln bei der Kompostierung struktur- und ligninreicher Grünschnitte wird der Rottevorgang negativ beeinflusst. Zum einen kommt es zu einer drastischen Erhöhung des C/N-Verhältnisses und zum anderen zu einer verschlechterten Feuchtigkeitsaufnahme.

Die Zugabe von Bioalgeen®-Schnellkomposter bewirkte nach der Ausbringung zwar eine schnelle Erhitzung der Mieten sowie eine deutliche Verringerung des Mietenvolumens. Eine Verkürzung der Gesamttrotte- oder Reifedauer konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Die Vliesabdeckung der Miete schützt vor Witterungseinflüssen und trägt zu einer Erhöhung der Mietentemperatur und einer gleichmäßigen Rotte des gesamten Kom-



postmaterials bei. Eine Reduzierung der Sickerwässern konnte nicht beobachtet werden.

### Energetische Nutzung von Heu in Feuerungsanlagen

Die Nutzung von Heu und anderen halmgutartigen Biomassen als Brennstoff ist wegen der im Vergleich zu Holzbrennstoffen höheren Gehalte an emissionsrelevanten Inhaltsstoffen (s. Tab. 2) problematisch und bedarf einer an diese Brennstoffe angepasste Feuerungstechnik. Ziel der Untersuchungen war es, Heuganzballen sowie Heupellets in unterschiedlichen Feuerungsanlagen hinsichtlich ihres Abbrand- und Emissionsverhaltens zu testen.

### Energetische Nutzung von Heuganzballen

Orientierende Untersuchungen zum Abbrand von Heuballen wurden 2003 mit dem Ganzballenvergaser HSV 145 der Firma HERLT durchgeführt. Der Kessel mit einer Feuerungswärmeleistung von 145 kW ist derzeit für die Brennstoffe Holz (zum Anfeuern) und Getreidestroh zugelassen.

Es wurde geprüft, ob ein kontinuierlicher Abbrand der Ballen stattfindet, die gesetzlich vorgegebenen Emissionsgrenzwerte eingehalten werden und somit Aussicht besteht, auch Heu künftig in diesem Kessel energetisch zu nutzen.

Die Heuballen hatten einen Durchmesser von 1,2 m, eine Breite von 1,3 m und ein Gewicht von 180 kg. Der Feuchtegehalt der Ballen lag bei ca. 26 %.

In Tabelle 4 sind die durchschnittlichen Emissionen beim Abbrand der zwei geprüften Heuballen und die in der TA Luft vorgeschriebenen Grenzwerte dargestellt.

Tabelle 4: Mittlere Emissionen und Grenzwerte (TA-Luft) beim Abbrand von zwei Heuballen aus spät geschnittenen Grasaufwüchsen

	Brennraum-temp. [°C]	CO [mg/Nm³]	NO <sub>x</sub> [mg/Nm³]	Ges. C [mg/Nm³]	Staub [mg/Nm³]
Mittlere Emissionen	688	50	494	9	92
<i>Grenzwert TA-Luft*</i> :		250	500	50	50

\*gültig nach 4.BImSchV,

Beim Abbrand der Heuballen wurden die Grenzwerte für die CO- und ges. C-Emissionen deutlich unterschritten. Die Emissionen an NO<sub>x</sub> lagen im Mittel knapp unter dem Grenzwert der TA-Luft. Der Grenzwert für die staubförmigen Emissionen konnte bei der Verbrennung der Heuballen nicht eingehalten werden. Der gemessene Energiegehalt betrug beim ersten Ballen 530 kWh und beim zweiten Ballen 590 kWh.

Der Einsatz von Heu aus extensiver Bewirtschaftung als Brennstoff in der Strohvergasungsanlage HSV 145 ist also durchaus möglich. Seitens der Emissionsmessungen kann die Einhaltung der Grenzwerte der TA-Luft künftig als machbar eingeschätzt werden kann.

### Herstellung und Abbrand von Brennstoffpellets aus Heu

Für die Untersuchungen zur Verbrennung von Heupellets erfolgte die Pelletierung des Heus in einer Kollergangflachmatrizenpresse einer landwirtschaftlichen Trocknungsanlage. Pellets weisen eine hohe Energiedichte sowie eine gute Dosier- und Rieselfähigkeit auf. Damit sind sie auch in komfortablen vollautomatischen Heizanlagen einsetzbar.

Um die physikalischen und chemischen Brennstoffeigenschaften zu optimieren, erfolgte die Herstellung von fünf verschiedenen Heupelletvarianten mit und ohne Bindemittel (Melasse, Holzspäne) und der Einsatz eines speziell aufbereiteten Heufaserstoffs.

Die Zumischung von Holzspänen hatte wie erwartet einen positiven Einfluss auf die Gehalte an emissionsrelevanten Inhaltsstoffen. Mit Zugabe von 25 bzw. 50 % Holz-

spänen nehmen die Gehalte an Stickstoff, Kalium, Phosphor, Magnesium, Kalzium, Schwefel im Brennstoff sowie der Aschegehalt erkennbar ab.

Die Festigkeitsprüfungen (Abrieb-, Sturz-, Druckfestigkeit) wiesen eine hohe Festigkeit aller Heupelletvarianten nach. In Tabelle 5 sind das Schüttgewicht, der Abrieb sowie die Energiedichte der verschiedenen Heupelletvarianten im Vergleich zu den Regelbrennstoffen Holzpellets und Heizöl zusammengestellt.

Tabelle 5: Schüttgewicht, Abrieb und Energiegehalt der Heupellets im Vergleich zu Regelbrennstoffen

Variante/Zuschläge	Schüttgewicht kg/m <sup>3</sup>	Abrieb <sup>1)</sup> %	Energiedichte kWh/m <sup>3</sup>
1. Heupellets ohne Zuschläge	580	1,8	2692
2. Heupellets mit 3 % Melasse	532	2,6	2436
3. Heupellets mit 25 % Holzspänen	523	3,7	2485
4. Heupellets mit 50 % Holzspänen	563	3,3	2684
5. Heufaserstoffpellets	641	1,3	3044
<b>Holzpellets (ÖNORM) :</b>	650	2,3	3241*
<b>Heizöl <sup>2)</sup>:</b>	860	-	10.200

1) Los-Angeles-Trommel, Norm ATSTM C131, \* Quelle: OBERNBERGER 1998

Der Abrieb der Heupelletvariante ohne Zuschläge und der Heufaserstoffpellets lag unter dem Grenzwert der ÖNORM für Holzpellets. Diese Pelletvarianten erzielten auch die höchsten Schüttgewichte. Durch Zugabe von Holzspänen nahm die Festigkeit der Pellets ab, was sich in dem höheren Abrieb sowie der Abnahme des Schüttgewichtes und der Energiedichte widerspiegelt.

Die Heupellets wurden in zwei verschiedenen Kleinf Feuerungsanlagen, einem Biomassekompaktkessel der Firma Ökotherm mit 49 kW, laut Hersteller geeignet für die Nutzung verschiedene Biomassen, und einen Holzpelletkessel der Firma Ferro mit 23 kW, kontrolliert verbrannt und die Emissionen gemessen.

Der Grenzwert der 1. BImSchV für die CO-Emissionen von 4000 mg CO/Nm<sup>3</sup> wurde beim Abbrand der Heupellets in den zwei verschiedenen Kleinf Feuerungsanlagen problemlos eingehalten. Die gemessenen Staubemissionen überschritten jedoch drastisch den Grenzwert der 1. BImSchV von 150 mg/Nm<sup>3</sup>. In beiden Kesselvarianten konnte durch Zumischung von Holzspänen bei der Pelletierung von Heu sowie durch Einsatz von Heufaserstoff diese Emissionen nicht ausreichend verringert werden.

Die Abbrandversuche mit Heupellets zeigten, dass im Vergleich zu Strohpellets mit höheren Emissionen an CO, NO<sub>x</sub> sowie Staub zu rechnen ist. Die energetische Nutzung von Heu- sowie auch Strohpellets ist nur möglich, wenn man speziell für diese Brennstoffe geeignete Feuerungsanlagen entwickelt. Erste viel versprechende Anlagensysteme stehen kurz vor der Markteinführung.

#### *Einsatz von Grünlandaufwüchsen als Kosubstrat in Biogasanlagen*

Die Vergärung von Grünschnitt- und Grünschnittsilage als Kosubstrat zur Gülle wird in der Praxis in entsprechenden Biogasanlagen bereits praktiziert. Hierbei kommt vor allem Qualitätssilage mit Futterqualität zum Einsatz.

Die Gärversuche im Labormaßstab mit Grünschnitt aus extensiver Bewirtschaftung und später Schnittnutzung zeigten, dass auf Grund der minderen Futterqualität auch die Gaserträge unter der von Qualitätssilage liegen. Die Gaserträge der frischen Grünschnittproben betrugen in Batchversuchen 0,42 m<sup>3</sup>/kg oTS und nahmen beim extrem späten 1. Schnittermines (August 2003) auf 0,36 m<sup>3</sup>/kg oTS ab.

In kontinuierlichen Versuchen erfolgte die Prüfung von Rindergülle als Monosubstrat und die Zumischung von 30 % Kosubstraten (Grasschnitt, Grassilage) zur Rindergülle (70%). Durch die Beimischung von Kosubstrat konnte der Gasertrag nur leicht erhöht

werden. Die Gaserträge lagen bei der Vergärung von Rindergülle bei 0,33 m<sup>3</sup>/kg oTS und bei Zumischung von 30 % Grünschnitt bzw. –silage bei 0,35 – 0,37 m<sup>3</sup>/kg oTS. Die Vergärung von Grünschnitten- und Grassilagen aus extensiver Bewirtschaftung ist machbar und führt zur Steigerung des Gasertrages. In wie weit die Beimischung von diesen Kosubstraten zur Effizienz der gesamten Biogasproduktion beiträgt, ist vor allem vom Mehraufwand und den Kosten für die Bereitstellung der Kosubstrate abhängig.

### **Ausblick**

Die Ergebnisse zeigen, dass die energetische Nutzung sowie auch die Kompostierung realisierbare Verwertungsmöglichkeiten von spät geschnittenen Aufwüchsen darstellen. Dabei werden unterschiedliche Anforderungen an die Qualität der Grünlandaufwüchse gestellt.

Die ermittelten Kosten der Kompostherstellung inklusive Grünlandbewirtschaftung lagen über dem derzeitigen Marktpreis für hochwertige Komposte von ca. 13 €/m<sup>3</sup>. Durch Optimierung der Bewirtschaftungs-, Ernte- und Aufbereitungsverfahren sowie der Kompostierarbeiten ist eine deutliche Reduzierung der Kosten machbar.

Die energetische Nutzung von Grünschnitt ist aus emissionsrechtlicher Sicht auf Grund der spezifischen Brennstoffeigenschaften in herkömmlichen Holzfeuerungsanlagen nicht möglich. Dies belegten auch die Abbrandversuche mit verschiedenen Heupellets in den unterschiedlichen Heizanlagen.

Die ermittelten Bereitstellungs- und Herstellungskosten von Heubrennstoffpellets von 125 €/t liegen weit unter dem derzeitigen Holzpelletpreis (175 €/t). Hierbei muss aber auch beachtet werden, dass Heupellets andere verbrennungstechnische Eigenschaften aufweisen und die Investitionskosten der gesamten Feuerungsanlage inklusive Ascheaustragssystem auf Grund des Einsatzes hochwertiger Materialien (z.B. korrosionsfrei) und der noch geringen Marktpräsenz solcher Anlagen viel höher liegen als bei Holzpelletfeuerungen. Die Wirtschaftlichkeit der Pelletherstellung und -nutzung hängt maßgeblich von der Entwicklung des Holzpelletpreises sowie der Nachfrage nach und den Kosten von speziellen Feuerungsanlagen ab.

Durch den Einsatz von Grünschnittsilage aus extensiver Bewirtschaftung als Kosubstrat in Biogasanlagen kann die Gasausbeute erhöht werden. Die Biogausausbeute fällt jedoch, insbesondere bei spät geschnittenen Aufwüchsen, deutlich geringer aus als beim Einsatz von Qualitätssilage bzw. Maissilage, was die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes auf Grund der zu berücksichtigenden Bereitstellungskosten in Frage stellt. Auch bei dieser Verwertungsline können die Kosten durch eine Optimierung bzw. Modifizierung der Bewirtschaftungsverfahren reduziert werden.

### **Literatur**

- KIESEWALTER, S., ALBERT E., RÖHRICHT, C. u. RIEHL, G. in SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2005): Nutzungsalternativen von Grünlandaufwüchsen. Schriftenreihe der LfL, 10 (im Druck)
- OBERNBERGER, I. (1997): Beurteilung der Umweltverträglichkeit des Einsatzes von Einjahresganzpflanzen und Stroh zur Fernwärmeerzeugung, Jahresbericht. Institut für Verfahrenstechnik, Technische Universität Graz, Graz
- RÖHRICHT, C., GROß-OPHOFF, A. (2003): Erfassung des Potentials an land- und forstwirtschaftlicher Biomasse zur stofflichen und energetischen Nutzung für unterschiedliche Verwaltungseinheiten des Freistaates Sachsen. Schriftenreihe der LfL 5 (2)
- WACHS, S. (2002): Modellierung verschiedener Szenarien der alternativen Grünlandnutzung bei sinkenden Tierbeständen im Freistaat Sachsen. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt (9/2001 bis 12/2002), LfL
- WEIßBACH, F., KUHLA, S., SCHMIDT, L. u. HENKELS, A. (1999): Schätzung der Verdaulichkeit und der Umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 8 (1999), S. 72

# The relative importance of management and the environment on plant species richness in managed grasslands

S. Klimek, A. Richter gen. Kemmermann

## Introduction

Grassland is an integral part of the semi-natural landscape of Central Europe and is of large importance for biodiversity in agricultural landscapes (WALLISDEVRIES et al. 2002, DUELLI and OBRIST 2003). Due to intensification of grassland farming on one hand and the abandonment of marginal grassland on the other hand, grassland biodiversity has shown a dramatic decline over the last decades (BUREL et al. 1998, MOOG et al. 2002, KAHMEN & POSCHLOD 2004). Meanwhile, a variety of agri-environment schemes have been applied in European countries to preserve and enhance biological diversity in agricultural systems (KLEIJN & SUTHERLAND 2003). But the efficiency of these agri-environment schemes has been questioned recently (KLEIJN et al. 2001, DREIER et al. 2004). In order to enhance the efficiency of management measures prescribed in agri-environment schemes, there is an urgent need to understand the underlying mechanisms that determine plant species richness in grassland.

According to LEPŠ (2004) species richness is limited by "harshness of the environment, competitive exclusion and species pool limitation". Nutrient enrichment experiments in grassland have shown decreasing plant diversity with increasing fertilization, particularly with nitrogen fertilizer (GOUGH et al. 2000, JACQUEMYN et al. 2003). Furthermore the occurrence of many grassland species is related to soil factors and topography-related environmental factors such as site-specific microclimatological characteristics (SEBASTIÁ 2004, PYKÄLÄ et al. 2005).

In this study, we investigated the relative importance of management and the environment on plant species richness in temperate managed grasslands. The analysis of plant species richness-environment relationships allows us to provide tools for their conservation. Generalized linear models (GLM) were used to determine the amount of variation in species richness that could be significantly explained by the measured environmental variables (JONGMAN et al. 1995). The specific objectives of the study were to: (i) determine the relative importance of environmental and management variables on plant species richness, and (ii) to examine the effect of the studied variables on the occurrence of four target species.

## Material and methods

All research was conducted on the district Northeim in Lower Saxony (Germany) with a total area of approximately 1260 km<sup>2</sup>. The research area is characterized by a high proportion of arable land and forests with patchily distributed fragments of grasslands. Grassland vegetation was recorded in two field surveys in Mai/June in 2002 and 2004. In total we sampled 117 managed grasslands at random, covering a complete gradient from agriculturally improved, species-poor grassland to semi-natural, species-rich grassland. In each grassland site, at least three plots were established for the assessment of species diversity. The number of the plots was chosen according to the total size of the site (RICHTER et al. 2005). In each plot (12.6 m<sup>2</sup> each) all plant species were identified to species level and the biomass proportion was estimated visually. Altogether 243 vascular plant species were identified on all 117 managed grasslands with pooled data. Based on the vegetation surveys, a catalogue of grassland target species was established, that were adapted to extensive grassland management and that were characteristic for regional endangered plant communities. The effect of the management and environmental variables on the occurrence of the four most frequent target species (Richter et al. 2005) were studied separately. The most frequent target species in the studied 117 grassland sites were: *Cardamine pratense* = 52, *Ranunculus acris* = 44, *Alchemilla vulgaris* = 21 and *Stellaria graminea* = 21.

Due to differences in grassland size of some of the grassland sites, the number of plots within the sites differed. To correct for differences in plot number between sites, we selected three plots per site which were nearest to the centroid of the grassland site and calculated vascular plant species richness. This pooled number of species richness was used as the dependent variable in the model.

The following explanatory variables measured from all grassland sites were included in the study: soil quality ("Bodenpunkte"), elevation, slope angle, solar radiation, topographic wetness index and nitrogen fertilisation. Based on a high resolution digital elevation model (DEM, resolution: 12.5m×12.5m) elevation, slope angle, solar radiation and topographic wetness index were calculated for each grassland site using SAGA GIS 1.2 for Windows. The environmental variable soil quality was spatially derived using digital soil map data.

All landowners of the investigated grassland sites were interviewed to record relevant information about management practices using a standardized questionnaire. The majority of the investigated sites were grazed (42%). Fewer sites were cut for hay (28%) or cut and grazed (30%). Applied nitrogen fertilisation included mineral N, farmyard manure or liquid manure. For descriptive statistics of plant species richness and environmental variables see Table 1.

Table 1: Descriptive statistics of plant species richness (A), environmental (B) and management (C) variables in the investigated grassland sites (n = 117).

		Mean ± SD	Minimum	Maximum
(A)	Total number of species	26.9 ± 9.2	8.0	62.0
(B)	Site-weighted mean soil quality	49.3 ± 11.4	25.0	82.0
	Mean elevation (m asl)	216.4 ± 65.2	102.1	328.1
	Mean slope angle (deg)	7.6 ± 4.7	0.1	16.3
	Mean topographic wetness index	8.2 ± 1.9	5.4	15.1
	Mean solar radiation sum (kWh/m <sup>2</sup> )	3.6 ± 0.5	2.1	4.7
(C)	Nitrogen fertilisation (kg N ha <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup> )	116.5 ± 79.8	0.0	321.6

### Data analysis

The data were analyzed with the statistical program SPSS version 12.0. We conducted an explanatory data analysis on management and environmental variables, checked for normality with the Kolmogorov-Smirnov test and transformed the variables to meet the requirements of parametric analysis. Plant species richness, soil quality and topographic wetness index were log transformed prior to analysis.

