

Mitteilungen der
Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau
Band 10

**Futterbau und Klimawandel:
Grünlandbewirtschaftung
als Senke und Quelle
für Treibhausgase**

53. Jahrestagung der AGGF
vom 27. 29. August 2009
in Kleve

C. Berendonk und G. Riehl (Hrsg.)

Futterbau und Klimawandel:

Grünlandwirtschaft als Quelle und Senke vom Klimagasen

Mitteilung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 10

Referate und Poster der 53. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 2009 in Kleve

Herausgeber: C. Berendonk und G. Riehl

Redaktionsschluss: Juli 2009

Druck: Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

ISBN: 978-3-00-028565-3

Vorwort

Auf Einladung der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen fand die 53. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland- und Futterbau (AGGF) der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. vom 27. bis 29. August 2009 nach 22 Jahren wieder einmal in Kleve im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen statt.

Das Schwerpunktthema der diesjährigen Tagung lautete "Futterbau und Klimawandel – Grünlandbewirtschaftung als Senke und Quelle für Treibhausgase". Damit wurde eine Thematik aufgegriffen, die in den letzten Jahren immer mehr Aktualität und Bedeutung in unserer Arbeit gewonnen hat.

Zunächst wurde im Rahmen von Plenarvorträgen ausführlich in das Tagungsthema eingeführt. Anschließend wurde der aktuelle Kenntnisstand zur Emissionsproblematik bei der Grünlandnutzung und zur Ökobilanzierung in der Landwirtschaft in weiteren Vorträgen vorgestellt und diskutiert. Daneben gab es folgende thematisch zugeordnete Postersektionen, in denen aktuelle Ergebnisse der Futterbauforschung präsentiert wurden:

- Düngung und Nährstoffflüsse
- Energie
- Futterbau und Klimawandel
- Futterqualität und Fütterung
- Weidehaltung
- Freie Themen

Insgesamt wurden über 50 wissenschaftliche Beiträge präsentiert. Die Kurzfassungen der Vorträge und Poster sind in diesem Band enthalten. Die vorliegende Schrift stellt mit ihren vielfältigen Beiträgen somit eine gute Übersicht über die aktuelle Forschungstätigkeit im Bereich der Futterbau- und Grünlandwirtschaft dar.

Im Rahmen eines halbtägigen Besichtigungsprogramms wurden die Versuchsarbeiten der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick vorgestellt. Eine ganztägige Exkursion gab Einblick in aktuelle Fragen der Grünlandbewirtschaftung am Niederrhein mit einem Blick über die nahegelegene Grenze zu den Niederlanden.

Die Organisation und Durchführung der Tagung wäre ohne die vielfältig zuteil gewordene Hilfe nicht möglich gewesen. Allen Beteiligten im Organisationsteam sei daher besonders herzlich gedankt. Unser besonderer Dank gilt auch den Sponsoren der Tagung, die die Durchführung großzügig unterstützt haben.

Johannes Frizen

Präsident der Landwirtschaftskammer
Nordrhein-Westfalen

Dr. Gerhard Riehl

Leiter der Arbeitsgemeinschaft
Grünland und Futterbau

Wir danken den folgenden Sponsoren ganz herzlich für Ihre Unterstützung:



Inhaltsverzeichnis

Vorträge

Bedeutung des Grünlands in Nordrhein-Westfalen	1
<i>A. Schink</i>	
Klimawandel und Futterbau	7
<i>F. Taube</i>	
Anmerkungen zu CO₂-Footprints für Lebensmittel tierischer Herkunft	25
<i>G. Flachowsky und S. Hachenberg</i>	
Zur Folgenabschätzung möglicher Klimaänderungen auf die Landwirtschaft in NRW	30
<i>W. Buchner</i>	
Standort- und klimabedingte Variation von Grünlandwachstum und Grünlandnutzung in NRW	37
<i>C. Berendonk</i>	
Grünland als Quelle und Senke für N₂O	47
<i>N. Wrage</i>	

Postersektion: Düngung und Nährstoffflüsse

Injektion von Ammonsulfatlösung im Dauergrünland	53
<i>C. Berendonk</i>	
Neue Versuchsergebnisse zur Auswirkung mechanischer Bodenbelastung auf Dauergrünland	57
<i>M. Diepolder, S. Raschbacher, R. Brandhuber, Th. Kreuter</i>	
Können Güllebehandlungen Geruch und gasförmige Emissionen reduzieren?	61
<i>S. Gottardi, G. Peratoner, P. Egger, L. Grandi</i>	
Effiziente Futterwirtschaft und Nährstoffflüsse in Futterbaubetrieben	65
<i>B. Köhler, H. Spiekers, M. Diepolder, M. Demmel</i>	
Einfluss von P- und N-Düngung auf Struktur und Lichtverteilung in naturnahem Grasland mit unterschiedlicher Artenvielfalt	69
<i>U. Petersen, J. Isselstein</i>	
Veränderungen des Gehaltes an Organischer Substanz von landwirtschaftlichen Böden in den Niederlanden zwischen 1970 und 2004	73
<i>J.A. Reijneveld, J. Van Wensem, K. Oerlemans, M. Reinders, und O. Oenema</i>	
Lachgasemissionen auf intensiv genutztem Grünland in Abhängigkeit von Bodenverdichtung und Stickstoffdüngung	79
<i>M. Schmeer, R. Loges, D. Nannen, M. Senbayram und F. Taube</i>	
Der Einfluss von Grünlanderneuerung mit einer eingeschobenen Ackerzwischennutzung auf die Stickstoffflüsse im System Boden-Pflanze	88

Inhaltsverzeichnis

M. Schmeer, R. Loges und F. Taube

Effekt von Düngung und Graslanddiversität auf Produktivität und Futterqualität	92
---	-----------

M. Seither, N. Wrage, J. Isselstein

Postersektion: Energie

Einfluss der Biodiversität auf Heizwert und Energieertrag extensiver Wiesenbestände	98
--	-----------

T. Fricke, W. Weisser, A. Weigelt, M. Wachendorf

Anbau und bioenergetische Verwertung von Extensivgrünland in Überschwemmungsgebieten nordhessischer Fließgewässer durch eine Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse	101
---	------------

F. Richter, R. Graß und M. Wachendorf

Nutzung des mehrschnittigen Ackerfutters im Energiepflanzen-anbau auf verschiedenen Standorten in Brandenburg	105
--	------------

K. Schmalzer und K. Neubert

Gras und Mais als pflanzliche Energierohstoffe für die Biogasnutzung	109
---	------------

U. Sölter, F. Höppner, J.M. Greef

Grundwasserbelastung durch Biogas?	113
---	------------

N. Svoboda, B. Wienforth, H. Mehrtens, H. Kage, F. Taube, A. Herrmann

Verbrennung von Grünlandaufwüchsen: CO₂- und Energieeinsparpotenzial	117
--	------------

B. Tonn, U. Thumm, W. Claupein

Biogas vom Grünland – Methanertrag und kurzfristige N-Wirksamkeit von Gärresten	121
--	------------

B. Wienforth, A. Herrmann, K. Sieling, S. Ohl, E. Hartung, F. Taube, H. Kage

Postersektion: Futterbau und Klimawandel

Zum Einfluss der Witterung auf Grundwasserdynamik und Biomasseproduktion von Niedermoorgrünland	125
--	------------

L. Dittmann, R. Schönfeld-Bockholt

Einfluss von Sorte und Nutzung auf Bestandesdichte und Ertrag von Luzerne	129
--	------------

H. Giebelhausen

Einfluss der Beregnung auf Futterertrag und –qualität von Bergwiesen in Südtirol	135
---	------------

G. Peratoner, S. Gottardi, U. Figl, A. Kasal, A. Bodner, M. Thalheimer

Postersektion: Futterqualität und Fütterung

Analyse des Anbaupotentials tanninreicher Futterpflanzen	139
---	------------

M. Goeritz, R. Loges und F. Taube

Inhaltsverzeichnis

Silierung von Gras unter schwierigen Erntebedingungen	143
<i>K. Hünting; T. Aymanns; M. Pries</i>	
Futterwert und Stickstoffbilanz von Silomais in gras- und klee grasbasierten Fruchtfolgen	149
<i>T. Kalmlage, M. Kayser, und J. Isselstein</i>	
Effekte von Anwelkgrad und Siliermittel auf die Silagequalität von Rotklee-/Grasmischungen	154
<i>M. Krawutschke, J. Thaysen, M. Gierus, F. Taube</i>	
Gärqualität von Rotklee genotypen unter besonderer Berücksichtigung einer variierenden Polyphenoloxidase-Aktivität	158
<i>M. Krawutschke, N. Weiher, M. Gierus, J. Thaysen, F. Taube</i>	
Gehalte von Makro- und Mikronährstoffen in Grünland- und Klee grassilagen von Öko-Betrieben	162
<i>E. Leisen, M. Pries</i>	
Wirtschaftlichkeit ökologischer Milchviehhaltung bei unterschiedlicher Milchleistung, Kraftfuttermenge und unterschiedlichem Weideumfang	166
<i>E. Leisen, Th. Rieger</i>	
Milchleistung von HF- und Doppelnutzungskühen in Öko-Betrieben bei unterschiedlicher Kraftfuttermenge	169
<i>E. Leisen, P. Heimberg, M. Pries</i>	
Hat der Mondstand Einfluss auf die Qualität von Grassilage?	173
<i>H. Nußbaum</i>	
Zuckergehalte in Grüngut und Grassilagen aus der Futteruntersuchung in Bayern	177
<i>K. Rutzmoser</i>	
A simple method for quantifying the phenological development of perennial ryegrass swards (<i>Lolium perenne</i> L.) and determining its relationship with some quality parameters	181
<i>H. Salama, M. Lösche, A. Hermann, M. Gierus, F. Taube</i>	
Einfluss des Genotyps und der Nutzung auf die spezifische PPO-Aktivität verschiedener Rotklee-Genotypen	186
<i>N. Weiher, M. Krawutschke, M. Gierus, F. Taube</i>	
Postersektion: Weidenutzung	
Ermittlung des Zuwachsverlaufs von Dauergrünland unter Weidekörben zur Steuerung und Kontrolle der Flächenzuteilung in Versuchen zur Kurzrasenweide	190
<i>C. Berendonk</i>	
Einfluss von Begleitgras- und Leguminosenart auf die Eignung von Klee-grasbeständen zur Winterbeweidung unter Norddeutschen Bedingungen	194
<i>R. Loges, D. Westphal und F. Taube</i>	

Inhaltsverzeichnis

Eignung verschiedener Gräser für die Winterweide	198
<i>T. Matterna, H. Laser</i>	
Weidemast von Ochsen und Färsen auf extensiv bewirtschaftetem Ansaat- und Dauergrünland – Pflanzenbestand und Weideleistung –	202
<i>U. Mitsch, S. Schäfer</i>	
Effekte der Weideintensität und des Weidesystems auf eine <i>Leymus chinensis</i> und <i>Stipa grandis</i> dominierte Steppe der Inneren Mongolei	206
<i>P. Schönbach, H. Wan, M. Gierus, K. Müller, A. Susenbeth, F. Taube</i>	
Postersektion: Freie Themen	
Beeinflussung der Keimfähigkeit der Samen von <i>Senecio jacobaea</i> durch den Prozess der Silierung und Biogasvergärung	210
<i>C. Berendonk, K. Hünting, A. Janssen, J. Clemens</i>	
Phosphordynamik im Fließgewässersediment eines Grünlandeinzugsgebietes	214
<i>P. Kahle, L. Dittmann, A. Glimm</i>	
Pflanzenarten für Hühnerfreilandausläufe – Wachstum und Eignung	218
<i>K. Küchenmeister, L. Breitsameter, F. Küchenmeister, N. Wrage, J. Isselstein</i>	
Einfluss der Konkurrenzsituation in der Etablierungsphase auf den Bestandesanteil von <i>Phleum pratense</i> L. in weidelgrasbetonten Grünlandansaaten	223
<i>J. Müller, L. Dittmann u. M. Loeseken</i>	
Vorabschätzung der Auswirkungen verlängerter Überflutungszeiten in den Schutzzonen I und II des Deutsch-Polnischen Nationalparks Unteres Odertal auf die Grünlandbewirtschaftung	227
<i>G. Schalitz und A. Behrendt</i>	
Die Ausdauer von Rasengräsern bei alternativer Nutzung als Zierrasen und als Landschaftsrasen	232
<i>R. Schönfeld - Bockholt</i>	
<i>Rumex obtusifolius</i> im Wirtschaftsgrünland- Erhebungen zu Deckungsgraden und Ertragsanteilen – Erste Ergebnisse –	236
<i>T. Schulz</i>	
Pflanzliche Artenvielfalt im heutigen Wirtschaftsgrünland – Ein Vergleich von Weiden, Mähweiden und Wiesen	240
<i>H.G. Stroh, S. Kesting, J. Isselstein</i>	
Langfristige Auswirkungen der Schnittgutabfuhr auf Pflanzenbestand und Aufwuchsmenge einer ungedüngten Glatthaferwiese	245
<i>U. Thumm</i>	

Bedeutung des Grünlands in Nordrhein-Westfalen Fördermaßnahmen der Regierung zum Schutz und Erhalt des Dauergrünlandes unter besonderer Berücksichtigung klimarelevanter Aspekte

A. Schink

Staatssekretär im Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Schwannstr.3, 40476 Düsseldorf

Von den etwa 1,5 Mio ha landwirtschaftlich genutzter Fläche in Nordrhein-Westfalen sind ein knappes Drittel, nämlich 425.000 ha Dauergrünland. Dieses Grünland ist fast ausschließlich durch landwirtschaftliche Nutzung als Wiesen und Weiden entstanden und kann auch nur durch weitere Nutzung erhalten werden. Das Grünland hat nicht nur einen bedeutenden Flächenanteil, auch die Wirkungen sind vielfältig und wichtig:

1. Nach wie vor hat der Grünlandsektor hohen Anteil an der landwirtschaftlichen Wertschöpfung, die Milchviehhaltung ist trotz aller Schwierigkeiten nach der Schweineproduktion der wirtschaftlich bedeutsamste Betriebszweig in Nordrhein-Westfalen.
2. In den letzten Jahren haben auch andere Betriebszweige, die auf Grünland aufbauen, an Bedeutung gewonnen, zum Beispiel die Mutterkuhhaltung oder die Haltung von Pensionspferden.
3. Vor allem in den Mittelgebirgsregionen prägen Wiesen und Weiden schöne und abwechslungsreiche Landschaften, die ihrerseits wiederum die Grundlage für den Tourismus in vielen Regionen sind.
4. Wir haben eine große Zahl von Grünlandtypen, von denen manche die artenreichsten Pflanzengesellschaften Mitteleuropas hervorbringen, daher ist das Grünland für den Naturschutz von herausragender Bedeutung.
5. Die Grünlandbewirtschaftung ist mit vielen positiven Umweltwirkungen verbunden, vor allem hinsichtlich des Erosionsschutzes und der Bodenstruktur, der vergleichsweise geringen Nährstoffaustragsgefahr und, darauf möchte ich jetzt etwas detaillierter eingehen, der Möglichkeiten im Hinblick auf Klimaschutz und Klimaanpassung.

Für Nordrhein-Westfalen wird in den nächsten 4 Jahrzehnten mit einer Temperaturerhöhung von 1,9° C gerechnet. Die Gesamtniederschläge werden

voraussichtlich um etwa 5% zunehmen, sich deutlich stärker in die Wintermonate verlagern und dort vermehrt als Regen statt Schnee fallen. Wetterextreme wie Starkniederschläge werden deutlich zunehmen. Mit einer Zunahme der Niederschläge wird vor allem in den Mittelgebirgsregionen Nordrhein-Westfalens gerechnet. Somit ändern sich vor allem die Anbaubedingungen für typische Grünlandregionen. Schon in den letzten Jahren ist die Konkurrenzfähigkeit von Mais gegenüber Grünland auch in höheren Lagen gestiegen, was zu verstärktem Maisanbau auch in bis dahin der Grünlandbewirtschaftung vorbehaltenen Mittelgebirgslagen geführt hat. Auf der anderen Seite haben die bisherigen Klimaänderungen zu einer Ausweitung der Nutzungsperiode bei Grünland geführt.

Bei den erwarteten Klimaänderungen werden die Vorteile des Grünlands, vor allem flexiblere Nutzungsmöglichkeiten und eine wesentlich höhere Ertragssicherheit bei ausreichender Wasserversorgung wieder an Bedeutung gewinnen. Bei zunehmenden Witterungsextremen können vielseitige Grünlandbestände wesentlich flexibler reagieren. Dazu kommt ein hervorragender Erosionsschutz, der gerade in Mittelgebirgslagen und zunehmenden Starkregenereignissen immer wichtiger wird. Die Grünlanderträge können von den steigenden Temperaturen bei ausreichender Wasserversorgung profitieren. Längere Vegetationszeiten führen zu einer Ausweitung der Weideperiode bzw. Nutzungsdauer. Die Einbindung von Grünland in alternative Nutzungssysteme (z.B. Biogasgewinnung) kann bei entsprechend hoher Biomasseproduktion durchaus an Bedeutung gewinnen.

Aus den genannten Gründen ist der Erhalt des Grünlandes für Nordrhein-Westfalen bedeutsam. Mir ist es wichtig, dass das Grünland so weit wie möglich landwirtschaftlich genutzt wird, also der Aufwuchs als Futter verwertet wird. So erhalten wir sinnvolle Nährstoffkreisläufe, so erhalten wir auch die Wertschöpfung und Wirtschaftskraft in den Regionen.

Folgende Instrumente kommen für den Grünlanderhalt in Frage:

- Förderung über 1. und 2. Säule der Agrarpolitik,
- ordnungsrechtliche Möglichkeiten,
- Optimierung der Grünlandnutzung durch Forschung und Beratung.

Darüber hinaus sind indirekte Maßnahmen, etwa zum Milchmarkt, entscheidend für die zukünftige Grünlandnutzung.

Zunächst möchte ich ihnen die Instrumente zur Förderung vorstellen:

Hier ist vor allem das „NRW-Programm Ländlicher Raum“ von großer Bedeutung, in dem die verschiedenen Fördermaßnahmen des Landes gebündelt werden.

Im Rahmen des Schwerpunktes 1 verbessern wir die Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe über das Agrarinvestitionsförderprogramm. Zum Schwerpunkt 2 gehören verschiedene Fördermaßnahmen zur Verbesserung der Umwelt und der Landschaft, namentlich die Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete, der FFH-Ausgleich und die Agrarumweltmaßnahmen, einschließlich des Vertragsnaturschutzes.

Um die Akzeptanz der Agrarumweltmaßnahmen, die durch die veränderten Preis-Kosten-Relationen insbesondere im Jahr 2008 gelitten hatte, wieder zu verbessern, haben wir zu Beginn dieses Jahres bei der EU-Kommission einen Änderungsantrag zum „NRW-Programm Ländlicher Raum“ eingereicht. Dieser sieht sowohl eine Erhöhung der Prämien für verschiedene Agrarumweltmaßnahmen vor, wie auch eine Öffnung der Förderung für neue Betriebe bei der Extensiven Dauergrünlandnutzung (und für den Anbau einer Vielfältigen Fruchtfolge):

So steigt die Prämie für die Grünlandextensivierung von 90 auf 100 €/ha. Für die Umstellung auf den ökologischen Landbau gibt es für Grünland künftig 270 €/ha (bisher 262 €/ha) und für die Beibehaltung 170 €/ha (bisher 137 €/ha). Auch die Prämien für die Vertragsnaturschutzpakete auf Grünland wurden in einer Größenordnung von bis zu 20 % angehoben.

Zur Umsetzung des sogenannten Health-Check-Beschlusses, mit dem bekanntlich zusätzliche Mittel auch in NRW zur Verfügung stehen, haben wir Mitte Juli einen zweiten Änderungsantrag zum „NRW-Programm Ländlicher Raum“, nach Brüssel geschickt. Dieser sieht vor, dass die zusätzlichen Mittel in Höhe von fast 114 Mio. €, die sich im wesentlichen aus der weiteren Kürzung der Direktzahlungen (Modulation), dem EU-Konjunkturprogramm und den entsprechenden nationalen Kofinanzierungsmitteln zusammensetzen, für die laufende Förderperiode (d.h. bis 2013) auf folgende Maßnahmenbereiche aufgeteilt werden:

- Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP): 27 Mio. €,
- Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete: ca. 36 Mio. €,
- Weidehaltung von Milchvieh: ca. 26 Mio. € und
- Agrarumweltmaßnahmen und Vertragsnaturschutz: ca. 25 Mio. €.

Wir gehen davon aus, dass mit dieser Mittelaufstockung eine weitgehend bedarfsgerechte Finanzierung des AFP sichergestellt werden kann. Von der Förderung profitieren insbesondere Milchviehbetriebe, die prioritär gefördert werden.

Die Finanzierung der Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete ist bisher nur bis 2009 gesichert, da nach den ursprünglichen Ankündigungen der Europäischen Kommission ab 2010 eine neue Gebietskulisse gelten sollte. Zwischenzeitlich ist klar, dass die Neuabgrenzung der Förderkulisse erst nach dem Ende der Programmlaufzeit gültig wird. Für die Jahre 2010 bis 2013 ist daher eine Weiterfinanzierung der Ausgleichszulage im bisherigen Umfang sicherzustellen, von der auch die Milchviehhaltung in den nordrhein-westfälischen Mittelgebirgen profitiert.

Die Förderung der Weidehaltung von Milchvieh, einschließlich der Nachzucht ab 12 Monaten, ist ein wichtiger Baustein des Begleitpaketes zum Milchquotenausstieg. Bei Einhaltung der entsprechenden Förderbedingungen (Viehbesatz 0,3 bis max. 2,0 GVE/ha LF; Weidehaltung aller Tiere eines Betriebszweigs; Nachweis von mind. 0,2 ha beweideten DGL je GVE; tägl. Weidegang zwischen 1.6. und 1.10.) erhalten die Betriebe 35 €/GVE. Wir rechnen damit, dass ca. 3.700 Milchviehbetriebe die Förderung in Anspruch nehmen werden. Die Anträge können ab 2010 gestellt werden.

Das Konzept zur Umsetzung des Health Check ist in intensiver Zusammenarbeit mit dem Berufsstand und den Wirtschafts-, Sozial- und Umweltpartnern erarbeitet worden und entspricht folgenden Leitprinzipien: Die zusätzlichen Mittel sollen landwirtschaftsnah eingesetzt werden und dabei insbesondere,

- die Wettbewerbsfähigkeit der nordrhein-westfälischen Betriebe weiter verbessern,
- den Ausstieg aus der Milchquotenregelung positiv begleiten,
- die flächendeckende Landbewirtschaftung in den benachteiligten Gebieten aufrechterhalten und
- den kooperativen Natur- und Umweltschutz gemeinsam mit der Landwirtschaft weiter ausbauen.

Im Zusammenhang mit der Förderung darf auch nicht vergessen werden, dass die deutsche Umsetzung der GAP-Reform der 1. Säule die Grünlandregionen ganz klar begünstigt. Denn ab 2010 steigt durch die Abschmelzung der betriebsindividuellen Beträge die Grünlandprämie an: Von derzeit 105 €/ha Grünland auf 126 € im Jahr 2010, und dann in großen Schritten bis auf 357 €/ha Grünland in der Endstufe 2013. Die betriebsindividuellen Auswirkungen sind natürlich je nach Betriebsintensität und Grünlandanteil sehr unterschiedlich.

Vorträge

Hiermit möchte ich es mit meinen Ausführungen zur Förderpolitik bewenden lassen. Ich denke, es ist deutlich geworden, dass wir in diesem Bereich alles tun, was unter den gegebenen Rahmenbedingungen möglich ist.

Zu den Voraussetzungen Fördergelder zu erhalten gehört im Übrigen der Erhalt von Dauergrünland im Zusammenhang mit der sogenannten Cross Compliance.

Das europäische Recht schreibt vor, dass der Anteil des Dauergrünlandes an der gesamten landwirtschaftlichen Fläche, für welche Direktzahlungen erfolgen, erhalten bleiben muss. In den letzten Jahren ist jedoch ein erheblicher Rückgang des Grünlandanteils zu verzeichnen. Der Anteil des Dauergrünlandes an der landwirtschaftlichen Fläche ging voraussichtlich in Bezug auf das Basisjahr 2003 um über 5% zurück.

Um den EU-Vorgaben gerecht zu werden, bereitet das MUNLV daher eine Rechtsverordnung zur Erhaltung von Dauergrünland vor. Danach wird Grünlandumbruch grundsätzlich verboten. Eine Genehmigung des Umbruchs erfolgt nur, wenn an anderer Stelle des Landes gleichviel Grünland neu angelegt wird. Die Verordnung soll im Herbst in Kraft treten.

Trotz der angestrebten Rechtsverordnung kann der Anteil des Dauergrünlandes, z.B. durch Wegfall von Antragsflächen, weiterhin abnehmen. Reduziert sich der Dauergrünlandanteil im Vergleich zu 2003 um mehr als 8 %, so kann ein Wiederansaatgebot für alle Dauergrünlandflächen verhängt werden, die bis zu 24 Monate vor dem 15.05. des jeweiligen Jahres, in dem die 8 %-Grenze überschritten wurde, umgebrochen wurden.

Detaillierte Regelungen hierzu wurden jedoch noch nicht getroffen, da wir bislang von einem geringeren Rückgang des Grünlandanteils ausgehen.

Zur Erhaltung des Dauergrünlands gibt es auch im Landesrecht konkrete Regelungen. Nach dem Landeswassergesetz ist auch unabhängig jeglicher Förderung der Umbruch von Grünland in Gewässerrandstreifen (§ 90 LWG) und in festgesetzten Überschwemmungsgebieten (§ 112 LWG) verboten. Das Landschaftsgesetz regelt zudem, dass der Umbruch von Grünland auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten zu unterlassen (§ 2c LG) ist. Viele Naturschutzgebiets-Verordnungen sehen ebenfalls ein Umbruchverbot vor. Sie sehen daran, dass das Grünland in besonders sensiblen Bereichen heute bereits entsprechend geschützt ist.

Der dritte Bereich, der einen wesentlichen Beitrag zum Erhalt der Grünlandbewirtschaftung beitragen kann, ist die Förderung von Forschung und Beratung. Das MUNLV hat zahlreiche Projekte, die die Optimierung der Grünlandnutzung zum Ziel haben, gefördert. So wurde unter anderem in diesem

Vorträge

Sommer die Grünlandforschungsstation der Landwirtschaftskammer in Meschede eröffnet, in der in Kooperation mit der Gesamthochschule Südwestfalen unter anderem Versuche zur Optimierung der Düngung, der Wirtschaftsdüngeranwendung und der Optimierung der Futterqualität durchgeführt werden. Ziel ist eine Weiterentwicklung der bestehenden Grünlandnutzungssysteme, um der Grünlandnutzung auch für die Zukunft Perspektiven zu öffnen.

Einen bedeutenden Beitrag für die Optimierung der Grünlandbewirtschaftung haben bereits die im Rahmen des Modellvorhabens „Leitbetriebe Grünlandbewirtschaftung“ beteiligten Praxisbetriebe, Berater der Landwirtschaftskammer und Wissenschaftler der Fachhochschule aus Soest leisten können.

Nach einer Laufzeit von 6 Jahren konnten wesentliche Erkenntnisse zur Verbesserung der Grünlandbewirtschaftung gewonnen und konkrete, standortangepasste Strategien zur Verbesserung der Umweltbilanz bzw. des Abbaus von Stickstoffüberschüssen von Grünlandbetrieben entwickelt werden. Es ging vor allem um

- Erhöhung der Grundfutterleistung,
- Verbesserung der Futterqualität,
- Optimierung der Düngung und
- Etablierung von Weißklee, Narbenverbesserung,
- unter gleichzeitiger Verbesserung des wirtschaftlichen Ergebnisses.

In diesem Leitbetriebeprojekt ging es vor allem auch um die Umsetzung von Optimierungsstrategien in Praxisbetrieben. Durch die enge Zusammenarbeit mit der Landwirtschaftskammer sollen von den Ergebnissen über die Grünlandberatung auch alle anderen Betriebe profitieren können. Diese Strategie wollen wir mit der Unterstützung der Grünlandforschungsstation fortsetzen. Die Zusammenarbeit mit Praxisbetrieben wird weiterhin im Zentrum der Arbeiten stehen.

Ein wesentlicher Bestandteil ist daher die Öffentlichkeitsarbeit, die neben Veröffentlichungen in der landwirtschaftlichen Fachpresse vor allem aus Fachveranstaltungen besteht, in denen mit Fachvorträgen, Demonstrationen und Feldbegehungen vor allem Landwirtinnen und Landwirte angesprochen werden und so die Verbreitung zukunftsorientierter und nachhaltiger Grünlandbewirtschaftungsverfahren in der landwirtschaftlichen Praxis unterstützt wird. In diesem Sinne wird auch ihre Fachtagung heute und die nächsten zwei Tage zur Zukunftssicherung des Grünlands beitragen.

Klimawandel und Futterbau

F. Taube

**INSTITUT FÜR PFLANZENBAU UND PFLANZENZÜCHTUNG
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT KIEL**

1. Einleitung und Problemstellung

Auf dem G8-Gipfel Anfang Juli 2009 in Italien verständigten sich die beteiligten Nationen, den Ausstoß von Treibhausgasen (THG) in den Industrienationen bis zum Jahr 2050 um 80% gegenüber dem Basisjahr 1990 zu senken. Wenn dieses Ziel ernst genommen wird, dann bedeutet dies auch erhebliche Konsequenzen für die Landwirtschaft, die in Deutschland unter Einbeziehung des vorgelagerten Bereichs (z.B. Düngemittelherstellung) mit etwa 10% zu den Gesamt THG Emissionen beiträgt. Vor diesem Hintergrund umfasst der folgende Beitrag drei Teile. Im ersten Teil werden allgemein die Ursachenbereiche der THG Emissionen aus der Landwirtschaft in Deutschland aufgezeigt und Optimierungsstrategien im Sinne einer gesamtgesellschaftlichen Verantwortung formuliert. Im zweiten und dritten Teil wird der Komplex Grünlandwirtschaft und Ackerfutterbau in zweifacher Hinsicht thematisiert: Zum einen im zweiten Teil als aktiver „Verursacher“ der Emission Klima relevanter Gase am Beginn der Prozesskette zur Erzeugung tierischer Lebensmittel wie Milch und Fleisch, zum anderen im dritten Teil als passiver „Betroffener“ des laufenden und zukünftigen Klimawandels.

2. Beitrag der Landwirtschaft bzw. der Konsumenten landwirtschaftlicher Produkte zu THG Emissionen in Deutschland

Wie oben ausgeführt, beträgt der Anteil der Landwirtschaft an den THG Emissionen ca. 10 Prozent. Bei genauerer Betrachtung der Ursachenbereiche ist zu konstatieren, dass mehr als 70% dieser Emissionen durch die Tierhaltung inklusive des damit verbundenen Anbaus von Futterpflanzen verursacht werden. Dies sind für alle Industrienationen vergleichbare Größenordnungen, die deutlich machen, dass die Ernährungsgewohnheiten in den Industrienationen die ausschlaggebende „driving force“ für die Emission von THG darstellen. Daraus ist zu schließen, dass eine Änderung der Ernährungsgewohnheiten die zentrale Stellschraube darstellt, um THG Emissionen in den Größenordnungen zu reduzieren, wie sie seitens der Politik als Ziel formuliert worden sind. In einer Studie von Woitowitz (2007) wurden für Deutschland die Auswirkungen einer ausgewogenen Ernährung nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) der Status quo Situation gegenüber gestellt (Abb. 1) und die Auswirkungen auf die Flächennutzung berechnet mit dem Ergebnis, dass insbesondere aufgrund des um 2/3 reduzierten Fleischkonsums und des damit verbundenen reduzierten Futterflächenbedarfs eine Flächenfreisetzung von ca. 4 Mio. ha (~22 % der LN

in D) verbunden wäre, eine Fläche, die anderweitigen Nutzungen mit geringen THG Emissionen zugeführt werden könnte.

Wenn diese übergeordnete Betrachtungsweise in einer Fachthemen zentrierten Gruppe wie der AGGF auch etwas ungewöhnlich erscheinen mag, so halte ich sie doch für essentiell, erstens, um den Beitrag der „Landwirtschaft“ zu den THG Emissionen de facto als einen Beitrag der „Konsumenten“ zu identifizieren und zweitens, um auf Basis eines solchen Ansatzes einen ganz anderen Blick auf das Dauergrünland, insbesondere das „absolute Dauergrünland“ zu eröffnen. Das „absolute Dauergrünland“ zeichnet sich dadurch aus, dass keine Flächenkonkurrenz zur Produktion pflanzlicher Nahrungsmittel gegeben ist und dass eine Nutzung dieser Flächen den landeskulturellen Wert des Grünlands ausmacht inklusive weiterer Ökosystemleistungen (Biodiversität, Kohlenstoffsенке etc.), mithin sind THG Emissionen von solchen Flächen einer anderen Bewertung zu unterziehen als Ackerfutterbausysteme, die in Konkurrenz zur Produktion pflanzlicher Nahrungsmittel stehen. Es ist meines Erachtens eine der vornehmsten Aufgaben der AGGF, diese Zusammenhänge vor dem Hintergrund der Klimawandeldiskussion im gesellschaftlichen Diskurs zu platzieren.

3. Grünland und Futterbau als Verursacher von THG Emissionen

Weltweit stellt die Erfassung des „carbon footprint“ (des ökologischen Rucksacks an THG Emissionen je Produkteinheit, ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten je Produkteinheit) eine neuere systemorientierte Forschungsrichtung verschiedener agrarwissenschaftlicher Arbeitsgruppen dar. In der Regel wird dieser carbon footprint je Einheit tierischen Produkts (kg Milch/Fleisch) ausgedrückt, so dass sowohl die Emissionen aus der Futterproduktion als auch aus der Tierhaltung in die Gesamtbewertung einfließen. Um einen vollständigen carbon footprint abzubilden, ist mithin die Summe der relevanten THG (CO₂, N₂O, CH₄) im Produktionsprozess zu messen, mit den Klimaschädlichkeitsfaktoren zu multiplizieren und als CO₂-Äquivalent zu dokumentieren. Dies setzt zum einen einen erheblichen messtechnischen Aufwand voraus und zum anderen den Einsatz von Modellen, um Extrapolationen von punktuellen Messungen zu erlauben. Ein Beispiel für einen derartigen Ansatz mit entsprechenden dezidierten Messreihen stellt die Arbeit von Basset-Mens et al. (2008) dar, die unter neuseeländischen Verhältnissen die Effekte unterschiedlicher Futterproduktionssysteme auf den „carbon footprint“ je kg Milch abbildet (Abb. 2), ein anders Beispiel auf Basis von Modellierungsarbeiten dokumentiert die Bedeutung des Grünlandalters und des damit verbundenen CO₂-Speicherungspotentials im Boden auf die Ausprägung des carbon footprint Milch unter nordamerikanischen Verhältnissen. Sedorovich et al. (2008) können in dieser Studie zeigen, dass die Berücksichtigung der C-Sequestrierung im Boden unter Grünlandbewirtschaftung eine derart dominante Rolle einnimmt, dass davon die relative Vorzüglichkeit von Futterbausystem maßgeblich zugunsten der Weide

und des Dauergrünlands im Vergleich zu Stallhaltungs- und Ackerfutterbausystemen beeinflusst wird.

Während die Methanemissionen im Produktionsprozess der Milch weitestgehend dem Bereich der Tierhaltung zuzuordnen sind, spielen die CO₂- und Lachgasemissionen die zentrale Rolle im Futterbau. Für beide Gase, insbesondere jedoch die CO₂-Emissionen spielt die Landnutzung bzw. die Landnutzungsänderung eine zentrale Rolle. In diesem Zusammenhang stellt die Umwandlung von Dauergrünland in eine ackerbauliche Nutzung weltweit die stärksten Freisetzung von CO₂ aus dem Boden dar (Conant et al., 2005). Diese Arbeitsgruppe identifizierte bei der Auswertung von weltweit über 100 Studien zum Thema eine durchschnittliche Reduktion der Bodenkohlestoffgehalte durch Umwandlung von Grünland in Acker in der Größenordnung von knapp 60 Prozent fest. Umgekehrt führt insbesondere in den ersten 30 – 40 Jahren eine Neuanlage von Grünland auf Mineralböden zur höchsten CO₂- Bindung. Vor diesem Hintergrund ist die Erhaltung alten Dauergrünlands eine der wirkungsvollsten Maßnahmen im Sinne einer CO₂-Senkenfunktion. Sousanna et al. (2007) konnten an 9 europäischen Grünlandstandorten unter Beweidung zeigen, dass auch bei etablierten Grünlandbeständen auf Mineralböden mit einer durchschnittlichen C-Bindung im Boden von ca. 1000 kg/ha/Jahr auszugehen ist, Daten die durch andere Untersuchungen (Christensen et al., 2009) für die Neuanlage von Grasland unter dänischen Verhältnissen bestätigt werden. Diese positiven Effekte der Graslandnutzung für die Kohlenstoffbindung werden teilweise durch die Emissionen insbesondere von N₂O reduziert. Sousanna et al. (2007) können unter Beweidung mit Rindern zeigen, dass die Klimabilanzen von Weidesystemen unter Berücksichtigung der N₂O Emissionen und der CH₄-Emissionen durch den Wiederkäuer mehr oder weniger ausgeglichen sind, das heißt, die CO₂-Bindung im Boden kann die N₂O- und Methanemissionen kompensieren. Allard et al. (2007) zeigen darüber hinaus, dass mäßig intensiv gedüngte Weidesysteme eine höhere C-Bindung im Boden verursachen als extensive Systeme, was wiederum die Emissionen aus der Herstellung von N-Düngern kompensiert. Aus der Gesamtbetrachtung der relevanten Literatur ist abzuleiten, dass die Nutzungsform Weide auf dem Dauergrünland eine sehr günstige Konstellation für die Vermeidung von THG Emissionen darstellt. Dies wird auch durch eigene Studien aus dem N-Projekt Karkendamm untermauert. Unter Vernachlässigung der C-Bindung im Boden zeigen Kelm et al. (2004), dass low-input Weidenutzungssysteme mit Weißklee die geringsten spezifischen CO₂- Emissionen verursacht, während intensiv gedüngte Schnittnutzungssysteme die höchsten spezifischen Emissionen (CO₂-Emissionen/ MJ NEL) verursachen. Um die Bedeutung der Leguminosen im Vergleich zu gedüngten Grasbeständen unter Schnittnutzung zu dokumentieren, verglichen wir weiterhin über 3 Jahre einen mit 360 kg N/ha gedüngten Grasbestand mit einem ungedüngten Luzerne-Grasbestand, erfassten die spezifischen CO₂- und N₂O-Emissionen und drückten diese als CO₂-Äquivalente/GJ NEL aus, wobei wir zusätzlich praxisübliche Überfahrungen der Versuchsflächen vornahmen, um den Effekt von Bodenverdichtungen abzubilden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 zusammengefasst und zeigen für die spezifischen THG Emissionen (CO₂-Äquivalente/GJ NEL) bei nahezu gleichen Erträgen und Energiedichten (~ 5,9

MJ NEL/kg TM) der Prüfvarianten eine eindeutige Überlegenheit des Leguminosen-Gras-Systems im Vergleich zu dem gedüngten Grassystem.

Nachdem die Bedeutung des Dauergrünlands für die C-Speicherung im Boden eindeutig dokumentiert worden ist, soll auf Basis einer Studie von Vertes et al. (2007) der Effekt der Landnutzungsänderung ausgehend vom Dauergrünland bis hin zu Maismonokulturen dokumentiert werden. Die Abbildung 4 zeigt die Veränderung der SOM (soil organic matter) – Werte über einen Zeitraum von mehr als 25 Jahren. Obwohl in diesem Experiment organische Dünger in Form von Rindergülle (50 m³/ha/Jahr) zugeführt wurden, sanken die SOM-Werte unter Silomais-Monokultur über den Untersuchungszeitraum nahezu linear um ca. 30% ab, während sie auf dem alten Dauergrünland stabil bleiben („steady state“ Situation). Vor diesem Hintergrund sind die zunehmenden Maismonokulturen im Rahmen der Ausweitung der Biogaserzeugung mehr als kritisch zu würdigen.

Bezüglich der CO₂-Speicherung im Boden ist damit hinlänglich die Überlegenheit von Dauergrünland im Vergleich zu Ackerfutterbausystemen dokumentiert. Leider ist die Datenbasis für das Ausmaß der CO₂-Speicherung in Abhängigkeit vom Grünlandalter, Bodenart und Bodenwasserhaushalt in Deutschland unzureichend dokumentiert. Hier besteht erheblicher Forschungsbedarf, um verlässliche Datengrundlagen sicher zu stellen und auf dieser Basis aussagefähige carbon footprints für unterschiedliche Futterproduktionssysteme zu dokumentieren.

Ein besondere Aufmerksamkeit haben in den letzten Jahren die N₂O Emissionen von Futterproduktionssystemen erfahren, weil die Klimawirksamkeit dieses Gases im Vergleich zum CO₂ den Faktor 310 einnimmt und damit relativ geringe Unterschiede in den N₂O Emissionen erhebliche Effekte auf die CO₂-Äquivalente induzieren. Wir konnten im Karkendamm-Projekt unter Mähweidenutzung mit einem N-Versorgungsgradienten zwischen 90 und 230 kg N/ha keine signifikanten Unterschiede in den N₂O-Jahresemissionen dokumentieren (Lampe et al., 2006). Die Werte variierten zwischen 2 und 5 kg N₂O-N/ha/Jahr und wurden maßgeblich durch die nicht Dünger- bzw. Exkrementbürtigen N-Quellen des Bodens maskiert. Weiterhin konnten wir in dieser Studie dokumentieren, dass auf diesem humos-sandigen Standort das N₂:N₂O-Verhältnis Größenordnungen zwischen 10 und 20 : 1 annahm, das heißt mit jedem kg N₂O-N emittierten zusätzlich zwischen 10 und 20 kg N₂/ha, also in diesem Fall bis zu insgesamt ca. 90 kg N₂/ha, eine mehr als relevante Größe in der N-Bilanzierung, insbesondere wenn berücksichtigt wird, dass mit zunehmendem Anteil Wasser gefüllter Poren im Boden die N₂-Emissionen den bedeutendsten Emissionspfad einnehmen.

Während die N₂O-Emissionen unter Grünland für verschiedene Standorte und Bewirtschaftungsintensitäten recht gut belegt sind, gibt es bisher kaum vergleichende Studien zwischen Grasland und Mais. Der Vergleich der N₂O Emissionen zwischen Grünlandneuansaat und Mais steht daher aktuell im Fokus eines Teilprojektes des BIOGAS-EXPERT Projektes an der Universität Kiel. An zwei Standorten (hS; sL) wurden die N₂O Emissionen über einen weiten N-Düngungsgradienten erfasst mit dem Ergebnis, dass die Werte unter Mais um den Faktor 2 (geringes N-Düngungsniveau) -4 (hohes N-Düngungsniveau) je ha erhöht waren. Auch wenn als funktionelle Einheit nicht die Fläche (ha), sondern die Produkteinheit (dt TM bzw. GJ NEL) herangezogen

wird, bleibt der Mais trotz der höheren Erträge ungünstiger zu beurteilen als Grünland (Senbayram et al., 2009).

Abschließend kann somit festgehalten werden, dass der carbon footprint von Futterproduktionssystemen in Zukunft unter Berücksichtigung der verschiedenen Standortverhältnisse und Intensitätsstufen der Futtererzeugung intensiv erforscht werden muss, um belastbare Eingangsgrößen für die Ableitung des carbon footprint tierischer Produkte wie Milch und Fleisch bereit zu stellen (vgl. Beitrag Flachowsky in diesem Band).

4 Auswirkungen des Klimawandels auf Ertrag und Qualität von Futterpflanzen/ Anpassungsstrategien

Eine aussagekräftige Behandlung dieses Teilaspekts hängt zunächst von zwei Voraussetzungen ab: Zum Ersten von der Verfügbarkeit valider, räumlich hoch auflösender Klimamodelle, die die wahrscheinlichen Witterungskonstellationen der Zukunft hinreichend genau abbilden können; und zum Zweiten von der Verfügbarkeit experimenteller Daten, die die vielfach relevanten Wechselwirkungen der Umweltfaktoren CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, Niederschlagsmenge und -verteilung sowie Temperatureffekte in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität (Stickstoffversorgung) hinlänglich genau beschreiben und über einen ausreichend langen Zeitraum erhoben worden sind.

Für beide Bereiche ist derzeit noch eine erhebliche Unsicherheit zu konstatieren. So prognostiziert das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) für Deutschland eine vergleichsweise gut abgesicherte Erhöhung der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre, ebenso wie erhöhte Temperaturen (insbesondere im Winterhalbjahr) und reduzierte Wasserverfügbarkeit während der Vegetationsperiode. Die lokalen Ausprägungen der Niederschlagsereignisse und Temperatursteigerungen sind jedoch gegenwärtig nicht sicher zu prognostizieren.

Ebenso verhält es sich mit der Verfügbarkeit experimenteller Langzeitstudien. Zwar liegen auf Basis der weltweit durchgeführten FACE-Experimente (Free Air CO₂ Enrichment) mehrjährige Datenreihen zu den Auswirkungen einer erhöhten CO₂-Konzentration in der Atmosphäre vor, multifaktorielle Experimente werden jedoch erst in jüngster Zeit umfassend angegangen (vgl. MIKKELSEN et al. 2008). Das bedeutet, dass sich eine Behandlung des Themas bislang überwiegend auf die absehbaren groben Trends der Klimaänderungen beschränken muss und Daten bezüglich der Folgen nur begrenzt verfügbar sind. Im folgenden Abschnitt (4.1) werden die erwarteten Effekte des Klimawandels auf Grünlandökosysteme behandelt, im Abschnitt 4.2 die erwarteten Auswirkungen auf Ackerfutterbaukulturen und im Abschnitt 4.3 werden schließlich daraus Optimierungsstrategien abgeleitet.

4.1 Auswirkungen des Klimawandels auf das Grünland

In Europa ist es das Schweizer FACE-Experiment, welches über einen längeren Zeitraum Auswirkungen einer erhöhten Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre auf produktives Grünland untersucht hat (HEBEISEN et al. 1997).

International liegen weitere Erkenntnisse bezüglich semi-arider Grünlandökosysteme vor (MORGAN et al. 2004).

Eine Verdopplung der heutigen CO₂-Konzentrationen führt dabei durchweg zu Ertragsteigerungen in einer Größenordnung von ca. 15 %. Diese Ertragsteigerungen sind ganz wesentlich auf eine Umschichtung der Bestände zugunsten höherer Leguminosenanteile und damit einhergehend erhöhter Stickstofffixierungsraten zurückzuführen (LÜSCHER et al. 2000). Neben den Leguminosen profitieren unter N-limitierten Bedingungen auch die krautartigen Pflanzen (LÜSCHER et al. 1998). Nicht nur die Produktivität der oberirdischen Biomasse wird jedoch gesteigert, sondern auch die Wurzelmasse, wobei Wechselwirkungen mit der Stickstoffversorgung dahingehend zu belegen sind, dass dieser Effekt nahezu ausschließlich unter N-limitierten Bedingungen (geringe mineralische N-Düngung) zu belegen ist, wie sie beispielsweise im ökologischen Landbau relevant sind (HEBEISEN et al. 1997).

Von der Erhöhung der Wurzelmasse profitieren jedoch nahezu ausschließlich die Gräser, der entsprechende Effekt bei den Leguminosen (Weißklee) ist marginal. Bei hoher Stickstoffdüngung und Gräserreinbeständen sind im Schweizer FACE-Experiment positive CO₂-Effekte auf den Ertrag in einer Größenordnung von durchschnittlich ca. 25 % dokumentiert, wobei die Ertragssteigerungen mit zunehmender Dauer des Experiments bis zum 10. Versuchsjahr anstiegen (7-32 % Ertragssteigerung). Low input Systeme wie der ökologische Landbau dürften somit hinsichtlich der Produktivität und Artenzusammensetzung des Grünlands primär über steigende Leguminosenanteile von einer CO₂-Konzentrationssteigerung profitieren.

CASELLA und SOUSSANA (1997) können weiter zeigen, dass diese positiven Effekte insbesondere in Trockenjahren wirken. Dies unterstützt die These von MORGAN et al. (2004), die postulieren, dass der Wasser sparende Effekt einer erhöhten CO₂-Konzentration möglicherweise bedeutender ist als der direkte CO₂-Effekt auf die Ertragsbildung.

Zusammenfassend lässt sich aus den aktuellen Arbeiten ableiten, dass (a) der CO₂-Düngungseffekt sowohl unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus über die Steigerung der N₂-Fixierungsleistung von Leguminosen als auch über entsprechend positive Effekte bei hoch gedüngten Grasbeständen (Daepf et al., 2001) steigenden Wasserstress im Sommer zum Teil kompensieren kann, dass (b) durch eine Temperaturerhöhung im Frühjahr/Herbst positive Effekte infolge der Verlängerung der Vegetationsperiode zu erwarten sind, und dass (c) durch die Steigerung der Leguminosenanteile neben einer Erhöhung der Produktivität indirekt positive Effekte auf die Futterqualität zu erwarten sind. Die Verdaulichkeit der organischen Masse (VOM) ist beim Weißklee deutlich günstiger zu beurteilen als bei den meisten Futtergräsern. Direkte Effekte auf die Verdaulichkeit von Futtergräsern sind in Abhängigkeit variierender CO₂-Konzentrationen nicht nachgewiesen (HEBEISEN et al. 1997).

4.2 Auswirkungen des Klimawandels auf den Ackerfutterbau

4.2.1 Mais

Mais ist die Kulturpflanze, die uneingeschränkt zu den „Klimawandelgewinnern“ zu zählen ist. Modellrechnungen von EWERT et al. (2005) weisen für Mais auf der Basis linearer Ertragstrends in den vergangenen 40 Jahren mit durchschnittlich 3,8 % je Jahr die höchsten Ertragsteigerungen in Europa aus. Ertragsmodellierungen von HERRMANN et al. (2004) zeigen weiterhin, dass diese Ertragszuwächse insbesondere in Norddeutschland zum großen Teil den bereits laufenden klimatischen Veränderungen (Temperaturerhöhung) zuzuschreiben sind, und nur in geringerem Maße dem Zuchtfortschritt bzw. einer verbesserten Produktionstechnik.

Im Gegensatz zu C₃-Gräsern wirkt der positive Klimawandeleffekt beim Mais vor allem über den Faktor Temperaturerhöhung in Verbindung mit hoher Wassernutzungs- und Stickstoffeffizienz, während die CO₂- „Düngungseffekte“ deutlich geringer als bei C₃-Gräsern ausfallen, dies zeigen Studien von Manderscheid et al. (2009) sowie Ottmann et al. (2001). Andererseits untermauern Modellstudien von Wienfort et al. (2009), dass das Ertragspotential von Silomais bereits unter heutigen Umweltverhältnissen auf vielen Standorten in Deutschland Wasser limitiert ist und somit die positiven potentiellen Ertragseffekte aufgrund zunehmende Temperaturen durch zunehmende Wasserdefizite insbesondere in den neuen Bundesländern eingeschränkt werden dürften. Für den nordwestdeutschen Klimaraum ist hingegen mit dem Anbau leistungsstarker Sorten mit hoher Silo- bzw. Kornreifezahl zu rechnen und die relative Vorzüglichkeit des Maisanbaus gegenüber anderen Ackerfutterpflanzen wird sich dadurch weiter erhöhen.

Inwieweit diese potentiell positiven Effekte durch phytosanitäre Probleme (z.B. Maiszünsler, Maiswurzelbohrer, Fusarien) konterkariert werden, bleibt abzuwarten.

4.2.2 Leguminosen-Gras Systeme

Kleegras- beziehungsweise Luzerne-Gras Gemenge stellen die Basis eines erfolgreichen Pflanzenbaus und einer ausreichenden Stickstoffversorgung der Fruchtfolge bisher vor allem in semi-intensiven Futterbausystemen dar; insofern sind die Effekte des Klimawandels auf diese Kulturen von besonderer Bedeutung. Wie schon in Abschnitt 2 gezeigt, werden Leguminosen von einer erhöhten CO₂-Konzentration in der Atmosphäre aufgrund erhöhter Stickstofffixierungspotentiale profitieren. LÜSCHER et al. (2000) konnten für Luzerne Steigerungsraten der Stickstofffixierungsleistung von kurzfristig bis zu 47 % bei Verdopplung der aktuellen CO₂-Konzentration unter kontrollierten Bedingungen zeigen.

Von besonderem Interesse ist daneben, wie sich eine reduzierte Wasserverfügbarkeit auf die relative Vorzüglichkeit der auszuwählenden Leguminosenpartner im Gemenge mit Gräsern auswirkt und welche Effekte auf die Futterqualität zu erwarten sind. In der internationalen Literatur liegen dazu einige aussagekräftige Arbeiten vor. So untersuchten PETERSON et al. (1992) in

Wisconsin, USA, den Einfluss zunehmenden Wasserstress im Freiland auf Leguminosenreinsaaten von Rotklee, Luzerne, Hornklee und Kicher-Tragant (einer an extreme Trockenheit im kontinentalen Klima Nordamerikas angepasste Art). Die zentralen Ergebnisse dieser Studie sind in Tabelle 1 ausgewiesen.

In zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) wurde die Wasserversorgung zum einen im Optimalbereich gehalten und zum anderen bis auf Größenordnungen von 25-40 % der nutzbaren Feldkapazität (nFK) reduziert. Die Ergebnisse zeigen, dass allein die Luzerne aufgrund ihres tief reichenden Wurzelsystems in der Lage ist, unter Trockenstressbedingungen akzeptable Erträge zu realisieren, während der in Deutschland flächenmäßig bedeutendere Rotklee die stärksten Ertragseinbußen im Vergleich zur Kontrolle aufweist. Auch der in den letzten Jahren aufgrund hoher Gehalte an sekundären Inhaltsstoffen (Tannine) diskutierte Hornklee versagt bei zunehmendem Trockenstress. Interessanterweise sind die Effekte auf die Futterqualität (VOM) gegensätzlich ausgeprägt, was auf ein erhöhtes Blattgewichtsverhältnis der Bestände bei Wassermangel zurück zu führen ist.

Tab. 1: Trockenmasseerträge [t/ha] verschiedener Futterleguminosen unter Trockenstress mit 25-40 % nFK (DRT) im Vergleich zu optimaler Wasserversorgung mit 70-90 % nFK (CTL); dargestellt ist jeweils der 2. Aufwuchs

Art	Variante	1. HNJ		2. HNJ		DRT ^{1,2} (2 HNJ) %
		t/ha	%	t/ha	%	
Luzerne	DRT ¹	1,6	46	1,1	28	37
	CTL	3,5	100	4,0	100	
Hornklee	DRT ¹	0,7	24	0,5	20	22
	CTL	2,9	100	2,5	100	
Kicher-Tragant	DRT ¹	0,6	29	0,4	17	23
	CTL	2,1	100	3,2	100	
Rotklee	DRT ¹	0,6	16	0,2	6	11
	CTL	3,7	100	3,0	100	
LSD (0,05) Art × Wasser		0,8		0,6		

¹ DRT: Bei Trockenstress trat ein höheres Blatt-Stängel-Verhältnis auf, infolgedessen höhere Futterqualität (VOM).

²DRT (2 HNJ) = Relativer Ertragsabfall der Arten unter Trockenstress im Mittel beider HNJ gegenüber der Kontrolle (CTL). PETERSON et al. 1992

Die vorliegende Versuchsanordnung von PETERSON et al. (1992) stellt sicherlich ein Extrem in Bezug auf die Trockenstressvariante dar, die während der gesamten Vegetationsperiode auf ein Niveau von 25-40 % nFK eingestellt wurde; ein Szenario, welches für Mitteleuropa nur wenig wahrscheinlich ist.

Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass die Luzerne insbesondere bei steigenden Temperaturen im Sommer eine Kulturart darstellt, der im Futterbau zukünftig wieder mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

Kleegrassysteme sind bezüglich der Sensibilität gegenüber Klimawandel immer auch in Wechselwirkung mit der Nutzungshäufigkeit und Nutzungsart zu bewerten. In der Regel erfolgt die Klee-grasnutzung z. B. im ökologischen Landbau in einem 3-Schnittsystem. Wie sich die Ertragsrelationen in Abhängigkeit der Nutzungshäufigkeit (3 versus 5 Schnitte) bzw. der Nutzungsart (Schnitt versus Weide) verändern zeigen eigene zweijährige Untersuchungen auf dem Versuchsgut Lindhof der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (KLEEN 2008).

In den Jahren 2004 und 2005 wurden diese Varianten für die Leguminosenarten Rotklee, Weißklee, Luzerne und Hornklee in binären Gemengen mit Deutschem Weidelgras untersucht. Die Durchschnittstemperaturen in der Vegetationsperiode waren mit 13,8 und 14,1 °C höher als im langjährigen Mittel (13,6°C), die Niederschlagssummen lagen in der Vegetationsperiode 2004 im Bereich des langjährigen Mittels, im Jahr 2005 mit 321 mm um 70 mm unterhalb des langjährigen Mittels.

Der Durchschnitt dieser beiden Jahre reflektiert somit näherungsweise den Trend der erwarteten Klimaänderungen bezüglich Temperatur und Niederschlag. Die Ergebnisse (Tabelle 2) zeigen die Bedeutung der Wechselwirkung Nutzungsart/-häufigkeit × Leguminosenart in der Weise auf, dass trotz Trockenstress im Jahr 2005 unter Weidenutzung bezüglich der Produktivität keine Alternative zum Weißklee formuliert werden kann, während Rotklee und Luzerne unter beiden Schnittnutzungsvarianten dem Weißklee und Hornklee überlegen sind. Dabei ist keine deutliche Überlegenheit der Luzerne gegenüber dem Rotklee zu konstatieren.

Dies bedeutet unter Berücksichtigung der Ergebnisse von PETERSON et al. (1992), dass bei Schnittnutzung und moderatem Trockenstress (wahrscheinliches Szenario für Norddeutschland) Rotklee weiterhin eine zentrale Bedeutung haben wird, während unter stärkeren Trockenstresssituationen (wahrscheinliches Szenario für Ostdeutschland) die relative Vorzüglichkeit der Luzerne zunehmen wird.

Tab. 2: Trockenmasse- [g TM/m² · a] und Stickstofferträge [g N/m² · a] verschiedener Leguminosen-Gras-Gemenge in Abhängigkeit von der Nutzungsart und -häufigkeit; Lindhof, 2004-2005

	3 Schnitte		5 Schnitte		Weide	
	TM Ertrag	N Ertrag	TM Ertrag	N Ertrag	TM Ertrag	N Ertrag
Weißklee	805,5 ^b	18,6 ^b	718,2 ^b	21,9 ^b	1059,2 ^a	26,0 ^a
Rotklee	895,5 ^a	22,0 ^a	678,5 ^b	21,1 ^a	842,9 ^{*a}	24,8 ^a
Luzerne	877,6 ^a	23,8 ^a	712,6 ^b	25,0 ^a	882,1 ^{*a}	26,9 ^a
Hornklee	736,1 ^a	17,2 ^a	528,4 ^{*b}	14,1 ^{*a}	854,5 ^{*a}	15,7 ^{*a}

*signifikant unterschiedlich ($P < 0,05$) zu Weißklee innerhalb der Nutzungssysteme.

^{a, b} signifikante Unterschiede ($P < 0,05$) zwischen den Nutzungssystemen innerhalb der Gemenge.

TM: SE=44,4, N: SE=1,25 ; (SE = Standardschätzfehler);
WK = Weißklee, RK = Rotklee, LA = Luzerne, HO = Hornklee
KLEEN (2008)

Wie in Abschnitt 4.2.1 dokumentiert, sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die klassischen Futterqualitätsparameter Verdaulichkeit der organischen Masse, Rohfasergehalt und Rohproteingehalt (VOM, ADF, RP) nicht eindeutig in der Literatur beschrieben. Während eine gesteigerte Kohlendioxidkonzentration – wie ausgeführt - in einigen Untersuchungen ohne Auswirkungen blieb, zeigen andere Autoren einen positiven Effekt auf die Gehalte an Nichtstrukturkohlenhydraten und abnehmende Rohproteingehalte im Erntegut (LILLEY et al. 2001; Allard et al., 2003). Extremer Trockenstress erhöht die VOM, moderater Trockenstress dagegen nicht (SKINNER et al. 2004).

Somit sind die Effekte des prognostizierten Klimawandels auf die klassischen Futterqualitätsparameter vergleichsweise unsicher abzuschätzen. Neuere Arbeiten aus unserem Hause zeigen jedoch, dass die Kombination aus Trockenstress und steigenden Temperaturen die Gehalte an sekundären Inhaltsstoffen maßgeblich erhöht, so wie dies für phenolische Substanzen u.a. von Niklaus (2007) postuliert wird.

In Untersuchungen an Rotklee konnte EICKLER (2008) zeigen, dass die Polyphenoloxidase (PPO)-Aktivität durch die beschriebene Kombination aus Trockenstress und hohen Temperaturen um den Faktor 5-6 gesteigert wird (Abb. 5). Die PPO-Aktivität ist von Relevanz für den Proteinabbau von Rotklee-Proteinen. Erhöhte PPO-Aktivitäten führen zu einer Hemmung des Proteinabbaus im Silo (LEE et al. 2004) sowie im Pansen (JONES et al. 1994) und erhöhen somit die verfügbare Proteinmenge am Duodenum (Zwölffingerdarm), was zu einer potentiell erhöhten Stickstoffnutzungseffizienz des Tieres führt (Verringerung von Milch- und Blutharnstoffgehalten, siehe BRODERICK et al. 2007). In diesem Bereich steht die Forschung noch vergleichsweise am Anfang, aber die züchterische Beeinflussung dieser sekundären Inhaltsstoffe ist eine viel versprechende Strategie, um die Proteinqualität von Futterleguminosen unter Berücksichtigung des Klimawandels zu steigern.

4.2.3 Getreide-Ganzpflanzen

Gemenge aus Körnerleguminosen- und Getreideganzpflanzen bzw. reine Getreideganzpflanzensilagen (GPS) stellen in Milchvieh-Futterbaubetrieben eine dritte Säule der Grobfutterproduktion dar. In der Literatur sind Effekte einer CO₂-Konzentrationssteigerung auf Ertrag und Qualität von Getreideganzpflanzen dahin gehend dokumentiert, dass neben einer Ertragssteigerung insbesondere die Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten in Halm und Blättern deutlich ansteigen (WALL et al. 2006), was einen direkten Einfluss auf die Silierbarkeit und die Energiedichte zur Teigreife (optimaler Nutzungsstermin) induziert.

Hierzu ist jedoch anzumerken, dass bei Verwendung von Sommergetreide diese potentiell positiven Effekte durch Frühsommertrockenheit in Verbindung mit noch schwach ausgeprägten Wurzelsystemen konterkariert werden können.

4.3 Optimierungsstrategien

4.3.1. Grünland

Die in Abschnitt 4.1 dargestellten Effekte der erwarteten Klimaänderung machen deutlich, dass die relative Konkurrenzfähigkeit von Leguminosen und krautartigen Pflanzen mit zunehmender Kohlendioxidkonzentration in der Luft ansteigt. Das bedeutet, dass diesen funktionellen Pflanzengruppen bei der Grünlandbewirtschaftung in semi-intensiven Futterproduktionssystemen eine zunehmende Bedeutung zukommt, die durch produktionstechnische Maßnahmen zu optimieren ist.

SKINNER et al. (2004) haben zu diesem Zweck unter den klimatischen Bedingungen der Nordoststaaten der USA die Hypothese überprüft, ob artenreiche Mischungen unter Einbeziehung der funktionellen Gruppen Gräser, Kräuter und Leguminosen binären Gemengen von Gras- und Leguminosenpartnern überlegen sind, wobei als zusätzliche Variante Trockenstress geprüft wurde.

Insbesondere die Einbeziehung des tief wurzelnden Chicorees reduzierte die Sensitivität gegenüber Trockenstress und erhöhte die Futterqualität. Da die klimatischen Bedingungen am Versuchstandort denen in Nordwesteuropa ähnlich sind, sind Ansätze, die Ertragssicherheit unter Bedingungen zunehmenden Trockenstresses über eine größere Artendiversität in der Ansaatmischung verfolgen, viel versprechend. Dies gilt besonders in nährstofflimitierten Systemen ist aber auch für Intensivsysteme dokumentiert (Kirwan et al., 2007).

Auch über gezielte Maßnahmen der Nachsaat ist in diesem Zusammenhang zu diskutieren. Da in den Nordoststaaten der USA aufgrund des kontinentaleren Klimas im Sommer das Knautgras die bestandsdominierende Grasart darstellt, sind diese Ergebnisse für die zu erwartenden Bedingungen in Ostdeutschland relevant. Hingegen sollte in Nordwestdeutschland selbst bei moderat reduzierter Wasserverfügbarkeit das Deutsche Weidelgras aufgrund der besseren Futterqualität im Vergleich zum Knautgras die Grünlandbestände dominieren.

Untersuchungen unserer Gruppe (WULFES und TAUBE 2001) haben gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit binärer Gemenge aus Deutschem Weidelgras und Weißklee maßgeblich durch die Wahl des Sortentyps (beim Deutschen Weidelgras) gesteuert werden kann (Abb. 6). Während in konventionellen Grünlandssystemen derzeit den spät abreifenden tetraploiden Sortentypen eine besondere Aufmerksamkeit zuteil wird, ist unter semi-intensiven Produktionssystemen, wie dem ökologischen Landbau, den früh abreifenden Sortentypen der Vorzug zu geben. Diese können (a) die Winterfeuchtigkeit für die Ertragsbildung im ersten Aufwuchs besser nutzen, und (b) lässt die Konkurrenzfähigkeit dieser Sortentypen im Hochsommer gegenüber dem Weißklee nach, was mithin höhere Weißkleeanteile und Stickstofffixierungsleistungen zulässt. Da die Ertragssicherheit im ersten Aufwuchs eine besondere wirtschaftliche Bedeutung hat, ist diesen Zusammenhängen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Schließlich kommen der Grundnährstoffversorgung und dem pH-Wert gerade unter zunehmenden Trockenstressbedingungen im Futterbau besondere Bedeutung im Hinblick auf

die Wassernutzungseffizienz zu. Arbeiten aus unserem Hause zeigen, dass in dieser Hinsicht aktuell erhebliche Defizite in der Grünlandwirtschaft zu konstatieren sind (TREYSE et al. 2008).

Eine offene Frage ist die nach der Zukunft der Weidenutzung in Deutschland: Während in den neuen Bundesländern mit Niederschlagssumme unter 600 mm/Jahr und einer prognostizierten weiteren Abnahme der Niederschlagssummen die Weidehaltung zunehmend problematisch werden dürfte, kann für den nordwestdeutschen Klimaraum ähnlich wie dies für England prognostiziert wird (DEFRA, 2000) mit einer erhöhten Konkurrenzfähigkeit der Weidenutzung gerechnet werden, da die Ausdehnung der Vegetationsperiode dieser Nutzungsform besonders entgegen kommt. Inwieweit sich unter diesen Voraussetzungen in der intensiven Weidewirtschaft die Beregnung in Trockenperioden im Sommer ökonomisch rentiert, ist eine Frage, die bisher unter den hiesigen Umweltverhältnissen nicht beantwortet ist. Arbeiten aus den Niederlanden und der Schweiz (Hack-Ten Broeke, 2001; Jeangros und Bertola, 2001) zeigen jedoch eine hohe Effizienz der Beregnung von Weiden im Hinblick auf Ertrag und Futterqualität. Bezüglich des Wasserhaushalts wäre eine solche Maßnahme nicht grundsätzlich in Frage zu stellen in Regionen, die durch Grundwasserneubildungsraten von mehr als 200 mm/Jahr geprägt sind.

4.3.2 Mais und Leguminosen-Gras-Systeme

Wie in Abschnitt 4.2.1 ausgeführt, wird Mais zu den „Gewinnern“ des Klimawandels gehören und dementsprechend wird seine Anbaubedeutung weiter steigen. Die zentrale Voraussetzung für einen erfolgreichen und umweltverträglichen Anbau des Silomaises ist jedoch in der Einhaltung von Fruchtfolgen zu sehen, um die oben skizzierten Reduktionen der Bodenfruchtbarkeit und des Abbaus organischer Substanz im Boden zu kompensieren. Damit gewinnen weitere Kulturarten des Ackerfutterbaus an Bedeutung, insbesondere Futterleguminosen-Gras-Gemenge aufgrund der besseren Ausnutzung der Bodenwasservorräte im Vergleich zu reinen Gräserbeständen. Diesbezüglich sind experimentelle Arbeiten zur Optimierung von leistungsfähigen Futterbaufruchtfolgen für die verschiedenen Klimaräume notwendig, um regionsspezifische Anbaustrategien zu entwickeln.

5. Forschungsbedarf

Die Ausführungen haben gezeigt, dass die Datengrundlage zur Abschätzung von Klimawandelwirkungen auf die Futterproduktion nach wie vor vergleichsweise unsicher ist. Es fehlen langjährige Versuchsserien, die die mittelfristigen Effekte des Klimawandels mit Hilfe von Simulationsmodellen besser prognostizierbar gestalten. So sind insbesondere die Effekte auf die Akkumulation bzw. Umsetzung der organischen Substanz im Boden und die daraus resultierende veränderte Stickstoffdynamik in semi-intensiven stickstofflimitierten Produktionssystemen wie in intensiven Futterbausystemen bisher nicht ausreichend quantifiziert. Ein großer Forschungsbedarf wird darüber hinaus bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf die Futterqualität gesehen, da dieser Bereich bisher in vielen Studien

vernachlässigt wurde. Es wird postuliert, dass die gezeigten Wechselwirkungen von Trockenstress und hohen Temperaturen auf die Ausprägung der Gehalte an Futterwert bestimmenden sekundären Inhaltsstoffen bei Futterleguminosen ein Ansatzpunkt sind, um die Proteinqualität zu steigern und damit die Versorgung mit „home grown proteins“ unter den Bedingungen des Klimawandels zu steigern.

6. Literatur

- Allard, V., Newton, P.C.D., Lieffering, M., Clark, H., Matthew, C., Soussana, J.-F., Gray, Y.S. (2003): Nitrogen cycling in grazed pastures at elevated CO₂, N returns by ruminants. *Glob. Change Biol.* 9, 1731-1742.
- Aiking, H., Boer, J. de, Vereijken, J.M. (Hrsg.) (2006): Towards sustainable protein production and consumption, pigs or peas? Dordrecht, Springer Verlag.
- Allen Jr., L.H., Baker, J.T., Boote, K.J. (1996): The CO₂ fertilization effect, higher carbohydrate production and retention as biomass and seed yield. In: Global climate change and agricultural production. Direct and indirect effects of changing hydrological, pedological and plant processes. FAO, Rome, Italy.
- Basset-Mens C., Ledgard S., Boyes M. (2008) Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. *Journal of Ecological Economics* 68: 1615-1625.
- Broderik, G.A., Brito, A.F, Olmos-Colmenero, J.J (2007): Effects of feeding formate-treated alfalfa silage or red clover silage on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90: 1378-1391.
- Casella, E., Soussana, J.F. (1997): Long term effects of CO₂, enrichment and temperature increase on the carbon balance of a temperate grass sward. *Journal of Experimental Botany* 48: 1309-1321.
- Daepf, M., Nösberger, J., Lüscher, A. (2001): Nitrogen fertilization and developmental stage alter the response of *Lolium perenne* to elevated CO₂. *New Phytol.* 150, 347-358.
- DEFRA (Department of Environment, Food and Rural Affairs) (2000): Climate Change and Agriculture in the United Kingdom. 71 S. Zugriff. 12/2005 unter: <http://www.defra.gov.uk/farm/environment/climate-change/impact/climate.pdf>.
- Eickler, B. (2008): Nutritive value of forage legumes with special reference to polyphenol oxidase activity in red clover. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Band 59. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Ewert, F., Rousevell, M.D.R., Reginster, I., Metzger, M.J., Leemans, R. (2005): Future scenarios of European agriculture land use I. Estimating changes in crop productivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107: 101-116.
- Fuhrer, J. (2003): Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone and global climate change. *Agr. Ecosyst. Environ.* 97, 1-20.
- Hack-Ten Broeke, M.J.D. (2001): Irrigation management for optimizing crop production and nitrate leaching on grassland. *Agricultural Water Management*, 49: 97-114
- Hebeisen, T., Lüscher, A., Zanetti, S., Fischer, B.U., Hartwig, U.A., Frehner, M., Hendrey, G.R., Blum, H., Nösberger, J. (1997): Growth response of *Trifolium*

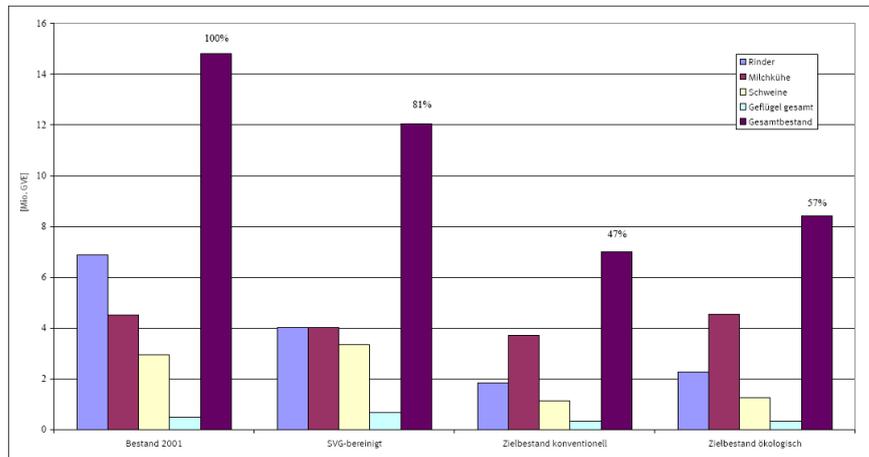
- repens* L. and *Lolium perenne* L. as monocultures and bi-species mixture to free air CO₂ enrichment and management. *Global Change Biology* 3: 149-160.
- Herrmann, A., Kornher, A., Taube, F. (2004): Ertragsentwicklung von Silomais und Deutschem Weidelgras – Zuchtfortschritt oder Klimawandel? *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 16: 99-100.
- Jeangros, B., Bertola, C. (2001): Effects of irrigation of permanent grassland in a mountain region of Switzerland. *Journal of Swiss Agricultural Research*, 8: 174-179
- Jones G.A., McAllister, T.A., Muir, A.D., Cheng, K.-J. (1994): Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 60 (4): 1374-1378.
- Kelm M, Wachendorf M, Trott H, Volkens K, Taube F (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. III. Energy efficiency in forage production from grassland and maize for silage. *Grass and Forage Science* 59, 69-79.
- Kleen, J. (2008): Ertragsleistung und Futterqualität verschiedener Leguminosen in binären Gemengen mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.). Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Band 56. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.
- Lampe, C., Dittert, K., Sattelmacher, B., Wachendorf, M., Loges, R., and Taube, F. (2006). Sources and rates of nitrous oxide emissions from grazed grassland after application of ¹⁵N-labelled mineral fertilizer and slurry. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 2602-2613.
- Lee, M.R.F., Winters, A.L., Scollan, N.D., Dewhurst, R.J., Theodorou, M.K., Minchin, F.R. (2004): Plant-mediated lipolysis and proteolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84: 1639-1645.
<http://www3.interscience.wiley.com/journal/109581774/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0> (30.9.08)
- Lilley, J.M., Bolger, T.P., Peoples, M.B., Gifford, R.M. (2001): Nutritive value and the nitrogen dynamics of *Trifolium subterraneum* and *Phalaris aquatica* under warmer, high CO₂ conditions. *New Phytologist* 150 (2): 385-395.
- Lüscher, A., Hendrey, G.R., Nösberger, J. (1998): Long-term responsiveness to free air CO₂ enrichment of functional types, species and genotypes of plants from fertile permanent grassland. *Oecologia* 113: 37-45.
- Lüscher, A., Hartwig, U.A., Suter, D., Nösberger, J. (2000): Direct evidence that symbiotic N₂ fixation in fertile grassland is an important trait for a strong response of plants to elevated atmospheric CO₂. *Global Change Biology* 6: 655-662.
- Manderscheid, R., Nozinski, E., Weigel, H.-J. (2009): Freilanduntersuchungen zu Rückkopplungseffekten zwischen zukünftigen atmosphärischen CO₂-Konzentrationen und Wasserhaushaltsgrößen in Maisbeständen. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften*, 2009
- Mikkelsen, T.N., Beier, C., Jonasson, S., Holmstrup, M., Schmidt, I., Ambus, P., Pilegaard, K., Larsen, K.S., Carter, M.S., Ibrom, A., Martinussen, T., Miglietta,

Vorträge

- F., Sverdrup, H. (2008): Experimental design of multifactorial climate change experiments with elevated CO₂, warming and drought: the CLIMAITE project. *Functional Ecology* 22: 185-195.
- Morgan, J.A., Pataki, D.E., Korner, C., Clark, H., Del Grosso, S.J., Grunzweig, J.M., Knapp, A.K., Moision, A.R., Newton, P.C.D., Niklaus, P.A., Nippert, J.B., Nowak, R.S., Parton, W.J., Polley, H.W., Shaw, M.R. (2004): Water relations in grassland and desert ecosystems exposed to elevated atmospheric CO₂. *Oecologia* 140: 11-25.
- Niklaus, P.S. (2007): Climate Change Effects on Biogeochemical Cycles, Nutrients, and Water Supply. In: Newton, P.C.D., Carran, R.A., Edwards, G.R., Niklaus P.A. (Hrsg.) *Agroecosystems in a Changing Climate*. CRC Press, Florida, S. 11-52.
- Ottman, M.J., Kimball, B.A., Pinter, P.J., Wall, G.W., Vanderlip, R.L., Leavitt, S.W., Lamporte, R.L., Matthias, A.D., Brooks, T.J. (2001): Elevated CO₂ increases sorghum biomass under drought conditions. *New Phytol.* 150 (2) 261-273,
- Peterson, P.R., Sheaffer, C.C., Hall, M.H. (1992): Drought Effects on Perennial Forage Legume Yield and Quality. *Agronomy Journal* 84: 774-779.
- Sedorovich DM, Rotz CA, Richard TL (2007) Greenhouse gas emissions from dairy farms. *ASAE Annual Meeting* 074096.
- Senbayram, R.C., Mühling, K.H., Dittert, K. (2009): Contributions of nitrification and denitrification to nitrous oxide emissions from soils after application of biogas waste and other fertilizers. *Rapid Communications in Mass Spectroscopy* 23: 2489-2498
- Skinner, R.H., Gustine, D.L., Sanderson, M.A. (2004): Growth, water relations, and nutritive value of pasture species mixtures under moisture stress. *Crop Science* 44: 1361-1369.
- Treyse, K., Kelm, M., Mehrtens, H., Taube, F. (2008): Ein Indikatoransatz zur Bewertung der Nachhaltigkeit von intensiv genutzten Grünlandbeständen. *Berichte über Landwirtschaft* 86 (1): 79-103.
- Vertès F, Hatch D, Velthof G, Taube F, Laurent F, Loiseau P, Recous S (2007). Short-term and cumulative effects of grassland cultivation on nitrogen and carbon cycling in ley-arable rotations. *Grassland Science in Europe* 12: 227-246.
- Wall, G.W., Garcia, R.L., Kimball, B.A., Hunsacker, D.J., Pinter, P.J., Long, S.P., Osborne, C.P., Hendrix, D.L., Wechsung, F., Leavitt, S.W., LaMorte, R.L., Idso, S.B. (2006): Interactive effects of elevated carbon dioxide and drought on wheat. *Agronomy Journal* 98: 354-381.
- Wienforth B (2008) Standortgerechte Wahl von Energiepflanzen für die Biogasproduktion: Modellgestützte Analyse des Trockenstresseinflusses auf das Ertragspotenzial von Silomais. In: Kage et al. (Eds.) *Modellierung des Systems Nutzpflanze-Boden – Herausforderungen des 21. Jahrhunderts*, 26.-27.2.2009, Kiel (in Druck).
- Wulfes, R., Taube, F. (2001): Einfluss des Sortentypes von Deutschem Weidelgras auf Leistungsfähigkeit und Weißkleekompatibilität. S. 3-10. In: DLG (Hrg.): *Fachtagung des DLG-Ausschusses „Gräser, Klee und Zwischenfrüchte“*, Fulda, 4.-5-Dez. 2001. *Arbeitsunterlagen* 43. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt a.M.

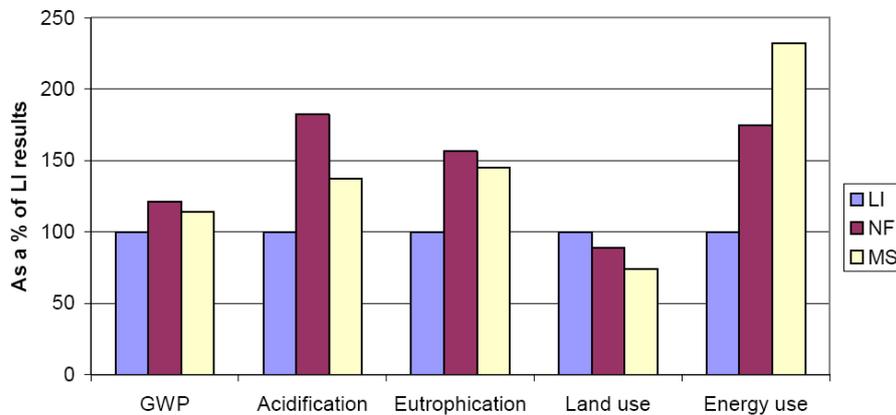
Woitowitz, A. (2007): Auswirkungen einer Einschränkung des Verzehrs von Lebensmitteln tierischer Herkunft auf ausgewählte Nachhaltigkeitsindikatoren-dargestellt am Beispiel konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweise. Diss. oec.-troph., TUM München, Weihenstephan

Abbildung 2: Vergleich der für die Proteinversorgung der deutschen Bevölkerung erforderlichen Tierbestände in Großvieheinheiten (GVE) und bezogen auf den realen Tierbestand von 2001



Quelle: BMVEL 2001; DBV 2002 („SVG-bereinigt“ bedeutet der Tierbestand, der für die derzeitige Versorgung der Bevölkerung notwendig wäre, wenn in allen Sparten eine komplette Selbstversorgung vorherrschen würde).

Abb. 1: Vergleich der für die Proteinversorgung der deutschen Bevölkerung erforderlichen Tierbestände in Großvieheinheiten und bezogen auf den realen Tierbestand 2001 (Woitowitz, 2007)



LI= Low input system (0 Nfert, 2.3 cows/ha);
 NF= N fertiliser system (170 kg N/ha, 3 cows/ha);
 MS= Moderate supplement system (170 kg N/ha, 13 tDM maize silage/ha, 5.3 cows/ha)

Abb. 2: „Ökoeffizienz“ und „carbon footprint“ verschiedener Milchproduktionssysteme in Neuseeland (Basset-Mens et al., 2008)

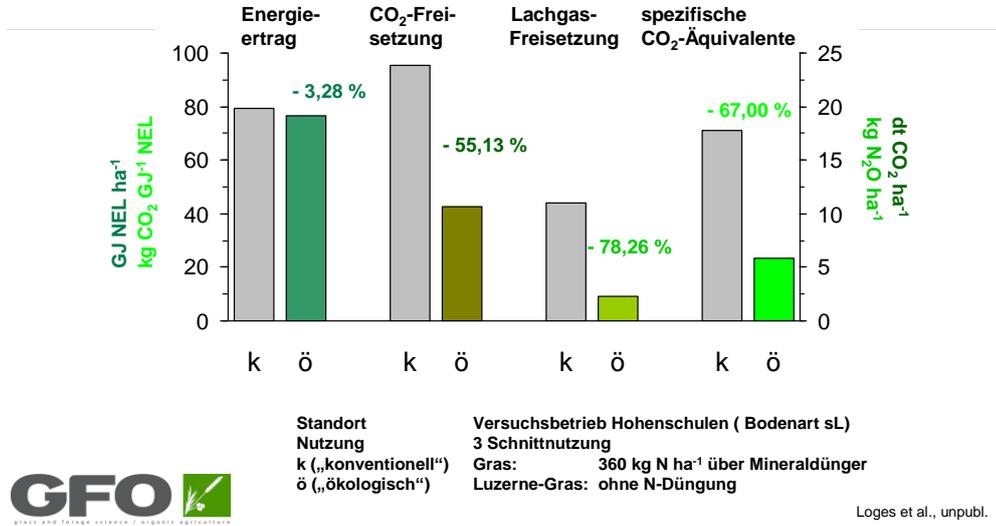


Abb. 3: „Carbon footprint“ eines gedüngten Gras- und eines ungedüngten Luzerne-Grasbestandes

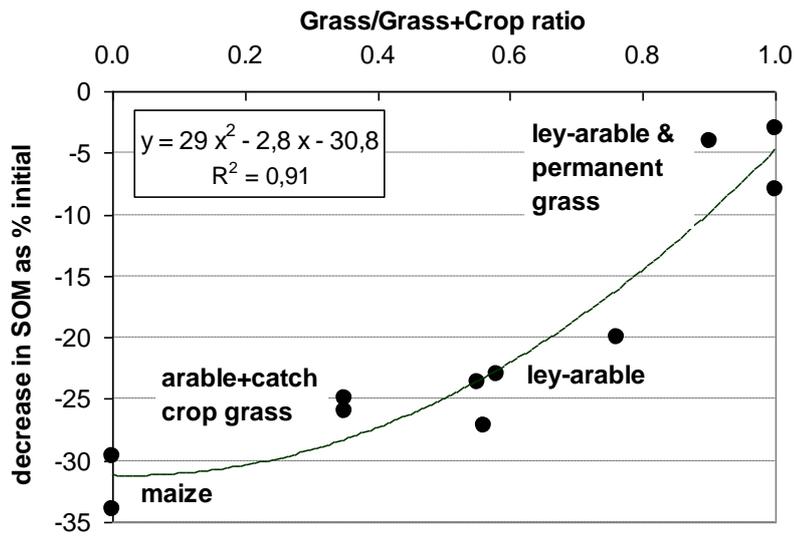


Abb. 4: Beziehung zwischen organischer Masse des Bodens (SOM) und dem Anteil Gras in Ackergrasfruchtfolgen nach 28 Jahren unterschiedlicher Bewirtschaftung (Vertès et al., 2005).

Vorträge

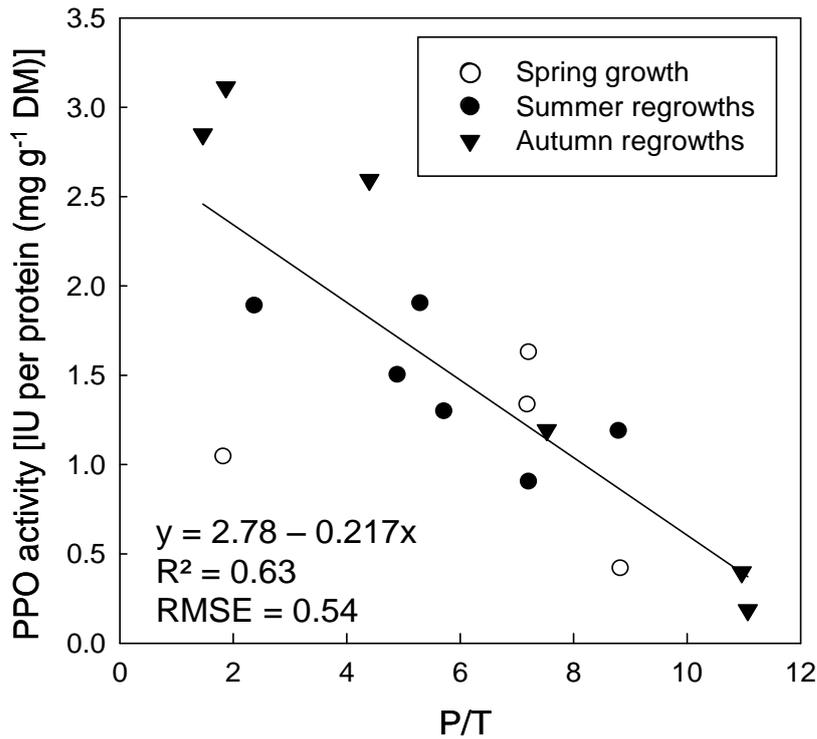


Abb. 5: Einfluss des Quotienten aus Niederschlag (P) und Temperatur (T) auf die Polyphenoloxidase-Aktivität von Rotklee (Spring growth = Primäraufwuchs Frühjahr; Summer regrowths = 2. bzw. 3. Aufwuchs im Sommer; Autumn regrowths = 4. Aufwuchs Herbst) (EICKLER 2008)

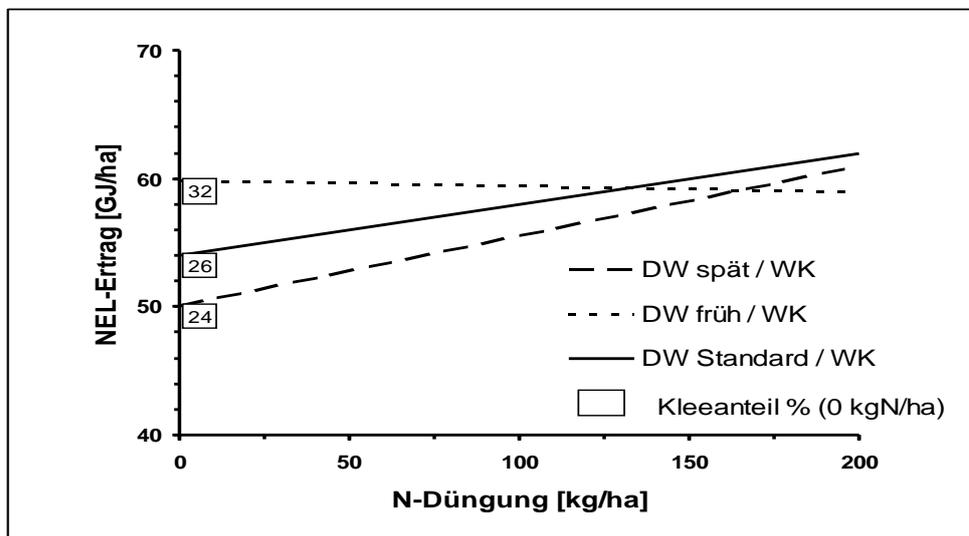


Abb. 6: Einfluss des Deutsch' Weidelgras (DW) - Sortentyps in binären Gemengen mit Weißklee auf den Energieertrag (Mischung DW früh = 45 % Gremie + 45 % Bastion + 10 % Milkanova; Mischung DW spät: 45 % Condesa + 45 % Vigor + 10 % Milkanova; Mischung DW Standard: je 22,5 % Bastion, Gremie, Condesa, Vigor + 10 % Milkanova; Signifikanz F-Wert Wechselwirkung Sortentyp x Stickstoffdüngung: ***) (WULFES und TAUBE, 2001)

Anmerkungen zu CO₂-Footprints für Lebensmittel tierischer Herkunft

G. Flachowsky und S. Hachenberg

Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut (FLI),

1. Einleitung

Die menschlichen Aktivitäten, vor allem die in Verbindung mit der Verbrennung von fossilem Kohlenstoff stehenden Prozesse, haben zu einem deutlichen Anstieg der Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Konzentration sowie der Methankonzentration und weiterer Gase in der Atmosphäre geführt (von ≈ 280, im 18. Jhd.; auf heute ≈ 380; auf vielleicht 550 ppm CO₂ um 2050; IPCC 2006). Gegenwärtig wird die globale Treibhausgasemission (THG) auf etwa 42 Mrd. t CO₂-Äquivalente (CO₂Äq) geschätzt, auf die Landwirtschaft sollen etwa 32 % entfallen (Isermeyer et al., 2008). Diese Entwicklung führte zu Überlegungen, Produkte mit sogenannten CO₂-Footprints (CO₂-Fußabdrücke) zu versehen, um diese anhand der Emissionen, die entlang der Produktionskette entstehen, zu bewerten und Erzeugern sowie Verbrauchern bezüglich einer Minimierung der Emissionen zu sensibilisieren. In manchen Ländern (z.B. Großbritannien, Schweden) wird bereits gegenwärtig über eine Kennzeichnung der Lebensmittel diskutiert.

2. Grundlagen für Footprints

Als CO₂-Footprints wird die Summe aller klimarelevanten Emissionen bei der Erzeugung eines Produktes entlang der Nahrungskette unter Berücksichtigung des Treibhauspotenzials der anfallenden Gase (z.B. Kohlendioxid (CO₂) x 1; Methan (CH₄) x 23; Lachgas (N₂O) x ≈ 300, IPCC, 2006) verstanden (s. Abb. 1). Im Falle der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft sind das vor allem Betriebsmittelbedingte Emissionen beim Futterbau, bei der Ernte, Konservierung, Aufbereitung und dem Transport der Futtermittel sowie bei der Tierhaltung. Dazu kommen tierbedingte Emissionen (vor allem CH₄) und Emissionen beim Exkrementmanagement.

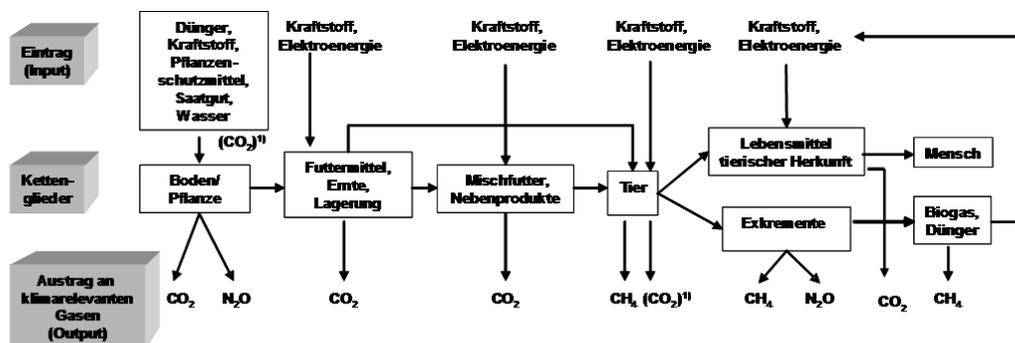


Abbildung 1: We¹⁾ freigesetzt; es wird als emissionsneutral betrachtet. tierischer Herkunft“ sowie ausgewählte Einträge von Ressourcen und Austräge klimarelevanter Gase

2.1 Betriebsmittel-bedingte Emissionen

Der Umfang der Betriebsmittel-bedingten Emissionen hängt von der Intensität des Landbaus und dabei vor allem von der Düngungsintensität ab. Bei Bezug auf das Produkt (je t bzw. kg Trockenmasse, T), hat die Ertragshöhe erheblichen Einfluss auf die Emissionen. Auf diesbezügliche Details soll im vorliegenden Beitrag nicht näher eingegangen werden. Relativ wenige belastbare Daten liegen zum CO₂-Austrag bei verschiedenen Verfahren der Futterlagerung und –aufbereitung vor. Ebenso wenig umfangreich ist ebenfalls die Datenbasis bezüglich der Aufwendungen bzw. Emissionen bei der Futtertrocknung, Vermahlung und Mischfutterherstellung.

2.2 Tierbedingte Emissionen (Methan und Lachgas)

Es ist allgemein anerkannt, dass CH₄ als unvermeidbares natürliches Nebenprodukt der mikrobiellen Fermentation im Pansen von Wiederkäuern anfällt. In Abhängigkeit von der Rationsgestaltung können 4 bis 10 % der Bruttoenergie bzw. 10 – 40 g CH₄/kg T-Aufnahme entstehen. Da wir kürzlich (Flachowsky und Brade, 2007) in einem Review auf Methanbildung und Einflussfaktoren detailliert eingegangen sind, sollen hierzu keine weiteren Ausführungen folgen. Bedingt durch das hohe Treibhauspotenzial belastet CH₄ die CO₂-Footprints der von Wiederkäuern stammenden Lebensmittel ganz erheblich.

Lebensmittel liefernde Tiere scheiden selbst kein N₂O aus. Etwa 90 % des in die Atmosphäre gelangenden N₂O wird in den Boden bei mikrobiellen Umsetzungen aus Nitrat und Ammonium gebildet. Der Anteil des Stickstoffes, der als Lachgas emittiert wird, hängt u.a. von N-Quelle, Bodenart, Feuchte, Temperatur und Bodenbewirtschaftung ab (FLACHOWSKY und LEBZIEN, 2007).

3. CO₂-Footprints

Die Höhe der CO₂-Footprints hängt wesentlich von den berücksichtigten Systemgrenzen ab. Bei dem in Tabelle 1 gezeigten Beispiel zur Kalkulation von CO₂-Footprints für Milch fanden nur die direkt der Milchkuh zuordenbaren Emissionen Berücksichtigung. Jungrinderaufzucht oder Emissionen im Vorleistungsbereich (z.B. Maschinenbau, Stallbau) blieben dabei unberücksichtigt.

Tabelle 1: Kalkulation der Emissionen je Milchkuh und Jahr (Parameter: Lebendmasse: 650 kg, Milchleistung 8000 kg/Jahr, 1 Kalb/Jahr; nach DÄMMGEN und HAENEL, 2008)

Emissionsquelle	Emissionen (kg/Kuh und Jahr)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Düngerproduktion	210	5,5	1,1
Futtererzeugung	83		1,2
Transport, Behandlung	43		
Pansenfermentation		119	
Fermentation bei Güllelagerung		19	0,9
Emissionen aus Boden, Lagerung, Wasser		-1	1,8
Gesamt	336	143	5
CO ₂ -Äquivalente (kg/Kuh und Jahr) (g/kg Milch) ¹⁾	26	5125 640	
CO ₂ -Äquivalente der einzelnen Emissionen (kg/Kuh) (% der Gesamtemission)	336 6	3290 65	1500 29

1) Ohne
Jungrinder-
aufzucht und
Kalb

Gegenwärtig existieren verschiedene Studien, meist von ökonomisch-ökologisch ausgerichteten Einrichtungen, in denen die CO₂-Footprints für die Primärerzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft gegenübergestellt werden (Abb. 2).

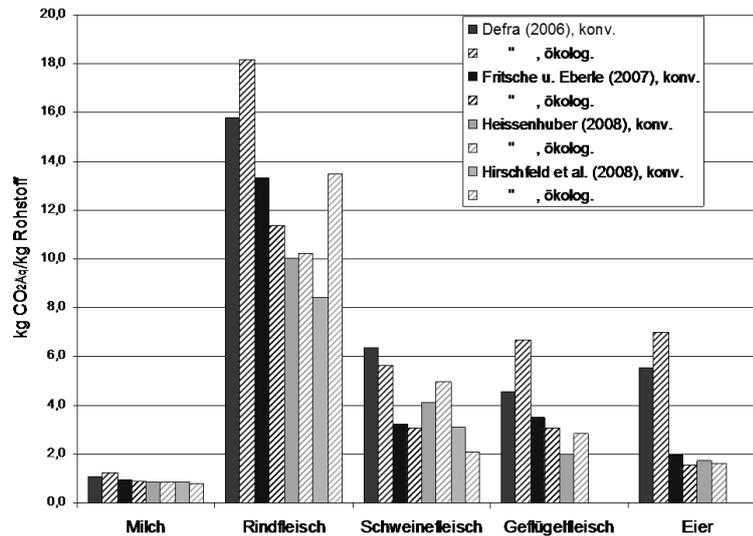


Abbildung 2: CO₂-Footprints für Lebensmittel tierischer Herkunft aus herkömmlicher oder ökologischer Erzeugung nach verschiedenen Autoren

Dabei wird offensichtlich, dass sowohl zwischen den verschiedenen Lebensmitteln als auch zwischen den Autoren beim gleichen Lebensmittel deutliche Unterschiede in den mitgeteilten CO₂-Footprints bestehen. Auffallend ist auch das Ranking zwischen den unterstellten Produktionsformen bzw. -intensitäten (konventionell bzw. ökologisch). Während von FRITSCHE und EBERLE (2007) beispielsweise für ökologisch erzeugte Lebensmittel niedrigere CO₂-Footprints ausgewiesen werden, zeigen in der DEFRA-STUDIE (2006) mit Ausnahme von Schweinefleisch ökologisch erzeugte Produkte höhere CO₂-Werte.

Derartige Aussagen und Rankings beim gegenwärtigen Wissenstand sind nicht unproblematisch, da dadurch vor allem bei der Politik der Eindruck entstehen kann, dass ausreichend Primärdaten zur Bewertung vorhanden sind und kein weiterer Forschungsbedarf besteht.

4. Einflussfaktoren auf CO₂-Footprints und Forschungsbedarf

Eine Palette vielfältiger Einflussfaktoren (z.B. Systemgrenzen, Bezugsbasis, jahreszeitliche Schwankungen der Ein- und Austräge) erschweren gegenwärtig „belastbare“ Aussagen zur Höhe der CO₂-Footprints. Aus Sicht der Tierernährung wird u.a. Forschungsbedarf auf folgenden Gebieten gesehen:

Vorträge

- Erfassung der Einflussfaktoren auf die Lachgasbildung und bessere Quantifizierung in Abhängigkeit von den Einflussfaktoren,
- Weitere Quantifizierung der Betriebsmittel-bedingten Emissionen,
- Berücksichtigung der Emissionen, die bei der Aufbereitung von Nebenprodukten der Verarbeitungsindustrie als Futtermittel entstehen,
- Bessere Quantifizierung der Emissionen aus der Mischfutterherstellung und -behandlung (z.B. Pelletierung, Extrudieren),
- Berücksichtigung des Jahrganges, der Jahreszeit und anderer exogener Einflussfaktoren auf die Emissionen,
- Standardisierung der Methoden, klare Definition von Systemgrenzen,
- Vertiefung der Kenntnisse über Emissionsreduzierungspotenziale (vor allem CH₄ und N₂O) und Umsetzung der Potenziale in die Praxis,
- vor einer Kennzeichnung der Lebensmittel mit CO₂-Footprints bzw. einem Handel mit Emissionsrechten bei der Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft sind weitere Untersuchungen und methodische Abstimmungen erforderlich,
- eine komplexe Bewertung der Lebensmittelerzeugung und die Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen bei der Erarbeitung der Footprints sind dringend notwendig (für weitere Details s. Beitrag von FLACHOWSKY und HACHENBERG, 2009).

Literatur

- DÄMMGEN U., HAENEL H.-D. (2008): Emissions of greenhouse gases and gaseous air pollutants – a challenge for animal nutrition. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 17, 163-167
- DEFRA (August 2006): Determination the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Defra project report ISO 205. Cranfield Univ. Silsoe Inst., <http://www.cranfield.ac.uk>
- FLACHOWSKY G., BRADE W. (2007): Potenziale Zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. Züchtungskd. 79, 417-465
- FLACHOWSKY G., HACHENBERG, S. (2009): Co₂-footprints for food and animal origin – Present stage and open questions. J. Verbr. Lebensm. 4, 190-198
- FLACHOWSKY G., LEBZIEN P. (2007): Lebensmittel liefernde Tiere und Treibhausgase – Möglichkeiten der Tierernährung zur Emissionsminderung. Übersicht. Tierern. 35, 191-231
- FRITSCH R., EBERLE U. (2007): Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Arbeitspapier, Öko-Institut e.V. Darmstadt, 13 S.
- HEISSENHUBER A. (2008): Ökonomische Aspekte einer energieeffizienten Landwirtschaft. KTBL-Vortragstagung, 08./09.04.2008, Fulda, KTBL-Schrift 463, 42-53

Vorträge

HIRSCHFELD J., WEIß J., PREICHT M., KORBUN T. (2008): Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Schriftenreihe des IÖW 186/08, Berlin, 188 S.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 4, Agriculture, Forestry and other Land use. <http://www.ipce-nggip.iges.or.jp/public/2006/gl/vol4.htm>.

ISERMEYER F., OTTE A., CHRISTEN O., FROHBERG K., HARTUNG J., KIRSCHKE D., SCHMITZ M., SUNDRUM A. (2008): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung Empfehlungen an die Politik, Gutachten. Berichte über Landwirtschaft, SH 116, 198 S.

Zur Folgenabschätzung möglicher Klimaänderungen auf die Landbewirtschaftung in NRW

W. Buchner

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen,

Siebengebirgsstraße. 200, 53229 Bonn

werner.buchner@lwk.nrw.de

Einleitung

In Nordrhein-Westfalen herrscht ein warm-gemäßigtes Regenklima vor. Das Land liegt fast vollständig im nordwestdeutschen Klimabereich, welches sich durch relativ milde Winter und durchwachsene Sommer auszeichnet (MUNLV, 2009)

Unter dem Einfluss kontinentaler Witterungsabschnitte können vereinzelt auch kühlere Winter und wärmere Sommer, namentlich in der südlichen Rheinebene, mit stärker ausgeprägten Temperaturextremen auftreten.

Angesichts der sich abzeichnenden Klimaänderungen, aber zugleich erhöhter Anforderungen an Umwelt-, Wasser- und Bodenschutz, nicht zuletzt auch in Zeichen zunehmender Spezialisierung ständig um Wachstum bemühter landwirtschaftlicher Unternehmen kommt der standortspezifischen Umsetzung möglichst genauer Witterungsprognosen, aber auch der vorsorglichen Anpassung zumindest an den mittelfristigen Klimawandel existenzielle Bedeutung zu (BUCHNER, 2007).

Die Mittelgebirgsregionen der Eifel, des Weser Berglandes und des Süderberglandes sind durch eine Abnahme der Temperatur im Mittel um etwa 0,6 Grad pro 100 m Höhe gekennzeichnet, sodass schließlich in den Höhenlagen des Rothaargebirges nur noch Jahresmitteltemperaturen um 5 Grad gemessen werden, während die Niederungen mit Höhenlagen unter 150 m, im besonderen die bis in den Bonner Raum hineinreichende Niederrheinische Bucht, das Niederrheinische Tiefland, die Westfälische Bucht und das Westfälische Tiefland sich durch Jahresmittelwerte der Lufttemperatur von mehr als 9 Grad auszeichnen.

In den windgeschützten, dicht besiedelten Regionen der Kölner Bucht werden auch Durchschnittstemperaturen von mehr als 10 Grad im Jahresdurchschnitt erreicht. Ähnliche Messwerte kennzeichnen die Wärmeinseln in den Ballungsräumen an Rhein und Ruhr.

Die Niederungen zeichnen sich durch ein Sommermaximum der Niederschläge ab, wobei aufgrund sehr intensiver Sonneneinstrahlung nicht selten lokal begrenzte Schauer und Gewitter mit hoher Intensität auftreten. Hier ist eine

Schneedecke von kaum mehr als 10 Tagen im Jahr vorzufinden, während in der Westfälischen Bucht auch 20 Tage Schneebedeckung erreicht werden.

Nicht selten wird die regionale Klimadifferenzierung namentlich auch in Regionen des Rheinlandes verkannt: so werden im Luvbereich des Bergischen Landes Niederschläge um 1.400 mm bereits in Geländehöhen von lediglich 250 m gemessen. Auf dem Kahlen Asten, der mit 839 m höchsten Erhebung Nordrhein-Westfalens, fallen 1.500 bis 1.600 mm Niederschlag. Absinkbewegungen durch luvseitiges Ausregnen der ohnehin schon trockenen Luft verursachen hingegen in der Zülpicher Börde ein Niederschlagsaufkommen von weniger als 600 mm, während sich die im Klima- und in den Bodenverhältnissen ausgeglichenen Niederungsgebiete der Köln-Aachener Bucht, aber auch der Niederrheinischen und Westfälischen Tieflandsbucht durch Niederschlagsmengen zwischen 700 und 800 mm auszeichnen.

Die Landesregierung begreift die Anpassung an den Klimawandel als einen dynamischen Prozess, der durch Modellrechnung – namentlich des Deutschen Wetterdienstes, des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, des Regionalverbandes Ruhr sowie Fallstudien des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung e.V. - gestützt ist.

Im globalen Maßstab können Anpassungen der pflanzlichen Anbaumethoden und die Entwicklung emissionsärmerer Tierhaltungs- und Düngerverfahren den scheinbar unaufhaltsamen Anstieg der Lufttemperaturen und die Zunahme klimaschädigender Spurengase auf nationaler Ebene kaum mindern (IPPC, 2007).

Dennoch ist die Landesregierung angetreten (MUNLV, 2009) kleinräumige Klimaprojektionen mit einer Auflösung von 18 x 18 km zu erstellen, um regionalen und sektorspezifischen Anfälligkeiten gerecht zu werden.

Angesichts eng bebauter und besiedelter Ballungszentren, einer teuren Infrastruktur, ausgeprägter Industrielandschaften, aber auch einer umfangreichen Land- und Forstwirtschaft und vielfältiger Ausprägungsformen der Natur richtet sich der Appell zur Entwicklung von Anpassungsstrategien an „Kommunen“, z.B. für die Sektoren Tourismus oder Stadtplanung, wie an Landwirte, Waldbesitzer und Unternehmer in den als klimaanfällig identifizierten Sektoren, aber auch an die Landesregierung selbst als Eigentümer von Wäldern.

Folgen der Klimaerwärmung für die Landwirtschaft

Wenngleich sich der Klimawandel in Nordrhein-Westfalen gemessen an trockeneren Regionen Süd- und Mitteldeutschlands aufgrund der ausgeprägten Lage zu den Westwinden im Hinblick auf das Niederschlagsdargebot wahrscheinlich moderater vollzieht, so ist im Referenzzeitraum von 2031 bis 2060 im Vergleich zu der Normalperiode 1961 bis 1990 von einer Erwärmung um durchschnittlich 1,9 Grad, mit deutlich lokalen Schwerpunkten und einer Zunahme bis zu 3 Grad in den Sommermonaten und vornehmlich in den Niederungsgebieten des Südlichen Rheinlandes auszugehen. Die Zahl der Schneetage geht zurück; die herbstliche Weideperiode hat sich bereits jetzt um

10 bis 14 Tage verlängert, ebenso können Weideaustrieb im Frühjahr und Gewinnung des ersten Siloschnittes frühzeitiger erfolgen.

Insbesondere bedarf die Überprüfung rückläufiger Frostintensität deren Auswirkung auf Gras- und Wurzelwachstum (KREYLING J. et al. 2008) intensiverer Überprüfung. Auch die klassische Winterfurche, die vielerorts bei hoher Bodenfeuchte durchgeführt und durch Frostgare in Teilen im Hinblick auf schädliche Bodenveränderung gemindert wurde, tritt in Zukunft seltener ein.

Die phänologische Uhr für die Naturraumgruppe 57 (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2008) zeigt am Beispiel der Region des unteren Niederrheins die deutliche Ausprägung des früheren Beginns von Frühling, Sommer und Herbst, während sich der Winter in den letzten 20 Jahren im Mittel etwas später einstellt. Mit der verlängerten Vegetationsperiode und einer günstigen Niederschlagsverteilung auf den vielerorts anstehenden Löss- und Lehmböden scheint die Ertragsfähigkeit auch in der ferneren Zukunft gewährleistet.

Phänologische Uhr Naturraumgruppe 57 - NIEDERRHEINISCHES TIEFLAND

Leitphasen, mittlerer Beginn und Dauer der phänologischen Jahreszeiten, Zeiträume 1961-1990 und 1991-2008 im Vergleich

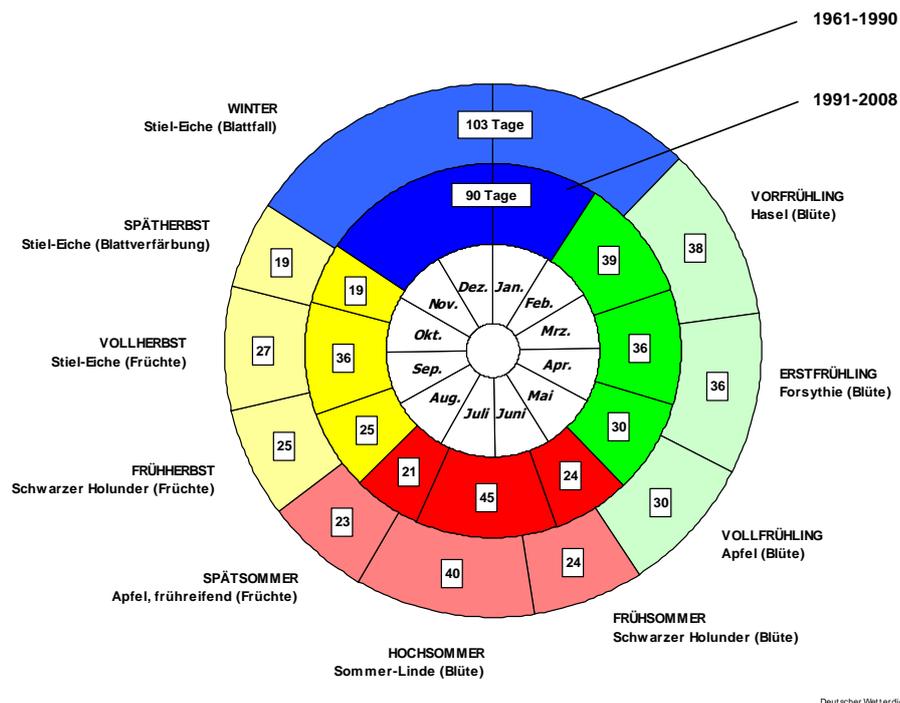


Abb. 1: Phänologische Uhr

In ihren Beratungsaussagen nutzt die Landwirtschaftskammer diesen „Entwicklungsvorsprung“, der gleichwohl nicht selten mit häufiger einsetzender Frühsommertrockenheit einhergeht, zu zeitkritischeren Düngungsempfehlungen sowie zu einer im Zusammenwirken mit dem Geschäftsfeld Landwirtschaft des Deutschen Wetterdienst erstellten Prognose des ersten Schnitttermins zur Gewinnung von Anweilksilage.

Erste Versuche zur ganzjährigen Gülleausbringung befinden sich im Stadium des Experiments und sollen Ansätze zur standortspezifischen Ausgestaltung der Sperrfristenregelung (Düngeverordnung) unter vollständiger Wahrung der

anspruchsvollen Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie und eines flächendeckenden Gewässerschutzes liefern.

Vollweidesystem mit einer länger ausgeprägten Verweilzeit der Tiere auf hofnahen Weiden könnten für arrondierte Betriebe – namentlich in den Mittelgebirgsregionen – zu einer kostengünstigeren Futterwerbung „durch das Tier“ und zur dringend gebotenen Senkung der Betriebs- und Maschinenkosten beitragen. Dazu sind Experimente im Zusammenwirken mit der Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Landbau in Soest, mit finanzieller Unterstützung des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen und der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung in ausgewählten Naturräumen in Angriff genommen worden.

Ganzjährige Wasserversorgung sicherstellen

Während sich in Trockenregionen Mitteldeutschlands, aber auch der Oberrheinischen Tiefebene bereits jetzt Wassermangel abzeichnet, wird die Landwirtschaft in Nordrhein-Westfalen - von durchaus zunehmenden Extremen in vermehrt aufgetretenen Trockenjahren abgesehen - nach derzeitiger Einschätzung kein schwerwiegendes Niederschlagsdefizit erleiden (MUNLV, 2009). Gleichwohl wirft die jahrestypische Niederschlagsverteilung Probleme auf: so sagen Berechnungen des Potsdamer Institutes für Klimafolgenforschung voraus, dass sich in Nordrhein-Westfalen bis zum Zeitraum 2036-2065 die Anzahl der Tage mit schweren Regenfällen über 10 mm um 14 % erhöht und die Anzahl der Tage mit Regenmengen über 20 mm um 30 % im Vergleich zu 1961-1990 zunimmt. Neben der vorgenannten Temperaturerhöhung wird eine Abnahme der Sommerniederschläge und eine Zunahme der winterlichen Regenmengen erwartet. Gleichzeitig sollen im Sommer aber aufgrund verstärkter Einstrahlung konvektive Starkniederschlagsereignisse zunehmen, die den Bodenabtrag in geneigten Hanglagen verstärken können.

Während also im Regenschattengebiet der Eifel und auf den leichteren Böden der Niederungsgebiete Beregungen zur Bewältigung des Niederschlagsdefizits in den Sommermonaten ergriffen werden müssen, zeichnet sich in den Staulagen der Mittelgebirge, namentlich auf den lössgeprägten Böden, die Notwendigkeit zu verstärkten Bodenschutzmaßnahmen im Zeichen des Wasserüberschusses ab.

Als Grundlage für eine regionalisierte landwirtschaftlichen Fachberatung sind in Nordrhein-Westfalen insgesamt sechs Boden-Klima-Räume ausgewiesen worden, in denen Wertprüfungen, Landessortenversuche, Versuche zur Düngung und Bodenbearbeitung für alle am Markt, in der Veredlungswirtschaft und im Bereich nachwachsender Rohstoffe marktgängigen Feldfrüchten durchgeführt werden (Abb. 2). Drei Versuchsregionen, namentlich die Niederungsgebiete sowie das links- und rechtrheinische Höhegebiet liefern schwerpunktmäßig Beratungsaussagen zu den Fragen der Grünlandwirtschaft und des Futterbaues.

Neben den Versuchen zum Anbau früher abreifender Getreidesorten und einem gezielten auf die Frühsommertrockenheit ausgerichteten Düngemanagement nimmt die konservierende Bodenbearbeitung, die sich im Zeichen des

Mulchsaatverfahrens zu Zuckerrüben und Mais auf eine trockene, sommerliche Bodenbearbeitung und einem winterbegründenden Zwischenfruchtanbau stützt, breiteren Raum ein. Die Erhaltung eines gefügestabilen Bodens mit seinen Produktions-, Lebensraum- und Regelungsfunktionen ist insoweit eine Grundvoraussetzung zur Sicherstellung einer kontinuierlichen Wasserversorgung für den Feldfruchtanbau. Ebenso wichtig erscheint die Verbesserung der Wassernutzungseffizienz durch tiefgreifende, intensive Durchwurzelung, die sowohl pflanzenbaulich stimuliert, als auch züchterisch verbessert werden kann (HERZOG, 2003).

Eine regionalspezifische Auswertung der sommerlichen Niederschlagssummen im Zeitraum von 1995-2007 zeigt, mit welcher großer Varianz der sommerlichen Niederschläge gerechnet werden muss (Abb. 3).

Auf grundwassernahen Standorten, die örtlich durch hohe Intensität des Gemüsebaues geprägt sind, trägt die Feldberegnung dazu bei, Engpässe in der Wasserversorgung zu beseitigen. Bezüglich der Trinkwasserversorgung hat Nordrhein-Westfalen sowohl im Bereich des oberflächennahen Grundwassers, als auch durch die Talsperrenbewirtschaftung in den rechts- und linksrheinischen Mittelgebirgsregionen einen hohen Status der Versorgungssicherheit erreicht und besitzt insoweit eine gute Ausgangssituation zum Schutz vor nachteiligen Klimafolgen (MUNLV, 2009).

Namentlich im Zusammenhang mit den sich abzeichnenden, zunehmenden extremen Wittersituation scheint aber im Bereich der Wasserwirtschaft die Anpassungsnotwendigkeit im Hochwasserschutz unabweisbar. Auch ist die künftige Entwicklung des Wasserbedarfes - gekennzeichnet durch häufige Hitzeperioden, aber auch den Wandel der Bevölkerungsentwicklung – sorgfältig zu prognostizieren. Die Landesregierung hat jüngst mit der Einrichtung gesteuerter Rückhaltungen im Einzugsbereich der durch Hochwasser gefährdeten Stadt Köln Rückhaltegebiete eingerichtet, die geeignet sind, gefährliche Hochwasserspitzen durch gesteuerte Flutung von Poldern zu dämpfen.

Beratung im Zeichen des Klimaschutzes

Die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen hat als Beratungsinstitution den anspruchsvollen Auftrag, Landwirte in ihren mannigfaltigen Naturräumen und Produktionsverfahren vor den schwer prognostizierbaren Witterungsextremen durch ein gezieltes Bewirtschaftungsmanagement zu schützen. Die Herausforderung des sich abzeichnenden Klimawandels wird gegenwärtig an einem spürbaren Ansteigen der Lufttemperaturen, augenscheinlich zunehmender Vorsommertrockenheit und ausgeprägteren Starkniederschlagsereignissen deutlich.

Andererseits lässt die betriebliche Entwicklung eine Ausrichtung von Produktionsverfahren auf die Prognosen bis Mitte des 21. Jahrhunderts kaum erwarten. Insofern gilt es im Ackerbau und in der Grünlandwirtschaft im Sinne eines integrierten Klimaschutzes, die Fotosyntheseleistung der Pflanzen in hohem Maße durch neue Züchtungsverfahren und adaptierte Arten und Sorten durch eine in Technik, Düngung und Pflanzenschutz optimierte Präzisionslandwirtschaft nachhaltig zu steigern. Dazu gehört die Verbesserung

des Nährstoffaneignungsvermögens, die optimale Ausgestaltung der Blattgeometrie im Raum, aber auch die Vermeidung unwirtschaftlichen Krankheits- und Schädlingsbefalles (BUCHNER, 2005), der immerhin 30 % der Welternte vernichtet und Maßnahmen zur konsequenteren CO₂- Bindung beeinträchtigt.

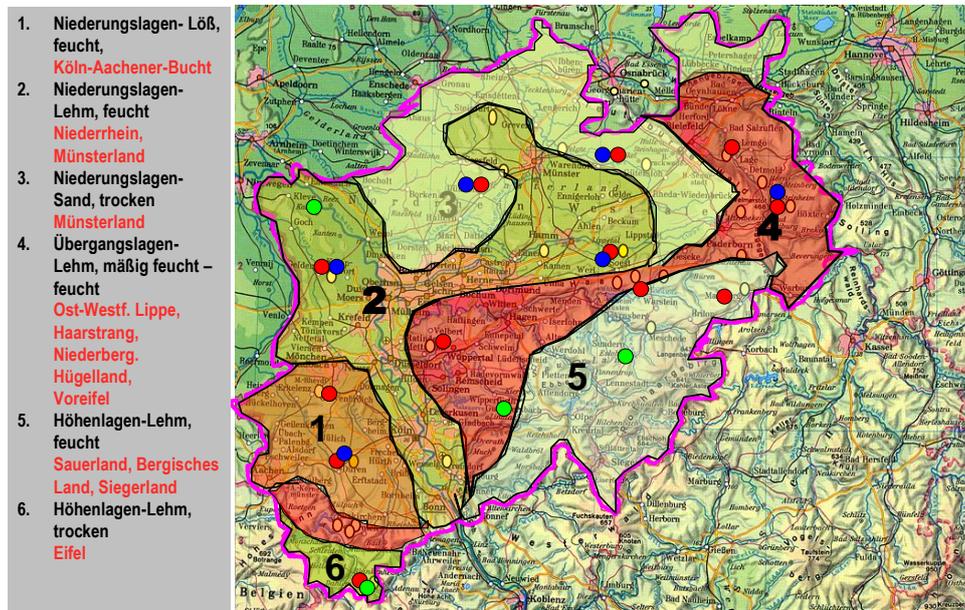


Abb. 2: Bodenklimaraumdarstellung

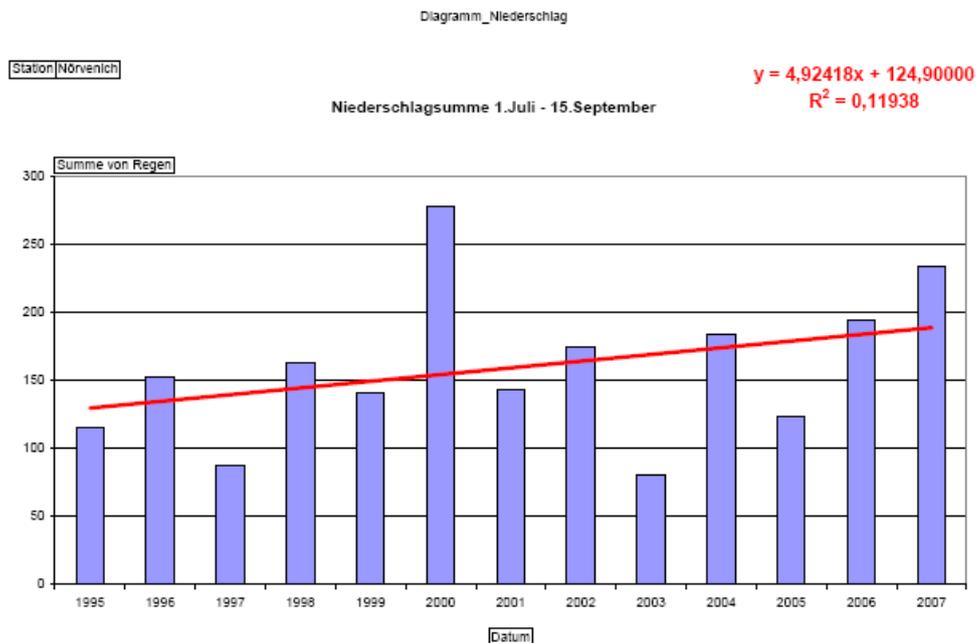


Abb. 3: Niederschlagssummen 1995 bis 2007

Literatur

BUCHNER, W., 2005: Welche globalen Herausforderungen gibt es im Boden- und Klimaschutz? Vortrag anlässlich der Fachveranstaltung der FNL/GKB „Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit“, 22.09.2005, Wissenschaftszentrum Bonn

BUCHNER, W., 2007: Klimawandel fordert Bodenschutz; *Landwirtschaftliches Wochenblatt* Nr. 29, S. 24-29

DEUTSCHER WETTERDIENST, 2008: Phänologische Uhr für das Niederrheinische Tiefland: Mittlerer Beginn und Dauer der zehn phänologischen Jahreszeiten

HERZOG, H., 2003: Strategien gegen Wassermangel im Pflanzenbau, *Pflanzenbauwissenschaften*, 7 (2), S.75-41

IPPC, 2007: Climate change 2007: the physical science basis. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change

KREYLING, J., et al., 2008: Recurrent soil freeze-thaw cycles enhance grassland productivity, *New Phytologist* 177, S. 938-945

MUNLV, 2009: Anpassung an den Klimawandel; eine Strategie für Nordrhein-Westfalen, Herausgeber: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Referat Öffentlichkeitsarbeit, 40190 Düsseldorf

Standort- und klimabedingte Variation von Grünlandwachstum und Grünlandnutzung in NRW

C. Berendonk

Landwirtschaftskammer NRW - LWZ Haus Riswick, Elsenpass 5, 47533 Kleve,
Email: clara.berendonk@lwk.nrw.de

Einleitung

423252 ha Fläche sind in NRW als Grünland ausgewiesen (Agrarstrukturenerhebung 2007). Das sind 28,2 % der Landwirtschaftlichen Nutzfläche. Sie verteilen sich auf 284.500 ha Mähweiden, 60.900 ha Weiden, 13.600 ha Hutungen und Streuwiesen und 65.000 ha Wiesen. Von der gesamten Grünlandfläche werden somit 85 % als potentiell weidefähig eingestuft (Abb. 1),

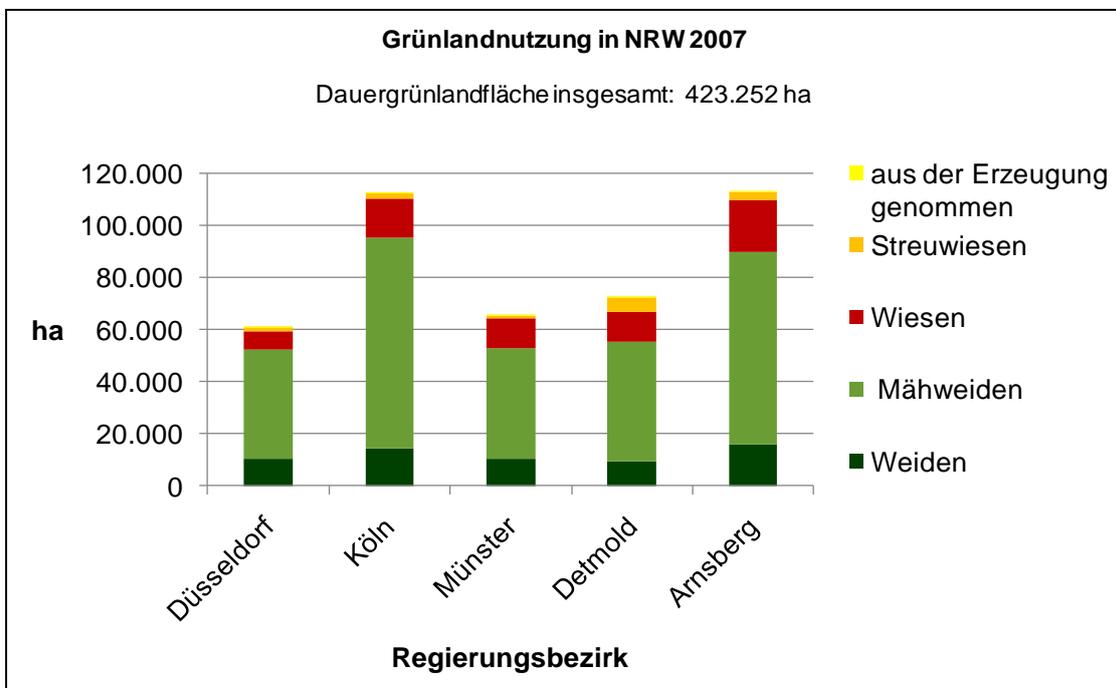


Abb.1: Grünlandnutzung in den Regierungsbezirken von NRW nach der Agrarstrukturenerhebung 2007 (LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK, NRW)

Regionsspezifisch konzentriert sich das Grünland insbesondere auf die Mittelgebirgsregionen von Eifel, Bergischem Land und Sauerland sowie die Niederungslagen am unteren Niederrhein.

Standort und Klimafaktoren in den Anbauregionen in NRW

In der überregionalen Auswertung des Arbeitskreises Grünland und Futterbau beim Verband der Landwirtschaftskammern wird das Grünland in NRW auf der Basis der Bodenklimaräumkarte (ROßBERG et. al., 2007) fünf Anbauregionen zugeordnet (Abb. 2). Ein wesentliches Unterscheidungskriterium für die Abgrenzung der Bodenklimaräume ist die primär temperaturabhängige Dauer

der Vegetationsperiode und die boden- und niederschlagsbedingten Bodenfeuchteverhältnisse.

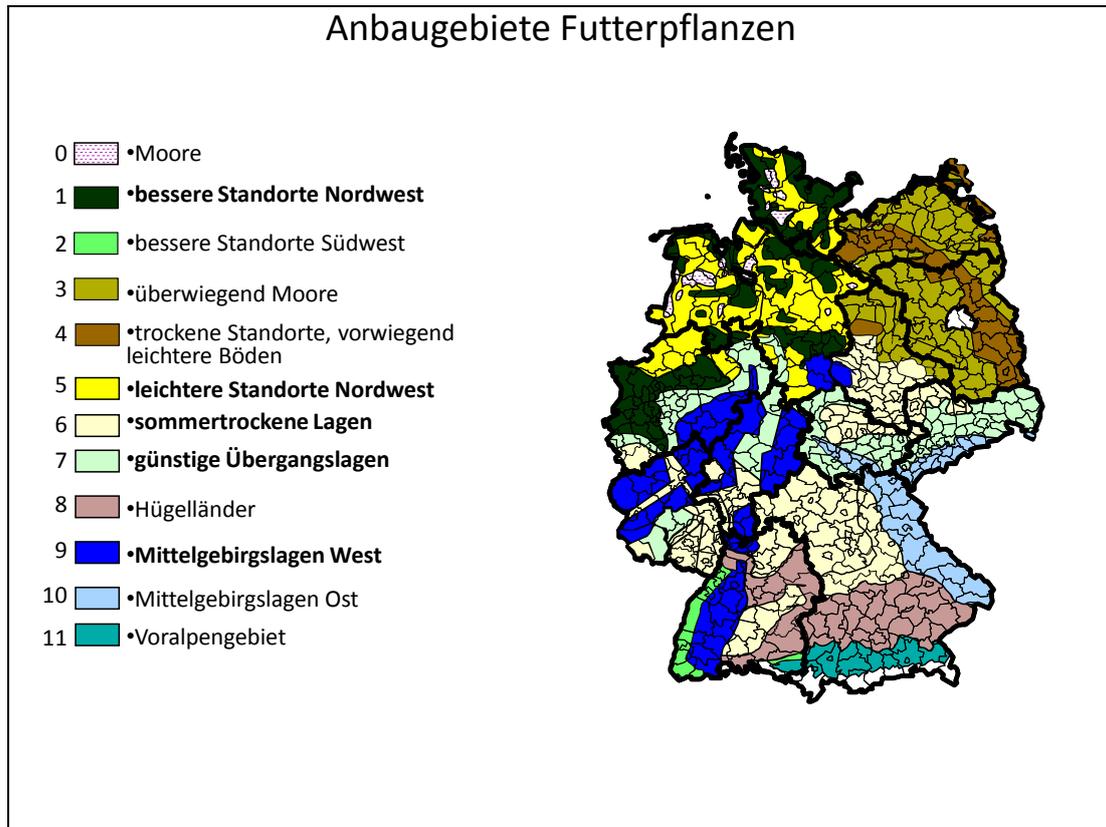


Abb. 2: Anbauegebiete Futterpflanzen nach dem Stand vom 23.02.2005 des Arbeitskreises Grünland und Futterbau beim Verband der Landwirtschaftskammern

Einfluss der Temperatur

Der Temperatureinfluss ist insbesondere relevant für den Vegetationsbeginn im Frühjahr. Im Forschungsprojekt AGROTHERM des Bundesministeriums für Forschung und Technologie hat sich die Landwirtschaftskammer bereits in den Jahren 1977 und 1978 sehr spezifisch mit den Auswirkungen der Bodentemperatur auf das Grünlandwachstum befasst (WEYERSBERG, 1979). Am Standort Kleve zeigte sich, dass eine deutliche Standort-Genotyp-Interaktion besteht, aber bei allen Arten die größten Effekte der Temperaturerhöhung im Frühjahr im ersten Aufwuchs auftreten. *Lolium perenne* reagiert sehr deutlich auf eine Erhöhung der Bodentemperatur um bis zu 2,5°C in 5 cm Tiefe mit einer Vegetationsverfrühung um bis zu 15 Tagen bei dem frühen Genotyp. Dies führte im Mittel aller Sorten zu einem deutlichen Ertragszuwachsen im 1. Aufwuchs von 46,5 auf 80,7 dt Trockenmasse/ha (Abb. 3). Durch die große Spannweite der Temperaturentwicklung der Grünlandstandorte in NRW resultiert folglich eine deutlich standortbedingte Variation des Grünlandwachstums im Frühjahr. Daher geben auch die Ergebnisse der Reifeprüfung (BERENDONK, 2009) im Frühjahr in den verschiedenen Anbauregionen von NRW einen wichtigen Anhaltspunkt über das Ertragsvermögen der nordrhein-westfälischen Grünlandstandorte (Abb. 4).

Anfang Mai beträgt die Ertragsdifferenz zwischen den günstigsten Lagen des Niederrheins und den spätesten Lagen des Sauerlandes bereits 40 dt Trockenmasse/ha.

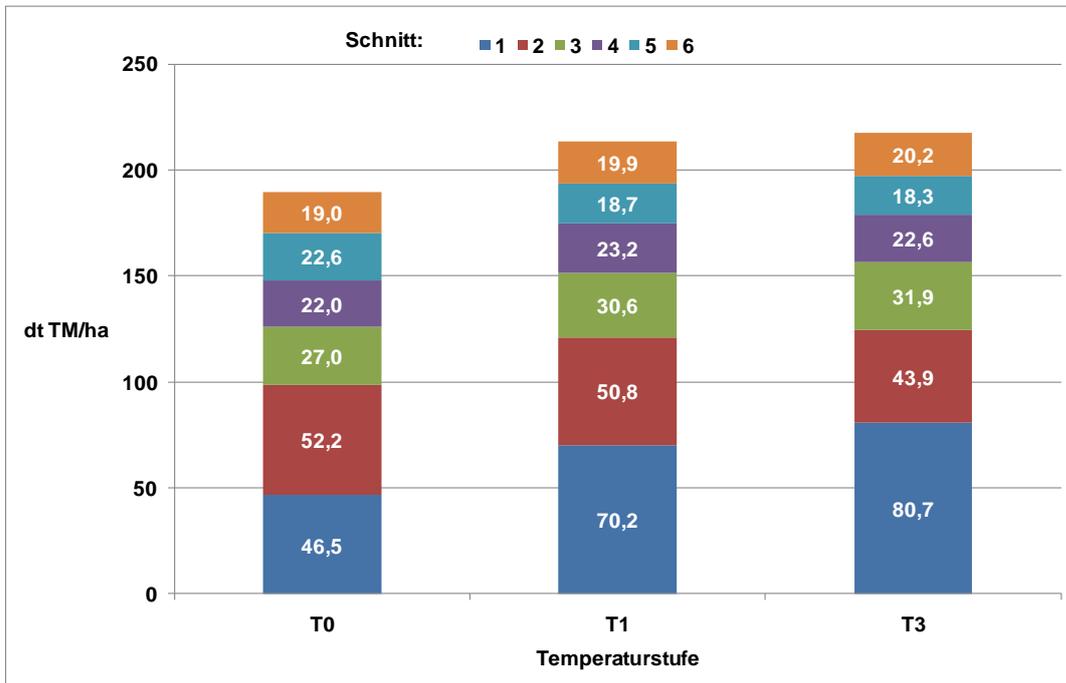


Abb. 3: Einfluss der Bodentemperatur auf den Trockenmasseertrag der einzelnen Schnitte von *Lolium perenne* in Kleve, Haus Riswick im Mittel 1977-1978 (T0: unbeheizt, T1: +1,5°C Temperaturerhöhung an der Bodenoberfläche, T3: +2,5°C Temperaturerhöhung an der Bodenoberfläche)

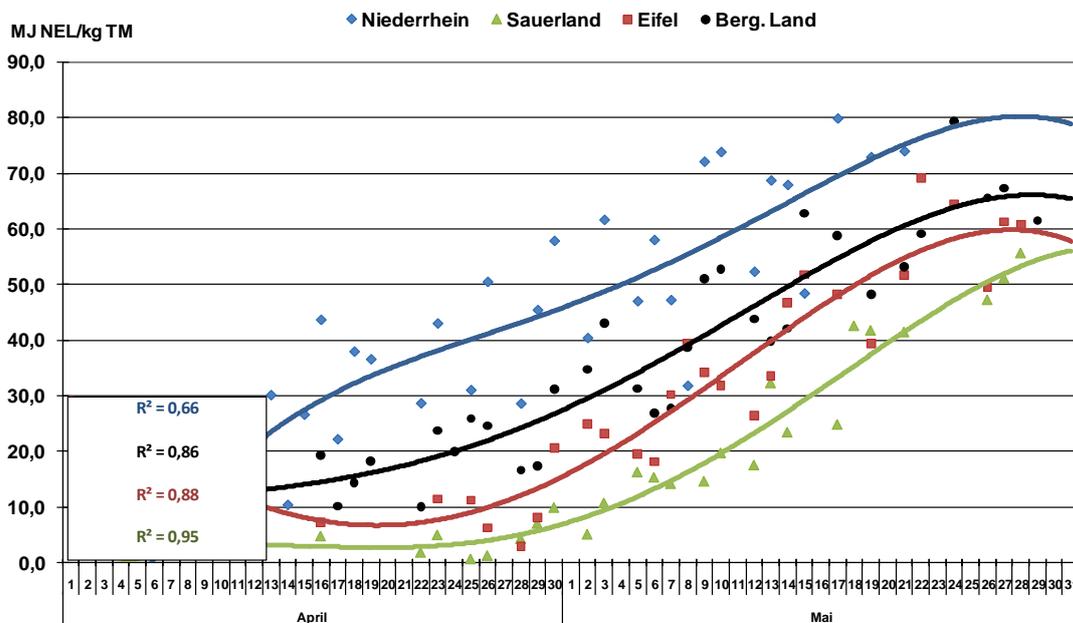


Abb. 4: Einfluss der Standortbedingungen auf den Trockenmassezuwachs des Dauergrünlandes im 1. Aufwuchs 2000-2008

Vorträge

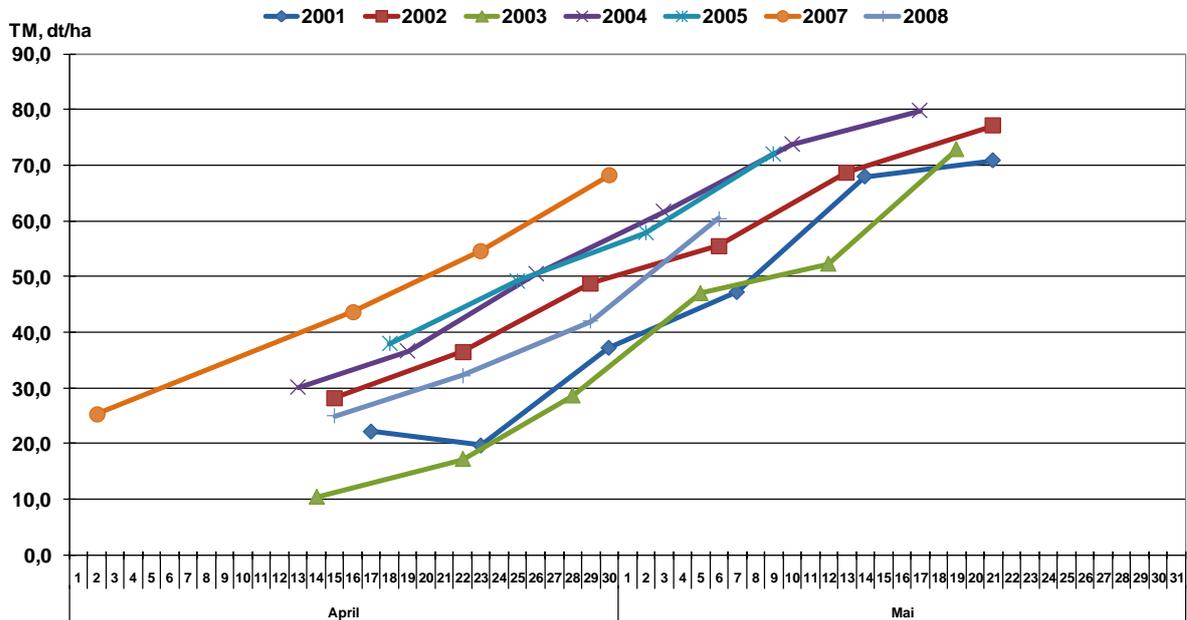


Abb. 5: Einfluss der Jahreswitterung auf den Trockenmassezuwachs des Dauergrünlandes im 1. Aufwuchs am Niederrhein

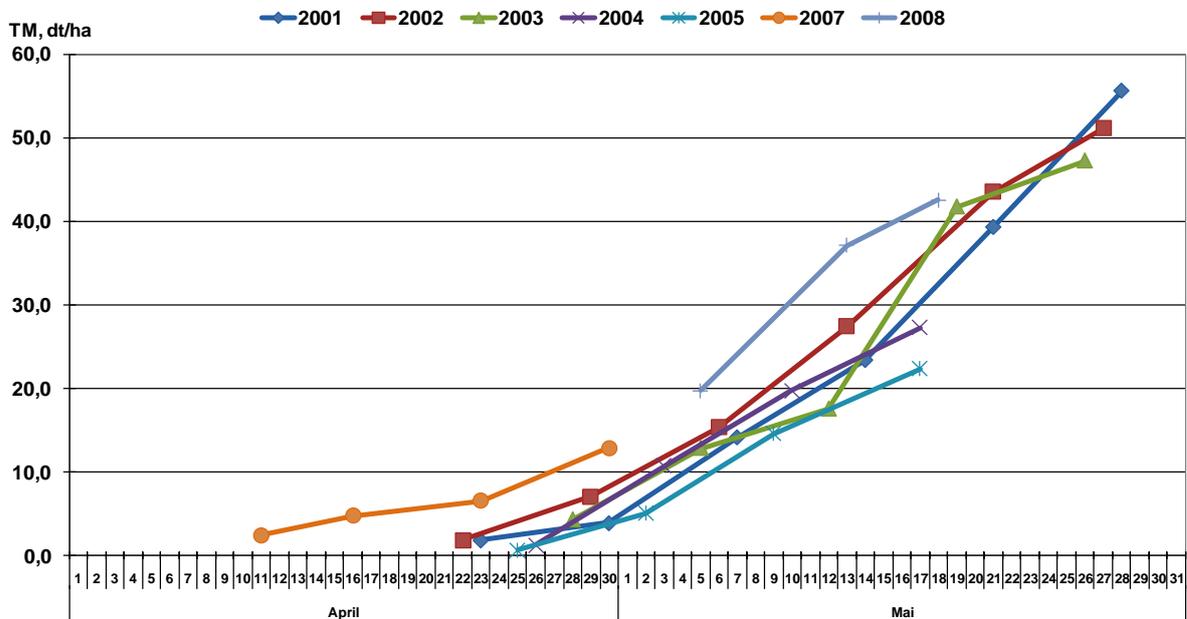


Abb. 6: Einfluss der Jahreswitterung auf den Trockenmassezuwachs des Dauergrünlandes im 1. Aufwuchs im Sauerland

Die durch die Jahreswitterung verursachte Spannweite in den Erträgen im 1. Aufwuchs ist beachtlich, und zwar in den Niederungslage erheblich größer als in der Mittelgebirgslage des Sauerlandes. Dort zeigt die Jahreswitterung einen deutlich schwächeren Einfluss als am Niederrhein mit einem sehr frühen Zuwachs im Jahr 2007 und sehr spätem in den Jahren 2001 und 2003.

Über die Bedeutung der Temperatur auf das Wachstum der Folgeaufwüchse geben die Beobachtungen aus dem AGROTHERM-Projekt ebenfalls einen Hinweis. Für das Pflanzenwachstum während der Sommermonate ist vor allem die Bodenfeuchte der begrenzende Faktor, der Effekt der Bodentemperatur ist deutlich schwächer. In den Untersuchungen zeigte der zweite Aufwuchs eine negative Reaktion auf die Temperatur, die aber primär durch die enge negative Beziehung zwischen dem Ertrag des ersten Aufwuchses und zweiten Aufwuchses zu erklären ist. Die Temperaturempfindlichkeit ist abhängig vom Vegetationsstadium und Pflanzenalter (SCHÄFER, 1971), aber auch von der Strahlungsintensität (ALBERDA, 1965). In verschiedenen Untersuchungen (SCHÄFER, 1971) werden bei ausreichender Bodenfeuchte die höchsten Zuwachsraten der Gräser des humiden Klimabereiches bei Bodentemperaturen von 20 – 25° C gemessen.

Einfluss der Bodenfeuchte

In den Folgeaufwüchsen ist der Zuwachs der Gräser besonders bodenfeuchteabhängig. Aus den Düngungs- und anbautechnischen Versuchen wurden die folgenden Zuwachsraten für das Grünland in NRW ermittelt (Tab. 1).

Tab. 1: Mittlerer Graszuwachs auf dem Dauergrünland im Vegetationsverlauf in den verschiedenen Anbauregionen von Nordrhein-Westfalen

			Mitte März- Mitte April	Mitte April- Anf. Juni	Anf Juni- Mitte Aug.	Mitte Aug.- Ende Sept.	Anf. Okt.- Anf. Nov	Jahres- ertrag
Wirt- schafts- weise	Region	Lage	kg TM-Zuwachs/Tag					dt TM/ha
konven- tionell	Niederungs- lagen	frisch	30	95	60	50	20	125
		trocken	30	80	50	40	20	107
	Übergang- lagen	frisch	25	70	50	40	15	99
		trocken	20	60	40	30	15	81
	Mittel- gebirge	frisch	10	60	50	30	5	83
		trocken	10	50	35	25	5	65
öko- logisch	Niederungs- lagen	frisch	20	70	55	40	15	101
		trocken	20	60	40	35	15	83
	Übergangs- lagen	frisch	15	60	45	40	10	86
		trocken	15	55	35	35	10	74
	Mittel- gebirge	frisch	10	55	45	35	5	79
		trocken	10	45	35	25	5	62

Die Wasserversorgung beeinflusst allerdings nicht nur die Zuwachsraten, sondern insbesondere die Pflanzenbestandszusammensetzung. Der Einfluss der Bodenfeuchte auf die Entwicklung der Pflanzengesellschaften wurde in NRW seit 1960 sehr systematisch im Rahmen der pflanzensoziologischen Grünlandkartierung erfasst. Aus dieser Karte der Pflanzengesellschaft wurde mit einem zehnstufigen Schlüssel (Abb. 7) die Feuchtestufenkarte erstellt, denen die Ordnungen der Pflanzengesellschaften mit ihren Assoziationen und Verbänden zugeordnet werden können.

		Feuchtestufe									
		dürr	trocken	frisch	mäßig feucht	feucht	mäßig nass	nass	sumpfig	langfristig überflutet	Feuchtestufe 2-4
Ordnung:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Arrhenatheretalia		■	■	■	■	■				
	Molinietalia						■	■	■		
	Plantaginietalia		■	■	■						
	Caricetalia fusca								■		
	Nardetalia		■	■	■	■	■	■			
	Phragmitetalia									■	
	Calluno-Ulicetalia		■	■	■	■	■				
	Brometalia	■									
	Festuco-Sedetalia	■									

Abb. 7: Feuchtestufen der verschiedenen Ordnungen der Pflanzengesellschaften

Die wirtschaftlich genutzten Grünlandflächen in Nordrhein-Westfalen sind insbesondere den Feuchtestufen 2-7 zuzuordnen. Die meisten Grünlandversuche zur Ableitung von Beratungsaussagen konzentrieren sich aber auf die Feuchtestufen 2-5. (Maßnahmen der Grünlandverbesserung, Grünlandneuansaat und Pflanzenschutz lassen oft keine charakteristische Einstufung zu. Diese Pflanzengesellschaften werden der Feuchtestufe 10 zugeordnet. Gleichwohl gibt die Feuchtestufenkarte einen guten Hinweis auf die Leistungsfähigkeit des Grünlandes und auch über Veränderungen der Standortbedingungen.

Grünlandnutzung in NRW

85 % der Grünlandflächen in NRW werden in der Statistik zwar noch als weidefähig ausgewiesen, dennoch ist auch in NRW die Abwanderung der Kühe von der Weide in den Stall Realität. Wachsende Herdengrößen und steigende Einzeltierleistung sind die Ursache, dass in allen Regionen die Milchproduktion heute vornehmlich im Stall erfolgt. Die Verwertung des Grünlandes über die Milchviehhaltung ist hierbei primär von der Ackerfähigkeit der Standorte, insbesondere von den Standortbedingungen für das Maiswachstum bestimmt. In einer Auswertung der spezialisierten Milchviehbetriebe im Gebiet der Landwirtschaftskammer NRW des Wirtschaftsjahres 2007/2008 zeigt sich die in Tabelle 2 zusammengefasste Differenzierung der Grundfutterbasis in den Mittelgebirgs- und Niederungslagen.

Tab. 2: Vergleich der Milchleistung und Art der Fütterung in spezialisierten Milchviehbetrieben der Mittelgebirgs- und Niederungslagen von NRW, jeweils im Mittel der Betriebe und in Abhängigkeit vom Betriebserfolg, (RIEGER et. al., 2009)

	Mittelgebirgsregionen			Niederungslagen		
	erfolgreiche Betriebe	Mittel	weniger erfolgreiche Betriebe	erfolgreiche Betriebe	Mittel	weniger erfolgreiche Betriebe
kg ECM/Kuh	8318	7711	6915	8961	8718	8367
Maissilage, dt/Kuh	12,2	10,2	9,1	27,6	26,6	25,6
Grassilage, dt/Kuh	30,9	31,2	31,8	9,0	12,2	14,4

Mit der maisbasierten Fütterung wird in den Niederungslagen zwar im Mittel eine um 1007 kg Milch/Kuh höhere Milchleistung erzielt, diese Differenz in der Milchleistung je Kuh sinkt aber auf 643 kg Milch/Kuh, wenn man in beiden Regionen jeweils die 25 % erfolgreichsten Betriebe berücksichtigt.