Based on the species data, mean Ellenberg indicator values for moisture and nitrogen availability were calculated for each grassland site (ELLENBERG et al. 2001). However, as the indicator value moisture was strongly correlated with the topographic wetness index (Pearson correlation:  $R=0.603$ ,  $P<0.001$ ) and the indicator value nitrogen availability was correlated with nitrogen fertilization (Pearson correlation:  $R=0.503$ ,  $P<0.001$ ), these Ellenberg indicator values were not used in further analysis.

To determine the best predictors of plant species richness within the grassland sites, we used GLM to conduct the multiple regression with a backward stepwise procedure to eliminate non-significant predictors ( $P>0.05$ ) from the model. For the analysis at the species level (target species) we used backward stepwise logistic regression. Prior to the analyses, the data for species abundance were transformed into presence-absence data.

### Results

The contribution of each investigated variable in the GLM model is presented in Table 2. Total species richness of vascular plants in the grassland sites (pooled species from the three plots per site) ranged between 8 and 62 (Table 1). Species richness was most strongly associated with the management factor nitrogen fertilisation and the envi-

ronmental factors soil quality and slope angle. The model explained a moderate amount of variance ( $R^2$ -value=0.373).

Table 2: GLM results on effects of management and environmental variables on species richness (n=117,  $R^2$ -value=0.373). Table displays only significant factors of final model ( $P<0.05$ ).

Dependent variable	Explanatory variables	C <sup>§</sup>	DF <sup>§§</sup>	F-value	P-value
Species richness	Soil quality	-	1	10.8	0.001
	Slope angle	+	1	8.3	0.005
	Nitrogen fertilization	-	1	19.5	<0.001

<sup>§</sup> Column C indicates a positive (+) or negative (-) correlation, <sup>§§</sup> degrees of freedom

Most target species were positively related to topographic wetness index or elevation and negatively related to solar radiation or nitrogen fertilisation (Table 3).

Table 3: Summary of the binary logistic regression models for target species occurrences.

Response	Model terms <sup>§</sup>	Coefficient (standardized)	SE	P-value
<i>Cardamine pratense</i>	Soil quality	-0.837	0.274	0.002
	Topographic wetness index	1.550	0.354	<0.001
	Solar radiation sum	-0.768	0.247	0.002
<i>Ranunculus acris</i>	Elevation	0.761	0.249	0.002
	Solar radiation sum	-0.502	0.238	0.035
	Nitrogen fertilisation	-1.107	0.278	<0.001
<i>Alchemilla vulgaris</i>	Elevation	1.977	0.437	<0.001
	Topographic wetness index	1.200	0.387	0.002
<i>Stellaria graminea</i>	Elevation	0.706	0.352	0.045
	Slope angle	0.891	0.346	0.010
	Nitrogen fertilisation	-0.984	0.366	0.007

<sup>§</sup> Variables entered in model

At the species level  $R^2$ -values (Nagelkerke) were determined for each model: *Cardamine pratense* ( $R^2=0.379$ ), *Ranunculus acris* ( $R^2=0.410$ ), *Alchemilla vulgaris* ( $R^2=0.460$ ) and *Stellaria graminea* ( $R^2=0.325$ ).

## Discussion

In the present study, total species richness was explained by both environmental and management variables. Plant species richness tended to increase in steeper slopes, whereas high soil quality and a high input of nitrogen fertilizer resulted in a decrease in species richness. The grassland sites selected for this study covered a wide range of species diversity, environmental conditions and management practices (Table 1). Thus, variation in grassland species richness was not expected to be fully explained with the selected variables. However, the results are in accordance with the general theory that a high input of fertilizer causes a decrease in plant species richness (JACQUEMYN et al. 2003). Single target species differ in their response to management and environment. The results of the separate models for the four most frequent target species suggest that besides nitrogen fertilisation environmental factors are important for the studied species. Three of the most abundant target species were positively associated with increasing elevation which may be due to less intensive management practice in these areas. Nevertheless, understanding the relative importance of management and environment on overall plant species richness and single target species allows us to enhance the efficiency of management measures prescribed in agri-environment schemes.

## References

- BUREL, F., BAUDRY, J., BUTET, A., CLERGEAU, P., DELETTRE, Y., LE CŒUR, D., DUBS, F., MORBAN, N., PAILLAT, G., PETIT, S., THENAIL, C., BRUNEL, E., LEFEUVRE, J.C. (1998). Comparative biodiversity along a gradient of agricultural landscapes. *Acta Oecol.* 19, 47-60.
- DREIER, S., SPIESS, M., SCHÜPBACH, B., MARFURT, Ch. & HERZOG, F. (2004). Extensively managed meadows on the Swiss Plateau – floristic composition, vegetation structure and effect on avifauna. *Grassland Science in Europe* 9, 240-242.
- DUELLI, P., & OBRIST, M. K. (2003). Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic and Applied Ecology*, 4, 129-138.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. (2001). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*, 3rd ed. *Scripta Geobot.* 18: 1-262. Goltze, Göttingen.
- GOUGH, L., OSENBURG, C.W., GROSS, K.L., COLLINS, S.L. (2000). Fertilization effects on species density and primary productivity in herbaceous plant communities. *Oikos*, 89, 428-439.
- JACQUEMYN, H., BRYNS, R. and HERMY, M. (2003). Short-time effects of different management regimes on the response of calcareous grassland vegetation to increased nitrogen. *Biological Conservation*, 111, 137-147.
- JONGMAN, R. H. G., TER BRAAK, C. J. F. and VAN TONGEREN, O. F. R. (1995). *Data analysis in community and landscape ecology*. 2nd ed. Pudoc, Wageningen, the Netherlands, Reissued in 1995 by Cambridge Univ. Press.
- KAHMEN, S. & POSCHLOD, P. (2004). Plant functional trait responses to grassland succession over 25 years. *Journal of Vegetation Science* 15, 21-32.
- KLEIJN, D. & SUTHERLAND, W.J. (2003). How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of Applied Ecology* 40, 947-969.
- KLEIJN, D., BERENDSE, F., SMIT, R. & GILISSEN, N. (2001). Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature*, 413, 723-725.
- LEPŠ J. (2004): What do the biodiversity experiments tell us about consequences of plant species loss in the real world? *Basic and Applied Ecology* 5, 529-534.
- MOOG, D., POSCHLOD, P., KAHMEN, S. & SCHREIBER, K.-F. (2002). Comparison of species composition between different grassland management treatments after 25 years. *Applied Vegetation Science*, 5, 99-106.
- PYKÄLÄ, J., LUOTOA, M., HEIKKINENA, R.K., KONTULAB, T. (2005). Plant species richness and persistence of rare plants in abandoned semi-natural grasslands in northern Europe. *Basic and Applied Ecology* 6, 25-33.
- RICHTER GEN. KEMMERMANN, A., KLIMEK, S., BERTKE, E., ISSELSTEIN, J. (2005): Conceptual design and results of an outcome-based payment scheme for ecological services of agriculture. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau*, this volume.
- SEBASTIÁ, M. T. (2004). Role of topography and soils in grassland structuring at the landscape and community scales. *Basic and Applied Ecology*, 5, 331-346.
- WALLISDEVRIES, M.F., POSCHLOD, P. and WILLEMS, J.H. (2002). Challenges for the conservation of calcareous grasslands in northwestern Europe: integrating the requirements of flora and fauna. *Biological Conservation*, 104, 265-273.

# Isotopic Signatures of Different Ecosystem Compartments in the Steppe of Inner Mongolia Subject to Altitude

T. Männel<sup>1</sup>, K. Auerswald<sup>1</sup>, H. Schnyder<sup>1</sup>, C.H. Bai<sup>2</sup>, Y.F. Bai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

<sup>2</sup>Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

## Introduction

The Steppe of Inner Mongolia extends over 87 Mio. hectares. Almost the whole area is used for small ruminant livestock production. Mean annual precipitation is highly variable and ranges from 500 mm in the eastern part to less than 100 mm in the western part of the region. The dynamics of carbon and nitrogen in these ecosystems are controlled by climate on the one hand and by land use on the other hand. The carbon (<sup>13</sup>C) and nitrogen (<sup>15</sup>N) isotope signatures of ecosystem components may provide insight in these dynamics, (GANNES *et al.* 1998). In this study we analyzed the <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N signatures of soil, vegetation, feces and hair of grazing animals. Hair of grazing animals integrates variations of isotope signatures of the vegetation over the whole grazed area.

The nitrogen dynamics in arid ecosystems are characterized by high gaseous losses (WEST & SKUJINS 1977). Processes associated with the formation and loss of volatile nitrogen as NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, N<sub>2</sub>O and NO<sub>x</sub> (TILSNER *et al.* 2003) are associated with isotope fractionation (HÖGBERG 1997). Thus, high losses of <sup>15</sup>N-depleted nitrogen lead to a <sup>15</sup>N-enrichment of the nitrogen remaining in the soil-plant-animal system. Due to the lower temperature and pH of soil, gaseous volatilization decreases with altitude. This altitude trend was confirmed by several studies dealing with δ<sup>15</sup>N of soil nitrogen (MARIOTTI *et al.* 1980) and was also evident in δ<sup>15</sup>N of plants and hair of grazers (MÄNNEL *et al.* unpublished). One aim of this study was to verify the existence of an altitude gradient for δ<sup>15</sup>N in the Steppe of Inner Mongolia.

The carbon dynamics in the Steppe of Inner Mongolia are influenced by the balance of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants (PYANKOV *et al.* 2000). It is known, that the current global distribution of C<sub>4</sub> plants is mainly determined by day-time temperature during the vegetation period (EHLERINGER *et al.* 1997). Accordingly, the proportion of C<sub>4</sub> plants in vegetation should also decrease with altitude. Variations in the proportions of C<sub>4</sub> and C<sub>3</sub> plants can be detected on the basis of their contrasting <sup>13</sup>C discrimination, which generates a δ<sup>13</sup>C-difference of about 16‰ between them (LUDLOW *et al.* 1976, O'LEARY 1988). Indeed, AMBROSE & DE NIRO (1986) found an increase in the δ<sup>13</sup>C signature in animal tissues with altitude in the tropics, and this was interpreted in terms of a decreasing C<sub>4</sub> proportion. However, the <sup>13</sup>C signature of C<sub>3</sub> plants is also sensitive to altitude, increasing by about 0.7‰ per 1000 m altitude change (KÖRNER *et al.* 1988). This effect should be accounted for when estimating variation in the C<sub>4</sub> proportion along an altitude gradient. Also, there are other factors which may influence the proportion of C<sub>4</sub> plants in vegetation along a altitude gradient, such as grazing pressure which may promote the spread of annual C<sub>4</sub> grasses (PYANKOV *et al.* 2000) and C<sub>4</sub> dicots (WANG 2002).

Here we analyze the <sup>13</sup>C signatures of different ecosystem components (hair of grazers, feces, soil, and vegetation) along altitude gradients in the Steppe of Inner Mongolia, in order to examine the effect of altitude on the proportion of C<sub>4</sub> plants in this grassland region .

## Materials and methods

We chose 84 sites for the sampling of vegetation, soil and hair. Sites were situated between 111 to 118° longitude and 41 to 46° latitude. Altitude ranged from 800 to 1500 m above sea level (a.s.l). Together with bulk samples of vegetation and soil we took wool



samples of 228 sheep and 18 cashmere goats. All animal samples in this study derived from 1998 – 2003 and thus reflected recent conditions.

Wool samples were cut into 1 cm-long pieces, and pieces assigned to periods of the year as shown by SCHWERTL *et al.* (2003). Carbonates in the soil samples were removed following the procedure of HARRIS *et al.* (2001). All samples were combusted in an elemental analyzer interfaced to an isotope ratio mass spectrometer. Carbon and nitrogen isotopic data are presented in the conventional  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  (‰) and  $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$  (‰) notation.

The proportion of C<sub>4</sub>-C in samples ( $P_{\text{C}_4}$ , %) was estimated as:

$$P_{\text{C}_4} = 100 * [\delta_{\text{S}} - f - (\delta_{\text{C}_3} - g * h)] / [(\delta_{\text{C}_4} - (\delta_{\text{C}_3} - g * h))],$$

where  $\delta_{\text{S}}$  is the  $\delta^{13}\text{C}$  of a sample,  $f$  is the apparent fractionation between vegetation and hair or feces,  $\delta_{\text{C}_3}$  is  $\delta^{13}\text{C}$  of pure C<sub>3</sub> vegetation at sea level (taken as -29.24‰, MÄNNEL *et al.*, unpublished),  $g$  is the altitude effect on  $\delta^{13}\text{C}$  of C<sub>3</sub> plants (0.7‰ per 1000 m, MÄNNEL *et al.*, unpublished),  $h$  is altitude (in units of 1000 m), and  $\delta_{\text{C}_4}$  is the  $\delta^{13}\text{C}$  of pure C<sub>4</sub> vegetation (taken as -12.45‰, as obtained in the Steppe of Inner Mongolia; MÄNNEL *et al.*, unpublished).

### Results and discussion

The  $\delta^{13}\text{C}$  of vegetation decreased by 5‰ ( $\pm 0.2$ ‰ SE) per 1000m altitude (Fig. 1a). The mean  $\delta^{13}\text{C}$  of vegetation extrapolated to 0 m a.s.l. was -16.7‰. The slope was the same for vegetation, wool and feces, but the  $\delta^{13}\text{C}$  of hair was 2.1‰ ( $\pm 0.5$ ‰ SE) higher and that of feces 2.5‰ lower ( $\pm 0.6$ ‰ SE) than that of vegetation. The difference between vegetation and hair agrees with other studies (SCHWERTL *et al.* 2005) and is termed 'diet-hair fractionation', which is related to the physiology of the animal and the chemical composition of hair (keratin). The depletion of  $^{13}\text{C}$  in feces compared to vegetation also complies with other studies (JONES *et al.* 1979), and may be due to  $^{13}\text{C}$  depletion of the less digestible structural biomass. Overall, the regression explained 26% of the  $\delta^{13}\text{C}$  variation. Thus, other factors than altitude likely also contributed to variation of  $\delta^{13}\text{C}$  in the study area. The slope for the soil data (6‰ per 1000 m) was significantly different from that of the other sample types. Also, soil  $\delta^{13}\text{C}$  was lower than that of vegetation. Since the soil C pool is older than that of vegetation, the  $\delta$ -difference between vegetation and soil C may reflect a shift in the proportion of C<sub>4</sub> plants in vegetation over many years or fluctuation of the proportion of C<sub>4</sub> within a season.

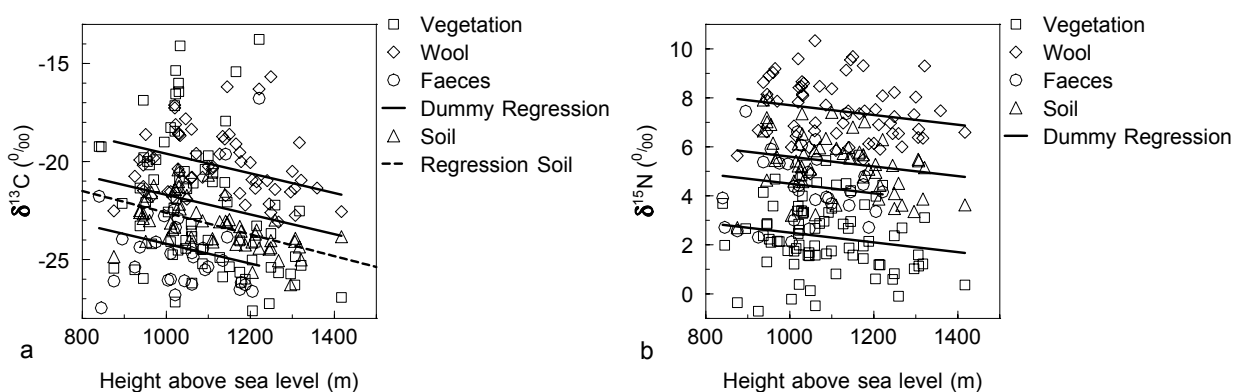
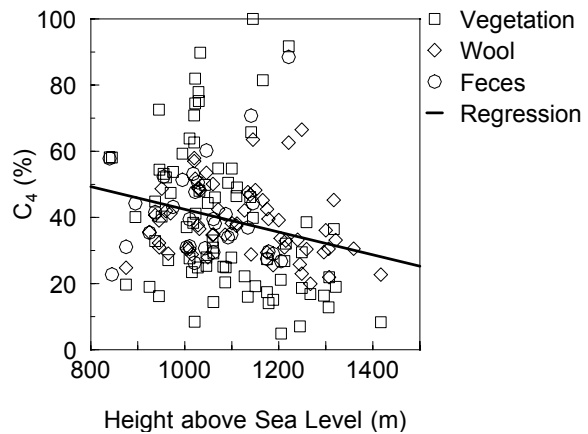


Figure 1:  $\delta^{13}\text{C}$  (a) and  $\delta^{15}\text{N}$  (b) in different ecosystem components of different sites as dependent on altitude

The current proportion of C<sub>4</sub> plants in vegetation was estimated from the vegetation, hair and feces samples using the equation given above (Fig. 2).

Figure 2: Effect of altitude on the proportion of C<sub>4</sub> plants estimated from the <sup>13</sup>C signature of different ecosystem components



This indicated that the content of C<sub>4</sub> plants decreased by 30% ( $\pm 10\%$  SE) per 1000m altitude. This effect may be due at least in part to the effect of altitude on temperature. Extrapolation predicted a C<sub>4</sub> proportion of 77% at sea level. Although the scatter was large the regression was highly significant.

The large residual variation in Fig. 2 indicated that other factors than altitude likely contributed to variation of the C<sub>4</sub> proportion in the region. In addition, the average proportion of C<sub>4</sub> plants in the Steppe was unusually high when compared with that in other natural grasslands at the same latitude (e.g. North America 20%, FRENCH 1979). This may be related to effects of precipitation (MÄNNEL *et al.* 2004), or facilitation of the spread of C<sub>4</sub> grasses and dicots by (over)grazing and associated disturbance (WANG 2002).