Eine wesentliche Differenz der Grünlandnutzung lässt sich in den unterschiedlichen Anbauregionen insoweit erkennen, als in den Mittelgebirgsregionen, also in den spezialisierten Grünlandbetrieben, offensichtlich eine effizientere Ausnutzung des Flächenpotentials erfolgt. Die Auswertung der Milchviehbetriebe zeigt, dass in den Mittelgebirgsregionen das in Versuchen ermittelte Ertragspotential der Flächen besser ausgeschöpft wird als in den Niederungslagen (Tabelle 3). Hohe Direktkosten, insbesondere Düngerkosten führen in den Niederungsgebieten bei nicht ausgeschöpften Erträgen zu sehr hohen Produktionskosten in ct/10 MJ NEL Grassilage. Diese geringere Ausnutzung des Flächenpotentials des Grünlandes in den Niederungsregionen ist sicherlich eine Folge der vergleichsweise günstigen

Produktionsbedingungen für den Maisanbau, dem in diesen Regionen oft größere Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Tab. 3: Vergleich des mittleren Ertragspotentials in den verschiedenen Anbauregionen von NRW mit dem tatsächlichen Silageertrag (dt TM/ha) im Jahr 2007 (RIEGER et al., 2009) im Mittel der Betriebe der jeweiligen Region

Potential bei 4-5 Schnitten		Erträge der Praxisbetriebe 2007	
Niederungslagen	130	Niederrhein	77
		Westmünsterland	85
Übergangslagen	100	Berg. Land	66
		Ostwestfalen	71
Mittelgebirgslagen	80	Eifel	67
		Sauerland	72

Wie in der Einleitung erläutert wurde die Weidenutzung des Grünlandes in NRW in den vergangenen Jahren in großem Umfang zurückgefahren, dennoch zeigen die Ergebnisse der Auswertung der spezialisierten Milchviehbetriebe, dass in der Weidenutzung des Grünlandes auch in NRW erhebliche Leistungsreserven liegen können, sowohl in den Mittelgebirgslagen, als besonders auch in den Niederungslagen, dort insbesondere als Folge der erheblich längeren Vegetationsperiode. Ein Vergleich der Produktionskosten der weidehaltenden Betriebe mit den Stallfütterungsbetrieben in Tabelle 4 zeigt, dass durch die Weidehaltung die Produktionskosten im Mittel um ca. 15 ct/10 MJ NEL/kg TM eingespart werden können (RIEGER et al., 2009). Die Kosten

Tab. 4: Produktionskosten in ct/10 MJ NEL für die Grassilagegewinnung und Weidenutzung spezialisierter Milchviehbetriebe in NRW 2007 (RIEGER et al. 2009)

	Grassilage		Weide	
	ct /10 MJ NEL	ha	ct /10 MJ NEL	ha
Mittel aller Betriebe	33,8	37,7	18,6	22,4
Spannweite *				
von	22,9	42,9	12,4	31,3
bis	46,1	21,4	27,0	15,5

* jeweils Betriebe mit 25 % niedrigsten und höchsten Produktionskosten

liegen im Mittel der Betriebe bei 33,8 ct/10 MJ NEL bei Silagefütterung und 18,6 ct/10 MJ NEL bei Weidenutzung. Beim Vergleich der besten Betriebe ist immerhin noch eine Kostenreduktion um fast 10 ct/10 MJ NEL möglich, nämlich von 22,9 ct/10 MJ NEL bei Silagefütterung auf 12,4 ct/10 MJ NEL bei Weidenutzung möglich. Bei der Weidenutzung liegen erhebliche Leistungsreserven. Betriebe mit den niedrigen Produktionskosten bei der Weidehaltung zeichnen sich durch größere Flächen aus als Betriebe mit hohen Produktionskosten, ein gewisser Widerspruch zu der verbreiteten Sorge, dass die Praktikabilität der Weidehaltung in großen Herden schnell an ihre Grenzen stößt. Das Weidemanagement in größeren Herden stellt jedoch besondere Anforderungen an die Flächenplanung und Zuwachskontrolle.

Aktuelle Untersuchungen zum Weidemanagement im Ökobetrieb von Haus Riswick (VERHOEVEN et. al., 2009) sowie in einem gemeinsam mit der Fachhochschule Soest betriebenen Projekt in verschiedenen weidehaltenden Betrieben in NRW dienen daher dem Ziel, zu den Fragen der Weidenutzung weitere Daten zu gewinnen, und die Ausnutzung des Grünlandaufwuchses durch die Weidehaltung zu optimieren.

Schlussfolgerungen

Die große Spannweite in den Bodenklimaräumen in NRW hat eine große Spannweite im Ertragspotential des Wirtschaftsgrünlandes in NRW zur Folge. Die Temperaturstaffelung beeinflusst insbesondere den Vegetationsbeginn und die Dauer der Vegetationsperiode. Niederschlag und Bodenfeuchte sind entscheidend für die Zuwachsraten während der Sommermonate und können durch die Zuordnung der Pflanzengesellschaften zu den Feuchtestufen dokumentiert werden.

Die Nutzung des Grünlandes wird aktuell jedoch anscheinend weniger von dem standortspezifischen Ertragsniveau des Grünlandes bestimmt als vielmehr von der Verfügbarkeit der Ackerflächen für den Silomaisanbau.

Bezogen auf die Grünlandnutzung liegen erhebliche Leistungsreserven sowohl in den Mittelgebirgslagen als auch besonders in den Niederungslagen mit langer Vegetationsperiode in der Weidenutzung. Es besteht jedoch noch Forschungsbedarf, um auch für größere Herdeneinheiten und Perioden mit unsicheren Zuwachsraten die Flächenzuteilung zu optimieren und ein professionell gesteuertes Flächennutzungssystem für die Weidehaltung aufzubauen.

Literatur

- ALBERDA T. (1965): The influence of temperature, light intensity and nitrate concentration on dry matter production and chemical composition of *L. perenne*. *Neth. J. agric. Sci.*, 13, 335-360.
- BERENDONK C. (2009): Bestimmung der Schnittrife von Ackergras und Dauergrünland, *Landwirtschaftliche Zeitschrift Rheinland*, 176, H.16, 26-29.

Vorträge

- KROPP J., HOLSTEN A., LISSNER T., ROITHMEIER O., HATTERMANN F., HUANG S., ROCK J., WECHSUNG F., LÜTTGER A., POMPE S., KÜHN I., COSTA L., STEINHÄUSER M., WALTHER C., KLAUS M., RITCHIE S., METZGER M. (2009): „Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren“. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV).
- LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK (2007): Agrarstrukturerhebung, Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW, Düsseldorf
- NEITZKE A., BORNKESSEL R., FOERSTER E. (2004): Grünlandkartierung Nordrhein-Westfalen, Methodik und Arbeitsanleitung. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten, Recklinghausen.
- VERHOEVEN A., BERENDONK C. (2009): Weide gezielt managen. *Landwirtschaftliche Zeitschrift Rheinland*, 176, H.14, 32-35.
- WEYERSBERG C. (1979): Einfluss ganzjähriger Bodenbeheizung auf Ertrag und Qualität einiger Gräserarten und -sorten in Abhängigkeit vom Stickstoff-Versorgungsgrad. *Diss. Bonn*.
- RIEGER T. UND RICHARZ W., (2009): Schriftliche Mitteilung. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Münster.
- ROßBERG D., MICHEL V., GRAF R., NEUKAMPF R. (2007): Definition von Boden-Klima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 59 (7) 155-161, Eugen Ulmer, Stuttgart.
- SCHÄFER K.(1971): Temperaturkurven der Nettoassimilation und Dunkelatmung einiger Sorten von *Lolium perenne* L., *Landw. Forsch.*, 25, 191-202.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2008): Statistisches Jahrbuch 2008 für die Bundesrepublik Deutschland. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.

Grünland als Quelle und Senke für N₂O

N. Wrage

Georg-August-Universität Göttingen, Department für
Nutzpflanzenwissenschaften, Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37075
Göttingen, nwrage@gwdg.de

Einleitung und Problemstellung

Lachgas (N₂O) gehört neben Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) zu den wichtigsten Treibhausgasen. Es hat ein Treibhauspotential, das über 100 Jahre gesehen 298 Mal so stark ist wie das von CO₂. Die Lebensdauer in der Atmosphäre beträgt 114 Jahre (IPCC, 2007). Der wichtigste Abbaueweg für Lachgas ist die Reaktion mit atomarem Sauerstoff in der Stratosphäre, wobei NO entsteht, das am Ozonabbau in der Stratosphäre beteiligt ist (CRUTZEN, 1981; BLIEFERT, 1994).

Landwirtschaftliche Böden verursachen mehr als die Hälfte der anthropogenen Lachgasproduktion (SMITH et al., 2008). Hierbei sind vor allem gut mit Stickstoff versorgte Böden wichtige Quellen. Andererseits kann N₂O aber auch aus der Umgebungsluft in den Boden aufgenommen und dort weiter zu N₂ reduziert werden, so dass Böden auch eine Senke für N₂O sein können (CHAPUIS-LARDY et al., 2007).

Im Folgenden werden zunächst die mikrobiellen Prozesse und die Bedingungen näher erläutert, die zur Entstehung von Lachgas in Böden führen. Anschließend wird die Senkenfunktion von Böden für N₂O dargestellt. Im letzten Teil wird auf die Besonderheiten der Lachgasproduktion im Grünland eingegangen.

Entstehung von Lachgas – Prozesse und Bedingungen

N₂O kann im Boden durch unterschiedliche mikrobielle Prozesse entstehen (Abb. 1). Traditionell werden die Nitrifikation und Denitrifikation als die wichtigsten angesehen (GRANLI and BØCKMAN, 1994). Bei der Nitrifikation wird Ammoniak (NH₃) von zwei Gruppen von autotrophen Organismen, den Ammonium-Oxidierern und Nitrit-Oxidierern, über Nitrit (NO₂⁻) in Nitrat (NO₃⁻) umgewandelt. N₂O kann hier als Nebenprodukt der Oxidation von Hydroxylamin (NH₂OH) entstehen. Die Nitrifikation findet i.A. unter aeroben Bedingungen statt. Denitrifizierer reduzieren unter anaeroben Bedingungen NO₃⁻ und NO₂⁻ in mehreren Schritten zu N₂. Dabei ist N₂O ein Zwischenprodukt. Bei der Denitrifikation kann man noch nach der genutzten NO₃⁻-Quelle unterscheiden: Bei der gekoppelten Nitrifikation-Denitrifikation wird das in der Nitrifikation gebildete Nitrat denitrifiziert, bei der Dünger-Denitrifikation stammt das Substrat aus anderen Quellen, z.B. dem Düngerstickstoff (WRAGE et al., 2005).

Eine vermutlich noch unterschätzte Quelle von N₂O ist die Nitrifizierer-Denitrifikation, bei der autotrophe Nitrifizierer nach der Oxidation von NH₃ zu NO₂⁻ letzteres in mehreren Schritten reduzieren. Die Reaktionskette und die

genutzten Enzyme sind dabei denen der Denitrifikation ähnlich (CASCIOITI and WARD, 2001; WRAGE et al., 2001; CHAIN et al., 2003).

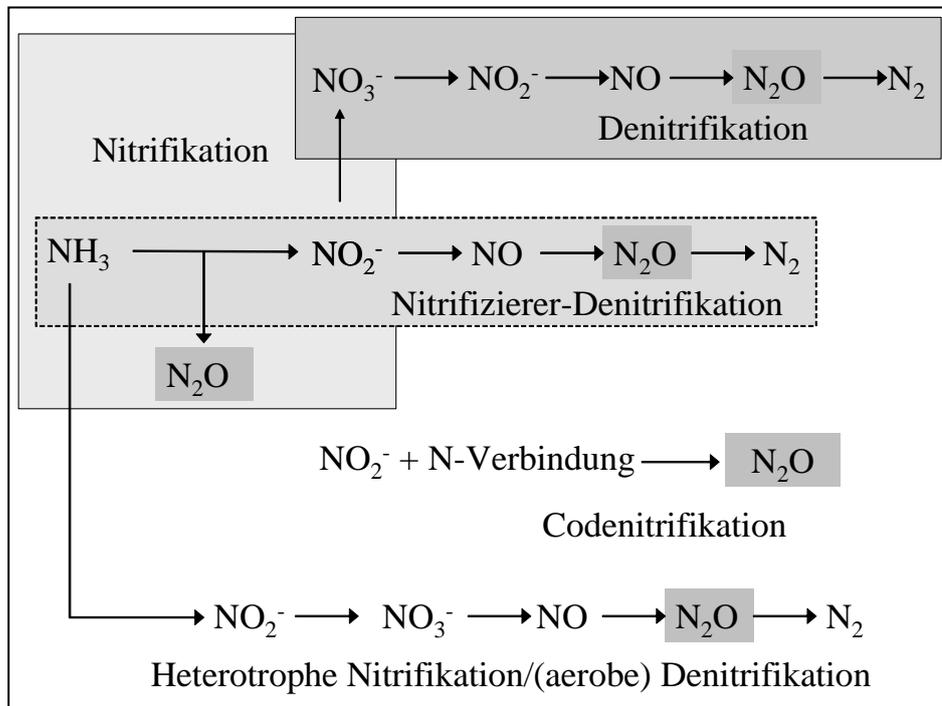


Abb. 1: Übersicht über Produktionswege von N_2O in Böden.

Außer den bisher genannten Produktionswegen für N_2O sind die heterotrophe Nitrifikation (PAPEN et al., 1989) und aerobe Denitrifikation (ROBERTSON et al., 1989) zu nennen, die annähernd den oben erläuterten Wegen entsprechen, aber von anderen Organismen unter anderen Bedingungen durchgeführt werden, die Codenitrifikation, bei der Pilze oder Bakterien organische N-Verbindungen mit NO_2^- zu N_2O umsetzen (LAUGHLIN and STEVENS, 2002), sowie die dissimilatorische Nitrat-Reduktion zu Ammonium (BLEAKLEY and TIEDJE, 1982). Bei der Chemodenitrifikation handelt es sich um nicht mikrobielle Reaktionen, bei denen N_2O entstehen kann (VAN CLEEMPUT and BAERT, 1984).

Wichtige Faktoren für die Entstehung und Freisetzung von N_2O aus dem Boden sind die verfügbare Menge an Substrat für die unterschiedlichen Reaktionen, der Wasser- und damit auch Sauerstoffgehalt sowie der pH-Wert. Häufig stammt die entstehende N_2O -Menge aus unterschiedlichen Prozessen, die in Mikrohabitaten nebeneinander ablaufen. Eine Unterscheidung zwischen diesen Quellen ist schwierig. Nachdem gezeigt wurde, dass die Nutzung von Inhibitoren keine zuverlässige Unterscheidung ermöglicht (BOLLMANN and CONRAD, 1997a, b; WRAGE et al., 2004b; WRAGE et al., 2004a), wurden Methoden weiterentwickelt, die auf der Nutzung stabiler Isotope beruhen (WRAGE et al., 2004c; WRAGE et al., 2005). Auch hier ergaben sich unerwartete Herausforderungen (KOOL et al., 2007; KOOL et al., 2009b; KOOL et al., 2009a), die zu einer Weiterentwicklung der Methoden Anlaß geben.

Böden als Lachgassenken

In Böden wird N_2O nicht nur produziert, sondern es kann auch weiter reduziert werden zu N_2 . Dies geschieht z.B. in der Denitrifikation und Nitrifizierer-Denitrifikation. Die aus dem Boden emittierte Menge an N_2O ist immer das Resultat von gleichzeitig stattfindenden Produktions- und Reduktionsprozessen. Unter bestimmten Bedingungen wird mehr N_2O reduziert als produziert, so dass der Boden zu einer Lachgassenke wird (CHAPUIS-LARDY et al., 2007). Die Bedingungen, unter denen dies geschieht, variieren von hohen zu niedrigen Temperaturen, Bodenwasser- und N-Gehalten. Generell scheinen Bedingungen, die die Diffusion von N_2O im Boden einschränken, die Senkenfunktion zu erhöhen. Hier besteht noch Forschungsbedarf, sowohl hinsichtlich der Messmethodik als auch in Bezug auf Einflussfaktoren und Größenordnungen.

Lachgasproduktion im Grünland

Für das Grünland sind die ganzjährige Vegetationsdecke sowie eine dichte Wurzelschicht kennzeichnend. N kann so während der gesamten Wachstumszeit von Pflanzen aufgenommen werden. Nitrifizierer und Denitrifizierer konkurrieren mit Futterpflanzen um den verfügbaren Mineralstickstoff (RECOUS et al., 1988). Eine schnelle Wachstumsrate der Pflanzen und damit verbundener erhöhter N-Bedarf verringert den Mineralstickstoffpool im Boden und damit die N_2O Emissionen (YAMULKI et al., 1995). Eine in Bezug auf Ort, Zeitpunkt und Menge bedarfsgerechte Düngung hilft daher, die N_2O Emissionen zu verringern. Im Grünland kann auch eine höhere Biodiversität eventuell zu einer effektiveren Stickstoffnutzung und damit einem Rückgang der N_2O Emissionen führen (NIKLAUS et al., 2006).

Die Höhe der Emissionen kann im Grünland erheblich variieren. Dobbie und Smith (2003) fanden in einer Studie in Großbritannien Emissionsfaktoren für Wiesen von 0,4 bis 6,5% des applizierten Stickstoffs, während die für Winterweizen und Wintergerste mit 0,6 bzw. 0,5% niedriger waren und der für Kartoffelanbau bei 1,5% lag. Die ausgebrachten Düngermengen waren für Grünland allerdings auch um ein Drittel bis um die Hälfte höher als für die Ackerstandorte. Generell scheint die Hintergrundemission aus Ackerböden höher zu sein als im Grünland, wo hingegen mehr N_2O pro applizierter Menge an N-Dünger gebildet wird. Dies vergrößert das Potential für den Landwirt, auf Grünlandflächen über die Düngung regulierend auf die N_2O Produktion zu wirken.

Auf Weiden findet im Gegensatz zu Wiesen der N-Eintrag an wenigen Stellen sehr konzentriert statt. Hier kann es zu hohen Verlusten von N_2O kommen (YAMULKI et al., 2001; WACHENDORF et al., 2008), insbesondere, wenn an der betreffenden Stelle Bodenverdichtung eine Rolle spielt (VAN GROENIGEN et al., 2005). Allerdings gibt es auch Inhaltsstoffe in den Exkrementen, die die Emissionen reduzieren können. So konnte für Hippursäure im Rinderharn eine

emissionsmindernde Wirkung festgestellt werden, da die Denitrifikation dadurch gehemmt wird (KOOL et al., 2006; VAN GROENIGEN et al., 2006).

Grünlandumbruch führt zu hohen Emissionen von N₂O (VELLINGA et al., 2004). Diese lassen sich verringern, wenn schnell wieder ein Pflanzenbestand etabliert wird. Daher sollte der Umbruch nach Möglichkeit im Frühjahr erfolgen.

Schlussfolgerungen

Die Quellen von N₂O im Boden sind vielfältig. Die Höhe der Emissionen wird vor allem über die Menge an C, N und den Wassergehalt des Bodens reguliert. Dabei resultiert die Menge an emittiertem N₂O aus Produktions- und Reduktionsprozessen im Boden. Wenn letztere überwiegen, kann auch N₂O aus der Umgebungsluft in den Boden aufgenommen werden. Im Grünland sind die Bedingungen, um Emissionen zu vermindern, gut, da die Hintergrundemissionen niedrig sind. Zu achten ist z.B. auf eine bedarfsgerechte Düngung und die Vermeidung von Bodenverdichtung an Stellen, wo Harn oder Kot eingetragen wird. Auch Grünlandumbruch sollte nach Möglichkeit reduziert werden.

Literatur

- BLEAKLEY, B. H., und J. M. TIEDJE. 1982. Nitrous oxide production by organisms other than nitrifiers or denitrifiers. *Applied and Environmental Microbiology* 44: 1342-1348.
- BLIEFERT, C. 1994. Oxide des Stickstoffs, Umweltchemie, 158-169. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, New York, Basel, Cambridge, Tokyo.
- BOLLMANN, A., und R. CONRAD. 1997a. Enhancement by acetylene of the decomposition of nitric oxide in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 1057-1066.
- BOLLMANN, A., und R. CONRAD. 1997b. Acetylene blockage technique leads to underestimation of denitrification rates in oxic soils due to scavenging of intermediate nitric oxide. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 1067-1077.
- CASCIOTTI, K. L., und B. E. WARD. 2001. Dissimilatory nitrite reductase genes from autotrophic ammonia-oxidizing bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 2213-2221.
- CHAIN, P., J. LAMERDIN, F. LARIMER, W. REGALA, V. LAO, M. LAND, L. HAUSER, A. HOOPER, M. KLOTZ, J. NORTON, L. SAYAVEDRA-SOTO, D. ARCIERO, N. HOMMES, M. WHITTAKER, und D. ARP. 2003. Complete Genome Sequence of the Ammonia-Oxidizing Bacterium and Obligate Chemolithoautotroph *Nitrosomonas europaea*. *J. Bacteriol.* 185: 2759-2773.
- CHAPUIS-LARDY, L., N. WRAGE, A. METAY, J.-L. CHOTTE, und M. BERNOUX. 2007. Soils, a sink for N₂O? A review. *Global Change Biology* 13: 1-17.
- CRUTZEN, P. J. 1981. Atmospheric chemical processes of the oxides of nitrogen, including nitrous oxide. In C. C. Delwiche [ed.], *Denitrification, nitrification and atmospheric nitrous oxide*, 17-44. John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- DOBBIE, K. E., und K. A. SMITH. 2003. Nitrous oxide emission factors for agricultural soils in Great Britain: the impact of soil water-filled pore space and other controlling variables. *Global Change Biology* 9: 204-218.

Vorträge

- GRANLI, T., und O. C. BØCKMAN. 1994. Nitrous oxide from agriculture. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences Suppl.* 12: 7-128.
- IPCC. neubearbeitet von S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, and M. T. a. H. L. Miller. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- KOOL, D. M., E. HOFFLAND, E. W. J. HUMMELINK, und J. W. VAN GROENIGEN. 2006. Increased hippuric acid content of urine can reduce soil N₂O fluxes. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1021-1027.
- KOOL, D. M., N. WRAGE, O. OENEMA, J. DOLFING, und J. W. VAN GROENIGEN. 2007. Oxygen exchange between (de)nitrification intermediates and H₂O and its implications for source determination of NO₃⁻ and N₂O: a review. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 21: 3569-3578.
- KOOL, D. M., N. WRAGE, O. OENEMA, D. HARRIS, und J. W. VAN GROENIGEN. 2009a. The ¹⁸O signature of biogenic nitrous oxide is determined by O exchange with water. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23: 104-108.
- KOOL, D. M., C. MÜLLER, N. WRAGE, O. OENEMA, und J. W. VAN GROENIGEN. 2009b. Oxygen exchange between nitrogen oxides and H₂O can occur during nitrifier pathways. *Soil Biology and Biochemistry* in print.
- LAUGHLIN, R. J., und R. J. STEVENS. 2002. Evidence for fungal dominance of denitrification and codenitrification in a grassland soil. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1540-1548.
- NIKLAUS, P., D. WARDLE, und K. TATE. 2006. Effects of plant species diversity and composition on nitrogen cycling and the trace gas balance of soils. *Plant and Soil* 282: 83-98.
- PAPEN, H., R. VON BERG, I. HINKEL, B. THOENE, und H. RENNENBERG. 1989. Heterotrophic nitrification by *Alcaligenes faecalis*: NO₂⁻, NO₃⁻, N₂O, and NO production in exponentially growing cultures. *Applied and Environmental Microbiology* 55: 2068-2072.
- RECOUS, S., C. FRESNEAU, G. FAURIE, und B. MARY. 1988. The fate of labelled ¹⁵N urea and ammonium nitrate applied to a winter wheat crop. 1. Nitrogen transformations in the soil. *Plant and Soil* 112: 205-214.
- ROBERTSON, L. A., R. CORNELISSE, P. DE VOS, R. HADIOETOMO, und J. G. KUENEN. 1989. Aerobic denitrification in various heterotrophic nitrifiers. *Antonie van Leeuwenhoek* 56: 289-299.
- SMITH, P., D. MARTINO, Z. CAI, D. GWARY, H. JANZEN, P. KUMAR, B. MCCARL, S. OGLE, F. O'MARA, C. RICE, B. SCHOLES, O. SIROTENKO, M. HOWDEN, T. MCALLISTER, G. PAN, V. ROMANENKOV, U. SCHNEIDER, S. TOWPRAYOON, M. WATTENBACH, und J. SMITH. 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363: 789-813.
- VAN CLEEMPUT, O., und L. BAERT. 1984. Nitrite: a key compound in N loss processes under acid conditions? *Plant and Soil* 76: 233-241.
- VAN GROENIGEN, J. W., V. PALERMO, D. M. KOOL, und P. J. KUIKMAN. 2006. Inhibition of denitrification and N₂O emission by urine-derived benzoic and hippuric acid. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 2499-2502.

Vorträge

- VAN GROENIGEN, J. W., G. L. VELTHOF, F. J. E. VAN DER BOLT, A. VOS, und P. J. KUIKMAN. 2005. Seasonal variation in N₂O emissions from urine patches: Effects of urine concentration, soil compaction and dung. *Plant and Soil* 273: 15-27.
- VELLINGA, T. V., A. VAN DEN POL-VAN DASSELAAR, und P. J. KUIKMAN. 2004. The impact of grassland ploughing on CO₂ and N₂O emissions in the Netherlands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70: 33-45.
- WACHENDORF, C., C. LAMPE, F. TAUBE, und K. DITTERT. 2008. Nitrous oxide emissions and dynamics of soil nitrogen under ¹⁵N-labeled cow urine and dung patches on a sandy grassland soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 171-180.
- WRAGE, N., G. L. VELTHOF, M. L. VAN BEUSICHEM, und O. OENEMA. 2001. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 1723-1732.
- WRAGE, N., G. L. VELTHOF, O. OENEMA, und H. J. LAANBROEK. 2004a. Acetylene and oxygen as inhibitors of nitrous oxide production in *Nitrosomonas europaea* and *Nitrosospira briensis*: a cautionary tale. *FEMS Microbiology Ecology* 47: 13-18.
- WRAGE, N., G. L. VELTHOF, H. J. LAANBROEK, und O. OENEMA. 2004b. Nitrous oxide production in grassland soils: Assessing the contribution of nitrifier denitrification. *Soil Biology and Biochemistry* 36: 229-236.
- WRAGE, N., J. W. VAN GROENIGEN, O. OENEMA, und E. M. BAGGS. 2005. A novel dual-isotope labelling method for distinguishing between soil sources of N₂O. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 19: 3298-3306.
- WRAGE, N., J. LAUF, A. DEL PRADO, M. PINTO, S. PIETRZAK, S. YAMULKI, O. OENEMA, und G. GEBAUER. 2004c. Distinguishing sources of N₂O in European grasslands by stable isotope analysis. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 18: 1-7.
- YAMULKI, S., K. W. T. GOULDING, C. P. WEBSTER, und R. M. HARRISON. 1995. Studies on NO and N₂O fluxes from a wheat field. *Atmospheric Environment* 29: 1627-1635.
- YAMULKI, S., S. TOYODA, N. YOSHIDA, E. VELDKAMP, B. GRANT, und R. BOL. 2001. Diurnal fluxes and the isotopomer ratios of N₂O in a temperate grassland following urine amendment. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 15: 1263-1269.

Injektion von Ammonsulfatlösung im Dauergrünland

C. Berendonk

Landwirtschaftskammer NRW - LWZ Haus Riswick, Eisenpass 5, 47533 Kleve, Email:
clara.berendonk@lwk.nrw.de

Einleitung und Problemstellung

Zur Ausschöpfung des Ertragspotentials des Dauergrünlandes im Frühjahr wird die Güllegabe zum ersten Aufwuchs oft durch eine mineralische Düngergabe mit Kalkammonsalpeter ergänzt, weil je nach Witterungsbedingungen der Güllestickstoff im Frühjahr nicht ausreichend zur Wirkung kommt. Die mineralische Ergänzungsdüngung mit schnellwirksamem Kalkammonsalpeterstickstoff birgt jedoch auch die Gefahr überhöhter Stickstoffversorgung. In verschiedenen Versuchsanstellungen wurde in den vergangenen Jahren das Verfahren der Injektionsdüngung mit Ammoniumstickstoff optimiert. Die Hypothese ist, dass der injizierte Ammoniumstickstoff als Depot im Boden liegt, weniger auswaschungsgefährdet ist und die Pflanzenwurzel den Stickstoff bedarfsgerecht aufnimmt. Das Verfahren ist unter der Bezeichnung CULTAN (**C**ontrolled **U**ptake **L**ongterm **A**mmonium **N**utrition) inzwischen zur Praxisreife entwickelt. Ziel einer Versuchsanlage in Kleve in den Jahren 2006 bis 2008 war es, das Verfahren unter den Wachstumsbedingungen des Niederrheins als mineralische Ergänzungsdüngung zur ersten Güllegabe bei Vegetationsbeginn zu testen und mit der Wirkung der Injektionsdüngung mit einem nitrat- und ammoniumhaltigen Handelsdünger (NITROFERT) zu vergleichen.

Material und Methoden

Zur Klärung der Forschungsfrage wurde der Versuch am Standort Kleve, Haus Riswick, als einfaktorielle Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angelegt.

Faktorstufen: Variation der mineral. Ergänzungsdüngung zum 1. Aufwuchs:

1. 70 kg N/ha als Kalkammonsalpeter (KAS)
2. 70 kg N/ha als KAS + 79 kg S/ha (Netzschwefel)
3. 70 kg N/ha als KAS + 23 kg S/ha (Netzschwefel)
4. 70 kg N/ha als ASL (Ammonsulfatlös. mit 8 % $\text{NH}_4\text{-N}$ u. 9 % S = 79 kg S/ha)
5. 70 kg N/ha als Nitrofert (mit 9,5 % $\text{NH}_4\text{-N}$, 5,5 $\text{NO}_3\text{-N}$, 5% S = 23 kg S/ha)

Zusätzlich erhielten alle Versuchsglieder zu Vegetationsbeginn eine einheitliche Güllegabe von 50 kg/ha $\text{NH}_4\text{-Stickstoff}$. Die Folgeaufwüchse wurden ebenfalls einheitlich, und zwar je Aufwuchs mit 50 kg N/ha (Kalkammonsalpeter) gedüngt.

Prüfglied 2 stellt die Kontrollvariante mit Schwefelergänzung zur ASL-Variante dar und Prüfglied 3 die Kontrollvariante mit Schwefelergänzung zur Nitrofert-Variante.

Als Zielgrößen wurden Trockenmasseertrag, Futterqualität (Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte) sowie Nitrat- und Schwefelgehalte im Boden analysiert.

Der Bodentyp des Versuchsstandortes ist ein Brauner Auenboden mit der Bodenart sandiger Lehm, der Grünlandzahl 53 und einer Grundnährstoffversorgung von

pH: 6,2; P₂O₅: 19 mg/100 g Boden; K₂O: 18 mg/100 g Boden und MgO: 32 mg/100 g Boden.

Der Versuch wurde auf einer alten, in den letzten 5 Jahren fast ausschließlich gemähten Grünlandfläche (35% *Lolium perenne*, 35 % *Alopecurus pratensis*, 16% *Poa trivialis*, 4% *Dactylis glomerata*, 3% *Festuca pratensis*, 3% *Phleum pratense*, 1% *Poa pratensis*, 1% *Agropyron repens*, 1% *Taraxacum officinalis*) angelegt.

Ergebnisse und Diskussion:

Die Ermittlung der Trockenmasseerträge zeigt in allen drei Jahren nur geringe Ertragsunterschiede zwischen den verschiedenen Düngervarianten. In allen drei Jahren liefert das Prüfglied Nr. 5 NITROFERT allerdings bereits im ersten Aufwuchs (Abb. 1) einen geringfügig niedrigeren Ertrag als die Kontrolle. Der Trend bleibt auch im Jahresertrag (Abb. 2) erhalten. Die Stickstoffentzüge (Abb. 3) übersteigen mit im Mittel 530 kg N/ha die gedüngten Mengen erheblich. Die Differenzen zwischen den Prüfgliedern sind aber nicht signifikant.

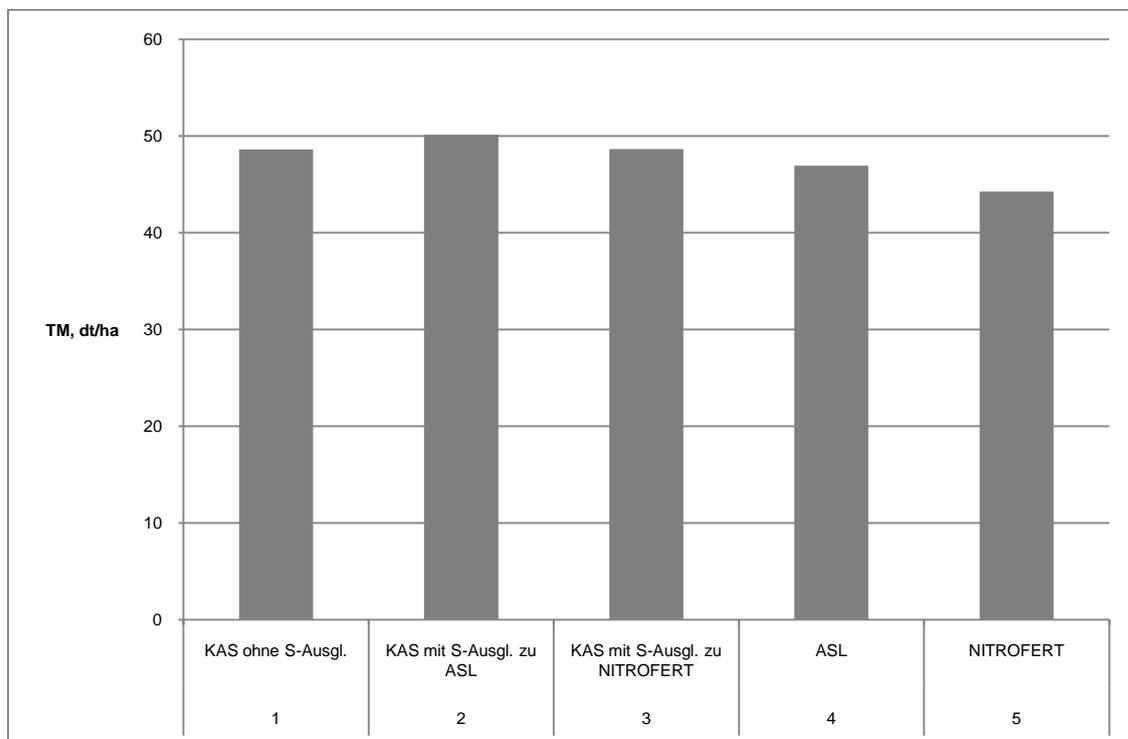


Abb. 1: Einfluss der Ergänzungsdüngung zu Vegetationsbeginn auf den Trockenmasseertrag im 1. Aufwuchs im Mittel 2006 - 2008

Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

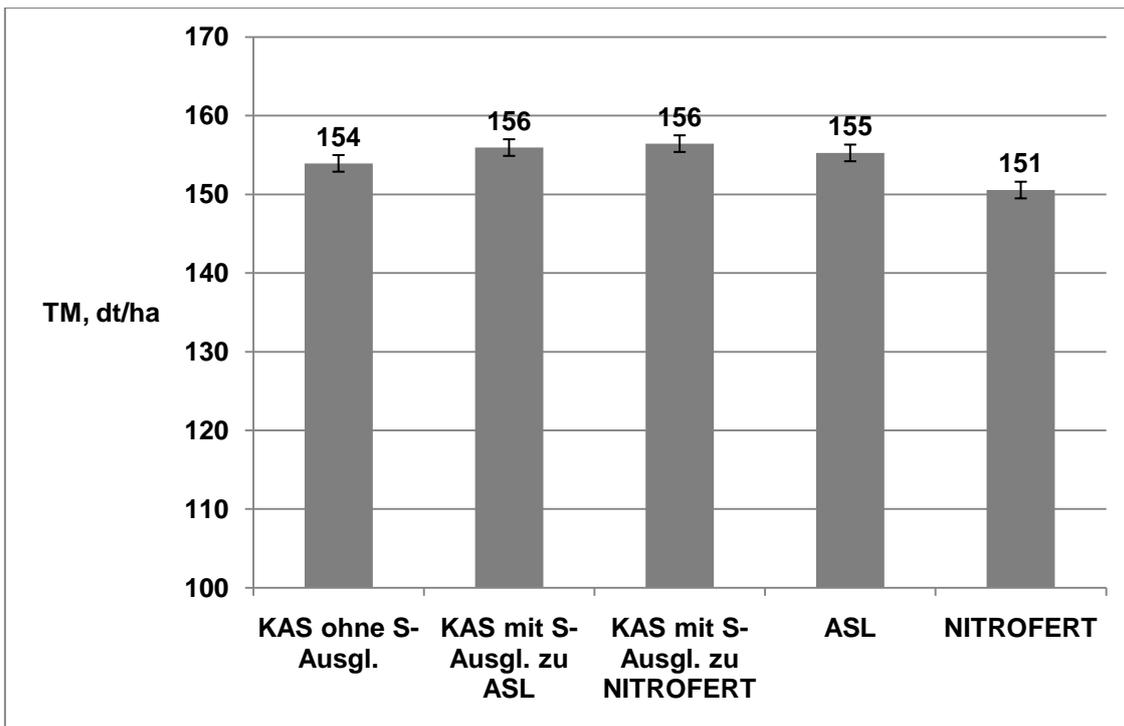


Abb. 2: Einfluss der Ergänzungsdüngung zu Vegetationsbeginn auf den Trockenmasse-Jahresertrag im Mittel 2006 -2008

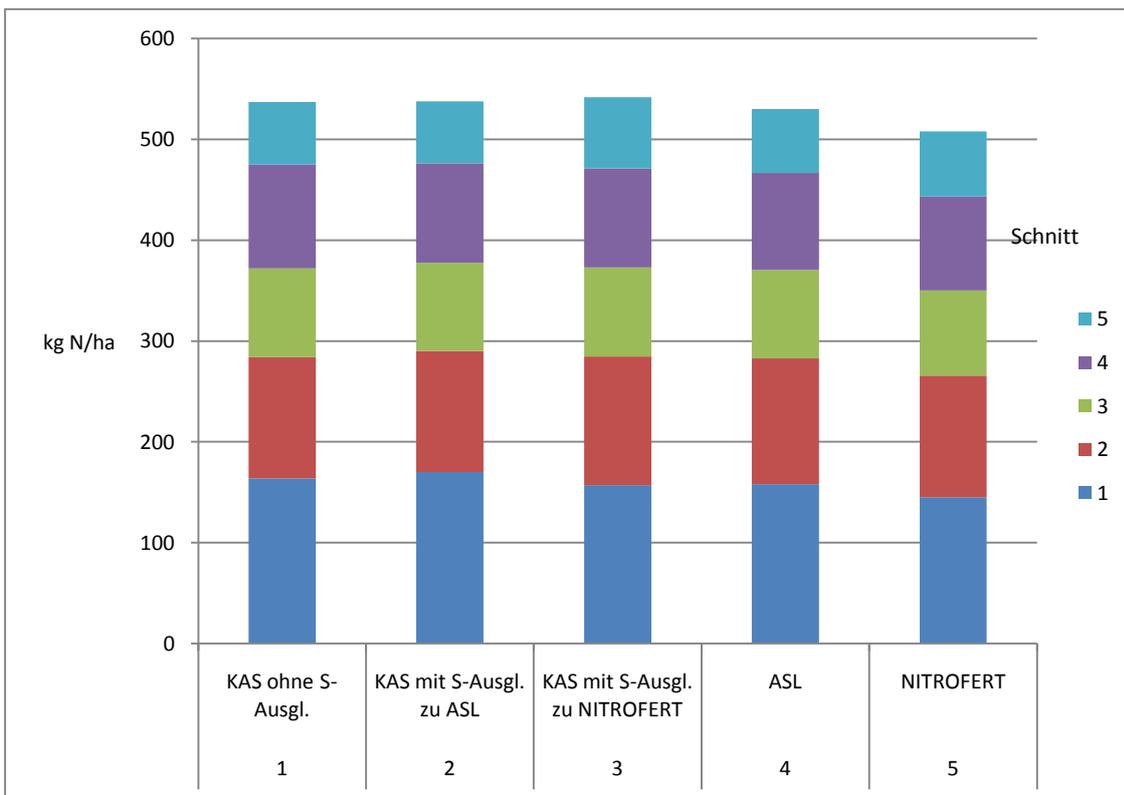


Abb. 3: Einfluss der Ergänzungsdüngung zu Vegetationsbeginn auf den Stickstoffentzug je Schnitt im Mittel 2006-2008

Bei den Nährstoff- und Mineralstoffanalysen ist vor allem ein Effekt der Düngung auf die Schwefelgehalte im 1. Aufwuchs erkennbar (Tabelle 1).

Tabelle 1: Einfluss der Ergänzungsdüngung zu Vegetationsbeginn auf den Stickstoff, Schwefel- und Selengehalt im 1. Aufwuchs

		1. Schnitt 2006 - 2008			
Nr.	Prüfglied	% N	% S	Se mg/kg TM	% N/%S
1	KAS ohne S-Ausgl.	0,55	0,35	0,049	9,82
2	KAS mit S-Ausgl. zu ASL	0,56	0,64	0,037	5,74
3	KAS mit S-Ausgl. zu NITROFERT	0,53	0,43	0,040	7,81
4	ASL	0,55	0,40	0,043	8,74
5	NITROFERT	0,54	0,35	0,040	9,75

Die Düngung zeigt jedoch einen deutlichen Effekt auf die Schwefelgehalte im 1. Aufwuchs (Tabelle 1). In der Kontrollvariante Nr. 2 mit 78 kg Netzschwefel wird der Schwefelgehalt um beachtliche 0,29 % gesteigert. Durch ASL-Injektion steigt der Schwefelgehalt um 0,05 %, durch NITROFERT-Injektion ist ein Effekt nicht messbar. Das relativ niedrigen N/S-Verhältnisses von <10 im Versuch weist auf eine ausreichende S-Versorgung der Versuchsfläche hin und erklärt die geringen Ertragseffekte der Schwefelkomponente der Dünger. Bei den übrigen Inhaltsstoffen zeigt sich insbesondere der Antagonismus vom Schwefel- zum Selengehalt. Schwefeldüngung senkt in allen Varianten den Selengehalt. Durch die ASL-Düngung wird der Selengehalt allerdings nicht so stark zurückgedrängt wie bei der Düngung mit Netzschwefel.

Schlussfolgerungen:

- Die mineralische Ergänzungsdüngung zur Güllegabe bei Vegetationsbeginn zeigte nur einen geringen Effekt auf den TM-Ertrag des 1.Schnittes bzw. den Jahresertrag. Lediglich NITROFERT fiel in allen drei Jahren tendenziell im Ertrag etwas ab.
- Die Stickstoffgehalte und -entzüge wurden durch die Art der Düngung im Gegensatz zu den Schwefelgehalten kaum beeinflusst, während die Düngung von Netzschwefel allerdings einen deutlicheren Effekt zeigte als die Applikation der gleichen S-Menge über die ASL-Injektion. Schwächere S-Wirkung bei Injektion begünstigt aber offensichtlich die Se-Gehalte.
- Die Injektionsdüngung kann für die Frühjahrsergänzungsdüngung empfohlen werden. Bei bedarfsorientierter Düngung besteht in der Wirkung kein praxisrelevanter Unterschied zwischen KAS-Düngung und ASL-Injektion.

Neue Versuchsergebnisse zur Auswirkung mechanischer Bodenbelastung auf Dauergrünland

M. Diepolder, S. Raschbacher, R. Brandhuber, Th. Kreuter

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen
Landbau und Bodenschutz, Lange Point 12, 85354 Freising,
michael.diepolder@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Grünland wird heute im Vergleich zur Vergangenheit häufiger genutzt und mit schwereren Maschinen befahren. Erste bayerische Versuchsergebnisse aus dem Allgäu zur Auswirkung mechanischer Belastung im Intensivgrünland wurden bereits im Jahre 2005 bei der 49. Jahrestagung der AGGF in Bad Elster vorgestellt (DIEPOLDER ET AL., 2005). Über dreijährige Ergebnisse eines zweiten, Standortes im Vorderen Bayerischen Wald berichten DIEPOLDER & RASCHBACHER (2008). Sächsische Forschungsarbeiten zum Thema „Bodendruck im Grünland“ liegen von STAHL ET AL. (2009) vor.

Mit dem folgenden Beitrag werden die anhand einer fünfjährigen Datenbasis (2003-2007) gewonnenen Resultate eines dritten Versuchs in Bayern vorgestellt, bei dem ebenfalls von Parzellen ohne und mit mechanischer Bodenbelastung der Ertrag, die Qualität und Zusammensetzung sowie die N-Aufnahme der Pflanzenbestände untersucht wurden. Zusätzlich jedoch wurden Messungen zur Bodenphysik, zu Nährstoffkonzentrationen im Sickerwasser und zu Regenwurm-Zönosen vorgenommen, wodurch sich nun eine erweiterte Diskussionsbasis ergibt.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort Puch befindet sich im Landkreis Fürstenfeldbruck im oberbayerischen Altmoränen-Hügelland. Er liegt 550 m über NN, hat 920 mm mittleren Jahresniederschlag und eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,0 °C. Bodentyp ist Parabraunerde, Bodenart stark toniger Schluff. Der Oberboden des grasreichen Grünlandbestandes wies in 0-10 cm Tiefe bei einem Humusgehalt von 3,5 % und einem C/N-Verhältnis von 12:1 auf einen für bayerische Dauergrünlandverhältnisse vergleichsweise humusarmen Boden und eher einen Ackerstandort hin. Der pH-Wert lag mit 5,3 etwas unter dem anzustrebendem Optimum, während Gehalte von 15 mg CAL-P₂O₅ bzw. 23 mg CAL-K₂O und 15 mg Mg (CaCl₂) pro 100 g Boden auf eine optimale, im Falle von Kalium sogar hohe Nährstoffversorgung des Versuchsstandortes hindeuten. Leitgras war zu Versuchsbeginn *Lolium perenne* mit ca. 70 % in der Frischmasse des ersten Aufwuchses zu Versuchsbeginn; *Dactylis glomerata* war mit 11 % weiteres bestandsbildendes Gras.

Der Versuchsaufbau umfasste 2 Varianten in vierfacher Wiederholung. Verglichen wurde dabei eine – bis auf die Ernte – unbefahrene Variante (1) mit einer zweiten befahrenen Variante (2). Die Nutzungsintensität lag bei vier Schnitten pro Jahr in den ersten vier Versuchsjahren; 2007 erforderte die

Witterung eine fünfmalige Ernte. Variante 2 wurde mit einem Schlepper (ca. 6 t Gesamtgewicht, Bereifung 6,50/65/R38 mit 1,5 bar Innendruck, 4-5 km/h) „Rad an Rad“ befahren und zwar in allen 5 Versuchsjahren jeweils nach dem ersten Schnitt, nach dem 2. Schnitt in 2003, 2005 und 2006, nach dem 3. Schnitt in 2003, 2006 und 2007 sowie im Herbst 2003 und 2004. Hervorzuheben ist, dass Variante 2 nicht nach jedem Schnitt befahren wurde, sondern im Zeitraum von 2003-2007 insgesamt 13 Mal. Bei insgesamt 21 Schnitten wurden 62 % aller Aufwüchse befahren. Die mechanische Bodenbelastung unterblieb immer dann, wenn der Boden wassergesättigt war. Dies wurde bewusst so gehandhabt, um eine bleibende mechanische Schädigung der Grünlandnarbe durch „Zerfahren“ des Bodens zu vermeiden, welche den eigentlichen Versuchsansatz „Effekte durch mechanische Bodenbelastung“ in Frage gestellt hätte.

Die Düngung beider Varianten erfolgte organisch/mineralisch sowohl in Form von je 25 m³/ha Rinder-Gülle (7,7 % TS) zum 1., 2., und 4. Aufwuchs (2007 auch zum 5. Aufwuchs) als auch in Form von Kalkammonsalpeter (KAS) mit 60 kg N/ha zum 3. Aufwuchs. Mit ca. 390 kg Gesamt-N, 220 kg P₂O₅ und 320 kg K₂O pro Hektar und Jahr wurden vergleichsweise hohe Stickstoff- und Phosphormengen gedüngt. Dem lag die Absicht zu Grunde, einen düngungsbedingten Nährstoffmangel für den Versuchsansatz generell auszuschließen. Darüber hinaus sollten Rückschlüsse gewonnen werden, ob und inwieweit sich eine hohe N-Düngung in der Nitratkonzentration des Sickerwassers widerspiegelt.

Die 2x4 Versuchspartzen wurden über einem Dauer-Saugkerzenfeld und als reine Bodenproben-Messpartzen angelegt. Vom Erntematerial der Saugkerzenpartzen wurden Ertrag, TS-, Rohfaser-, Rohprotein-, und Rohaschegehalt bestimmt. Ebenfalls erfolgte hier mittels fest installierten Tonsaugkerzen in 80 bzw. 130 cm Tiefe die Entnahme von dränendem Bodenwasser in ca. zweiwöchigem Abstand; analysiert wurde die Nitrat-, Phosphor- und Schwefelkonzentration. Auf den Bodenproben-Messpartzen fand (einmalig) die Standard-Bodenuntersuchung sowie kontinuierlich eine Nmin-Beprobung in 0-10 und 10-30 cm Tiefe zu ca. 70 Terminen im gesamten Untersuchungszeitraum statt. Untersuchungen zur Bodenphysik und Bodenfauna wurden nach der letzten Ernte (Herbst 2007) im Frühjahr 2008 vorgenommen.

In den Jahren 2003-2006 wurden alle Partzen kurz vor dem ersten Schnitt botanisch aufgenommen mit Schätzung des Ertragsanteils der Einzelarten bzw. Artengruppen (visuell nach KLAPP UND STÄHLIN). Besonderem Interesse galt dabei der Entwicklung von *Poa trivialis*.

Als bodenphysikalische Parameter wurden von in 5-10 cm Tiefe gewonnenen Stechzylinderproben (4x9 Stechringe pro Belastungsstufe, genommen in der ersten Maidekade 2008) die Korngrößenverteilung, die Trockenrohichte, das Gesamtporenvolumen, der Anteil weiter Grobporen im Bodenvolumen (Luftkapazität bei pF 1,8) und die pneumatische Leitfähigkeit bestimmt.

In der 2. Maidekade 2008 erfolgte eine einmalige Untersuchung zu Effekten der Bodenbelastung auf die Regenwurmpopulationen (Siedlungsdichten, Biomassen, Arten- und Dominanzstruktur). Dabei wurden die Würmer innerhalb quadratischer Rahmen (0,25 m²) mit einer 0,2%igen Formaldehyd-Lösung

($2 \times 20 \text{ l/m}^2$) ausgetrieben. Die mittels Nachgrabungen geschätzte Austreibungsquote betrug über 80 %. Pro Variante erfolgten 12 Wiederholungen (3 Wiederholungen pro Einzelparzelle).

Die statistische Auswertung erfolgte bei den Ertrags- und Qualitätsparametern sowie dem Nmin-Gehalt im Boden und der Nährstoffkonzentration im Sickerwasser mittels Varianzanalyse und t-Test. Bei den Regenwurm-Untersuchungen wurde der parameterfreie U-Test nach Mann-Whitney angewendet.

Ergebnisse und Diskussion

Im fünfjährigen Mittel wurden auf den mechanisch unbelasteten Parzellen (Variante 1) Jahreserträge von 106,5 dt/ha Trockenmasse und 62,0 GJ NEL/ha erreicht. Bei der befahrenen Variante 2 lagen die Durchschnittserträge hingegen bei 93,6 dt TM/ha bzw. bei 55,5 GJ NEL/ha, das bedeutet eine Minderung des TM-Ertrages um ca. 12 % und des Energieertrages um ca. 10 %. Die Differenzen lagen aufgrund der ausgeprägten Wechselwirkungen zwischen Einzeljahr und Variante bei diesem Versuch mit $\alpha=0,055$ bzw. 0,067 allerdings knapp über der Signifikanzgrenze. Bemerkenswert ist, dass der Verlust an geernteter Trockenmasse in seiner Größenordnung sehr gut mit anderen bayerischen Grünlandversuchen im Allgäu und Vorderen Bayerischen Wald übereinstimmt. Dort wurden signifikante Ertragsrückgänge von ca. 9-14 % bzw. 10-14 % festgestellt. Bemerkenswert ist ebenfalls, dass der TM-Ertrag des zweiten Aufwuchses auf den Parzellen, die in allen Versuchsjahren nach dem ersten Schnitt befahren wurden, um 23 % niedriger war als in Variante 1.

Signifikant unterschieden sich Rohprotein-Gehalte, Rohprotein-Erträge bzw. N-Abfuhr beider Varianten. Mittlere RP-Gehalte von 136 g/kg TM (1) gegenüber 129 g/kg TM (2), RP-Erträge von 1430 kg/ha (1) gegenüber 1190 kg/ha (2) bzw. ein Unterschied in der N-Abfuhr von 39 kg N/ha (229 kg N/ha bei Variante 1 gegenüber 190 kg N/ha bei Variante 2) lassen eine gestörte Umsetzung von Stickstoff in Ertrag und Eiweiß bei intensiver Befahrung vermuten. Da eine Analyse der Pflanzenbestände dazu keine hinreichend schlüssige Erklärung lieferte, bleibt es – in Übereinstimmung mit Schlussfolgerungen aus sächsischen Untersuchungen (STAHL ET AL., 2009) – ein lohnendes Ziel künftiger Forschungsarbeiten, zu untersuchen, ob durch mechanische Belastung die oberirdische Pflanzenmasse und/oder die Wurzelmasse zumindest kurzfristig geschädigt wird.

Eine gerichtete Zunahme von *Poa trivialis* durch mechanische Belastung war nicht nachweisbar. Andeutungsweise – jedoch aufgrund starker Streuung zwischen den Einzeljahren nicht absicherbar – zeigte sich, dass der generell im Gesamtversuch festzustellende Schwund an *Lolium perenne* gegen Versuchsende auf den befahrenen Parzellen (Variante 2) weniger stark ausfiel als bei Variante 1. Bei dieser dominierte im vierten Versuchsjahr (2006) eindeutig *Dactylis glomerata*. Interessanterweise lag der Weißkleeanteil in Puch auf sehr niedrigem Niveau (ca. 1 %) und blieb durch Bodenbelastung völlig unbeeinflusst.

Unterschiede im Vorrat an mineralischem Bodenstickstoff (Nmin) zwischen beiden Varianten konnten nicht festgestellt werden.

Die mittlere Nitratkonzentration im Sickerwasser lag bei beiden Varianten trotz deren stark positiven N-Salden auf sehr niedrigem Niveau. Dabei war interessanterweise bei der befahrenen Variante 2 die Nitratkonzentration mit 5,0 mg/l sogar signifikant niedriger als bei der unbefahrenen Variante 1, wo 8,0 mg Nitrat/l gemessen wurden. Als mögliche Ursachen kommen höhere Denitrifikationsraten in der befahrenen Variante oder eine höhere Makroporenkontinuität in Variante 1 (ohne Befahrung) in Frage. Die im Frühjahr nach Versuchsende in der Krume erhobenen bodenphysikalischen Daten lassen allerdings keine bleibenden Effekte der mechanischen Belastung (13 Überrollvorgänge in 5 Versuchsjahren) auf das Porensystem erkennen. Kurzfristig wirksame Beeinträchtigungen des Bodengefüges nach den Überrollungen können jedoch nicht ausgeschlossen werden, mangels Untersuchungen aber auch nicht belegt werden.

Siedlungsdichte (Individuen/m²) und Biomasse (g/m²) der Regenwürmer (ermittelt 10 Monate nach der letzten Befahrung) waren allerdings auf den belasteten Flächen signifikant geringer. Dieser Effekt ging vor allem auf die juvenilen Individuen zurück. Im Hinblick auf die Dominanzstruktur der Arten deutete sich eine interessante Differenzierung an: Während die tiefgrabende Spezies *Lumbricus terrestris* negativ auf die Bodenbelastung reagierte, profitierten die Streuschichtbewohner *L. rubellus* und *L. castaneus* von der Befahrung.

Schlussfolgerungen

Intensive mechanische Belastung kann im Grünland zu signifikanten Ertragsrückgängen führen. Die Ursachenforschung von Wirkungsmechanismen unter Einbeziehung erweiterter bodenphysikalischer und bodenfaunistischer Untersuchungen sollte Gegenstand künftiger Forschungsarbeiten sein.

Literatur

- DIEPOLDER, M., SCHRÖPEL, R., BRANDHUBER, R., BAUCHHENß, J., & JAKOB, B. (2005): Versuchsergebnisse zur Auswirkung mechanischer Belastung im Intensivgrünland. In: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 7, 2005, 210-213; Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Herausgeber).
- DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S. (2008): Versuch zu Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbelastung auf Ertrag, und Futterqualität bei Dauergrünland. www.lfl.bayern.de/iab/gruenland, siehe unter Rubrik Versuchsergebnisse und Praxisbeobachtungen zur Bewirtschaftungsintensität.
- STAHL, H., MARSCHALL, K., GÖTZE, H., FREYTAG, A. (2009): Bodendruck im Grünland. In: Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen, Heft 3/2009.

Können Güllebehandlungen Geruch und gasförmige Emissionen reduzieren?

S. Gottardi¹, G. Peratoner¹, P. Egger¹, L. Grandi²

¹ Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg, Pfatten, I-39040 Auer (BZ); E-Mail: Giovanni.Peratoner@provinz.bz.it

² Fondazione Edmund Mach Istituto, Centro Trasferimento Tecnologico, Unità Biomasse e energie rinnovabili, Via Edmund Mach 1, I-38010 San Michele all'Adige (TN)

Einleitung und Problemstellung

Die Wirtschaftsdünger stellen für die meisten Berglandwirtschaftsbetriebe Südtirols die Hauptquelle für die Düngung der Pflanzenbestände dar. Ihre Lagerung und Ausbringung verursachen die Freisetzung von zahlreichen Geruchsstoffen und den gasförmigen Verlust von Nährstoffen. Diese Umweltbelastungen und Nährstoffverluste sollten möglichst in Grenzen gehalten werden. Im Handel werden unterschiedliche Hilfsmittel angeboten, die unter anderem die Gülleeigenschaften verbessern sollten. Obwohl von den Firmen unterschiedliche positive Wirkungen der Produkte versprochen werden, werden diese Angaben von den Ergebnissen wissenschaftlicher Mittelprüfungen oft widerlegt (Fabbri *et al.*, 2000; Pötsch & Humer, 1998). Um den Landwirten eine Entscheidungshilfe beim Einkauf der Produkte zu verschaffen, wird deren Wirkung seit einigen Jahren vom Versuchszentrum Laimburg überprüft. Im folgenden Beitrag wird über die Erprobung 6 verschiedener Hilfsmittel und Verfahren zur Verminderung von gasförmigen Verlusten und der Geruchsreduzierung berichtet.

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde am Versuchsbetrieb „Mair am Hof“ in Dietenheim/Bruneck, Südtirol (11°57'30" E, 46°48'7" N, 900 m u. NN, Jahresniederschlag 912 mm, Jahresdurchschnittstemperatur 8,5 °C) durchgeführt. Alle Versuche erfolgten in geschlossenen Plastik-Regentanks (500-Liter Kapazität), die im Freien aufgestellt wurden. Jedes Jahr wurde eine unterschiedliche Auswahl an Mitteln geprüft. Jeder Versuch wurde jährlich in zwei Versuchsreihen wiederholt, die einen Zeitraum von zwölf Wochen abdeckten. Die Versuchsreihen wurden jeweils im Frühjahr (von Mitte März bis Mitte Juni) und im Sommer (von Mitte Juni bis Mitte September) mit drei bis fünf Wiederholungen je Behandlung angesetzt. Bei jeder Versuchsreihe wurden die Tanks zum Versuchsbeginn mit 300 Liter Gülle befüllt und mit den entsprechenden Hilfsmitteln bzw. Verfahren nach Angaben der Herstellerfirmen behandelt (Tab. 1). Um die Bedingungen einer Güllegrube zu simulieren, wurden jede Woche 15 Liter unbehandelte Gülle hinzugefügt und anschließend verrührt. Ab dem Jahre 2007 wurden die Gefäße mit einer Holzüberdachung vor Sonneneinwirkung geschützt, um einer übermäßigen Erwärmung vorzubeugen.

Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

Im Jahr 2008 wurde der Magnolith-Aufsatz auf einem Rohr montiert, das ausschließlich für diese Behandlung verwendet wurde.

Tab. 1: Untersuchte Hilfsmittel und Verfahren zur Güllebehandlung.

Prüfjahr (Anzahl der Wiederholungen)	Produkt	Wirkungsweise	Kurzbeschreibung	Aufwandmenge
2004 (3)	EM	mikrobiologisch	Multimikrobenmischung	5 l/m ³
	Catomin	chemisch	Tonminerale	50 kg/m ³
	SOP	chemisch	Kalksulfat, äther. Öle	16 g/m ³
2005 (3)	Catomin	chemisch	Tonminerale	50 kg/m ³
2007 (3)	Reacre	mikrobiologisch	Mikrobiologisches Kombinationsprodukt	0,3 l/m ³
	IPUS Agro-Lift	mikrobiologisch	Alumosilikate mit Mikroorganismen	1,7 kg/ m ³
2008 (5)	Magnolith	physikalisch	Erzeugung eines magnetischen Feldes	-

Im Jahr 2005 wurde ein zweifaktorieller Versuch angelegt. Faktor 1 war der Zusatz von Catomin (nein/ja), Faktor 2 eine 2:1 Gülleverdünnung mit Wasser (nein/ja).

Alle drei Wochen wurde die Konzentration von Ammoniak- und Schwefelwasserstoffgehalt im Luftüberbestand der Tanks mittels eines Chip-Mess-Systems (Dräger CMS Analyser, Dräger Safety Italia, Mailand, I) gemessen. Die Geruchsstoffkonzentration wurde am Ende jeder Versuchsreihe erfasst. Dazu wurde die dynamische Olfaktometrie nach den VDI-Richtlinien 3881 sowie der DIN EN 13725 eingesetzt. Pro Behandlung wurde eine Gasmischprobe aus den entsprechenden Tanks genommen und von einem Panel von vier Prüfpersonen beim Einsatz eines Mehrplatzolfaktometers (Modell TO7, ECOMA GmbH, Kiel, D) untersucht.

Die statistische Auswertung erfolgte, getrennt nach Jahr und Versuchsperiode, mittels gemischter Modelle mit dem Messdatum als wiederholtem Faktor. Post-hoc Tests wurden mittels Least Significant Difference durchgeführt. Bei Verletzung der Voraussetzungen und bei fehlender Verbesserung nach Datentransformation wurden die Prüfung der Haupteffekte und die post-hoc Vergleiche mit den nichtparametrischen Tests von Kruskal-Wallis bzw. von Nemenyi innerhalb jeden Messdatums geprüft. Die Signifikanzgrenze wurde bei einem p-Wert von 0,05 festgelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Keines der eingesetzten Mittel war in der Lage, die H₂S-Emissionen zu beeinflussen (Kruskal-Wallis Test, kein signifikanter Effekt). 65% der gemessenen Werte befanden sich unterhalb der Messgrenze (0,2 ppm) und nur 8% der Werte lagen über 2 ppm. Nur die Verdünnung mit Wasser vermochte die H₂S-Konzentration zu reduzieren, allerdings nur beim ersten Messdatum der Sommerserie im Jahr 2005 (0,47 ppm bei der Kontrolle, 0,10 ppm bei den verdünnten Behandlungen, Kruskal-Wallis Test). Die NH₃-Emissionen zeigten im Laufe der Zeit eine gewisse Schwankung, konnten jedoch von den getesteten Verfahren nicht signifikant vermindert werden (Tab. 2). Beim zweiten Messtermin der Frühjahrserie im Jahr 2004 war sogar ein negativer Effekt zu verzeichnen. Dabei hatte die Behandlung mit SOP und EM höhere Werte zu Folge.

Tab. 2: NH₃-Emissionen (ppm) behandelter und unbehandelter Gülle bei unterschiedlichen Messterminen. Auswertung nach Kruskal-Wallis für die Jahre 2004 und 2008, nach einem gemischten Modell für die restlichen Jahre. Mittelwerte mit gemeinsamen Buchstaben innerhalb desselben Messdatums unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Versuchsjahr	Behandlung	Messdatum im Frühjahr				Messdatum im Sommer			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
2004	Kontrolle	30,7	13,1 ^a	-	31,2	92,3	108,0	88,5	72,7
	SOP	36,0	25,0 ^b	-	52,0	84,3	96,7	91,0	72,5
	EM	31,4	23,8 ^b	-	41,8	76,7	87,0	82,7	71,0
	Catomin	31,0	12,8 ^a	-	41,5	99,7	75,7	70,7	70,3
2005	Kontrolle unverdünnt	14,6 ^a	-	-	52,0	82,0 ^b	47,0 ^b	97,0	84,7
	Catomin unverdünnt	32,8 ^a	-	-	56,0	117,0 ^a	56,0 ^b	111,3	77,0
	Kontrolle verdünnt	8,5 ^b	-	-	42,5	82,3 ^b	73,3 ^a	97,7	83,3
	Catomin verdünnt	5,8 ^b	-	-	45,3	103,0 ^a	84,3 ^a	103,0	88,3
2007	Kontrolle	42,7	63,3	47,4	84,7	136,7	108,7	61,7	45,7
	Reacre	43,0	60,0	53,2	106,7	130,3	103,0	56,0	39,3
	IPUS Agro-lift	45,7	62,7	41,9	112,0	112,0	90,3	56,7	40,7
2008	Kontrolle	-	-	-	-	31,0	74,8	53,8	43,4
	Magnolith	-	-	-	-	31,6	68,6	53,0	42,3

Auch im Versuch des Jahres 2005 konnte Catomin die NH₃-Emissionen nicht vermindern und bewirkte sogar beim ersten Messdatum der Sommerserie eine Zunahme der NH₃-Konzentration. Im selben Versuch war auch der Effekt der Verdünnung nicht eindeutig. Sie wirkte sich positiv beim ersten Messtermin der Frühjahrserie und negativ beim zweiten Messtermin der Sommerserie aus.

Bei den olfaktometrischen Untersuchungen konnte nur Catomin bei zwei der vier Messtermine eine deutliche Abnahme der Geruchsemissionen verursachen. So waren die gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen in der Sommerserie des Jahres 2004 und in der Frühjahrserie des Jahres 2005 um 46% bzw. um 55% niedriger im Vergleich zu den entsprechenden Kontrollen (Tab. 3). Bei dem

übrigen Messtermin zeigten die Catomin-Behandlungen höhere Werte als die Kontrollen. Das spiegelt die widersprüchlichen Ergebnisse anderer Autoren beim Einsatz ähnlicher adsorbierender Stoffe wider (McCrorry and Hobbs, 2001).

Tab. 3: Geruchsstoffkonzentration (G.E./m³) im Luftüberbestand der Gülle am Ende der Versuchsserien.

Versuchsjahr	Behandlung	Geruchsstoffkonzentration (G.E./m ³)	
		Frühjahr	Sommer
2004	Kontrolle	749	1400
	SOP	515	1100
	EM	595	1300
	Catomin	486	630
2005	Kontrolle unverdünnt	1000	127
	Catomin unverdünnt	707	151
	Kontrolle verdünnt	375	104
	Catomin verdünnt	143	151
2007	Kontrolle	212	57
	Reacre	302	101
	IPUS Agro-lift	180	143
2008	Kontrolle	-	2003
	Magnolith	-	1841

Es ist aber anzumerken, dass auch die Verdünnung allein eine erhebliche Abnahme der Geruchsbelästigung (71%) beim selben Messdatum im Jahr 2005 hervorrufen konnte.

Schlussfolgerungen

Sowohl die untersuchten Mittel als auch die Verdünnung mit Wasser erbrachten nicht die gewünschten Effekte bei der Verminderung der gasförmigen Verluste. Die olfaktometrischen Untersuchungen deuten nur beim Einsatz des Zusatzmittels Catomin auf eine Geruchsverminderung hin, die aber nicht stets vorkommt. In dieser Hinsicht erwies sich schon die Verdünnung mit Wasser als sehr vorteilhaft.

Literatur

FABBRI, C., ROSSETTI, M., BONAZZI, G. (2000): Additivi per la riduzione degli odori e dell'ammoniaca negli allevamenti zootecnici. *L'Informatore Agrario* 56, 41-43.

MCCRORY, D.F., HOBBS, P.J. (2001): Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: a review. *Journal of Environmental Quality* 30, 345-355.

PÖTSCH, E.M., HUMER, J., BUCHGRABER, K., FROSCHAUER, J., GALLER, J., HOFMAIR, W., HÖLZNER, H., PÖLLINGER, A. (1998): Güllezusätze - Problemlösung oder fauler Zauber? *Der fortschrittliche Landwirt* 76, 9-14.

Effiziente Futterwirtschaft und Nährstoffflüsse in Futterbaubetrieben

B. Köhler¹, H. Spiekers¹, M. Diepolder², M. Demmel³

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

¹Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 3,
D-85586 Poing-Grub, E-Mail: brigitte.koehler@LfL.bayern.de,

²Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, D-85354 Freising,

³Institut für Tierhaltung und Landtechnik, D-85354 Freising

Einleitung und Problemstellung

Vielfältige Untersuchungen zu Futterverlusten aus den verschiedenen Teilbereichen der Futterwirtschaft lassen erkennen, dass in der Praxis nach wie vor ein erhebliches Potenzial zur Verbesserung der Effizienz vorhanden ist. Obwohl es zahlreiche Untersuchungen zur Optimierung in der Futterwirtschaft gibt und umfassende Kalkulationsgrundlagen speziell aus dem süddeutschen Raum (DILGER & FAULHABER, 2006; OVER *et al.*, 2009) vorliegen, zeigen sich in der Praxis weiterhin erhebliche Differenzen zwischen den Nährstoffein- und -ausfuhr (SPIEKERS, 1997). Dies belegen unter anderem auch die Erfahrungen aus den Berechnungen von Nährstoffbilanzen zur Umsetzung der Düngeverordnung in den bayerischen Futterbaubetrieben. Zwischen den angesetzten Erträgen ab Feld und dem unterstellten Futterverbrauch bzw. der damit verbundenen Nährstoffausscheidung der Tiere liegen bei den Nährstoffmengen Differenzen von 30 - 40 %, mit erheblichen Schwankungen zwischen den Betrieben.

Mit vorliegendem Projekt wird das Ziel verfolgt, mittels einer vollständigen Analyse der Futtermengen- und Nährstoffströme die Masse- und Nährstoffverluste auf einzelbetrieblichem Niveau quantitativ und qualitativ zu erfassen. Anhand einer konsequenten Verfahrensplanung und eines systematischen Controllings wird es für möglich erachtet, eine Minderung an Masse- und Nährstoffverlusten, um mindestens 10 % -Punkte zu erreichen. Mit diesen Ansätzen können offene Fragen zum Nährstoffkreislauf in Futterbaubetrieben beantwortet, die bisherigen Faustzahlen für die Berechnung der Nährstoffzu- und -abfuhr (WENDLAND *et al.*, 2007; DLG, 2005) überprüft und Optimierungsstrategien - auch in Form von Beratungsmodulen - für die bayerischen Futterbaubetriebe umgesetzt werden.

Projektumsetzung

Anhand von Analysen der Nährstoffflüsse in Futterbaubetrieben sollen auf einzelbetrieblichem Niveau über Messungen bestehende Schwachstellen innerhalb der Futterwirtschaft aufgedeckt werden. Zusätzlich werden bereits vorhandene Daten zur Futterwirtschaft (Nährstoffbilanzen, Betriebszweigauswertungen) mit in die Auswertungen einbezogen.

Grundsätzlich erfolgt die Datenerhebung über die gesamte Futterproduktionskette. Dabei wird insbesondere auf die Mengen- und Nährstoffbewegungen beim eigenherzeugten Grobfutter wertgelegt. In der Abb. 1 sind die Messstationen dargestellt, an denen Trockenmasse- (TM) und Nährstoffmengen sowie weitere Qualitätsparameter festgehalten werden.

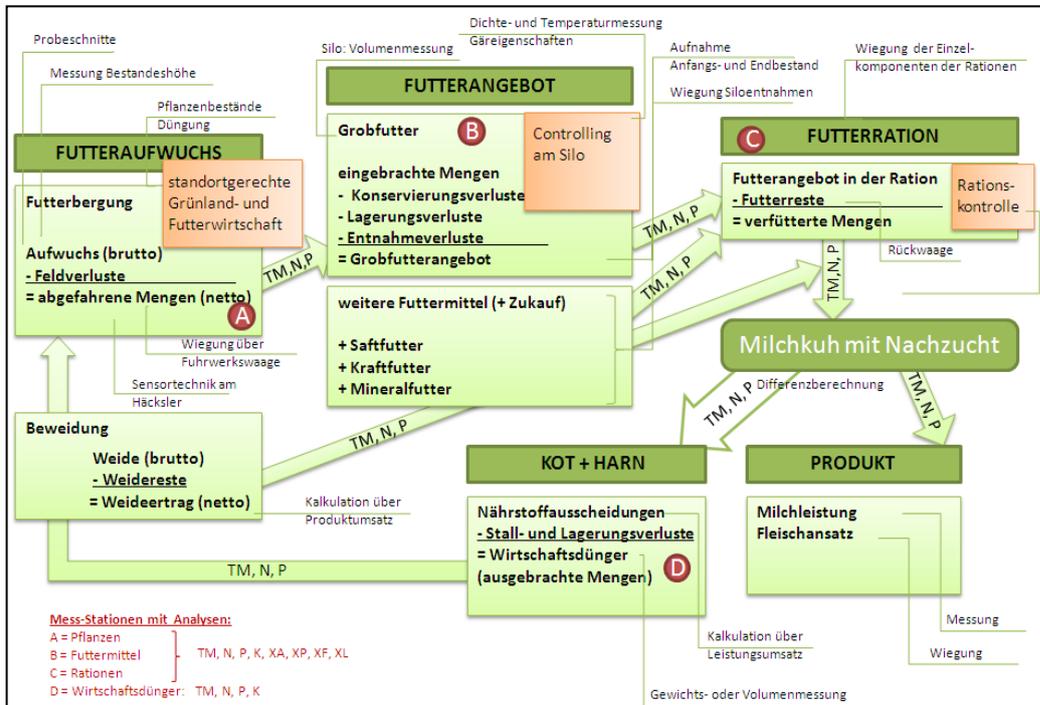


Abb. 1: Masse- und Nährstoffströme in einem Futterbaubetrieb sowie die Erhebungsmethoden mit den entsprechenden Mess- und Kontrollstationen

Das Kernstück der Projektumsetzung bildet die Analyse und Weiterentwicklung der Futterwirtschaft auf den Lehr-, Versuchs- und Fachzentren (LVFZ) in Bayern. Beteiligt sind die Standorte Achselschwang, Almesbach, Kringell und Spitalhof sowie die Versuchsstation in Grub. Die Betriebe verfügen über die notwendigen Voraussetzungen zur Datenerfassung und die Ausstattung des Futtermischwagens mit Wiegetechnik bietet Möglichkeiten für eine verbesserte Steuerung der Prozesse und schafft die Voraussetzung für ein „Precision Dairy Farming“ (SPIEKERS, 2007; WENDL & HARMS, 2007). Parallel werden im Projekt verstärkt neueste Messtechniken in der Futterproduktion (Online Ertrags- und Feuchteermittlung am Feldhäcksler) auf ihre Messgenauigkeit und Eignung für Optimierungsstrategien in der Praxis getestet (DEMMELE, 2007).

Die Erfahrungen aus den LVFZ dienen als Grundlage für die Umsetzung des Pilotvorhabens in den Praxisbetrieben, das in Form von Arbeitskreisen für Futterwirtschaft organisiert wird. Die Datenerhebung in den Futterbaubetrieben erfolgt in den Jahren 2008 bis 2011.

Die Ertrags- und Qualitätsermittlung auf den Grünlandflächen der beteiligten Betriebe bildet einen Schwerpunkt und wird ergänzend zu dem bayernweiten „Ertragsmonitoring auf Dauergrünland“ (LfL-Teilprojekt „Klimadatenbank“) durchgeführt. Neben der Feststellung der Nährstoffentzüge werden weitere Methoden zur Ertragseinschätzung auf ihre Praxistauglichkeit überprüft.

Material und Methoden

Die Datenerhebung lässt sich einerseits in die Erfassung des Mengenstroms (Tab. 1) und andererseits in die Erfassung der Nährstoffbewegungen sowie einem „Controlling“ zur Überprüfung von Qualitätskriterien in der Futterwirtschaft aufteilen.