The  $\delta^{15}\text{N}$  of vegetation decreased by 2‰ ( $\pm 1\%$  SE) per 1000 m altitude (Fig. 1b). The regression with altitude explained 71% of the variation of  $\delta^{15}\text{N}$ . This result is in accordance with that of studies in other grassland systems, and indicates that volatilization of nitrogen is reduced with increasing altitude, leading to a lesser enrichment of <sup>15</sup>N in the nitrogen remaining in the system. All types of samples exhibited the same effect of altitude on  $\delta^{15}\text{N}$ . However, at the same altitude the sample types differed in  $\delta^{15}\text{N}$ : compared with vegetation it was 5.2‰ ( $\pm 0.2\%$  SE) higher for hair (diet-hair fractionation), 3.1‰ ( $\pm 0.2\%$  SE) higher for soil and 2.0‰ ( $\pm 0.3\%$  SE) higher for feces. The <sup>15</sup>N-enrichment in animal tissues is well-known and occurs in every step within the food chain (HOBSON & WELCH 1992). The <sup>15</sup>N-enrichment of feces has been observed before (STEELE & DANIEL 1978) and may result from excretion of sloughed body tissues or losses of nitrogen from feces prior to sampling. The difference between soil and vegetation is thought to reflect the difference in isotopic signature between bulk nitrogen and plant available nitrogen in the soil (AMUNDSON *et al.* 2003).

## Conclusions

The <sup>13</sup>C data provided evidence for a significant decrease of the proportion of C<sub>4</sub> with increasing altitude. However, there seem to be other factors (perhaps including differences in grazing pressure and associated disturbance) which may cause further variation in the proportion of C<sub>4</sub> plants in the Steppe of Inner Mongolia. The  $\delta^{15}\text{N}$  signatures support the prediction that gaseous losses of nitrogen decreases with increasing altitude in the Steppe.

## Literature

- AMBROSE S.H., DE NIRO M.J., (1986): The Isotopic Ecology of East-African Mammals. *Oecologia* 69:395-406
- AMUNDSON R., AUSTIN A.T., SCHUUR E.A.G., YOO K., MATZEK V., KENDALL C., UEBERSAX A., BRENNER D.L., BAISDEN W.T. (2003): Global patterns of the isotopic composition of soil and plant nitrogen. *Global Biogeochem Cycles* 17:1031(1-10)
- EHLERINGER J.R., CERLING T.E., HELLIKER B.R. (1997): C-4 photosynthesis, atmospheric CO<sub>2</sub> and climate. *Oecologia* 112:285-299

- FRENCH N.R. (1979): Natural Temperate Grasslands - Introduction. In: COUPLAND R.T. (ed): *Grassland Ecosystems of the World: Analysis of Grasslands and their Uses* Cambridge University Press, Cambridge, pp 41-48
- GANNES L.Z., DEL RIO C.M., KOCH P.L. (1998): Natural abundance variations in stable isotopes and their potential uses in animal physiological ecology. *Comp Biochem Physiol A* 119:725-737
- HARRIS D., HORWATH W.R., VAN KESSEL C. (2001): Acid fumigation of soils to remove carbonates prior to total organic carbon or carbon-13 isotopic analysis. *Soil Sci Soc Am J* 65:1853-1856
- HOBSON K.A., WELCH H.E. (1992): Determination of Trophic Relationships Within A High Arctic Marine Food Web Using Delta-C-13 and Delta-N-15 Analysis. *Mar Ecol -Prog Ser* 84:9-18
- HÖGBERG P. (1997): Tansley review No 95 - N-15 natural abundance in soil-plant systems. *New Phytol* 137:179-203
- JONES R.J., LUDLOW M.M., TROUGHTON J.H., BLUNT C.G. (1979): Estimation of the Proportion of C-3 and C-4 Plant Species in the Diet of Animals from the Ratio of Natural C-12 and C-13 Isotopes in the Feces. *J Agric Sci Cambridge* 92:91-100
- KÖRNER C., FARQUHAR G.D., ROKSANDIC Z. (1988): A global survey of carbon isotope discrimination in plants from high-altitude. *Oecologia* 74:623-632
- LUDLOW M.M., TROUGHTON J.H., JONES RJ (1976): A technique for determining the proportion of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> species in plant samples using stable isotopes of carbon. *J Agric Sci* 87:625-632
- MÄNNEL T.T., AUERSWALD K., QING X.L., BAI Y.F., SCHNYDER H. (2004): Isotopic signatures in vegetation and hair of grazing animals along aridity gradients in the steppe of Inner Mongolia. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 6:73-75
- MARIOTTI A., PIERRE D., VEDY J.C., BRUCKERT S. (1980): The abundance of natural nitrogen 15 in the organic matter of soils along an altitudinal gradient. *Catena* 7:293-300
- O'LEARY M.H. (1988): Carbon isotopes in photosynthesis. *Bioscience* 38:328-336
- PYANKOV V.I., GUNIN P.D., TSOOG S., BLACK C.C. (2000): C-4 plants in the vegetation of Mongolia: their natural occurrence and geographical distribution in relation to climate. *Oecologia* 123:15-31
- SCHWERTL M., AUERSWALD K., SCHÄUFELE R., SCHNYDER H. (2005): Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production systems? *Agric Ecosyst Environ* 109:153-165
- SCHWERTL M., AUERSWALD K., SCHNYDER H. (2003): Reconstruction of the isotopic history of animal diets by hair segmental analysis. *Rapid Commun Mass Spectrom* 17:1312-1318
- STEELE K.W., DANIEL R.M. (1978): Fractionation of nitrogen isotopes by animals - a further complication to use of variations in natural abundance of N-15 for tracer studies. *J Agric Sci Cambridge* 90:7-9
- TILSNER J., WRAGE N., LAUF J., GEBAUER G. (2003): Emission of gaseous nitrogen oxides from an extensively managed grassland in NE Bavaria, Germany - II. Stable isotope natural abundance of N<sup>2</sup>O. *Biogeochemistry* 63:249-267
- WANG R.Z. (2002): Photosynthetic pathways, life forms, and reproductive types for forage species along the desertification gradient on Hunshandake desert, North China. *Photosynthetica* 40:321-329
- WEST N.E., SKUJINS J. (1977): Nitrogen Cycle in North-American Cold-Winter Semi-Desert Ecosystems. *Oecologia Plantarum* 12:45-53

# Ertrags- und Qualitätsentwicklung unterschiedlicher Ansaatmischungen zur Restitution von Feuchtgrünland auf einem Niedermoorstandort

J. Müller, M. Kayser, J. Isselstein

Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems der Universität Göttingen  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen

## Einleitung und Problemstellung

Im Rahmen des Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens „Osterfeiner Moor“ geht es neben dem Erhalt und der Entwicklung von naturschutzfachlich bedeutenden Grünlandflächen (BRUX 2001) auch um die Überführung bislang ackerbaulich genutzter Flächen in Dauergrünland.

Grundsätzlich besteht hierzu die Möglichkeit der reinen Auflassung ehemaliger Ackerflächen mit gelegentlicher Pflege der Brachen und allmählich einsetzender Nutzung der Aufwüchse für Futterzwecke (MANCHESTER *et al.* 1999). Dieses Vorgehen hat jedoch entscheidende Nachteile (Erosionsgefahr, Zeitverlust, mangelnde Nutzungswürdigkeit der Aufwüchse, hohe Pflegekosten, Gefahr der Ruderalisierung, unkontrollierte Nährstoffeinträge in die Hydrosphäre), so dass sich die gezielte Ansaat derartiger Flächen für die Etablierung von Grünlandbeständen als sinnvollere Alternative anbietet. Auf diese Art und Weise können die grünlandtypischen bodenbiologischen und bodenphysikalischen Zustände wesentlich schneller wieder hergestellt werden. Gleichzeitig sind mit einer Ansaat die o. a. Nachteile von Selbstbegrünungen zu vermeiden. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach geeigneten Ansaatmischungen für die Grünlandrestitution eutropher Niedermoorstandorte. Idealerweise soll eine geeignete Ansaat kurzfristig der Ruderalflora genügend Konkurrenz machen und hohe Nährstoffentzüge realisieren können, aber langfristig auch den Übergang zu einer möglichst artenreichen und standorttypischen Feuchtgrünlandvegetation bei Beibehaltung der landwirtschaftlichen Nutzungswürdigkeit ermöglichen (MÜLLER 2001). Von besonderem Interesse ist darüber hinaus die Verträglichkeit der geprüften Ansaatmischungen gegenüber den häufig verordneten extensiven Nutzungsregimen.

## Material und Methoden

Zur Prüfung potentiell geeigneter Ansaatmischungen im benannten funktionalen Sinne wurde 1998 eine zweifaktorielle Spaltanlage auf einer ehemaligen Ackerfläche (0,5-1,0 m Niedermoorort mit basal unterlagerter Mudde, im Krumbereich stark degradiert) in vierfacher Wiederholung angelegt (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Faktoren und Faktorstufen des Ansaatversuches zur Grünlandrestitution

Faktoren	Faktorstufen	Abkürzung
1. Ansaatmischung	1.1 bis 1.7 (siehe Tabelle 2)	I - VII
2. Nutzungsregime	2.1 qualitätsorientiert 2.2 naturschutzorientiert	int ext

Der zu Versuchsbeginn mit Grundnährstoffen übersorgte Standort wurde während der gesamten Nutzungsdauer (1999-2002) nicht gedüngt.

Tabelle 2 : Artenzusammensetzung und Aussaatstärken der einzelnen Ansaatmischungen

Art	Sorte	Ansaatmischung						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Lolium perenne	Barmaco	9.5				0.5	1.5	7.0
	Limes	9.5				0.5	1.5	7.0
Festuca pratensis	Predix		9.5			3.0	7.0	3.0
	Lifara		9.5			3.0	7.0	3.0
Phleum pratense	Liganta			9.5		3.0	2.5	2.5
	Thibet			9.5		3.0	2.5	2.5
Festuca arundinacea	Feline				9.5	3.0		
	Elfine				9.5	3.0		
Festuca rubra	Tridano	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
	Gondolin	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
Poa pratensis	Oxford	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	Lato	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Trifolium repens	Milkanova	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5
	Rivendel	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
kg/ha insgesamt		27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	30.2	30.2

(grau hinterlegt = Hauptbestandesbildner; alle Angaben in kg/ha)

Die Grasnarben haben sich entsprechend ihres Saatinventars allgemein erwartungsgemäß etabliert. Auffällig war eine hohe Artenzahl grünlanduntypischer Dikotylar im ersten Hauptnutzungsjahr 1999. Infolge des sehr niederschlagsreichen Winterhalbjahres 1998/1999 waren die autochthonen Arten *Alopecurus geniculatus* und *Glyceria fluitans* bereits in der Etablierungsphase präsent. In der Variante VI konnte sich *Lolium perenne* durchsetzen, da die kritische Aussaatmenge (ARENS 1967) bereits erreicht war. In der nach dem Prinzip einer möglichst vielfältig zusammengesetzten Grasnarbe konzipierten Ansaatmischung V ohne ausgesprochenen Hauptbestandesbildner dominierte dennoch ab dem 2. Hauptnutzungsjahr zunehmend *Festuca arundinacea*. Nach der dritten Überwinterung war *Lolium perenne* nur noch vereinzelt in den Parzellen anzutreffen.

Während sich das extensive Schnittregime an einer zweischürigen Mahdaufgabe mit frühestem Schnitttermin 21.06. orientierte, richteten sich die Nutzungszeitpunkte der konventionellen Schnittvarianten nach der Nutzungswürdigkeit der Bestände sowie der Befahrbarkeit der Flächen.

Tabelle 3: Schnitttermine des Ansaatversuches

HNJ	Nutzungsregime	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
1999	int	02.06.	28.07.	08.09.	04.11.
	ext	23.06.	08.09.	-	-
2000	int	18.05.	27.07.	28.09.	**
	ext	21.06.	07.09.	-	-
2001	int	11.06.	26.07.	10.10.	**
	ext	02.07.	10.10.	-	-
2002	int	05.06.	*	09.10.	**
	ext	*	09.10.	-	-

\*) wegen Flächenüberstau keine Ernte möglich

\*\*) kein nutzungswürdiger 4. Aufwuchs

Bei einer Parzellengröße von 50 m<sup>2</sup> erfolgte eine Kernbeerntung auf 10 m<sup>2</sup> zur Feststellung des Ertrages an Frischmasse. Eine repräsentative Teilprobe davon wurde bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, auf 1mm vermahlen und mittels NIRS (FAL-EQA 99-02, jährlich validiert) auf die Roh Nährstoffgehalte untersucht. Die Berechnung der Nettoenergie-Laktation (NEL) erfolgte nach WEIßBACH *et al.* (1999) auf der Grundlage der enzymunlöslichen organischen Substanz (EULOS).

## Ergebnisse und Diskussion

Am Ende der 4-jährigen Erhebungen konnten signifikante Unterschiede im Energieertrag der einzelnen Ansaatmischungen festgestellt werden (siehe Abb. 1).

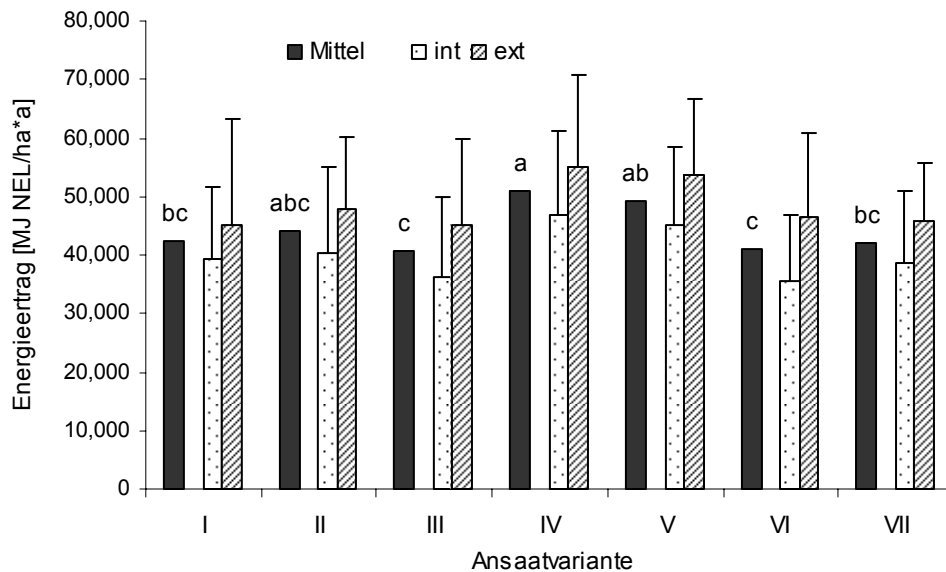


Abb. 1: Energieerträge der einzelnen Ansaatmischungen im Mittel der Hauptnutzungsjahre; unterschiedliche Buchstaben zeigen Signifikanz bei  $p < 0.05$ , error bars= Standardfehler des Mittelwertes

Insbesondere die vom Rohrschwengel dominierten Bestände der Ansaaten IV und V wiesen hohe Energieerträge auf, während sich mit den Ansaaten III und VI die Bestände ohne ausgesprochene Hauptbestandbildner als ertragsschwächer herausstellten.

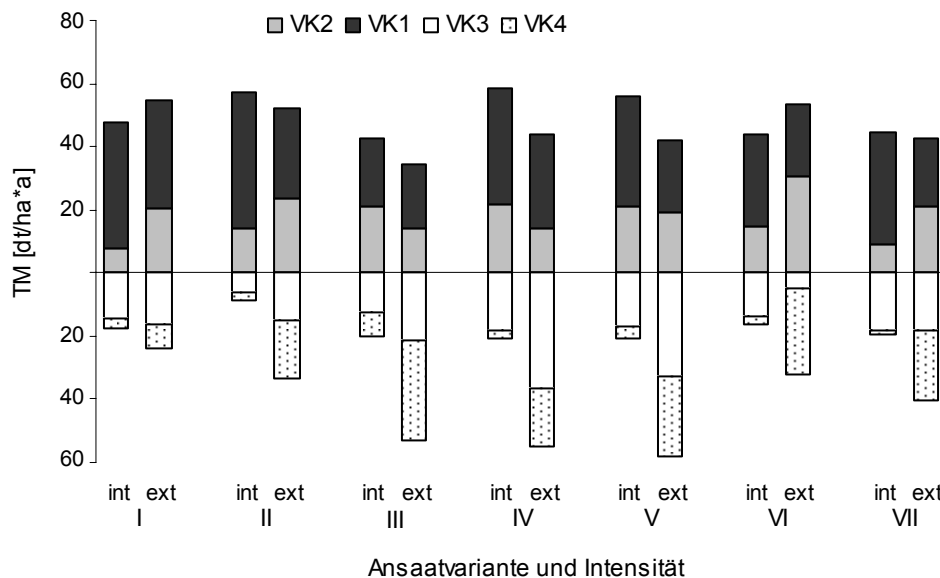


Abb. 2: Durchschnittliche Jahreserträge der intensiv und extensiv genutzten Ansaatvarianten aufgeschlüsselt nach Verwertungskategorien (VK 1-4, siehe Text)

Die extensive Nutzung führte tendenziell zu höheren Energieerträgen, ohne dass diese Beobachtung statistisch abzusichern war. Eine Interaktion Ansaat x Nutzungsregime trat nicht auf.

Wichtiger als der Energieertrag ist für den landwirtschaftlichen Nutzwert jedoch die Verwertbarkeit der einzelnen Aufwüchse in den verschiedenen Verfahren der Tierproduktion. Daher wurden die Aufwüchse zur besseren Beurteilung in vier Verwertungskategorien (VK 1 - VK 4) eingeteilt. VK 1 enthält alle Aufwüchse mit einer Energiekonzentration von  $>6,0$  MJ NEL/kg T, VK 2 Aufwüchse mit einer EK von  $5,6 - 6,0$  MJ NEL/kg T, VK 3 Aufwüchse von  $<5,6$  bis  $5,0$  MJ NEL/kg T und VK 4 Aufwüchse mit weniger als  $5,0$  MJ NEL/kg T. Abbildung 2 macht deutlich, dass die Ansaaten III, IV und V im Hinblick auf ihre Verwertbarkeit besonders empfindlich auf eine extensive Nutzung reagieren, während im Falle der Ansaaten I, II und ferner VI der Anteil des gut verwertbaren Futters auch bei einer naturschutzorientierten Nutzung zumindest nicht dramatisch abfällt.

### **Schlussfolgerungen**

Im Zuge einer Grünlandrestitution kann mit der Wahl der Ansaatmischung gezielt Einfluss auf das Narbenbild sowie die futterbaulich relevanten Eigenschaften von Grünlandbeständen genommen werden.

Rohrschwengel betonte Ansaaten sind den Standortverhältnissen eutrophierter und degradierter Niedermoore gut angepasst. Sie neigen zur Dominanz und sind insbesondere dort zu empfehlen, wo es im Sinne eines Abbaus von Nährstoffüberhängen der rezenten Ackernutzung gilt, hohe Nährstoffentzüge zu realisieren.

Die Verwirklichung der funktionalen Vorzüge des Rohrschwengels im Prozess einer landwirtschaftlich geprägten Nutzungsänderung vom Acker- hin zum Grünland setzt allerdings ein intensives Schnittregime voraus. Anderenfalls wird ein hohes Maß an nicht verwertbarer Biomasse produziert.

Bei einem Vorrang extensiver Schnittregime, wie sie aus Gründen des Wiesenvogelschutzes häufig vorgeschrieben sind, stellt der Wiesenschwengel als Hauptbestandbildner einer Ansaat trotz geringerer Energieerträge die bessere Lösung dar, da ein höherer Anteil des Futters verwertbar ist. Spätes Weidelgras ist dann interessant, wenn unter extensiven Nutzungsaufgaben anfänglich eine hohe Konkurrenzkraft gegenüber dem Einwandern unerwünschter Arten aufzubauen ist.

### **Literatur**

- ARENS, R. (1967): Einfluss der Saatmischung auf Ertrag und Bestandeszusammensetzung von Daueransaaten. *Das Wirtschaftseigene Futter* 3, 29-57
- BRUX, H. (2001): Das E&E-Vorhaben "Osterfeiner Moor": Vorhabensziele, Maßnahmen, Erprobungsthemen und zeitlicher Ablauf 1996-2006. *Landnutzung und Landentwicklung* 42 (6), S. 246-252
- MANCHESTER, S.J., MCNALLY, S., TREWEEK, J.R., SPARKS, T.H., MOUNTFORD, J.O. (1999): The cost and practicability of techniques for the reversion of arable land to lowland wet grassland - an experimental study and review. *Journal of Environmental Management* 55, 91-109.
- MÜLLER, J. (2001): Ansaatmischungen für die Etablierung von Grünlandbeständen auf ackerbaulich genutzten Flächen zum Zwecke der Überführung in extensiv zu bewirtschaftendes Feuchtgrünland. Konzeptpapier im Auftrag der niedersächsischen Naturschutzverwaltung, Vechta (November 2001)
- WEIRBACH, F., KUHLA, S., SCHMIDT, L. u. HENKELS, A. (1999): Schätzung der Verdaulichkeit und der Umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 8 (1999), S. 72

# Methodische Aspekte zur Quantifizierung der N-Düngerausnutzung aus Gülle auf Dauergrünland

D. Nannen<sup>1</sup>, K. Dittert<sup>2</sup>, F. Taube<sup>1</sup>

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

<sup>1</sup> Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung -Grünland und Futterbau / ökologischer Landbau

<sup>2</sup> Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde

## Einleitung und Problemstellung

Die Rationalisierung und Spezialisierung der landwirtschaftlichen Produktion zog in den letzten 50 Jahren einen gesteigerten Düngemiteleinsatz nach sich (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2000), der zwangsläufig zu intensiveren Stoffflüssen in Agrarökosystemen führte.

Auch auf Dauergrünland wurde die Produktivität hinsichtlich TM- und N-Erträgen gesteigert, was sowohl durch den Einsatz von mineralischen Düngemitteln als auch von organischen Wirtschaftsdüngern realisiert wurde. Jedoch sind dem N-Input durch ökonomische, legislative und ökologische Rahmenbedingungen Grenzen gesetzt. So konnte 2000-2002 bei der Überwachung der Grundwasserqualität deutschlandweit an 181 Messstellen mit eindeutigem Bezug zu landwirtschaftlich genutzten Flächen in 56% ein Nitratgehalt gemessen werden, der über dem EU-Trinkwassergrenzwert von 50 mg NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> lag (ANONYMUS, 2004).

Ziel dieser Arbeit ist es, die Ausnutzung von Gülle anhand der <sup>15</sup>N-Verdünnungsmethode zu messen und diese in Vergleich zur Differenzmethode (ANR; Apparent Nitrogen Recovery) zu setzen, um exaktere Angaben über die Ausnutzung und die N-Bilanzsalden zu machen, welche im Kontext der Agrarreformen und der Novellierung der DVO von Relevanz sind.

## Material und Methoden

Das vorliegende Probenmaterial wurde in den Jahren 2000 und 2001 im Rahmen des „N-Projekt Karkendamm“ auf dem Versuchsstandort Karkendamm (53°55'N; 9°55'E; 14m NN; Niederschlag 823,6 mm; Jahresdurchschnittstemperatur 8,4°C) in einem Dauergrünlandversuch erhoben und nun hinsichtlich der <sup>15</sup>N-Gehalte analysiert.

Das Design des Feldversuchs war eine 5x4x2 Split-Plot-Anlage mit den Versuchsfaktoren Nutzungsregime, N-Düngungsstufen und Gülleapplikation, wobei die hier vorgestellten Daten nur aus dem Nutzungsregime Mähweide II stammen, in der die mineralischen N-Stufen (0 kg, 100 kg, 200 kg, 300 kg) variierten und in Teilgaben zu den jeweiligen Aufwüchsen gegeben wurden.

Die <sup>15</sup>N angereicherte Gülle wurde durch die Fütterung von <sup>15</sup>N angereichertem Futter an Rinder gewonnen.

Tabelle 1: Beprobungstermine 2000-2001 im Nutzungssystem Mähweide 2					
	N-Stufe	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
<b>2000</b>	N0	15.5.	26.6.	18.8.	6.10.
	N100	15.5.	26.6.	18.8.	6.10.
	N200	15.5.	26.6.	31.7.	15.9.
	N300	15.5.	26.6.	31.7.	15.9.
<b>2001</b>	N0	21.5.	2.7.	3.8.	7.9.
	N100	21.5.	2.7.	3.8.	7.9.
	N200	21.5.	2.7.	25.7.	31.8.
	N300	21.5.	2.7.	25.7.	31.8.

Die Ausbringung der markierten Gülle (20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) erfolgte jeweils im März auf 0.25 m<sup>2</sup> innerhalb einer Parzelle mittels einer Gießkanne, wobei direkt vor der Applikation eine Probe gezogen wurde, um den exakten <sup>15</sup>N-Gehalt zu dokumentieren. Die Beprobung des

oberirdischen Aufwuchses in den markierten Unterparzellen zu den angegebenen Terminen (Tab. 1) erfolgte mit einer Rasenkantenschere in einer Schnitthöhe von 5 cm.



Anschließend wurden die Proben bei 65 °C getrocknet und mit einer Schwingmühle (Fa. Retsch, Germany) homogenisiert. Die <sup>15</sup>N-Gehalte wurden mit einem Massenspektrometer (delta C, ThermoFinnigan, Bremen, Germany) mit vorgeschaltetem Elementaranalysator ermittelt.

Die Düngerausnutzung der markierten Gülle mittels Isotopenverdünnungsmethode berechnet sich nach HAUCK UND BREMNER (1976):

$$\text{FNR} = (100 \cdot N_Y \cdot \text{ape}_{\text{pla}}) / (N_{\text{sl}} \cdot \text{ape}_{\text{sl}})$$

mit FNR = Fertilizer Nitrogen Recovery [%],  $N_Y$  = N-Ertrag der Gesamtparzelle [kg N/ha],  $\text{ape}_{\text{pla}}$  = atom percent excess der Pflanzenprobe,  $N_{\text{sl}}$  eingesetzte Menge an <sup>15</sup>N-markierter Gülle [kg N/ha],  $\text{ape}_{\text{sl}}$  = atom percent excess der Gülle. Als Standard wurde ein Wert von 0,367180 at% verwendet, der sich aus dem Mittel der natürlichen <sup>15</sup>N-Gehalte aller Aufwüchse ergab.

Die parallel bestimmte ANR errechnet sich nach BECKWITH et al. (2002):

$$\text{ANR} = [(N_{Y_{\text{gül}}} - N_{Y_{\text{fert}}}) / N_{\text{gülapp}}] \cdot 100$$

mit ANR = scheinbare N-Ausnutzung [%],  $N_{Y_{\text{gül}}}$  = N-Ertrag der mit Gülle behandelten Variante [kg N/ha],  $N_{Y_{\text{fert}}}$  = N-Ertrag der korrespondierenden nur mit anorganischem Dünger behandelten Variante [kg N/ha],  $N_{\text{gülapp}}$  = applizierte Gülle-N-Menge [kg N/ha].

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SAS mit mix proc (SAS Institute, 1995) bei einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0.05$ ; eine Korrektur nach dem Bonferroni-Holm-Verfahren wurde vorgenommen.

## Ergebnisse

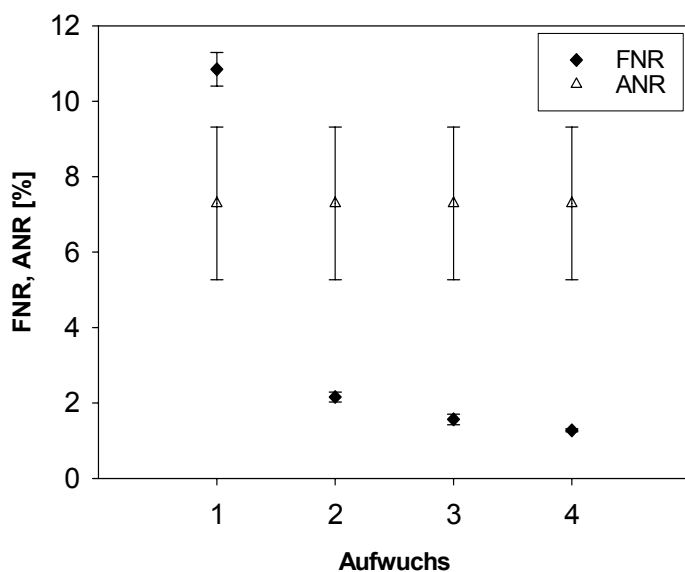


Abb. 1: Düngerausnutzung in den einzelnen Aufwüchsen ermittelt über FNR und ANR (Mittelwerte und Standardabweichungen)

In Abbildung 1 ist die Düngerausnutzung in den Jahren 2000 bis 2001 dargestellt. Da kumulative Effekte zwischen den Jahren nicht ausgeschlossen werden konnten, wurden bei der Berechnung der FNR und der ANR die Mittelwerte über die Versuchsjahre verrechnet. Bei der FNR lag die Gülleausnutzung im ersten Aufwuchs bei 10.85% und fiel dann in den Aufwüchsen 2, 3 und 4 auf 2.16%, 1.57% und 1.28% zurück (Abb. 1). Hierbei unterscheiden sich die Aufwüchse 1, 2 und 3 signifikant voneinander, zwischen Aufwuchs 3 und 4 gab es keinen signifikanten Unterschied.

Die Betrachtung der Effekte und Wechselwirkungen zeigt, dass es hinsichtlich der Faktoren ‚applizierte Mineraldüngermenge‘ und ‚Block‘ keine signifikanten Unterschiede gab (Tab. 2).

Bei der ANR konnte über die Jahre kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Gülleausnutzung in Abhängigkeit vom Aufwuchs und den anderen Effekten festgestellt

werden (Tab. 2). Sie betrug im Mittel über die Jahre 7.29 % mit einem Standardfehler von 1.386.

Tabelle 2: F-Werte, Überschreitungswahrscheinlichkeiten und Signifikanzen der einzelnen Faktoren bei FNR und ANR					
FNR	Effekt	DF	F-Value	Pr>F	Signifikanz
	Block	1	7.42	0.0708	ns
	Nmin	3	2.99	0.1659	ns
	Aufwuchs	3	161.98	<.0001	***
	Nmin x Aufwuchs	9	4.34	0.0626	ns
ANR	Block	1	0.34	0.5971	ns
	Nmin	3	0.92	0.5152	ns
	Aufwuchs	3	3.67	0.0907	ns
	Nmin x Aufwuchs	9	0.88	0.5914	ns

### Diskussion

Da die <sup>15</sup>N-Markierung der Gülle durch eine Fütterung angereicherter Materials erzielt wurde, sind sowohl die sofort verfügbaren mineralischen N-Fractionen (NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>) als auch die langsamer verfügbaren, organischen N-Fractionen der Exkremente angereichert. Somit stehen der Pflanze zu Beginn der Vegetationsperiode drei markierte N-Fractionen zur Verfügung, die potentiell in Biomasse umgesetzt werden können. Bedingt durch die hohen TM-Erträge im ersten Aufwuchs konnten so die vergleichsweise hohen Ausnutzungsraten der Gülle erreicht werden. Im Jahresverlauf sind die Folgeaufwüchse geringer angereichert, da zum einen nur noch die organischen, durch Mineralisation verfügbar gewordenen <sup>15</sup>N-Verbindungen von den Pflanzen aufgenommen werden konnten und zum Anderen auch die TM-Erträge deutlich absanken. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass aufgrund der sich verändernden Sproß-Wurzelverhältnisse im Laufe der Vegetationsperiode mehr Wurzelmasse gebildet wurde, was ebenfalls zu der geringeren <sup>15</sup>N-Wiederfindungsrate in der oberirdischen Biomasse beitrug.

CHADWICK *et al.* (2000) wiesen in einem Laborversuch eine langsame Mineralisation der organischen N-Fraktion über die Zeit nach, was eine relativ niedrige ANR zur Folge hatte. Auch JENSEN *et al.* (2000) zeigten an Winterweizen, dass die organische Fraktion von Gülle über eine längere Zeitspanne hinweg nahezu konstant bleibt, während die Wiederfindungsraten anorganischer N-Fractionen stark von dem aktuellen N-Bedarf des Pflanzenbestandes und auch der Witterung abhängig sind.

Der mittlere ANR-Wert von 7.29 % liegt im unteren Bereich der von VAN DER MEER *et al.* (1987) angegebenen Werte, die bei ähnlichem Versuchsaufbau zwischen 3 % und 41 % lagen. ESTAVILLO *et al.* (1997) erreichten bei deutlich höheren Güllemengen ANR-Werte zwischen 16 % und 70 %; jedoch ist die Gülle in ihrer Untersuchung ohne zusätzlichen Mineraldünger und in Teilgaben zu den einzelnen Aufwüchsen appliziert worden.

Die kumulative FNR der vorliegenden Untersuchung lag im Mittel bei 23.35 % mit einem Standardfehler von 1.2 %. Dies liegt unterhalb der von LANGMEIER *et al.* (2002) ermittelten FNR von 40.7 bis 41.1 %. Die in Karkendamm bestimmte kumulative ANR lag bei 19.42 % mit einem Standardfehler von 7.6 %.

Beim Vergleich der Methoden liegt die über die FNR ermittelte Gülleausnutzung (23.35 %) geringfügig höher als die Ausnutzung, die mittels der Differenzmethode errechnet wurde; der Standardfehler der FNR ist deutlich geringer als der der ANR. Dies stimmt mit Ergebnissen von MUÑOZ *et al.* (2004) überein, die ein Methodenvergleich organischer Dünger in Mais dokumentierten.

## Fazit

Obwohl die kumulativen Mittelwerte beider Methoden in diesem Versuch ähnliche Ergebnisse liefern, bildet die <sup>15</sup>N-Methode die Ausnutzungen in den einzelnen Aufwüchsen dezidierter ab. Durch die Einbeziehung beider Methoden können die N-Flüsse im System valide dokumentiert und besser abgesicherte Handlungsoptionen abgeleitet werden.

## Literatur

- ANONYMUS (2004): Mitteilung der Regierung der Bundesrepublik Deutschland vom August 2004: 3. Bericht gemäß Artikel 10 der Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen ([www.lawa.de/lawaroot/pub/kostenlos/gw/Nitratbericht-2004.pdf](http://www.lawa.de/lawaroot/pub/kostenlos/gw/Nitratbericht-2004.pdf))
- BECKWITH CP, Lewis PJ, Chalmers AG, Froment MA, Smith KA (2002): Successive annual application of organic manures for cut grass: short-term observations on utilization of manure nitrogen. *Grass and Forage Science* 57, 191-202.
- CHADWICK D, John F, Pain BF, Chambers BJ, Williams J (2000): Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 134, 159-168.
- ESTAVILLO JM, Rodríguez M, Lacuesta M, González-Murua C (1997): Effects of cattle slurry and mineral N fertilizer applications on various components of the nitrogen balance of mown grassland. *Plant and Soil* 188, 49-58.
- HAUCK RD, Bremner JM (1976): Use of tracers for soil and fertilizer research. *Advances in Agronomy* 28, 219-266.
- JENSEN LS, Pedersen IS, Hansen TB, Nielsen NE (2000): Turnover and fate of <sup>15</sup>N-labelled cattle slurry ammonium-N applied in the autumn to winter wheat. *European Journal of Agronomy* 12, 23-35.
- LANGMEIER M, Frossard E, Kreuzer M, Mäder P, Dubois D, Oberson A (2002): Nitrogen fertilizer value of cattle manure applied on soils originating from organic and conventional farming systems. *Agronomie* 22, 789-800.
- MUÑOZ GR, Kelling KA, Powell JM, Speth PE (2004): Comparison of estimates of first-year dairy manure nitrogen availability or recovery using Nitrogen-15 and other techniques. *Journal of Environmental Quality* 33, 719-727.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2000): 50 Jahre Bundesstatistik – 50 Jahre Düngemittelstatistik. Mitteilung für die Presse ([www.destatis.de](http://www.destatis.de))
- VAN DER MEER HG, Thompson RB, Snijders PJM, Geurink JH (1987) Utilization of nitrogen from injected and surface-spread cattle slurry applied to grassland. In *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste?* Eds Van der Meer HG, Unwin RJ, Van Dijk TA, Ennik GC. pp47-71. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.

# Conceptual design and results of an outcome-based payment scheme for ecological services of agriculture

A. Richter gen. Kemmermann, S. Klimek, E. Bertke, J. Isselstein

## Introduction

Within the current EU Common Agricultural Policy, agri-environment schemes play an increasingly important role to support biodiversity in agricultural landscapes. In these schemes farmers receive compensation payments for environmental services. Even though these predominantly action-oriented schemes cover a wide range of measures, they often lack efficiency (KLEIJN et al. 2001). To improve efficiency, an interdisciplinary research-project at the Research Centre for Agriculture and the Environment of the University of Goettingen developed an outcome-based payment scheme for plant diversity (GEROWITT et al. 2003b). Within this payment scheme, farmers receive financial support when supplying ecological services or "ecological goods". Ecological goods can be seen as multifunctional services of agriculture and therefore should be rewarded by society (GEROWITT et al. 2003a). This can be done with the help of bidding processes, which provide an efficient use of public money on agricultural land of high value to nature conservation.

## The definition of ecological goods in species rich grassland

Standardized methods for the determination and the control of ecological goods by floristic criteria have been developed (BERTKE 2005). The quality of an ecological good e.g. in grassland fields is determined by the forb species within control plots. Import is either the number of forbs per control plot (minimum = 8 forbs in round control plots with a radius of 2 m = 12.6 m<sup>2</sup>) as well as the existence of regionally defined indicator species, which are named in a catalogue of 40 typical species of extensive grasslands. The number of necessary control plots depends on the size of the grassland field. A minimum of three control plots per field have to be analysed.