Tab. 1: Methodik der Datenerhebung zur Erfassung der Massenströme in den Futterbaubetrieben

Datenerhebung	Dateneinheiten	Messmethode
Futteraufwuchs		
Ertragserhebung auf ausgewählten Grünlandflächen (Frischgras)	Ertrag/Schlag (t/ha)	Probeschnitte Bestandeshöhenmessung
Erntemengen (Siliergut,..)	TM-Ertrag/Schlag (t/ha)	Durchsatz- und Feuchteermittlung am Feldhäcksler
	Ertrag/Schlag (t/ha)	Wiegung der gesamten Erntemengen
Erntemengen je Silo	Siliergut (t/Silo)	Erntemengen je Silo
Futterangebot		
Grobfuttermengen	Silagemengen (t/Silo)	Silovermessung Siloentnahmen
Futterverbrauch		
Futtermengen aller Rationskomponenten	Futtermengen je Rationskomponente (kgTM/Tiergruppe)	Mengenerfassung der einzelnen Komponenten in der Ration
Futterreste	aufgenommene Futtermengen/Tiergruppe	Rückwaage der Futterreste je Tiergruppe

Zur Ermittlung von Nährstoffverlusten an den jeweiligen Schnittstellen (Futterbergung, Silo, Futtermischwagen) sowie zur Berechnung der Nährstoffentzüge und -ausscheidungen sind zahlreiche Nährstoffanalysen notwendig. Aufgrund hoher Schwankungen in den TM- und Nährstoffgehalten beim Grobfutter erfolgt eine intensive Beprobung bei der Ernte, Lagerung (Silo) und Futtervorlage. Insbesondere bei den Grobfuttersilagen werden wöchentlich TM-Bestimmungen und monatliche Futterqualitätsanalysen vorgenommen, um die Verluste per Differenz exakt zu erfassen. Zur weiteren Beurteilung des Silomanagements eines Betriebes wird das Verfahren „Controlling am Silo“ (RICHTER *et al.*, 2009) durchgeführt.

Für die Ermittlung der Nährstoffentzüge wird für Stickstoff die Methode nach DUMAS, für Phosphor und Kalium die Atomabsorptions-Spektroskopie (AAS) angewandt. Bei den zahlreichen Weender-Analysen entlang des Futterkreislaufs werden die einzelnen Futterqualitätsparameter mit der Nahinfrarot (NIR) -Messtechnik und die Mineralstoffe mit der Röntgenfluoreszenz-Spektrometrie (RFA) untersucht.

Erste Ergebnisse und Erfahrungen

Auf den Grünlandflächen der LVFZ traten trotz betriebsspezifischer Bewirtschaftungsmaßnahmen zwischen den einzelnen Schlägen sehr große Ertragsunterschiede auf. Um die Methoden oder Richtwerte für eine Ertragseinschätzung besser zu eruieren, sollte die schlagbezogene

Ertragserfassung in dieser Intensität weitergeführt werden. Anhand des „Controllings am Silo“ wiesen die untersuchten Silagen in Bezug auf Dichte, Temperatur und den Gärkennwerten keine negativen Ergebnisse auf, so dass einwandfreie Futterqualitäten in den Rationen angeboten wurden. Für eine erste Einschätzung von Futterverlusten „am Silo“ liegen zu wenige und differierende Ergebnisse vor. Die hohen Schwankungen in den Ergebnissen und Analysewerten untermauern die Notwendigkeit, die Erfassung über den gesamten Futterwirtschaftskreislauf weiterzuführen.

Ausblick

Die Messung der Nährstoffströme in tierhaltenden Betrieben unter praktischen Bedingungen liefert eine wichtige Datengrundlage, mit der Ansätze für eine effiziente Futterwirtschaft verfolgt werden können. Neben dem Ziel der Verlustminimierung können gesetz- und umweltrelevante Richtwerte auf ihre Übereinstimmung mit den Praxis- und Standortbedingungen überprüft und evtl. angepasst werden. Die Erkenntnisse zur Steigerung der Effizienz der Futterwirtschaft tragen zur Nachhaltigkeit des Nährstoffkreislaufes in den Futterbaubetrieben bei und lassen sich auf den Bereich der Substratwirtschaft und nachwachsende Rohstoffe übertragen.

Literatur

- DEMME, M. (2007): Kontinuierliche Durchsatz- und Ertragsermittlung: In: Erntemaschinen. Landtechnik 62 (2007), Sonderheft S. 270-271.
- DILGER, M. & FAULHABER, I. (2006): Materialsammlung Futterwirtschaft. Daten, Fakten und Berechnungsgrundlagen zu den Kosten der Grundfuttererzeugung und der Futterwirtschaft. Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 07/2006, Freising.
- DLG (2005): Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Hrsg.: DLG e. V., Arbeitskreis Futter und Fütterung, Bundesarbeitskreis der Fütterungsreferenten, Band 199, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- OVER, R., KÖHLER M., NUSSBAUM, H. & WURTH, W. (2009): Kalkulationsdaten Futterbau 3.4. Grünland/Ackerfutter/Kofermente 2009. LEL Schwäbisch Gmünd, LAZBW Aulendorf, 06/2009.
- RICHTER, W., ZIMMERMANN, N., ABRIEL, M., SCHUSTER, M., KÖLLN-HÖLLRIEGL, K., OSTERTAG, J., MEYER, K., BAUER, J. & SPIEKERS H. (2009): Hygiene bayerischer Silagen: Validierung einer Checkliste zum Controlling am Silo. LfL-Schriftenreihe, 06/2009, Freising.
- SPIEKERS, H. (1997): Nährstoff-Ausscheidung und Nährstoffbilanzen in tierhaltenden Betrieben. In: DLG-Umweltgespräche `97. Ökobilanzen von der Erzeugung zum Produkt. DLG, Frankfurt am Main.
- SPIEKERS, H. (2007): Rationsplanung und Rationskontrolle. In: Precision Dairy Farming, KTBL-Schrift 457, S. 39-52.
- WENDL, G. & HARMS, J. (2007): Technik zur Vorlage von Grund- und Krafffutter. In: Precision Dairy Farming, KTBL-Schrift 457, S. 69-80.
- WENDLAND, M., DIEPOLDER, M. & CAPRIEL, P. (2007): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 03/2007, Freising.

Einfluss von P- und N-Düngung auf Struktur und Lichtverteilung in naturnahem Grasland mit unterschiedlicher Artenvielfalt

U. Petersen*, J. Isselstein

Abteilung Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen;

* Ute.Petersen@agr.uni-goettingen.de

Einleitung und Problemstellung

Höhere Erträge bei artenreicher Vegetation beruhen vor allem auf komplementärer Ressourcenausnutzung (GRIME 2001). Das gilt bei moderater Düngung auch für landwirtschaftlich genutztes Grünland, wie bei Großexperimenten mit angesäten Pflanzenbeständen gezeigt wurde (COST, Jena Experiment, LÜSCHER *et al.* 2008). Wie die Ertragsbildung in unterschiedlich artenreichen Beständen funktioniert, ist bislang noch kaum untersucht. Neben den Ressourcen Wasser und Nährstoffen kommt gerade bei gedüngten Systemen dem Licht als limitierender Faktor eine besondere Rolle zu (HAUTIER *et al.* 2009, SCHWANK 1984). Über die Effizienz der Lichtausnutzung entscheidet neben physiologischen Parametern vor allem die vertikale und horizontale Struktur eines Bestandes. Die Struktur ist allerdings keineswegs stabil, sondern wird unter anderem durch Nährstoffzuführung verändert.

In diesem Experiment soll naturnahes Grünland untersucht werden, bei dem die Artenvielfalt über Herbizideinsatz eingestellt wurde. Ziel der Untersuchungen war es, zu überprüfen, ob die N und P Zuführung die Struktur und damit auch die Lichtausnutzung als einen Faktor der Ertragsbildung in artenarmem (fast ausschließlich monokotyle Arten) und vergleichsweise artenreichem Grünland in gleichem Maße verändert.

Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden auf dem Versuchsgut der Universität Göttingen in Relliehausen/Solling statt. Auf zuvor beweidetem Grünland, in welchem die Artenvielfalt durch Ausbringung eines Herbizids gegen Kräuter variiert wurde, wurde ein Düngeexperiment mit jeweils zwei N- und P-Düngestufen sowie Kontrollflächen in dreifacher Wiederholung angelegt. Eine ausführliche Erklärung der Versuchsanlage findet sich bei SEITHER *et al.* (2009, dieser Band).

Die Strukturanalyse wurde jeweils in der ersten (niedrigen) Düngerstufe sowie in der Kontrolle durchgeführt. Vor der zweiten Ernte im September 2008 wurden in jeder der drei Faktorstufen je zwei 1 m lange Lichtprofile in 10 cm Schritten vom Boden bis zur Oberkante der Grasnarbe mit dem SunScan (Typ SS1; Delta-T Devices Ltd) aufgenommen. Um den Anteil des transmittierten Lichts

pro Schicht (Transmission) berechnen zu können, wurde mit einem Referenzsensor oberhalb der Grasnarbe gearbeitet. Für die Strukturanalyse wurden je zwei 12 x 12 cm² große Proben nach der „stratified-clip-method“ (MONSI & SAEKI 1953) ebenfalls in 10 cm Schichten geerntet. Sie wurden anschließend nach funktionellen Gruppen (Gras, Kraut, Leguminosen, totes Material) sortiert, bei 105°C 48 h getrocknet und anschließend gewogen. Zusätzlich wurden für die Triebdichtebestimmung alle Grasstängel in der untersten Schicht ausgezählt. Um für die geernteten Proben über eine Regression zwischen Trockengewicht und spezifischer Blattfläche den Blattflächenindex (LAI) schätzen zu können, wurden zum Erntezeitpunkt frische Proben geschnitten, nach funktionellen Gruppen, Blatt und Stängel sortiert und deren Fläche (jeweils die Blattoberseite bei flachen Blättern und die Gesamtoberfläche bei gerollten Blättern und Stängeln) mit Hilfe von WinRhizo (Regent Instruments Inc. 2007) ausgemessen. Auch diese Proben wurden getrocknet und gewogen.

Die statistische Analyse wurde in R (Version 2.8.1) durchgeführt. Die Wirkung der einzelnen Düngegraden auf Ertrag, LAI und Sprossdichte wurde mit dem Kruskal-Wallis Test und Anova überprüft. Für den Vergleich der Anteile der am LAI beteiligten Komponenten wurde der χ^2 -Test verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Wie aus Abb. 1 zu entnehmen, gab es sowohl innerhalb als auch zwischen den Biodiversitätsstufen keine signifikanten Unterschiede bei dem LAI der gesamten Vegetation. Es konnten lediglich Trends aufgezeigt werden. So hatten die N-gedüngten Varianten jeweils den größten LAI, vor allem die reinen Gras-Plots hoben sich hier deutlich hervor. Gleiches gilt für die dazu erhobenen Biomassen. Betrachtet man allerdings die Aufteilung des LAI auf die verschiedenen Höhengschichten und funktionellen Gruppen, so ließen sich signifikante Unterschiede erkennen. Die Gras-Plots unterschieden sich nur in ihrer vertikalen Verteilung des LAI. Die N-gedüngte Variante wies eine signifikant ($p < 0,01$) andere Schichtung auf als die P gedüngte Gras-Variante, die Grasnarbe war deutlich höher und die Blattfläche war gleichmäßiger über die verschiedenen Höhengschichten verteilt. In den untersten beiden Schichten fanden sich bei Kontrolle und P-gedüngter Variante 80-90% des gesamten LAI, während sich 90% des LAI nach N-Düngung auf vier Schichten verteilten. Die Höhengschichtung der artenreichen Plots war in allen Düngevarianten ähnlich. Dort variierte allerdings der Anteil der funktionellen Gruppen am LAI. Das Verhältnis von Gras : Kraut : Leguminosen am LAI unterschied sich bei der N-Variante signifikant ($p < 0,001$) von den übrigen Varianten, wie auch in Abb. 1 b, d, f zu erkennen ist. Die Lichtabsorption fand bei den diversen Grasnarben hauptsächlich in den Schichten von 10-30 cm statt, bei den Gras-Plots zwischen 10 und 40 cm. Die unterschiedliche Absorption ist auf die unterschiedlichen Blattstellungen innerhalb der Grasnarben zurückzuführen. Die eher aufrecht stehenden Grasblätter reichen in höhere Schichten hinein, lassen aber mehr Licht nach unten durch, sofern sie nicht, wie in den reinen Gras-Parzellen, zu dominant sind. Die eher horizontal

Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

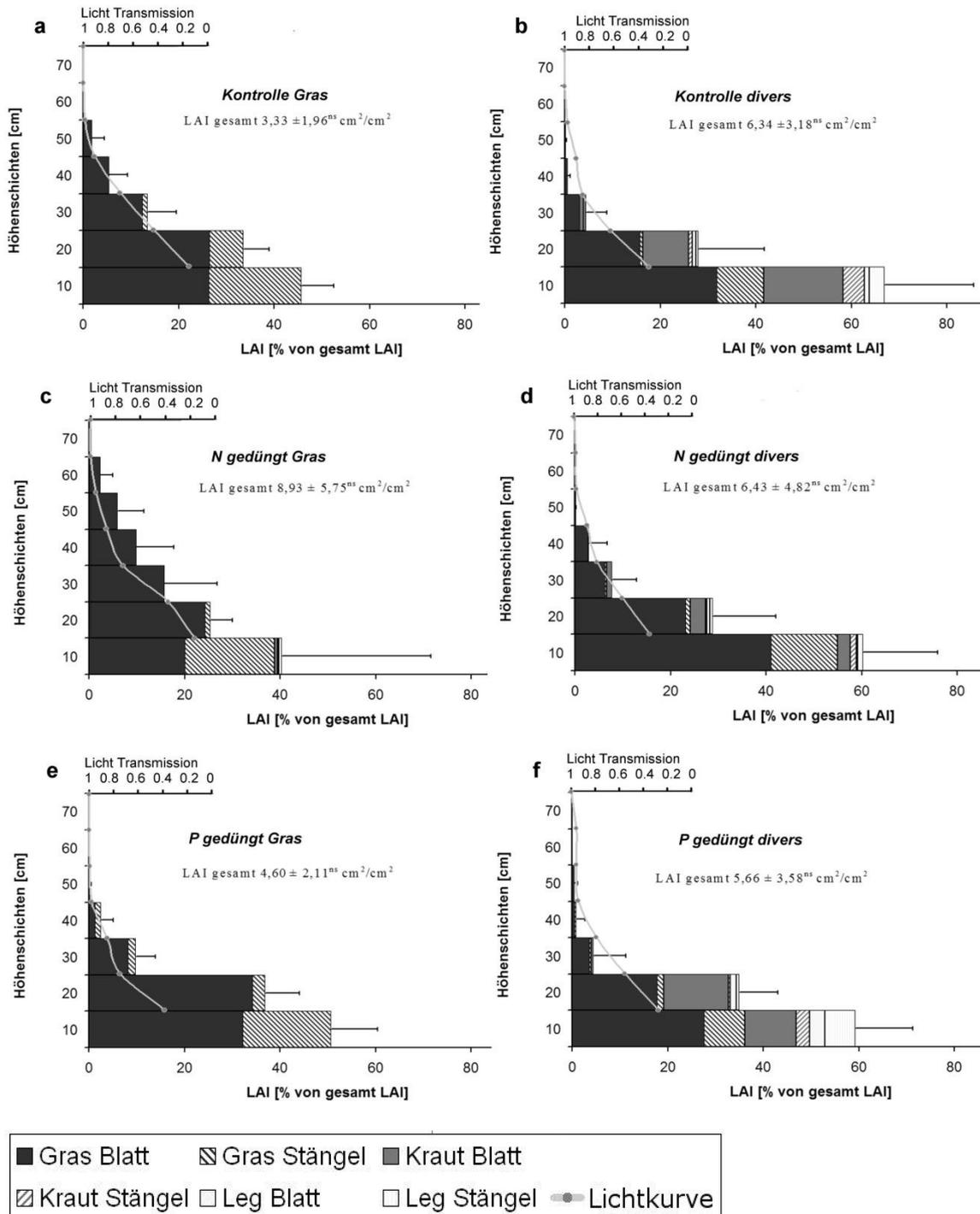


Abb. 1: Schichtprofile der prozentualen Blattflächenverteilung mit Standardabweichung pro Schicht. Mittelwerte der sechs Düngevarianten mit Licht Transmissionskurve. $n = 6$. Mittelwerte der Erträge der Varianten [$\text{g TM}/144\text{cm}^2$]: **a** $4,10 \pm 1,94^{ns}$; **b** $5,91 \pm 1,64^{ns}$; **c** $11,48 \pm 6,79^{ns}$; **d** $7,01 \pm 1,76^{ns}$; **e** $6,99 \pm 2,09^{ns}$; **f** $5,81 \pm 0,55^{ns}$

ausgerichteten Kräuter- und Leguminosenblätter liegen in den tiefen Schichten, weswegen in den artenreichen Parzellen dort das meiste Licht absorbiert wird. Die Triebdichten der Grashalme lagen zwischen 15500 und 7800 pro m^2 .

Allerdings ließen sich zwischen den einzelnen Düngevarianten keine signifikanten Unterschiede feststellen. Die höchsten Triebdichten pro m² wurden jeweils in den N-gedüngten Parzellen erreicht, in den artenreichen Parzellen war die Triebdichte teilweise höher als in den Grasparzellen. Allerdings unterschied sich die Artzusammensetzung aller Parzellen zwischen den drei Wiederholungen. Es waren einige Plots von *Dactylis glomerata*, andere wiederum von *Festuca rubra* und *Agrostis stolonifera* dominiert, was sowohl die Triebdichte als auch die Wuchshöhe beeinflusste.

Schlussfolgerungen

Obwohl die Bestandszusammensetzung keinen deutlichen Einfluss auf den Ertrag hatte, konnten Unterschiede in der Grasnarbenstruktur festgestellt werden. Das galt insbesondere für die N-gedüngten Bestände. In den Gras-Plots ergaben sich nach der N- und P-Düngung Grasnarben mit jeweils unterschiedlicher vertikaler Verteilung der Blattfläche. In den artenreichen Parzellen hingegen war nach der N-Düngung nicht die vertikale Struktur, sondern die Zusammensetzung der Grasnarbe zugunsten der Gräser verändert. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um den Einfluss der Bestandsstruktur auf die Ertragsbildung in artenreichen Beständen besser zu verstehen. Dabei muss zunächst die Effizienz der Lichtnutzung in heterogenen Narben analysiert werden. Dazu ist es notwendig, die Artzusammensetzung der untersuchten Grasnarbe mit in die Untersuchung einzubeziehen, da sich über die Arten auch innerhalb einer funktionellen Gruppe Strukturunterschiede ergeben können.

Literatur

GRIME, J.P. (2001): *Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties.*, 2nd edn. Wiley, New York.

HAUTIER, Y., NIKLAUS, P.A. & HECTOR, A. (2009): Competition for Light causes Plant Biodiversity Loss After Eutrophication. *Science* 324, 636-638.

LÜSCHER, A., BUCHMANN N., HUGENIN-ÉLIE, O., NYFELER, D., SUTER, M., WEIGELT, A., FROSSARD, E. & SCHERER-LORENZEN, M. (2008): Grundlagen effizienter Raufutterproduktion mit Mischbeständen. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 9, 7-18.

MONSI, M. & SAEKI, T. (1953): Ueber den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Japanese Journal of Botany*, 14, 22-52.

SCHWANK, F. (1984): Einfluss von Strahlung und Temperatur auf das Wachstum von Weißklee (*Trifolium repens* L.) in verschiedenen bewirtschafteten Naturwiesen. *Dissertation*. ETH Zürich.

Veränderungen des Gehaltes an Organischer Substanz von landwirtschaftlichen Böden in den Niederlanden zwischen 1970 und 2004

J.A. Reijneveld¹, J. Van Wensem², K. Oerlemans³, M. Reinders⁴, und O. Oenema⁵

¹ Blgg BV, P.O. Box 115, NL-6860 AC Oosterbeek, Niederlande,
Arjan.Reijneveld@Blgg.nl Tel +31 (0)26 3346 436 (www.blgg.nl) (MSc)

² Technischer Ausschuss für den Bodenschutz TCB, P.O. Box 30947, NL-2500 GX
Den Haag, Niederlande (www.tcbodem.nl) (Dr.)

³ Blgg BV, P.O. Box 115, NL-6860 AC Oosterbeek, Niederlande, (Dipl.-ing.)

⁴ Blgg BV, P.O. Box 115, NL-6860 AC Oosterbeek, Niederlande, (Dipl.-ing.)

⁵ Wageningen UR, Alterra, P.O. Box 47, NL-6700 AA Wageningen, Niederlande (Prof.)

Einleitung und Problemstellung

Organische Substanz (OS) ist für die Landwirtschaft von großer Bedeutung (z.B. im Bezug auf Wasserretention im Boden, Bodenbearbeitung, Nährstofflieferungs- und Rückhaltevermögen). Auf Grund strengerer Rechtsvorschriften bei der Ausbringung von Gülle sind zahlreiche Landwirte in den Niederlanden sehr besorgt über den Rückgang der OS. Die Diskussion um organische Substanz ist mittlerweile auch zu einer politischen Frage geworden, da ein Rückgang von OS einher geht mit dem Abbau von Kohlenstoff im Boden und somit einen möglichen Beitrag zum Treibhauseffekt darstellt.

Trotz der großen Relevanz von OS und relativ einfacher Messmethoden gibt es nur wenige Monitoring-Programme, um systematisch mögliche Veränderungen der OS in landwirtschaftlich genutzten Böden festzustellen (JANSSENS et al., 2005; STOLBOVOY et al., 2005). Einige Studien suggerieren, dass der OS-Gehalt von landwirtschaftlichen Böden in Europa abnimmt (VLEESHOUWERS und VERHAGEN, 2002; SLEUTEL et al., 2003; BELLAMY et al., 2005). Die Abnahme ist möglicherweise eine Folge von Veränderungen in Landnutzung, tierischer Düngung, Bodenbearbeitung und möglicherweise Temperatur (DAVIDSON und JANSSENS, 2006).

In unserem Beitrag berichten wir über die jährlichen Entwicklungen der OS in den Niederlanden. Daten-Grundlage hierfür bildet unsere Datenbank mit mehr als zwei Millionen OS-Ergebnissen aus der landwirtschaftlichen Praxis für den Zeitraum von 1970-2004. Die Analysen wurden auf landwirtschaftlich genutzten, mineralischen Böden aus neun Regionen mit unterschiedlichen Bodenarten (Marschböden, Flussmarsch, Tiefumbruch, Moorböden, Löss und Sand) und unterschiedlicher Flächennutzung (Ackerland und Grünland) ausgeführt.

Material und Methoden

Die Niederlande haben ein Grundfläche von 34.000 km² mit 470 Einwohnern pro km². Den Norden und Westen der Niederlande kennzeichnen Marschböden, moorige Marschböden und moorige Böden (der Grundwasserspiegel liegt bei 0,2-1,0 m). Im Süden und Osten finden sich aeolion Sand- und aeolion Löss-Böden (bei einem Grundwasserspiegel von 1-10 m). Die Flussböden sind wichtiger Bestandteil der zentralen Region der Niederlande. Etwa 60% der Grundfläche ist landwirtschaftliche Nutzfläche (LN). Von dieser sind ca. 50% Grünland und etwas mehr als 10% Maisland (Abb. 1).

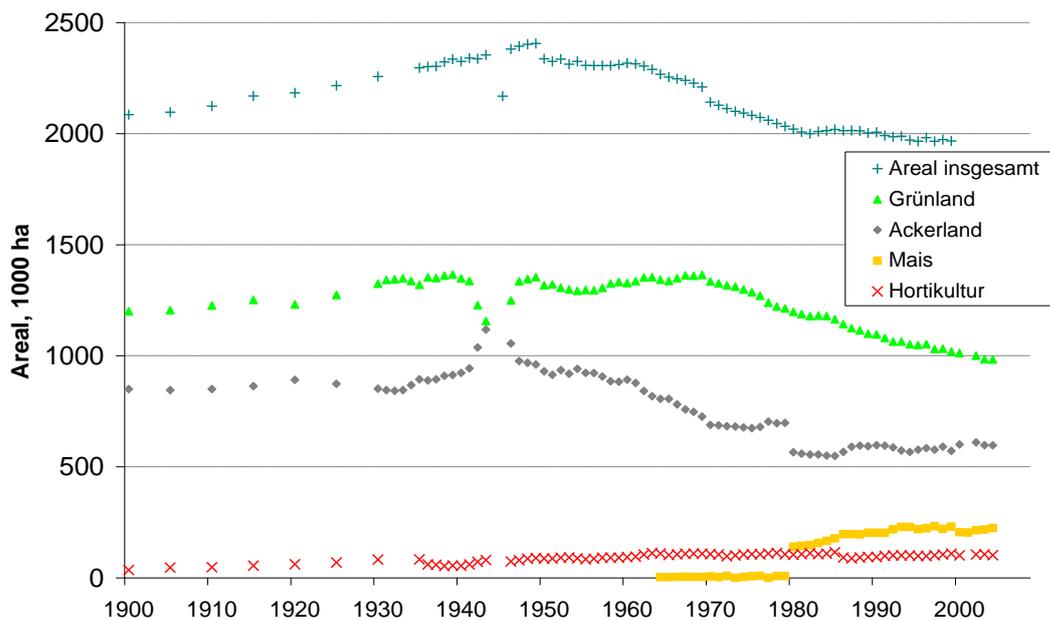


Abb. 1 Veränderungen der landwirtschaftlichen Nutzfläche von 1900 bis 2004 (www.CBS.nl).

Neun Regionen wurden ausgewählt, um die Veränderungen der OS fest zu stellen (Abb. 2). Die Regionen wurden auf Basis relativer Homogenität von Boden und Landnutzung selektiert. Eine kurze Beschreibung ist in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1 Eigenschaften der neun ausgewählten Regionen

Region	Wichtigste Landnutzung	Fläche (ha)	Ton (%)	pH	OS (%)
1. Marschböden, Norden	Grünland	40544	29 ± 9	6.3 ± 0.8	9,6 ± 4,2
2. Marschböden, Südwesten	Ackerland	70914	20 ± 7	7.4 ± 0.3	2,6 ± 1,2
3. Marschböden, Mitte / West	Ackerland	125936	22 ± 10	7.4 ± 0.2	3,4 ± 1,8
4. Flussböden, Mitte	Grünland	46723	35 ± 12	5.6 ± 0.7	11,2 ± 5,2
5. Moorige Marschböden, Norden	Grünland	152620	27 ± 10	4.9 ± 0.4	26,6 ± 10,4
6. Moorige Marschböden, Westen	Grünland	37466	19 ± 7	5.6 ± 0.8	17,0 ± 4,0
7. Tiefumbruch, Nordosten	Ackerland	62593	< 8	4.9 ± 0.3	11,8 ± 5,8
8. Sand, Süden	Grünland	82391	< 8	5.4 ± 0,5	4,4 ± 1,6
9. Löss, Süden	Ackerland	13909	14 ± 2	6.6 ± 0.6	2,8 ± 0,8



Abb. 2: Die neuen relevanten Regionen in den Niederlanden.

Alle Bodenproben wurden durch das landwirtschaftliche Labor Blgg genommen und analysiert (www.blgg.de). Die Bodenproben wurden auf Wunsch der Landwirte gezogen. Da besonders die Veränderungen im Verlauf der Zeit von Interesse waren, wurden einfache Regressionsanalysen zur Ermittlung der Veränderung von Mittelwerten und Medianwerten über die Jahre ausgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Der OS-Gehalt bleibt im Durchschnitt bei den mineralischen Böden unter Grünland und Ackerland in etwa gleich (Abb. 3). Der OS-Gehalt bei Mais steigt, was jedoch Folge eines Grünlandumbruchs vor Mais sein kann. Für alle mineralischen Böden unter Grün- und Ackerland zeigt sich tendenziell eine leichte jährliche Erhöhung der OS von 0,2 bzw. 0,16 g OS/kg.

Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

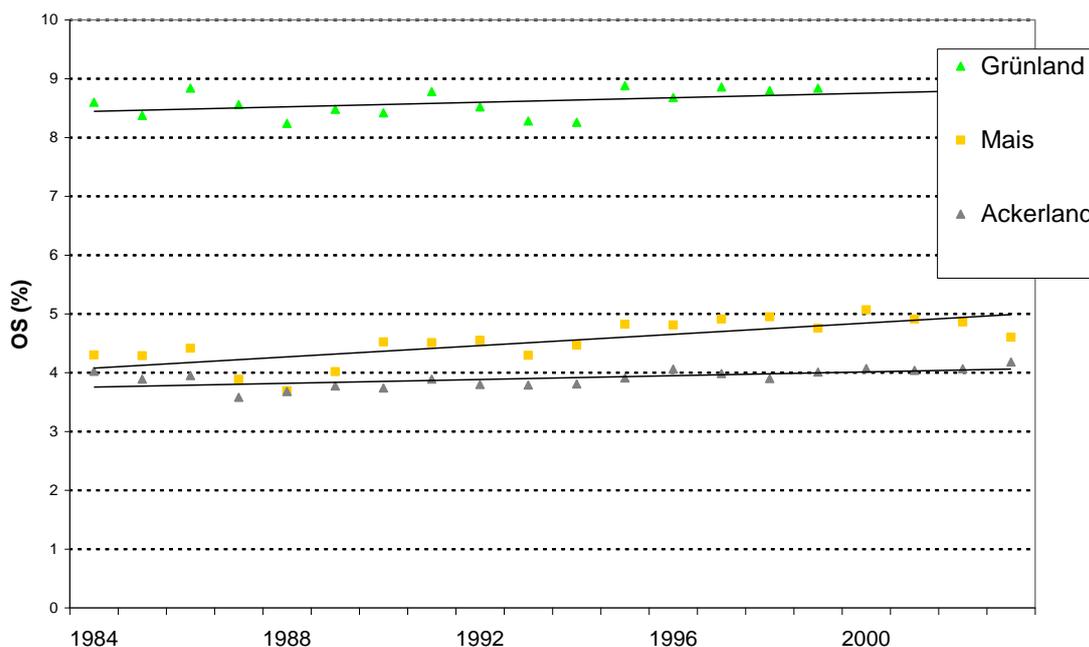


Abb. 3 Durchschnittliche Veränderungen der OS von Grünland (1984-2000), Mais (1984-2004) und Ackerland (1984-2004).

Allerdings gab es im Hinblick auf die Veränderung der OS zwischen den Regionen große Unterschiede. Auf Grünlandflächen wurde im Mittel ein OS-Gehalt von 4,4 bis 11,2 % für Sand- und Tonböden und von 17 bis 27 % für Moorböden festgestellt. Für die Region 1 (Tab. 1) lässt sich eine starke Abnahme des OS-Gehaltes feststellen (Abb. 4), für viele andere Regionen bleibt der OS-Gehalt jedoch auf gleichem Niveau oder steigt sogar leicht an. Im Allgemeinen kann man festhalten, dass in Regionen mit relativ niedriger OS eine Erhöhung (bis 0,74 g OS/kg/Jahr) statt gefunden hat und dass in Regionen mit relativ hoher OS (z.B. Moorböden) die OS abgenommen hat (bis zu 1,9 g OS/kg/Jahr).

Unsere Ergebnisse stehen im Widerspruch zu Forschungsergebnissen aus Belgien und Großbritannien (SLEUTEL., 2003; BELLAMY et al., 2005), stimmen jedoch mit den Aussagen von VELDHOFF (2005) und CHARDON (in Präparation) überein.

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich eine leichte Erhöhung der OS in der oberen Bodenschicht von mineralischen Böden landwirtschaftlicher Nutzflächen im Zeitraum von 1970-2004 feststellen. In Anbetracht der Relevanz von OS, ist zusätzliche Information zum Versorgungsgrad auf Schlagniveau, z.B. anhand einer OS-Bilanz, sehr wünschenswert. Ein europäisches Monitoring-Programm könnte hierbei von großem Nutzen sein.

Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

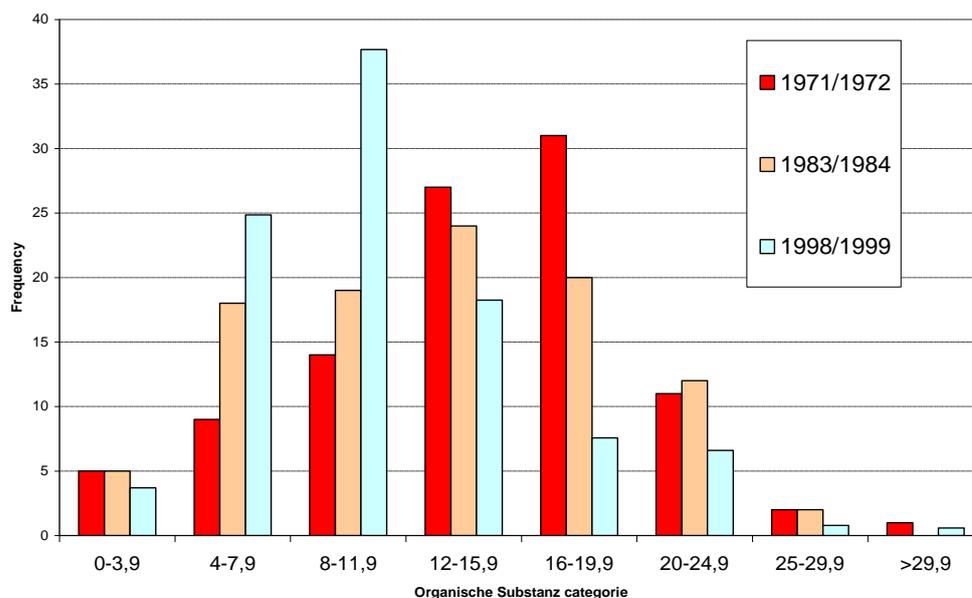


Abb. 4 Veränderungen der OS nach Gehaltsklassen von Marschboden, Grünland, Norden.

Literatur

BELLAMY, P.H., LOVELAND, P.J., BRADLEY, R.I., LARK, R.M., KIRK, G.J.D., 2005, Carbon losses from all soils across England and Wales 1978 – 2003. *Nature* 937, 245 – 248

CHARDON W.J. (in Präparation), 2009

DAVIDSON, E.A., JANSSENS, I.A., 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature* 440, 165 – 173

JANSSENS, I.A., FREIBAUER, A., SCHLAMADINGER, B., 2005. The carbon budget of terrestrial ecosystems at country scale. A European case study. *Biogeosciences* 2, 15-27

SLEUTEL, S., DE NEVE, S., HOFMAN, G., BOECKX, P., BEHEYDT, D., VAN CLEEMPUT, O., MESTDAGH, I., LOOTENS, P., CARLIER, L., VAN CAMP, N., VERBEECK, H., VAN DE WALLE, I., SAMSON, R., LUST, N., LEMEURE, R., 2003. Carbon stock changes and carbon sequestration potential of Flemish cropland soils. *Global Change Biology*, 9, 1193-1203.

STOLBOVOY, V., MONTANARELLA, L., FILLIPI, N., SELVARADJOU, S., PANAGOS, P. AND GALLEGOS, J., 2005. Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Matter Carbon Stock in Mineral Soils of European union, EUR 21576 EN, Office for Official Publications of the European Communities.

VELDHOF, G.L., 2005. Input of organic matter to agricultural soils (in Dutch) *Bodem* 2005, 1, 11 – 13.

VLEESHOUWERS, L.M., VERHAGEN, A., 2002. Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Global Change Biology* 8, 519 – 530.

Basierend auf: REIJNEVELD, ARJAN, JOKE VAN WENSEM AND OENE OENEMA. Trends in soil organic carbon contents of agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004. Geoderma 2009 (in press)

Lachgasemissionen auf intensiv genutztem Grünland in Abhängigkeit von Bodenverdichtung und Stickstoffdüngung

M. Schmeer¹, R. Loges¹, D. Nannen¹, M. Senbayram² und F. Taube¹

Christian-Albrechts-Universität Kiel

¹Institut für Pflanzenbau und –Züchtung, Grünland & Futterbau/ Ökologischer Landbau

²Institut Für Pflanzenernährung und Bodenkunde

Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

E-Mail: mschmeer@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

In den letzten Jahrzehnten ist eine Intensivierung der Landwirtschaft zu verzeichnen, die auch den Bereich der Grundfutterproduktion betrifft. Innerhalb dieser Entwicklung führt der vermehrte Einsatz großer und schwerer Maschinen zu einem Anstieg der Bodenbelastung. Dabei sind Grünland- und Futterbauflächen im Hinblick auf die Frequenz der Überfahrten häufig stärker betroffen als Ackerflächen. Bodenverdichtung hat in der Regel eine Reduzierung des Porensystems zur Folge und begünstigt Denitrifikationsvorgänge, die zu einem Anstieg der Emissionen von Lachgas führen können (SITLAULA & HANSEN, 2000; YAMULKI & JARVIS, 2002). Ebenso begünstigt das hohe Stickstoffdüngungsniveau auf intensiv genutzten Grünlandstandorten eine gesteigerte N₂O-Emission (BREITENBECK & BLACKMER, 1980; VELTHOF et al, 1997). Der Anteil der klimarelevanten Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft beträgt derzeit rund 50% der Gesamtlachgasemissionen. In Deutschland wurden 2006 41 Mio. t N₂O (in CO₂-Äquivalenten) aus der Landwirtschaft emittiert (UBA 2007).

Den negativen Effekten durch Bodenverdichtung auf Grünlandflächen wurde bislang weniger Bedeutung als auf Ackerflächen zugesprochen. Es wird angenommen, dass Böden unter Grünland regenerationsfähiger und strukturstabiler sind.

Bislang fehlen Untersuchungen zum Einfluss der Bodenverdichtung bei gleichzeitig hoher Stickstoffdüngung. Ziel des hier vorgestellten, aktuellen Projektes ist es daher, die Wechselwirkung zwischen Bodenverdichtung und Stickstoffdüngung bezüglich der Lachgasemissionen auf einem intensiv genutzten Grünlandbestand darzustellen.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsstandort Hohenschulen (östliches Hügelland Schleswig-Holstein, Bodenart: sL mit durchschnittlich 49 BP, Jahresmitteltemperatur 8,3°C, Jahresniederschlag 777mm) wurde auf einem einheitlichen Ausgangsbestand ein Feldversuch mit den folgenden Faktoren durchgeführt:

1. Verdichtung (mit versus ohne),
2. langjährige N-Düngung mit Kalkammonsalpeter (0 versus 360 kg N/ha)
3. Versuchsjahr der Erstverdichtung (2006, 2007 bzw. 2008).

Die Bodenverdichtung erfolgte zu Vegetationsbeginn mit einer Radlast von 6t. Die Lachgasemissionen wurden mittels „Close-Chamber“-Methode nach HUTCHINSON & MOSIER (1981) ermittelt. Die Gasproben wurden wöchentlich, nach Verdichtungs- und Düngungsereignissen über zwei Wochen täglich, entnommen.

Ergebnisse und Diskussion

Aus dem Verlauf der Lachgasemissionen während der Messperiode 2008 ist zu entnehmen, dass die Variante „Verdichtung – 360 kg N/ha“ deutlich auf das Verdichtungsereignis zu Beginn der Vegetationsbeginn reagiert. Dagegen ist in der Variante „Verdichtung – 0 kg N/ha“ keine Veränderung der Emissionen induziert durch die Verdichtung zu erkennen (Abb. 1). Im nicht dargestellten Versuchsjahr 2006 wurde ein ähnlicher Verlauf beobachtet, es ist dabei zu beachten, dass die bodenverdichtende Maßnahme im Frühjahr sowohl 2008 als auch 2006 zu feuchten Bedingungen stattgefunden hat.

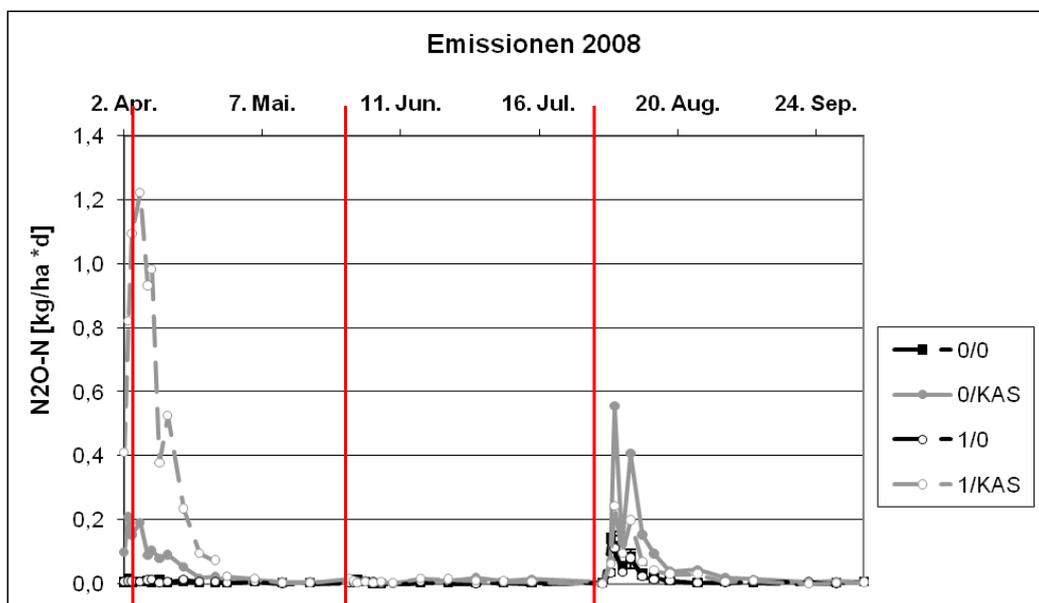


Abb. 1: Verlauf der Lachgasemissionen während der Meßperiode 2008 in kg N₂O-N/ha/d.

Dagegen fand die Verdichtung im Jahr 2007 zu Beginn der Vegetationsperiode bei trockenen Bodenverhältnissen statt, sodass im zeitlichen Verlauf der Lachgasemissionen keine Reaktion auf die Bodenbelastung zu erkennen ist. Der Anstieg der Lachgasverluste Ende Mai und im Juli 2007 lässt sich auf hohe Niederschläge zu diesen Zeitpunkten, die auf sehr trockene Perioden folgten, zurück führen (Abb. 2).

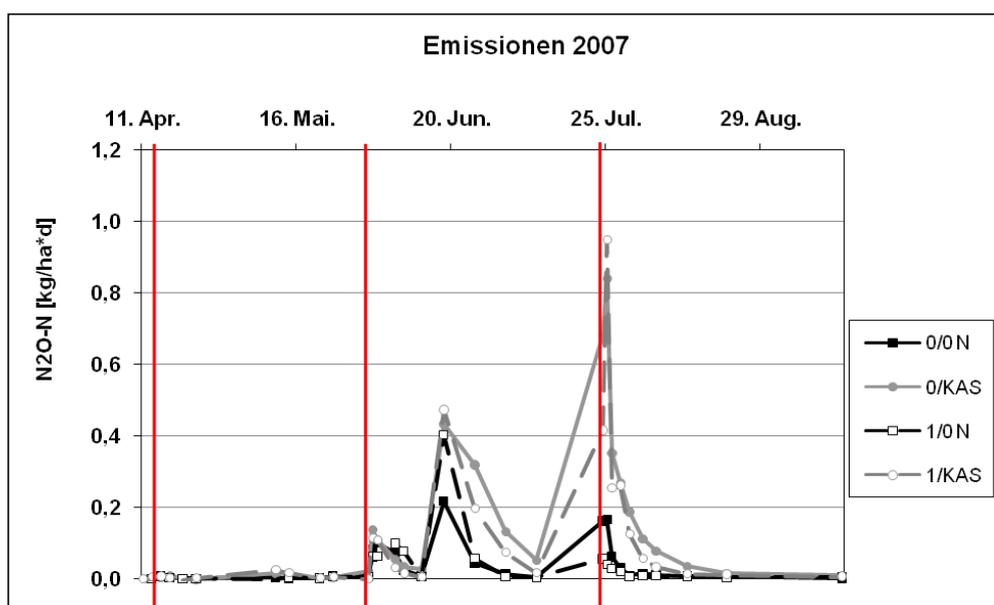


Abb. 2: Verlauf der Lachgasemissionen während der Meßperiode 2007 in kg N₂O-N/ha/d

Die Varianzanalyse (Tabelle 1) zeigt einen signifikanten Einfluss der Faktoren Jahr, Verdichtung und Stickstoffdüngung. Darüber hinaus treten Wechselwirkungen zwischen den Versuchsfaktoren auf.

Tabelle 1: F-Werte und Signifikanzniveaus der Varianzanalyse des Parameters Lachgasemission (J = Jahr, Ver = Verdichtung, N = N-Düngung); F-Wert Gesamtmodell: 11,74^{***}

	J	Ver	N	J*Ver	J*N	Ver*N	J*Ver*N
N ₂ O	13,84 ^{***}	4,73 [*]	76,21 ^{***}	5,94 ^{**}	1,45 ^{ns}	5,82 [*]	6,34 ^{**}

Die Wechselwirkung zwischen Stickstoffdüngung und Verdichtung werden besonders bei der kumulativen Darstellung der jährlichen Lachgasemissionen (Abb. 3) deutlich. In den ungedüngten Varianten ist kein Effekt durch die Bodenbelastung auf die Lachgasemissionen zu erkennen. Findet die verdichtende Maßnahme jedoch auf einem hoch gedüngten Standort statt, ist ein deutlicher Anstieg der Emissionen zu registrieren. Im Jahr 2007 liegen die Lachgasemissionen tendenziell für alle Varianten über denen der beiden anderen Jahre. Da die Bodenverdichtung 2007 jedoch bei trockenen Verhältnissen stattgefunden hat und keinen Anstieg der Emissionen zur Folge hatte, resultieren sie hier somit vor allem aus der Stickstoffdüngung.

Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

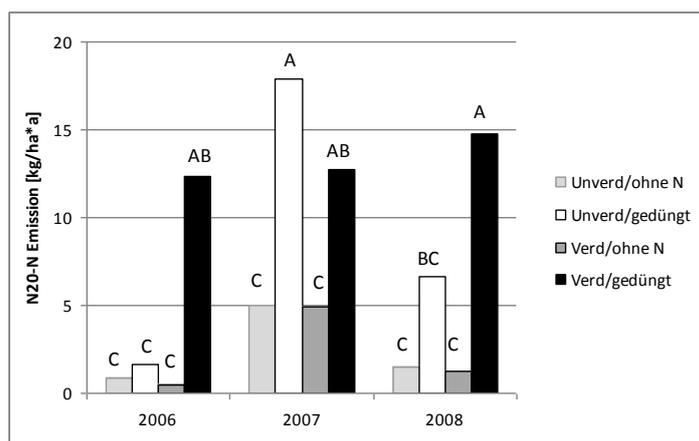


Abb. 3: Kumulative Lachgasemissionen der 3 Versuchsjahre in kg N₂O-N pro ha und Jahr in Abhängigkeit von Verdichtung und N-Düngung.

Schlussfolgerungen

Erfolgte die Bodenverdichtung zu feuchten Bedingungen (2006 bzw. 2008), so führte dies im Falle der gedüngten Varianten zu signifikant höheren, kumulativen Lachgasemissionen. Wurde dagegen die Bodenverdichtung in einem trockenen Frühjahr durchgeführt (2007), blieb diese ohne Einfluss auf die Lachgasemissionen. Auf den leguminosenreichen ungedüngten Varianten ist in allen Jahren kein Effekt durch die Bodenverdichtung zu verzeichnen. Somit sind im Hinblick auf die Lachgasemission besonders bei einem hohen Stickstoffeinsatz bei wassergesättigten Böden bodenverdichtende Bewirtschaftungsmaßnahmen zu vermeiden.

Literatur

- BREITENBECK, G. A., BLACKMER, A. M., BREMNER, J. M. (1980), Effects of Different Nitrogen Fertilizers on Emission of Nitrous Oxide from Soil, *Geophys. Res. Lett* 7, 85 - 88.
- HUTCHINSON, G. L., MOSIER, A. R. (1981), Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous Oxide Fluxes, *Soil Science Society of America*, 45, 311 - 316.
- SITLAULA, B.K., HANSEN, S., SITLAULA, J.I.B, BAKKEN, L.R. (2000), Effects of soil compaction on N₂O emission in agricultural soil. *Chemosphere - Global Change Science* 2, 367-371.
- STAHL, H. (2009): Bodendruck im Grünland, Gute fachliche Praxis im Grünland: Bodengefüge- und Narbenschutz; *Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen* Heft 3/2009
- UMWELTBUNDESAMT (2007): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2005; *Climate Change* 04/07
- VELTHOF, G. L. OENEMA, O. P., POSTMA, R., VAN BEUSICHEM, M. L (1997), 'Effects of type and amount of applied nitrogen fertilizer on nitrous oxide fluxes from intensively managed grassland', *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 46, 257-267.
- YAMULKI, S. JARVIS, S. C. (2002), 'Short-term effects of tillage and compaction on nitrous oxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, methane and carbon dioxide fluxes from grassland', *Biol Fertil Soils* 36, 224-231.

Einfluss von Bodenverdichtung, Nutzungshäufigkeit, Stickstoff- und Kalidüngung auf botanische Zusammensetzung und Ertrag von intensiv genutzten Grünlandbeständen

M. Schmeer, R. Loges, D. Nannen und F. Taube¹

Christian-Albrechts-Universität Kiel

Institut für Pflanzenbau und –Züchtung, Grünland & Futterbau/ Ökologischer Landbau

Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

E-Mail: mschmeer@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Für einen intensiv, auf hohem Leistungsniveau wirtschaftenden Milchviehbetrieb ist ein überaus produktiver, stabiler Grünlandbestand von essentieller Bedeutung. Die in den letzten Jahren stattgefundenene Intensivierung der Landwirtschaft hat sich im Bereich der Grünlandbewirtschaftung gleichermaßen vollzogen. Grünlandflächen sind oftmals deutlich stärker durch häufiges Überfahren mit schweren Maschinen von einer Bodenverdichtung betroffen als Ackerflächen. Im Bereich der Grünlandforschung wurde den Folgen der Bodenverdichtung bisher kaum Bedeutung zugesprochen; es wurde oftmals angenommen, dass Böden unter Grünland strukturstabiler sind und ein höheres Regenerationsvermögen aufweisen. Allerdings zeigten bereits Untersuchungen (DIEPOLDER et al 2005, GŁĄB 2007), dass Ertragsrückgänge auf Grünland zu verzeichnen sind welche auf Verdichtung des Bodens zurückzuführen sind.

Die Verdichtungsneigung eines Bodens ist unter anderem von der Belegung der Kationenaustauscherplätze der Tonminerale abhängig. Somit fördern einwertige Kationen, wie Kalium, die Verschlammungsneigung von Böden und steigern das Verdichtungspotential (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 2002). Da viele hoch leistende Grünlandbestände eine hohe Kaliumkonzentration aufweisen, kann hier eine Gefährdung der Böden bestehen. Ebenso steigt mit sinkendem pH-Wert das Risiko einer Bodenverdichtung, sodass durch einen pH-Wert absenkenden Stickstoffdünger (Harnstoff) negativer Einfluss auf die Stabilität des Bodens genommen werden kann.

Ziel des vorgestellten Projektes ist die Auswirkungen von Bodenverdichtung auf Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung in Abhängigkeit von Nutzungshäufigkeit sowie Stickstoff- und Kalidüngung darzustellen.

Material und Methoden

Um die Veränderung in der Artenzusammensetzung als Folge der Bewirtschaftung darzustellen, wurde eine einheitliche Saatmischung bestehend aus den funktionellen Gruppen Gräser (Dt. Weidelgras, Wiesenschwingel, Wiesenrispe, Wiesenlieschgras, Knautgras und Rotschwingel), Leguminosen (Weißklee, Rotklee, Luzerne, Hornklee) und Kräuter (Zichorie) gewählt. Der

Versuch wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen (östliches Hügelland, Schleswig-Holstein, Bodenart: sL mit durchschnittlich 49 BP; Jahresmitteltemperatur 8,3 °C, Jahresniederschlag 777 mm) im August 2004 angelegt.

Tabelle 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen

Nutzungssystem	3-Schnitt-Nutzung 5-Schnitt-Nutzung
Verdichtung	Unverdichtet 1 Überfahrt zu Vegetationsbeginn (Radlast 6t) 1 Überfahrt zu Vege.beg + nach Julischnitttermin
Stickstoffdüngung	0 kg N/ha (0 N) 360 kg N/ha als Kalkammonsalpeter (KAS) 360 kg N/ha als Harnstoff (Harn)
Kalidüngung	300 kg K/ha 600 kg K/ha
Jahr der Erstverdichtung	2006 2007 2008

Die Bodenverdichtungen wurden mit einem Gespann aus Schlepper und Güllefass mit einem Gesamtgewicht von 22t durchgeführt. Als Parameter wurden die Jahreserträge, die Zusammensetzung des Bestandes aus den funktionellen Gruppen und Futterqualitätsparameter erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Die Hauptfaktoren Jahr, Nutzungssystem, Verdichtung und Stickstoffdüngung haben einen signifikanten Einfluß auf die Parameter Trockenmasseertrag, Stickstoffertrag und die botanische Zusammensetzung des Bestandes. Auf den Parameter Energiegehalt wirken nur die Faktoren Jahr und Nutzungssystem. Der Hauptfaktor Kaliumdüngung hat bei keinem der gewählten Parameter einen signifikanten Effekt (Tabelle 2). Viele der betrachteten Parameter unterliegen zusätzlich verschiedenen Wechselwirkungen von Hauptfaktoren.

Die Ertragsrückgänge bedingt durch die Bodenverdichtung liegen bei der 3-Schnitt-Nutzung bei 11 %, der 5-Schnitt-Nutzung bei 7,7 % (Abb. 1). Die Ertragsdepression ist vor allem im ersten Schnitt zu verzeichnen; in den folgenden Schnitten ist der Einfluss durch die Verdichtung deutlich kleiner.

Ebenso wird der Stickstoffertrag durch die Verdichtung reduziert; hier liegen die Ertragsrückgänge bei 12-13 % für beide Nutzungssysteme. Dagegen zeigt sich in Bezug auf die Energiekonzentration kein Einfluss durch die Bodenverdichtung.

Tabelle 2: F-Werte und Signifikanzniveaus der Varianzanalyse ausgewählter Ertragsparameter.

	Jahr	System	Verdichtung	N-Düngung	K-Düngung	Sys*Ver	Sys*N	Sys*K	Ver*N	Ver*K	N*K
TM-Ertrag	414,18 ***	698,02 ***	31,65 ***	25,25 ***	0,07 Ns	6,05 **	21,88 ***	0 ns	2,09 ns	0,53 ns	0,17 ns
N-Ertrag	152,94 ***	226,78 ***	22,37 ***	7,97 **	0,98 Ns	0,61 Ns	16,88 ***	0,19 ns	1,67 ns	0,74 ns	0,2 ns
NEL	49,33 ***	144,41 ***	0,79 ns	0,45 ns	1,09 Ns	0,02 ns	0,14 ns	0,12 ns	0,18 ns	0,2 ns	4,69 **
Anteil Luzerne	22,67 ***	856,19 ***	4,1 **	281,8 ***	0,1 Ns	0,1 ns	28,21 ***	0,03 ns	2,02 ns	2,09 ns	2,43 ns

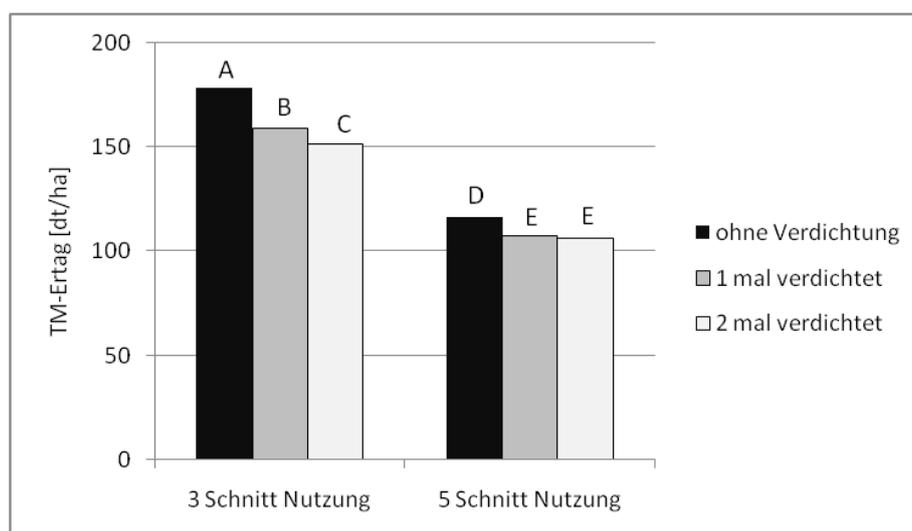


Abb. 1: Einfluss der Verdichtung auf Jahreserträge in dt TM/ha für die unterschiedlichen Nutzungssysteme (Im Mittel von 3 Jahren, 3 N- und 2-Kalidüngungsstufen)

Die botanische Zusammensetzung des Bestandes wird maßgeblich von der Nutzungshäufigkeit und der Stickstoffdüngung, weniger durch die Bodenverdichtung, bestimmt. Bei unterlassener N-Düngung weisen die Bestände hohe Leguminosenanteile auf. Während sich bei 3-Schnittnutzung ein im Wesentlichen aus Luzerne bestehender Leguminosenanteil einstellt, führen gleich hohe N-Gaben bei 5-Schnittnutzung zu einer fast vollständigen Verdrängung von Leguminosen. (Abb. 2).

Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

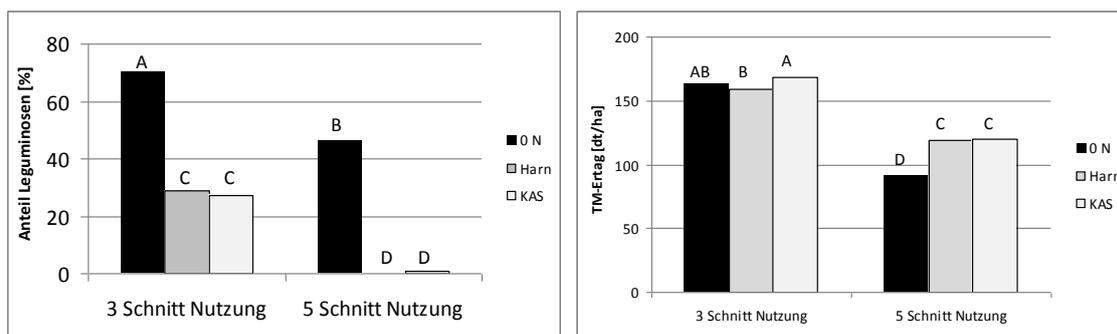


Abb. 2: Prozentualer Leguminosenanteil und Ertrag in Abhängigkeit der Stickstoffdüngung im Vergleich von 3- und 5-Schnittnutzung

Aus dem Anteil der Leguminosen, dabei im Besonderen der Luzerne, ergibt sich eine deutliche Wechselwirkung zwischen Stickstoffdüngung und Nutzungshäufigkeit: Während in der 5-Schnittnutzung Ertragszunahmen durch die Stickstoffdüngung zu verzeichnen sind (Abb. 2), verschiebt sich in der 3-Schnittnutzung die botanische Zusammensetzung des Bestandes, sodass in den ungedüngten Beständen die ertragstarke Luzerne dominiert und keine Ertragszuwächse durch zusätzliche Stickstoffdüngung entstehen. Die Erträge der 3-Schnittnutzung liegen in allen Varianten über denen der 5-Schnittnutzung.

Die Stickstoffdüngerform (Harnstoff versus Kalkammonsalpeter) hat nur einen geringfügigen und die differenzierte Kalidüngung keinen Einfluss auf die Trockenmasseertragsleistung und botanische Zusammensetzung.

Schlussfolgerungen

Ein leguminosenreicher, mit geringer Stickstoffintensität bewirtschafteter Bestand kann selbst bei negativen Einflüssen durch Bodenverdichtung ein höheres Trockenmasse- und Stickstoffertragsniveau aufweisen als ein grasdominierter intensiv bewirtschafteter Bestand. Somit sind Leguminosen-Gras-Mischungen günstiger zu beurteilen als hoch gedüngte Grasbestände.

JORAJURIA & DRAGHI (1997) konnten nachweisen, dass auf die Fläche betrachtet ein leichter Traktor mit einer großen Anzahl an Überfahrten auf Grünland sich negativer auswirkt, als ein schwerer Traktor mit wenigen Überfahrten. Aus diesem Grund empfiehlt STAHL (2009) zum Schutz des Grünlandbestandes möglichst bodenschonende Fahrwerke zu wählen und die Arbeitsbreiten, um eine Reduzierung der Überfahrten zu erreichen, zu erhöhen. Erste zukunftsweisende Schritte in diese Richtung werden beispielsweise in Dänemark mit einer Normierung der Arbeitsbreiten sämtlicher auf dem Grünland anfallenden Bewirtschaftungsmaßnahmen und GPS eingeleiteter Fahrgassen getätigt.

Literatur

- DIEPOLDER, M., SCHRÖPEL, R., BRANDHUBER, R., BAUCHHENß, J., JAKOB, B. (2005), Wie wirkt sich zunehmende mechanische Belastung im Intensivgrünland aus?, *SuB* 8-9, 6-10.
- GLĄB, T. (2007), Effect of soil compaction on root system development and yields of tall fescue, *Int. Agrophysics* 21, 233-239.
- JORAJURIA, D., DRAGHI, L (1997): The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of Lolium/Trifolium grassland, *Soil & Tillage Research* 41, 1-12
- SCHEFFER, F, SCHACHTSCHABEL, P (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Aufl./ neu bearb. und erw. von H-P Blume. Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2002
- STAHL, H. (2009): Bodendruck im Grünland, Gute fachliche Praxis im Grünland: Bodengefüge- und Narbenschutz; *Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen* Heft 3/2009.

Der Einfluss von Grünlanderneuerung mit einer eingeschobenen Ackerzwecknutzung auf die Stickstoffflüsse im System Boden-Pflanze

M. Schmeer, R. Loges und F. Taube

Christian-Albrechts-Universität Kiel

Institut für Pflanzenbau und –Züchtung, Grünland & Futterbau/ Ökologischer Landbau

Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

E-Mail: mschmeer@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Im Zuge der Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland werden im Rahmen der Cross-Compliance hohe Anforderungen an die „gute fachliche Praxis“ des Landwirtes gestellt. Diesbezüglich wird auch das Verbot von Grünlandumbruch geregelt. Ebenso bereiteten die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) und der Nitratrichtlinie (91/676/EWG) den Weg hin zu einem effizienten und möglichst verlustarmen Einsatz von Stickstoff in der Landwirtschaft.

Häufige Ursachen für die Entscheidung des Landwirtes für eine Grünlanderneuerung sind die Unterschreitung eines Mindestanteils der hochwertigen Futtergräser im Bestand von 40-50 % oder die Degradierung der Grasnarbe infolge von Verdichtung bedingt durch Bewirtschaftungsmaßnahmen. Auch die Überführung von Grünland in Ackerland macht einen Umbruch erforderlich.

Der Einfluss des Umbruchs von Grünland bzw. Klee gras auf die Nitratauswaschung wurde in der Literatur vielfach untersucht (CAMERON & WILD, 1984; DJURHUUS & OLSEN, 1997; BHOGAL *et al.*, 2000; CONIJN, 2006). Durch die nach dem Umbruch einsetzende Mineralisation erfolgt ein Anstieg der Nitratauswaschung. Die Bedeutung des Umbruchzeitpunktes auf die Auswaschungsgefährdung wurde ebenso bereits belegt (LINDEN & WALLGREN, 1993; SEIDEL & KAYSER, 2004). Dagegen liegen nur unzureichende Daten zur langfristigen Entwicklung der Stickstoffflüsse in den Folgejahren einer durchgeführten Grünlanderneuerung vor. Dieses bestehende Forschungsdefizit soll mit dem durchgeführten Feldversuch verringert werden. Ebenso soll untersucht werden, ob durch eine eingeschobene Ackerzwecknutzung die durch einen Grünlandumbruch freigesetzte Stickstoffmenge effizient genutzt werden kann.

Material und Methoden

Die Feldversuchsfläche befindet sich auf dem Lindhof im nordöstlichen Teil der holsteinischen Jungmoränenlandschaft an der Eckernförder Bucht. Die dort vorherrschende Bodenart ist ein schwach humoser sandiger Lehm (sL) bzw. lehmiger Sand (IS). Die Bodentypen Braunerde, Parabraunerde, Pseudogley und Kolluvisol sind in einer kleinräumigen Variabilität zu finden. Das Klima ist

mild gemäßigt und ozeanisch geprägt. Die Versuchsfläche ist seit 1993 ökologisch nach Biolandrichtlinien bewirtschaftet.

Auf einem einheitlichen Ausgangsbestand wurde ein Feldversuch mit den folgenden Faktoren und Faktorstufen durchgeführt:

1. Erneuerungsverfahren
 - a. Kontrolle Dauergrünland -GK- (15 Jahre alter Grünlandbestand)
 - b. Grünlandumbruch/ Neuansaat Spätsommer -GN- (Pflugfurche Anfang September mit anschließender Grünlandneuansaat)
 - c. Grünlandumbruch Herbst mit Winterweizen-(WW)-Ackerzweischennutzung -AH- (Pflugfurche mit WW-Ansaat im Herbst (Anfang Oktober) gefolgt von Grünlandneuansaat im darauf folgenden Spätsommer)
 - d. Grünlandumbruch Frühjahr mit Sommerweizen-(SW)-Ackerzweischennutzung -AF- (Pflugfurche mit SW-Ansaat im Frühjahr (Anfang April), und Grünlandansaat im darauf folgenden Spätsommer)
2. Gülledüngung
 - a. 0 kg N/ha
 - b. 230 kg N/ha
3. Jahr der Erneuerungsmaßnahme
 - a. 2005
 - b. 2006
 - c. 2008

Ausgangsbestand ist ein Dauergrünland, das 1994 angelegt wurde. Bei den Varianten mit Ackerzweischennutzung wurde nach der Getreideernte wieder ein Grasbestand etabliert. Im Anschluss an Grünlandumbruch schloss sich eine mehrjährige Beobachtungsphase der N-Flüsse an. Alle Grünlandbestände der Untersuchung wurden 4-mal über Schnitt genutzt.

Zur Darstellung der Stickstoffflüsse wurden die Stickstoffauswaschung mittels Keramik- und Glassaugkerzen nach GROSSMANN et al (1987) in den Sickerwasserperioden 2005/06 bis 2008/09 erfasst. Zur Dokumentation der Stickstoffflüsse bezüglich der Pflanze dienen die Erträge und Stickstoffaufnahmen von Grünland und den eingeschobenen Ackerkulturen.

Ergebnisse und Diskussion

Herbstumbruch von Grünland (GN und AH) führt zu signifikant höherer Nitratauswaschung über Winter als Frühjahrsumbruch (AF) oder die nicht umgebrochene Kontrolle (GK) (Abb. 1, links). Beide Herbstumbruchtermine führen zu durchschnittlichen Nitratkonzentration im Sickerwasser, die deutlich den Nitratgrenzwert gemäß der Trinkwasserverordnung von 50 ppm übersteigen.

Die nach Ackerzweischennutzung nach erneuter Pflugfurche angesäten Grünlandbeständen (AH, AF) wiesen im Gegensatz zu den bereits etablierten Beständen GK bzw. GN erhöhte Nitratauswaschungen auf (Abb. 1, rechts). Die festgestellten Nitrat-Konzentrationen des Sickerwassers unter der im Vorjahr neu angelegten Variante GN liegen nach dem ersten Nutzungsjahr bereits unter dem laut Trinkwasserverordnung kritischen Auswaschungswert.

Sektion Düngung und Nährstoffflüsse

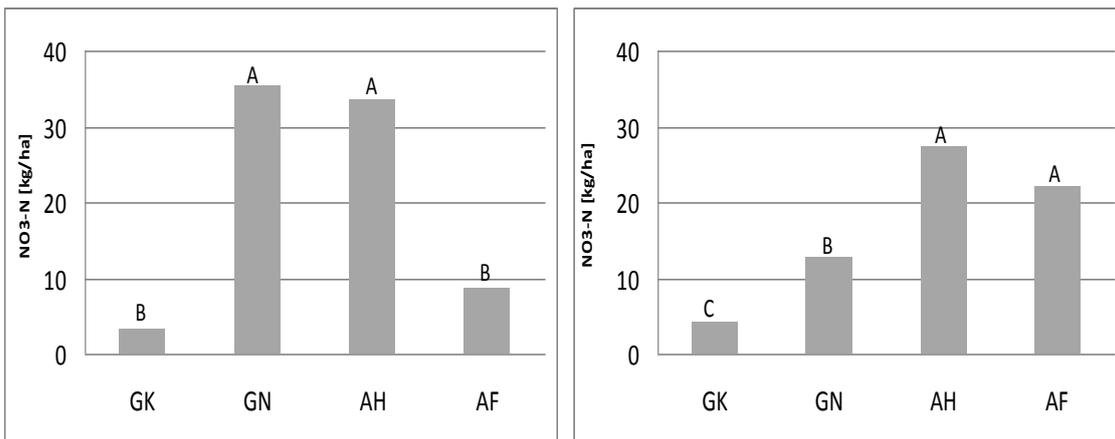


Abb. 1: Auswaschung von Nitrat-N in kg/ha/Jahr; links: Im Initialjahr des Umbruchs, rechts: Im Folgejahr des Umbruchs

Im Initialjahr des Umbruchs übersteigen die Stickstofferträge der Grünlandbestände (GK und GN) die der als Ackerzwechnutzung eingeschobenen Weizenbestände (AH und AF) (siehe Abb. 2 links). Im Folgejahr wurden unabhängig vom Grünlanderneuerungsverfahren keine Trockenmasse-Ertragsunterschiede der jüngeren Grünlandbestände zum nicht umgebrochen Kontrollbestand festgestellt (Abb. 2 rechts). Hohe Weißkleeanteile auf den Kontrollflächen führten im Vergleich zu den neu angelegten Grünlandbeständen zu höheren Stickstofferträgen.

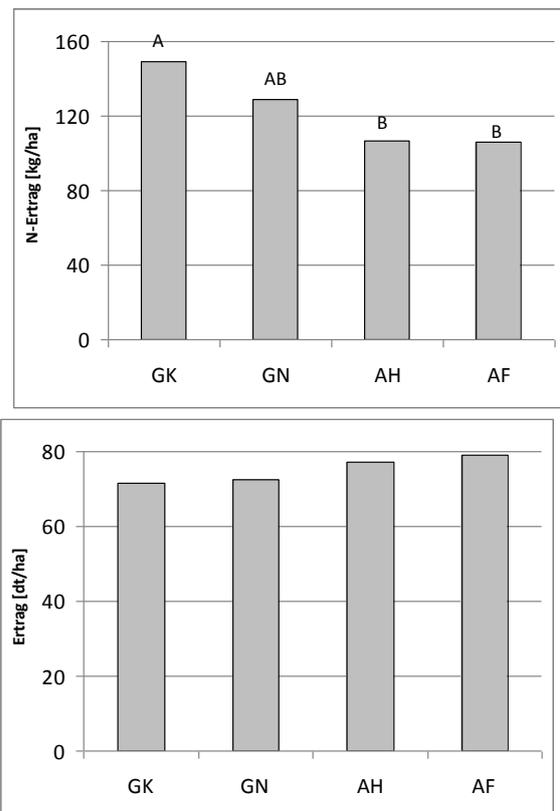


Abb. 2: Links: N-Erträge in kg/ha/Jahr im Initialjahr des Umbruchs; rechts: Jahreserträge in dt/ha im Folgejahr des Umbruchs

Schlussfolgerungen

Der Umbruch im Herbst (GN oder AH) führt unabhängig vom Zeitpunkt des Umbruches zu erhöhter Nitratauswaschung. Die in der Literatur beschriebene Reduzierung der Stickstoffverluste über den Pfad der Auswaschung durch eine Verschiebung des Umbruchzeitpunktes in den späten Herbst (LINDEN & WALLGREN, 1993; DJURHUUS & OLSEN, 1997) konnte nicht bestätigt werden. Die erhöhte Nitratauswaschung nach einer Ackerzweischennutzung (AH und AF) resultiert aus der nochmals stattgefundenen Bodenbearbeitung und der dadurch induzierten Mineralisierung organischen Substanz. Somit bringt ein Anbau einer Ackerzwischenfrucht bezüglich der Nitratauswaschung keine Verbesserung.

Auf ökologisch bewirtschaftetem Grünland spielen Leguminosen zur Sicherstellung des Stickstoffbedarfs eine entscheidende Rolle. Vermutlich aufgrund der hohen Stickstoffnachlieferung nach dem Umbruch konnte sich der mit ausgesäte Weißklee als Stickstoffmehrer gegenüber Gräsern in den neu angelegten Grünlandflächen noch nicht ausreichend etablieren, sodass die Stickstoffträge der Kontrollflächen die jeweils hohe Weißkleeanteile aufwiesen deutlich die Stickstoffträge der neu angelegten Grünlandbestände übersteigen.

Literatur

- BHOGAL, A., MURPHY, D., SHEPHERD, M.A., HATCH, D.J, JARVIS, S.C, GAUNT, J.L. und GOULDING, K.W.T. (2000): Distribution of nitrogen pools in the soil profile of undisturbed and reseeded grasslands. *Biology and Fertility of Soils* 30, 356-362.
- CAMERON, K. C., WILD, A. (1984): Potential Aquifer Pollution from Nitrate Leaching Following the Plowing of Temporary Grassland. *Journal of Environmental Quality* 13 (2), 274-278.
- CONIJN, J. (2006): Simulated short and long term effects of grassland reseedling on nitrate leaching. *N management in agrosystems in relation to the water framework directive* 1, 198 – 201.
- DJURHUUS, J. und OLSEN, P. (1997): Nitrate leaching after cut grass/clover leys as affected by time of ploughing. *Soil Use and Management* 13, 61-67
- GROSSMANN, J., QUENTIN, K.-E., UDLUFT, P. (1987): Sickerwassergewinnung mittels Saugkerzen – eine Literaturstudie. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 150, 258-261.
- LINDEN, B., WALLGREN, B. (1993): Nitrogen mineralization after leys ploughed in early or late autumn. *Swedish Journal of Agricultural Research* 23, 77-89.
- SEIDEL, K., KAYSER, M. J. (2004): Nitrate leaching from reseeded grassland: the effect of season, technique of renewal and former N fertilization. *Land use systems in grassland dominated regions* 9, 349-351.

Effekt von Düngung und Graslanddiversität auf Produktivität und Futterqualität

M. Seither, N. Wrage, J. Isselstein

Georg-August-Universität Göttingen,
Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abt. Graslandwissenschaft, Von-Siebold-
Str. 8, 37075 Göttingen, Email: mseithe@gwdg.de

Einleitung und Problemstellung

Biodiversität steht mit einer Vielzahl von Ökosystemleistungen in Verbindung. Verschiedene Untersuchungen legen nahe (u.a. van Ruijven & Berendse 2005), dass komplementäre Effekte der Ressourcennutzung und Produktivität in positivem Zusammenhang mit der Artenzahl stehen können. Auch scheinen artenreiche Bestände resistenter gegenüber Störungen zu sein (Dodd et al. 2004).

Artenreiches Grünland wird in Europa zunehmend seltener (Reidsma et al. 2006). Für die Viehhaltung spielt das im artenreichen Grünland produzierte Futter eine immer geringere Rolle. In vielen Fällen wird Grünland intensiver bewirtschaftet, was einen Rückgang der Artendiversität zur Folge hat.

Die Entwicklung von Managementstrategien, die Biodiversität mit landwirtschaftlichen Zielen vereinbar machen ist daher von Wichtigkeit (Isselstein et al. 2005).

Aktuelle Studien zum Zusammenhang zwischen Biodiversität und Ökosystemleistungen basieren jedoch meist auf angesäten und mit Aufwand unkrautfrei gehaltenen Grasnarben (Hector et al. 1999, Lüscher et al. 2008). Inwieweit die Ergebnisse auf Dauergrünland übertragen werden können ist nicht bekannt.

Im hier vorgestellten Experiment soll im Rahmen eines Beweidungsversuches auf landwirtschaftlich genutztem Dauergrünland untersucht werden, wie sich eine fast reine Grasvariante im Vergleich zu der mäßig artenreichen ursprünglichen Vegetation im Hinblick auf Futterqualität und -ertrag verhält. Hierbei wurde auch der Effekt von Nährstoffeinträgen, wie sie durch Kot und Urin von Weidetieren oder aber Düngung auftreten, untersucht. Die Reduktion der funktionellen Gruppen der Grasvariante wurde durch Einsatz eines Herbizids gegen Dikotyle erreicht. Die Hypothese war, dass artenreiche Bestände aufgrund komplementärer Effekte der Ressourcennutzung zu höherer Produktivität und Qualität des Aufwuchses führen.

Methoden

Die Versuchsfläche ist ein Dauergrünland im Solling (Niedersachsen). Bei der Pflanzengesellschaft handelt es sich um ein mäßig artenreiches *Lolio-Cynosuretum*.