The aims to be achieved by the production of these ecological goods are (i) the maintenance of grassland management particularly on marginal sites, (ii) the promotion of regional species-rich types of grassland, and (iii) the conservation of rare plant associations.

## The payment system

The programme is based on fundamental components of market economics such as supply and demand. Farmers offer ecological goods voluntarily in a bidding procedure. The payment scheme is designed as a regional programme and preferences of the local population within the study region will be taken into account by a participatory approach: A regional advisory board decides about the demand for ecological goods. This board consists of local stakeholders of agriculture, nature conservation and local government. These aspects will improve the ecological and economical efficiency of the programme regarding the conservation of biodiversity in agricultural landscapes as well as the acceptance of the programme within agriculture and society.

## The implementation of the outcome based payment scheme

From the beginning of 2004 onwards this outcome-based payment scheme for species-rich grassland was applied to a case study within the administrative district of Northeim in Lower Saxony, Germany.

The implementation of the pilot programme began in 2004 with the bidding procedure. 38 farmers offered their species rich grassland fields in three categories of ecological quality, ranking the ecological goods and defining the necessary height of compensation per hectare by themselves. With the closure of the bidding process 28 farmers could be contracted within the available budget. Thus the pilot programme contained a

participation of 159 species rich grassland fields covering an area of around 288 hectares within the study region.

The control of the demanded species richness is now being carried out from the beginning of May until the end of July 2005. Two of the 28 farmers withdrew their bids in 2005, so that 26 farmers with 265 hectares and 148 grassland fields remained to be controlled. The 148 grassland fields spread on the three defined ecological goods as follows: 175 hectares of the basic "ecological good I" (defined by the existence of minimum 8 forbs per control plot), 53 hectares of the "ecological good II" (8 forbs + 2 target species) and 37 hectares of the most demanding "ecological good III" (8 forbs + 4 target species or alternatively 2 target species of special significance) (Table 1).

Table 1: Results of the bidding procedure for species-rich grasslands in the administrative district of Northeim in 2004 / 2005

		<b>offers</b>	<b>contracts</b>	<b>controlled fields</b>
<b>Participating farmers</b>		38	28	26
<b>participating grasslands</b>	fields	199	159	148
<b>good I</b>	fields	146	109	98
	hectares	251	198	175
<b>good II</b>	fields	35	32	32
	hectares	61	53	53
<b>good III</b>	fields	18	18	18
	hectares	37	37	37

Due to the size of the grassland fields nearly 700 control plots had to be sampled in 2005 to get a complete control of the contracted fields. While in agri-environment schemes co-financed by the European Union a control of just 5 % of the contracted area is obligatory, in this case study a full control should proof the practicability of the new method. By this complete control of participating grassland fields it is possible to verify the targeted precision of the actual definition of ecological goods, as well as to reach a conclusion referring to the ability of farmers to rank the ecological value of their grassland fields by the used catalogue of target species.

The results obtained so far from the control of the pilot programme are as follows: concerning the targeted precision of the regionally defined ecological goods it seems that this system is quite well-working. To proof this the controlled fields will be assigned to their proper ecological goods - unaffected by the ranking carried out by the farmers - and related to their biotope type as well as to the total number and quality of forbs found in the control plots. Thus it shall be proofed that the new agri-environment scheme is effective to conserve and promote the regional biodiversity in the grasslands of Northeim.

In a previous investigation on grassland vegetation in Northeim in 2002 and 2004 it was shown, that there is a significant relationship between the chosen 40 regional target species and the total number of occurring species in the fields (Figure 1). The investigation covered 571 control plots within 122 grassland fields. The most frequently found target species were *Cardamine pratensis*, *Ranunculus acris*, *Alchemilla vulgaris* agg. and *Stellaria graminea* (KLIMEK & RICHTER GEN. KEMMERMANN 2005).

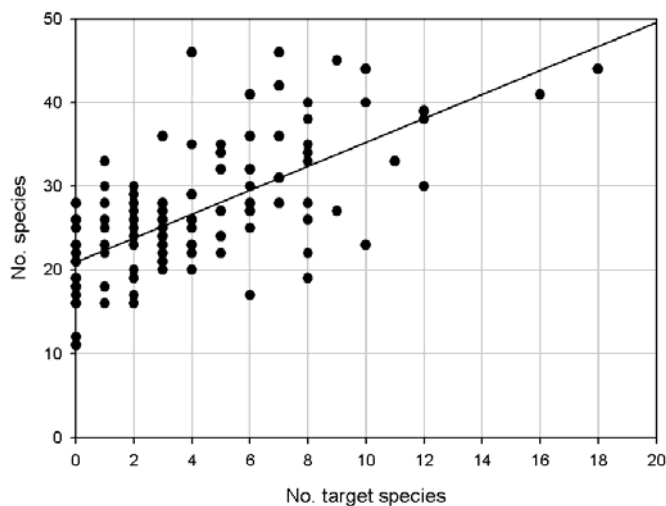


Figure 1: Relationship between target species and the total number of species within the grassland fields investigated in the administrative district of Northeim in 2002 and 2004

N = 122 grassland sites; F = 95.044

R<sup>2</sup>-value = 0.442, P < 0.001

Y = 2.905 + 0.252 × Number of target species (ln x + 1)

An important result of the running programme is that farmer obviously changed their attitude towards species-rich grasslands. Before the pilot programme started farmers' knowledge about grassland forbs was limited to a number of few agriculturally important species such as white clover (*Trifolium repens*) or weeds like common thistles (e.g. *Cirsium arvense*) or sorrels (mainly *Rumex obtusifolius*). Thus many farmers have been cautious in assigning their fields to the ecological goods. Within the 175 hectares of ecological good I, there are many fields which could have been allocated to the higher goods II or III. On the other hand, there are also some few fields which did not meet demanded criteria. Actually farmers' interest and knowledge in species richness definitely increased while participating in the outcome-based programme, as often assumed theoretically (RICHTER GEN. KEMMERMANN 2001).

To achieve a broad acceptance of the new programme within the nationwide agricultural sector and to assure its efficiency in nature conservation, the programme should be offered not only in connection to existing extensification programmes. These programmes often demand the participation of the whole grassland area of a farm. As typical species-rich grasslands and rare plant associations today are usually conserved only in single sites, new outcome-based programmes should allow to reward them more selectively. Even conventional dairy farmers in the study region show great interest in conserving nature within targeted, selective measures. Most of the participating farmers within the pilot programme in Northeim attend with single fields of small size. Nearly half of the participators got contracts for less than 5 hectares (Figure 2). Only few farmers who follow ecological guidelines or already participate in common extensification programmes positioned their whole grassland fields in the programme.

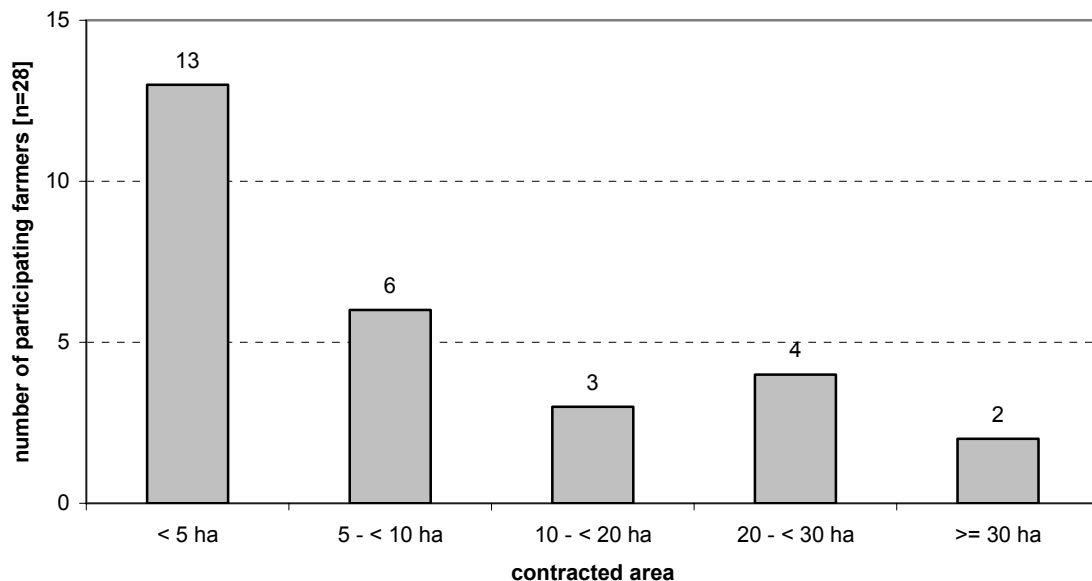


Figure 2: Contracted area of the farmers participating in the pilot programme within the study region of Northeim 2004 / 2005

### References

- BERTKE, E (2005): Ökologische Güter in einem ergebnisorientierten Honorierungssystem für ökologische Leistungen der Landwirtschaft. Herleitung - Definition - Kontrolle. Göttingen Univ. Diss., ibidem-Verlag, Stuttgart. 249 Seiten.
- GEROWITT B, BERTKE E, HESPELT S-K, TUTE C (2003a) Towards multifunctional agriculture – weeds as ecological goods? *Weed Research* 43: 227-235.
- GEROWITT B, ISSELSTEIN J, MARGGRAF R (2003b) Rewards for ecological goods – requirements and perspectives for agricultural land use. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 541-547.
- KLEIJN D, BERENDSE F, SMIT R, GILISSEN N (2001) Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature* 413: 723-725.
- KLIMEK S, RICHTER GEN. KEMMERMANN, A (2005): The relative importance of management and the environment on plant species richness in managed grasslands. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau*, this volume.
- RICHTER GEN. KEMMERMANN, A (2001): Neue Honorierungsmodelle für Umweltleistungen der Landwirtschaft. Agrarumweltprogramme, ergebnisorientierte Honorierung und Ausschreibungsverfahren in der Diskussion mit Landwirten. Unveröffentlichte Diplomarbeit am Institut für Landschaftspflege und Naturschutz, Universität Hannover. 127 S.

# **Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf die Schutzfunktion der Deichanlagen in Sachsen**

G. Riehl, C. Schönemann  
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

## **Einleitung**

Die im Sommer 2002 in Sachsen eingetretenen extremen Hochwassersituationen entlang von Mulde und Elbe haben, auch wenn ihr Ausmaß nicht als allgemeiner Maßstab für künftigen Hochwasserschutz genommen werden sollte, doch unmittelbaren Handlungsbedarf zur Verbesserung der Schutzfunktion von überwiegend mit Gras bewachsenen Deichen aufgezeigt. Diese wiesen vielerorts Schwächen in ihrer Wehrhaftigkeit auf. Ziel eines 2003 und 2004 durchgeführten Forschungsprojektes war es, wichtige Einflussgrößen auf die Gewährleistung der optimalen Deichfunktion an Deichen im Freistaat Sachsen zu untersuchen (RIEHL et al., 2005).

## **Material und Methoden**

2003 und 2004 wurden an 139 Deichabschnitten Untersuchungen durchgeführt. Für die zufällige Auswahl dieser Deichabschnitte wurde über Sachsen ein 6 km-Raster aufgespannt und aus den Schnittpunkten zwischen Raster und Deichen die zu untersuchenden Deichabschnitte festgelegt.

Die Vegetation wurde an den ausgewählten Deichabschnitten mit je 2 Vegetationsaufnahmen an Deichfuß und Deichkrone mittels der Ertragsanteilschätzung (zit. in VOIGTLÄNDER u. VOSS, 1979) erfasst.

Angaben zu Ausbreitungsstrategien und Lebensformtypen der Pflanzenarten, die bei der Durchwurzelung von Bedeutung sind (Rhizome, Ausläufer, Horst- und Rosettenbildner usw.) wurden der „Bioflor“-Datenbank (KRUMBIEGEL, 2002) entnommen.

Die Erfassung der Grasnarbendichte basiert auf einer Methode nach VAN DER ZEE (1992) und LIEBRAND (1999). HUSICKA (2001a u. 2003) verwendete diese Methode ebenfalls für Narbenuntersuchungen an brandenburgischen Elbdeichen und Rheindeichen in Nordrhein-Westfalen. Bei dieser Methode wird mit Hilfe einer Schablone der Abstand zwischen den bewurzelten Trieben gemessen und als Maß für die Grasnarbendichte verwendet. Berechnet wird die mittlere Fehlstellengröße bzw. Grasnarbendichte pro Probenfläche (2 x 6 m).

Parallel zur Vegetationsaufnahme wurden von Mai bis September 2003 auf 126 Deichabschnitten Proben aus dem Oberboden entnommen. Von diesen wurden u. a. Phosphor (CAL, VDLUFA, 1997) und der pH-Wert (VDLUFA, 1997) bestimmt. Die Proben wurden im Unterschied zur für Grünland üblichen Entnahmetiefe (0–10 cm) aus 0–15 cm Bodentiefe entnommen, um den Bereich mit der stärksten Durchwurzelung zu erfassen. Für die Einstufung der Grundnährstoffgehalte im Boden wurden dennoch die Grenzwerte der Versorgungsstufen für Grünland verwendet (LFL, 2002). Der pH-Wert wurde nach AG BODENKUNDE (1994) eingestuft.

2004 wurde eine punktgenaue Abfrage bei den Flussmeistereien zur Deichpflege zu den im Projekt untersuchten Deichabschnitten durchgeführt. In dem Fragebogen wurden Angaben zur allgemeinen Deichpflege, zur Mahd, zur Beweidung, zur Düngung und zur Nachsaat abgefragt.

## **Ergebnisse und Diskussion**

### *Art und Dauer der Deichpflege*

2003 wurden von 139 untersuchten Deichabschnitten 22 beweidet und weitere 27 mit einer Kombination aus Mahd und Beweidung gepflegt. 60 Deichabschnitte wurden gemäht, 19 wurden hingegen überhaupt nicht gepflegt (Abb. 1).



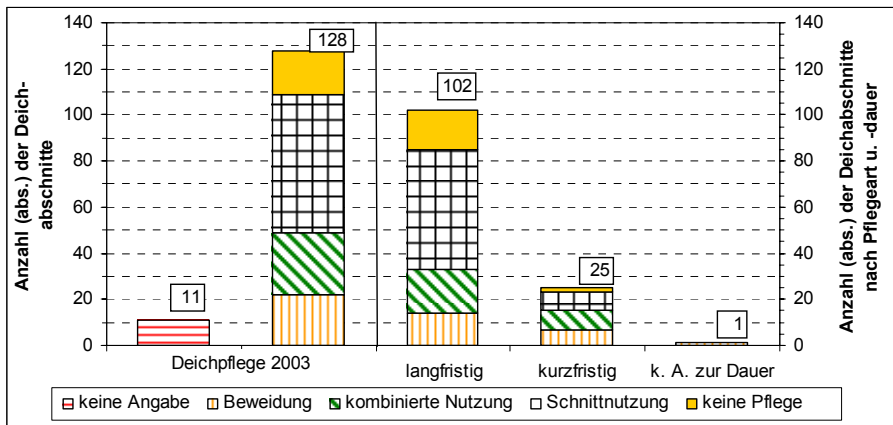


Abb. 1: Art und Dauer der Deichpflege 1993-2003 (n<sub>ges</sub>=139)

Die meisten Deichabschnitte (80 %) wurden langfristig, d. h. seit mehr als 7 Jahren, jedes Jahr der gleichen Pflegemaßnahme unterzogen. Aufgeteilt auf die verschiedenen Verfahren sind dies 64 % der beweideten, 70 % der kombiniert genutzten und 87 % der gemähten Deichabschnitte.

#### Artenverteilung

Von Mai bis September 2003 wurden 422 Vegetationsaufnahmen erstellt, wobei 324 Pflanzenarten nachgewiesen werden konnten. Viele Arten kamen aber nur einmal oder wenige Male vor und nur 12 Pflanzenarten waren in mehr als 100 Aufnahmen vertreten. Aufgrund dieser hohen Variabilität in der Artenzusammensetzung war es nicht möglich, die Deichabschnitte auf Grundlage ihrer Pflanzenartenzusammensetzung in Gruppen einzuteilen.

#### Wuchsformen

JITTLER (2001) fordert für eine „optimale Deichgrasnarbe“ einen hohen Anteil von Gräsern mit 70 % Horstbildnern und jeweils 15 % Arten mit Rhizomen bzw. unterirdischen Ausläufern. Für die sächsischen Deiche wurde diese Schwelle ab 50 % Gräser-Ertragsanteil als erreicht festgesetzt. In 64 % der Vegetationsaufnahmen (272) wurde demnach ein hoher Grasanteil erreicht, wobei bei den gepflegten Deichabschnitten der Gräseranteil signifikant häufiger über 50 % lag als bei den ungepflegten (Abb. 2).

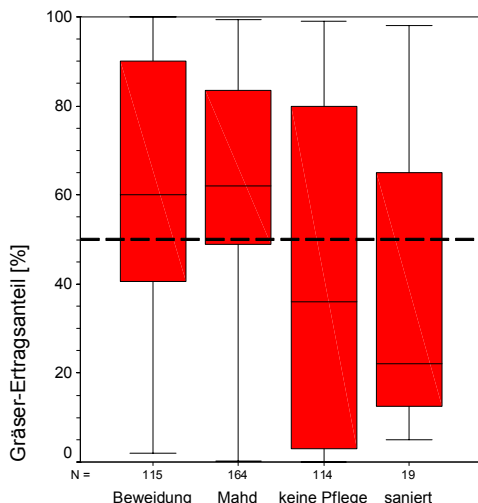


Abb. 2: Ertragsanteil der Gräser bei unterschiedlicher Deichpflege; Median und Interquartilabstand (50 % der Werte) sowie Minimum und Maximum; gestrichelte Linie: Untergrenze des erforderlichen Gräseranteiles.

Der erforderliche Ertragsanteil von 30 % an ausläuferbildenden Gräsern wurde in den Vegetationsaufnahmen häufig deutlich überschritten, während die horstbildenden Gräser meist weit unter dem Mindestanteil von 70 % vorkamen (Abb. 3).

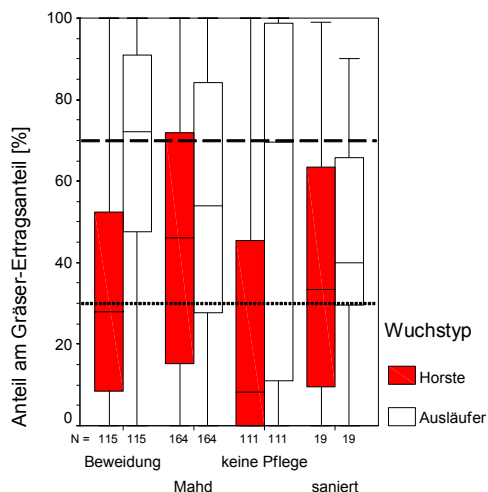


Abb. 3: Anteil der horstbildenden und ausläuferbildenden Gräser; Median und Interquartilabstand (50 % der Werte) sowie Minimum und Maximum; gestrichelte Linie: Untergrenze des erforderlichen Anteiles an horstbildenden Gräsern; gepunktete Linie: Untergrenze des erforderlichen Anteiles an ausläuferbildenden Gräsern.