Die Hälfte der als Weide dienenden Flächen wurde im Herbst 2006 mit einem Herbizid gegen dikotyle Pflanzen (mit den Wirkstoffen Fluroxypyr und Mecoprop P) behandelt, wodurch eine mit fast ausschließlich von Gräsern gebildete Grasnarbe (im Folgenden als „Grasvariante“ bezeichnet) resultierte. Um den Effekt von Nährstoffeinträgen zu untersuchen, wurden je 2,5 m² große Flächen mit Stickstoff (Harnstoff) oder Phosphor (Triple-Phosphat) in je zwei unterschiedlichen Konzentrationsniveaus behandelt (Tab. 1).

Tab. 1: Versuchsplan mit Faktoren und Faktorstufen.

Faktor	Level
1. Pflanzendiversität	1.1 hauptsächlich Gras (Grasvariante)
	1.2 Gras + Kräuter + Leguminosen (Diverse Variante)
2. Düngung	2.1 Kontrolle (keine Düngung: „K“)
	2.2 Stickstoff (50 kg/ha: „N1“)
	2.3 Stickstoff (500 kg/ha: „N2“)
	2.4 Phosphor (20 kg/ha: „P1“)
	2.5 Phosphor (100 kg/ha: „P2“)

Der erste Aufwuchs wurde ungedüngt beerntet (Juni), der zweite Aufwuchs nach der Düngung (September). Eine Teilprobe jeder Fläche wurde bei 60°C getrocknet und diente der Messung von Qualitätsparametern mit Hilfe der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS, VDLUFA Kassel) sowie der Bestimmung des P- und K- Gehalts des Aufwuchses. Eine weitere Probe wurde für die Bestimmung der Ertragsanteile der funktionellen Gruppen genutzt.

Der Versuch wurde als Blockversuch mit dreifacher Wiederholung angelegt. Entsprechend den Faktoren Pflanzendiversität und Düngung mit zwei und fünf Stufen sowie den drei Wiederholungen gab es insgesamt $2 \times 5 \times 3 = 30$ Untersuchungsflächen.

Die Daten wurden wie folgt statistisch verrechnet: Nach Prüfung der Voraussetzungen (Normalverteilung und Varianzhomogenität) wurde jeweils für beide Erntetermine ein gemischtes Modell mit den Faktoren Pflanzendiversität und Düngung sowie dem zufälligen Faktor Block gerechnet (R, Version 2.7.2 (2008-08-25), The R Foundation for Statistical Computing, ISBN 3-900051-07-

0). Bei sich nicht parametrisch verhaltenden Daten wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Einsatz von Herbiziden gegen Dikotyle führte zu einem im Durchschnitt 15% höheren Ertragsanteil der Gräser der Gras- im Vergleich zur diversen Variante (98% vs. 82%). In den diversen Flächen gab es außerdem einen variablen Anteil von 10-25% Kräutern bzw. 0-4% Leguminosen des diversen Aufwuchses, abhängig von der Behandlung der Flächen. Die diverse Grasnarbe enthielt im Durchschnitt vier Pflanzenarten mehr als die reine Grasvariante ($10,7 \pm 3,0$ s.d. vs. $6,9 \pm 1,4$ s.d. pro $2,5\text{m}^2$ -Fläche).

Die Flächen innerhalb der diversen bzw. Grasvariante unterschieden sich vor der Düngung nicht hinsichtlich ihrer Vegetationszusammensetzung, der metabolischen Energie des Aufwuchses und anderer Futterqualitätsmerkmale wie ADF-, Zucker- und Rohfettgehalt.

Die Höhe der Erträge wurde sowohl durch die Diversität, als auch durch die Düngebehandlung der Flächen signifikant beeinflusst (Abb. 1). Die Biomasse der Grasvarianten lag bei allen Behandlungen höher als die der diversen Flächen (im Durchschnitt um 27% bzw. 61 g/m^2 Trockenmasse), was auch beim Aufwuchs vor der Düngung schon als Tendenz zu erkennen war (mit im Mittel 17% geringeren Erträgen der diversen Flächen, nicht dargestellt).

Die Düngung hatte einen signifikanten Effekt auf den Ertrag, wobei die beiden Stickstoff-Düngestufen zu den höchsten Erträgen führten. Die N₂- Behandlung bewirkte eine signifikant höhere Biomasse ($p < 0.05$) als bei Kontrolle und den Phosphor-Behandlungen.

Der Energiegehalt des Futters, gemessen als metabolisierbare Energie, wurde weder durch die Diversität der Vegetation, noch durch unterschiedliche Düngung signifikant beeinflusst. Die metabolisierbare Energie der Biomasse diverser Flächen lag jedoch in der Tendenz durchgehend höher (im Durchschnitt um 0,2 MJ) als die der Grasvarianten, sowohl vor (nicht dargestellt) als auch nach erfolgter Düngung (Abb. 1a). Die Energiewerte der Grasvariante zur ersten Ernte (ungedüngt) entsprachen dem Erwartungswert von 9,4 MJ ME (grasreiche Aufwüchse, 1-2 Nutzungen, DLG 1997), diejenigen der zweiten Ernte (gedüngt) lagen, unabhängig von der Behandlung, mit 9 bis 10 MJ ME um etwa 1 bis 2 MJ höher als der Erwartungswert für eine zweite Nutzung grasreicher Aufwüchse (8,3 MJ ME, DLG 1997). Die diverse Variante lag zur ersten Ernte weitestgehend im Erwartungsbereich für klee- und kräuterreiche Aufwüchse (2-3 Nutzungen) von 9,7 MJ ME, nach der Düngung jedoch mit Ausnahme der N₂- Düngestufe knapp unter dem Erwartungswert von 10,0 MJ ME.

Hinsichtlich des Lignocellulose- (ADF) und Rohprotein- (XP) Gehalts zeigte die Düngung einen signifikanten Einfluss (Abb. 1 b und c), der Artenreichtum der Flächen nicht. Der ADF-Gehalt lag bei N₂ am niedrigsten, wobei bei K und N₁ die höchsten ADF-Werte zu messen waren (Abb. 1b). Die diverse Variante hatte vor und nach erfolgter Düngung tendenziell niedrigere ADF-Werte als die Grasvariante. Die Rohfaser-Werte (nicht dargestellt) gras- bzw. kräuterreicher Aufwüchse lagen in etwa im Rahmen der zu erwartenden 26% bzw. 25%

Rohfaser (DLG 1997) und waren ausreichend strukturreich (> 18%) für eine positive Wirkung auf die Verdauung (Steinwider, 2003).

Der Rohproteingehalt bei N2 lag mit etwa 18 g/kg Trockenmasse deutlich höher als bei den anderen Behandlungen (mit ~10-12,5 g XP/kg Trockenmasse, Abb. 1c). Hinsichtlich des Rohproteingehalts waren die Werte der Aufwüchse beider Diversitätsstufen um etwa 90 % geringer als die Erwartungswerte von 116 bzw. 181g für gras- bzw. kräuter- und leguminosenreiche Aufwüchse (gegenüber den gemessenen ~13g XP/kg Trockenmasse).

Diversität und Düngung zeigten keinen signifikanten Einfluss auf den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydrate des Futters, lagen jedoch bei P1 und P2 im Vergleich etwas höher als bei K, N1 und N2 (Abb. 1d). Bei den N1 und N2 hingegen lag der Zuckergehalt der diversen über dem der Grasvariante (Differenz von 6 g/kg TM bzw. 14 g/kg TM bei N1 und N2). Die gemessenen XZ-Gehalte lagen zum Großteil im zu erwartenden Bereich (Steinwider 2003).

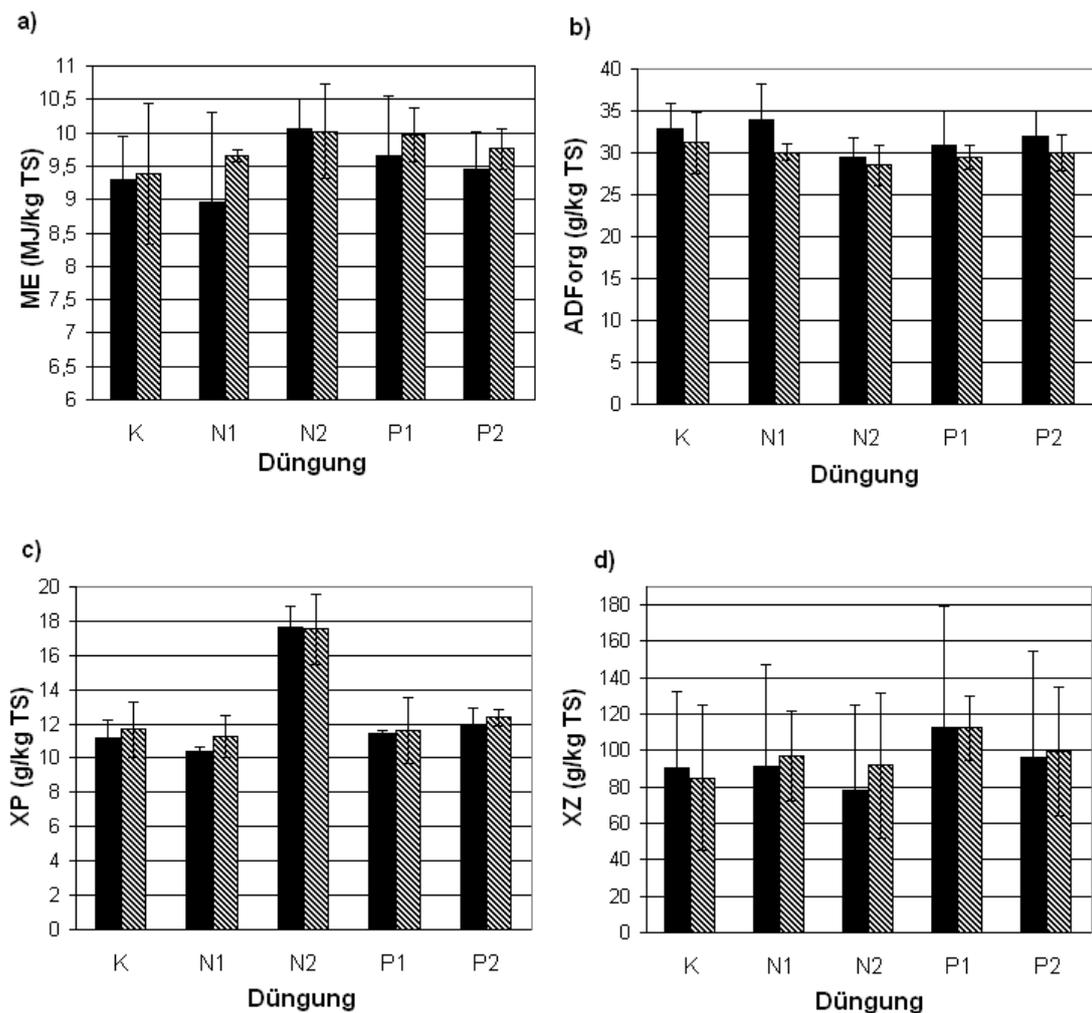


Abb. 1: Qualitätseigenschaften der Biomasse unterschiedlich gedüngter (K: Kontrolle, N1: 50kg N/ha, N2: 500 kg N/ha, P1: 20kg P/ha, P2: 100kg P/ha) diverser Bestände (schraffiert) und fast reiner Grasnarben (schwarz). a) Metabolisierbare Energie (ME): Diversität nicht signifikant (n.s.), Düngung n.s. b) Säurelösliche Faser (ADF): Diversität n.s., Düngung p<0.05 c) Rohprotein

(XP): Diversität n.s., Düngung $p < 0.001$ d) wasserlösliche Kohlenhydrate (XZ):
Diversität n.s., Düngung n.s..

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass für Dauergrünland artenreiche Grasnarben nicht in jedem Fall produktiver sind als artenärmere. Die Reduktion von Kräutern und Leguminosen innerhalb der Grasvariante ist zugunsten schnell wachsender, ertragreicher Gräserarten verlaufen. Die Qualität des Futters der unterschiedlich diversen Varianten war vergleichbar. Im Hinblick auf den Energiegehalt hatte die diverse Grasnarbe tendenziell höhere Werte. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um den Zusammenhang zwischen Vegetationszusammensetzung, Produktivität und Futterqualität von Dauergrünland besser zu verstehen.

Literatur

DLG- Futterwerttabellen Wiederkäuer 1997, Herausgeber Universität Hohenheim-
Dokumentationsstelle, 7. erweiterte und überarbeitete Auflage, DLG-Verlag Frankfurt.

DODD et al. 2004: Plant diversity effects on herbage production and compositional
changes in New Zealand hill country pastures, *Grass and Forage Science* 59, 29-40.

HECTOR et al. 1999: Plant Diversity and Productivity Experiments in European
Grasslands, *Science* 286, 1123-1127.

ISSELSTEIN et al. 2005: Agronomic Aspects of biodiversity targeted management of
temperate grasslands in Europe- a review, *Agronomy Research* 3, 139-151.

REIDSMA et al. 2006: Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of
agricultural biodiversity in the European Union. *Agriculture, Ecosystems &
Environment* 114, 86-102.

STEINWIDDER 2003, Qualitäts-Rindermast im Grünland, Leopold Stocker Verlag.

VAN RUIJVEN, J., BERENDSE, F., 2005: Diversity-productivity relationships: Initial effects,
long-term patterns, and underlying mechanisms. *PNAS* 102, 695-700.

Sektion Energie

Einfluss der Biodiversität auf Heizwert und Energieertrag extensiver Wiesenbestände

T. Fricke ¹⁾, W. Weisser ²⁾, A. Weigelt ²⁾, M. Wachendorf ¹⁾

¹⁾ Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe

²⁾ Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Ökologie

Einführung

Hohe Artenzahlen in den Pflanzenbeständen des Grünlandes sind eng verknüpft mit extensiven Wirtschaftsweisen, so wie sie bei den Glatthaferwiesen in der traditionellen 2-schürigen Nutzung zur Heubereitung umgesetzt wurden und zu deren spezifischen Pflanzengesellschaft beigetragen haben. Aufgrund ungünstiger ökonomischer Rahmenbedingungen in der futterbaulichen Nutzung können diese naturschutzfachlich wertvollen Bestände nur über eine Förderung durch Agrarumweltmaßnahmen erhalten werden. Demgegenüber kann die bioenergetische Verwertung eine wirtschaftliche Alternative darstellen. Inwieweit bei der Maßgabe einer thermischen Konversion die Biodiversität der Glatthaferwiesen die Energiegehalte und -erträge der Bestände beeinflusst, wurde exemplarisch an einem Datensatz des Sommer- und Herbstaufwuchses 2006 aus dem Jena-Experiment der DFG-Forschergruppe 456 „The role of Biodiversity for element cycling and trophic interactions: An experimental approach in a grassland community“ untersucht.

Material und Methoden

Pflanzenbestände aus dem Artenpool der Glatthaferwiesen wurden mit steigender Pflanzenartenvielfalt (1, 2, 4, 8, 16 und 60 Arten) auf einem ehemaligen ackerbaulich genutzten Standort in der Nähe von Jena/Saale im Jahr 2002 etabliert. Im Vorfeld erfolgte eine Unterteilung in vier funktionelle Artengruppen (Gräser, Leguminosen, kleine und große Kräuter). Das Versuchsdesign folgt einer vollständig randomisierten Blockanlage mit 82 Parzellen einer Größe von 20 x 20 m in 4 Wiederholungen unter Einbezug aller möglichen Kombinationen aus Artenzahl x Anzahl funktioneller Gruppen (ROSCHE ET AL. 2004). Zur Erhaltung der Zielbestände wurden die Parzellen regelmäßig gejätet. Eine Düngung fand nicht statt. Von 82 Parzellen konnten vom Sommer- bzw. Herbstaufwuchs im Jahr 2006 jeweils 79 bzw. 80 Proben gewonnen werden.

Die oberirdische Biomasse wurde bei einer Stoppelhöhe von 3 cm im Zeitraum 6. bis 13. Juni (1. Nutzung) und zwischen 28. August und 6. September (2. Nutzung) geschnitten. Hierzu wurden in jeder Parzelle 4 zufällig ausgewählte Probenflächen einer Größe von 0,5 x 0,2 m beerntet. Die geerntete Biomasse der angesäten Arten wurde bei 70°C 48 Stunden getrocknet und gewogen.

Die Energiegehalte wurden ermittelt über eine Elementaranalyse von Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff durch Verbrennung bei 1023 °C mit nachfolgender gaschromatographischer Analyse nach PELLA UND COLOMBO (1973) und der anschließenden Berechnung des Heizwertes nach BOIE (1957).

Ergebnisse und Diskussion

Die Trockenmasseerträge stiegen signifikant entlang des Diversitätsgradienten von 1 bis 60 Arten und erreichten im Mittel in der 16-Artenvariante das 2,5-fache bzw. in der 60-Artenvariante das 4-fache des mittleren Ertrages der Monokultur. Das Vorkommen von Leguminosen beeinflusste den TM-Ertrag signifikant positiv, wogegen die anderen Artengruppen keinen spezifischen Einfluss aufwiesen. Die Energiegehalte erreichten im Mittel 16,67 MJ/kg TM mit Werten zwischen 13,23 und 18,41 MJ/kg TM, bei höheren Werten zum 2. Nutzungstermin. Damit liegt der Energiegehalt im Bereich intensiv geworbenen Heus (KTBL 2007). Die Artendiversität hatte keinen Einfluss auf die Ausprägung der Energiegehalte. Interessanterweise weisen Bestände mit Leguminosen signifikant höhere Energiekonzentrationen auf, wogegen Bestände mit Gräsern (im Juni) und kleinen Kräutern (im August) niedrigere Werte zeigten. Möglicherweise steht dieser Effekt im Zusammenhang mit einem höheren Ligningehalt der Leguminosen bei vergleichbarem Entwicklungszustand der Gräser (BUXTON UND O'KIELY, 2003). Der damit verbundene höhere Heizwert wird bestimmt durch

Tab. 1: Erträge und Heizwerte der beiden Aufwüchse des Jahres 2006 in Abhängigkeit der Artenzahl.

		Artenzahl					
		1	2	4	8	16	60
TM-Ertrag (t/ha)	1. Schnitt	1,85	2,50	3,15	4,70	4,80	6,65
	2. Schnitt	0,90	1,10	1,45	1,40	1,85	3,60
	Jahresertrag	2,75	3,60	4,60	6,10	6,65	10,25
Heizwert (MJ/kg TS)	1. Schnitt	16,73	16,40	16,72	16,52	16,65	16,70
	2. Schnitt	16,70	16,58	16,80	16,86	16,78	16,83
Energieertrag (GJ/ha)	1. Schnitt	31,0	41,0	52,7	77,6	79,9	111,1
	2. Schnitt	15,0	18,2	24,4	23,6	31,0	60,6
	Jahresertrag	46,0	59,2	77,1	101,2	110,9	171,7

einen mit ca. 64 % höheren C-Gehalt des Lignins im Vergleich zur Cellulose mit ca. 42 %) (KALTSCHMITT UND HARTMANN 2001). Der Energieertrag weist analog zum TM-Ertrag eine signifikante positive Beziehung zu Artenzahl und Leguminosenanteil auf. Mit Jahressummen von 46 bis 171 GJ/ha erreichen die Erträge ca. 25 bis 50 % intensiv genutzten Grünlandes (vergl. KALTSCHMITT UND HARTMANN 2001, KTBL 2007). Als Alternative zur reinen Pflege mit Entsorgung der Aufwüchse, können Glatthaferwiesen als CO₂-Senke und regenerative Energiequelle einen wichtigen Beitrag zur Milderung des Klimawandels leisten. Eine hohe Biodiversität dient hierbei neben zahlreichen Ökosystemleistungen auch einer höheren Flächenproduktivität.

Sektion Energie

Tab. 2: Ergebnisse der Varianzanalyse von TM-Ertrag (kg/ha) und Energiegehalt (MJ/kg) in Juni und August sowie für den Jahresenergieertrag. Die Pfeile weisen auf positive (↑) bzw. negative (↓) Effekte des jeweiligen Faktors hin. Die Artenzahl floss logarithmiert in die Analyse ein.

Faktor	Juni					August					Jahr		
	DF	Ertrag		Energiegehalt		DF	Ertrag		Energiegehalt		DF	F	P
Block	3	2,34	0,081	0,99	0,405	3	1,97	0,127	1,75	0,164	3	2,69	0,053
Log (AZ)	1	26,15	<0,001↑	0,00	0,992	1	36,16	<0,001↑	1,02	0,315	1	31,59	<0,001↑
Leguminosen	1	33,60	<0,001↑	62,41	<0,001↑	1	18,34	<0,001↑	43,83	<0,001↑	1	38,23	<0,001↑
Gräser	1	0,39	0,534	5,72	0,019↓	1	0,02	0,879	1,26	0,265	1	0,37	0,544
Kl. Kräuter	1	2,37	0,129	2,21	0,142	1	3,41	0,069	8,42	0,005↓	1	3,33	0,072
Gr. Kräuter	1	0,15	0,702	3,09	0,083	1	0,24	0,626	3,57	0,063	1	0,26	0,609
Residuen	70					71					69		

Literatur

BOIE, W. 1957: Vom Brennstoff zum Rauchgas, Feuerungstechnisches Rechnen mit Brennstoffkenngrößen und seine Vereinfachung mit Mitteln der Statistik B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1957

BUXTON D. R. AND O'KIELY P 2003: Preharvest plant factors affecting ensiling. IN: BUXTON, D. R. [EDS] 2003: Silage science and technology. American Soc. Of Agronomy, *Agronomy Monogr.* 42, Madison, Wisc. 2003 XIX, 927 S.

KALTSCHMITT M. UND HARTMANN H. 2001: Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer, Berlin

KTBL, 2007: Energiepflanzen – Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). Darmstadt und Leibniz Institut für Agrartechnik – Potsdam- Bornim.

PELLA E. AND COLOMBO B. 1973: Study of Carbon, Hydrogen and Nitrogen Determination by Combustion-Gas Chromatography. *Microchimica Acta*, Springer, Wien, pp. 697 – 719

ROSCHER C., SCHUMACHER J., BAADE J., WILCKE W., GLEIXNER G., WEISSER W.W., SCHMID B., SCHULZE E.-D. (2004). The role of biodiversity for element cycling and trophic interactions: an experimental approach in a grassland community. *Basic Appl. Ecol.*, 5, 107121.

Anbau und bioenergetische Verwertung von Extensivgrünland in Überschwemmungsgebieten nordhessischer Fließgewässer durch eine Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse

F. Richter, R. Graß und M. Wachendorf

Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe,
Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen, E-Mail: frichter@uni-kassel.de

Einleitung und Problemstellung

Als Folge des Klimawandels ist neben einem globalen Temperaturanstieg auch die Zunahme von Extremwetterphänomenen zu erwarten. Dies bedeutet für Deutschland unter anderem eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Starkregenereignisse und ein damit verbundenes Überschwemmungsrisiko der Fließgewässer. Angepasste, extensiv bewirtschaftete Grünlandbestände werden als geeignete Vegetation entlang der Fließgewässer angesehen, um wichtige Wasser- und Bodenschutzfunktionen (Verminderung von Nähr- und Schadstoffeinträgen in die Gewässer, Verhinderung von Bodenerosion und Humusverlust) zu gewährleisten (RÖTTCHER und THEOBALD, 2007). Die Pflege solcher naturnahen Grünlandflächen ist jedoch aufgrund hoher spezifischer Erntekosten und mangelnder Futterqualität der Biomasse für die intensive Tierproduktion mit Schwierigkeiten verbunden (ISSELSTEIN *et al.*, 2005)

Um die Aufwüchse dieser Grünlandbestände nutzen zu können und somit die Bewirtschaftung ökologisch und ökonomisch nachhaltig zu gestalten, wird eine energetische Verwertung durch das besonders für Extensivgrünland geeignete IFBB-Verfahren (Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse) vorgeschlagen (WACHENDORF *et al.*, 2009). Dabei wird die verlustarm als Silage konservierte Grünlandbiomasse durch hydrothermale Konditionierung und mechanische Entwässerung in einen Presssaft (PS) zur Erzeugung von Biogas und einen Presskuchen (PK) zur Verwendung als Festbrennstoff separiert. Durch diese Auftrennung soll ein Großteil der für die Verbrennung schädlichen Inhaltsstoffe, wie Kalium, Magnesium und Chlorid (Ascheerweichung und Hochtemperaturkorrosion im Brennkessel) sowie Stickstoff und Schwefel (Emissionen), in den PS übergehen. Zugleich sollen sich die für die Biogaserzeugung hinderlichen Ligno-Zellulosen im PK anreichern.

Im Teilbereich Ressourcen des Verbundprojektes KLIMZUG-Nordhessen (ANONYMOUS, 2009) werden derzeit Anpassungsstrategien für landwirtschaftliche Anbau- und Nutzungssysteme an den zu erwartenden Klimawandel erprobt, um zukünftig eine umweltgerechte und ertragreiche Landwirtschaft zu gewährleisten. Dabei werden angepasste Feuchtgrünlandbestände (eine Standard-Grünlandansaat, eine diversitätsorientierte Grünlandansaat und Rohrglanzgras als Reinsaat) auf einem überflutungsgefährdeten Areal in der Flußaue der nordhessischen Werra kultiviert und während zweier Aufwüchse

alle 14 Tage beprobt (Ertrags- und Inhaltsstoffbestimmung). Gleichzeitig werden Temperatur- und Niederschlagswerte gemessen, um mittels dynamischer Wachstumsmodelle mit für die Region Nordhessen regionalisierten IPCC-Klimadaten, Produktionsszenarien für diese Bestände unter veränderten Klimabedingungen zu erstellen. Als Vorstudie für die Verwendung von Feuchtgrünlandbiomasse im IFBB-Verfahren, diente die im Folgenden dargestellte Untersuchung von drei Grünlandbeständen in einem Naturschutzgebiet auf der Gemarkung der Stadt Baden-Baden. Ziel dabei war, die Methanerträge aus den Presssäften zu quantifizieren sowie die qualitative Verbesserung des Presskuchens im Vergleich zu seinem Ausgangsmaterial zu bestimmen.

Material und Methoden

Die untersuchten Bestände, die jeweils zu zwei Terminen (02.07.08, 06.08.08) im 1. Aufwuchs beprobt wurden, sind in Tab. 1 charakterisiert. Zu den einzelnen Beprobungsterminen wurde je Bestand eine Fläche von ca. 50 m² mit einem Balkenmäher beerntet, die Biomasse gehäckselt und zur Silierung in 50-l-Polyethylenfässern verdichtet und luftdicht verschlossen.

Tab. 1: Charakteristika der untersuchten Grünlandbestände

Grünlandbestand	Hauptbestandsbildner	TM-Ertrag (t/ha) 02.07.08	TM-Ertrag (t/ha) 06.08.08
Wasserschwadenbestand	<i>Glyceria maxima</i>	7.11	6.61
Rohrglanzgrasbestand	<i>Phalaris arundinacea</i>	6.08	6.69
Großseggenried	<i>Carex acuta</i>	4.31	4.31

Die hydrothermale Konditionierung wurde nach 3-monatiger Silierung der Biomasse jeweils in den Temperaturstufen 15°C, 40°C und 60°C durchgeführt. Dazu wurde zunächst Wasser als Konditionierungsflüssigkeit auf die gewünschte Temperatur erhitzt und anschließend die zu entwässernde Silage als Ausgangsmaterial (AM) im Massenverhältnis von 1:4 (AM:Wasser) zugegeben. Die Maische wurde dann bei Aufrechterhaltung der Temperatur für 15 Minuten kontinuierlich gerührt. Die darauf folgende mechanische Entwässerung der Maische erfolgte mittels einer Schneckenpresse vom Typ AV der Firma Anhydro, Kassel. Die Steigung der Schnecke betrug 1:6, die Drehgeschwindigkeit lag bei 6 Umdrehungen pro Minute und der Siebkorb, der die Schnecke umschloss, hatte eine Lochung von 1,5 mm.

Im Labor wurde neben der Bestimmung der TM (Trocknung bei 105°C), der Rohasche (XA, Veraschung bei 550°C) und der organischen Trockensubstanz (oTS), die chemische Zusammensetzung des AM und des daraus gewonnenen PK untersucht. Mittels Röntgenfluoreszenzanalyse wurden die Gehalte an K, Mg, Ca, Cl und S bestimmt, mittels Elementaranalyse die Gehalte an C, H, N und O. Eine Ermittlung der Methanausbeuten erfolgte für die PS bei einer Vergärung in 20-l-Polyethylenbehältern in Doppelbestimmung bei 37°C und einer Fermentationszeit von 13 Tagen nach einem Batch-Verfahren, das vom Landesbetrieb Hessisches Landeslabor entwickelt wurde (ZERR, 2006).

Ergebnisse und Diskussion

Die Gärversuche zeigten, dass die Methanbildung zum überwiegenden Teil (ca. 90%) in den ersten vier Tagen des Experiments stattfand. Hohe spezifische Methanausbeuten nach 13 Tagen von 360 L_N/kg oTS (Großseggenried (GSR), 40°C) bis 511 L_N/kg oTS (Wasserschwadenbestand (WSB), 15°C) deuteten auf eine sehr gute Vergärbarkeit der PS hin, was durch die ebenfalls hohen Abbaugrade von 71% (GSR, 40°C) bis 97% (WSB, 15°C) belegt wurde (Abb. 1a). Bezogen auf die Fläche von 1 ha unter Einbeziehung der spezifischen Ernteerträge, Methanausbeuten und Massenflüsse der oTS vom AM in den PS zeigte sich ein differenziertes Bild der Methanerträge (Abb. 1b). Die höchsten Methanerträge lieferte der WSB bei 40°C mit 440 Normkubikmetern (Nm³)/ha, den geringsten das GSR bei 40°C mit 166 Nm³/ha.

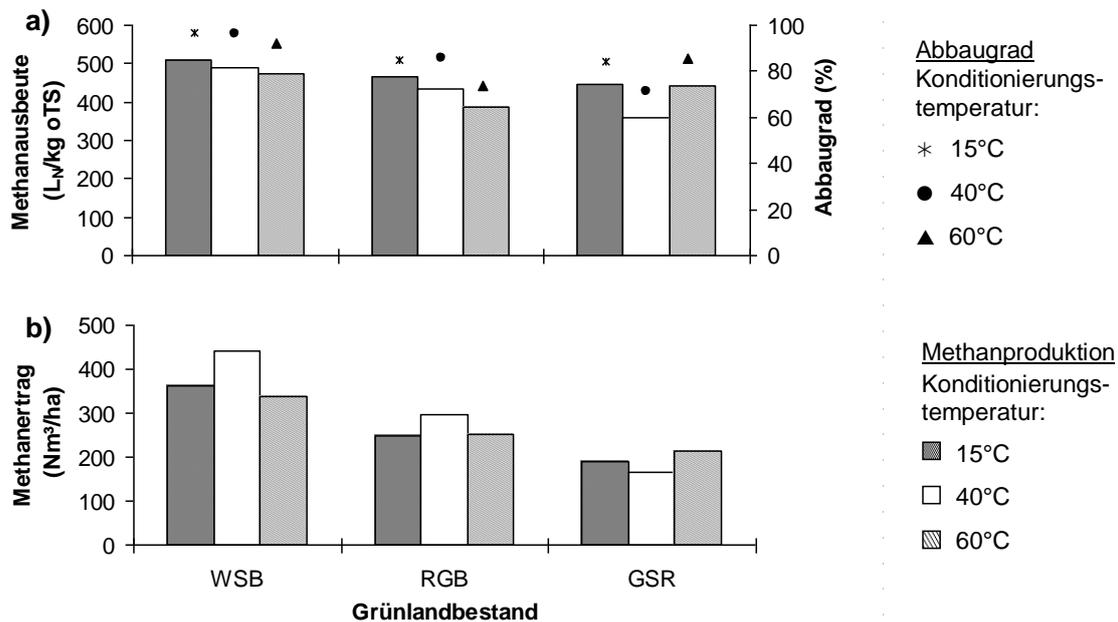


Abb. 1: Spezifische Methanausbeuten (a) und flächenbezogene Methanerträge (b) von Presssäften aus Silagen eines Wasserschwadenbestandes (WSB), eines Rohrglanzgrasbestandes (RGB) und eines Großseggenrieds (GSR) jeweils als Mittelwerte zweier Beprobungstermine.

Aufgrund der mechanischen Entwässerung stiegen die TM-Gehalte von 318 g/kg Frischmasse (FM) im AM auf 428 (15°C) bis 499 (40°C) g/kg FM im PK an (Abb. 2). Die XA-Gehalte sanken dabei um bis zu 37% (40°C). Auch die Gehalte der für die Ascheerweichung verantwortlichen Elemente sanken signifikant um bis zu 96% (K) und 61% (Mg) und lagen damit unter den K-Gehalten von Buchenholz, bzw. den Mg-Gehalten von Fichtenholz (HARTMANN, 2001), während sich die Gehalte von Ca, das einer Ascheerweichung entgegenwirkt nur um maximal 35% verringerten. Die Cl-Gehalte verringerten sich um bis zu 98% und lagen damit unter denen von Buchenholz. Die Gehalte der beiden anderen emissionsrelevanten Elemente N und S verminderten sich hingegen nur um maximal 24% bzw. 44% und lagen damit im Bereich von Getreidestroh, aber deutlich über den Gehalten von Buchenholz mit 2.2 g/kg TM (N) und 0.15 g/kg TM (S).

Sektion Energie

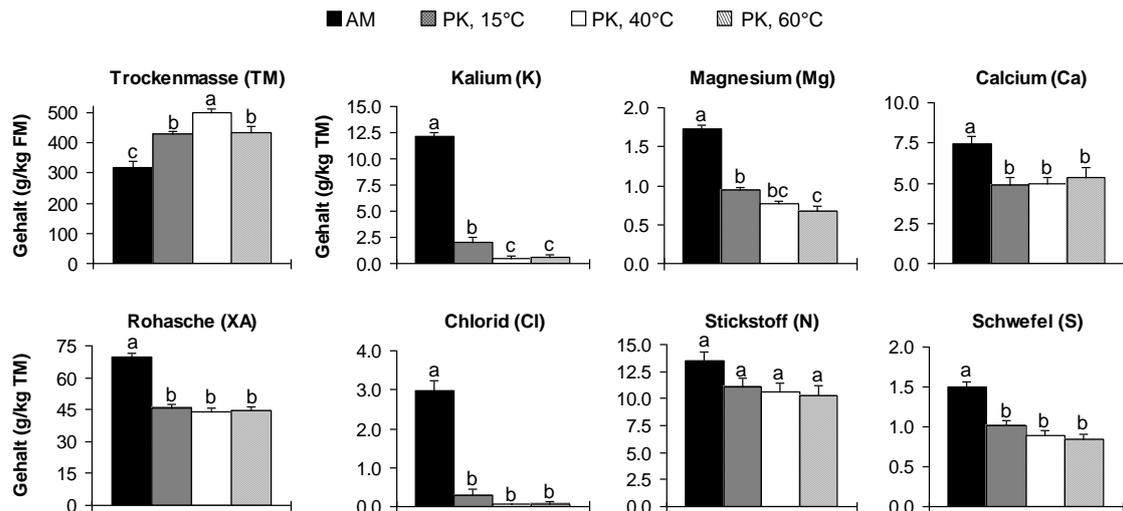


Abb. 2: Gehalte im AM und den dazugehörigen PK als Mittelwerte (mit Standardfehler) aller Bestände und Beprobungstermine. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante ($P < 0.05$) Mittelwertsunterschiede.

Schlussfolgerungen

Über das IFBB-Verfahren ist es möglich, aus naturschutzfachlichen Gesichtspunkten spät geerntete Biomassen extensiver Feuchtgrünlandbestände, die weder in der intensiven Tierproduktion noch in herkömmlichen Bioenergieanlagen (Vergärung von Ganzpflanzensilage, Verbrennung von Heu) verwertbar sind, energetisch zu nutzen. Aufgrund dieser Nutzungsalternative bietet sich ein Anreiz für die Umwandlung von Auenflächen entlang der Fließgewässer in Extensivgrünland, um so den veränderten Umweltbedingungen in Folge des Klimawandels (z.B. erhöhtes Überschwemmungsrisiko) begegnen zu können.

Literatur

- ANONYMOUS (2009): Entwicklung und Evaluierung adaptierter Anbau- und Nutzungskonzepte für Energiepflanzen im Einflussgebiet nordhessischer Fließgewässer. <http://www.klimzug-nordhessen.de/> (09.06.2009).
- HARTMANN, H. (2001): Brennstoffzusammensetzung und -eigenschaften. In: Kaltschmitt, M und Hartmann, H. (eds.): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren: 248-272. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- ISSELSTEIN, J., JEANGROS, B. und PAVLU, V. (2005): Agronomic aspects of biodiversity targeted management of temperate grasslands in Europe – A review. *Agronomy Research*, 3, 139-151.
- RÖTTCHER, K. und THEOBALD, S. (2007): Umweltverträglicher Hochwasserschutz für die Einzugsgebiete von Fulda und Diemel. Zusammenfassender Bericht. Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMULV).
- WACHENDORF, M., RICHTER, F., FRICKE, T., GRAß, R. und NEFF, R. (2009): Utilization of semi-natural grassland through integrated generation of solid fuel and biogas from biomass. I. Effects of hydrothermal conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds, and nutrient balances. *Grass and Forage Science*, 64, 132-143.

Nutzung des mehrschnittigen Ackerfutters im Energiepflanzenanbau auf verschiedenen Standorten in Brandenburg

K. Schmalzer¹ und K. Neubert²

¹ Humboldt-Universität zu Berlin, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau,
Invalidenstraße 42, D-10115 Berlin, E-Mail: katrin.schmalzer@agrar.hu-berlin.de

² Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e. V.

Gutshof 7, D-14641 Paulinenaue

Einleitung und Problemstellung

Die Ausweitung des Energiepflanzenanbaus in Deutschland hat in den vergangenen Jahren zu einem weiteren Anstieg der Maisanbaufläche geführt. Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit der Fragestellung, wie das Ertragspotenzial von Ackergras und Leguminosengras für die Biogaserzeugung unter verschiedenen Standortbedingungen in Brandenburg zu bewerten ist. Mehrschnittige Ackerfutterbestände können in den Fruchtfolgen einen Beitrag zur floristischen Artenvielfalt leisten. Über mehrere Jahre in Nutzung bieten sie für viele Tierarten in der Agrarlandschaft einen attraktiven Lebensraum, Schutz vor Wind- und Wassererosion und tragen zum Humuserhalt bei. Die Versuche wurden an weiteren Standorten Niedersachsens und Thüringens im Rahmen eines bundesweiten Projektes durchgeführt (STRAUSS *et al.*, 2008). Dieses Vorhaben wurde in den Jahren 2005 bis 2008 mit Mitteln des BMELV über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. gefördert (FNR-FKZ 22002305).

Material und Methoden

Mehrjährige Ackergras- und Leguminosengrasansaatens verschiedener Zusammensetzung (Tab. 1) wurden im April 2005 am Standort Berge mit dem Saatpartner Sommergerste und am Standort Paulinenaue in Blanksaat etabliert (HERTWIG *et al.*, 2006). Der Standort Berge (mittel lehmiger Sand, Ackerzahl 40) wird dem Landbaugebiet 2 zugeordnet, welches 22 % der Ackerfläche des Landes Brandenburg einnimmt. Der Standort Paulinenaue zählt zu den grundwasserbeeinflussten Standorten der Niederungsgebiete und weist Humusgehalte von 8 bis 12 % auf. Bei den Versuchsanlagen handelte es sich um zweifaktorielle Streifen- bzw. Spaltanlagen mit vier Wiederholungen. Die Prüffaktoren waren Nutzungsregime und Ackergrasmischungen bzw. Leguminosen–Gras–Gemenge. Die Nutzung variierte ab dem ersten Hauptnutzungsjahr im Termin des 1. Schnittes (Unterschied von zwei bis drei Wochen) und in der Schnitzzahl pro Jahr (Faktorstufe 1 mit zeitigerem Schnitttermin im 1. Aufwuchs und 4 bis 5 Schnitten je Jahr und Faktorstufe 2 mit späterem Schnitttermin und 3 bis 4 Schnitten). In den Hauptnutzungsjahren wurden bei Ackergras die N-Gaben in 60, 70, 60 und 50 kg ha⁻¹ bei 4-5-Schnittnutzung bzw. in 60, 70 und 60 kg ha⁻¹ bei 3-4-Schnittnutzung aufgeteilt. Das Leguminosengras erhielt nach dem Ansaatjahr keine weiteren N-Gaben.

Tab. 1: Ackergras- und Leguminosenpartner mit Saatstärken (kg ha⁻¹) in den Faktorstufen 1 bis 7 (Stufen 5 und 6 nur am Standort Paulinenaue bzw. Berge)

Gras- und Leguminosenpartner	Sorte	Ackergras		Rotklee gras			Luzernegras	
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Festulolium</i>	Paulita	15	-	-	8	-	8	8
<i>Lolium multiflorum</i>	Fabio	20	-	-	-	-	-	-
<i>Lolium multiflorum</i>	Mondora	-	10	7,5	-	-	-	-
<i>Lolium x boucheanum</i>	Ibex	-	10	7,5	-	15	-	-
<i>Lolium perenne</i>	Twins	-	15	10	-	-	-	-
<i>Phleum pratense</i>	Liphlea	-	-	-	2	-	2	2
<i>Trifolium pratense</i>	Titus	-	-	10	12	-	-	2
<i>Trifolium pratense</i>	Temara	-	-	-	-	10	-	-
<i>Medicago varia</i>	Planet	-	-	-	-	-	18	12

Der Winter 2005 zu 2006 war nach der Kältesumme als mäßig streng und die folgenden Winter als sehr mild einzustufen. Nach dem ersten Winter traten in den Versuchen Auswinterungsschäden bei den kurzlebigen Weidelgräsern auf (am Standort Paulinenaue zusätzlich bei Luzerne). Zur Sicherung des Versuches wurde eine Nachsaat im Frühjahr 2006 am Standort Paulinenaue notwendig. Die Bestände wurden im 1. Hauptnutzungsjahr ohne Variation der Schnittnutzung geführt. Das Niederschlagsangebot in den Jahren ist aus Tab. 2 ersichtlich. Für ausgewählte Prüfglieder wurden die Inhaltsstoffe nach der Weender Analyse bestimmt und die spezifische Methanausbeute im Rahmen des Verbundprojektes nach der Formel von SCHATTAUER und WEILAND (2006) berechnet.

Tab. 2: Niederschlag in den Jahren im Vergleich zum Mittel 1971...2000

Standort	Jahressumme (mm)					Monate Mai bis September				
	Mittel	2005	2006	2007	2008	Mittel	2005	2006	2007	2008
Berge	502	496	395	765	581	284	308	184	526	231
Paulinenaue	515	569	442	948	624	253	333	191	670	213

Ergebnisse und Diskussion

Die mehrjährigen Ackerfutterbestände lieferten Trockenmasseerträge, die in Abhängigkeit vom Wasserangebot in den Hauptnutzungsjahren im Bereich von 94 bis 260 dt ha⁻¹ lagen (Abb. 1). Die Unterschiede zwischen den Ackerfutterbeständen und in der Schnittnutzung traten besonders deutlich bei sehr hohem Niederschlagsangebot im 2. Hauptnutzungsjahr 2007 am Standort Berge hervor. Hier wies Luzernegras in allen Hauptnutzungsjahren signifikant höhere Erträge gegenüber Rotklee gras und Ackergras auf. Auf dem grundwasserbeeinflussten Standort Paulinenaue erreichten Ackergras mit kurzlebigen Weidelgräsern und Rotklee gras die höchsten Erträge. Die Leguminosen wiesen bei höherer N-Nachlieferung des Bodens aufgrund der hohen Humusgehalte geringere Ertragsanteile auf als am Standort Berge. Die Luzerne wurde nach Staunässeperioden auf den Flächen im Winter 2005/2006 und im Sommer 2007 fast vollständig aus dem Bestand verdrängt, was die signifikant geringeren Erträge gegenüber Ackergras und Rotklee gras erklärt (Abb. 1). Die Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Ackerfutterbeständen und der Schnittnutzung war signifikant.

Sektion Energie

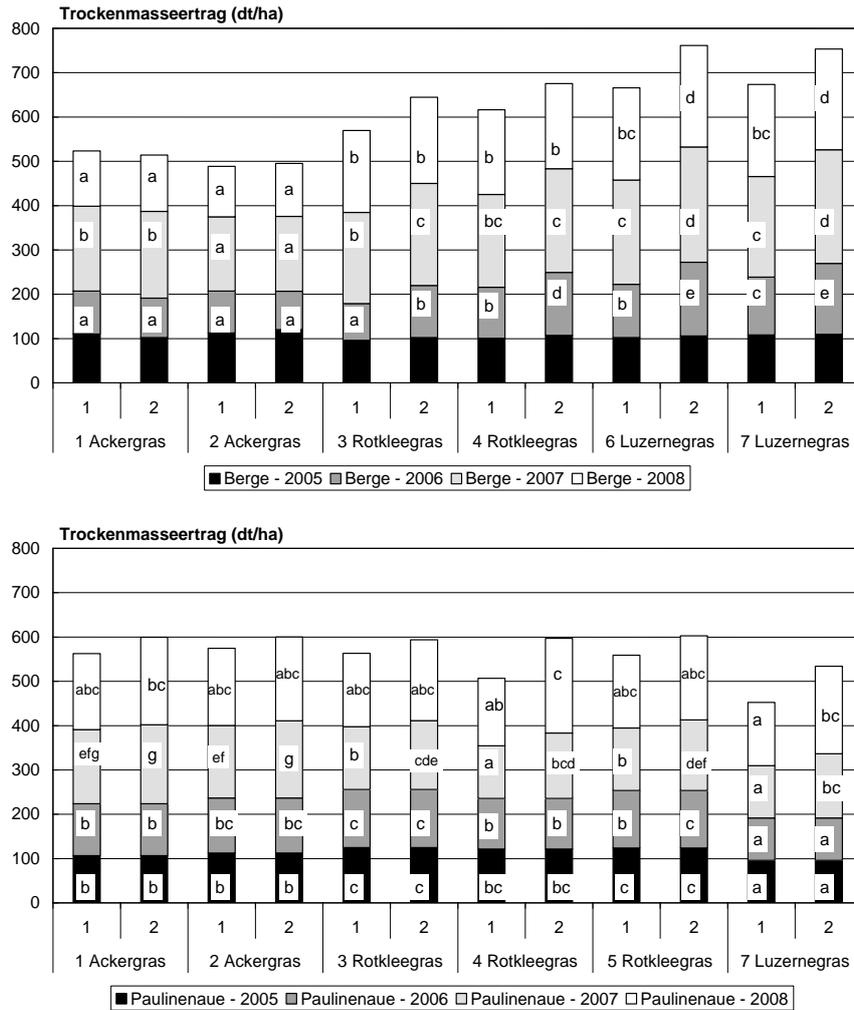


Abb. 1: Trockenmasseerträge (dt ha⁻¹) des mehrschnittigen Ackerfutters bei differenzierter Schnittnutzung (Faktorstufen 1 und 2) in den Jahren 2005 bis 2008. Mittelwerte, die innerhalb eines Jahres (Säulen) mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant (t-Test, $\alpha < 5\%$).

Das Leguminosengras reagierte auf eine geringere Anzahl von Schnitten je Jahr mit höheren Trockenmasseerträgen.

Die potenzielle Methanausbeute der untersuchten Bestände lag im Bereich von 270 bis 335 Normliter je kg organischer Trockenmasse. Sie war in den ersten Aufwüchsen von Ackergras und Rotklee gras am höchsten und nahm in der Reihenfolge Ackergras – Rotklee gras – Luzerne gras ab (Abb. 2). Die längere Aufwuchsdauer bei geringerer Schnitthäufigkeit in den Jahren führte bei etwas geringeren Methanausbeuten zu höheren Trockenmasse- und Methanerträgen.

Schlussfolgerungen

Die Bestandesetablierung und –führung des mehrschnittigen Ackerfutters gilt als aufwendig. Mit steigender Anzahl der Nutzungsjahre verringern sich jedoch die Kosten für Bodenbearbeitung, Bestellung und Saatgut gegenüber einjährigen Hauptfrüchten. Mehrschnittiges Ackerfutter kann über mehrere Jahre als Springschlag in Fruchtfolgen eingeordnet werden, wobei über die Weiternutzung jährlich in Abhängigkeit von Bestandeszusammensetzung und

Lückigkeit zu entscheiden ist. Etabliertes Leguminosengras erfordert gegenüber Ackergras bei Ertragsanteilen der Leguminosen von über 60 % keine mineralische oder organische N-Düngung, setzt aber optimale pH-Werte sowie eine ausreichende P- und K-Versorgung des Bodens voraus. Im Ansaatjahr erreichten das mehrschnittige Ackerfutter bis zu 60 % des Ertragsniveaus von Silomais und in den Hauptnutzungsjahren bis zu über 100 %. Die Ansaaten mit kurzlebigen Weidelgräsern konnten ihr Ertragspotenzial aufgrund der Auswinterung im 1. Hauptnutzungsjahr nicht ausschöpfen. Erfolgreich etabliertes Luzernegras tolerierte Trockenperioden relativ gut und erreichte noch im 3. Hauptnutzungsjahr am Standort Berge Trockenmasseerträge von über 200 dt ha⁻¹. Eine Vorzüglichkeit des mehrjährigen Ackerfutters für die Biomassenutzung ist besonders in Grenzlagen des Mais- und Sorghumanbaus - bei kürzerer Vegetationszeit und geringerem Wärmeangebot - zu erwarten. Wechselnde Erlöse der Marktfrüchte auf dem Ackerland mindern und steigern die relative Vorzüglichkeit von mehrjährigem Ackerfutter.

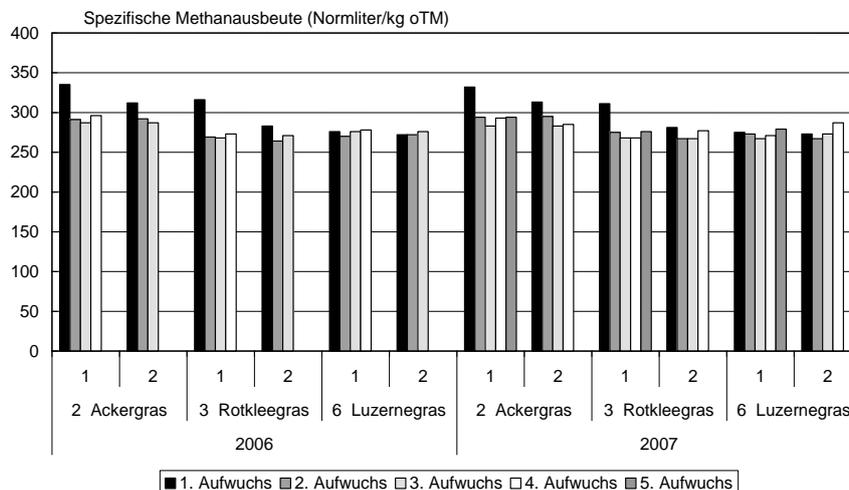


Abb. 2: Spezifische Methanausbeute für die Aufwüchse des mehrschnittigen Ackerfutters (Faktorstufen 2, 3 und 6) bei differenzierter Schnittnutzung (Faktorstufen 1 und 2) in den Hauptnutzungsjahren 2006 und 2007 am Standort Berge

Literatur

- HERTWIG, F., NEUBERT, K., SCHMALER, K. & EBEL, G. (2006): Eignung verschiedener Ackerfuttermischungen für die Erzeugung von Biogas. 50. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V. in Straubing vom 31. August bis 1. September 2006. Die Zukunft von Praxis und Forschung in Grünland und Futterbau . *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 17, 42-45.
- SCHATTAUER, A. und WEILAND, P. (2006): Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung. Herausgeber Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). Kapitel 2. Grundlagen der anaeroben Fermentation, 29-31.
- STRAUSS, C., GÖDEKE, K., NEHRING, A. & VETTER, A. (2008): Ergebnisstand 2007 zum Verbundprojekt. Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA). www.fnr.de bzw. www.tll.de/vbp.

Gras und Mais als pflanzliche Energierohstoffe für die Biogasnutzung

U. Sölter, F. Höppner, J.M. Greef

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, ulrike.soelter@jki.bund.de

Einleitung und Problemstellung

Um einseitige Maisfruchtfolgen und damit einhergehende unerwünschte Umweltwirkungen zu verhindern, sind weitere geeignete Energiepflanzen in die Fruchtfolge zu integrieren. Eine günstige Alternative bzw. Ergänzung zum Maisanbau stellt z.B. der Anbau von Weidelgras (Welsches (WV), Einjähriges (WEI), Deutsches (WD)) mit dem Ziel der Etablierung ertragreicher, immergrüner Fruchtfolgen dar. Der Anbau von Feldgras kann auch in Mischung mit Futterleguminosen wie Rotklee, Luzerne oder mit Winterwicken als Landsberger Gemenge erfolgen. Dabei bieten sich vielfältige Möglichkeiten der Nutzung und Integration in bestehende Fruchtfolgen, die von der ein- bis zweimaligen Nutzung als Zwischenfrucht mit Überwinterung bis zur zweijährigen Nutzung als Hauptfrucht reichen können. Von Hauptinteresse sind hoch ertragsfähige erstschnitt- bzw. erst- und zweitschnittbetonte Sorten. Dabei sollte die Ernte möglichst spät erfolgen, um die Anzahl der Schnitte auf ein Minimum begrenzen zu können und um die jeweils während der Hauptwachstumsphase hohen täglichen Trockenmasseertragszuwächse voll ausschöpfen zu können. Die frühe Nutzung von Futterpflanzen führt zu einer saisonalen Bereitstellung von vergärbare Erntemasse, die bei gleicher Verwendung anderer Energiepflanzen (Mais, Hirsen, Sonnenblume etc.) erst später im Jahr gegeben sind. Die Nutzung der Futterpflanzen kann neben arbeitswirtschaftlichen Vorteilen zu einer besseren Auslastung und Beschickung der Biogasanlage führen.

Material und Methoden

2007 wurde ein Zweikulturnutzungssystem angelegt. Die Vorfrucht Welsches und Einjähriges Weidelgras wurden im Sommer 2007 ausgesät und als Erstfrucht im Frühjahr 2008 geerntet. Die Ernte der Hauptfrucht Mais erfolgte im Herbst. Es gab zwei Nutzungsregimes: Ernte des Grases im Blattstadium (EC 47) mit anschließender Aussaat eines spät abreifenden Maises und die Ernte des Grases zum Ährenschieben (EC 51) mit folgender Aussaat eines früh abreifenden Maises. Ebenfalls im Sommer 2007 wurde ein Versuch mit verschiedenen Leguminosen-Grasmischungen (Rotklee-WV, Luzerne-WD, Landsberger Gemenge mit WD) und den Weidelgräsern in Reinsaat angelegt und ein Mal im Herbst geerntet. Im Hauptnutzungsjahr 2008 wurden 4 Schnitte vorgenommen. Auch bei diesem Versuch gab es zwei Nutzungsregimes: Ernte

des Grases zum Ährenschieben und Ernte des Grases zur Blüte (EC 61), zu diesen Zeitpunkten befanden sich die Leguminosen im Wachstumsstadium vor Knospe, bzw. Knospe/Beginn Blüte. Zum Vergleich der zuvor beschriebenen Anbausysteme wurde 2008 der reine Maisanbau mit einer früh und spät abreifenden Sorte als Kontrolle angebaut.

Die Biogas- und Methanerträge wurden nach der Formel von Baserga (Baserga, 1998) geschätzt. Zum Vergleich der Trockenmasse- und Gaserträge des Zweikulturanbaus und der Leguminosen-Gras bzw., Grasreinsaaten mit dem Standard Mais, wurden die Einzelerträge des Zweikulturanbaus addiert. Ebenfalls addiert wurden die Erträge des Anlagejahres mit dem Hauptnutzungsjahr von den Leguminosen-Grasmischungen und der Grasreinsaaten. Im folgenden werden die Mittelwerte der Nutzungsregimes dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Trockenmasseerträge des Zweikulturanbaus überstiegen die der Leguminosen-Grasmischungen, der Grasreinsaaten und des Maises signifikant ($P < 0,05$) (Abb.1).

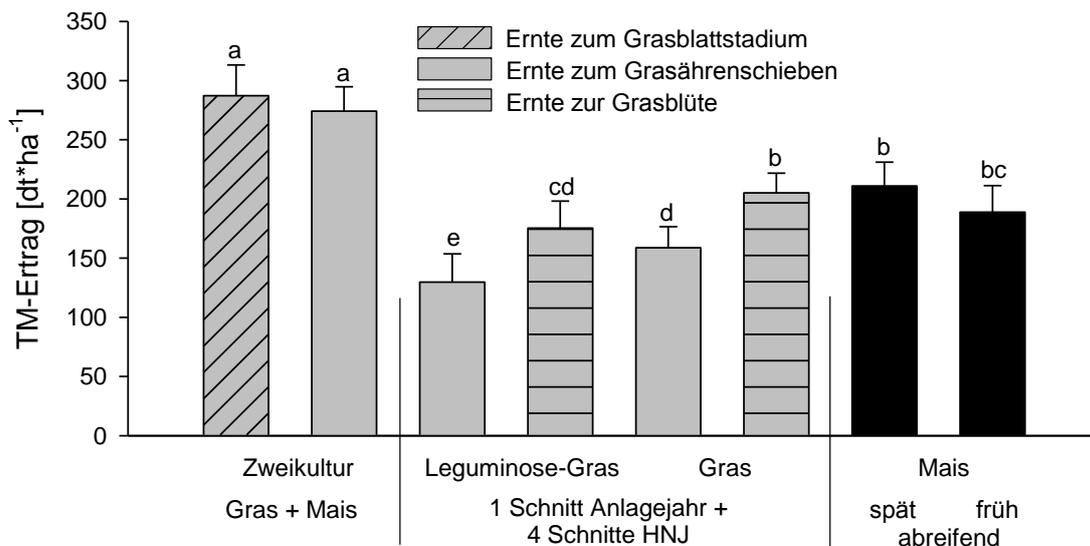


Abb. 1: Trockenmasseerträge des Zweikulturanbaus, der Leguminosen-Grasmischungen und der Grasreinsaaten im Vergleich zu dem Hauptfruchtanbau Mais, Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($P < 0,05$), Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung.

Die Ernten zum Ährenschieben der Leguminosen-Grasmischung und der Grasreinsaat erreichten nicht die Trockenmasseerträge der beiden Maissorten (n.s. bei $P < 0,05$) und waren auch signifikant niedriger ($P < 0,05$) zu ihren entsprechenden Ernten zur Grasblüte. Die späte Ernte der Leguminosen-

Grasmischung zur Grasblüte brachte einen gleich hohen Trockenmasseertrag wie der früh abreifende Mais (n.s. bei $P < 0,05$). Der Trockenmasseertrag der Grasreinsaat zur Grasblüte unterschied sich nicht signifikant ($P < 0,05$) zu denen des spät und früh abreifenden Maises.

Die geschätzten Biogas- und Methanerträge geben die Rangfolge der Trockenmasseerträge wieder (Tab. 1). Das Zweikultursystem bringt die höchsten Biogas- und Methanerträge während für die Leguminosen-Grasmischung zum Erntezeitpunkt Ährenschieben die niedrigsten Werte geschätzt werden.

Tab. 1: Geschätzte* Biogas- und Methanerträge der Anbausysteme Zweikultur, Leguminosen-Grasmischungen, Grasreinsaat und Mais zu den unterschiedlichen Nutzungsregimes

Anbausystem	Zweikultur		Leg.-Gras		Gras		Mais	
	Wuchsstadium Gras zur Ernte	Blatt- stadium	Ähren- schieben	Ähren- schieben	Blüte	Ähren- schieben	Blüte	spät abreif.
Biogasertrag [Nm ³ *ha ⁻¹]	15.450	14.890	6.470	8.730	8.640	11.050	11.120	9.960
Methanertrag [Nm ³ *ha ⁻¹]	8.400	8.080	3.590	4.800	4.780	6.040	6.020	5.400

*(Baserga, 1998)

Gegenüber dem reinen Maisanbau stellt das Zweikulturnutzungssystem mit einem Grasschnitt im Frühjahr und der Maisernte im Herbst mehr Biomasse zur Verfügung und hat den positiven Effekt einer Bodenbedeckung über Winter. Auch die geschätzten Biogas- und Methanausbeuten übersteigen das Potential eines spät abreifenden Maises. Das spät zur Blüte geerntete Gras mit einer Schnittnutzung im Anlagejahr und 4 Schnitten im Hauptnutzungsjahr hat gleich hohe Trockenmasseerträge wie der Mais und nach der Schätzformel auch gleich hohe Biogas- und Methanerträge und kann eine Alternative zum reinen Maisanbau darstellen. Die überjährigen Leguminosen-Grasmischungen liegen in beiden Nutzungsregimes in ihren Erträgen unter dem Potential des reinen Maisanbaus. Die geschätzten Biogas- und Methanerträge werden noch an Hand von Batch-Test überprüft, da gerade die späten Ernten zur Blüte des Grases eine niedrigere Biogausbeute vermuten lassen (Lütke Entrup & Gröblichhoff, 2005). Auch die Überprüfung der Silierbarkeit dieser Substrate steht noch aus, da späte Erntezeitpunkte den Silierprozess erschweren und zu verminderter Silagequalität und somit zu einer Verringerung der Methanausbeute führen können (Prochnow, 1994).

Schlussfolgerungen

Alternative Nutzungssysteme zum reinen Maisanbau für die Biogaserzeugung können durch das Zweikulturnutzungssystem und überjährigen Grasanbau bereitgestellt werden. Das Zweikulturnutzungssystem erzielt gerade durch die

Nutzung der Winterbegrünung einen Mehrertrag gegenüber dem reinen Maisanbau. Zur Prüfung der vorliegenden einjährigen Ergebnisse werden die Anbausysteme in einem weiteren Versuchsjahr getestet. Die geschätzten Biogasausbeuten, besonders der späten Ernten, müssen noch durch Batch-Tests überprüft werden.

Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung bei der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. in Gülzow.

Literatur

- BASERGA, U. (1998): Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen. *FAT-Berichte Nr. 512*, Tänikon.
- LÜTKE ENTRUP, N. & GRÖBLINGHOFF, F.-F. (2005): Erzeugung von Biomasse vom Grünland und im Ackerbau. Biogastagung Nordrhein-Westfalen, Haus Düsse, 15.04.05. www.biogas-infoboard.de/pdf/Erzeugung_v_Biomasse_v_Gr%FCnland.pdf
- PROCHNOW, A. (1994): Verfahrenstechnische Grundlagen für die Großflächige Landschaftspflege am Beispiel der Nuthe-Nieplitz-Niederung. Forschungsbericht Agrartechnik Nr. 265, *Dissertation*, Berlin.

Grundwasserbelastung durch Biogas?

N. Svoboda, B. Wienforth, H. Mehrtens, H. Kage, F. Taube, A. Herrmann,

Tel.: 0431-880-1516 / Fax.: 0431-880-4568

E-mail: svoboda@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

In Schleswig Holstein ist, wie im gesamten Bundesgebiet, seit der Novellierung des EEG im Jahr 2004 ein deutlicher Anstieg der Produktion von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen zu verzeichnen. Ein großer Anteil entfällt hierbei auf die Erzeugung von Biogas, mit über 200 Anlagen im Januar 2009. Dieser Trend bedingt ein hohes Aufkommen an Gärresten, welche möglichst effizient betrieblich verwertet werden sollten. Zu beachten ist hierbei, dass, bedingt durch Betriebsstrukturen und naturräumliche Gegebenheiten, ein „Hotspot“ der Biogaserzeugung auf den leichten, sandigen Standorten der Geest lokalisiert ist, d.h. auf Standorten, deren Grundwasserkörper nach Wasserrahmenrichtlinie als gefährdet eingestuft sind (MLUR 2008).

Die Wirkungsweise von Gärresten hinsichtlich ihrer Ertragswirksamkeit, sowie den aus der Lagerung und Ausbringung resultierenden Umwelteffekten (Emission klimarelevanter Gase, N-Auswaschung) ist noch nicht hinreichend untersucht, um eine umfassende Bewertung durchführen zu können. In einer 5-jährigen Studie auf Dauergrünland mit geringem N-Düngungsniveau aus Österreich konnten keine signifikanten Unterschiede einer Gärückstandsdüngung im Vergleich zu Mineraldüngung festgestellt werden (PÖTSCH, 2005). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine Studie, in der Rohgülle und Gärrest zu Getreide appliziert und unterschiedliche N-Frachten zwischen den eingesetzten Düngern nicht nachgewiesen werden konnten (BRENNER & CLEMENS, 2005). In einer einjährigen Lysimeterstudie zur N-Auswaschung unter Winterweizen wurden hingegen geringere N-Verluste nach Applikation von Gärresten im Vergleich zu tierischer Gülle festgestellt (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT, 1999).

Das Ziel des Projektes BIOGAS-EXPERT ist es daher, basierend auf einem 2-jährigen Feldversuch in zwei Landschaftsräumen (Geest, Hügelland) die N-Flüsse im System Pflanze-Boden-Fermenter zu quantifizieren und zu modellieren, um Optimierungsstrategien ableiten zu können. Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Quantifizierung des N-Austrages unter Mais und Grünland über den Sickerwasserpfad am Standort Karkendamm nach der Ausbringung verschiedener N-Düngerformen (Gärreste, Güllen tierischer Herkunft, mineralischer Stickstoff).

Material und Methoden

Der Versuchsstandort Karkendamm repräsentiert den Landschaftsraum Geest in Schleswig-Holstein, in welchem eine überdurchschnittlich hohe Biogasanlagendichte vorliegt. Die am Standort dominierende Bodenart ist ein grundwasserbeeinflusster Podsol-Pseudogley aus sandigem Sand (Ss). Im

langjährigen Durchschnitt fallen 844 mm Niederschlag bei 8,6 °C. In den Versuchsjahren 2007 (916 mm, 10,2 °C) und 2008 (726 mm, 9,7 °C) wurde sowohl Mais in Monokultur als auch Deutsches Weidelgras (Neuansaat 2006) auf je 48 Versuchspartellen angebaut. Als N-Düngerformen kamen Kalkammonsalpeter (KAS), Rindergülle, Schweinegülle, Gärreste aus Kofermentation (BG-Mix) und Monofermentation (BG-Mono) in den Aufwandmengen (Mais/Gras) 0/0, 120/160, 240/320, 360/480 kg ha⁻¹ zum Einsatz. Die Bodenfeuchte wurde an repräsentativen Partellen in vier Tiefen mittels der TDR-Technik (NOBORIO, 2001) gemessen. Sickerwasser wurde nach dem Saugsondenprinzip (GROSSMANN et al., 1987) in wöchentlichem Rhythmus quasikontinuierlich auf sämtlichen Partellen gewonnen (P80 Keramik; 60 cm Tiefe; 250 bis 300 hPa Unterdruck).

Die Modellierung erfolgte mittels der objektorientierten Klassenbibliothek HUME (Delphi®/C++Builder® Programmierungsumgebung), wobei der Bodenwasserhaushalt über ein potenzialbasiertes Schichtenmodell abgebildet wurde (KAGE & STÜTZEL, 1999; KAGE et al., 2001a, b). Da der Standort Karkendamm durch regelmäßigen Grundwassereinfluß charakterisiert ist, wurde innerhalb des verwendeten Bodenwassermoduls die Möglichkeit implementiert, die unteren Randbedingungen diesen Umständen dynamisch anzupassen. Die zur Parametrisierung dienende pF-WG Kurve wurde nach RETC (VAN GENUCHTEN et al., 1991) und Ad-hoc-Boden (AGBODEN, 2007) abgeleitet (**Tab.1**). Die potentielle Evapotranspiration wurde nach Penman-Monteith berechnet, wobei empirische Funktionen an Bestandeshöhe und Blattflächenindex (BFI) angepaßt wurden. Diese Funktionen bilden auch das Pflanzenwachstum ab. Der Wasserentzug durch Pflanzenwurzeln wurde mittels eines einfachen Submodells beschrieben, welches die räumliche und zeitliche Verteilung der Wurzellängendichte berechnet (KAGE et al., 2004).

Die modellierten Werte der Bodenfeuchte stimmen hinreichend genau mit den im Feld gemessenen Werten überein, so daß die errechneten Sickerwassermengen zur Frachtberechnung verwendet werden konnten. Hierzu wurden die im Sickerwasser gemessenen Nitrat-Konzentrationen mit modellierten Sickerwassermengen zu Nitrat-Frachten verrechnet, die potenziell das System verlassen. Zur statistischen Auswertung wurden die Düngevarianten KAS, BG-Mix und Rindergülle herangezogen. Die Quantifizierung der Beziehung zwischen N-Input und Nitrat-Fracht basiert auf einer quadratischen Funktion (ohne linearen Term). Als Interzept diente die N-Fracht der Kontrollpartellen. Die Koeffizienten des quadratischen Gliedes wurden geschätzt und mittels Bonferroni adjustiertem, 2-seitigen t-Test auf signifikante Unterschiede geprüft.

Da keine lückenlosen Meßdatenreihen für sämtliche getesteten Düngevarianten und Stufen über die gesamte Versuchsdauer vorliegen, beziehen sich die hier verwendeten Daten auf Betrachtungszeiträume der Meßwochen innerhalb der Versuchsperioden April bis März 07/08 und 08/09, in denen ohne Ausnahme

Tab. 1: Parameter der van Genuchten Gleichungen

Soil	Depth (cm)	θ_r (cm ³ cm ⁻³)	θ_s (cm ³ cm ⁻³)	α (cm ⁻¹)	n	Ks (cm day ⁻¹)
Sandy sand	0-30	0.12	0.43	0.04	1.66	45
	30-40	0.08	0.37	0.03	2.48	107
	40-50	0.14	0.4	0.04	1.62	89
	50-200	0.04	0.33	0.01	2.43	151

Daten für sämtliche Varianten vorlagen. Aufgrund der gegebenen Meßanordnung werden die Daten für die jeweiligen Feldfrüchte und Meßperioden getrennt verrechnet und lassen semiquantitative (prognostische) Ableitungen bezüglich des Austrages zu. Um eine Abschätzung des gesamten Austragspotenzials über die Versuchsdauer (2007/08 und 2008/08) zu ermöglichen, wurden die Nitratkonzentrationen des 90 % Quantiles der jeweiligen Düngevarianten mit den entsprechenden Sickerwassermengen verrechnet. Die Ergebnisse dieser Frachtberechnung weisen die maximal möglichen, realistischen Austräge innerhalb der Wochen aus, in denen keine kompletten Meßdaten vorliegen. Da für die Düngeformen BG-Mono und Schweinegülle nur die jeweils höchste Aufwandmenge untersucht wurde, wurden diese Daten nicht zur statistischen Auswertung herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Hinblick auf das N-Auswaschungspotential wird aufgrund des höheren Gehaltes an pflanzenverfügbarem Stickstoff für Gärrückstände im Gegensatz zu den getesteten Wirtschaftsdüngern (Rinder- & Schweinegülle; KAS) oft ein geringeres Risiko postuliert. Werden die Nitrat-Frachten dem mineralischen Anteil des N-Input gegenübergestellt, konnten für die betrachteten Zeiträume (April bis März 2007/08 2008/09) keine signifikanten Unterschiede zwischen

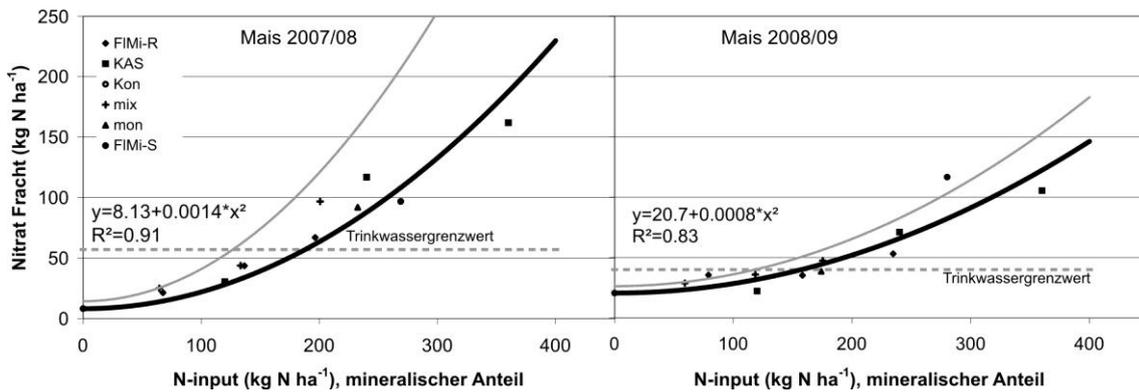


Abb. 1. Nitrat-Fracht unter Mais in Abhängigkeit des Nmin-Inputs (2007/08 – 22 Betrachtungswochen) & 2 (2008/09 – 26 Wochen). — Regression der gemessenen Austräge aller untersuchten Dünger in Abhängigkeit zum mineralischen Anteil des Input .
— Zusätzlicher potenzieller Austrag in nicht gemessenen Wochen.

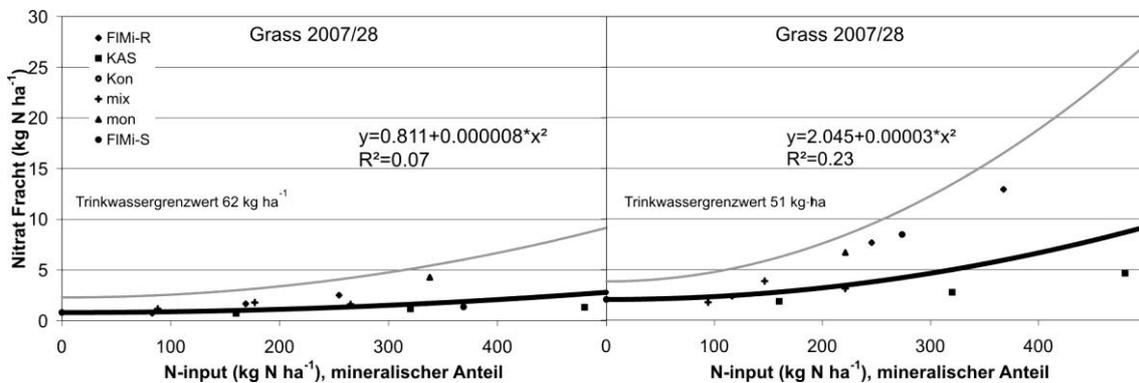


Abb. 3. Nitrat-Fracht unter Grünland in Abhängigkeit des Nmin-Inputs (2007/08 – 26 Betrachtungswochen) & 4 (2008/09 – 20 Wochen). — Regression der gemessenen Austräge aller untersuchten Dünger in Abhängigkeit zum mineralischen Anteil des Input .
— Zusätzlicher potenzieller Austrag in nicht gemessenen Wochen.

den Düngerformen KAS, Rindergülle und BG-Mix nachgewiesen werden. Beim Vergleich von Mais mit Dauergrünland wird das sehr hohe Auswaschungspotenzial des Maises deutlich. Selbst unter Annahme des maximal möglichen Austrages wird unter Grünland die EU Nitratobergrenze nicht erreicht. Unter Mais wird diese Grenze schon bei einer Aufwandmenge von 150 bis 200 kg N ha⁻¹ erreicht (Abb. 1 bis 4).

Quantitative Ergebnisse liegen aufgrund der gegebenen Datenstruktur bisher nicht vollständig vor.

In einer Studie über vier Sickerwasserperioden von WACHENDORF et al. (2006) am gleichen Standort, kommt es zu N-Austrägen, die deutlich unterhalb der hier errechneten Werte liegen. Allerdings wurden bei dieser Studie die Sommersickerungen außer Acht gelassen. Gerade die ungewöhnlichen Witterungsbedingungen im Versuchsjahr 2007 führten durch extreme Trockenheit im ersten, und überdurchschnittliche Niederschläge im zweiten Quartal zu erheblichen N-Verlusten.

In einem nächsten Schritt werden durch die Modellierung der N-Flüsse Datenlücken der Feldbeprobung geschlossen, um Aussagen über die kompletten Versuchsjahre treffen zu können und Szenarienberechnungen zu ermöglichen.

Literatur

- AD HOC AG BODEN (2007), 'Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung', Technical report, Bund-/Länder-Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO).
- VAN GENUCHTEN, M. T.; LEIJ, F. J. & YATES, S. K. (1991), 'The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils', Technical report, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Riverside, California 92501.
- KAGE, H.; ALT, C. & STÜTZEL, H. (2001a), 'Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. botrytis) under unstressed conditions: I. Photosynthetic parameters of cauliflower leaves and their implications for calculations of dry matter production', *Scientia Horticulturae* **87**(3), 155-170.
- KAGE, H.; STÜTZEL, H. & ALT, C. (2001b), 'Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. botrytis) under unstressed conditions: Part II. Comparison of light use efficiency and photosynthesis-respiration based modules', *Scientia Horticulturae* **87**, 171-190.
- KAGE, H.; KOCHLER, M. & STÜTZEL, H. (2004), 'Root growth and dry matter partitioning of cauliflower under drought stress conditions: measurement and simulation', *European Journal of Agronomy* **20**, 379 - 394.
- KAGE, H. & STÜTZEL, H. (1999), 'HUME: An object oriented component library for generic modular modelling of dynamic systems', *Modelling Cropping Systems*, 299-300.
- LANDESANSTALT, S. (1999), 'Umweltwirkung von Biogasgülle', Technical report, Forschungsbericht des Freistaates Sachsen, Dresden.
- MIEHE, A.; HERRMANN, A. & TAUBE, F. (2008), 'Monitoring des Substratanbaus und der Gärrestverwertung', *Bauernblatt für Schleswig-Holstein und Hamburg* **32**, 21-24.
- NOBORIO, K. (2001), 'Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry: a review', *Computers and Electronics in Agriculture* **31**, 213 - 237.
- PÖTSCH, E. (2005), 'Abschlussbericht zum Forschungsprojekt BAL 2941 Nährstoffgehalt von Gärrückständen aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen und deren Einsatz im Dauergrünland - Online verfügbar unter <http://www.gumpenstein.at/index3.htm>'.
- WACHENDORF, M.; BÜCHTER, M.; VOLKERS, K.; BOBE, J.; RAVE, G.; LOGES, R. & TAUBE, F. (2006), 'Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. V. Impact of grass understorey, slurry application and mineral N fertilizer on nitrate leaching under maize for silage', *Grass and Forage Science* **61**, 243-252.

Verbrennung von Grünlandaufwüchsen: CO₂- und Energieeinsparpotenzial

B. Tonn, U. Thumm, W. Claupein

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), 70593 Stuttgart,
btonn@uni-hohenheim.de

Einleitung und Problemstellung

Bioenergieerzeugung stellt eine Nutzungsalternative für futterbaulich nicht mehr benötigte oder verwertbare Grünlandaufwüchse dar. Aufgrund der verhältnismäßig geringen spezifischen Methanerträge älterer Grünlandaufwüchse (PROCHNOW *et al.*, 2007) ist die Vergärung in Biogasanlagen für extensiv genutzte Grünlandbestände weniger geeignet. Für diese erscheint die Verbrennung in Halmgutfeuerungsanlagen als das derzeit günstigste Konversionsverfahren. Eine solche Nutzung der Aufwüchse von Naturschutz- und Offenhaltungs-Grünland könnte neben der Bereitstellung erneuerbarer Energien dazu beitragen, die entsprechenden Pflegekosten zu senken.

Die Bewirtschaftung von Extensivgrünland ist mit relativ geringen Energie- und Betriebsmittelaufwendungen verbunden. Aufgrund der geringen Energiedichte von Heu und den daraus folgenden großen Transportvolumina ist dagegen mit verhältnismäßig hohem Treibstoffbedarf für den Transport zu rechnen. Zudem sind die Biomasseerträge von Extensivgrünlandflächen deutlich geringer als die anderer zur Verbrennung genutzter Energiepflanzen, wie beispielsweise Miscanthus. Ist allein Offenhaltung und nicht der Erhalt einer naturschutzfachlich wertvollen Pflanzenbestands-Zusammensetzung das Ziel der Grünlandpflege, muss zudem entschieden werden, welche Bewirtschaftungsweise für die Energieproduktion am effizientesten ist. In einer Ökobilanz des Systems „Wärmegewinnung aus Grünlandaufwüchsen“ wurde daher untersucht,

- welches Einsparpotenzial von Treibhausgasen gegenüber Wärmebereitstellung aus fossilen Energieträgern besteht und welche Energienutzungseffizienz erreicht werden kann,
- welche Prozesse zum Energiebedarf und zur Emission von Treibhausgasen beitragen und
- wie diese durch Höhe des Ertrags und Bewirtschaftungsweise (Schnitthäufigkeit, N-Düngung) beeinflusst werden.

Material und Methoden

Das bilanzierte System umfasste die Teilprozesse

- Produktion (Mähen, Zetten, zweimaliges Wenden, Schwaden, Pressen von Rundballen, Transport und Ausbringen von N-Dünger)
- Transport (Entfernung Feld-Hof: 10 km, Entfernung Hof-Heizanlage: 25 km)

- Verbrennung (3 MW_{th}-Grundlastkessel eines 5 MW_{th}-Heizwerkes zur Fernwärmeversorgung; Vorschubrostfeuerung mit Ballenauflöser)
- Entsorgung (Rückführung der Grobasche auf die Grünlandbestände; Transport der schwermetallreicheren Feinasche auf eine 100 km entfernte Deponie)
- Herstellung von N-Dünger und durch N-Düngung bedingte N₂O-Emissionen

Als funktionelle Einheit wurde 1 MW bereitgestellte Wärmeenergie frei Heizwerk gewählt. Die Vorketten der Herstellung und Bereitstellung von Dieselmotorkraftstoff, Maschinen und elektrischem Strom wurden einbezogen, die der Infrastruktur dagegen nicht berücksichtigt. Diesem Bioenergieszenario wurde ein fossiles Referenz-Szenario gegenübergestellt. Es unterstellt, dass die entsprechenden Grünlandflächen einmal jährlich gemulcht werden und die Wärmebereitstellung durch Verbrennung von leichtem Heizöl erfolgt. Detaillierte Angaben über die der Sachbilanz zu Grunde liegenden Literaturquellen finden sich in TONN *et al.* (2009).

Bilanziert wurden der kumulierte Energieaufwand (KEA, in GJ) sowie das Treibhauspotenzial (kg CO₂-Äquivalente) als Aggregat der CO₂-, CH₄- und N₂O-Emissionen gemäß IPCC (2001). Für die Bioenergieszenarien wurden folgende Größen errechnet:

- Relativer KEA = KEA Bioenergieszenario / KEA fossiles Referenzszenario
- Relatives Treibhauspotenzial = Treibhauspotenzial Bioenergieszenario /
Treibhauspotenzial fossiles Referenzszenario
- Energienutzungseffizienz (Energy Use Efficiency, EUE)
= bereitgestellte Wärmeenergie ab Heizwerk / KEA
- CO₂-Minderungspotenzial = Treibhauspotenzial fossiles Referenzszenario
– Treibhauspotenzial Bioenergieszenario

Als Datenbasis für die Trockenmasseerträge sowie den Asche- und N-Gehalt der Grünlandaufwüchse wurden Daten eines 17-jährigen Feldversuchs des Landwirtschaftlichen Zentrums Baden-Württemberg (ELSÄßER & BRIEMLE, 2002) genutzt. Als Grundlage für die Bioenergieszenarien wurden folgende vier Varianten ausgewählt:

- 1 Schnitt, keine Düngung, mittlerer Ertrag 48,9 dt TM ha⁻¹
- 2 Schnitte, keine Düngung, mittlerer Ertrag 60,8 dt TM ha⁻¹
- 1 Schnitt, N-Düngung 113 kg N ha⁻¹, mittlerer Ertrag 66,8 dt TM ha⁻¹
- 2 Schnitte, N-Düngung 163 kg N ha⁻¹, mittlerer Ertrag 100,1 dt TM ha⁻¹

Die Düngung erfolgte in Form von Rindergülle. Es wurde jedoch davon ausgegangen, dass auf dem gut mit P und K versorgten Standort diese beiden in der Gülle ebenfalls ausgebrachten Nährstoffe über den Versuchszeitraum nicht ertragswirksam waren. Die Bilanzierung unterstellt deshalb, dass in allen Szenarien die Grobasche auf die Grünlandflächen rückgeführt wurde und in den gedüngten Szenarien N in Form von Ammoniumsulfat ausgebracht wurde. Für das Referenzszenario wurden mittlere Erträge (66,2 dt TM ha⁻¹) in N-Gehalte (1,44 %) der einmal jährlich gemulchten Versuchsvariante zugrunde gelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Gewinn von Wärmeenergie in den vier Bioenergieszenarien lag zwischen 44,9 und 91,9 GJ ha⁻¹, was etwa 900 bis 1850 l leichtem Heizöl entspricht. Im Vergleich zum fossilen Referenzszenario betrug der kumulative Energieaufwand zur Bereitstellung dieser Wärmeenergie 13,3 bis 20,8 % (Abb. 1). Je nach Szenario lag der Anteil des Transports an diesem Energieaufwand zwischen 20 und 31 %. Einen ebenso großen Anteil hatte auch der Netzstrombedarf der Verbrennungsanlage. In den gedüngten Varianten wurde etwa ein Fünftel der aufgewandten Energie für die Herstellung des N-Düngers benötigt. Die N-Düngerherstellung und mit der Ausbringung verbundenen N₂O-Emissionen machten auch bis zu 64 % der in den gedüngten Szenarien emittierten Treibhausgase aus (Abb. 1.). Dies führte dazu, dass das Treibhauspotenzial dieser beiden Szenarien 39,8 und 42,8 % des im fossilen Referenzszenario verursachten Treibhauspotenzials erreichte.

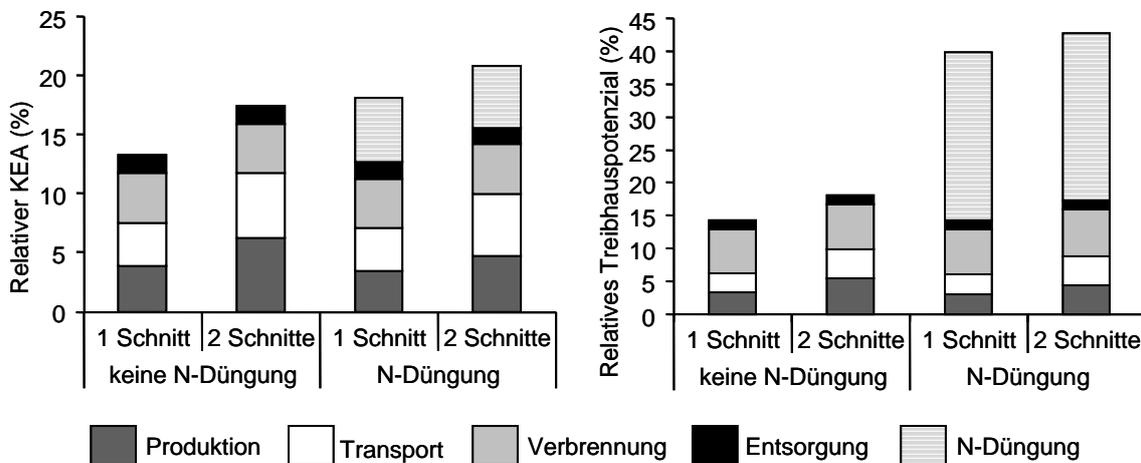


Abb. 1: Relativer kumulativer Energieaufwand (KEA) und relatives Treibhauspotenzial der vier Bioenergieszenarien im Verhältnis zum fossilen Referenzszenario und jeweiliger Anteil der verantwortlichen Teilprozesse.

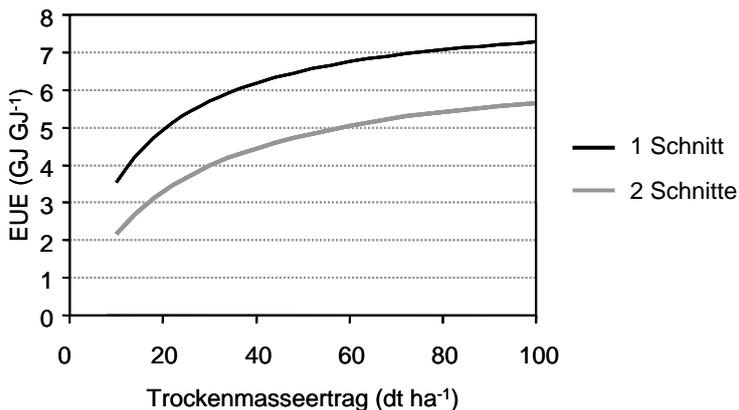


Abb. 2: Sensitivitätsanalyse zum Einfluss von Ertrag und Schnitzzahl auf die Energienutzungseffizienz (EUE) (Grünland ohne N-Düngung).

Der Einfluss des Ertrages auf die EUE ist in Abb. 2 dargestellt. Auch bei sehr geringen Trockenmasseerträgen von nur 10 dt ha⁻¹ wäre der Energieertrag bei einem Schnitt noch mehr als dreimal so hoch wie der Energieaufwand. Ein

zweiter Schnitt würde bei dadurch realistischerweise erzielbaren Mehrerträgen stets eine geringere EUE zur Folge haben.

Auch Stickstoffdüngung würde bei den damit erreichbaren Ertragsgewinnen zu einer Verringerung der EUE führen. Der starke Einfluss der N-Düngung auf die Emission klimarelevanter Gase hat zur Folge, dass bei Ertragszuwächsen von weniger als 20 kg TM je kg N sogar das CO₂-Minderungspotenzial je Hektar abnimmt (Abb. 2).

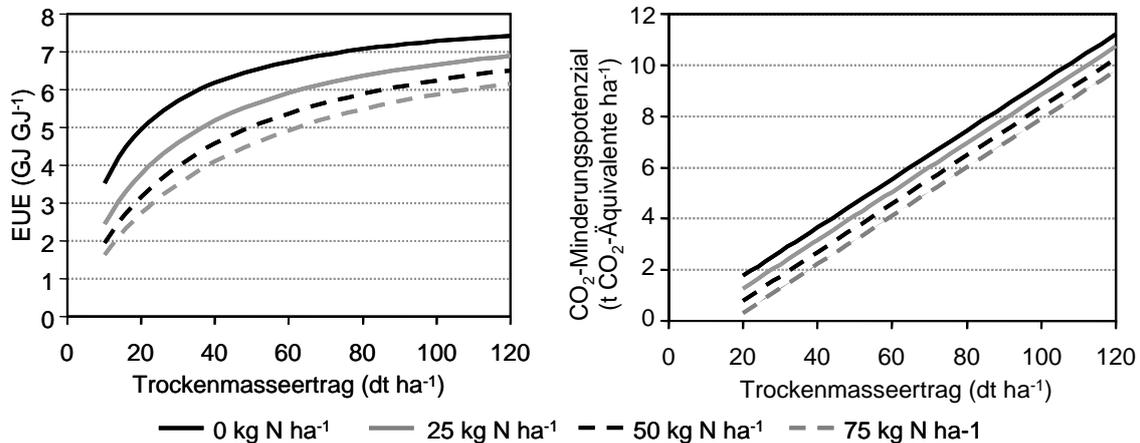


Abb. 3: Sensitivitätsanalyse zum Einfluss von Ertrag und Höhe der N-Düngung auf die Energienutzungseffizienz (EUE) und das CO₂-Minderungspotenzial (Grünland einmal jährlich geschnitten).

Schlussfolgerungen

- Die Verbrennung ungedüngter Grünlandaufwüchse erlaubt gegenüber der Wärmebereitstellung aus Heizöl eine Einsparung von über 80 % an Energie und Treibhausgasen.
- Selbst bei erheblichen Mehrerträgen hat eine Zwei-Schnitt gegen über einer Ein-Schnitt-Nutzung eine geringere Energienutzungseffizienz.
- Mineralische N-Düngung erhöht den Energiebedarf und vor allem die Treibhausgasemissionen stark und sollte daher bei der Nutzung von Grünland zur Brennstoffgewinnung unterbleiben.

Literatur

ELSÄßER, M., BRIEMLE, G. (2002): Grassland extensification - the first 10 years of the "Aulendorf experiment". *Grassland Science in Europe* 7, 770-771.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2001): *Climate change 2001: the scientific basis; contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 881 S.

PROCHNOW, A., HEIERMANN, D., DRENCKHAM, A., SCHELLE, H. (2007): Biomethanisierung von Landschaftspflegeaufwuchs. Jahresverlauf der Biogaserträge. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 39, 19-24.

TONN, B., THUMM, U., CLAUPEIN, W. (2009): Life-cycle analysis of heat generation using biomass from semi-natural grasslands in Central Europe. *Grassland Science in Europe* 14, im Druck.

Biogas vom Grünland – Methanertrag und kurzfristige N-Wirksamkeit von Gärresten

B. Wienforth¹, A. Herrmann², K. Sieling¹, S. Ohl³, E. Hartung³, F. Taube², H. Kage¹

¹ Inst. für Pflanzenbau u. –züchtung, Abt. Acker- und Pflanzenbau, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

² Inst. für Pflanzenbau u. –züchtung, Abt. Grünland u. Futterbau/Ökol. Landbau, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel; Email: aherrmann@email.uni-kiel.de

³ Inst. für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Str. 6, 24118 Kiel

Einleitung und Problemstellung

Die derzeitigen agrar- und Klimaschutzpolitischen Rahmenbedingungen können, in Abhängigkeit der standörtlichen Gegebenheiten, zu regional stark differierenden Flächennutzungskonkurrenzen (Teller-Tank-Naturschutz-Tourismus) führen. Futterbaulich geprägte Regionen mit einer hohen Nachfrage nach Mais sowohl für die Milch- als auch für die Biogasproduktion (z.B. Geeststandorte Schleswig-Holsteins) unterliegen einer solchen Flächenkonkurrenz. Auf diesen Standorten werden Dauergrünlandflächen für die Grundfutter- aber auch die Substratproduktion zunehmend attraktiver. Nicht nur im Hinblick auf die Befriedigung der gestiegenen Nachfrage nach pflanzlicher Biomasse, sondern auch bezüglich der Umweltwirkungen ist die Ertragsleistung und Stickstoffnutzungseffizienz solcher Grünlandproduktionssysteme von Bedeutung. Gerade auf weniger begünstigten Standorten könnten potentiell negative Umweltwirkungen des Energiemaisanbaus, wie z.B. Humusabbau nach Grünlandumbruch, sowie Beeinflussung der Grundwasser- und Oberflächengewässerqualität (N-Eintrag) durch die Nutzung von Biomasse aus Dauergrünlandflächen reduziert werden. Während das Biomasse- und Methanertragspotential von Dauergrünlandbeständen in der Literatur dokumentiert ist (AMON et al., 2007; PROCHNOW et al., 2007), liegen zur Ertragswirksamkeit von Biogasgärresten auf Grünland nur sehr wenige belastbare Studien vor. Ziel dieser Untersuchung ist daher, für einen Dauergrünlandbestand die kurzfristige N-Wirkung von Gärresten im Hinblick auf den Trockenmasse(TM)- und Methanhektarertrag vergleichend zu organischen Düngemitteln tierischer Herkunft zu analysieren.

Material und Methoden

Datenbasis der Untersuchung bildet ein Feldversuch, der im Rahmen des interdisziplinären Projektes BIOGAS-EXPERT auf Flächen des Versuchsgutes „Karkendamm“ (Geest) der CAU Kiel in den Jahren 2007 und 2008 durchgeführt wurde. Die am Standort dominierende Bodenart ist ein grundwasserbeeinflusster Podsol-Pseudogley aus sandigem Sand. Im langjährigen Mittel (1966-2005) liegt die Niederschlagsmenge am Standort in einer Größenordnung von 844 mm bei einer Durchschnittstemperatur von 8,6 °C. Im Vergleich zum langjährigen Mittel waren beide Versuchsjahre durch höhere Jahresmitteltemperaturen charakterisiert, mit 10,3 °C in 2007 und 9,7 °C in 2008. Die Niederschlagsmengen lagen in 2007 (898 mm) leicht über und in 2008 (726 mm) unter

dem langjährigen Mittel, wobei das Versuchsjahr 2007 eine ausgeprägte Frühjahrstrockenheit aufwies.

In einem *Lolium perenne* dominierten Grünlandbestand (4-Schnittnutzung) wurde der Einfluss der Versuchsfaktoren N-Form (Mineraldüngung, KAS; Rindergülle; Gärrückstand aus Kofermentation von Schweinegülle und Mais) und N-Menge (0, 160, 320, 480 kg N ha⁻¹) in einer Blockanlage mit 4 Wiederholungen geprüft. Die N-Düngung wurde in 4 Gaben appliziert, angepasst an die jeweilige Gesamt-N-Menge. Die spezifische Methanproduktion [I_N kg_{OTS}⁻¹] der Varianten Mineraldüngung und Gärrückstand wurde nach entsprechender Aufbereitung (unsiliert, getrocknet bei 58 °C, auf 1 mm vermahlen) mittels des Hohenheimer-Biogasertragstestes (drei Wiederholungen) mit einer Verweildauer von 28 Tagen bei 38°C an Mischproben aus jeweils 4 Feldwiederholungen ermittelt. Die Quantifizierung der Beziehung zwischen N-Input und TM- bzw. Methanhektarertrag [m³_N ha⁻¹] erfolgte, gemittelt über beide Jahre, für den 1. Aufwuchs sowie den Jahresertrag mittels der Prozedur MIXED des Statistikprogrammpaketes SAS (Version 9.1, SAS Institute Inc.) unter Annahme einer quadratischen Beziehung. Die ausgebrachte N-Menge (Gesamt-N bzw. mineralischer Anteil) wurde als Kovariable berücksichtigt. Die geschätzten Funktionen wurden verwendet, um die kurzfristige N-Wirksamkeit des Gärrückstandes über den Relative N Fertilizer Value (RNFV) für den Jahres-TM- und Methanhektarertrag zu quantifizieren, wobei sich der RNFV aus dem Quotient der Apparent Nitrogen Efficiency (ANE) von Gärrest bzw. Rindergülle und Mineraldünger berechnet, mit RNFV = ANE_{manure} / ANE_{mineral fertiliser}, und ANE = (yield of treatment – yield of control) / N applied (SCHRÖDER et al., 2005). Als Ertrag der Kontrolle wurden die tatsächlichen Messwerte für die TM- und Methanhektarerträge verwendet.

Tab. 1: Stickstoff- (kg N m⁻³) und Ammoniumgehalte (% NH₄-N, in Klammern) der ausgebrachten Rindergülle bzw. des Gärrückstandes.

	Rindergülle		Gärrückstand	
	2007	2008	2007	2008
Aufwuchs 1	3.43 (49.6)	2.94 (55.3)	3.13 (54.8)	3.72 (50.9)
Aufwuchs 2	3.95 (48.1)	2.81 (65.0)	3.92 (50.1)	4.20 (51.7)
Aufwuchs 3	3.38 (46.8)	2.99 (59.0)	2.64 (54.4)	4.20 (50.3)
Aufwuchs 4	3.17 (53.6)	3.32 (52.5)	3.05 (49.2)	4.34 (50.1)

Ergebnisse und Diskussion

Die Kovarianzanalyse unter Verwendung der ausgebrachten Gesamt-N-Menge (kg N ha⁻¹) als Kovariable ergab einen signifikanten Einfluss von N-Form, N-Menge, des Quadrates der N-Menge, sowie der Interaktion N-Form*N-Menge für den Jahres-TM- und Methanhektarertrag als auch für die einzelnen Aufwüchse (nicht dargestellt). Der daraus abgeleitete RNFV belegt für den Jahres-TM-Ertrag eine höhere kurzfristige N-Düngewirksamkeit von Gärrückstand im Vergleich zu Rindergülle (Abb. 1a). Dies kann durch Differenzen im NH₄-N-Gehalt begründet sein, aber auch Viskositätsunterschiede können

modifizierend gewirkt haben. Die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalte des Gärrückstandes, oft als Ursache einer höheren N-Wirkung angeführt, lagen zumindest im Jahr 2008 deutlich unter denen von Rindergülle (Tab. 1). Die RNFV-Werte für den Jahres-TM und Methanhektarertrag der Gärrückstandsvarianten zeigen ähnliche Verläufe (Abb. 1a,b) und liegen mit maximalen Werten um 0.8 im Bereich dessen, was für den N-Ertrag nach langjähriger Applikation von Rindergülle dokumentiert ist (SCHRÖDER et al., 2005).

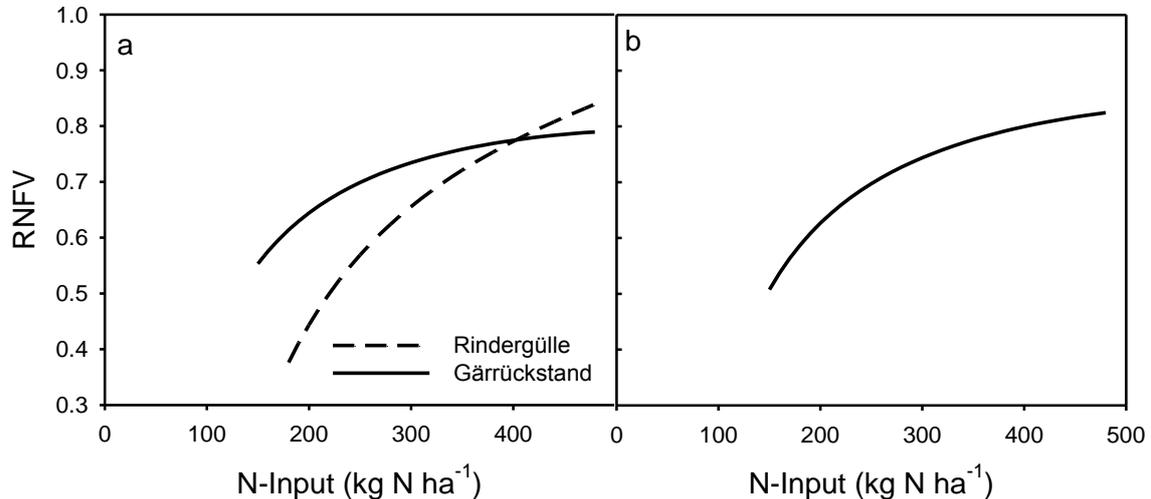


Abb. 1: Relative N Fertilizer Value (RNFV) für den Jahres-TM-Ertrag (a) und den Methanhektarertrag [$\text{m}^3_{\text{N}} \text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$] (b) in Abhängigkeit des Gesamt-N-Inputs (kg N ha^{-1}).

Wird statt der Gesamt-N-Menge der mineralische N-Anteil (kg ha^{-1}) als Kovariable in der varianzanalytischen Auswertung verwendet, ist der Einfluss der N-Form nicht mehr absicherbar, was die Hypothese stützt, dass der mineralische N-Anteil die Variation der kurzfristigen N-Wirkung verschiedener Düngemittel erklärt. Die N-Menge war stets als einfaches und quadratisches Glied signifikant. Die Ergebnisse der Analyse sind in Abb. 2 für den Jahresertrag und den ersten Aufwuchs dargestellt. Die maximalen Methanhektarerträge von ca. $1700 \text{ m}^3_{\text{N}} \text{ha}^{-1}$ im ersten Aufwuchs und ca. $4300 \text{ m}^3_{\text{N}} \text{ha}^{-1}$ im Jahr liegen im Bereich dessen, was für intensiv genutzte Dauergrünland- bzw. Ackergrasbestände berichtet wird (Amon et al., 2007; Gödecke und Benke, 2008). Der maximale Jahres-TM-Ertrag wurde in der Mineraldünger-Variante bei 425 kg N ha^{-1} erzielt, für den Methanhektarertrag [$\text{m}^3_{\text{N}} \text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$] lag die entsprechende N-Menge bei 397 kg N ha^{-1} . Der TM-Ertrag ist also, wie bereits bekannt, die entscheidende Determinante des Methanhektarertrags. Nichtsdestotrotz zeigte die spezifische Methanproduktion [$_{\text{N}} \text{kg}_{\text{OTS}}^{-1}$] auch eine geringfügige Variation in Abhängigkeit der N-Düngung. So lag meist eine leicht negative Beziehung zwischen dem Rohproteingehalt des Substrates und der spezifischen Methan- ausbeute vor (nicht dargestellt). Der Abfall des TM- bzw. Methanhektarertrages im Bereich sehr hoher N-Aufwendungsmengen (Abb. 2) ist aber vermutlich eher auf die Lagerbildung der Bestände zurückzuführen.

Sektion Energie

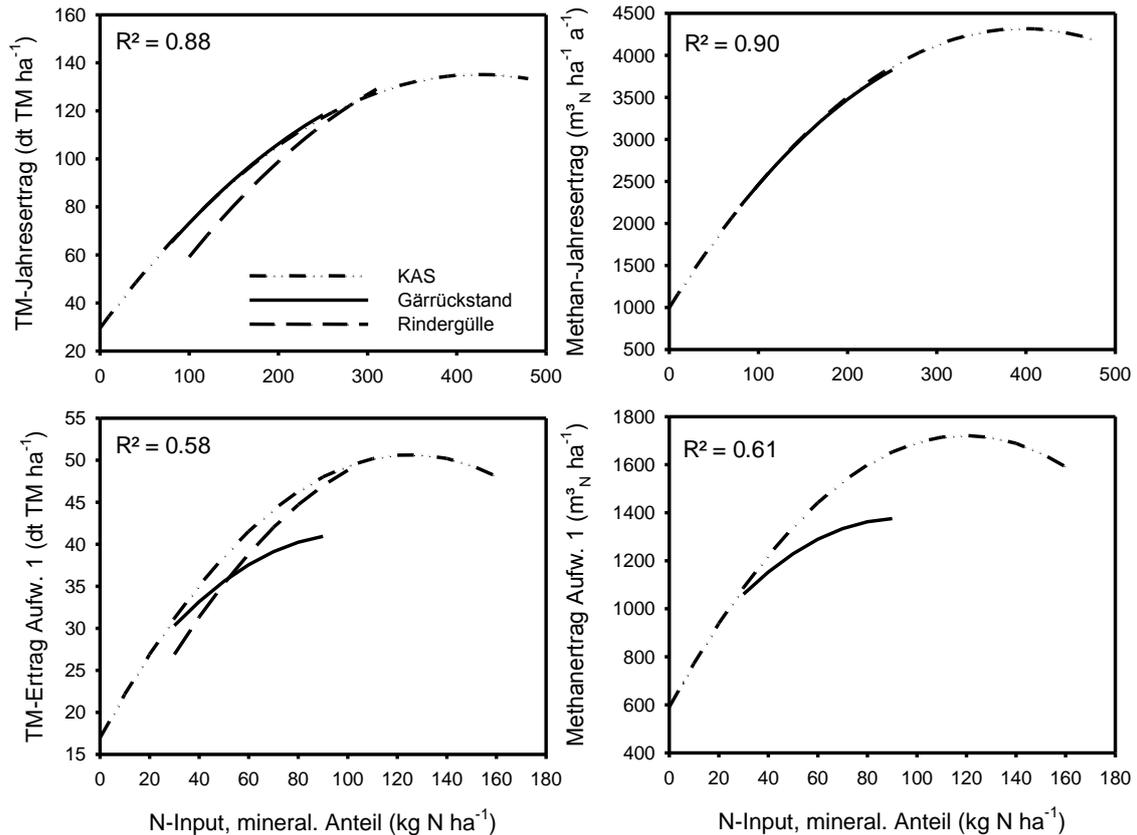


Abb. 2: Beziehung zwischen dem mineralischen Anteil des N-Inputs (kg N ha⁻¹) in Abhängigkeit der N-Form für TM- und Methanhektarerträge [m³_N ha⁻¹] auf Jahresbasis bzw. im 1. Aufwuchs.

Schlussfolgerungen

Die Applikation von Gärrest aus Kofermentation ließ, bezogen auf den mineralischen Anteil des N-Inputs, keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Ertragsleistung (TM, Methan) im Vergleich zu Minereraldüngung bzw. Rindergülle erkennen. Der Relative N Fertilizer Value des Gärrestes lag im Bereich dessen, was für Rindergülle nach langjähriger Applikation angenommen wird.

Literatur

- AMON, T., AMON, B., KRYVORUCHKO, V., MACHMÜLLER, A., HOPFNER-SIXT, K., BODIROZA, V., HRBEK, R., FRIEDEL, J., PÖTSCH, E., WAGENTRISTL, H., SCHREINER, M. & ZOLLITSCH, W. (2007): Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. *Bioresource Technology* 98, 3204-3212.
- GÖDECKE, K. & BENKE, M. (2008): Standortangepasste Mischungen und Schnittregime für Ackerfutter und Grünland. *Forum Energiepflanzen*, 7./8. Oktober 2008, Jena.
- PROCHNOW, A., HEIERMANN, M., IDLER, C., LINKE, B., MÄHNERT, M. & PLÖCHL, M. (2007): Biogas vom Grünland: Potenziale und Erträge. In: *Gas aus Gras und was noch?* Schriftenreihe des Deutschen Grünlandverbandes, Berlin, H. 1/2007, S. 11-22.
- SCHRÖDER, J.J., JANSEN, A.G. & HILHORST, G.J. (2005): Long-term nitrogen supply from cattle slurry. *Soil Use and Management* 21, 196-204.

Zum Einfluss der Witterung auf Grundwasserdynamik und Biomasseproduktion von Niedermoorgrünland

L. Dittmann, R. Schönfeld-Bockholt

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock. lisa.dittmann@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Achtjährige kontinuierliche Messungen von Grundwasserflurabständen auf einer Versuchsfläche in Petschow bei Rostock unter den Bedingungen Niedermoorgrünland – Faktor A: Düngung; Faktor B: Nutzung – Schnitt; Weide werden mit Witterungsparametern (Temperatur; Globalstrahlung; Niederschlag; Verdunstung) in Beziehung gebracht (Tab.1). Die Untersuchungen dienen der Abschätzung von Änderungen des Witterungsverlaufes und ihrer Wirkung auf den Bodenwasserhaushalt sowie auf den Wachstumsverlauf der Biomasse. Zur Charakterisierung der Witterungsdifferenziertheit werden wesentliche Messgrößen der Jahre 1999 und 2003 in Abb.1 gegenübergestellt.

Tab. 1: Versuchsanordnung auf dem Niedermoorgrünland Rostock-Petschow

Faktor 1 Düngung (12 Stufen)	Art der Bewirtschaftung	Nährstoffe (kg/ha)	Faktor 2 Nutzung
1= ohne Düngung	naturgerecht		3 Schnitte
2=N (Kalkammonsalpeter)	konventionell	150 N	
3=P (Tripelsuperphosphat)	konventionell	30 P	
4=K (60% KCl)	konventionell	150 K	
5=K (Mg - Kainit)	ökologisch	150 K, 333 Na, 50 Mg	
6=NK (KAS, 60% KCL)	konventionell	150 N, 150 K	3-4 Weide
7=PK (Tripelsuperphosphat, 60% KCL)	konventionell	30 P, 150K	
8=PK (Patent)	ökologisch	60 P, 150 K, 35 Mg, 104 S	
9=PK (Thomaskali)	konventionell	26 P, 150 K, 35 Mg, 33 S	
10=NP (KAS, TSP)	konventionell	150 N, 30 P	
11=NPK (KAS, TSP, 60% KCL)	konventionell	150 N, 30 P, 150 K	
12=NPK (Schwefels.A, TSP, 60% KCL)	konventionell	150 N, 30 P, 150 K, S	
Grundwasserflurabstand: GFA mo1; GFA mo2		Witterung der Jahre: 1999 - 2006	

Material und Methoden

Aus den TM-Erträgen der Aufwüchse von Schnitt- und Weidevarianten sind TM-Zuwachsraten [kg TM/d] für die Vegetationsabschnitte April- Juni, Juli – August und September – November berechnet worden. Diese werden mit Hilfe der Kanonischen Korrespondenzanalyse (Hammer; 2001) mit stark korrelierenden Witterungsparametern und den gemessenen Grundwasserflurabständen der entsprechenden Vegetationsabschnitte multivariat über alle Versuchsvarianten und –jahre verrechnet (Abb. 3). Alle Analysedaten sind 0-1-standardisiert. Eine lineare Mehrfachregression dient der Ermittlung signifikanter Einflüsse von Witterungsparametern und Grundwasserständen getrennt nach Schnitt- und

Weidenutzung. Separat von den ertragsbestimmenden Faktoren ist dann auch der Jahrestrend der Ertragsentwicklung nachweisbar.

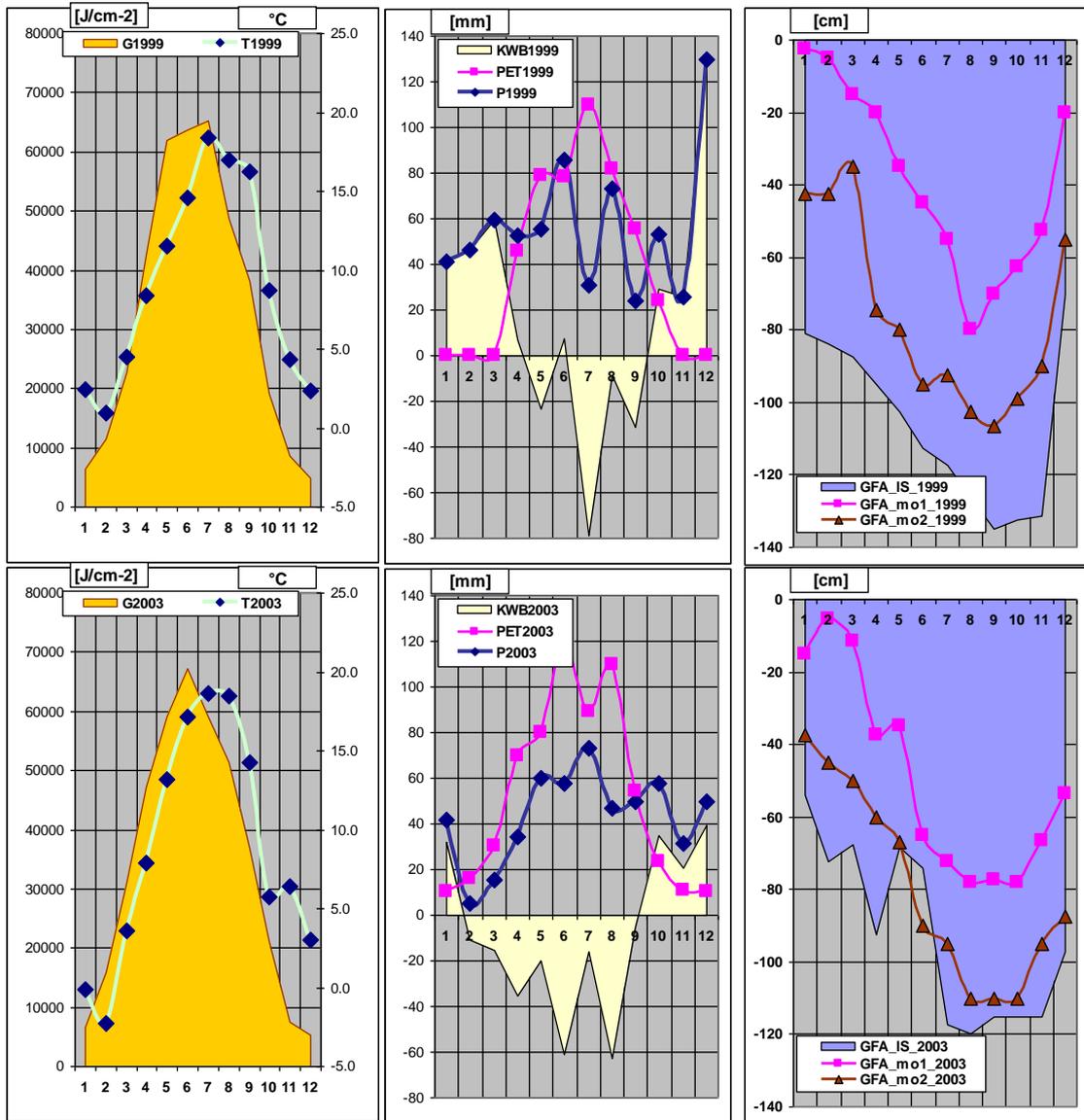


Abb. 1 Vergleich der Jahresganglinien von 1999 und 2003 (Globalstrahlung $[J/cm^2]$; Temperatur $[^{\circ}C]$; monatliche Niederschlagssumme P $[mm]$; monatliche Summe der Verdunstung PET $[mm]$; Klimatische Wasserbilanz = $P - PET$ $[mm]$; Grundwasserflurabstand der benachbarten Standorte IS, mo1 und mo2 $[cm]$).

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen der Untersuchungen konnte eine Korrelation zwischen der klimatischen Wasserbilanz und den zeitlich verzögert folgenden Grundwasserflurabständen bestimmt werden ($r^2 = 0,3$). Für den Standort Niedermoorgrünland Petschow bei Rostock ergibt sich im Zeitraum 1999 – 2006 ein mittlerer negativer Effekt der aus der Globalstrahlung abgeleiteten Jahresenergiedichte $[kWh/m^2 \cdot a]$ bei dem TM-Ertrag der Weide von 5,3 dt/ha und 3,7 dt/ha bei Schnittnutzung. Wesentlich gravierender sind die Einflüsse der klimatischen Wasserbilanz im August –September auf den TM-Ertrag bei Schnittnutzung mit 0,45 dt/ha je 1mm Bilanzdefizit und damit einer mittleren

Jahresdifferenz von 20 dt/ha. Der Grundwasserflurabstand von Januar – März ist entscheidend für den Wachstums- und Weidebeginn. Danach erfolgt im April – Mai schnelleres (GWF klein) bzw. verzögertes Wachstum (GWF groß) der Ausgleich im Wachstumsverlauf auf der Weide. Unter Berücksichtigung des mittleren Effektes einer Mineraldüngung (75 N, 30 P, 75 K) von 9 dt TM/ha bei Weide und 18 dt TM/ha bei Schnittnutzung wurde ein durchschnittlicher Jahrestrend von +0,2 dt TM/ha auf der Weide und von -2,73 dt TM/ha bei Schnittnutzung ermittelt. Die komplexe Auswirkung günstiger und ungünstiger Witterungs- sowie Grundwasserverhältnisse kommt in Abb. 2 durch den Vergleich der Wachstumsverläufe in den Jahren 1999 bzw 2003 auf dem Standort mo1 bzw mo2 zum Ausdruck.

Zieht man in die Betrachtungen einer multivariaten Statistik (Kanonische Korrespondenzanalyse) neben den Jahresgesamterträgen auch noch die TM-Zuwachsraten nach jeweils drei Vegetationsabschnitten ein (Abb. 3), so wird deutlich, dass eine höhere Energiedichte ab Monat Juli sich positiv auf den 2. Aufwuchs bei Schnitt- bzw. auf den Zuwachs im Herbst bei Weidenutzung auswirkt. Die mit Pfeilen in Abb. 3 angedeuteten Faktorwirkungen und Effektrichtungen stützen und ergänzen die Ergebnisse der linearen Mehrfachregression in Tab. 2.

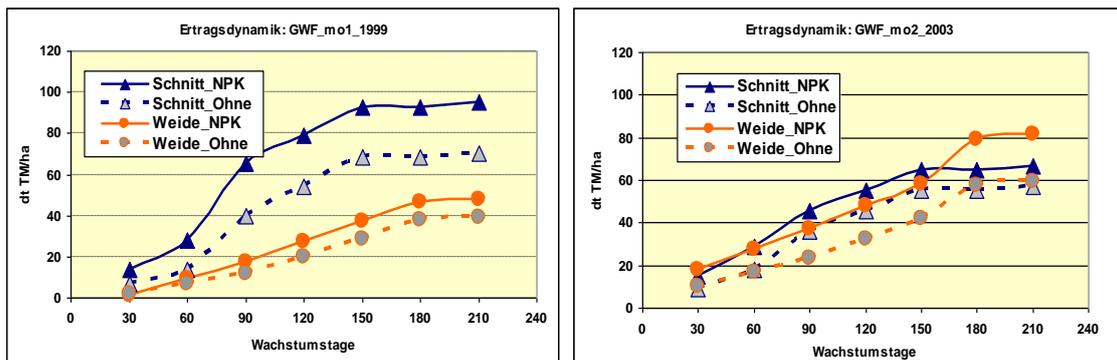


Abb. 2 Ertragsverläufe [dt TM/ha kum.] links: Standort mo1 1999; rechts Standort mo2 2003

Tab. 2: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression (dt TM/ha = f(GLS; GWF; KWB; Düngung)

Lineare Mehrfachregression	Abhängige Variable: Weide ; Ertrag [dt TM/ha] Regression			Korrelation partiell r(j)	Abhängige Variable: Schnitt ; Ertrag [dt TM/ha] Regression			Korrelation partiell r(j)	Variabilität Faktoren			Effekt (Mittel) Weide Schnitt		
	b(j)	t(j)Test	Signifikanz		b(j)	t(j)Test	Signifikanz		Max.	Min.	Mittel	dt/ha	dt/ha	
Konstante dt TM/ha	148.32	9.05	0.000		122.04	4.05	0.000							
Korrigierte Konstante bei 1000 kWh/m ² GLS	62.32				63.04				1000	1000	0	62.32	63.04	
Diff_GLS[1000]_Gesamt [kWh/m ²]	-0.086	-5.14	0.000	-0.294	-0.059	-1.90	0.059	-0.121	-11.6	135.3	61.9	-5.32	-3.65	
GWF Januar_März [cm]	0.919	7.84	0.000	0.425	-0.946	-4.48	0.000	-0.277	1.7	66.7	34.2	31.40	-32.32	
GWF April_Mai [cm]	-0.577	-5.24	0.000	-0.3	0.851	4.43	0.000	0.274	18	88.8	53.4	-30.80	45.42	
KWB Juni_Juli [mm]	-0.05	-1.24	0.216	-0.074	0.383	3.86	0.000	0.241	-48.4	25.1	-11.7	0.58	-4.48	
KWB Aug_Sept [mm]	0.07	2.38	0.018	0.141	0.445	8.83	0.000	0.494	2.8	86.9	44.9	3.14	19.97	
Jahr t	0.21	0.76	0.450	0.045	-2.73	-6.30	0.000	-0.38	8	1	4	0.84	-10.90	
N [kg/ha]	0.067	9.55	0.000	0.497	0.069	5.87	0.000	0.353	0	150	75.0	5.03	5.18	
P [kg/ha]	0.042	1.73	0.085	0.103	0.068	1.67	0.097	0.106	0	60	30.0	1.26	2.04	
K [kg/ha]	0.035	4.65	0.000	0.269	0.143	11.55	0.000	0.596	0	150	75.0	2.63	10.73	

Schlussfolgerungen

Auf natürlichen Grünlandstandorten existiert eine große Wechselwirkung von Einflußgrößen auf das Biomassewachstum. Diese Standortspezifik von Niedermoorgrünland (bezüglich Wasser- und Nährstoffhaushalt, Pflanzenartenpotential Biomassewachstumsdynamik) macht es zu einer wertvollen Bodennutzungsart hinsichtlich Anpassungsfähigkeit an Witterungsdifferenziertheit von Jahr zu Jahr sowie an Klimawandel in größeren Zeiträumen.

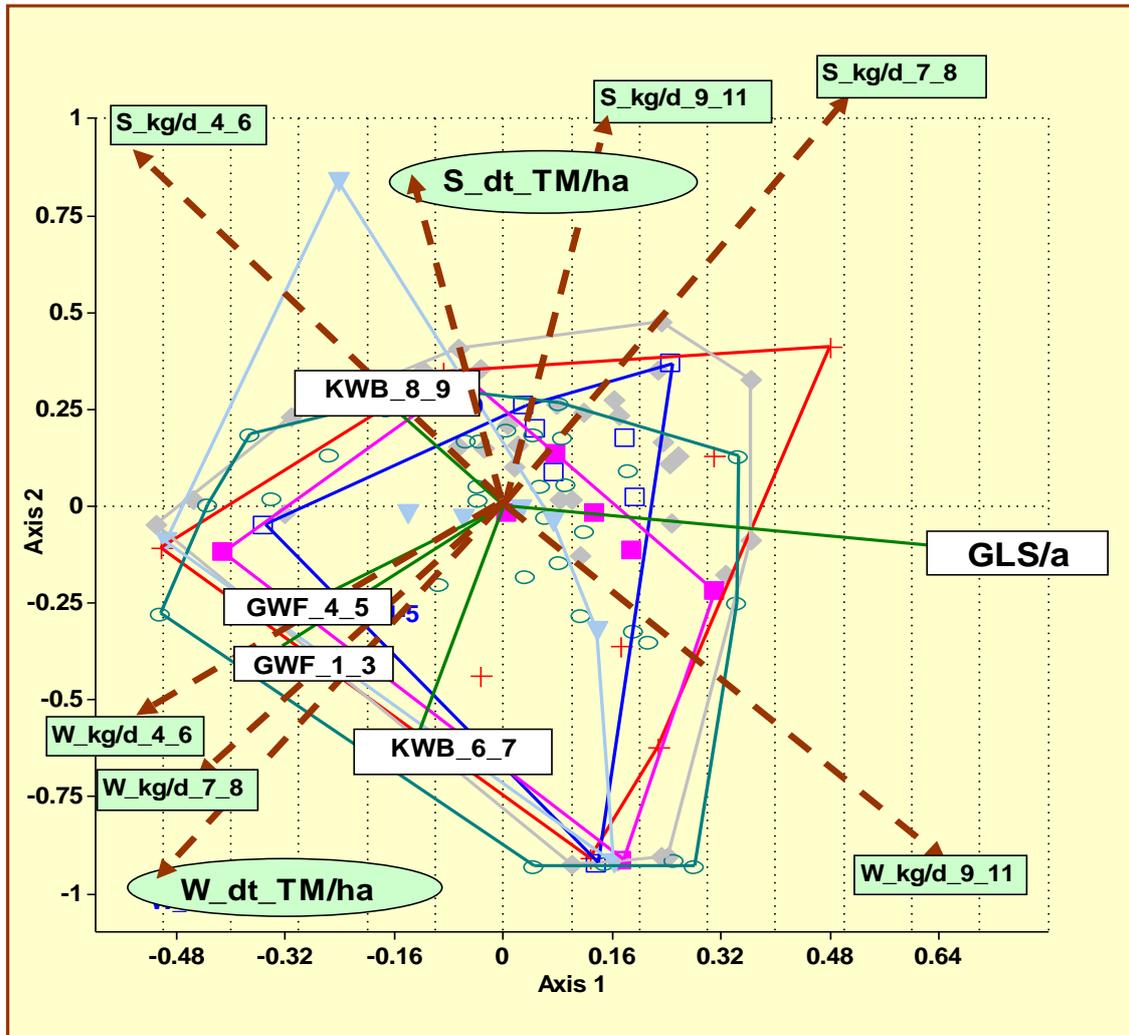


Abb. 3 Ergebnisse der Kanonischen Korrespondenzanalyse mit den Umweltfaktoren: Jahresenergiegedichte (GLS/a [kWh/m²]; Grundwasserflurabstand Jan.-März (GWF_1_3) [cm]; Apr.-Mai (GWF_4_5) [cm]; Klimatische Wasserbilanz Juni-Juli (KWB_6_7) [mm]; Aug.-Sept. (KWB_8_9) [mm] und mit den Variablen: TM--Gesamtertrag [dt/ha] und Ertragszuwachs [kg/d] für die Nutzung Schnitt (S) sowie Weide (W) nach Vegetationsabschnitten

Literatur

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Einfluss von Sorte und Nutzung auf Bestandesdichte und Ertrag von Luzerne

H.Giebelhausen

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Department für Nutzpflanzen- und Tierwissenschaften, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Invalidenstr. 42, D-10115 Berlin

E-Mail: hermann.giebelhausen@agrar.hu-berlin.de

Einleitung und Problemstellung

Die Luzerne erlangt als trockenheitstolerante, eiweißreiche, Stickstoff fixierende und die Bodenfruchtbarkeit stabilisierende Futterpflanze mit vielen Einsatzmöglichkeiten in der Tierfütterung zunehmende Bedeutung. Das Sortenangebot ermöglicht den Luzerneanbau auch auf sandigen Grünlandstandorten, wozu weidetolerante Genotypen nutzbar sind (CZIEHSO, 1990; CHARRIER *et al.*, 1993; SIMON, 1993; MOSIMANN *et al.*, 1995; KOLZOV, 2002; PECETTI *et al.*, 2008). Von einem lehmigen Sandstandort im Land Brandenburg werden nachfolgend Versuchsergebnisse zum Einfluss von Sorte und Nutzung (Schnitthäufigkeit und -höhe) auf Bestandesdichte sowie TM-Ertrag von Luzerne vorgestellt.

Material und Methoden

Nach Vorfrucht Winterweizen wurde am 06.08.2004 in der Lehr- und Forschungsstation der Humboldt-Universität zu Berlin am Standort Berge, Landkreis Havelland, ein Parzellenversuch mit den Faktoren Luzernesorte (A) und Nutzung (B) in Form einer Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt (Tab. 1).

Tab. 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen des Parzellenversuches

Faktor	Faktorstufe
A Luzernesorte	a ₁ <i>Planet</i> , Sativa-Typ ^{*)} , (D)
	a ₂ <i>Kisvardai</i> , Bastard-Typ, (H)
	a ₃ <i>Luzelle</i> , Sativa-Typ ^{*)} , (F), weidetolerant
	a ₄ <i>Pastbitschnij 88</i> , Bastard-Typ (RUS), weidetolerant
B Nutzung (Schnitthäufigkeit / Schnitthöhe)	b ₁ 3- bis 4malig, bei 8 bis 10 cm Schnitthöhe
	b ₂ 4- bis 5malig, bei 3 bis 5 cm Schnitthöhe
	b ₃ 4- bis 5malig, bei 8 bis 10 cm Schnitthöhe

*) nach WILLNER (2007)

Die Saatstärke der Luzernesaaten betrug jeweils 20 kg/ha. Die Mahd der 9 m² großen Parzellen erfolgte mit dem Motormäher. Unter Berücksichtigung von Bodenunebenheiten wurden mittlere Schnitthöhen von 4 cm in der Faktorstufe b₂ sowie von 9 cm in den Faktorstufen b₁, b₃ eingehalten.

Am Versuchsstandort treten die Bodentypen Parabraunerde und Salmtieflehm-Fahlerde auf. Im Oberboden sind lehmiger Sand bis sandiger Lehm und im Unterboden Sand bis sandiger Lehm präsent, so dass für den Luzerneanbau gute Bodenbedingungen bestehen. Der Jahresniederschlag beträgt in Berge langjährig 502 mm bei einer Jahresmitteltemperatur von 9,2 °C. Der Witterungsverlauf des Jahres 2005 entsprach dem langjährigen Trend. Das Jahr 2006 war in der Vegetationsperiode trocken und warm. Sehr feuchtes und warmes Wetter prägten dagegen das Jahr 2007. Im Jahr 2008 herrschten, trotz Trockenheit im Mai, mit 581 mm Jahresniederschlag und 10,1 °C für Luzerne gute Wachstumsbedingungen.

Ergebnisse und Diskussion

Bestandesdichte der Luzerneansaat

Vom ersten bis zum vierten Hauptnutzungsjahr nahm die Bestandesdichte der Luzernebestände sowohl sorten- als auch nutzungsabhängig stetig ab (Abb. 1).

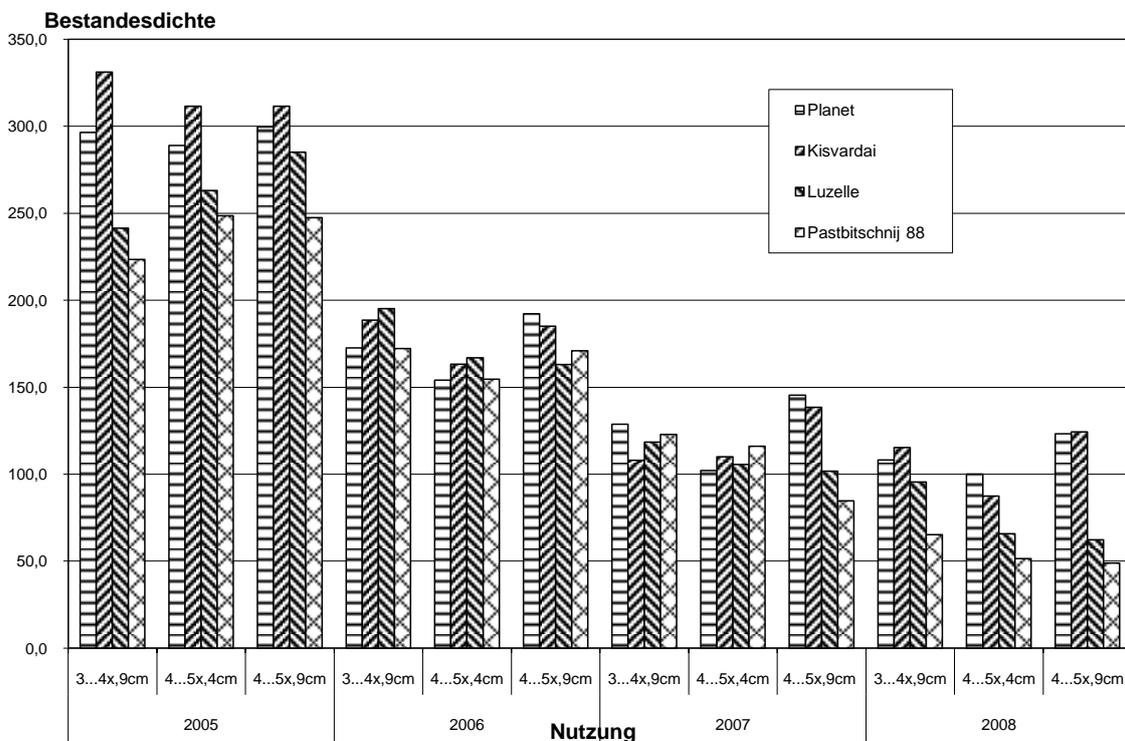


Abb.1: Bestandesdichte von Luzerne (Pflanzen/m²) in Abhängigkeit von Sorte und Nutzung. Berge 2005 bis 2008, Mittel der Frühjahrs- und Herbstzählung

Die Pflanzenbestände der Sorten *Planet* und *Kisvardai* wiesen im ersten Hauptnutzungsjahr 2005 gegenüber den als weidetolerant geltenden Sorten *Luzelle* und *Pastbitschnij 88* deutlich höhere Bestandesdichten auf. Dieser Vorteil hielt für die Sorten *Planet* und *Kisvardai* in der Tendenz bis zum vierten Hauptnutzungsjahr an. Intraspezifische Konkurrenz und Trockenstress bewirkten im Jahr 2006 bei allen Sorten stark abnehmende Luzernepflanzenzahlen. Unter diesen Bedingungen zeigten Tiefschnitt (4 cm) und hohe Nutzungsfrequenz (4- bis 5mal) erstmals negative Einflüsse auf das Luzernewachstum und führten bei allen Sorten zu einer stärkeren Abnahme der Bestandesdichte gegenüber den Varianten mit normaler Schnitthöhe von 8 bis 10 cm. Häufiger Tiefschnitt hatte zur Folge, dass die Erneuerungstrieb- und -knospen am Luzernewurzelkopf geschädigt wurden und dies zur Schwächung der Luzerne beitrug (MÄRTIN und SCHMIDT, 1988; STOCK und DIEPENBROCK, 1999). Versuche von GŁĄB (2008) zeigten, dass durch Traktoren verursachte Bodenverdichtungen zu Veränderungen an den Luzernewurzeln führten und geringere Erträge bewirkten. Die im Berger Versuch gewählte Stufe „Tiefschnitt und häufige Nutzung“ (Faktorstufe b_2) sollte eine Weidenutzung simulieren. Aus den Erhebungen zur Bestandesdichte lässt sich ableiten, dass die untersuchten Luzernesorten auf „Tiefschnitt und häufige Nutzung“ gleich stark mit dem Rückgang der Bestandesdichte und damit zunehmender Lückigkeit reagierten und sich für die Sorten *Luzelle* und *Pastbitschnij 88* keine Vorteile gegenüber den Vergleichssorten ergaben. Auf dem trockenen Versuchsstandort erwiesen sich dagegen die Sorten *Planet* und *Kisvardai* bei drei- bis fünfmaliger Nutzung und einer Schnitthöhe von 8 bis 10 cm als sehr anpassungsfähig, so dass sie im vierten Hauptnutzungsjahr noch Bestandesdichten von etwa 100 Pflanzen/m² aufwiesen und in ihre Bestände weniger Löwenzahn, Vogelmiere und andere Arten einwanderten.

Trockenmasseertrag der Luzerneansaat

Von den geprüften Luzernesorten erreichten *Planet* und *Luzelle* mit \bar{x} 157 bzw. 148 dt/ha die höchsten TM-Erträge, gefolgt von *Kisvardai* und *Pastbitschnij 88* (Tab. 2).

Sektion Futterbau und Klimawandel

Tab. 2: TM-Jahresertrag (dt/ha) von Luzerne in Abhängigkeit von Sorte und Nutzung. Berge 2005 bis 2008

Sorte	Nutzung	2005	2006	2007	2008	Mittel
<i>Planet</i>	3...4mal, 9 cm	157,5	122,0	200,1	188,3	167,0
	4...5mal, 4 cm	168,7	121,4	171,6	163,2	156,2
	4...5mal, 9 cm	158,5	114,8	160,7	147,1	145,2
<i>Kisvardai</i>	3...4mal, 9 cm	129,7	127,2	198,0	147,6	150,6
	4...5mal, 4 cm	168,5	128,0	143,2	133,6	143,3
	4...5mal, 9 cm	143,0	114,5	130,3	129,3	129,3
<i>Luzelle</i>	3...4mal, 9 cm	144,2	120,2	198,0	143,4	151,4
	4...5mal, 4 cm	175,7	120,9	148,4	160,8	151,5
	4...5mal, 9 cm	155,9	120,0	147,6	134,6	139,5
<i>Pastbitschnij 88</i>	3...4mal, 9 cm	142,4	133,3	190,3	134,8	150,2
	4...5mal, 4 cm	158,1	117,6	135,7	130,1	135,4
	4...5mal, 9 cm	147,8	113,9	132,2	113,7	126,9
Hauptwirkung	<i>Planet</i>	161,5	119,4	177,4	166,2	156,1
Sorte	<i>Kisvardai</i>	147,0	123,2	157,2	136,8	141,1
	<i>Luzelle</i>	158,6	120,3	164,7	146,3	147,5
	<i>Pastbitschnij 88</i>	149,5	121,6	152,7	126,2	137,5
GD α 5 %	Faktor A	11,3	7,6	11,1	12,0	6,6
Hauptwirkung	3...4mal, 9 cm	143,4	125,7	196,6	153,5	154,8
Nutzung	4...5mal, 4 cm	167,7	122,0	149,7	146,9	146,6
	4...5mal, 9 cm	151,3	115,8	142,7	131,2	135,2
GD α 5 %	Faktor B	9,8	6,6	9,5	10,4	5,7

Im Trockenjahr 2006 lagen die Erträge aller Sorten im Bereich von 120 dt/ha TM, während im Jahr 2007 mit hohen Niederschlägen Erträge von über 150 dt/ha TM erreicht wurden. Die hohen Erträge von 2007 sowie im Jahr 2008 erzielten die Sorten mit deutlich reduzierten Bestandesdichten gegenüber den

Vorjahren, so dass bei gutem Wasserangebot weniger aber kräftig ausgebildete Luzernepflanzen auch im dritten und vierten Hauptnutzungsjahr zu hoher Biomassebildung fähig waren. Bei vier- bis fünfmaliger Nutzung und „Tiefschnitt“ lagen die mittleren TM-Erträge gegenüber „Normalschnitt“ um signifikant 11,4 dt/ha TM (+ 7,7 %) höher. Da ständiger Tiefschnitt die Luzerne schwächt und bei der Ernte mehr faser- und rohaschereiche Pflanzenteile erfasst werden, sollte aus Futterqualitätsgründen bei Luzerne eine Schnitthöhe von 8 bis 10 cm eingehalten werden. Auf längere Stoppel abgelegtes Mähgut trocknet besser und verschmutzt weniger. Längere Stoppeln sammeln in sommerlichen Trockenperioden mehr Tau, so dass die Pflanzen Wassermangel besser tolerieren können. Für Luzerne ist auf dem untersuchten Standort aus der Sicht der Futterqualität, des Ertrages und der Ausdauer eine Vierschnittnutzung mit einer Schnitthöhe von 8 bis 10 cm anzustreben.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Zeitraum von 2005 bis 2008 wurde im Land Brandenburg auf einem lehmigen Sandboden (~ 35 Bodenpunkte) in trockener Lage ein Parzellenversuch zum Anbau von Luzerne in Abhängigkeit von der Sorte (*Planet*:D, *Kisvardai* : H, *Luzelle*:F, *Pastbitschnij 88*: RUS) sowie der Nutzung (Schnitthäufigkeit und -höhe) durchgeführt. Prüfmerkmale waren die Bestandesdichte (Pfl./m²) und der TM-Ertrag.

Nach Sommerblanksaat (August 2004) wiesen im Jahr 2005 die Bestände mit den Sorten *Planet* und *Kisvardai* deutlich höhere Bestandesdichten auf als jene mit den Sorten *Luzelle* und *Pastbitschnij 88*. Die Trockenheit des Jahres 2006 führte bei allen Sorten zu einem starken Rückgang der Pflanzenzahlen, insbesondere in der Variante mit „Tiefschnitt“ (3 bis 5 cm), so dass diese Bestände bis ins vierte Hauptnutzungsjahr 2008 die geringsten Bestandesdichten und die höchsten Anteile an eingewanderten Arten aufwiesen. Die weidetoleranteren Sorten *Luzelle* und *Pastbitschnij 88* reagierten auf häufigen Tiefschnitt mit noch stärkerem Rückgang ihrer Bestandesdichten als die „Mähtypen“ *Planet* und *Kisvardai*. Bei Prüfungen auf Weidetoleranz von Luzerne müssen Weidetiere einbezogen werden.

In Jahren mit guter Niederschlagsversorgung erreichten die geprüften Luzernesorten mittlere TM-Erträge von 140 bis 150 und in Trockenjahren von 120 dt/ha und dies ohne Einsatz von mineralischem Stickstoff. Durch 4- bis 5malige Nutzung und „Tiefschnitt“ wurden gegenüber normaler Schnitthöhe von 8 bis 10 cm mittlere Mehrerträge von 11 dt TM erzielt. Luzerne sollte auf lehmigen Sandböden aus Gründen der Futterqualität, des Ertrages und der Ausdauer vierschnittig bei einer Schnitthöhe von 8 bis 10 cm genutzt werden. Eine Mähweidenutzung von Luzerne/Luzernegras-Gemengen sollte sowohl in Parzellen- als auch in Praxisversuchen untersucht werden.

Literatur

CHARRIER, X., EMILE, J. C., GUY, P. (1993): Recherche de géotypes de luzerne adaptés au pâturage. *Fourrages* 135, 507-510.

- CZIEHSO, H. (1990): Untersuchungen zum Anbau von Weideluzerne in Mecklenburg. *Dissertation*. Universität Rostock.
- GLĄB, T. (2008): Effects of tractor wheeling on root morphology and yield of lucerne (*Medicago sativa* L.). *Grass and Forage Science* 63: 398-406.
- KOLZOV, A. W. (2002): Produktivität von weidetoleranter Luzerne in Reinsaat und im Luzernegras-Gemenge (russ.). *Dissertation*. Timirjasew-Akademie Moskau.
- MOSIMANN, E., CHALET, C., LEHMANN, J., SCHUBIGER, F. X., BRINER, H. U. (1995): Essais de variétés de luzerne 1992-1994. *Revue suisse Agric.* 27 (2): 107-110.
- MÄRTIN, B., SCHMIDT, L. (1988): Luzerne und Luzernegras. In: BREUNIG, W. *et al.*, (1988): Futterproduktion, S. 60-70. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.
- PECETTI, L., ROMANI, M., DE ROSA, L., PIANO, E. (2008): Selection of grazing-tolerant lucerne cultivars. *Grass and Forage Science* 63: 360-368.
- SIMON, WILH. (1993): Grundfutter für Qualitätsmilch. Selbstverlag. 2. Aufl., Falkensee.
- STOCK, H.-G., DIEPENBROCK, W. (1999): Agronomische Artenpässe landwirtschaftlicher Nutzpflanzen. Shaker Verlag. Aachen.
- WILLNER, E. (2007): Schriftliche Mitteilung. IPK Genbank Gatersleben, Außenstelle Nord Malchow / Poel.

Einfluss der Beregnung auf Futterertrag und –qualität von Bergwiesen in Südtirol

G. Peratoner, S. Gottardi, U. Figl, A. Kasal, A. Bodner, M. Thalheimer

Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg,
Pfatten, I-39040 Auer (BZ); E-Mail: Giovanni.Peratoner@provinz.bz.it

Einleitung und Problemstellung

Die künstliche Beregnung hat sich vor allem im letzten Jahrzehnt aufgrund der wiederkehrenden Trockenperioden auch im Grünland stark verbreitet. Die Beregnung kann Mängeln an pflanzenverfügbarem Wasser vorbeugen und daher hohe, stabile Futtererträge sichern (Troxler *et al.*, 1992). Das ist besonders wichtig an südexponierten Hanglagen der Bergregionen in den Südalpen, bei denen sich die Trockenperioden sehr negativ auf die Vegetation auswirken. Selbst in Gebieten, die im Allgemeinen kein trockenes Klima aufweisen, wurden in den letzten Jahren Bewässerungsanlagen errichtet. Dabei ist von großer Bedeutung, den Ertragsgewinn in Abhängigkeit der Beregnung zu quantifizieren, um die Beregnungsgaben zu optimieren und die Kalkulation der Wirtschaftlichkeit der Investition zu erleichtern. Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Quantifizierung des Einflusses der Beregnung auf den Ertrag und die Futterqualität, auch unter Berücksichtigung der natürlichen Niederschlagsmenge.

Material und Methoden

Die zweijährige Untersuchung (2006-2007) erfolgte anlässlich des Baues einer neuen Beregnungsanlage mit fixem Turnus in der Gemeinde Aldein (Südtirol, Italien). Alle Messungen erfolgten in Dauerbeobachtungsflächen auf 2- bis 3-schnittigen Goldhaferwiesen zwischen 1.050 und 1.250 m ü. NN, die an südwestgerichteten Hängen liegen (Tab. 1).

Tab. 1: Standortlage und –eigenschaften.

Standort Nr.	Geographische Lage	Höhe (m ü. NN)	Neigung (%)	Exposition
1	11°20'17" E; 46°21'50" N	1.095	10	SW
2	11°21'56" E; 46°21'41" N	1.240	24	SW
3	11°20'33" E; 46°21'20" N	1.050	31	SSW

Im Jahr 2006 wurden vier Bewässerungsvarianten und unbewässerte Kontrollparzellen an den Standorten 1 und 2 bei einer Schnitthäufigkeit von 3 Schnitten pro Jahr untersucht. Zwei Varianten sahen die Verabreichung einer einzelnen wöchentlichen Gabe von 25 mm bzw. 35 mm vor. Bei zwei weiteren Varianten wurden dieselben Mengen in zwei Gaben pro Woche aufgeteilt. Bei den Kontrollflächen wurde die Beregnungsanlage ausgeschaltet oder Flächen

verwendet, die vom Beregnungswasser nicht erreicht wurden. Im Jahre 2007 wurde der Versuch bei den Standorten 2 und 3 nach dem selben Untersuchungsschema fortgesetzt, die Behandlungen mit einer Beregnungsmenge von 35 mm/Woche wurden allerdings ausgelassen. In diesem Jahr wurden die Wiesen nur zweimal gemäht. Die Entfernung der Dauerbeobachtungsflächen von den Beregnern wurde anhand der Messung der entsprechenden Beregnungskurve festgelegt. Vor Versuchsbeginn wurde die botanische Zusammensetzung der Vegetation aufgenommen und deren Homogenität auf allen Flächen innerhalb jedes Standortes geprüft. Pro Behandlung, Betrieb und Schnitttermin erfolgten die Ertragserhebungen in vier Streifen (Pseudowiederholungen) mit einer durchschnittlichen Fläche von 8 m². Das Mähgut wurde mit einer Feldwaage gewogen und daraus wurde mit einem Probenbohrer für Grünlandversuche eine Mischprobe von 500 g für die Bestimmung des TS-Gehalts entnommen. Eine Futterprobe pro Standort und Schnitt wurde zusätzlich qualitativ untersucht. Der Zeitpunkt der Erhebungen wurde an die Schnittzeitpunkte der Betriebe angepasst (drei Schnitte im ersten Jahr und zwei im zweiten Jahr).

Der Effekt der Behandlungen im Jahr 2006 wurde mittels ANOVA überprüft. Post-hoc Tests wurden nach Tukey durchgeführt. Bei Verletzungen der ANOVA-Voraussetzungen wurden die Daten transformiert und rücktransformierte Mittelwerte dargestellt.

Um die Effizienz der Beregnung in Abhängigkeit der natürlichen Niederschläge abschätzen zu können, wurden die Daten der Wetterstation Radein (1560 m ü. NN; 11°23'45" E, 46°20'47" N) des Hydrographischen Amtes der Provinz Bozen herangezogen. Für jede Aufwuchsperiode wurde der langjährige Niederschlagsmittelwert von der entsprechenden Niederschlagssumme abgezogen, um die Niederschlagsabweichung (NAB) zu berechnen. Für die Behandlungen mit einer Beregnungsmenge von 25 mm/Woche wurde der Ertragsgewinn durch die Beregnung (EGB) durch Abzug des Ertrags der Kontrollflächen ermittelt. Die kausale Beziehung zwischen NAB und EGB wurde durch eine lineare Regression hergestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Jahr 2006 wirkte sich die Beregnung hochsignifikant auf den TM-Jahresertrag aus. Der Ertrag der beregneten Varianten war im Vergleich zur Kontrolle um etwa ein Drittel höher (Tab. 2). Weder die Erhöhung der Beregnungsgaben von 25 mm/Woche auf 35 mm/Woche, noch die Erhöhung der Beregnungshäufigkeit hatten einen Einfluss auf die Futterproduktion. Das Jahr 2006 erwies sich als ziemlich warm und trocken mit einem Defizit von 145 mm im Vergleich zum langjährigen Mittel während der Vegetationsperiode (April bis September). Unter den vorliegenden Bedingungen scheint also eine wöchentliche Beregnungsmenge als Standardmenge geeignet zu sein. Das kann unter anderem durch eine relativ niedrige Wasserspeicherkapazität der Böden bedingt sein, die zum Teil flachgründig sind. Am Standort 2 lag die Bodentiefe bei 17 cm.

Tab. 2: Effekt unterschiedlicher Beregnungsgaben und –häufigkeiten auf den TM-Ertrag (dt/ ha) in den Jahren 2006 und 2007. Auswertung im Jahr 2006 mit logarithmierten Daten. Mittelwerte ohne gemeinsame Buchstaben innerhalb jedes Jahres unterscheiden sich signifikant voneinander.

Behandlung	Jahr	
	2006	2007
Kontrolle	72,6 ^b	55,2 ^b
25 mm/Woche, 1 Gabe/Woche	114,3 ^a	80,6 ^a
25 mm/Woche, 2 Gaben/Woche	110,9 ^a	87,4 ^a
35 mm/Woche, 1 Gabe/Woche	114,0 ^a	-
35 mm/Woche, 2 Gaben/Woche	96,6 ^a	-

Im Jahr 2007 lagen die Jahreserträge in Folge einer reduzierten Schnitthäufigkeit auf einem niedrigeren Niveau als im vorherigen Jahr. Auch in diesem Jahr überstiegen die Erträge der beregneten Varianten diejenigen der Kontrolle um etwa ein Drittel und kein Effekt der Gabenteilung war zu beobachten.

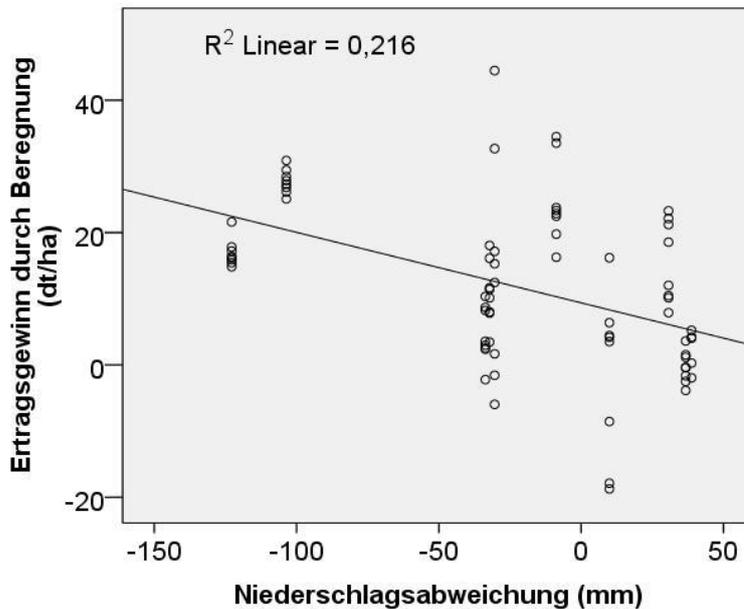


Abb. 1: Beziehung zwischen Niederschlagsabweichung vom langjährigen Mittelwert (NAB) und Ertragsgewinn durch die Beregnung (25 mm/Woche) (EGB).