Rosettenbildner kamen auf den untersuchten Deichabschnitten relativ oft (in 35 % der Vegetationsaufnahmen) vor. Dabei war ihr Vorkommen auf den gepflegten Deichabschnitten signifikant häufiger als auf den ungepflegten. Eine Ursache dafür ist sicher ihr Konkurrenzvorteil auf häufig gemähten Flächen gegenüber Horstbildnern, welche für die Festigung der Grasnarbe günstiger einzuschätzen sind. Der Ertragsanteil der Rosettenbildner lag jedoch nur selten über 10 %, d. h. sie stellen kaum eine ernste Gefährdung dar.

#### Grasnarbendichte

Nach HUSICKA (2001b, unveröff.) ist eine Grasnarbe bei einer mittleren Fehlstellengröße unter 25 cm<sup>2</sup> ausreichend dicht. Die monatliche Erfassung der Grasnarbendichte zeigte, dass sowohl Mahd als auch Beweidung zur Entwicklung einer schützenden Grasnarbe beitragen (Abb. 4 und 5).

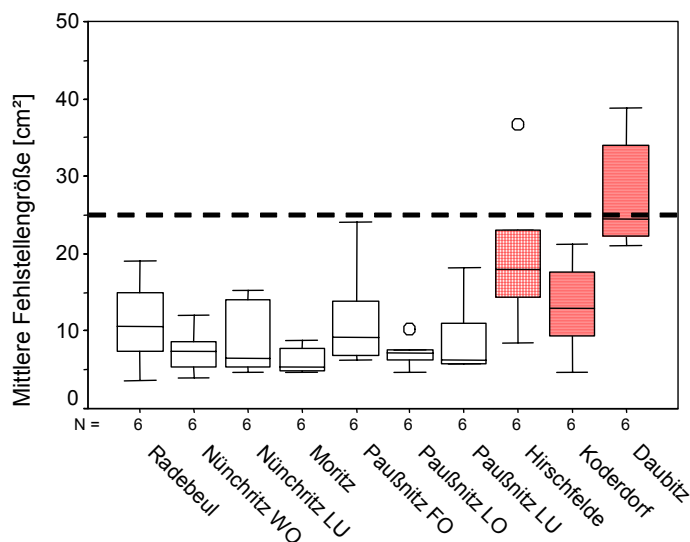


Abb. 4: Mittlere Grasnarbendichte von März - September 2004 auf den gemähten Deichabschnitten; weiß (Elbe), kariert (Lausitzer Neiße), waagrecht gestreift (Weiße Schöps); Median und Interquartilabstand (50 % der Werte) sowie Minimum und Maximum, Kreise (Ausreißer), Sternchen (Extremwerte); Werte über der gestrichelten Linie sind ungenügend (zu lückige Grasnarbe).

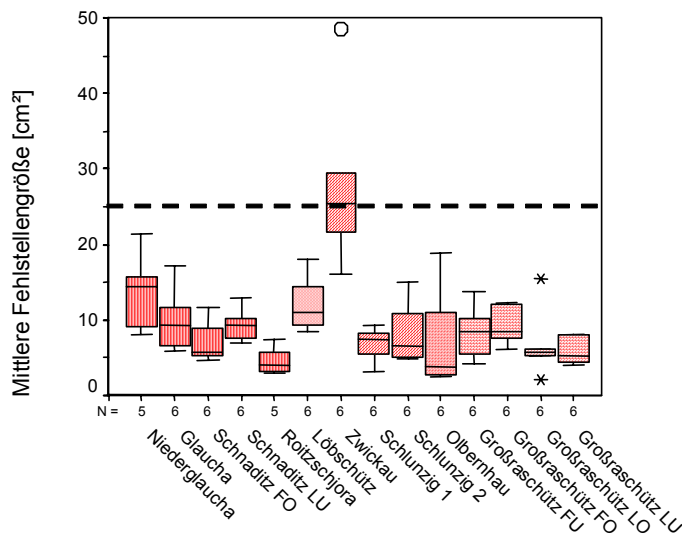


Abb. 5:  
Mittlere Grasnarbendichte von März - September 2004 auf den beweideten Deichabschnitten; senkrecht gestreift (Vereinigte Mulde), gewellt (Weiße Elster), diagonal gestreift (Zwickauer Mulde), gepunktet (Flöha), gemauert (Große Röder); Median und Interquartilabstand (50 % der Werte) sowie Minimum und Maximum, Ausreißer u. (Extremwerte); Werte über der gestrichelten Linie sind ungenügend (zu lückige Grasnarbe).

Auf den Deichen ohne Pflege konnte sich dagegen keine ausreichend schützende Grasnarbe entwickeln.

#### *pH-Werte und Nährstoffgehalte im Boden*

Die Bodenreaktion wurde für 38 % der beprobten 126 Deichabschnitte als sehr stark bis stark sauer eingestuft. 44 % der Deichabschnitte waren im obersten Bodenhorizont mäßig sauer, weitere 17 % schwach sauer.

Für 55 % der Deichabschnitte wäre nach den Anforderungen an Wirtschaftsgrünland eine Gesundungs- oder Aufkalkung erforderlich. Der Anteil der Deichabschnitte mit optimaler Kalkversorgung (Versorgungsstufe C) war mit 25 bis 67 % der Deichabschnitte sehr unterschiedlich, ohne dass ein Einfluss der Pflegeart erkennbar war.

Für 87 % der untersuchten Deichabschnitte wurde ein sehr niedriger bis niedriger Phosphorgehalt im Boden (Versorgungsstufe A oder B) ermittelt.

Der Anteil der mit Phosphor unterversorgten Deichabschnitte war sowohl bei den verschiedenen Deichpflegemaßnahmen als auch bei den Deichabschnitten ohne Pflege annähernd gleich groß.

#### **Handlungsempfehlungen**

Ziel der Deichpflege ist eine relativ dichte Grasnarbe in Verbindung mit einer hohen Durchwurzelungsintensität bis in tiefere Bodenschichten. Entscheidend ist die Nutzungshäufigkeit. Geringer Pflegeaufwand kann zur Verschlechterung der Narbendichte führen, zu häufiger Pflege zu Einschränkungen des Wurzelwachstums. Die Pflege muss in Abhängigkeit vom Wuchsstadium des Bestandes erfolgen, spätestens jedoch dann, wenn die Hauptbestandbildner zu blühen beginnen.

Zur Bewertung der Pflegemaßnahmen wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Parameter ausgewählt.

Für eine optimale Deichpflege in Sachsen sind reine Beweidung oder eine kombinierte Pflege, d. h. Beweidung und Mahd, am besten geeignet. Der Vorteil der Beweidung mit Schafen besteht gegenüber der Mahd darin, dass die Deichoberfläche zusätzlich verfestigt werden kann und keine zusätzlichen Kosten für die Bäumung und gegebenenfalls Entsorgung der Aufwüchse entstehen. Bei einer mehrmaligen Beweidung der Deiche im Jahr ist damit zu rechnen, dass die Wühltiere zunehmend gestört werden und

damit ihr Vorkommen zurückgeht. Außerdem kommt es bei Beweidung zu geringeren Nährstoffzügen als bei regelmäßiger Mahd.

Tabelle 1: Eignung verschiedener Pflegemaßnahmen für Deiche  
(+ (positiv), o (neutral), -(negativ))

Parameter	Beweidung	Kombinierte Pflege	Mahd (meist ohne Düngung)
Problempflanzen	-	o	+
Wühltiere / Bodenverdichtung	+	o	-
Nährstoffzug	+	o	-
Bewertung	1. Rang	1. Rang	3. Rang

Bei der kombinierten Pflege können die positiven Auswirkungen von Mahd und Beweidung zur Entwicklung der Grasnarbe genutzt werden. Insgesamt zeigten sich bei Beweidung und kombinierter Pflege etwas mehr positive Einflüsse auf die Entwicklung der Grasnarbe, als bei reiner Mahd. Kalkung und Grunddüngung sollten bei Unterversorgung des Bodens in Erwägung gezogen werden.

### Literatur

- AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., Hannover: 392 S.
- HUSICKA, A. (2001a): Deiche in Nordrhein-Westfalen - mehr als Hochwasserschutz. Ministerium f. Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: 40 S.
- HUSICKA, A. (2001b): Untersuchungen zur Vegetation und Erosionsfestigkeit ausgewählter Deichgrasnarben in der brandenburgischen Elbtalaue 2001. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, 53 S.
- HUSICKA, A. (2003): Vegetation, Ökologie und Erosionsfestigkeit von Grasnarben auf Flußdeichen am Beispiel der Rheindeiche in Nordrhein-Westfalen. Dissertationes Botanicae 379: 194 S.
- JITTLER, M. (2001): Struktur- und Standortanalysen der Vegetation von Landesschutzdeichen im Elbeästuar : eine Analyse vor dem Hintergrund der Deichsicherheit. Schriftenreihe naturwissenschaftliche Forschungsergebnisse, 65, 283 S.
- KRUMBIEGEL, A. (2002): Morphologie der vegetativen Organe (außer Blätter). Biolflor - Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. In: S. KLOTZ, KÜHN, I., DURKA, W. Bonn, Bad Godesberg, Bundesamt für Naturschutz, S- 93-118.
- LIEBRAND, C., I., J., M. (1999): Restoration of species-rich grasslands on reconstructed river dikes. Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor van de Landbouwniversiteit Wageningen. Wageningen, 217 S.
- LfL, SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2002): Grunddüngung auf Grünland. Faltblatt Grünland "Aktuell". Dresden.
- RIEHL, G. et al. in SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2005): Bewirtschaftung von Deichanlagen. Schriftenreihe der LfL, 10, (im Druck).
- VAN DER ZEE, F. F. (1992): Botanische samenstelling, oecologie en erosiebestendigheid van rivier-dijkvegetaties. V. V. Landbouwniversiteit Wageningen, Plantenoecologie en Onkruidkunde. Wageningen, 271 S.
- VDLUFA (1997): VDLUFA-Methodenbuch. Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik. Band 1. Darmstadt, VDLUFA-Verlag.
- VOIGTLÄNDER, G., VOSS, N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Stuttgart, Ulmer, 207 S.

# Untersuchungen zur Pflanzenartenvielfalt auf extensiver Standweide mit Fleischrindern

N. Sahin, M. Hofmann, K. Röver, J. Isselstein  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen

## Einleitung

Beweidung kann die räumliche Heterogenität der Vegetation ändern und damit die Biodiversität beeinflussen. Biodiversität umfasst u.a. die Artenvielfalt (Artendiversität). Dabei dient die Anzahl der Arten auf einer Fläche oftmals als Indikator für die biologische Wertigkeit der Vegetation. Die Artenzahl und -zusammensetzung ist abhängig von den Umweltbedingungen und den Konkurrenzverhältnissen in der Vegetation, und sie wird beeinflusst von der Bewirtschaftungsart und -intensität. Es liegen Untersuchungen zu Veränderungen der Artenvielfalt unter extensivierter Schnittnutzung vor (BERENDSE et al. 1992, NÖSBERGER 1993, DYCKMANS et al. 1999), aber es ist wenig bekannt über die botanische Diversität auf extensiv genutzter Standweide. Daher wurde in dem vorliegenden Versuch geprüft, welchen Einfluss die Beweidungsintensität auf Artenzahl und -zusammensetzung hat. Zusätzlich wurde der Einfluss der eingesetzten Rinderrasse auf die botanische Diversität untersucht.

## Material und Methoden

Das Grünland der Versuchsfläche wurde seit über zehn Jahren als extensive Standweide genutzt und weder gedüngt noch mit Pflanzenschutzmitteln behandelt. Der hier vorgestellte Versuch wurde im Rahmen des EU-Projekt 'FORBIOBEN' durchgeführt. Dazu wurde im Frühjahr 2002 auf einer Grünlandfläche des Versuchsgutes Relliehausen der Universität Göttingen ein mehrjähriger Weideversuch mit wachsenden Ochsen eingerichtet. Die Versuchsfläche wurde als Standweide mit niedrigem Tierbesatz (Zielnarbenhöhe 12 cm) entweder durch Ochsen der Rasse Fleckvieh (Variante LC) oder der Rasse Deutsch Angus (Variante LT) beweidet, sowie bei hohem Tierbesatz (Zielnarbenhöhe 6 cm) mit Ochsen der Rasse Fleckvieh (Variante MC). Alle Varianten waren in Form einer Blockanlage dreifach wiederholt, die Parzellengröße betrug jeweils 1 ha.

Im Frühjahr 2002 wurden zu Beginn des Versuches in jeder Parzelle gleichmäßig verteilt zehn Dauerquadrate von je 1m<sup>2</sup> angelegt. Während der drei Versuchsjahre wurden in diesen Dauerquadraten dreimal pro Weidesaison die botanische Zusammensetzung und der Deckungsgrad der einzelnen Arten erhoben (Frühling/Sommer/Herbst). Die mittlere Artenzahl je Parzelle ergab sich aus dem Mittel der 10 Dauerquadrate (1 m<sup>2</sup>) der Parzelle. Da angenommen wurde, dass sich unter dem Standweide-System eine mosaikartige, heterogene Grasnarbe entwickelt mit Bereichen (bzw. Quadraten), in denen Arten verloren gehen und anderen Bereichen, in denen Arten neu hinzukommen, wurde die Gesamtartenzahl je Parzelle anhand der Artenzahl in der aufsummierten Fläche von 10 x 1m<sup>2</sup> berechnet. Diese Gesamtartenzahl wird im Folgenden akkumulierte Artenzahl genannt. Um die Heterogenität innerhalb einer Parzelle und deren zeitliche Entwicklung in den verschiedenen Varianten zu vergleichen, wurde der Bray-Curtis-Index (BC-Index) berechnet. Dieser Index beschreibt die quantitative Ähnlichkeit der botanischen Zusammensetzung von je zwei Bestandsaufnahmen (bzw. Dauerquadraten). Je Parzelle wird der BC-Index als Mittel aus den resultierenden 45 zweiseitigen Vergleichen der zehn Dauerquadrate nach untenstehender Formel (MAGURRAN 2004) berechnet. Der BC-Index variiert zwischen 0 und 1, wobei der maximale Wert von 1 vollständige Identität in der Artenzusammensetzung von zwei Quadraten beschreibt.

Bray Curtis Index:  $S_{bc} = 2w / (B+C)$

$S_{bc}$  = Bray-Curtis Index, wobei  $w$  = Summe des jeweils niedrigsten Deckungsgrades der gemeinsamen Arten in Dauerquadrat 1 und 2,  $B$  = Summe der Deckungsgrade aller Arten in Quadrat 1,  $C$  = Summe der Deckungsgrade aller Arten in Quadrat 2

## Ergebnisse und Diskussion

### Mittlere und akkumulierte Artenzahl

Tabelle 1 zeigt die Mittelwerte und die Ergebnisse der varianzanalytischen Verrechnung der mittleren Artenzahl je Dauerquadrat (von 1 m<sup>2</sup>). Zum ersten Termin lag die mittlere Artenzahl in den drei geprüften Varianten und drei Versuchsjahren zwischen 10 und 11. Es konnte kein signifikanter Effekt der Variante auf die mittlere Artenzahl festgestellt werden. Vom ersten bis zum dritten Termin nahm die mittlere Artenzahl in allen drei geprüften Varianten und drei Versuchsjahren tendenziell ab. Zum dritten Termin war der Effekt des Jahres signifikant und die Wechselwirkung Jahr \* Variante tendenziell vorhanden. Dies ist darin begründet, dass die Artenzahl über drei Versuchsjahre in der Variante LC konstant geblieben ist, wogegen sie in den Varianten MC und LT zunächst in 2003 abnahm und dann in 2004 über den Wert des Jahres 2002 anstieg. Dies kann vermutlich darauf zurückgeführt werden, dass das Jahr 2003 extrem trocken war. Deshalb waren die vorhandenen Arten in 2003 zum Teil ohne oberirdische Blattmasse und daher nicht erkennbar.

Tabelle 2 zeigt die akkumulierte Artenzahl für die aufsummierte Fläche (10 m<sup>2</sup>) aller zehn Dauerquadrate je Parzelle. Die akkumulierte Artenzahl variierte zwischen 22 und 25 zum ersten Termin in allen drei Jahren. Die akkumulierte Artenzahl zeigte eine ähnliche Tendenz wie die mittlere Artenzahl und nahm vom ersten bis zum dritten Termin in jedem Versuchsjahr ab. Der Einfluss der geprüften Faktoren war zum ersten und zweiten Termin nicht signifikant, zum dritten Termin war die Bedeutung des Jahres statistisch gesichert mit signifikant höherer akkumulierter Artenzahl in 2004 verglichen mit 2002.

Tabelle 1: Mittelwert (Standardfehler) und Varianzanalyse der mittleren Artenzahl je 1 m<sup>2</sup>

Variante	1.Termin			2.Termin			3.Termin		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
MC	10,5 (0,8)	11,0 (1,6)	11,1 (1,7)	10,3 (1,0)	10,4 (1,0)	10,8 (1,4)	11,1 (1,0)	10,6 (1,3)	11,6 (1,0)
LC	10,8 (0,7)	11,0 (0,5)	11,2 (0,4)	10,0 (1,0)	10,4 (1,0)	10,2 (0,1)	10,4 (0,7)	10,6 (1,0)	10,4 (0,3)
LT	10,8 (0,8)	10,6 (0,9)	11,2 (1,4)	10,8 (0,3)	10,0 (0,4)	10,3 (1,2)	10,9 (0,4)	10,0 (1,1)	11,1 (0,7)
ANOVA	Signifikanz (P-Werte)								
Jahr (J)	0,504			0,650			0,018		
Variante	0,976			0,905			0,409		
$\hat{J} \hat{V}$	0,894			0,279			0,054		

Allgemein wird davon ausgegangen, dass sowohl bei zu intensiver Nutzung als auch bei Brachfallen der Fläche die Artenzahl zurückgeht (PEETERS & JANSSENS 1998) und dass bei extensiver Bewirtschaftung die Artenzahl am höchsten ist bzw. ansteigen kann (NÖSBERGER 1993).

Dass im Rahmen des dreijährigen Beweidungsexperiment eine Differenzierung in der Artenzahl zwischen den Varianten nicht gefunden wurde, kann in der vergleichsweise kurzen Untersuchungsdauer begründet sein (BAKKER et al. 2003). Auch ein Effekt der Rinderrasse auf die Artenzahl konnte nicht festgestellt werden.

Zu Beginn des Weideversuches befand sich die akkumulierte Artenzahl in allen Varianten auf nahezu gleichem Niveau. Durch die Beweidung veränderte sich die Artenzahl vom ersten bis zum dritten Jahr aber jeweils nur am dritten Termin im Verlauf der Zeit. Um den Einfluss der verschiedenen Beweidungsintensitäten auf die langfristige Veränderung der Artenzahl zu verdeutlichen, ist es notwendig, länger andauernde Versuche durchzuführen.

Tabelle 2: Mittelwert (Standardfehler) und Varianzanalyse der akkumulierten Artenzahl je 10 m<sup>2</sup>

Variante	1.Termin			2.Termin			3.Termin		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
MC	22,7 (2,5)	23,0 (3,0)	23,3 (3,5)	19,7 (2,5)	20,7 (0,6)	21,7 (2,1)	18,3 (0,6)	19,7 (1,5)	20,7 (2,1)
LC	23,0 (1,0)	22,7 (1,5)	24,0 (4,4)	19,7 (1,2)	21,0 (2,0)	21,3 (2,3)	20,0 (1,0)	18,0 (1,0)	20,0 (2,7)
LT	23,0 (2,7)	23,0 (2,0)	25,0 (3,0)	22,3 (3,5)	21,7 (1,5)	23,3 (3,1)	20,0 (1,0)	18,3 (0,6)	22,7 (1,5)
ANOVA	Signifikanz (P-Werte)								
Jahr (J)	0,425			0,256			0,010		
Variante	0,956			0,619			0,372		
$\hat{J} \hat{V}$	0,949			0,698			0,167		

#### Quantitative Ähnlichkeit

Tabelle 3 zeigt die mittlere Ähnlichkeit in der quantitativen Artenzusammensetzung angegeben als Bray-Curtis Index (BC-Index). Zum ersten Termin variierte der BC-Index zwischen 0,51-0,62 in den drei Varianten und drei Versuchsjahren. Es wurden keine signifikanten Effekte der Variante oder des Jahres auf den Bray-Curtis Index für den ersten Termin festgestellt. Im ersten Versuchsjahr (2002) nahm der Bray-Curtis Index und somit die Ähnlichkeit der Artenzusammensetzung der untersuchten Dauerquadrate vom ersten zum dritten Termin in allen Varianten zu. Im Jahre 2003 war dies umgekehrt mit höheren Ähnlichkeiten zum ersten Termin verglichen mit dem zweiten und dritten Termin. Im Jahr 2004 ist das zeitliche Verhalten der Varianten unterschiedlich. Zum zweiten Termin ist die Wechselwirkung Jahr \* Variante signifikant. Dies ist verursacht durch die mit den Versuchsjahren deutlich ansteigende Ähnlichkeit in der Variante MC, wogegen in den Varianten LC und LT die Ähnlichkeit abnimmt.

Das kann wahrscheinlich darauf zurückgeführt werden, dass das Vorkommen von *Lolium perenne* sich in den drei Varianten unterschiedlich veränderte. Während es in fast allen Quadraten von MC vom ersten zum dritten Versuchsjahr zu einer starken Zunahme des Deckungsgrades von *L. perenne* kam, blieb der Deckungsgrad dieser Art in einigen Quadraten von LC und LT gleich oder nahm ab und in anderen Quadraten breitete sich *Dactylis glomerata* aus. *D. glomerata* verdrängt bei extensiver Nutzung bzw. einer nicht zu häufigen Entblätterung durch Verbiss oder Schnitt (NÖSBERGER & OPITZ VON BOBERFELD 1986), besonders unter Trockenheitsbedingungen wie sie im zweiten Versuchsjahr vorherrschten, andere Arten. Für intensivere Formen der Beweidung, auch wenn sie unter ‚low-input‘ Bedingungen erfolgen, ist bekannt, dass sie die Entwicklung von *L. perenne* begünstigen können (HOFMANN et al. 2001).

Tabelle 3: Mittelwert (Standardfehler) und Varianzanalyse des Bray-Curtis Index

Variante	1.Termin			2.Termin			3.Termin		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
MC	0,51 (0,03)	0,61 (0,05)	0,62 (0,06)	0,53 (0,03)	0,57 (0,04)	0,59 (0,04)	0,54 (0,05)	0,57 (0,04)	0,56 (0,02)
LC	0,52 (0,02)	0,55 (0,04)	0,51 (0,06)	0,62 (0,04)	0,53 (0,02)	0,51 (0,03)	0,60 (0,01)	0,55 (0,05)	0,53 (0,03)
LT	0,54 (0,06)	0,57 (0,04)	0,55 (0,07)	0,59 (0,05)	0,49 (0,04)	0,51 (0,05)	0,61 (0,06)	0,54 (0,09)	0,49 (0,04)
ANOVA	Signifikanz (P-Werte)								
Jahr (J)	0,055			0,056			0,216		
Variante	0,760			0,600			0,944		
$\hat{J}^{\hat{V}}$	0,353			0,033			0,356		

### Zusammenfassung

Es kommt in der relativ kurzen Untersuchungszeit von drei Jahren zwar rasch zu einer deutlichen Veränderung der quantitativen Artenzusammensetzung aber nicht zu einer Veränderung der Artenzahl. Jedoch kann erwartet werden, dass mit zunehmender Differenzierung der Narbenstruktur in den extensiven Varianten auch die Artenzahl beeinflusst wird.

### Literaturverzeichnis

- BAKKER, J. P., BOS D., STAHL J., DE VRIES Y UND JENSEN A. 2003. Biodiversität und Landnutzung in Salzwiesen. Nova Acta Leopoldina. Leopoldina –Symposium vom 2. bis 5. Oktober 2001 in Bremen. 163-194.
- BERENDSE, F., OOMES, M.J.M., ALTENA, H.J UND ELBERSE TH. W. 1992. Experiments on the restoration of species-rich meadows in the Netherlands. Biological Conservation. 59-65.
- DYCKMANS, A., H. MACK & F. WEISSBACH (1999). The effect of grassland extensification on yield, forage quality and botanical composition at different grassland locations. Landbauforschung Völkenrode, SH 206, 125-139.
- HOFMANN M., KOWARSCH N., BONN S UND ISSELSTEIN J. 2001. Management for biodiversity and consequences for grassland productivity. Grassland Science in Europe 6, 113-116.
- MAGURRAN A. E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell, Australia.
- NÖSBERGER J., OPITZ VON BOBERFELD W. 1986. Grundfutterproduktion. Parey, Berlin.
- NÖSBERGER J. 1993. The Swiss Grassland System. Grazing Management BGS Symposium No.28, 95-103.
- PEETERS, A. UND JANSSENS, F. 1998. Species-rich grasslands: diagnostic, restoration and use in intensive livestock production systems. Grassland Science in Europe 3, 375-393.



# Humus dynamics in a grazed ecosystem - revealed by $^{15}\text{N}$ signatures in cattle hair

M. Schwertl, K. Auerswald, R. Schäufele, H. Schnyder  
Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

## Introduction

Grazed ecosystems can be sources or sinks for carbon (C) and nitrogen (N). The formation or mineralization of humus causes fixation or release of these elements, respectively. Detection of such fluxes is difficult due to their complexity, and temporal and spatial variability. Yet, N released by mineralization of humus may be taken up by plants and, might be detected on the basis of its N isotope signature ( $\delta^{15}\text{N}$ ). This signal is passed forward to the grazing animal, and is recorded in its hair. Tail switch hair of cattle contains a  $^{15}\text{N}$ -record of approx. 1 year (SCHWERTL *et al.* 2003).

The  $^{15}\text{N}$  signature of plants is determined by that of their N sources. N from biological fixation or mineral fertilizers has a  $\delta^{15}\text{N}$  close to 0‰ (HÖGBERG, 1997), while atmospheric deposition in areas with high amounts of fossil fuel burning has a  $\delta^{15}\text{N}$  of about -4‰ (BRAGAZZA *et al.* 2005). Ammonia ( $\text{NH}_3$ ) emissions are heavily depleted in  $^{15}\text{N}$  compared to the aqueous ammonium  $\text{NH}_4^+$  source (UREY, 1947). Thus, losses of  $\text{NH}_3$  (and of other gaseous N forms) leads to increasing  $\delta^{15}\text{N}$  of soil N in grassland ecosystems (FRANK *et al.* 2000; SCHWERTL *et al.* 2005).

Here we test the hypothesis that (a) N from humus mineralization has a higher  $\delta^{15}\text{N}$  value than other potential N sources, and that (b) this is reflected in higher  $\delta^{15}\text{N}$  values in hair of cattle grazing on sites with humus mineralization than on sites with humus accumulation.

## Material and Methods

The study was conducted at the Grünschwaige Grassland Research Station, near Freising, Germany (AUERSWALD, 2001). The whole grassland (136 ha) is used for feeding cattle in cow-calf-operations, and steer and heifer fattening. During the vegetation period (April to October) the animals are kept on permanent pastures (paddock size: 2-8 ha) which are located on different sites: old grassland on drained peat soil ("peat soil") which is subject to ongoing humus mineralization, and new grassland on formerly cropped mineral soils ("mineral soil"), which were sown with clover-grass mixtures between 1997 and 2000. From November to April the animals are kept in the stable and fed with grass silage and hay harvested from non-grazed areas. Meadows are exclusively fertilized with dung and liquid manure collected during the winter stable keeping period.

Small strands of hair were plucked from the tail switch of individual animals at the beginning and end of the grazing seasons 2001-2003 and at the end of the grazing season 2004. For 2003 hair from 20 animals which were kept on 5 different paddocks on each site (2 animals/pasture) were chosen for further analysis. From cow A (grazing only peat soil sites), cow C (only mineral soil sites), and cow K (mineral soil site in 2003, and peat soil site in 2004) long term records for different sites were obtained by analyzing hair from 2001-2004. Two hairs of each sampling date and animal were cut into 1-cm-long sections and alternate sections were analyzed for  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  (see below).

The legume content of swards was estimated on four 1 m<sup>2</sup> permanent quadrats per paddock three times per year (May, July and September) in 1999-2003. On mineral soil sites estimations started in the second year after seeding. Top soil (0-10 cm) samples were collected along a diagonal transect (1 soil core every 20 m) in each paddock in

October 2004. Soil samples were oven-dried (24 h, 40°C), sieved (<2 mm), and homogenized in a ball mill.

Individual 1-cm-long hair sections or aliquots of soil samples (0.7-5.0 mg) were enclosed in tin cups (4x6 mm) and analyzed for their  $^{15}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}$  signature and C and N content on an elemental analyzer (NA 1110, Carlo Erba, Milan, Italy) interfaced (Conflo II, Finnigan MAT, Bremen, Germany) with an isotope ratio mass spectrometer (Delta Plus, Finnigan MAT). Carbon isotope data are not reported here.  $^{15}\text{N}$  signatures are presented in the conventional form:  $\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}})-1]*10^3$ , with R the  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  ratio in the sample or AIR-standard.

Organic carbon was taken as a proxy for soil humus content. It was determined from soil carbon content after fumigation with 12M HCl (HARRIS *et al.* 2001). Hair sections were assigned to time periods by using the overlapping  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  hair patterns of subsequently sampled hair from individual animals (SCHWERTL *et al.* 2003).

## Results and discussion

### Hair $\delta^{15}\text{N}$ signatures

Long term  $\delta^{15}\text{N}$  hair records of all cows showed a strong seasonal pattern (Fig. 1). Shifting animals from stable to pasture or vice versa was always followed by a distinct change in hair  $^{15}\text{N}$  signatures. During each grazing season  $^{15}\text{N}$  signatures for animals on the peat soil site were higher than for animals on mineral soil. Between 2001 and 2004 the mean site difference of grazing periods was 2.3‰ (range: 1.8 to 2.6‰). During the winter stable period  $^{15}\text{N}$  signatures of animals were similar. A high degree of similarity was also found for cows C and K in grazing season 2003 when they both were kept on the mineral soil site (although in different paddocks).

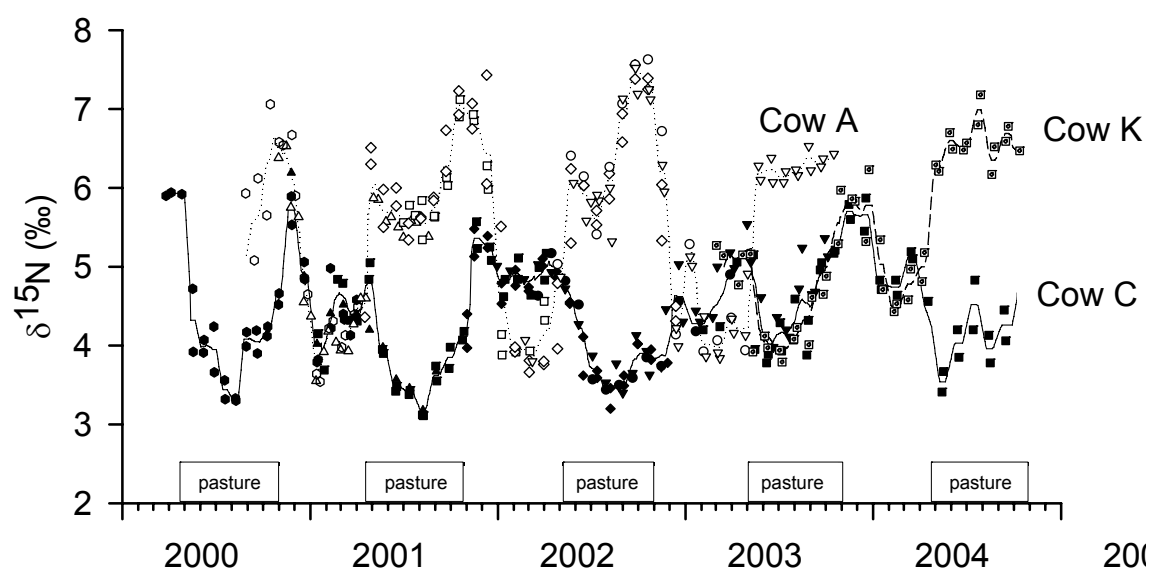


Figure 1: Long term hair  $\delta^{15}\text{N}$  signatures of cow A (open symbols, peat soil), cow C (closed symbols, mineral soil) and cow K (open symbol with hair cross, mineral soil 2003, peat soil 2004) with interpolation lines. Symbol shape differs with sampling date.

The close similarity of  $\delta^{15}\text{N}$  within sites was confirmed when comparing 5 paddocks (2 animals per paddock) for each site. The 95% confidence interval for each site was less than  $\pm 0.4\text{‰}$  over the whole grazing period 2003 (Fig. 2). During stable feeding the difference in  $^{15}\text{N}$  signatures between animal groups was less than  $0.3\text{‰}$ . After shifting to

pasture, however, the  $^{15}\text{N}$  signature of animals on peat soil increased by about 1.5‰, while it decreased by about 0.7‰ on mineral soil within 3 weeks. However, over the grazing period mineral soil  $^{15}\text{N}$  signatures increased, thus reducing the  $\delta^{15}\text{N}$  difference between sites. Taking into account a 3 weeks period for saturation of the isotopic signal, the mean difference between sites in 2003 was 1.4‰. Peat soil had consistently higher  $^{15}\text{N}$  signatures than mineral soil. Yet, there were variations over grazing periods and between years and pastures.

#### N sources

Total soil  $^{15}\text{N}$  signatures of sites were not different ( $p>0.05$ ) with an overall mean of 4.7‰ ( $\pm 0.5$  SD) and, thus, could not explain the hair  $^{15}\text{N}$  differences between sites. Also, the soil C/N ratio was similar on both sites (10.6  $\pm 0.6$  SD). Yet, the organic carbon content on mineral soil was only 6.0% ( $\pm 2.1$  SD), while it was 18.5% ( $\pm 2.9$  SD) on peat soil. Assuming that isotopic fractionation during mineralisation of humus was the same on both sites, our results suggest that N derived from mineralization of humus contributed more N to plant growth on the peat soil site.

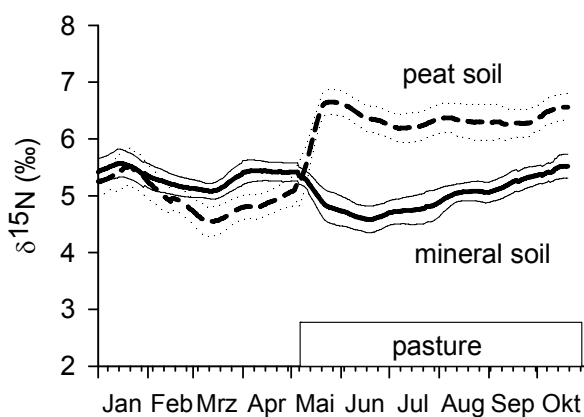


Figure 2:  $\delta^{15}\text{N}$  in hair for different sites (mean  $\pm$  95% CI for 10 animals kept on 5 pastures corresponding to one site, respectively, in 2003)

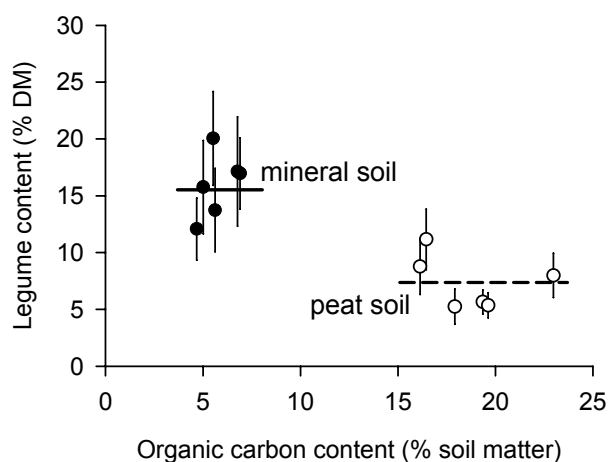


Figure 3: Long-term mean legume content ( $\pm$  95% CI) of pastures dependent on organic carbon content. Horizontal lines indicate

This interpretation was supported by a significantly ( $p<0.05$ ) lower legume content in swards on peat soil than on mineral soil (Fig. 3). Also, the legume content and, probably, the N supply of non-legumes *via* animal excreta (mainly urea) may explain some effects on  $^{15}\text{N}$  hair signatures: relatively high  $^{15}\text{N}$  signatures for mineral soil in grazing season 2003 coincided with low legume contents (data not shown) and a complete disappearance of legumes during summer drought. Similarly, the remarkably similar pattern in grazing  $^{15}\text{N}$  signatures from cow C in 2000 and 2001, and in cow A in 2001 and 2002 matched the pattern of increasing legume contents in the sward until the middle of the grazing season (data not shown) and a growing contribution of  $^{15}\text{N}$ -enriched excreta to vegetation N supply during progression of the grazing season. The latter was probably independent of sites as grazing pressure was similar (data not shown). Drought effects on legume content in 2003 might also be a reason for different  $\delta^{15}\text{N}$  patterns in 2003 on both sites. Possibly, drought conditions also increased  $\text{NH}_3$  losses and, thus, reduced the importance of animal excreta N (and, thus, its  $^{15}\text{N}$  signature) for plant growth.