Die Ergebnisse der linearen Regression wiesen eine hochsignifikante Beziehung zwischen NAB und EGB auf, die allerdings nicht eng war (Abb. 1). Somit wird deutlich, dass die Beregnung in Perioden mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen besonders wirksam wird. Das deutet darauf hin, dass eine Beregnung nach Bedarf die optimale Lösung darstellen würde. Zu diesem

Schluss kamen auch Calame *et al.* (1992) bei einer Untersuchung zur Bestimmung der optimalen Beregnung im Oberwallis.

Tab. 3: Futterqualität in Abhängigkeit von Beregnung und Schnitt (1. Schnitt bzw. Folgeschnitte). Die Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichung erfolgte unter Einbeziehung aller Standorte, Beregnungsvarianten und Jahre. ES = erster Schnitt, FS = Folgeschnitte.

Beregnung	Rohfaser (g/kg TM)		Rohprotein (g/kg TM)		Energiegehalt (MJ NEL/kg TM)	
	ES	FS	ES	FS	ES	FS
Unberechnet	270±40	250±17	149±29	169±13	5,78±0,38	5,87±0,15
Berechnet	284±22	273±25	137±23	162±17	5,61±0,19	5,62±0,32

Weniger deutlich war der Effekt der Beregnung auf die Futterqualität. Die erhobenen Daten deuten im Durchschnitt auf eine Verschlechterung einiger Qualitätsparameter hin (Tab. 3). Diese Daten sind nicht statistisch auswertbar und daher mit Vorsicht zu betrachten. Ein ähnliches Muster wurde von Troxler *et al.* (1992) für einige der von ihnen untersuchten Standorte im Oberwallis festgestellt. Diese Autoren führen die Qualitätsabnahme zum Teil auf das höhere Blatt/Stängelverhältnis bei Pflanzen mit Wassermangel zurück. Langfristig wurde allerdings eine Verbesserung der potentiellen Futterqualität von ähnlichen Wiesen durch die Anteilzunahme von guten Futterpflanzen im Bestand festgestellt (Jeangros *et al.*, 2001).

Schlussfolgerungen

Die vorliegende Untersuchung beweist den positiven Effekt der Beregnung auf den TM-Ertrag. Unter den gegebenen Bedingungen scheint eine Beregnung nach fixem Turnus mit mehr als 25 mm/Woche nicht empfehlenswert. Die Teilung der Gabe hatte keinen Einfluss auf den Ertrag. Die Ergebnisse weisen außerdem darauf hin, dass eine Beregnung nach Bedarf die optimale Lösung darstellt. Die Beregnung führte zu keiner Verbesserung der Futterqualität.

Literatur

- CALAME, F., TROXLER, J., JEANGROS, B. (1992): Bestimmung der Wassermenge für eine optimale Beregnung von Naturwiesen im Goms (Oberwallis). *Landwirtschaft Schweiz* 5, 181-187.
- JEANGROS, B., BERTOLA, C. (2001): Auswirkung der Beregnung auf die Dauerwiesen einer Bergregion. *Agrarforschung* 8, 174-179.
- TROXLER, J., JEANGROS, B., CALAME, F. (1992): Einfluss der Beregnung auf den Pflanzenbestand, den Futterertrag und den Nährwert von Naturwiesen im Goms (Oberwallis). *Landwirtschaft Schweiz* 5, 109-116.

Analyse des Anbaupotentials tanninreicher Futterpflanzen

M. Goeritz, R. Loges und F. Taube

Tel.: 0431/880-1516 / Fax: 0431/880-4568

E-Mail: mgoeritz@email.uni-kiel.de

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Institut für Pflanzenbau und -züchtung - Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau
Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

Einleitung und Problemstellung

Aufwüchse von Grünland und Ackerfutterflächen sind reich an ruminal schnell abbaubarem Protein. Der schnelle Abbau beeinträchtigt die Verwertbarkeit des Proteins für den Körper, da ein bedeutender Proteinanteil bereits über den rumino-hepatischen Kreislauf zu Ammoniak abgebaut und über den Harn ausgeschieden wird. Hohe N-Verluste (25-35%) sind die Folge (MIN *et al.*, 2000). Sekundäre Futterpflanzen mit einem hohen Gehalt an kondensierten Tanninen können eine Lösung für dieses Problem darstellen. Kondensierte Tannine bilden mit Proteinen im pH-neutralen Bereich des Pansens stabile Komplexe, welche vor ruminalen Abbau geschützt sind. Diese Tannin-Protein-Komplexe gelangen in den sauren Labmagen, wo sie wieder gelöst und die Proteine zu Aminosäuren abgebaut, welche im Dünndarm resorbiert werden können. Als Folge verringern sich die N-Verluste über den Harn, die Versorgung mit Aminosäuren wird ausgeglichen und die Ausnutzung des mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs effizienter (DOUGLAS *et al.*, 1995; MIN *et al.*, 2003). Voraussetzung für die Nutzung der Vorteile kondensierter Tannine ist insbesondere im ökologischen Landbau der ertragreiche und -stabile Anbau tanninreicher Futterpflanzen mit hoher Futterqualität. Das Ziel dieser Arbeit ist, das Anbaupotential sekundärer Futterpflanzen mit günstigem Tanningehalt unter ökologischen Anbaubedingungen zu ermitteln.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsgut „Lindhof“ der Universität Kiel (östliches Hügelland Schleswig-Holstein, Bodenart: sL mit durchschnittlich 40 BP) in den Jahren 2007 und 2008 mit insgesamt elf potentiell tanninhaltigen Leguminosen- und Kräuterarten (Espargette, Gelber Steinklee, Galega (*G. orientalis*), Schwedenklee, Hornklee, Luzerne und Weißklee; Zichorie, Kleiner Wiesenknopf, Spitzwegerich und Löwenzahn) in Reinsaat bzw. Gemengeanbau durchgeführt (Tab. 1). Der Versuch wurde so angelegt, dass in den beiden Jahren '07 und '08 parallel Bestände im ersten bzw. zweiten Hauptnutzungsjahr (HNJ) beprobt werden konnten. Die Zielarten wurden auf ihre Anbaueignung, Ertragsleistung und Futterqualität sowie Tanningehalte bei differenzierter Bewirtschaftung untersucht. Als Referenzpflanzen

wurden Rotklee und Dt. Weidelgras angebaut. Unter anderem wurde der Einfluss der Bewirtschaftungsfaktoren Bestandesalter (1. versus 2. HNJ) und Saadmischung (Anbau als Reinsaat bzw. im Gemenge mit einer Saadmischung aus Deutschem Weidelgras und Rotklee) erfasst. Eine moderate Düngeapplikation erfolgte nur im Frühjahr in Form von granuliertem PK. Der Versuch wurde im Split-Plot-Design mit drei Feldwiederholungen angelegt.

Tab. 1: Anordnung der Zielarten in den Anbausystemen

		GS	Gal	Esp	SK	HK	Lu	WK	Zi	KW	Sp	Lö
Reinsaat	1-J	x		x	x	X	x	X	x	x	X	x
	2-J	x	x	x	x				x	x	X	x
Gemenge	1-J	x		x	x		x	X	x	x	X	x

GS=Gelber Steinklee, Gal=Galega, Esp=Esparsette, SK=Schwedenklee, HK=Hornklee, Lu=Luzerne, WK=Weißklee, Zi=Zichorie, KW=Kleiner Wiesenknopf, SP=Spitzwegerich, Lö=Löwenzahn, (RK=Rotklee, DW=Deutsches Weidelgras)

Die Beprobungen erfolgten jeweils zu den vier Schnittterminen. Dabei wurden sowohl quantitative als auch qualitative Proben genommen. Für die Bestimmung der Trockenmassen der Zielpflanzen bzw. deren Ertragsanteile im Gemenge wurde jeweils $\frac{1}{4}$ Quadratmeter beerntet und das evtl. in Zielarten, Gemengepartner und Beikraut fraktionierte Material bei 58°C über 48 Stunden getrocknet. Parallel wurde zu jeder Ertragsprobe eine Qualitätsprobe der Zielarten zur späteren Tanninganalyse tiefgefroren. Die Bestimmung der Tanningehalte erfolgte anhand der Butanol-HCl-Methode nach TERRILL *et al.* (1992). Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistical Analysis System (SAS) durchgeführt. Die Varianzanalysen erfolgten mittels der Prozedur GLM und die multiplen Mittelwertvergleiche mit dem Student-Newman-Keuls-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 2 sind die ermittelten, durchschnittlichen Gehalte an kondensierten Tanninen der verschiedenen Zielpflanzen im Versuchsjahr 2007 dargestellt. Als interessante Arten unter den Leguminosen zeichnen sich die Esparsette und der Hornklee aus.

Tab. 2: Durchschnittliche Tanningehalte der untersuchten Arten (% TM)

Leguminosen		Kräuter		Referenzpflanzen	
Gelber Steinklee	0,08	Zichorie	0,10	Rotklee	0,46
Galega	0,09	Kleiner Wiesenknopf	0,56	Dt. Weidelgras	0,07
Esparsette	6,98	Spitzwegerich	0,15		
Schwedenklee	0,89	Löwenzahn	0,11		
Hornklee	3,11				
Luzerne	0,08				
Weißklee	0,74				

Reinsaaten im 1. HNJ: Bei der Gegenüberstellung der Jahres-TM-Erträge der Zielpflanzenreinsaaten im ersten HNJ zeigen sich große Differenzen sowohl zwischen den Versuchsjahren als auch zu den Referenzpflanzen Rotklee und Deutsches Weidelgras. Die tanninreiche Esparsette wies unter den Leguminosen durchweg die niedrigsten Erträge auf, was auf für sie ungünstige Wachstumsbedingungen zurückzuführen ist (vergleichsweise geringe Calciumgehalte im Boden). Der Hornschotenklee (TM 40-53 dt/ha) hatte im Vergleich zum Rotklee (TM 90-100 dt/ha) eine mittlere Ertragsleistung, wies aber eine gewisse Ertragsstabilität zwischen den Jahren auf. Das gleiche gilt für Schwedenklee (TM 53-62 dt/ha) und Weißklee (TM 54-58 dt/ha). Luzerne und Zichorie zeigten starke Ertragschwankungen zwischen den Jahren, was möglicherweise auf das extrem trockene Frühjahr 2008 zurückzuführen ist. Die verbleibenden Arten waren eher ertragsschwach (Abb. 1).

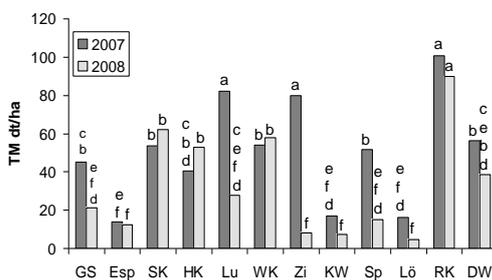


Abb. 1: TM-Erträge der Reinsaaten im 1. HNJ in den Jahren 2007 und 2008 (GD 0,05)

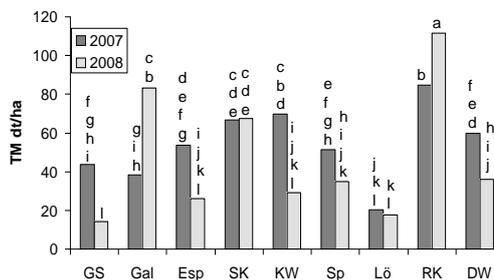


Abb. 2: TM-Erträge der Reinsaaten im 2. HNJ in den Jahren 2007 und 2008 (GD 0,05)

Reinsaaten im 2. HNJ: Bei der Betrachtung der Reinsaaten im 2. HNJ (Abb. 2) fällt auf, dass die Esparsette ihr Ertragsniveau im Vergleich zur einjährigen Variante erhöht und sich besonders in den im Jahr 2007 beprobten Parzellen besser etabliert hat (TM 54 dt/ha). Schwedenklee (TM 67 dt/ha) und die nur in den zweijährigen Reinsaaten vertretene Galega (TM 83 dt/ha) zeigen mittlere bis gute Ertragsleistungen. Galega ist jedoch wegen ihrer niedrigen Tanningehalte in Bezug auf die Zielstellung ungeeignet. Beim Vergleich der Versuchsjahre untereinander wird deutlich, dass nur Rotklee und Galega im Jahr 2008 höhere Erträge als 2007 erzielt haben. Die anderen Arten zeigten bessere Leistungen im Jahr 2007. Diese Beobachtung kann auf die ungünstigeren Bedingungen bei der Etablierung der in 2008 beprobten Fläche zurückgeführt werden.

Rein- und Gemengesaaten im 1. HNJ: Beim Vergleich der TM-Erträge der Rein- und Gemengesaaten fällt die geringe Konkurrenzkraft der Zielpflanzen gegenüber den Gemengepartnern Rotklee und Deutsches Weidelgras auf. Die tanninreiche Esparsette war im Gemenge mit einem TM-Ertrag von unter 1 dt/ha (Abb. 3) und einem Anteil von unter 1% (Abb. 4) die schwächste Pflanze. Schwedenklee, Luzerne, Weißklee und Spitzwegerich zeigten mit 6-36% mittlere Ertragsanteile. Auch hier schwanken die Werte zwischen den Jahren stark (Abb. 4).

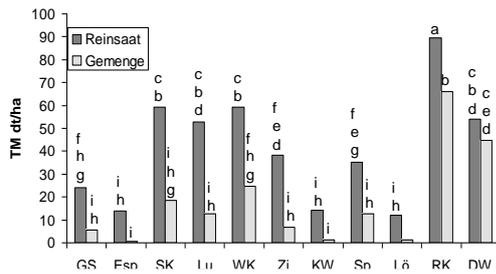


Abb. 3: TM-Erträge der Reinsaat und Gemenge im 1. HNJ in den Jahren 2007 und 2008 (GD 0,05)

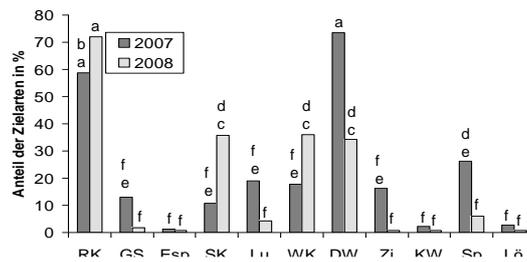


Abb. 4: Prozentanteile der Zielpflanzen im Gemenge in den Jahren 2007 und 2008 (GD 0,05)

Schlussfolgerungen

Aufgrund der geringen Ertragsleistungen und fehlenden Konkurrenzkraft der Esparssette auf für sie weniger geeigneten Böden, ist sie trotz ihres hohen Tanningehaltes für den breitflächigen Anbau als tanninreiches Futter ungeeignet. Ob bodenverbessernde Maßnahmen (z. B. Aufkalkung) sinnvoll sind und ihre Anbaueignung steigern können, sollen weitergehende Studien klären. Der hohe Tanningehalt und die mittleren Ertragsleistungen des Hornklee als einjährige Pflanze lassen hingegen ein gewisses Anbaupotential erkennen. Aber auch hier sind weitere Untersuchungen notwendig. Derzeit werden die Futterqualitätsparameter (Gehalte an RP, MJ NEL, ADF und NDF) sowie die Gesamtphenolgehalte der Arten untersucht um die Beurteilung der untersuchten alternativen Futterpflanzen abzurunden.

Literatur

- DOUGLAS, G. B., Y. WANG, G. C. WAGHORN, T. N. BARRY, R. W. PURCHAS, A. G. FOOTE, G. F. WILSON (1995): Liveweight gain and wool production of sheep grazing *Lotus corniculatus* and lucerne (*Medicago sativa*). New Zealand J. Agric. Res. 38, 95-104.
- MIN, B. R., W. C. MCNABB, T. N. BARRY, J. S. PETERS (2000): Solubilization and degradation of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (EC 4.1.1.39; Rubisco) protein from white clover (*Trifolium repens*) and *Lotus corniculatus* by rumen microorganisms and the effect of condensed tannins on these processes. J. Agric. Sci. Cam. 134, 305-317.
- MIN, B. R., T. N. BARRY, G. T. ATTWOOD, W. C. MCNABB (2003): The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperat forages: a review. Animal Feed Science and Technology 106, 3-19.
- TERRILL, T. H., ROWAN, A. M., DOUGLAS, G. B., BARRY, T. N.. (1992): Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. J. Sci. Food Agr. 58: 321-329.

Silierung von Gras unter schwierigen Erntebedingungen

K. Hünting¹; T. Aymanns¹; M. Pries²

¹) Landwirtschaftszentrum Haus Riswick der Landwirtschaftskammer NRW;

Eisenpaß 5; 47533 Kleve; klaus.huenting@lwk.nrw.de

²) Referat Tierproduktion der Landwirtschaftskammer NRW

Einleitung und Problemstellung

In Pflanzenbeständen die nicht oder kaum angewelkt werden können und in denen nicht in ausreichenden Maße Zucker vorhanden ist, um den pH-Wert im Silierprozeß ausreichend weit abzusenken steigt das Risiko der Fehlgärung durch Buttersäure produzierende, bodenbürtige Bakterien der Gattung *Clostridium* deutlich an (Pahlow *et al.*, 2003). Bei der Entstehung von Buttersäure entstehen zum einen hohe Trockenmasse- und energetische Verluste (Wilkinson *et al.*, 2003) die einhergehen mit einer deutlichen Reduktion der Futteraufnahme bei Milchkühen (Weiss *et al.*, 2003). Da aber die Beerntung derartiger Pflanzenbestände unter bestimmten Umständen nötig sein kann, gilt es, den Silierprozeß dahingehend zu beeinflussen, dass es nicht oder nur in geringen Maße zur Entstehung der unerwünschten Buttersäure kommt. Der nachfolgend beschriebene Versuch schildert eine Möglichkeit auch unter schwierigen Bedingungen gute Gärqualitäten zu realisieren.

Material und Methoden

Der Silierversuch wurde nach den Vorgaben der DLG zur Prüfung auf Gütezeichenfähigkeit in der Wirkungsrichtung 1A angestellt (DLG 2000). Hierbei wurde eine unbehandelte Kontrollvariante (K) verglichen mit Material, was mit einer Kombination aus gepufferter Ameisensäure und homofermentativen Milchsäurebakterien (C+hoMSB) behandelt wurde. In jeweils dreifacher Wiederholung wurde die Säurungsgeschwindigkeit über den pH-Wert drei Tage nach der Einlagerung bestimmt. Die Bestimmung der Gärverluste erfolgte durch wiegen der Gläser zum Ende der 90 tägigen Lagerdauer. Analog der Prüfrichtlinie erfolgte die Überprüfung der Lagerstabilität nach 49 Tagen Lagerdauer mit vorherigem zweimaligem Luftstress. Aus dem zur Bestimmung der Gärqualität 90 Tage gelagerten Material von Behandlung und Kontrollvariante wurde jeweils eine Mischprobe erstellt und an der Universität Hohenheim auf Inhaltsstoffe und Gärsäuremuster untersucht. Abweichend von der Prüfrichtlinie wurde noch nach 90 tägiger Lagerdauer die Lagerstabilität ohne vorherigen Luftstress ermittelt. Der Silierversuch wurde mit dem vierten Aufwuchs einer Acker-Klee gras Mischung (60% *Trifolium repens*, 20% *Trifolium pratense*, 20% *Lolium multiflorum*) durchgeführt, der vor dem Aufwuchs mit 20m³ /ha Rindergülle gedüngt worden war. Nach der Ernte wurde das Material mit einem Laborhäcksler zerkleinert und leicht angewelkt. Anschließend wurde es in Laborsilos einsiliert. Zur Erhöhung des Risikos der Fehlgärung wurde das

Material zum einen mit 45 g Clostridiensporen haltigen Boden und des weiteren, zur Erhöhung der Pufferkapazität, mit 15 g kohlensuren Kalk je Kg Frischmasse (FM) versetzt. Die Applikation der gepufferten Ameisensäure und der Milchsäurebakterien erfolgte nicht als Mischung, sondern nacheinander mit einer Aufwandmenge von 4,4 l/t FM für die Säurekomponente und 1 g/t FM gelöst in 1 l Wasser für die Bakterien.

Ergebnisse und Diskussion

Der Trockenmassegehalt im Ausgangsmaterial befindet sich mit 259 g/kg im typischen Bereich für schwer silierbare Grassilage. Resultierend aus der Zugabe des Bodens ist der ermittelte Aschegehalt ist mit 281 g/kg TM annähernd drei mal so hoch wie die empfohlenen Werte für gute Grassilage (SPIEKERS 2006). Sowohl die ermittelten sehr hohen Werte für Rohprotein (230 g/kg TM) als auch die des Rohfasergehalts (130 g/kg TM) (siehe Tab. 1) deuten auf sehr junges Material hin. Im Ausgangsmaterial wurde ein niedriger Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten von nur 45 g/kg TM bestimmt. Dieser Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten und die ermittelte hohe Pufferkapazität von 70 g Milchsäure/kg TM in Verbindung mit dem ermittelten Trockenmassegehalt führen zu einem Vergärbarkeitskoeffizienten von 31, der das Material als schwer silierbar klassifiziert. Der Besatz an natürlich vorkommenden Milchsäurebakterien ist mit log 5,9 KBE/g als ausreichend hoch anzusehen. Gemäß den Vorgaben von WEIßBACH und HONIG (1996) ist bei einem ermittelten Vergärbarkeitskoeffizienten von 31 eine stabile Gärung eher unwahrscheinlich.

Tab. 1: Übersicht über die Inhaltsstoffe des Ausgangsmaterials

Trockenmasse,	g/kg	259
Rohasche,	g/kg TM	281
Rohprotein,	g/kg	230
Rohfett	g/kg	28
Rohfaser,	g/kg	130
Wasserlösliche Kohlenhydrate,	g/kg TM	45
Nitrat,	mg/kg TM	1393
Pufferkapazität,	g Milchsäure/ kg TM	70
Milchsäurebakterien,	KBE/g log	5,9
Vergärbarkeitskoeffizient		31

Hinsichtlich der Säuerungsgeschwindigkeit wurde am 3. Tag sowohl für die Kontrolle (pH5,6) als auch für die behandelte Variante (pH 5,4) nur eine schwache Ansäuerung ermittelt (siehe Tab. 2). Nach 90 Tagen Lagerdauer wurde für beide Varianten ein Anstieg des pH-Wertes festgestellt. Während bei der Kontrolle mit einem Wert von pH 6,4 ein Anstieg auf das Niveau von unsilierem Material festgestellt wurde, war der Anstieg beim mit C+hoMSB behandelten Klee gras auf pH 5,7 deutlich geringer und gegenüber der Kontrolle

signifikant verschieden. In beiden Varianten waren die ermittelten Werte aber weit außerhalb des Zielwertes des DLG Schlüssels (DLG 2006) für Silagen mit TM-Masse Gehalten von <300 g/kg. Der für die Kontrollvariante ermittelte deutliche Anstieg des pH-Wertes im Verlauf des Silierprozesses, NH₃-N Anteile von etwa 20 %, geringe Milchsäuregehalte von <20 g/kg TM und Buttersäuregehalte von 24 g/kg TM (siehe

Tab. 3) deuten bei der unbehandelten Kontrolle auf eine klassische, durch Clostridien bestimmte Fehlgärung (Pahlow 2006).

Tab. 2: pH-Werte nach 3 und 90 Tagen Lagerdauer, Gärverluste und Lagerstabilität

Mittel	Kontrolle	C+hoMSB
pH-Wert 3. Tag	5,6	5,4
pH-Wert 90. Tag	6,4	5,7*
Verluste nach 90 Tagen, %	11,7	9*
Stabilität, Tage (49. Tag)	8,2	11,6*
Stabilität, Tage (90. Tag)	12,5	6,8*

* signifikante Differenzen mit $p < 0,05$

Für die Kontrollvariante wurden weniger als 30 Punkten nach dem DLG Bewertungsschlüssel für Grünfuttersilagen berechnet und somit wurde die Silage hinsichtlich der Qualität als „sehr schlecht“ eingestuft (DLG; 2006). Durch die Behandlung des Materials mit C+hoMSB wurde die Qualität deutlich verbessert: die Erhöhung des Milchsäuregehalts war gegenüber der unbehandelten Kontrolle ebenso signifikant, wie die Reduktion der gebildeten Buttersäure. Sie war in der behandelten Variante mit unter 3 g/kg TM im Rahmen der Werte, die vom DLG Schlüssel gefordert werden. Durch einen moderaten Essigsäuregehalt von 27g/kg TM konnten für diese Variante 83 DLG Punkte berechnet werden, die für diese Silage zu einer Bewertung mit der Note „gut“ führte. Den Gärverlusten der unbehandelten Kontrolle von 11,7 % (nach WEIßBACH, 1998) stehen signifikant niedrigere Verluste von 9 % für die mit C+hoMSB behandelte Variante gegenüber. Ebenfalls wurden geringere NH₃-N Anteile gegenüber der Kontrolle ermittelt, die jedoch nicht statistisch absicherbar waren (Tab. 3). Nach 49 Tagen Lagerdauer mit zweimaligem Luftstress wurde für die unbehandelte Kontrolle eine sehr gute Lagerstabilität von mehr als 8 Tagen ermittelt. Die mit C+hoMSB behandelten Silagen waren noch mehr als drei Tage und somit signifikant länger stabil. Für die unbehandelte Kontrollsilage wurde im Stabilitätstest nach 90 Tagen Lagerdauer ohne Luftstress mit 12,5 Tagen eine deutlich bessere Lagerstabilität ermittelt, als für die hinsichtlich der Gärqualität deutlich besser vergorene, mit C+hoMSB behandelte Variante (6,8 Tage).

Tab. 3: Analysenergebnisse für das silierte Material

	Kontrolle	C+hoMSB
NH ₃ , % des Gesamt-N	19,3	14,2
Milchsäure, g/kg TM	18	46*
Essigsäure, g/kg TM	17	29
Buttersäure, g/kg TM	24	3*
Propionsäure, g/kg TM	3	2
Ethanol, g/kg TM	3	3
DLG-Punkte	23	83

* signifikante Differenzen mit $p < 0,05$

Schlussfolgerungen

Der beschriebene Versuch zeigt, dass durch Verwendung von gepufferter Ameisensäure und homofermentativer Milchsäurebakterien auch unter schwierigsten Erntebedingungen gut vergorene Silage produziert werden kann. Vorausgesetzt ist jedoch die getrennte Applikation der beiden Komponenten, da die Bakterien sonst abgetötet würden (KUNG *et al.*, 2003), und anschließend eine spontane Fermentation einsetzen würde, die nicht sicher eine vergleichbar gute Fermentation mit sich bringen würde, wie sie durch die homofementativen Bakterien erzielt wird.

Literatur

- DLG (2000): DLG-Richtlinie zur Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichen-Fähigkeit DLG, Frankfurt a. M.
- DLG (2006): DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung
- KUNG L., STOKES, M.R. und LIN, C.J. (2003): *Silage Science and Technology*, Agronomy No.42; S. 328ff
- PAHLOW G., MUCK, R.E., DRIEHUIS, F., OUDE ELFERINK, S.J.W.H und SPOELSTRA, S.F. (2003): *Silage Science and Technology*, Agronomy No.42; S. 49ff
- PAHLOW G. (2006): *Praxishandbuch Futterkonservierung*, 7. Auflage DLG-Verlag Frankfurt a. M., S.16
- SPIEKERS, H. (2006): *Praxishandbuch Futterkonservierung*, 7. Auflage DLG-Verlag Frankfurt a. M., S.8
- WEISS, W.P., CHAMBERLAIN, D.G. und HUNT, C.W. (2003): *Silage Science and Technology*, Agronomy No.42; S. 489
- WEIßBACH, F. und HONIG H. (1996): Über die Vorhersage und Steuerung des Gärungsverlaufs bei der Silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. *Landbauforschung Völkenrode*, Heft 1,10-17, Germany
- WEIßBACH, F (1998): Zur Methodik der Ermittlung der Gärverluste bei der Silierung; *Jahresbericht der FAL*; S. 26
- WILKINSON, J.M., BOLSEN, K.K., und LIN, C.J. (2003): *Silage Science and Technology*, Agronomy No.42; S. 17

Futterwert und Stickstoffbilanz von Silomais in gras- und klee grasbasierten Fruchtfolgen

T.Kalmlage ¹⁾, M. Kayser, ¹⁾ und J.Isselstein, ²⁾

¹⁾Universität Göttingen -Außenstelle Vechta-, Driverstr. 22, 49377 Vechta

²⁾Universität Göttingen -Department für Nutzpflanzenwissenschaften-, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Die Bedeutung des Maisanbaus nimmt in der landwirtschaftlichen Praxis stetig zu. Den produktionstechnischen und ökonomischen Vorteilen von Mais stehen verschiedene negative Einflüsse auf die Umwelt gegenüber. Bereits seit den 80er Jahren wird dem Maisanbau im Vergleich zu anderen Feldfrüchten eine verstärkte Nitratbelastung des Grundwassers zugeschrieben (KELM et al., 2007, BOBE et al., 2003; REMY, 1991).

Die Stickstoffernährung des Maises spielt im Hinblick auf das Nitrataustragsrisiko eine wichtige Rolle. Über die Gestaltung der Fruchtfolge und die N-Düngung kann das Austragsrisiko beim Maisanbau reduziert werden (KALMLAGE et al., 2008; STAUFFER et al., 2005), es kann aber der Ertrag und die Qualität beeinflusst werden. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es zu prüfen, ob durch die Wahl von klee gras- und grasbasierten Fruchtfolgabschnitten der Futterwert des Silomaises beeinflusst wird. Die Qualität des angebauten Maises ist dabei ein wichtiger Faktor zur Beurteilung der Eignung solcher Anbauverfahren.

Material und Methoden

Im Rahmen eines Feldversuchs wurden zwei Ackergras/Düngungssysteme im Fruchtfolgeabschnitt ‚Einjähriges Feldgras/Silomais‘ vergleichend geprüft. Der Versuch wurde an zwei Standorten mit je drei Wiederholungen durchgeführt. Bei Standort 1 handelt es sich um einen Plaggenesch aus lehmigem Sand. Standort 2 ist ein schwach schluffiger, anthropogener Sandboden, der ab einer Tiefe von ca. 70 cm aus reinem Sand besteht.

In der ersten Variante wurde Rotklee im Gemenge mit Weidelgräsern ohne eine Stickstoffdüngung angebaut, der folgende Mais erhielt eine reduzierte Stickstoffdüngung (N23). In der zweiten Variante wurde mit Stickstoff gedüngtes (360 kg N/ha) Welsches Weidelgras angebaut und der nachfolgende Silomais wurde standortsüblich mit Stickstoff gedüngt (N180). Die Klee gras- und Grasparzellen (96 m²) wurden im Jahr 2006 viermal beerntet. Im Frühjahr 2007 erfolgte der Umbruch der Parzellen und es wurde Mais nachgebaut (Tab. 1). Der Mais wurde Anfang Oktober als ganze Pflanze geerntet.

Tabelle 1: Übersicht des Versuchsablaufs, der Ansaatmengen und N-Düngung.

Versuchsanlage Herbst 2005	im	Ackergras	
		45 kg/ha mit 29% Rotklee	45 kg/ha ohne Rotklee
1. Jahr (2006)		0 kg N/ha	360 kg N/ha
2. Jahr (2007)		Umbruch und Ansaat Silomais	
		23 kg N/ha*	180 kg N/ha

*Unterfuß bei Saat

Die Pflanzenproben wurden bei 60 °C getrocknet und auf 1 mm vermahlen. Die Nährstoffgehalte des Pflanzenmaterials wurde mittels Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) geschätzt und die Bestimmung des Rohaschegehalts erfolgte nach der VDLUFA-Methode (VDLUFA-Methodenbuch Bd. III, Kap. 8.1).

Auf beiden Versuchsstandorten wurde zur Beprobung des oberflächennahen Sickerwassers eine Saugkerzenanlage eingesetzt. Die Sickerwassermenge wurde mit dem Wasserhaushaltsmodell „Simpel - Version 2“ nach HÖRMANN (1998) berechnet. Der Nitrataustrag wurde als Produkt aus Sickerwassermenge und Nitratkonzentration ermittelt.

Als Maß für den Futterwert wurde die metabolische Energie (ME) nach den Empfehlungen der GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (UNIVERSITÄT HOHENHEIM – DOKUMENTATIONSSTELLE (HRSG.), 1997) berechnet. Hierbei wurde im Falle beider Varianten auf die tabellierten Verdaulichkeitskoeffizienten von XF und XL für Silomais Ende der Teigreife zurückgegriffen, da zum Erntezeitpunkt keinerlei phänologische Unterschiede feststellbar waren.

Alle Werte, wenn nicht anders gekennzeichnet, sind Mittelwerte der Wiederholungen mit Standardfehler des Mittelwerts jeweils für den klee-grasbasierten (N0 bzw. N23) und den grasbasierten (N360 bzw. N180) Fruchtfolgeabschnitt.

Ergebnisse und Diskussion

Statistische Auswertungen der Daten zeigten Standorteffekte auf die Erträge für den ersten Fruchtfolgeabschnitt Gras bzw. Klee-gras, im zweiten Fruchtfolgeabschnitt Silomais spielten Standortunterschiede keine Rolle. Die Ernteerträge des ungedüngten Klee-grases waren deutlich geringer als die der gedüngten Grasvariante. (Tab. 2). Die Kleeanteile des Klee-grases betragen während der Vegetationsperiode an beiden Standorten im Mittel 25 %. Die N-Erträge waren im gedüngten Gras deutlich höher als im Klee-gras (Tab. 4).

Die Trockenmasseerträge der beiden Maisvarianten im Versuchsjahr 2007/08 unterschieden sich im Mittel nur wenig. Die intensiv gedüngte Variante (N180) hatte etwas höhere N-Erträge (Tab. 4). Dennoch lieferte das Klee-gras als Vorfrucht so viel Stickstoff, dass die Erträge des ungedüngten Silomais denen des gedüngten Fruchtfolgeabschnitts entsprachen.

Tab. 2: Übersicht der Trockenmasseerträge der Fruchtfolgevarianten; Mittelwerte mit Standardfehler.

	TM [dt/ha]			
	2006 Ackergras		2007 Silomais	
	N0	N360	N23	N180
Standort 1	87 ±3	133 ±6	181 ±2	177 ±5
Standort 2	72 ±2	108 ±5	172 ±10	174 ±13

Die Unterschiede in den Gehalten an metabolischer Energie (ME) der beiden Silomaisvarianten waren nicht signifikant (Tab. 3). Die Erträge der metabolischen Energie pro Hektar zeigen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten der Fruchtfolgeabschnitte. An Standort 2 wurden im Mittel etwas höhere Werte berechnet als an Standort 1. Der Stärkegehalt war in der klee-grasbasierten Fruchtfolge signifikant höher (Tab. 3).

Tab. 3: Stärkegehalt und metabolische Energie (ME, MJ/kg TS, bzw. GJ/ha) des Silomaises im Herbst 2007; Mittelwerte mit Standardfehler.

	ME [MJ/kg]		Stärkegehalt [%]		ME [GJ/ha]	
	N23	N180	N23	N180	N23	N180
Standort 1	10,6 ±0,0	10,2 ±0,3	24,3 ±0,8	21,2 ±1,5	191 ±2	180 ±10
Standort 2	10,7 ±0,1	10,8 ±0,3	23,9 ±1,0	22,5 ±1,5	185 ±12	188 ±8

Für eine vereinfachte Stickstoffbilanzierung (Tab. 4) der beiden Versuchsvarianten wurde die Differenz aus N-Input (Düngung + Deposition) und N-Output (N-Ertrag) gebildet. Der atmosphärische Eintrag von ca. 35 kg N/ha und Jahr (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ, 2006) ist in allen Versuchsgliedern gleich und wurde als N-Deposition mit in die Bilanzierung aufgenommen. Daraus ergibt sich bei einem positiven Wert der einfachen Bilanz ein Stickstoffüberschuss, 0 bedeutet eine ausgeglichene und ein Ergebnis niedriger als Null eine negative Stickstoffbilanz. Eine negative Bilanz führt zu dem Schluss, dass Stickstoff aus anderen Quellen (Bodenmineralisation, symbiotische N₂-Fixierung der Leguminosen) von den Pflanzen genutzt wird. In einem zweiten Schritt wurde die vereinfachte Bilanz um die N-Auswaschung erweitert. Die N-Auswaschung wird dabei als Stickstoffüberschuss betrachtet und zu dem Ergebnis der vereinfachten Bilanz addiert.

Die ungedüngte Ackergras-Mais-Fruchtfolge hatte in beiden Fruchtfolgegliedern eine negative Stickstoffbilanz (Tab. 4), so dass Stickstoff aus nicht quantifizierten Quellen genutzt wurde. Im Jahr 2006 wurde das Gras ohne Klee mit einer Gabe von 360 kg N/ha offensichtlich überdüngt; infolge einer Sommertrockenheit im Jahr 2006, die auf dem sandigeren Standort 2 besonders deutlich ausfiel war die Ertragsleistung wasserlimitiert. Die positive

N-Bilanz im hoch gedüngten Silomais 2007 ist v.a. allem auf die hohe N-Auswaschung zurückzuführen, die offensichtlich mit einer starken N-Mineralisation des Bodens als Folge des Umbruchs des hoch gedüngten Ackergrases zusammenhängt.

Tab. 4: Stickstoffbilanzierung der einzelnen Fruchtfolgeglieder.

Mittel der Standorte	2006		2007	
	Ackergras		Silomais	
	N0	N360	N23	N180
N-Input (Düngung+Deposition)	35	395	58	215
N-Output (N-Ertrag)	154	263	179	185
Einfache Bilanz	-119	132	-121	30
N-Auswaschung	6,5	58	60	130
Erweiterte Bilanz	-113	190	-62	160

[kg/ha]

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass nach dem Umbruch von Gras und Klee gras die Stickstoffdüngung zu Mais deutlich vermindert werden kann, ohne dass es gravierende Ertragseinbußen gibt. Betrachtet man die Biomasseleistung des Fruchtfolgeabschnittes ‚Feldgras/Silomais‘ so war die gedüngte Variante der ungedüngten Klee grasvariante jedoch deutlich überlegen. Im Hinblick auf die Futterqualität muss in dem klee basierten System nicht mit Einbußen gerechnet werden.

Durch den Anbau von Klee gras und stark reduziert gedüngtem Silomais konnte die Nitratbelastung des Sickerwassers um zwei Drittel gegenüber der üblich intensiv gedüngten Variante vermindert werden. Die Umbruche ffekte und die Ernterückstände des Ackergrases sorgten offensichtlich für eine ausreichende Stickstoffversorgung. Eine N-Düngung in üblicher Höhe wird dagegen oftmals zu einer N-Übersorgung und somit zu einer potentiell höheren Nitrat auswaschung führen.

Literatur

BOBE, J., WACHENDORF, M., BÜCHTER, M. und F. TAUBE (2003): Vergleich der Nitratkonzentrationen im Grund- und Sickerwasser bei variiert er Düngungsintensität im Dauergrünland und in einer Maismonokultur – Erste Ergebnisse. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Bd. 15, S. 190-193.

HÖRMANN, G. (1998): Speichermodelle zum Bodenwasserhaushalt – Simpel Version 2, Kiel. http://www.hydrology.uni-kiel.de:9673/Hydrology/Members/schorsch/Simpel/index_html/view, letzter Zugriff 23.09.2008.

KALMLAGE, T., KAYSER M. und J. ISSELSTEIN (2008): Silomaisanbau in einer Fruchtfolge mit Ackergras (mit und ohne Rotklee) – Möglichkeiten zur Minderung des Nitrat austrag

Sektion Futterqualität und Fütterung

im Maisanbau. In: Effiziente Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischproduktion. In: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Bd. 9, S. 67-70.

KELM, M., TAUBE, F., HÜWING, H., KEMPER, N. und H. NEUMANN (2007): Ergebnisse des Projektes COMPASS, 2. Auflage, Kiel.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (HRSG.) (2006): Deposition - Quellen und Einträge, http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C24142165_N23066340_L20_D0_I598.html, letzter Zugriff am 01.12.2008.

REMY, D. (1991): Hydrochemische Untersuchungen im Bereich der Grundwasseroberfläche in einem überwiegend landwirtschaftlich genutzten Raum im Ostmünsterland. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Osnabrück 1989), Bd. XIX/III, S. 385-391, Osnabrück.

STAUFFER, W. und E. SPIESS (2005): Einfluss unterschiedlicher Nutzung und Düngung auf Sickerwassermenge und Nitratauswaschung. In: 11. Gumpensteiner Lysimetertagung, 5. und 6. April 2005, S. 213-216, Gumpenstein.

UNIVERSITÄT HOHENHEIM – DOKUMENTATIONSSTELLE (HRSG.)(1997): DLG-Futterwerttabellen – Wiederkäuer, Frankfurt am Main.

VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN (HRSG.): VDLUFA-Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. 4. Ergänzungslieferung (1997).

Effekte von Anwelkgrad und Siliermittel auf die Silagequalität von Rotklee-/Grasmischungen

M. Krawutschke¹, J. Thaysen², M. Gierus¹, F. Taube¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, mkrawutschke@email.uni-kiel.de

² Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein, Abteilung Pflanzenbau/Pflanzenschutz/Landtechnik, Am Kamp 15-17, 24768 Rendsburg

Einleitung und Problemstellung

Die Gärfutterbereitung von Rotklee kann problematischer sein als die Silierung von Grasbeständen. Gründe hierfür liegen in einer höheren Pufferkapazität, geringeren Gehalten an wasserlöslichen Kohlenhydraten sowie geringeren TM-Gehalte des Erntegutes (McDonald *et al.*, 1991). Eine Alternative hierzu stellen Rotklee-Grasmischungen dar, die vor allem in ökologisch wirtschaftenden Betrieben sowohl zur Sicherstellung der Stickstoff- als auch der Proteinversorgung der Wiederkäuer eine zentrale Stellung einnehmen. In einem Silier-versuch sollte deshalb die Frage geklärt werden, wie sich ein unterschiedliches Mischungsverhältnis von Rotklee zu Gras im Vergleich zu Rotklee-/Grasreinbeständen auf maßgebliche Silagequalitätsparameter auswirkt. Dabei war von besonderem Interesse, inwieweit der Anwelkgrad sowie die Anwendung von Milchsäurebakterien (MSB)-Präparaten die Silagequalität beeinflusst.

Im folgenden Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse des zweiten Aufwuchses aus dem ersten Versuchsjahr vorgestellt.

Material und Methoden

Im Versuchsjahr 2008 wurden zur Silierung Reinbestände von Rotklee (Sorte: Harmonie) und Deutsches Weidelgras (Sorte: Fennema) ausgewählt. Der Rotklee stammte von den Versuchsflächen der Norddeutschen Pflanzenzucht in Hohenlieth, wohingegen das Deutsche Weidelgras aus einem Feldversuch in Hohenschulen, Versuchsgut der CAU Kiel verwendet wurde. Die Grasbestände erhielten 360 kg N/ha/Jahr (140/120/100) in Form von Kalkammonsalpeter. In Tab. 1 sind die verschiedenen Versuchsvarianten aufgelistet. Insgesamt wurden pro Variante drei Wiederholungen durchgeführt.

Der zweite Aufwuchs wurde am 02.07.2008 (42 Tage nach dem Schnittermin des ersten Aufwuchses) geerntet, auf eine Länge von 3 cm gehäckselt und gemäß den Versuchsvarianten angewelkt. Die Herstellung der verschiedenen Rotklee-Grasmischungen sowie die Dosierung der MSB-Präparate nach den Angaben des Herstellers erfolgte unmittelbar vor dem Einsilieren (homofermentative MSB bei der niedrigen Anwelkstufe, homo- und heterofermentative MSB bei der hohen Anwelkstufe). Als Siliergefäße dienten 1,5 l Laborsilos, die mit 700 – 800 g Siliergut befüllt wurden. Die Lagerungsdauer betrug 90 Tage. Beim Ausgangsmaterial wurden der Zuckergehalt und

Tab. 1: Versuchsvarianten

Prüffaktoren	Faktorstufen
1. Anwelkgrad	1.1 niedrig
	1.2 hoch
2. Mischungsverhältnis (Rotklee zu Gras)	2.1 100/0
	2.2 66/33
	2.3 33/66
	2.4 0/100
3. Siliermittel	3.1 ohne (Kontrolle)
	3.2.1 MSB homo ^a
	3.2.2 MSB homo+hetero ^b

^ahomofermentatives MSB-Präparat,
^bKombinationspräparat aus homo- und heterofermentativen MSB

die Pufferkapazität bestimmt. In den Silagen wurden der Gärverlust, die Gärqualitätsmerkmale sowie die Gehalte an Rohprotein, Rohfaser und enzymlöslicher organischer Substanz (ELOS) untersucht. Die Analyse der genannten Parameter erfolgte nach VDLUFA-Methoden durch die ISF in Wahlstedt. Der TM-Gehalt der Silagen wurde mit der von WEIßBACH & STRUBELT (2008) empfohlenen Gleichung korrigiert.

Die varianzanalytische Auswertung der Daten als vollständig randomisierte Versuchsanlage erfolgte mit einem gemischten linearen Modell des Statistikprogramms SAS 9.1. Für multiple Mittelwertvergleiche wurde der Tukey-Test herangezogen (P<0,05). Die Überprüfung von Zusammenhängen zwischen den Silagequalitätsparametern erfolgte mittels Regressionsanalyse.

Ergebnisse und Diskussion

Die in Tab. 2 zusammengestellten Kenngrößen verdeutlichen die differierenden Gäreigenschaften von Rotklee- und Grasaufwüchsen. Im Vergleich zu Gras war Rotklee gekennzeichnet durch geringere Zuckergehalte sowie eine höhere Pufferkapazität, was in einem entsprechend geringeren Z/Pk-Quotienten zum Ausdruck kam. Insgesamt betrachtet verbesserte das Anwelken die Gäreigenschaften, wobei die Rotklee- gegenüber den Grasvarianten eine deutlich schlechtere Vergärbarkeit aufwies.

Tab. 2: Gäreigenschaften des Ausgangsmaterials im zweiten Aufwuchs

Parameter	Einheit	Gras		Rotklee	
Trockenmasse	g/kg	382	444	280	349
Zuckergehalt (Z)	g/kg TM	93	92	34	32
Pufferkapazität (Pk)	g MS/kg TM	54	52	103	101
Z/Pk-Quotient		1,7	1,8	0,3	0,3
Vergärbarkeitskoeffizient		52	59	31	37

Aus Tab. 3 geht die signifikante Wechselwirkung Mischungsverhältnis x Siliermittel (P<0,0001) für den Gärverlust hervor. Die Anwendung von MSB-Präparaten führte zu signifikant höheren Gärverlusten, bis auf die Mischung mit einem

Rotkleeanteil von 33 %. Bei den Silagen ohne MSB-Zusatz bewirkte die Mischung mit dem niedrigeren Rotkleeanteil (33/66) den signifikant höchsten und die Rotklee- sowie Grasreinbestände die signifikant geringsten Gärverluste.

Tab. 3: Gärverlust (%) des zweiten Aufwuchses (SE=0,06)

	Mischungsverhältnis (Rotklee zu Gras)			
	100/0	66/33	33/66	0/100
ohne Siliermittel	5,3 cB	5,7 bB	6,1 aA	5,4 cB
mit Siliermittel	6,1 aA	6,0 aA	5,8 aB	6,0 aA

a,b kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mischungen innerhalb einer Siliermittelstufe (Tukey-Test; $P < 0,05$); A,B kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Siliermittelstufen innerhalb einer Mischung (F-Test; $P < 0,05$).

Der Einsatz des MSB-Kombinationspräperates hatte bei der hohen Anwelkstufe einen Anstieg der Essigsäuregehalte zur Folge, der mit Ausnahme der Rotkleesilage signifikant war (Tab. 4). Verantwortlich hierfür ist die Aktivität der heterofermentativen MSB. Der Grenzwert von 30 g/kg TM (ANONYMUS, 2006) wurde zumeist nur bei den rotkleereichen Silagen überschritten, wobei die Gehalte mit zunehmendem Grasanteil signifikant niedriger ausfielen ($R^2=0,75$; $P < 0,0001$; RSME=5,09). Einerseits haben hohe Essigsäuregehalte einen positiven Einfluss auf die aerobe Stabilität, andererseits kann die Futteraufnahme der Silage negativ beeinträchtigt werden. Im Vergleich dazu, führte die Anwendung von homofermentativen MSB zu einer deutlich geringeren Essigsäureproduktion sowie einer intensiveren Milchsäurebildung (101,9 g/kg TM gegenüber 76,2 g/kg TM), was sich in einem signifikant höheren Milchsäure/Essigsäureverhältnis widerspiegelte. Generell bewirkte das stärkere Anwelken eine Verminderung der Milch- und Essigsäuregehalte, unabhängig vom Mischungsverhältnis.

Tab. 4: Essigsäuregehalte (g/kg TM) in Abhängigkeit von Anwelkgrad, Siliermittelzusatz und Mischungsverhältnis im zweiten Aufwuchs (SE=1,1)

Anwelk-grad	Silier-mittel	Mischungsverhältnis (Rotklee zu Gras)			
		100/0	66/33	33/66	0/100
niedrig	ohne	44,3 aAx	30,4 bAx	21,9 cAx	15,5 dBx
	mit	39,9 aBy	30,7 bAy	20,6 cAy	23,6 cBx
hoch	ohne	41,6 aAx	28,3 bBx	18,8 cBx	15,5 cBx
	mit	44,5 aAx	43,0 aAx	23,9 bAx	26,1 bAx

a,b kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Mischungen innerhalb einer Siliermittel- und Anwelkstufe (Tukey-Test; $P < 0,05$); A,B kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Siliermittelstufen innerhalb einer Anwelkstufe und einer Mischung (F-Test; $P < 0,05$); x,y kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Anwelkstufen innerhalb einer Siliermittelstufe und einer Mischung (F-Test; $P < 0,05$)

Beim NH₃-N-Gehalt am Gesamt-N (nicht dargestellt) zeigte sich eine signifikante Wechselwirkung Siliermittel x Mischungsverhältnis (P<0,0337). Die signifikant höchsten Werte von 10,9 % wurden bei der Rotkleesilage ohne Siliermittel und der Grassilage mit Siliermittel beobachtet. Allerdings lagen bei allen Silagen die NH₃-N-Gehalte über dem Grenzwert von 8 % (ANONYMUS, 2006).

Als Maß für die Verdaulichkeit der organischen Substanz der Silagen wurden die ELOS-Gehalte bestimmt, die mit zunehmendem Rotkleeanteil signifikant anstiegen. So erzielten die Silagen der Rotkleereinbestände die höchsten ELOS-Werte (ohne Siliermittel: 69,8 %; mit Siliermittel: 70,7 %). Bei den Rohproteingehalten konnte ebenfalls eine Zunahme von den grasreichen hin zu den rotkleereichen Silagen festgestellt werden, wohingegen sich bei den Rohfasergehalten die Beziehung umkehrte. Wie aus Tab. 5 ersichtlich wird, hatte das Mischungsverhältnis einen signifikanten Einfluss auf alle dargestellten Kenngrößen der Futterqualität. Nach BUXTON & REDFEARN (1997) liegt die höhere Verdaulichkeit der Leguminosen in den geringeren Rohfasergehalten begründet, was durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt wird.

Tab. 5: Einfluss von Mischungsverhältnis und Siliermittel auf ausgewählte Qualitätsmerkmale im zweiten Aufwuchs

	ohne Siliermittel			mit Siliermittel		
	XP	XF	ELOS	XP	XF	ELOS
R ²	0,98***	0,98***	0,98***	0,99***	0,99***	0,98***
RMSE	4,66	4,14	0,79	2,83	2,61	0,87

*** P<0,0001

Schlussfolgerungen

Der Rotkleeanteil in der Mischung hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Silagequalität. Die Wirkungen der verwendeten MSB-Präparate werden am Gärsäuremuster der Silagen deutlich. Beim Einsatz von Kombinationspräparaten, bestehend aus homo- und heterofermentativen MSB, sind vor allem bei kleereichen Silagen erhöhte Essigsäuregehalte möglich, die den Silageverzehr negativ beeinflussen können. Die Effekte des Anwelkens scheinen von untergeordneter Bedeutung zu sein. Offenbar können durch den gezielten Einsatz von MSB-Präparaten geringe Anwelkgrade kompensiert werden.

Literatur

- ANONYMUS (2006): Praxishandbuch Futterkonservierung. 7. überarbeitete Auflage. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- BUXTON, D.R. and REDFEARN, D.D. (1997): Plant limitations to fiber digestion and utilization. *Journal of Nutrition* 127, 814-818.
- MCDONALD, P., HENDERSON, A.R. and HERON, S.J.E. (1991): The Biochemistry of Silage. Second Edition. Chalcombe Publications.
- WEIßBACH, F. und STRUBELT, C. (2008): Die Korrektur des Trockensubstanzgehaltes von Silagen als Substrat für Biogasanlagen. *VDLUFA-Kongress*, 29-31.

Gärqualität von Rotkleegenotypen unter besonderer Berücksichtigung einer variierenden Polyphenoloxidase-Aktivität

M. Krawutschke¹, N. Weiher¹, M. Gierus¹, J. Thaysen², F. Taube¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, mkrawutschke@email.uni-kiel.de

²Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein, Abteilung Pflanzenbau/Pflanzenschutz/Landtechnik, Am Kamp 15-17, 24768 Rendsburg

Einleitung und Problemstellung

Futterleguminosen leisten in nachhaltigen Produktionssystemen einen maßgeblichen Beitrag zur Sicherstellung der Grundfuttermittellieferung und stellen zudem eine wichtige Proteinquelle in der Wiederkäuerernährung dar. Für die Winterfütterung bzw. bei ganzjähriger Silagefütterung ist es erforderlich qualitativ hochwertige Silagen mit möglichst geringen Nährstoffverlusten zu erzeugen. Bereits während des Anwelkens laufen jedoch proteinabbauende Prozesse ab, deren Ausmaß bei Rotklee deutlich geringer ist als bei anderen Futterleguminosen. Dieser Sachverhalt wird auf die Polyphenoloxidase (PPO)-Aktivität im Rotklee zurückgeführt (u. a. Jones *et al.*, 1995), wobei sog. Protein-Phenol-Komplexe hemmend auf die Proteolyse wirken. So zeigen verschiedene Studien, dass bei der Silierung von Rotklee mit einer höheren PPO-Aktivität der Ammoniak-N-Gehalt am Gesamt-N - ein wichtiger Indikator für den Proteinabbau in Silagen - signifikant niedriger ausfällt (z. B. Winters *et al.*, 2008).

Vor diesem Hintergrund wurden in der vorliegenden Arbeit die Effekte einer genotyp- und nutzungsbedingten PPO-Aktivität auf ausgewählte Gärqualitätsmerkmale verschiedener Rotkleegenotypen untersucht. Es wird erwartet, dass ein Anstieg der spezifischen PPO-Aktivität die Ammoniak-N-Gehalte verringert.

Material und Methoden

Grundlage der vorliegenden Untersuchung bildet ein zweifaktorieller Feldversuch mit den Prüffaktoren Nutzungssystem und Genotyp in dreifacher Wiederholung, der im Juni 2007 auf den Versuchsflächen der Norddeutschen Pflanzenzucht in Hohenlieth (Jahresniederschlagssumme: 805 mm, Jahresmitteltemperatur: 8,9 °C, Bodenart: sandiger Lehm, Bodentyp: Braunerde) etabliert wurde. Insgesamt werden 13 Genotypen (12 Rotkleegenotypen und Weißklee als Kontrolle) in zwei Nutzungssystemen (ohne und mit mechanischem Stress) unter einer Vierschnittnutzung geprüft. Die Simulierung des mechanischen Stresses erfolgt durch Walzen der entsprechenden Parzellen etwa drei Wochen vor dem geplanten Schnitttermin mittels einer Cambridgewalze.

Unmittelbar vor dem jeweiligen Schnitttermin wurde Blattmaterial aus den Parzellen entnommen und für die analytische Bestimmung der PPO-Aktivität in

Anlehnung an Escribano *et al.* (1997) sofort eingefroren. Ferner erfolgte die Erfassung des Blatt/Gewichtsverhältnisses (BGV).

Für die Silierung wurde das Erntegut der ausgewählten Rotkleegenotypen (Milvus, Montana, Harmonie) sowie Weißklee (Sorte: Vysocan) mit einem Häcksler auf eine Länge von ca. 3 cm zerkleinert und angewelkt. Anschließend wurden 700 – 800 g des Siliergutes in 1,5 l Laborsilos gefüllt. Vor dem Einsilieren wurde von jeder Variante die TM erfasst. Nach einer Fermentationsdauer von 90 Tagen erfolgte die Öffnung der Silos. Als Untersuchungsparameter wurden der Gärverlust, der pH-Wert und der $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt am Gesamt-N ermittelt. Die Korrektur des TM-Gehaltes der Silagen erfolgte anhand der vereinfachten Gleichung nach WEIßBACH & STRUBELT (2008).

Zur statistischen Auswertung der Versuchsdaten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SAS 9.1 eine Varianzanalyse auf der Basis eines gemischten linearen Modells, wobei der TM-Gehalt des Siliergutes als Kovariable und die verschiedenen Aufwüchse als wiederholte Messung berücksichtigt wurden. Multiple Mittelwertvergleiche erfolgten mittels Tukey-Test bei einem Signifikanzniveau von $P < 0,05$. Die Zusammenhänge zwischen den Untersuchungsparametern wurden mittels Regressionsanalyse überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kovarianzanalyse zeigte für den Gärverlust und den Ammoniak-N-Gehalt am Gesamt-N eine signifikante Wechselwirkung Aufwuchs x Genotyp x Nutzungssystem ($P < 0,0001$). Wie aus Tab. 1 ersichtlich wird, traten beim Gärverlust unter den geprüften Rotkleegenotypen nur innerhalb der Sorte Harmonie Signifikanzen auf. Auffällig war, dass die Weißklee silage in beiden Nutzungssystemen des vierten Aufwuchses sowohl die signifikant geringsten Gärverluste als auch die signifikant niedrigsten Ammoniak-N-Gehalte aufwies. Tendenziell erzielte der Primäraufwuchs die geringsten $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalte, wobei der in der Literatur angegebene Grenzwert von 8 % zumeist nur in den Folgeaufwüchsen überschritten wurde. Ursächlich hierfür sind vermutlich unterschiedliche Zucker/Pufferkapazitätsquotienten. So wurden bei der Rotkleesorte Harmonie im ersten Aufwuchs deutlich höhere Werte gegenüber den Folgeaufwüchsen erreicht. Darüber hinaus handelte es sich beim Herbstaufwuchs um relativ junges Pflanzenmaterial, was die Pufferkapazität zusätzlich erhöht. Somit war nicht genügend Substrat für eine ausreichende Milchsäurebildung vorhanden. Hinzu kommt noch, dass nach Voss (1967) Verbindungen wie Ammoniak eine abpuffernde Wirkung auf die bereits gebildete Milchsäure haben und damit eine schnelle pH-Wert-Absenkung verzögern, die für das Ausmaß des Proteinabbaus während des Silierprozesses eine wichtige Rolle spielt. Die gemessenen pH-Werte in der Silage (nicht dargestellt) unterstützen diesen Sachverhalt, da der pH-Wert mit zunehmendem $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt signifikant anstieg ($R^2=0,33$; $P=0,0003$; $RSME=0,18$). Demzufolge wurde der kritische pH-Wert in den meisten Silagen überschritten.

Die in Tab. 2 dargestellte spezifische PPO-Aktivität wurde auf das BGV korrigiert. Signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen konnten nur im vierten Aufwuchs beobachtet werden, wobei diese Werte deutlich höher lagen als die der anderen Aufwüchse. Bezüglich des Einflusses der PPO-Aktivität auf den $\text{NH}_3\text{-N}$ -Gehalt am Gesamt-N konnten keine einheitlichen Zusammen-

hänge festgestellt werden. Lediglich im vierten Aufwuchs ohne mechanischen Stress nahmen die NH₃-N-Gehalte der Rotklee genotypen mit steigender PPO-Aktivität ab. Zwar wurden im Nutzungssystem ohne mechanischen Stress des zweiten und dritten Aufwuchses Bestimmtheitsmaße von 69 % bzw. 70 % erreicht, diese sind statistisch nicht abgesichert. Somit konnten die Ergebnisse von Winters *et al.* (2008) nicht bestätigt werden. Möglicherweise wurden die Effekte der PPO durch den Anwelkgrad überlagert.

Tab. 1: Gärverlust (SE=0,3) und Ammoniak-N-Gehalt (SE=1,38) in Abhängigkeit von Nutzungssystem, Genotyp und Aufwuchs (TM=37,4 %)

Nutzungssystem	Genotyp	Gärverlust [%]			
		1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
ohne mechanischen Stress	Weißklee	6,1 aAx	5,6 aAx	5,7 aAx	4,1 bBx
	Milvus	6,1 aAx	5,6 aAx	5,7 aAx	5,7 aAx
	Montana	6,1 aAx	6,0 aAx	5,6 aAx	5,8 aAx
	Harmonie	5,9 aAx	5,9 aAy	5,5 aAx	5,8 aAx
mit mechanischen Stress	Weißklee	6,2 aAx	5,5 bABx	5,5 aABx	4,3 bBx
	Milvus	6,2 aAx	6,0 abAx	5,6aAx	5,5 abAx
	Montana	5,9 aAx	6,6 abAx	5,6 aAx	6,5 aAx
	Harmonie	6,1 aABx	7,3 aAx	5,6 aBx	6,0 aABx
Ammoniak-N-Gehalt [% Gesamt-N]					
ohne mechanischen Stress	Weißklee	7,3 aBx	17,4 aAx	11,3 aABx	10,1 bBx
	Milvus	6,1 aBy	10,3 bBx	10,0 aBx	18,3 aAx
	Montana	7,2 aBx	12,3 abABx	10,1 aABx	16,2 aAx
	Harmonie	7,1 aAx	13,1 abAy	10,0 aAx	12,5 abAx
mit mechanischen Stress	Weißklee	8,0 aBx	14,6 aAx	10,5 aABx	8,6 bABx
	Milvus	8,9 aAx	13,2 aAx	8,3 aAx	12,9 abAy
	Montana	8,3 aCx	15,4 aABx	9,7 aBCx	18,3 aAx
	Harmonie	7,0 aBx	16,4 aAx	10,0 aABx	15,2 aAx

a,b kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb eines Systems und einem Aufwuchs (Tukey-Test; P<0,05); A,B kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Aufwüchsen innerhalb eines Systems und einem Genotyp (Tukey-Test; P<0,05); x,y kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Systemen innerhalb eines Genotyps und einem Aufwuchs (F-Test; P<0,05).

Tab. 2: Spezifische PPO-Aktivität (SE=0,19) bezogen auf das Blatt/Gewichtsverhältnis in Abhängigkeit von Nutzungssystem, Genotyp und Aufwuchs

Nutzungssystem	Genotyp	spezifische PPO-Aktivität [IU/µg Protein/g TS]			
		1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
ohne mechanischen Stress	Weißklee	0,04 aAx	0,03 aAx	0,08 aAx	0,04 cAx
	Milvus	0,24 aAy	0,38 aAy	0,48 aAx	1,20 bAx
	Montana	0,16 aBy	0,31 aBx	0,73 aABx	1,31 bAy
	Harmonie	0,53 aBx	0,42 aBx	0,58 aBx	2,45 aAx
mit mechanischen Stress	Weißklee	0,04 aAx	0,04 aAx	0,11 aAx	0,08 cAx
	Milvus	0,89 aABx	0,86 aABx	0,59 aBx	1,48 bAx
	Montana	0,85 aBx	0,39 aBx	0,93 aBx	3,27 aAx
	Harmonie	0,66 aBx	0,64 aBx	0,80 aBx	2,42 abAx

a,b; A,B; x,y siehe Tab. 1

Schlussfolgerungen

Auf der Basis der vorliegenden einjährigen Versuchsergebnisse können vorerst keine eindeutigen Aussagen zu den Auswirkungen einer variierenden PPO-Aktivität auf den Ammoniak-N-Gehalt von Rotkleeilage getroffen werden. Vielmehr zeigt sich, dass die verschiedenen Aufwüchse im Vergleich zum Nutzungssystem sowie den ausgewählten Genotypen einen deutlich stärkeren Einfluss auf die untersuchten Gärqualitätsparameter ausüben.

Literatur

- ESCRIBANO, J., CABANES, J., CHAZARRA, S. and GARCÍA-CARMONA, F. (1997): Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase. Determination of kinetic parameters on the tyramine/dopamine pair. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 4209-4214.
- JONES, B.A., MUCK, R.E. and HATFIELD, R.D. (1995): Red clover extracts inhibit legume proteolysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67, 329-333.
- VOSS, N. (1967): Untersuchungen über den Proteinabbau in Gras- und Luzernesilage. *Das wirtschaftseigene Futter* 13, 130-145.
- WINTERS, A.L., MINCHIN, F.R., MICHAELSON-YEATES, T.P.T., LEE, M.R.F. and MORRIS, P. (2008): Latent and active polyphenol oxidase (PPO) in red clover and use of a low PPO mutant to study the role of PPO in proteolysis reduction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 2817-2824.
- WEIßBACH, F. und STRUBELT, C. (2008): Die Korrektur des Trockensubstanzgehaltes von Silagen als Substrat für Biogasanlagen. *VDLUFA-Kongress*, 29-31.

Gehalte von Makro- und Mikronährstoffen in Grünland- und Kleegrassilagen von Öko-Betrieben

E. Leisen, M. Pries

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, edmund.leisen@lwk.nrw.de

Problemstellung

Praktisch kein Betrieb, weder konventionell noch ökologisch geführt, lässt regelmäßig sein Futter auf Spurenelemente untersuchen. Hilfreich wäre deshalb, wenn eine standortspezifische Einschätzung möglich wäre. Hierzu fehlt bisher allerdings die Datenbasis.

Erschwert wird die Einschätzung durch die große Varianz der Untersuchungsbefunde, die zum Beispiel durch deutliche Unterschiede zwischen Einzelproben vom gleichen Betrieb zum Ausdruck kommt. Bei Selen enthalten die Einzelproben vom gleichen Betrieb im Extremfall zwischen 0,028 und etwa 0,231 mg/kg TM.

Fragestellungen

1. Wie lassen sich die unterschiedlichen Ergebnisse im gleichen Betrieb erklären?
2. Wie ist die Mineralstoffversorgung auf unterschiedlichen Standorten in Norddeutschland?

Material und Methoden

Von 722 Grünland- und Kleegrassilagen standen je nach Mineralstoff Analysen der Jahre 2004 – 2008 von 59 bis 79 Öko-Betrieben zur Verfügung. Die Futteranalysen wurden von der LUFÄ Münster durchgeführt. Standortdaten wurden durch Betriebserhebungen erfasst.

Ergebnisse

Einfluss von Asche- und Eisengehalt

Ein Vergleich mit anderen Messgrößen zeigte: Mit zunehmenden Asche- und Eisengehalten wurden seltener niedrige Mineralstoffgehalte gemessen (Ausnahme: Kupfer). Zwar gibt es zwischen Asche- und Eisengehalt eine gewisse Beziehung, ein Vergleich der Ergebnisse einzelner Betriebe zeigt aber: bei deutlich über dem jeweiligen einzelbetrieblichen Niveau liegenden Werten werden teils auch erhöhte Eisenwerte gemessen, ohne dass die Aschegehalte besonders hoch sind (weitergehende Ergebnisse siehe unter www.leitbetriebe.oekolandbau.nrw.de, Versuchsbericht 2008)

Standortspezifische Gehalte

Zur Einschätzung der standortspezifischen Gehalte werden nur Proben mit maximal 11% Asche und max. 500 mg Eisen/kg TM berücksichtigt. Auf diese Weise soll die Einstufung die natürliche Versorgung des Futters widerspiegeln und nicht durch dem Gras anhaftende Bodenpartikel beeinflusst sein.

Die meisten Betriebe ließen sich in Gehaltsklassen einteilen. Große Unterschiede finden sich in Betrieben mit unterschiedlichen Standortbedingungen (z.B. Moor, Sand, Marsch).

Versorgung aus der Sicht der Tierernährung

Die Versorgungsempfehlungen für P, Mg, vor allem aber auch für Natrium und den Spurenelementen Cu und Se werden nur auf wenigen Standorten durch die Gehalte in Gras- und Kleegrassilagen gedeckt (Tab. 1 bis 6).

Die Gehalte an Calcium sind sehr stark abhängig von der Bestandeszusammensetzung. Alte Grünlandbestände enthalten im 1. Aufwuchs meist nur wenig Klee. Hier liegen die Ca-Gehalte je nach Standort um 4-7 g/kg TM. Spätere kleereichere Aufwüchse liegen teilweise auch über 10 g/kg TM. Die Bestandeszusammensetzung von Klee gras fällt je nach Ansaatmischung, Aussaatverfahren, Nutzungsart und Standort sehr unterschiedlich aus. Entsprechend variieren die Ca-Gehalte zwischen 4 und 17 g/kg TM.

Die Versorgung mit Kalium ist aus Sicht der Tierernährung immer mindestens ausreichend, teils sogar zu reichlich. Aus pflanzenbaulicher Sicht kann das Wachstum auf 5 von 70 Betrieben (3 davon auf Moor) allerdings durch K-Mangel auch begrenzt sein. Hier wurden 1,5% und weniger an Kalium gemessen (www.leitbetriebe.oekolandbau.nrw.de Versuchsbericht 2006).

Fazit:

Zur Beurteilung der Mineralstoffversorgung von Gras- und Klee grassilagen eines Betriebes, sowohl von Mengen- als auch Spurenelementen, sollten nur Proben mit niedrigen Asche- und Eisengehalten herangezogen werden. Auf vielen Standorten liegen die Mineralstoffgehalte im Futter unterhalb der Bedarfsnormen für Kühe.

Danksagung: Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe ökologischer Landbau in NRW“ mit finanzieller Unterstützung des Landes und der EU durchgeführt.

Sektion Futterqualität und Fütterung

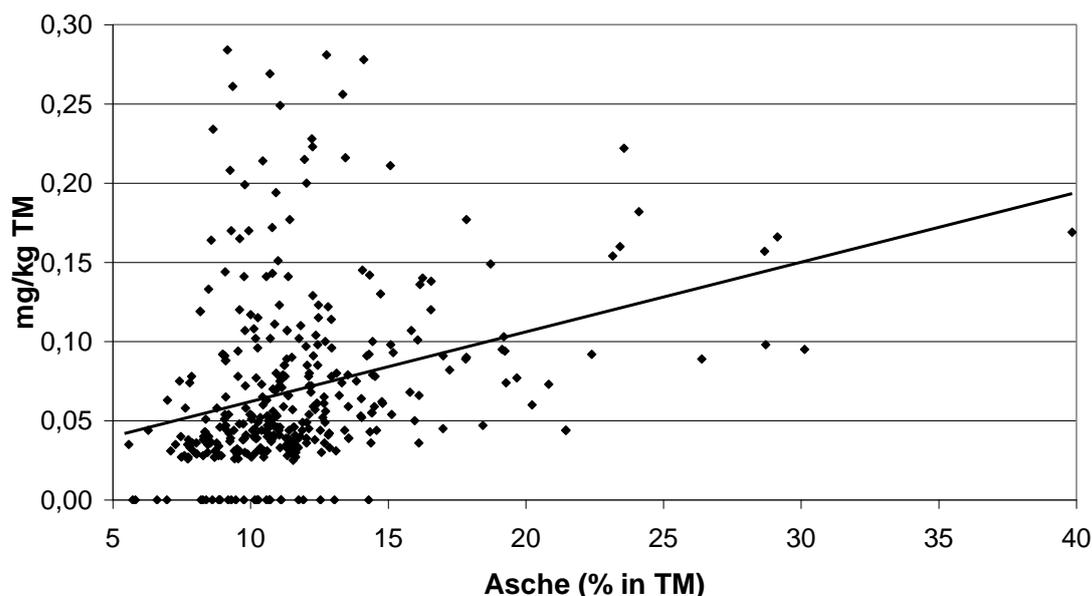


Abb.: Beziehung zwischen Asche- und Selengehalt in Klee gras- und Grünlandsilagen 2004 - 2008

Tab. 1: Phosphorgehalte in Grünland- und Klee grassilagen auf unterschiedlichen Standorten in Nordwestdeutschland

Phosphor	Anzahl Betriebe	(g/kg TM)				
		<2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	>4,0
		Anteil Betriebe in %				
Sand	19	5	53	10	27	5
Lehm	19	16	37	32	15	
Mittelgebirge	15		33	47	20	
Marsch	11		64	27	9	
Moor	4		100			
erforderliche Gehalte für Milchkühe (1)		2,5 - 3,8 g/ kg TM				

(1) niedriger Wert: Bedarf von Trockenstehern, hoher Wert: 35 kg Milchleistung
(unberücksichtigt: Proben mit Asche >11% oder Fe > 500 mg/kg TM, mind. 2 Messungen pro Betrieb)

Tab. 2: Magnesiumgehalte in Grünland- und Klee grassilagen auf unterschiedlichen Standorten in Nordwestdeutschland

Magnesium	Anzahl Betriebe	(g/kg TM)			
		0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	>2,0
		Anteil Betriebe in %			
Sand	16		44	50	6
Lehm	16		50	19	31
Mittelgebirge	17		29	59	12
Marsch	6		67	33	
Moor	4			75	25
erforderliche Gehalte für Milchkühe (1)		1,5-1,6 g/kg TM			

(1) niedriger Wert: Bedarf von Trockenstehern, hoher Wert: 35 kg Milchleistung
(unberücksichtigt: Proben mit Asche >11% oder Fe > 500 mg/kg TM, mind. 2 Messungen pro Betrieb)

Sektion Futterqualität und Fütterung

Tab. 3: Natriumgehalte in Grünland- und Klee-grassilagen auf unterschiedlichen Standorten in Nordwestdeutschland

Natrium	Anzahl Betriebe	<0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	>2,0	stark schwankend (0,3-3,2)
		Anteil Betriebe in %					
79		28	48	6	0	8	10
erforderliche Gehalte für Milchkühe (1)					1,2-1,4 g/kg TM		

(1) niedriger Wert: Bedarf von Trockenstehern, hoher Wert: 35 kg Milchleistung
(unberücksichtigt: Proben mit Asche >11% oder Fe > 500 mg/kg TM, mind. 2 Messungen pro Betrieb)

Tab. 4: Kupfergehalte in Grünland- und Klee-grassilagen auf unterschiedlichen Standorten in Nordwestdeutschland

Kupfer	Anzahl Betriebe	bis 5	6-7	8-9	10-11	ab 12	stark schwankend (0-12)
		Anteil Betriebe in %					
Niederrhein, W-Münsterland	14		57	36			7
O-Westfalen, Niedersachsen	22		23	45	4		28
Mittelgebirge	16		90	10			
Haarstrang	4		25	75			
Moor	4					100	
erforderliche Gehalte für Milchkühe					10 mg/kg TM		

(unberücksichtigt: Proben mit Asche >11% oder Fe > 500 mg/kg TM, mind. 2 Messungen pro Betrieb)

Tab. 5: Zink- und Mangangehalte in Grünland- und Klee-grassilagen auf unterschiedlichen Standorten in Nordwestdeutschland

	Anzahl Betriebe	<30	30-40	40-50	>50	stark schwankend (48-326)
		Anteil Betriebe in %				
Zink (*)	71	20	56	20	3	1
Mangan	71	3			97	
erforderliche Gehalte für Milchkühe					50 mg/kg TM	

(*) niedrige Zinkwerte von <30 werden in erster Linie auf Lehm Böden gemessen
(unberücksichtigt: Proben mit Asche >11% oder Fe > 500 mg/kg TM, mind. 2 Messungen pro Betrieb)

Tab. 6: Selengehalte in Grünland- und Klee-grassilagen auf unterschiedlichen Standorten in Nordwestdeutschland

Selen	Anzahl Betriebe	bis 0,05	>0,05-0,1	>0,1-0,2	>0,2	stark schwankend
		Anteil Betriebe in %				
Mittelgebirge	21	76	24			
Haarstrang	3			33	67	
Marsch	9	89				11
Moor	8	75			13	13
erforderliche Gehalte für Milchkühe					0,2 mg/kg TM	

(unberücksichtigt: Proben mit Asche >11% oder Fe > 500 mg/kg TM, mind. 2 Messungen pro Betrieb)

Wirtschaftlichkeit ökologischer Milchviehhaltung bei unterschiedlicher Milchleistung, Kraftfuttermenge und unterschiedlichem Weideumfang

E. Leisen, Th. Rieger

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, edmund.leisen@lwk.nrw.de

Problematik:

Im ökologischen Landbau fallen die Höhe der einzelnen Leistungen (beispielsweise Milchgeld, Direktzahlungen) und Kosten (beispielsweise Kraftfutter-, Maschinen- und Arbeitskosten) teilweise grundlegend anders aus als im konventionellen Landbau. Es gibt zwar Kalkulationsansätze, die dazu verwendete Datenbasis ist allerdings noch unzureichend.