The consistently higher  $^{15}\text{N}$  signatures on peat soil were probably caused by a higher contribution of N from peat mineralisation compared to N fixation by legumes and atmospheric deposition. When assuming (a) a  $\delta^{15}\text{N}$  of 4.7‰ for N from humus mineralization, and (b) a  $\delta^{15}\text{N}$  of -1‰ for the sum of above-ground biomass N from biological fixation and atmospheric deposition, (c) a constant  $\delta^{15}\text{N}$  difference between soil N and plants (HÖGBERG, 1997), (d) a constant  $\delta^{15}\text{N}$  difference between diet and hair (SCHWERTL *et al.*, unpublished data), and (e) a similar loss of  $\text{NH}_3$  on both sites, then the contribution of humus N to plant growth on peat soil was about 40% higher than on mineral soils. This is in agreement with the information obtained from  $^{13}\text{C}$  measurements, which indicated a substantial peat mineralization on the peat soil site (AUERSWALD *et al.* 2005).

## Conclusions

The present data indicate that  $^{15}\text{N}$  signatures along tail switch hair of grazing cattle can reveal dominant features of N fluxes within grassland systems. This is due to characteristic differences in the  $^{15}\text{N}$  signature of different N sources. Further, hair  $\delta^{15}\text{N}$  enabled integration of the temporal and spatial variability in N-cycling in the grassland system. On drained and, hence, degrading peat soil N released from humus contributed about 40% more to nutrition of the sward than on the mineral soils.

## Literature

- AUERSWALD, K. (2001): Grünschaige. [www.weihenstephan.de/gs](http://www.weihenstephan.de/gs). verified on 12 June 2005
- AUERSWALD K, SCHWERTL M, SCHÄUFELE R, SCHNYDER H (2005): Let the sheep do the sampling - Tierhaare als Werkzeug der Ökosystemanalyse. In: *Rundgespräche der Kommission für Ökologie* 30, Dr Friedrich Pfeil Verlag, München, in press
- BRAGAZZA, L., LIMPENS, J., GERDOL, R., GROSVERNIER, P., HAJEK, M., HAJEK, T., HAJKOVA, P., HANSEN, I., IACUMIN, P., KUTNAR, L., RYDIN, H., TAHVANAINEN, T. (2005) Nitrogen concentration and delta N-15 signature of ombrotrophic Sphagnum mosses at different N deposition levels in Europe. *Global Change Biology* 11, 106-114
- DE NIRO, M.J., EPSTEIN, S., (1981): Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45, 341-351
- FRANK, D.A., GROFFMAN, P.M., EVANS, R.D., TRACY, B.F. (2000): Ungulate stimulation of nitrogen cycling and retention in Yellowstone Park grasslands. *Oecologia* 123, 116-121
- HARRIS, D., HORWATH, W.R., VAN KESSEL, C. (2001): Acid fumigation of soils to remove carbonates prior to total organic carbon or carbon-13 isotopic analysis. *Soil Science Society of America Journal* 65, 1853-1856
- HÖGBERG, P. (1997): Tansley review No 95 - N-15 natural abundance in soil-plant systems. *New Phytologist* 137, 179-203
- SCHWERTL, M., AUERSWALD, K., SCHÄUFELE, R., SCHNYDER, H. (2005): Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production systems? *Agriculture Ecosystems & Environment* 109, 153-165
- SCHWERTL, M., AUERSWALD, K., SCHNYDER, H. (2003): Reconstruction of the isotopic history of animal diets by hair segmental analysis. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 17, 1312-1318
- UREY, H.C. (1947): The thermodynamic properties of isotopic substances. *Journal of the Chemical Society (London)*, 562-581

# **Ein Bewertungsindex zur Bestandescharakterisierung in intensiv genutzten Grünlandvegetationen - Vorstellung eines DBU-Projektes zur Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren für spezialisierte Milchvieh-Futterbaubetriebe -Erste Ergebnisse-**

K. Treyse, F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland & Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

## **Hintergrund**

In dem Stipendenschwerpunktes „Indikatoren für eine nachhaltige Landnutzung“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) werden verschiedene acker- und pflanzenbauliche Themen zusammengefasst, die sich mit einer Nachhaltigkeitsbewertung von landwirtschaftlichen Betrieben befassen. Ziel ist es, mit den Ergebnissen der einzelnen Arbeiten das bisher ausschließlich für Ackerbausysteme validierte Betriebsmodell REPRO (Reproduktion der Organischen Bodensubstanz) zu vervollständigen, um die Anwendbarkeit in der Praxis als Leitungs- und Beratungsinstrument zu erhöhen. Die vorgestellte Arbeit beschäftigt sich mit der Nachhaltigkeitsbewertung von spezialisierten Milchvieh-Futterbaubetrieben. In einem ersten Arbeitsschritt ist ein aggregiertes Bewertungsverfahren zur Abschätzung des Leistungs- und Qualitätspotentials von Grünlandbeständen entwickelt worden, das in REPRO integriert werden soll.

## **Einleitung**

Seit 1940 wurden in verschiedenen europäischen Ländern Methoden entwickelt, um mehr oder weniger artenreiche Grünlandbestände zu bewerten, ohne aufwendige chemische Analysen durchführen zu müssen (VOIGTLÄNDER & VOSS, 1979). Auch ein neuerer Ansatz aus den USA (COSGROVE et al., 2001) leitet aus einer indikatorgestützten Bewertung rein visuell Bewirtschaftungsempfehlungen ab.

Das Ziel des hier vorgestellten Ansatzes ist es, eine Abschätzung des Ertrags- und Qualitätspotentials von Beständen vornehmen zu können.

Es handelt sich um einen konsekutiven Ansatz, der in zwei Schritten erfolgt. Als Indikatoren werden Ansätze anderer Arbeiten aufgegriffen (KLAPP, 1949, 1965, 1971; COSGROVE et al., 2001), die durch weitere Parameter ergänzt werden.

Schritt 1, rein visuell: erhebt den Anspruch, ohne weitere chemische Analysen, Aussagen bezüglich des Leistungspotenziales eines Bestandes zu liefern.

Schritt 2, laboranalytisch: berücksichtigt zusätzlich Qualitätsparameter, Bodenversorgungsstufen und Werte aus vorhandenen Datenquellen (z.B. Futtermittelanalysen, Bodenanalysen), die in die Bewertung integriert werden, um eine umfassendere Bewertung zuzulassen.

In Tabelle 1 sind diese Indikatoren zunächst zusammengestellt und werden im Folgenden kurz charakterisiert.

## **Konzept des Indices**

Jeder Indikator wird in einer Bewertungsfunktion auf einer Skala von 0 (=schlecht) bis 1 (=sehr gut) beurteilt. Die Bewertungsfunktionen verlaufen in Abhängigkeit vom zu betrachtenden Indikator linear oder auch als Optimumsfunktion. Zur Gesamtauswertung werden die einzelnen Indikatoren bei gleicher Gewichtung addiert (nach COSGROVE et al., 2001). Für den Fall, dass keine Qualitätsanalysen und Ertragszahlen vorliegen, wird der Mittelwert aus den Indikatoren der Stufe 1 gebildet (bestehend aus 4 Indikatoren). Im zweiten Fall (bei Vorliegen geeigneter Datensätze) gehen 9 Indikatoren in die Bewertung ein.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Indikatoren im Bewertungsindex zur Bestandescharakterisierung

	<b>Indikator</b>	<b>Messeinheit</b>
<b>Stufe 1</b>	Durchschnittliche Futterwertzahl des Bestandes	(nach KLAPP)
	Leguminosenanteil im Bestand	(in %)
	Unkräuter /-gräser	(in %)
	Lückigkeit des Bestandes	(in %)
<b>Stufe 2</b>	Energieertrag pro Fläche	(in GJ NEL ha-1)
	N-Effizienz	(in kg TM kg-1 N)
	Energiedichte	(in MJ ME kg-1 TM bzw. MJ NEL kg-1TM)
	Rohproteingehalt	(in g kg-1 TM)
	Bodenversorgungsstufen (für P, K, Mg, pH-Wert)	A, B, C, D, E

### Indikatoren der Stufe 1

#### 1 Durchschnittliche Futterwertzahl des Bestandes

Grundlage dieses Indikators ist die Einteilung der Arten nach KLAPP (1949, 1965, 1971). In typischen Beständen, die zur Grundfutterproduktion genutzt werden (Mähweiden und Weiden mit intensiver Nutzung und Düngung), ist entscheidend, welche Arten mit welchen Trockenmasseanteilen an der Ertragsbildung beteiligt sind (OPITZ VON BOBERFELD, 1994). Diese angesprochenen Bestände sind durch die intensive Nutzungsform hoch spezialisiert, so dass sich nur wenige Arten in den Beständen behaupten können (SPATZ, 1994). Hauptbestandsbildner ist in der Regel das Deutsche Weidelgras, mit einem als positiv zu bewerteten Futterwert (FWZ=8).

#### 2 Leguminosenanteil

Leguminosen sind wichtige Stickstoffquellen im Bestand (DYCKMANN, 1986), die in der Bewertung der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden müssen, da sie die Stickstoffeffizienz und auch die Energieeffizienz beeinflussen (KELM, 2003). Leguminosen steigern die Futterqualität durch ihre gute Verdaulichkeit. Bei Anteilen zwischen 20-35 % sind Leguminosen positiv zu bewerten (WACHENDORF & TAUBE, 2001; WACHENDORF, 2002), wobei dem Weißklee in intensiv genutzten Beständen besondere Bedeutung zukommt (LEX, 1992). Es ergibt sich eine Optimumsfunktion.

#### 3 Unkräuter/-gräser

In intensiv bewirtschafteten Grünlandbeständen gewinnen unerwünschte Arten wie die Wurzelunkräuter, z.B. stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*), und als Grasart die Quecke (*Agropyron repens*) zunehmend an Bedeutung (PÖTSCH, 2001). Zu unterteilen ist in obligate (z.B. Ampfer) und fakultative Unkräuter /-gräser (z.B. Löwenzahn, *Taraxacum officinale*), wobei die obligaten Unkräuter schon mit geringen %-Anteilen negativ zu beurteilen sind (linearer Abfall in der Bewertung), während die fakultativen Unkräuter in Größenordnungen bis 20 % noch tolerierbar sind (OPITZ VON BOBERFELD, 1994), dann aber auch ein lineares Absinken der Bewertung aufgezeigt wird.

#### 4 Lückigkeit des Bestandes

Der Indikator „Lückigkeit“ des Bestandes weist auf unterlassene Pflegemaßnahmen hin (TAUBE, 2001). Die Schätzung der „Lückigkeit“ eines Bestandes ist von entscheidender Bedeutung, da durch diese die Einwanderung unerwünschter Arten gefördert werden kann. Schon geringe %-Anteile mindern das Leistungspotential des Bestandes, so dass eine abnehmende lineare Funktion besteht.

## **Indikatoren der Stufe 2**

### *5 Energie-Ertrag (GJ NEL) je Flächeneinheit (ha)*

Zur Charakterisierung des Ertragspotenzials eines Bestandes und als Kalkulationsgrundlage für die Futterrationsberechnung dient der Energieertrag. Der Energieertrag als Indikator beschreibt den Netto-Energieertrag, wobei Silierverluste nicht enthalten sind. Er geht in die Berechnung der Energiebilanz eines Betriebes ein (KELM, 2003).

### *6 Stickstoff-Effizienz (kg TM kg<sup>-1</sup> N)*

Die Effizienz der N-Düngung kann entweder als scheinbare N-Ausnutzung (ANR) oder als scheinbarer N-Effekt (ANE) ausgedrückt werden (DEENEN, 1994). Aus dieser Kenngröße lassen sich optimale N-Düngungsmengen ermitteln. Als Indikator dient in diesem Indikatoransatz der erreichbare TM-Ertrag, der pro kg N-Einsatz erreichbar ist (ANE). Ergebnisse von TROTT (2003), PRINS (1983) und MORRISON et al. (1980) zeigen deutliche Unterschiede zwischen der N-Effizienz zwischen den Nutzungssystemen Weide und Schnitt. Geringe N-Effizienzen sind ein Hinweis auf potentielle N-Verluste.

### *7 Futterwert/ Energiedichte (in MJ NEL kg<sup>-1</sup> TM)*

Der Energiegehalt von Grünlandaufwüchsen stellt einen Qualitäts-Schlüsselparameter dar, da aus Sicht der Tierernährung die Energiedichte des Futters den erstlimitierenden Faktor für die tierische Leistung (Milch, Fleisch) darstellt (SÜDEKUM, 1997). Höchste Energiedichten sind Voraussetzung für eine hohe Futteraufnahme von Grünlandaufwüchsen.

### *8 Futterwert/ Rohproteingehalt (in g kg<sup>-1</sup> TM)*

Der Rohproteingehalt ist als zweiter Qualitäts-Schlüsselparameter anzusprechen, denn er gibt zum einen Auskunft über die Grundfutterqualität des zu verfütternden Materials aus Sicht einer leistungsgerechten Wiederkäuerfütterung (SÜDEKUM, 1997), zum anderen ist er eng verbunden mit der Stickstoffeffizienz im Milchvieh-Futterbaubetrieb (TROTT, 2003). Die Rohproteingehalte stehen in direkter Beziehung zur Stickstoffverwertungseffizienz.

Für diesen Indikator liegt eine Optimumsbeziehung vor, die für die Systeme Weide und Schnitt zu differenzieren ist.

### *9 Bodenversorgungsstufe für die Grundnährstoffe und den pH-Wert*

Hohe Futtererträge und gute Futterqualität setzen eine ausreichende Versorgung mit den Grundnährstoffen Phosphor, Kalium und Magnesium sowie die Einstellung einer standortangepassten Bodenreaktion (pH-Wert) voraus (DLG, 2002). Die Versorgungsstufe beurteilt die absolute Verfügbarkeit der Nährstoffvorräte für die kommende Vegetation unter den jeweils vorliegenden Standortverhältnissen (ANONYMUS<sub>1</sub>, 2003). Die daraus abgeleitete Grunddüngung wirkt sich in erster Linie auf die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes und somit auf den Futterwert aus, in zweiter Linie ist sie ertragswirksam.

## **Zusammenfassung**

In Rahmen des vorliegenden Projektes wird ein aggregiertes Indikatorset entwickelt, mit dem eine Bestandescharakterisierung von Grünlandbeständen möglich ist. Der Unterschied dieses Bewertungsindex zum derzeitigen Stand im Vergleich zu den bereits bestehenden, ist das zweistufige Verfahren, das es ermöglicht, nicht nur eine grobe Abschätzung des Leistungspotentials des Grünlandbestandes vorzunehmen, sondern außerdem bei Vorhandensein geeigneter Datensätze eine quantitative Bewertung zu integrieren.

## Literatur

- ANONYMUS<sup>1</sup>, 2003: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Hrsg.): Richtwerte für die Düngung. Ausgabe 2003.
- COSGROVE, D., CROPPER, J. & D. UNDERSANDER, 2001: Guide to Pasture Condition Scoring & Pasture Condition Score Sheet. United States Department of Agriculture & Natural Resources Conservation Service.
- DEENEN, P.J.A.G., 1994: Nitrogen use efficiency in intensive grassland farming. Doctoral thesis, Department of Agronomy, Agricultural University, Wageningen.
- DLG (DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT) (HRSG.), 2002: Grünlandbewirtschaftung- produktiv und umweltgerecht. DLG-Merkblatt 328.
- DYCKMANN, A., 1986: Die Bedeutung des Weißklee (*Trifolium repens* L.) im Dauergrünland- sein Beitrag zur Ertragsleistung und Stickstoffversorgung bei abgestuft intensiver Nutzung. Diss. Gesamthochschule Kassel.
- KELM, M., 2003: Strategies for sustainable agriculture with particular regard to productivity and fossil energy use in forage production and organic arable farming. Dissertationsschrift. Agrarwiss. Fakultät Univ. Kiel. 2004.
- KLAPP, E., 1949: Landwirtschaftliche Anwendungen der Pflanzensoziologie. Ulmer, Stuttgart 1949.
- KLAPP, E., 1965: Grünlandvegetation und Standort. Paul Parey, Berlin & Hamburg 1965.
- KLAPP, E., 1971: Wiesen und Weiden. Paul Parey, Berlin & Hamburg, 1971, 4. Aufl.
- LEX, J., 1992: Beitrag des Weißklee (*Trifolium repens* L.) im Gemenge mit Gräsern zur Ertragsbildung des Pflanzenbestands und zum Futterwert der Erntemasse. Diss. TU München Weihenstephan.
- OPITZ VON BOBERFELD, W., 1994: Grünlandlehre- biologische und ökologische Grundlagen. Ulmer. Stuttgart.
- PRINS, W.H., 1983: Limits to nitrogen fertilizer on grassland. Doctoral thesis, Agricultural University, Wageningen.
- PÖTSCH, E.M., 2001: Wissenswertes zur mechanischen und chemischen Ampferbekämpfung. 7. Alpenländisches Expertenforum „Bestandesführung und Unkrautregulierung im Grünland- Schwerpunkt Ampfer“. Tagungsbericht, BAL Gumpenstein, 75-81.
- SPATZ, G., 1994: Freiflächenpflege. Ulmer. Stuttgart.
- SÜDEKUM, K.H., 1997: Aufnahme, Verdaulichkeit und ruminaler Nährstoffumsatz bei Wiederkäuern. Habilitationsschrift, Agrarwiss. Fak., Univ. Kiel.
- TAUBE, F., 2001: persönliche Mitteilung.
- TROTT, H., 2003: Mittelfristige Auswirkungen einer variierten Bewirtschaftungsform und N-Intensität auf Leistungsparameter und die Stickstoffbilanz von Dauergrünland. Dissertationsschrift. Agrarwiss. Fakultät Univ. Kiel. 2003
- WACHENDORF, M., 2002: Umwelt- und Managementeffekte auf Leistungsparameter und die Überwinterung von Weißklee/Gras-Gemengen. Habilitationsschrift, Agrarwiss. Fak., Univ. Kiel.
- WACHENDORF, M. & F. TAUBE, 2001: Artenvielfalt und Leistungsmerkmale des Dauergrünlands im konventionellen und ökologischen Landbau in Nordwestdeutschland. Pflanzenbauwiss. 2 (2001), 75-87.
- VOIGTLÄNDER, G. & N. VOSS, 1979: Methoden der Grünlanduntersuchung und –bewertung. Ulmer. Stuttgart.