Hypothesen:

- Im ökologischen Landbau kann Milch auch bei geringerer Jahresleistung vergleichbar wirtschaftlich (oder auch bei geringem Milchpreis genau so unwirtschaftlich) wie im konventionellen Landbau erzeugt werden.
- Hohe Kraftfuttermengen sind wenig wirtschaftlich aufgrund des im Vergleich zum konventionellen Landbau höheren Kraftfutterpreises und der geringeren Kraftfutterwirkung (siehe Kapitel: Einfluss von Kraftfuttermengen auf die Milchleistung).
- Viel Weidegang im Sommer kann wirtschaftlich sein.

Methoden:

Datenerhebung in 70 Öko-Betrieben (drei Jahre), die in ihrer Aufteilung der Größenstruktur aller Biomilch-Lieferanten in der Region entsprechen: 29 % bis 40 Kühe, 37 % mit 41 – 60 Kühen und 35 % mit über 60 Kühen. Der vorliegende Bericht gibt deshalb auch einen guten Überblick über die wirtschaftliche Situation der Öko-Milchviehbetriebe in der Region. Die Teilnehmerzahl lag bei 32 % der Biomilch-Molkereilieferanten. Die Verrechnung erfolgte auf der Basis von Buchführungsdaten und Einzelgesprächen mit Landwirten mit anschließend einheitlicher Betriebszweigauswertung für alle Betriebe. Zudem erfolgte eine Gruppenbildung für Regionen, Zuchtrichtungen und Fütterungssysteme.

Parameter:

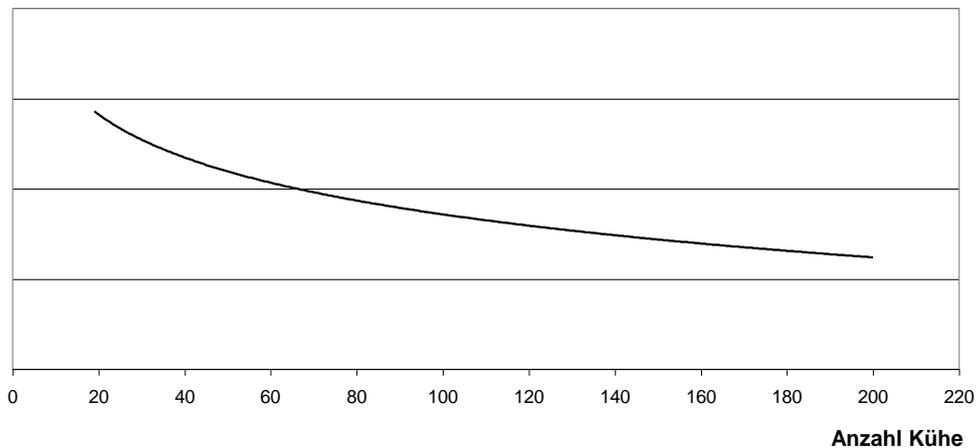
Daten zur Milchproduktion (Milchleistung, Vieh-, Flächen- und Kraftfuttermenge, Fütterungs- und Herdenmanagement), Arbeitswirtschaft, Gesundheits- und Fruchtbarkeitslage, Gewinn- und Verlustrechnung, Kapitalstruktur. In der Auswertung wird die Milchmenge in ECM (energiekorrigierte Milch) dargestellt, so dass Unterschiede im Fett- und Eiweißgehalt berücksichtigt sind.

Ergebnisse

Die Frage, wie wirtschaftlich Öko-Betriebe bei unterschiedlicher Milchleistung, Kraftfuttermenge und Weidegang arbeiten, wurde vor dem Hintergrund der Betriebsgröße betrachtet. Dies war deshalb erforderlich, weil ansonsten die Auswertung mit einem systematischen Fehler behaftet ist. So wird in den untersuchten Öko-Betrieben in vielen kleineren Herden meist viel geweidet und relativ wenig Kraftfutter gegeben (überdurchschnittlich viel Kraftfutter nur in 25 % der Betriebe bis 40 Kühe aber in 90 % der Betriebe mit über 100 Kühen). Der reine Vergleich von Kraftfutter oder Weideumfang mit der Wirtschaftlichkeit ohne Berücksichtigung der Herdengröße würde deshalb zur Überbewertung von Kraftfutter und Stallhaltung führen.

Die Einschätzung, für welchen Milchpreis Öko-Betriebe kostendeckend Milch erzeugen können, erfolgte anhand der Trendlinie nachfolgender Abbildung. Betriebe unterhalb der Trendlinie erzeugen die Milch kostengünstiger als das Mittel der Betriebe bei vergleichbarer Betriebsgröße. Die Abbildung zeigt, dass der für den einzelnen Betrieb langfristig erforderliche Milchpreis mit steigender Betriebsgröße tendenziell sinkt. Hauptursache sind Kostendegressionseffekte.

langfristiger
kostendeckender
Milchpreis
(ct/kg FCM)



Relation zwischen Kuhzahl und kostendeckendem Milchpreis

Ein Vergleich von Betrieben mit unterschiedlicher Milchleistung, Kraftfuttermenge und Weideumfang zeigt: Tendenziell sind im 3-jährigen Mittel etwas häufiger überdurchschnittlich erfolgreiche Betriebe bei niedrigerer Kraftfuttermenge und viel Weidegang. Die Tabelle gibt eine Kurzübersicht über den Betriebsvergleich.

FAZIT

Kostengünstiger wird Ökomilch etwas häufiger mit viel Weideanteil im Sommer und unterdurchschnittlicher Kraffuttermenge erzeugt. Bei der Milchleistung gibt es bei der Häufigkeitsverteilung keine Unterschiede. Einzelbetrieblich können allerdings sowohl Extensiv- als auch Intensivstrategien erfolgreich sein.

Tabelle: Anteil erfolgreicher Betriebe bei unterschiedlicher Milchleistung, Kraffuttermenge und Weideanteil						
	Milchleistung bis 7000 > 7000 kg/Kuh		Kraffuttermenge bis 14 > 14 dt/Kuh*a		Weideanteil 0 bis 45 % 50 - 100 % in Sommerration	
	Wirtschaftsjahre 2004/2005, 2005/2006 und 2006/2007					
Mittelwert	6286	7767	10,4	21,3	28%	68%
	Anteil überdurchschnittlich erfolgreicher Betriebe (1)					
	51%	53%	56%	46%	46%	57%

Milchleistung von HF- und Doppelnutzungskühen in Öko-Betrieben bei unterschiedlicher Krafftuttergabe

E. Leisen, P. Heimberg, M. Pries

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, edmund.leisen@lwk.nrw.de

Zielsetzungen

Erstellung und Überprüfung von Beratungsempfehlungen zum Krafftuttereinsatz in der ökologischen Milchviehhaltung

Hypothesen

- Mit **wenig Krafftutter** werden im ökologischen Landbau schon vergleichsweise hohe Milchleistungen erzielt. Bei kleehaltigem Grobfutter ist dies auf eine höhere Futteraufnahme zurück zu führen (Literaturübersicht von Paul, FAL: in 9 Fütterungsversuchen: + 15 bis 30 % höhere Futteraufnahme bei Klee im Futter).
- Auch mit **wenig Krafftutter** aber guter Grundfutterqualität lassen sich Milchkühe gesund und bei guter Leistung halten.

Material und Methoden

Erhebung in 70 ökologisch geführten Praxisbetrieben

Zeitraum: April 2004 bis März 2008

Krafftuttermenge: eigenes und zugekauftes Krafftutter einschließlich Saftfutter (entsprechend dem Energiegehalt von Milchleistungsfutter der Energiestufe 3 umgerechnet auf 6,7 MJ NEL/kg bei 88 % T-Gehalt)

Weideanteil: an Sommerration: Anteil des Weidefutters an der Gesamtration (Weide + Grundfuttergabe im Stall + Krafftutter), berechnet auf 6-monatige Sommerperiode

Gesundheitsdaten: Daten des Landeskontrollverbandes

Milchleistung: abgelieferte Milch + Kälber- + Eigen- und Direktvermarktungsmilch

Nutzungsdauer: Nutzungsdauer der gemerzten Kühe

Ergebnisse und Diskussion

1. Kraffuttermenge und Jahresmilchleistung der letzten 4 Jahre

Im Mittel der Betriebe und vier Milchwirtschaftsjahren werden bei **HF-Kühen** mit 6 dt/Kuh schon etwa 6600 kg ECM/Kuh erzielt, mit 25 dt/Kuh sind es etwa 7500 kg ECM/Kuh. Mögliche Ursachen für die geringen Leistungsunterschiede: Zuchteffekt, Nährstoffverwertung, Rationszusammensetzung, Grobfutterqualität, Futteraufnahme und Pflanzenszusammensetzung.

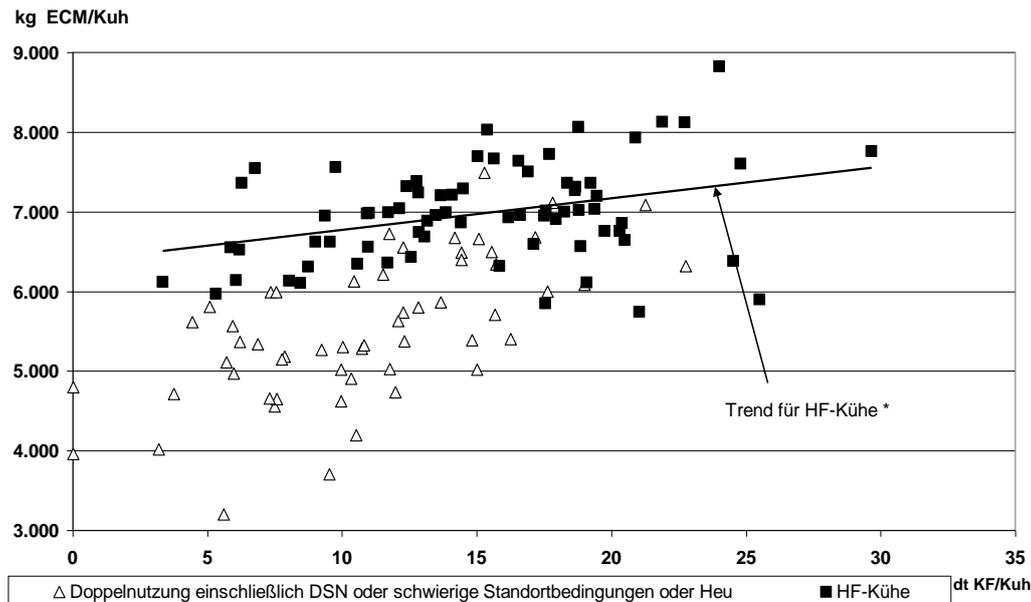


Abb. 1: Kraffuttermenge und Jahresmilchleistung 2004/05 - 2007/08

* beim Trend unberücksichtigt: Betriebe mit Standortbesonderheiten (Moor, Trockenstandorte etc.) und verstärkter Heufütterung

2. Jahresmilchleistung von HF- Kühen bei Veränderung der Kraffuttermenge

In den letzten vier Jahren haben etwa 70 % der Betriebe ihre Kraffuttermengen zurückgenommen.

Bei **viel Weide** im Sommer (Tabelle 1) ging bei Rücknahme der Kraffuttermenge die Milchleistung zurück, bei Erhöhung allerdings ebenfalls. Jahresbedingte Schwankungen der Grundfutterqualität oder auch die Folgewirkung der Blauzungenkrankheit können die Ursache dafür sein, dass die Milchleistung insgesamt zurück ging. Die Wirkung der Kraffutterreduzierung alleine dürfte bei etwa 0,3 bis 0,5 kg ECM/kg Kraffutter liegen. Diese Zahlen beziehen sich auf das gesamte Milchwirtschaftsjahr, höhere Kraffutterwirkungen im Winter also schon mit eingeschlossen. Die vergleichsweise geringen Änderungen in der Milchleistung in den dargestellten Erhebungen sowie Versuche der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen auf Haus Riswick zeigen, dass bei Weidegang Kraffutter häufig nur eine geringe Wirkung hatte.

Bei **geringerem Weideumfang** (Tabelle 2) ging bei Rücknahme der Kraftfuttermenge die Milchleistung zurück, bei Erhöhung allerdings ebenfalls. Die Kraftfutterwirkung dürfte deshalb bei etwa 0 bei vorher höherem Kraftfutterniveau und bei 1,0 kg ECM/kg Kraftfutter bei vorher schon niedrigen Gaben liegen. Auch hier beziehen sich die Zahlen auf das gesamte Milchwirtschaftsjahr, höhere Kraftfutterwirkungen im Winter also schon mit eingeschlossen. Bei Betrieben mit wenig Weidegang war die Unterscheidung zwischen Sommer- und Winterfütterung weniger deutlich. Entsprechend den Versuchen auf Haus Riswick dürfte die Rücknahme der Kraftfuttermenge im Winter zu geringeren Leistungen geführt haben.

3. Jahresmilchleistung von Doppelnutzungskühen bei Veränderung der Kraftfuttermenge

Bei **Doppelnutzungskühen** (Tabelle 3) hatte im Mittel beider Jahre die Rücknahme der Kraftfuttermenge kaum Einfluss auf die Milchleistung. Zwar ist die Milchmenge auch hier in den letzten beiden Jahren niedriger ausgefallen, dies allerdings sowohl bei Betrieben mit reduzierter als auch bei solchen mit gleichbleibender Kraftfuttermenge.

4. Milchinhaltsstoffe und Gesundheit bei Veränderung der Kraftfuttermenge

Bei den Milchinhaltsstoffen Fett, Eiweiß und den Gesundheitswerten Zellzahl, Zwischenkalbezeit, Rastzeit und Nutzungsdauer gab es zwar teilweise Veränderungen. Diese Veränderungen zeigten aber keinen Zusammenhang zu den Veränderungen bei den Kraftfuttermengen (Produktionstechnischer Bericht 2008/09, in Vorbereitung).

5. Fazit

- HF-Kühe mit viel Weidegang: **kaum Leistungseinbußen bei Rücknahme der Kraftfuttermenge während der Weidezeit.**
- HF-Kühe mit wenig Weidegang: **bei höheren Kraftfuttermengen und Rücknahme der Kraftfuttermenge geringe Leistungseinbußen, ansonsten stärkere Leistungseinbußen.**
- Doppelnutzungskühe: **kaum Leistungseinbußen bei Rücknahme der Kraftfuttermenge auch bei an sich schon weniger Kraftfutter**
- **Die Änderungen der Kraftfuttermenge haben im Mittel die Milchinhaltsstoffe und Gesundheit wenig beeinflusst.**

Danksagung: Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe ökologischer Landbau in NRW“ mit finanzieller Unterstützung des Landes und der EU durchgeführt.

Sektion Futterqualität und Fütterung

Tab. 1: Betriebe mit viel Weidegang: Milchleistung bei HF-Kühen bei Rücknahme der Kraftfuttermenge

hier: im Mittel ist 66 % der Gesamtration im Sommer Weide
berücksichtigt: Betriebe ohne Standortbesonderheiten und ohne viel Heu

Kraftfuttermenge Ausgangsniveau	2- jähriges Mittel	Kraftfutter dt/Kuh	Jahresmilchleistung		n
			kg ECM/Kuh	kg Milch/ kg KF (1)	
hoch	04/05 + 05/06	20,0	7103		7
	06/07 + 07/08	15,0	6876		
	Diff.	-5,0	-227	0,3	
niedrig	04/05 + 05/06	12,0	6855		11
	06/07 + 07/08	8,6	6599		
	Diff.	-3,4	-256	0,5	
Vergleichsbetriebe mit gleichbleibendem/ höherem Kraftfutterniveau					
meist mittel	04/05 + 05/06	13,7	7001		9
	06/07 + 07/08	14,8	6968		
	Diff.	1,1	-34		

(1): errechnet aus Veränderungen bei Jahresmilchleistung und Kraftfuttermenge unter Berücksichtigung der Veränderung bei Vergleichsbetrieben

Tab. 2: Betriebe mit wenig Weidegang: Milchleistung bei HF-Kühen bei Rücknahme der Kraftfuttermenge

hier: im Mittel ist 28 % der Gesamtration im Sommer Weide
berücksichtigt: Betriebe ohne Standortbesonderheiten und ohne viel Heu

Kraftfuttermenge Ausgangsniveau	2- jähriges Mittel	Kraftfutter dt/Kuh	Jahresmilchleistung		n
			kg ECM/Kuh	kg Milch/ kg KF (1)	
hoch	04/05 + 05/06	22,7	7494		10
	06/07 + 07/08	19,2	7418		
	Diff.	-3,5	-77	0,0	
niedrig	04/05 + 05/06	14,1	7393		6
	06/07 + 07/08	12,2	7025		
	Diff.	-2,0	-368	1,0	
Vergleichsbetriebe mit gleichbleibendem/ höherem Kraftfutterniveau					
meist mittel	04/05 + 05/06	17,7	7032		5
	06/07 + 07/08	18,7	6947		
	Diff.	1,0	-85		

(1): errechnet aus Veränderungen bei Jahresmilchleistung und Kraftfuttermenge unter Berücksichtigung der Veränderung bei Vergleichsbetrieben

Tab. 3: Milchleistung bei Doppelnutzungs-Kühen bei Rücknahme der Kraftfuttermenge

hier: im Mittel ist 60 % der Gesamtration im Sommer Weide
berücksichtigt: Betriebe ohne Standortbesonderheiten und ohne viel Heu

Kraftfuttermenge Ausgangsniveau	2- jähriges Mittel	Kraftfutter dt/Kuh	Jahresmilchleistung		n
			kg ECM/Kuh	kg Milch/ kg KF (1)	
meist mittel	04/05 + 05/06	17,9	6291		5
	06/07 + 07/08	13,2	6144		
	Diff.	-4,7	-148	0,2	
niedrig	04/05 + 05/06	10,8	5539		11
	06/07 + 07/08	8,6	5502		
	Diff.	-2,2	-37	-0,1	
Vergleichsbetriebe mit gleichbleibendem/ höherem Kraftfutterniveau					
meist mittel	04/05 + 05/06	11,5	6058		6
	06/07 + 07/08	11,6	6001		
	Diff.	0,2	-57		

(1): errechnet aus Veränderungen bei Jahresmilchleistung und Kraftfuttermenge unter Berücksichtigung der Veränderung bei Vergleichsbetrieben

Hat der Mondstand Einfluss auf die Qualität von Grassilage?

H. Nußbaum

Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg
hansjoerg.nussbaum@lazbw.bwl.de

Einleitung und Problemstellung

In der Landwirtschaft wird gelegentlich darauf geachtet, dass bestimmte Arbeiten „zum richtigen Zeitpunkt“ getätigt werden (PAUNGER & POPPE, 2004). Philosophisch strittig ist, ob die dem Mond zugeschriebenen Kräfte physikalischer Natur sind, oder ob der Mond nur als „Zeiger“ einer kosmischen Uhr fungiert (BRIEMLE, 2004). Strittig ist zudem, ob man sich an den astronomischen Sternbildern (THUN, 1994) oder an den astrologischen Tierkreiszeichen (PAUNGER & POPPE, 1992) orientieren soll. Nach PAUNGER & POPPE (2004) beruhte der landbauliche Mondglauben seit jeher auf den astrologischen Tierkreiszeichen.

Die Erzeugung bester Grassilagen ist von vielen Faktoren abhängig. Ob dabei der Mond einen Einfluss ausübt, wurde bisher nicht untersucht.

Material und Methoden

In den vorliegenden Versuchen wurden in Aulendorf die Mondstände in den Tierkreiszeichen herangezogen. In 2004 wurde Deutsches Weidelgras an vier „ungünstigen“ sowie vier „günstigen“ Terminen in Laborsilos (1,5 Liter) nach den Vorgaben zur Prüfung von Siliermitteln einsiliert (Tabelle 1). In 2005 wurde Deutsches Weidelgras beim ersten Aufwuchs an drei „günstigen“ sowie drei „ungünstige“ Terminen siliert, wobei am 11. Mai mit dem gleichen Erntegut mit 4 Stunden Abstand sowohl bei „günstiger“ als auch bei „ungünstiger“ Mondphase einsiliert werden konnte (Tabelle 2). Anfang Juni 2005 wurden beim zweiten Aufwuchs drei „günstige“ und ein „ungünstiger“ Siliertermin gewählt. Die Gärdauer der Silagen betrug jeweils 90 bis 100 Tage. Danach wurden sie auf Futterwert, Gärqualität und aerobe Stabilität untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Das Erntegut in 2004 war physiologisch junges Weidelgras. Die Energiekonzentration und Silierbarkeit des Erntegutes wurde maßgeblich von der Zuckerassimilation und -akkumulation in den Pflanzen beeinflusst (Tabelle 1). Dabei spielen Sonneneinstrahlung und Tagestemperatur eine zentrale Rolle. Die Pufferkapazität lag unabhängig von Reifezustand oder Mondphase immer zwischen 4,8 und 5,5.

In 2005 lagen hohe Zuckergehalte und gute Anwelkbedingungen in der „ungünstigen“ Mondphase vor (Tabelle 2). Der Vergärbarkeitskoeffizient war in der „günstigen“ Phase durch Niederschläge, niedrige Temperaturen und folglich geringe Zuckergehalte am niedrigsten. Beim zweiten Aufwuchs 2005 nahm zu Beginn der „günstigen“ Phase die Temperatur ab, in der „ungünstigen“ Phase dagegen wieder zu. Mit der Temperatur nahmen die Zuckergehalte zu. Das

Sektion Futterqualität und Fütterung

Verhältnis zwischen Zuckergehalt und Pufferkapazität (Z/PK) nahm deshalb von 1,4 (Beginn „günstige“ Phase) auf 3,1 in der „ungünstigen“ Phase zu. Somit war die Silierbarkeit in der nach Mondphase „ungünstigen“ besser als in der „günstigen“ Periode.

Tabelle 1: Ernte- und Witterungsdaten beim ersten Aufwuchs 2004

Mond	u	u	u	u	g	g	g	g
Datum	28.4.	29.4.	30.4.	3.5.	6.5.	7.5.	10.5.	11.5.
TM %	41,8 ^b	42,5 ^a	28,7 ^h	39,4 ^{ed}	41,9 ^b	39,1 ^e	40,2 ^c	37,5 ^f
XP %i.TM	18,4 ^{cd}	19,7 ^{bc}	21,3 ^a	20,3 ^{ab}	19,6 ^{bc}	19,5 ^{bc}	18,0 ^{de}	16,9 ^e
XF %i.TM	17,0 ^f	18,1 ^e	18,4 ^e	19,4 ^d	21,4 ^b	22,2 ^a	22,3 ^a	21,2 ^{bc}
XA %i.TM	8,2 ^e	8,8 ^d	9,3 ^c	9,3 ^c	9,9 ^{ab}	10,1 ^a	10,0 ^a	9,9 ^{ab}
NEL MJ/kg TM	7,2 ^a	7,0 ^{bc}	7,0 ^{ab}	7,0 ^{ab}	6,8 ^d	6,7 ^d	6,7 ^d	6,7 ^d
Zucker %i.TM	20,6 ^a	17,9 ^b	16,4 ^{bc}	15,4 ^{cde}	13,8 ^{ef}	12,7 ^f	13,6 ^{ef}	16,1 ^{bcd}
Pufferkapazität	5,5 ^a	5,1 ^{bcde}	5,3 ^{abc}	4,9 ^{ef}	5,3 ^{abcd}	5,4 ^{ab}	5,0 ^{def}	4,8 ^f
Z/PK-Quotient*	3,8 ^a	3,5 ^{ab}	3,1 ^{bcd}	3,1 ^{bcd}	2,6 ^{ef}	2,4 ^f	2,7 ^{def}	3,4 ^{abc}
Vergärbarkeitsk.**	72,0 ^a	70,4 ^a	53,2 ^e	64,4 ^{bc}	62,9 ^{bc}	57,9 ^d	61,9 ^{bc}	64,5 ^b
Regen mm	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	3,7	0,0	4,7
Temp.°C min.	5,2	4,6	5,9	3,9	3,0	4,2	5,0	2,0
max.	21,3	23,4	20,0	20,0	5,7	10,0	14,0	17,6
mittl.	13,7	14,0	13,8	13,1	4,6	5,8	8,4	10,4
Bemerkung	Föhn	Föhn	Föhn	Föhn	Regen	Regen		Frost

* Z zu PK: Verhältnis von Zucker zur Pufferkapazität (sollte möglichst über 2 liegen)

** Vergärbarkeitskoeffizient = TM + 8 x Z/PK

ungleiche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede bei 5 %
Irrtumswahrscheinlichkeit

u = ungünstige Mondphase, g = günstige Mondphase nach Tierkreiszeichen

Tabelle 2: Ernte- und Witterungsdaten beim ersten und zweiten Aufwuchs 2005

Mond	g	g	g	u	u	u	g	g	g	u
Aufwuchs	1. Aufwuchs 2005						2. Aufwuchs 2005			
Datum	9.5.	10.5.	11.5.	11.5.	12.5.	13.5.	6.6.	7.6.	8.6.	9.6.
TM %	23,9 ^d	24,4 ^c	27,5 ^b	27,5 ^b	28,1 ^a	28,4 ^a	42,4 ^c	44,2 ^b	47,3 ^a	43,7 ^b
XP %i.TM	17,2 ^a	15,5 ^b	12,1 ^c	12,1 ^c	11,7 ^d	10,9 ^e	21,3 ^a	21,1 ^a	18,9 ^b	17,9 ^b
XF %i.TM	26,3 ^b	27,3 ^a	25,5 ^b	25,5 ^b	24,7 ^c	25,2 ^c	26,6 ^a	26,7 ^a	24,9 ^a	25,4 ^a
XA %i.TM	11,1 ^a	10,7 ^b	9,9 ^d	9,9 ^d	10,3 ^c	9,7 ^e	11,4 ^a	11,0 ^a	10,3 ^b	10,3 ^b
NEL MJ/kg TM	6,4 ^b	6,3 ^b	6,6 ^a	6,6 ^a	6,7 ^a	6,7 ^a	6,2 ^b	6,2 ^b	6,4 ^a	6,3 ^{ab}
Zucker %i.TM	10,6 ^c	11,3 ^c	16,9 ^b	16,9 ^b	19,5 ^a	19,9 ^a	6,0 ^d	6,7 ^c	12,7 ^b	13,6 ^a
Pufferkapazität	5,5 ^a	4,9 ^b	4,3 ^c	4,3 ^c	4,1 ^d	3,8 ^e	4,4 ^a	4,4 ^a	4,5 ^a	4,4 ^a
Z/PK-Quotient	1,9 ^e	2,3 ^d	3,9 ^c	3,9 ^c	4,7 ^b	5,2 ^a	1,4 ^d	1,5 ^c	2,8 ^b	3,1 ^a
Vergärbarkeitsk.	39,4 ^e	42,7 ^d	58,8 ^c	58,8 ^c	65,9 ^b	70,3 ^a	53,3 ^d	56,3 ^c	70,0 ^a	68,5 ^b
Regen mm	0,3	0,5				1,0	2,8			
Temp.°C min.	4,8	3,0	-0,4	-0,4	2,6	5,4	10,3	4,1	2,5	4,2
max.	13,4	14,8	15,0	15,0	18,0	20,2	17,3	14,1	15,7	15,4
mittl.	7,6	7,7	8,4	8,4	11,7	13,3	13,2	8,9	10,5	10,2
Bemerkung			Nebel	Nebel						

Bei den Ergebnissen der Silagequalität werden nachfolgend nur diejenigen Silagen verglichen, bei denen „günstige“ und „ungünstige“ Mondphasen sehr eng beieinander lagen.

Beim ersten Aufwuchs 2004 wiesen die am 3. Mai bei „ungünstiger“ Mondphase konservierten Silagen signifikant höhere Energie- und Ethanolgehalte, aber niedrigere Milch- und Essigsäuregehalte als die am 6. Mai bei „günstiger“ Phase silierten Partien auf (Tabelle 3). Folglich lagen auch die pH-Werte in den alkoholhaltigen Silagen hoch. Die Ursachen dafür sind die Effekte der fortschreitenden Reife sowie die Unterschiede im natürlichen Besatz an Milchsäurebakterien. Diese waren vermutlich am 3. Mai noch sehr gering, weshalb Hefepilze die Fermentation dominierten. Demgegenüber war die aerobe Stabilität bei den am 6. Mai und „günstiger“ Mondphase silierten Partien aufgrund höherer Gehalte an Essigsäure signifikant um 4,75 Tage verbessert.

Tabelle 3: Energiekonzentration, Gärqualität und aerobe Stabilität derjenigen Grassilagen, bei denen die „günstige“ und „ungünstige“ Mondphase eng beieinander liegen.

Datum	3.5.04	6.5.04	11.5.05	11.5.05	9.6.05	8.6.05
Mond	ung.	günst.	ung.	günst.	ung.	günst.
N	3	3	3	3	3	3
TM _k %	35,2 ^b	42,2 ^a	28,3 ^a	28,2 ^a	46,1 ^b	50,7 ^a
NEL MJ/kgTM	6,79 ^a	6,64 ^b	6,22 ^a	6,17 ^a	6,24 ^a	6,17 ^b
pH-Wert	6,17 ^a	4,72 ^b	4,13 ^a	4,14 ^a	4,75 ^a	4,63 ^b
Milchsäure % i.TM _k	0,37 ^b	4,53 ^a	7,50 ^a	7,02 ^a	3,33 ^b	3,95 ^a
Essigsäure% i.TM _k	0,27 ^b	1,30 ^a	2,22 ^a	1,90 ^a	0,59 ^b	0,99 ^a
Ethanol	4,95 ^a	0,67 ^b	0,88 ^a	0,71 ^a	0,91 ^a	0,38 ^a
NH ₃ N:N _t %	4,19 ^a	4,26 ^a	4,11 ^a	4,09 ^a	4,86 ^a	4,45 ^a
Zucker % i.TM _k	16,0 ^a	13,4 ^b	10,5 ^a	9,9 ^a	11,2 ^a	12,3 ^a
Aerobe Stabilität Tage	3,75 ^b	8,30 ^a	5,00 ^a	4,54 ^b	5,00 ^b	8,25 ^a
TM-Verluste %	8,00 ^b	3,25 ^a	3,93 ^a	3,80 ^a	2,51 ^a	2,04 ^a

ungleiche Buchstaben kennzeichnen sign. Unterschiede bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit; die statistischen Kennwerte gelten jeweils nur für die direkten Paare „ungünstig“ zu „günstig“

TM_k: die um bei der Trocknung flüchtigen Substanzen korrigierte Trockenmasse

Beim ersten Aufwuchs am 11. Mai 2005 konnte gleiches Erntegut bei beiden Mondphasen einsiliert werden. Unterschiede ergeben sich nur aus der um rund vier Stunden späteren Befüllung der Laborsilos bei dann „ungünstiger“ Mondphase. Aus Tabelle 4 ist ersichtlich, dass sich die Silagen bis auf die aerobe Stabilität in keinem Parameter signifikant unterschieden. Die bei „ungünstiger“ Mondphase einsilierten Partien erwärmten sich um einen halben Tag später, waren also geringfügig aerob stabiler. Beim zweiten Aufwuchs

lagen die beiden Termine um einen Tag auseinander. Die bei „ungünstigem“ Mond einsilierten Konserven wiesen trotz einem Tag Ernteverzögerung einen signifikant höheren Energiegehalt auf. Demgegenüber lagen die Milch- und Essigsäuregehalte statistisch gesichert niedriger, der pH-Wert folglich höher. Die absoluten Unterschiede sind jedoch gering. Der höhere Gehalt an Essigsäure bei der unter „günstigem“ Mond einsilierten Partie bewirkte wiederum eine um 3,25 Tage verbesserte aerobe Stabilität. Alle anderen Parameter der Gärqualität sowie die Gärverluste wurden nicht beeinflusst.

Schlussfolgerungen

In drei Versuchen mit Deutschem Weidelgras wurde in Aulendorf im Labormaßstab geprüft, ob das Einsilieren nach „günstiger“ oder „ungünstiger“ Mondphase Auswirkungen auf Futterwert, Gärqualität und aerobe Stabilität von Grassilagen hat. Die Wahl „günstiger“ und „ungünstiger“ Termine für die Futterkonservierung orientierte sich an entsprechenden Vorgaben zur Konservierung von Lebensmitteln nach dem siderischen Mondzyklus für die Mondstände in den Tierkreiszeichen.

Sonneneinstrahlung und Tagestemperatur beeinflussen Energie- und Zuckergehalte und damit Futterwert und Siliereignung mehr als „günstige“ oder „ungünstige“ Mondphasen. Die Sonnenwirkung übertrifft insbesondere bei den Primäraufwüchsen teilweise auch die mit der physiologischen Alterung einhergehende Abnahme der Energiekonzentration. Bei allen Versuchen trafen die „günstigen“ Mond-Termine überwiegend auf ungünstige Witterungsbedingungen mit kühlen Temperaturen und/oder Niederschlägen. In zwei von drei Versuchen hatte das Silieren nach „günstiger“ Phase eine bessere aerobe Stabilität zur Folge (um 4,8 bzw. 3,3 Tage), was jedoch weniger auf den Mond als vielmehr auf höhere Gehalte an Essigsäure zurückzuführen ist. In 2005 konnte der Primäraufwuchs am 11. Mai versetzt um etwa vier Stunden nach beiden Mondphasen einsiliert werden. Im direkten Vergleich wiesen die Silagen keinerlei signifikanten Unterschiede auf. Allein die aerobe Stabilität war bei „ungünstiger“ Phase geringfügig um einen halben Tag besser. Als Schlussfolgerung der Versuche lässt sich festhalten, dass die Wirkung von Sonnenscheindauer und Witterung auf Tagestemperaturen, Assimilationsleistung und Anwelkbedingungen wichtiger ist für Futterwert und Gärqualität von Grassilagen als der Stand des Mondes beim Einsilieren.

Literatur

- BRIEMLE, G. (2004): Der philosophische Hintergrund beim Mondkalender. Wald und Holz 4/04. 46-49, Solothurn.
- NUSSBAUM, H. (2009): Siliert der Mond mit? dlz-Agrarmagazin 5/2009, 92-95.
- Paungger, J. und T. Poppe (1992): Vom richtigen Zeitpunkt. Die Anwendung des Mondkalenders im täglichen Leben. 1. Aufl. Verlag Hugendubel, München.
- Paungger, J. und T. Poppe (2004): Alles erlaubt. Goldmann-Verlag München, 316 S.
- Thun, M. (1994): Hinweise aus der Konstellationsforschung für Bauern, Wein- und Obstbauern, Gärtner und Kleingärtner. Thun-Verlag Biedenkopf, 212 S.

Zuckergehalte in Grüngut und Grassilagen aus der Futteruntersuchung in Bayern

K. Rutzmoser

Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL, Grub,
Dürrwaechter-Pl. 3, 85586 Poing
Karl.Rutzmoser@lfl.bayern.de

Einleitung und Problemstellung

Mit Beginn des Jahres 2008 wurde das Angebot der Futteruntersuchung des LKV Bayern neu gestaltet und bei Grasfuttermitteln wird jetzt der Gehalt an Zucker im Ergebnisbericht ausgewiesen. Angeregt durch vermehrte Anfragen werden Auswertungen zu Gehalten in Grassilagen und dem Ausgangsmaterial sowie den Einflüssen von Trockenmasse- und Rohfasergehalt vorgestellt.

Material und Methoden

Die Untersuchung von Futtermitteln über das LKV Bayern wird im LKV-Futtermittellabor am Standort Grub vorgenommen. Für die Rohnährstoffe Rohasche, Rohprotein und Rohfaser wurden u. a. für die verschiedenen Grasfuttermittel laboreigene NIRS-Eichkurven aufgebaut, die somit gut auf die Belange im Einzugsgebiet abgestimmt sind. Der Trockenmassegehalt (TM) wird durch Ofentrocknung im Trockenschrank ermittelt. Die erweiterten Kennwerte, darunter auch Zucker, werden mit NIRS-Eichkurven aus dem VDLUFA-Netzwerk bestimmt (Tillmann, 2005).

Aus den gespeicherten Daten wurden die seit dem Jahre 2005 untersuchten Futterproben heraus gezogen, bei denen auch die Gehalte an Zucker gemessen worden sind. Zur Auswertung wurden die Futtergruppen Gras zum Silieren und Grassilagen, jeweils getrennt nach Erst- und Folgeaufwüchsen (ab 2. Schnitt ohne weitere Unterteilung) heran gezogen.

Ergebnisse und Diskussion

In den Tab. 1 und 2 sind die verfügbaren Probenzahlen und Kennwerte der Futterarten zusammen gestellt. Die Gehalte liegen in Bereichen, wie sie sich auch aus anderen Auswertungen ergeben. Einzelne Ausreißer sind bei der großen Anzahl an Proben möglich, verändern aber die Aussagen nicht. Es ergeben sich auch negative Werte beim Zucker, vor allem in Silagen. Dies ist mit der NIRS-Bestimmung bei sehr niedrigen Gehalten nicht ungewöhnlich. In Ergebnisberichten wird in solchen Fällen der Wert von 1 g Zucker angegeben, in den Auswertungen werden die unveränderten Messergebnisse dargestellt.

Die mittleren Zuckergehalte sind in den Grüngutproben des ersten Aufwuchses mit rund 120 g/kg TM relativ hoch, in Folgeaufwüchsen sind im Durchschnitt nur rund 2/3 davon enthalten, jeweils mit einer großen Streubreite. In den Silagen sind erwartungsgemäß die Zuckergehalte viel niedriger, wobei sich Unterschiede aus dem Grüngut der Aufwüchse wieder finden.

Tab. 1: Gehaltswerte des ausgewerteten Grüngutes Gras zum Silieren

Futterart	Gras zum Silieren Erstaufwuchs			Gras zum Silieren Folgaufwüchse		
	Mittenwert	Std.- abw.	von ...bis	Mittenwert	Std.- abw.	von ...bis
Anzahl Proben	1102			1014		
Trockenmasse g/kg	362	100	109...736	373	108	120...866
Rohasche g/kg TM	97	13	58...173	107	15	63...188
Rohprotein g/kg TM	171	27	81...284	184	29	99...282
Rohfaser g/kg TM	215	32	152...338	223	29	126...323
Zucker g/kg TM	122	48	-33...317	78	39	-45...194

Tab. 2: Gehaltswerte der ausgewerteten Grassilagen

Futterart	Grassilage Erstaufwuchs			Grassilage Folgaufwüchse		
	Mittenwert	Std.- abw.	von ...bis	Mittenwert	Std.- abw.	von ...bis
Anzahl Proben	14329			18977		
Trockenmasse g/kg	358	70	200...598	366	76	200...600
Rohasche g/kg TM	100	18	37...265	118	26	33...296
Rohprotein g/kg TM	161	25	46...284	175	25	75...272
Rohfaser g/kg TM	241	31	154...350	236	30	120...382
Zucker g/kg TM	32	32	-57...233	18	24	-59...161

Einfluss der Trockenmasse auf den Zuckergehalt

Wie aus Abb. 1 und Tab. 3 zu ersehen, zeigt sich beim Grüngut ein schwacher Anstieg des Zuckergehaltes mit der Trockenmasse, bei Folgeaufwüchsen auf der genannten niedrigeren Ebene. Die Mediane sowie oberen und unteren 10%-Perzentile nach Rohfaserklassen in Tab. 3 weisen die Veränderungen durch die Vergärung aus. Bei feuchteren Silagen bis etwa 250 g TM/kg wird der größere Teil des Zuckers abgebaut und es verbleiben nur noch geringe Restzuckermengen. Bei höheren TM-Gehalten wird häufiger der Zucker unvollständig umgesetzt und mehr Restzucker verbleibt in der Silage.

Etwas vereinfacht kann man bei schwach angewelkten Silagen vom weitgehenden Abbau des Zuckers ausgehen, bei hohem Ausgangswert werden

bis zu etwa 120 g Zucker je kg TM durch den Siliervorgang abgebaut. Bei gut angewelkten Silagen ist ein Abbau bis 80 oder 100 g Zucker je kg TM anzusetzen. Je nach Ausgangsgehalt ergeben sich dann die entsprechenden Werte in der Silage, wobei stark angewelkte Silagen über 450 g TM/kg meist einen gewissen Restzuckergehalt aufweisen

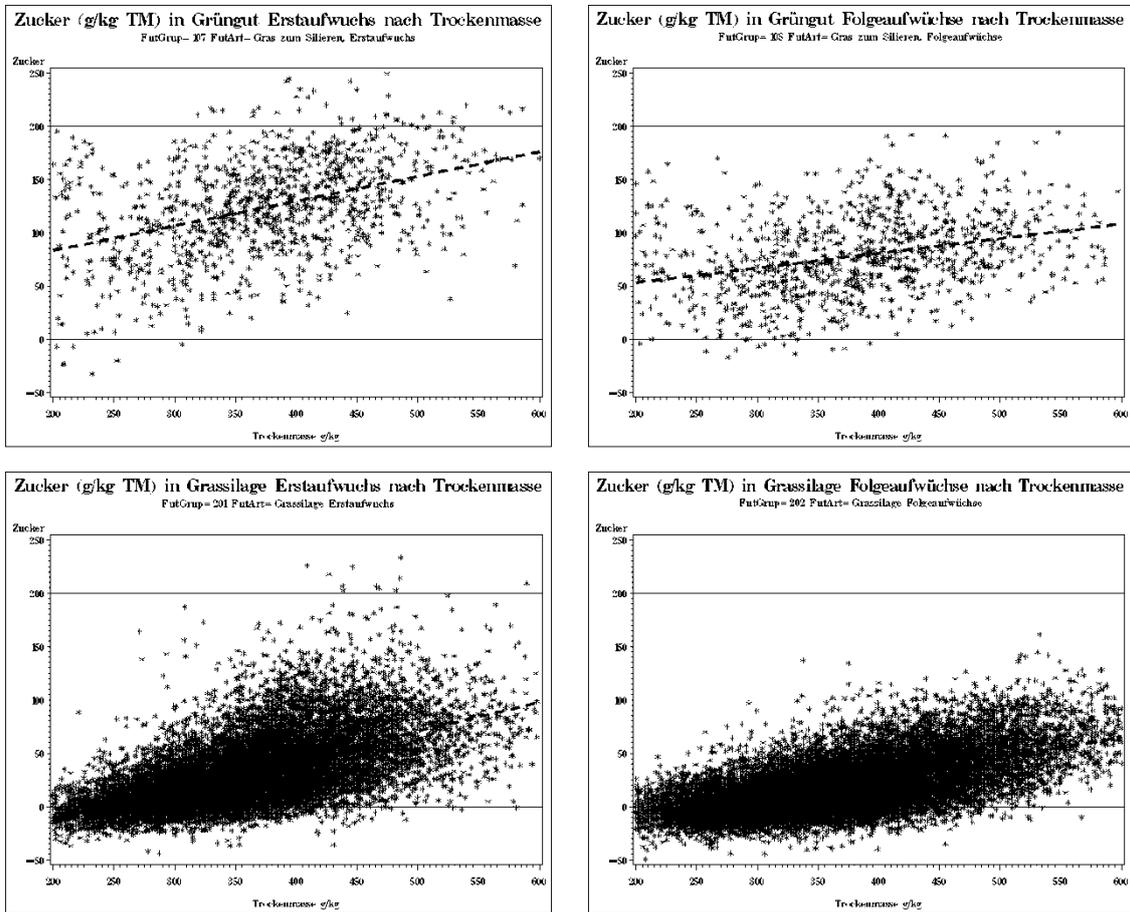


Abb. 1: Verteilung der Zuckergehalte nach Trockenmassegehalt

Tab. 3: Median, obere und untere 10%-Perzentile nach Trockenmasseklassen

TM-Klasse	Erstaufwuchs			Folgeaufwüchse		
	200..299	300..399	400..499	200..299	300..399	400..499
Grünget Median	95	121	142	59	67	88
obere 10% P.	161	174	189	122	120	140
untere 10% P.	31	62	87	13	23	49
Silage Median	5	24	50	0	11	31
obere 10% P.	28	63	100	19	36	65
untere 10% P.	-11	1	16	-15	-7	5

Einfluss der Rohfaser auf den Zuckergehalt

Der Gehalt an Rohfaser ist ein guter Maßstab für die Reifestufe des Grases. Aus Abb. 2 ist zu ersehen, wie beim Grüngut vom ersten Aufwuchs mit steigendem Rohfasergehalt der Zuckergehalt abnimmt. Übereinstimmend damit ist bei Grassilagen vom Erstaufwuchs bei niedrigen Rohfasergehalten häufig ein hoher Restzuckergehalt zu beobachten. Bei den Folgeaufwüchsen ist praktisch kein gerichteter Effekt der Rohfaser zu beobachten.

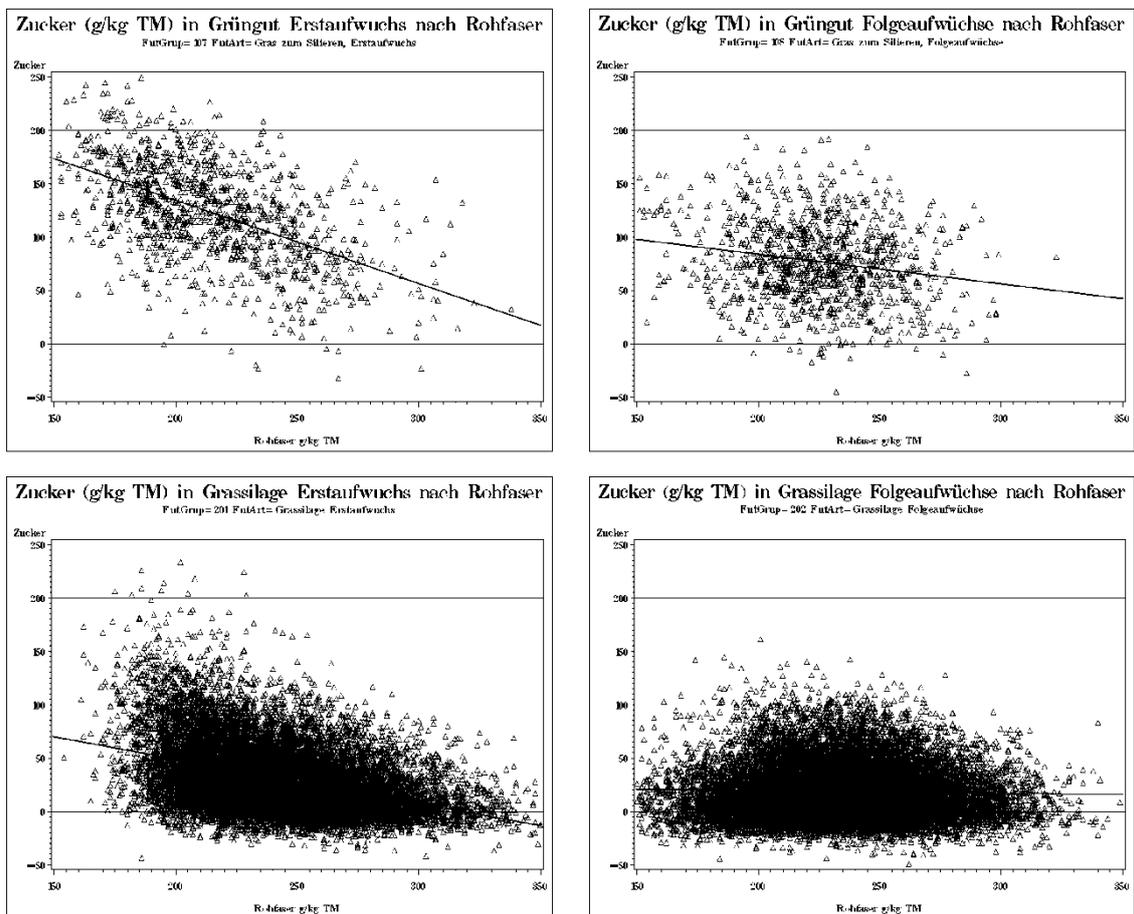


Abb. 1: Verteilung der Zuckergehalte nach Rohfasergehalt

Schlussfolgerungen

Im Grüngut von Erstaufwüchsen (Gras zum Silieren) waren im Durchschnitt rund 120 g Zucker/kg TM enthalten, in Folgeaufwüchsen erheblich weniger. In schwach angewelkten Silagen ist der Zucker zum größten Teil abgebaut, bei stark angewelkten Silagen verbleiben oft höhere Restzuckergehalte von 30 bis 100 g/kg TM.

Literatur

Tillmann, P. (2005): SABINA – Internet gestützte NIRS-Auswertungen. 117. VDLUFA-Kongress in Bonn. Kurzfassungen der Referate, 23.

A simple method for quantifying the phenological development of perennial ryegrass swards (*Lolium perenne* L.) and determining its relationship with some quality parameters

H. Salama, M. Lösche, A. Hermann, M. Gierus, F. Taube

Tel.: 0431-880-2138 / Fax.: 0431-880-4568

E-mail: salama@email.uni-kiel.de

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

Introduction

Accurate identification of the growth stage of a grass sward is critical to many forage breeding and management decisions. The quantity and quality of forage grasses is affected greatly by plant morphology (Moore and Moser, 1995). Many forage quality traits such as crude protein and fibre change unfavorably with advancing maturity (Simon and Park, 1983). Several previous studies were conducted with a common goal to quantify the developmental stages of cool-season (Haun, 1973; Simon and Park, 1983; Sweet et al., 1991) and warm-season (Moore et al., 1991; Sanderson, 1992) grasses. In the early 1990s Moore et al. (1991) recommended using the mean stage by count (MSC) as a numerical maturity index for quantifying the developmental morphology of a population of tillers. However, the time it takes to classify a herbage sample is relatively long. In addition, the decisions involved in classifying individual tillers are relatively subjective. Despite of that, MSC appears to have a high correlation to the nutritive value of perennial forage grasses (Van Soest, 1994). The objective of the present study was to develop a new comprehensive numerical index for quantifying the phenological development of perennial grasses, which is less time consuming and can be applied routinely, easily in the field, and provides similar correlations to the prominent quality traits as the commonly used MSC.

Materials and methods

The study was conducted through a 2-year field experiment (2006-2007) at the experimental station Hohenschulen of the Christian-Albrechts University, Kiel. Twenty diploid intermediate-heading perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) genotypes, which provide the range of phenological variation found in the corresponding maturity group, were evaluated with respect to their quality performance. Three replicated 3- by 6.5-m plots per genotype were sown in a randomized complete block design. The plots were managed with four cuts, the first and second were included in the present study and involved three sampling dates within each cut. Forage quality was estimated by NIRS, based on the following wet chemical analysis: Neutral Detergent Fibre (NDF), Acid Detergent Fibre (ADF) and Acid Detergent Lignin (ADL) using the semiautomatic ANKOM apparatus (Van Soest et al., 1991). DOM (g kg⁻¹ DM) was calculated according

to Weißbach *et al.* (1999) based on the cellulase method (De Boever *et al.*, 1988). The phenological stage of the plants was quantitatively monitored at each sampling date by classifying a representative sample of around 50 tillers from each plot according to the 17 stages of development described by Park (1980). In both years, only 10 stages, namely 3 to 12, were detected in the experimental plots. The Mean Stage by Count (MSC), representing the reference method, was calculated as the average of the individual stage categories present in the herbage sample, weighted for the number of tiller at each stage (Moore *et al.*, 1991). The percentage of tillers above a given developmental stage i was calculated, where i varied between the first and the last of the observed stages, resulting in a total of 10 different new maturity indices (NMI _{i}). MSC and NMI _{i} , and forage quality traits (NDF, ADF, ADL, DOM) were computed using Spearman's rank correlation coefficient in SAS 9.1 PROC CORR (SAS Institute, 2000) as the data were not normally distributed.

Results and Discussion

The correlation between MSC and the tested quality parameters reached the level of significance for the three sampling dates within the first cut, in addition to the first and second sampling dates within the second cut. While, in the third sampling date within the second cut, MSC was significantly correlated only to ADL and DOM (g kg⁻¹) contents (Table 1). Correlation analyses between percentage of tillers above each developmental stage and the investigated parameters revealed that considering the percentage of tillers above stage B (denoted as NMI8), which is defined as swelling of the upper leaf sheath indicating presence of the inflorescence inside it proved to show as significant correlation to the parameters as the MSC. Moreover, the magnitude of correlation was highly comparable to that produced from the MSC for both cuts and all sampling dates. This was in good accordance with the findings of Ansquer *et al.* (2009), who identified three phenological stages, namely; the start of stem elongation, flowering, and seed ripening, as the key to managing the dynamics of growth and the demography of temperate grassland species. Furthermore, the authors stated that making observations at the flowering stage gives relevant information on the other stages. Similarly, Mika (1983) found that varietal differences in timothy were more pronounced at ear emergence than at later sampling dates suggesting that a sampling date at or near ear emergence is to be preferred for routine evaluation. Correlation coefficients clearly fluctuated for the quality parameters and reached mostly the highest values in case of the DOM compared to the fibre fractions. Generally, higher correlation coefficients were observed for 1st rather than 2nd cut. Because the reproductive tillers are the main component of the NMI8, its correlation with the studied quality parameters will become weaker and less distinguishable as the number of reproductive tillers decrease which was clearly observed in the 2nd cut.

Conclusion

In the present research, a new maturity index (NMI8) for quantifying the morphological development of perennial forage grasses has been developed. The NMI8, expressed as percentage of tillers beginning the reproductive stage, pro-

vided similar correlations to the yield and studied quality attributes as the mean stage by count (MSC), but it was less time consuming and can be applied routinely and easily in the field. Correlations of the new maturity index with the studied quality parameters were more pronounced in the first cut than in the second cut.

References

- Ansquer, P., R. Al Haj Khaled, P. Cruz, J.-P. Theau, O. Therond, and M. Duru. 2009. Characterizing and predicting plant phenology in species-rich grasslands. *Grass Forage Sci.* 64:57-70.
- De Boever J.L., B.L. Cottyn, J.I. Andries, F.X. Buysse, and J.M. Vanacker. (1988). The use of cellulose technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of forages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19:247-260.
- Haun, J.R. 1973. Visual quantification of wheat development. *Agron. J.* 65:116-119.
- Mika, V. 1983. A comparison of the nutritive values of early and late varieties of timothy. *Grass Forage Sci.* 38:67-71.
- Moore, K.J. and L.E. Moser. 1995. Quantifying developmental morphology of perennial grasses. *Crop Sci.* 35:37-43.
- Moore, K.J., L.E. Moser, K.P. Vogel, S.S. Waller, B.E. Johnson, and J.F. Pedersen. 1991. Describing and quantifying growth stages of perennial forage grasses. *Agron. J.* 83:1073-1077.
- Park, B.-H. 1980. Untersuchungen zum Entwicklungsverlauf im Primäraufwuchs von perennierenden Futtergräsern. Diss., Universität Gießen.
- Sanderson, M.A. 1992. Morphological development of switchgrass and Klein-grass. *Agron. J.* 84:415-419.
- SAS Institute, Inc. 2000. SAS/STAT User's Guide, Version 9.1 SAS Institute, Cary, NC.
- Simon, U., and B.H. Park. 1983. A descriptive scheme for stages of development in perennial forage grasses. p. 416-418. In J.A. Smith and V.W. Hays (ed.) Proc. 14th Int. Grassl. Congr. Lexington, KY. 15-24 June 1981. Westview Press, Boulder, CO.
- Sweet, N., J.J.J. Wiltshire, and C.K. Baker. 1991. A new descriptive scale for early reproductive development in *Lolium perenne* L. *Grass Forage Sci.* 46:201-206.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press (Second edition).
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Weißbach F., S. Kuhla, L. Schmidt, and A. Henkels. (1999). Estimation of the digestibility and the metabolizable energy of grass and grass products. *Proceedings of the Society of the Nutritional Physiology.* 8:72.

Sektion Futterqualität und Fütterung

Table 1. Spearman's rank correlation coefficients between percentage of tillers beginning each developmental stage and the different quality parameters, pooled over year and replicate. Maturity stages S2 to OH represent the new maturity indices NMI_i ($i = 3-12$)

Cut	Sampling Date	Parameter	MSC	NMI_i												
				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
				S2	S3	K1	K2	K3	B	G1.1	G1.5	G1.9	OH			
1	1	NDF	0.32**	0.04	0.10	0.36**	0.31*	0.21*	0.22*	0.17						
1	1	ADF	0.34**	0.06	0.14	0.37**	0.32*	0.20*	0.24*	0.22*						
1	1	ADL	0.54**	0.03	0.18	0.48**	0.55**	0.48**	0.44**	0.40**						
1	1	DOM	- 0.84**	-0.03	- 0.49**	- 0.85**	- 0.82**	- 0.69**	- 0.74**	- 0.59**						
1	2	NDF	0.57**	0.06	0.54**	0.48**	0.59**	0.52**	0.62**	0.58**	0.57**					
1	2	ADF	0.67**	0.11	0.62**	0.56**	0.68**	0.62**	0.68**	0.59**	0.61**					
1	2	ADL	0.51**	0.05	0.44**	0.42**	0.52**	0.47**	0.63**	0.55**	0.58**					
1	2	DOM	- 0.69**	-0.08	- 0.59**	- 0.53**	- 0.72**	- 0.65**	- 0.68**	- 0.64**	- 0.69**					
1	3	NDF	0.78**	0.22*	0.25*	0.48**	0.70**	0.76**	0.81**	0.67**	0.64**	0.39**				
1	3	ADF	0.72**	0.31*	0.32**	0.53**	0.72**	0.74**	0.74**	0.55**	0.56**	0.59**				
1	3	ADL	0.83**	0.21*	0.19	0.37**	0.59**	0.70**	0.83**	0.79**	0.77**	0.55**				
1	3	DOM	-	-0.23*	-0.21*	-	-	-	-	-	-	-				

Sektion Futterqualität und Fütterung

			0.81**										
				0.39**	0.63**	0.75**	0.81**	0.73**	0.73**	0.54**			
2	1	NDF	0.47**	0.14	0.21*	0.43**	0.39**	0.33**	0.39**	0.49**	0.55**	0.56**	0.40**
2	1	ADF	0.39**	0.17	0.21*	0.32**	0.27*	0.23*	0.32**	0.43**	0.50**	0.49**	0.32**
2	1	ADL	0.48**	0.17	0.31*	0.54**	0.49**	0.40**	0.38**	0.41**	0.46**	0.46**	0.31*
2	1	DOM	-			-	-	-	-	-	-	-	
			0.51**	-0.12	-0.26*	0.44**	0.41**	0.37**	0.41**	0.56**	0.66**	0.65**	-0.51**
2	2	NDF	0.31*	0.04	0.037	0.20*	0.22*	0.26*	0.28*	0.36**	0.40**	0.21*	0.19
2	2	ADF	0.33**	0.18	0.08	0.17	0.18	0.25*	0.34**	0.37**	0.38**	0.20*	0.21*
2	2	ADL	0.47**	0.12	0.11	0.34**	0.36**	0.37**	0.31*	0.39**	0.49**	0.36**	0.31*
2	2	DOM	-			-	-	-	-	-	-	-	
			0.35**	-0.10	-0.05	-0.28*	-0.28*	-0.30*	-0.26*	0.33**	0.42**	-0.24*	-0.23*
2	3	NDF	0.18	0.03	0.20*	0.09	0.13	0.17	0.18	0.26*	0.29*	0.16	0.09
2	3	ADF	0.18	0.001	0.20*	0.09	0.16	0.18	0.20*	0.27*	0.30*	0.17	0.09
2	3	ADL	0.21*	0.0006	0.24*	0.16	0.20*	0.23*	0.23*	0.28*	0.33**	0.22*	0.15
2	3	DOM	-		-	-	-	-	-	-	-	-	
			0.40**	-0.01	0.39**	-0.28*	0.37**	0.41**	0.43**	0.50**	0.54**	0.41**	-0.24*

Einfluss des Genotyps und der Nutzung auf die spezifische PPO-Aktivität verschiedener Rotklee-Genotypen

N. Weiher, M. Krawutschke, M. Gierus, F. Taube

Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, nweiher@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Eine Maßnahme zur Verringerung der Stickstoffverluste in spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieben kann die Verbesserung der N-Nutzungseffizienz (NUE) der Wiederkäuer bieten. Bestimmte sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie kondensierte Tannine oder die Polyphenoloxidase (PPO) können hemmend auf den raschen Proteinabbau in Silagen und den Vormägen der Wiederkäuer wirken (SULLIVAN & HATFIELD, 2006) und damit die NUE verbessern. Die im Rotklee vorkommende PPO ist verantwortlich für die enzymatische Bräunungsreaktion, bei der eine Hydroxylation von Monophenolen zu o-Diphenolen sowie eine Oxidation von o-Diphenolen zu o-Chinonen erfolgen. Diese o-Chinone sind sehr reaktiv, können an Proteine oder Phenole binden und Chinon-Protein-Komplexe bilden. Unterschiede in der PPO-Aktivität wurden zwischen verschiedenen Rotkleearten und im Jahresverlauf (FOTHREGILL & REES, 2006, WINTERS *et al.*, 2008, EICKLER, 2008) festgestellt, aber auch bedingt durch das Nutzungssystem (EICKLER, 2008). Um Rotklee-Genotypen mit einer verbesserten Futterqualität zu identifizieren, wird in einem zweijährigen Feldversuch deshalb der Frage nachgegangen, welchen Einfluss verschiedene Genotypen und Nutzungssysteme auf die spezifische PPO-Aktivität und damit auf die Futterqualität ausüben. Erste Ergebnisse werden im vorliegenden Beitrag vorgestellt.

Material und Methoden

Datengrundlage bildet ein am Standort Hohenlieth (Ls, Ø 8,9 °C, Ø 804,5 mm) angelegter Feldversuch mit den Prüffaktoren Nutzungssystem und Genotypen in dreifacher Wiederholung. Dabei werden 12 Rotklee (*Trifolium pratense* L.)-Genotypen und Weißklee (*T. repens*) (Sorte Vysocan) als Kontrolle in den beiden Systemen ohne und mit mechanischem Stress (simulierte Beweidung; Cambridge-Walze drei Wochen vor Schnitttermin) verglichen. Es erfolgte eine 4-Schnitt-Nutzung im Abstand von sechs Wochen (20.05., 30.06., 11.08. und 22.09.08). Zu jedem Schnitttermin wurde an je 50 Trieben pro Parzelle das phänologische Entwicklungsstadium (mean stage by count - MSC) nach FAGERBERG (1988) bestimmt. Um die Erträge und das Blatt/Gewichtsverhältnis (BGV) zu erfassen wurde mit einer Rasenkantenschere jeweils Pflanzenmaterial von zwei bis drei Quadraten mit einer Fläche von 0,25 m² in einer Schnitthöhe von 5 cm entnommen. Die Proben für die Bestimmung der spezifischen PPO-Aktivität wurden in Blatt und Stängel getrennt und die Blätter in Päckchen zu 8 g bei -27 °C tiefgefroren. Die Extraktion der PPO erfolgte in

Anlehnung an *ESCRIBANO et al. (1997)* unter Flüssig-Stickstoff mit Phosphatpuffer und Proteinaseinhibitoren. Nach der Zugabe von Kaffeesäure als Substrat fand eine minütliche Bestimmung von 0-12 min photometrisch bei 400 nm statt. Das Gesamtprotein wurde nach der Bradford-Methode bestimmt. Angegeben wird die spezifische PPO-Aktivität in IU bezogen auf Protein ($\mu\text{g g}^{-1}$ TS) als diejenige Enzymmenge, die eine Absorptionsänderung von $0,001 \text{ min}^{-1}$ verursacht. Die spezifische PPO-Aktivität wurde um das BGV korrigiert. Die gewonnenen Daten wurden einer Varianzanalyse (mixed procedure ANOVA SAS 9.1) unterzogen. Multiple Mittelwertvergleiche erfolgten mittels Tukey-Test ($P < 0,05$). Bei der Auswertung der spezifischen PPO-Aktivität wurden die Aufwüchse als Messwiederholung berücksichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt die Jahreserträge 2008 der verschiedenen Genotypen des 4-Schnittsystems am Standort Hohenlieth.

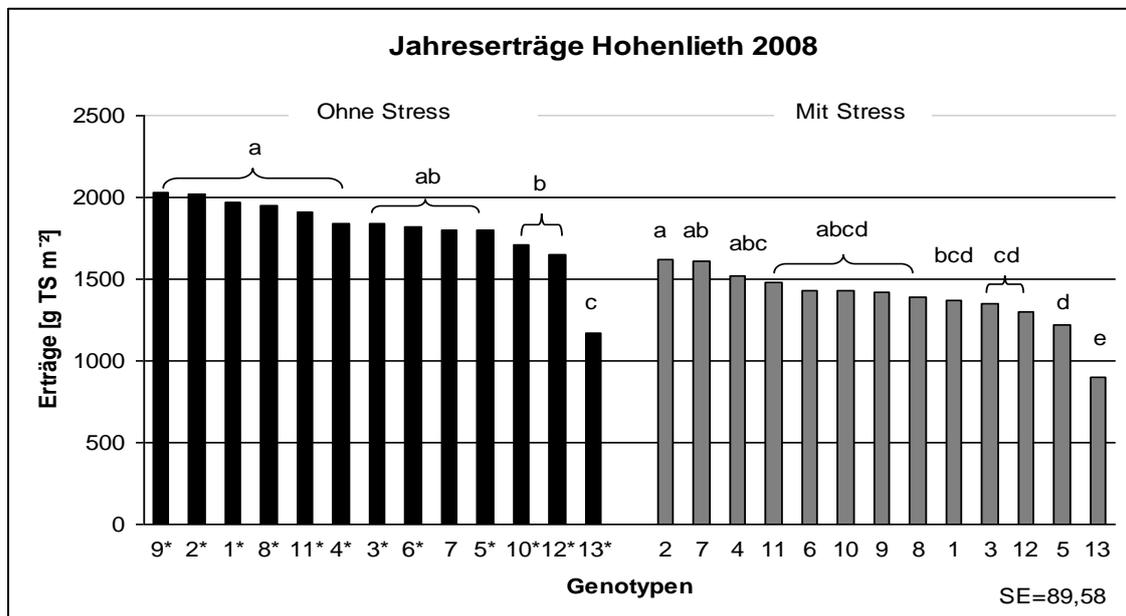


Abb. 1: Jahreserträge der 4-Schnittnutzung am Standort Hohenlieth 2008 a, b zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen im jeweiligen Nutzungssystem ($p < 0,05$), * symbolisiert signifikante Unterschiede innerhalb eines Genotyps zwischen den beiden Nutzungssystemen ($p < 0,05$).

Die Jahreserträge lagen für Rotklee ohne Stress zwischen 1646 und 2034 g TS m⁻², in der Variante mit mechanischem Stress erreichten die Rotklee-Genotypen zwischen 1300 und 1416 g TS m⁻². Das erzielte Ertragsniveau ist typisch für Schleswig-Holstein, wie andere Untersuchungen zeigten (*LOGES & TAUBE, 1999*). Deutlich zu sehen ist, dass die Erträge in der ungestressten Variante bei allen Genotypen höher sind als jene in der gestressten Variante. Mit mechanischem Stress erreichen die verschiedenen Genotypen nur rund 80 % des Ertrages der Variante ohne Stress mit Ausnahme von Genotyp 7, hier gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Nutzungssystemen. Weißklee wies in beiden Nutzungssystemen die geringsten Erträge auf.

Die spezifische PPO-Aktivität der verschiedenen Genotypen wurde bei allen vier Aufwüchsen gemessen, wobei im System mit Stress meist höhere Messwerte als im System ohne Stress ermittelt wurden. Dabei zeigte Weißklee (Genotyp 13) stets die geringste PPO-Aktivität. Signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen im System ohne Stress konnten für den 4. Aufwuchs abgesichert werden. Im Nutzungssystem mit mechanischem Stress zeigte sich eine deutlichere Differenzierung der spezifischen PPO-Aktivität zwischen den einzelnen Rotklee genotypen (Tab. 1). Bei beiden Systemen wurden die höchsten Werte beim letzten Schnittermin am Ende der Vegetationsperiode beobachtet, was auch frühere Untersuchungen zeigten (Eickler, 2007). Zu diesem Termin hat das Nutzungssystem einen besonders starken Effekt, signifikante Unterschiede konnten für die Genotypen 1, 5, 6, 7, 8 und 11 festgestellt werden.

Tab. 1: Spezifische PPO-Aktivität in IU ($\mu\text{g Protein g}^{-1}\text{ TS}$) um BGV korrigiert

Genotyp	1.Termin 08		2.Termin 08		3.Termin 08		4.Termin 08	
	Ohne Stress	Mit Stress	Ohne Stress	Mit Stress	Ohne Stress	Mit Stress	Ohne Stress	Mit Stress
1	0,41	0,57 ^{ab}	0,35	0,59	0,58	1,85 ^a	1,39 ^{ab}	3,32 ^{abA}
2	0,24	0,85 ^{ab}	0,46	0,66	0,38	0,98 ^{ab}	0,96 ^{abA}	1,49 ^{defA}
3	0,74	1,60 ^a	0,49	0,72	0,49	1,67 ^a	1,18 ^{abA}	1,78 ^{cdefA}
4	0,59	0,56 ^{ab}	0,25	0,35	0,51	1,05 ^{ab}	1,45 ^{aA}	1,03 ^{fgA}
5	0,66	0,99 ^{ab}	0,78	0,63	0,47	1,42 ^{ab}	0,97 ^{abB}	3,92 ^{aA}
6	0,42	0,67 ^{ab}	0,24	0,85	0,57	1,19 ^{ab}	1,23 ^{abB}	2,61 ^{abcdA}
7	0,16	0,76 ^{ab}	0,32	0,32	0,77	2,07 ^a	0,73 ^{abB}	3,27 ^{abA}
8	0,35	0,84 ^{ab}	0,51	0,97	0,72	1,45 ^a	1,58 ^{ab}	3,07 ^{abcA}
9	0,53	0,64 ^{ab}	0,42	0,50	0,57	1,34 ^{ab}	1,93 ^{aA}	2,42 ^{bcdeA}
10	0,51	0,64 ^{ab}	0,44	0,59	0,70	1,66 ^a	1,90 ^{aA}	2,16 ^{bcdefA}
11	0,38	0,64 ^{ab}	0,39	0,78	0,58	1,29 ^{ab}	0,69 ^{abB}	2,21 ^{bcdefA}
12	0,23	0,38 ^{ab}	0,55	0,84	0,60	0,98 ^{ab}	0,81 ^{abA}	1,21 ^{efgA}
13	0,04	0,02 ^b	0,06	0,06	0,06	0,10 ^b	0,02 ^{bA}	0,08 ^{gA}

^{a, b} zeigen signifikante Unterschiede zwischen Genotypen innerhalb eines Nutzungssystems und eines Aufwuchses; ^{A, B} zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Nutzungssystemen innerhalb des Genotyps und eines Aufwuchses (p < 0,05, SE= 0,21)

Neben Genotyp und Nutzungssystem spielt der Aufwuchs ebenso eine wichtige Rolle. Zum letzten Termin wiesen alle Genotypen einen geringeren MSC (die Rotkleepflanzen waren demnach weniger weit entwickelt als zu den Schnittzeitpunkten davor) als bei den ersten drei Aufwüchsen auf, was für die beobachteten Werte auf den Einfluss von Witterung und Alter (phänologische Entwicklung) der Rotkleepflanzen zum Schnittzeitpunkt hinweist.

Schlussfolgerungen

Innerhalb des Ertragsniveaus war eine deutliche Rangierung der Rotklee-Genotypen zu verzeichnen, mechanischer Stress führte zu einer Verringerung der Jahreserträge. Unterschiedliche Nutzungssysteme haben einen Einfluss auf die spezifische PPO-Aktivität, als Reaktion auf (mechanischen) Stress war die spezifische PPO-Aktivität erhöht. Neben Genotyp und Nutzungssystem spielte auch der Aufwuchs eine maßgebliche Rolle. Zum letzten Schnittermin war die spezifische PPO-Aktivität am höchsten, hier gab es deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Rotklee-Genotypen, die statistisch abgesichert werden konnten. Rückschlüsse auf Futterqualität lassen sich anhand der einjährigen Daten der spezifischen PPO-Aktivitäten noch nicht treffen.

Literatur

- EICKLER, B. (2008): Nutritive value of forage legumes with special reference to polyphenol oxidase activity in red clover. *Dissertation*. Universität Kiel.
- EICKLER, B., GIERUS, M., TAUBE, F. (2007): Einfluss der Grünlandnutzung auf die PPO-Aktivität in Rotklee. In: Zikeli, S., Claupen, W., Dabbert, S., Kaufmann, B., Müller, T. und Valle Zárate, A. (Hrsg.): Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hohenheim, 541-544.
- ESCRIBANO, J., CABANES, J., CHAZARRA, S. GARCIA-CARMONA, F. (1997): Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase. Determination of kinetic parameters on the tyramine/dopamine pair. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 4209-4214.
- FAGERBERG, B. (1988): Phenological development in timothy, red clover and Lucerne. *Acta Agric. Scand.* 38, 159-170.
- FOTHERGILL, M., REES, M.E. (2006): Seasonal differences in polyphenol oxidase activity in red clover. In: Wachendorf, M., Helgadottir, A., Parente, G. (eds) Sward dynamics, N-flows and forage utilisation in legume-based systems. Proceedings of the 2nd COST 852 Workshop, Grado, Italy, 2005, pp.141-144.
- LOGES, R. und TAUBE, F. (1999): Ertrag und Futterqualität von Rotklee und Luzerne als Reinsaat sowie in Gemenge mit Gräsern. In: Hoffmann, H., Müller, S. (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Berlin, 501-504.
- SULLIVAN, M.L., HATFIELD, R.D. (2006): Polyphenol oxidase and o-diphenols inhibit postharvest proteolysis in red clover and alfalfa. *Crop Science*, 46, 662-670.
- WINTERS, A.L., MINCHIN, F.R., MICHAELSON-YEATES, T.P.T., LEE, M.R.F., MORRIS, P. (2008): Latent and active polyphenol oxidase (PPO) in red clover (*Trifolium pratense*) and use of a low PPO mutant to study the role of PPO in proteolysis reduction. *J. Agric. Food Chem. Science*, 56, 2817-2824.

Ermittlung des Zuwachsverlaufs von Dauergrünland unter Weidekörben zur Steuerung und Kontrolle der Flächenzuteilung in Versuchen zur Kurzrasenweide

C. Berendonk

Landwirtschaftskammer NRW - LWZ Haus Riswick, Eisenpass 5, 47533 Kleve

Email: clara.berendonk@lwk.nrw.de

Einleitung und Problemstellung

Zuwachsmessungen auf der Weide werden je nach Fragestellung durch direkte oder indirekte Methoden beschrieben (Meijs J. A. C., 1981, Smit H. J et al., 2005). In den Beweidungsversuchen der Landwirtschaftskammer haben sich Weidekörbe bewährt, unter denen der Zuwachs vom Verbiss der Weidetiere geschützt ist. Allerdings müssen beim Einsatz von Weidekörben auch die Rückwirkung der Beweidung auf das Wachstum, d. h. die Trittbelastung und Nährstoffrückführung durch Kot und Harn, mitberücksichtigt werden. Um unter den Körben daher die tatsächlichen Wachstumsbedingungen optimal zu erfassen, müssen die Weidekörbe regelmäßig versetzt werden. Das in den Beweidungsversuchen in Kleve eingesetzte Verfahren der Zuwachsmessung mit über die Fläche rotierenden Weidekörben soll anhand der Messungen der Brutto- und Nettoerträge der Kurzrasenweide des Ökobetriebs von Haus Riswick in Kleve erläutert werden.

Material und Methoden

Die für die Auswertung erforderliche Mindestanzahl an Weidekörben ist abhängig von der Koppelgröße (siehe Abb. 1). In den aktuellen Versuchen werden daher bei 4 ha großen Koppeln 8 Weidekörbe je Koppel verwendet. Die Weidekörbe decken eine Fläche von $2,85\text{m} \times 0,98\text{m} = 2,79\text{m}^2$ ab. Die Breite ist abgestimmt auf die Breite des Motormähers. Die Beerntung der Körbe erfolgt in 14-tägigen Abständen, bei nachlassendem Futterzuwachs im Hochsommer auch in 3-wöchigem Abstand.



Sektion Weidenutzung

Die Beerntung und das Versetzen der Weidekörbe erfolgt nach dem in Abbildung 2 erläuterten Schema.

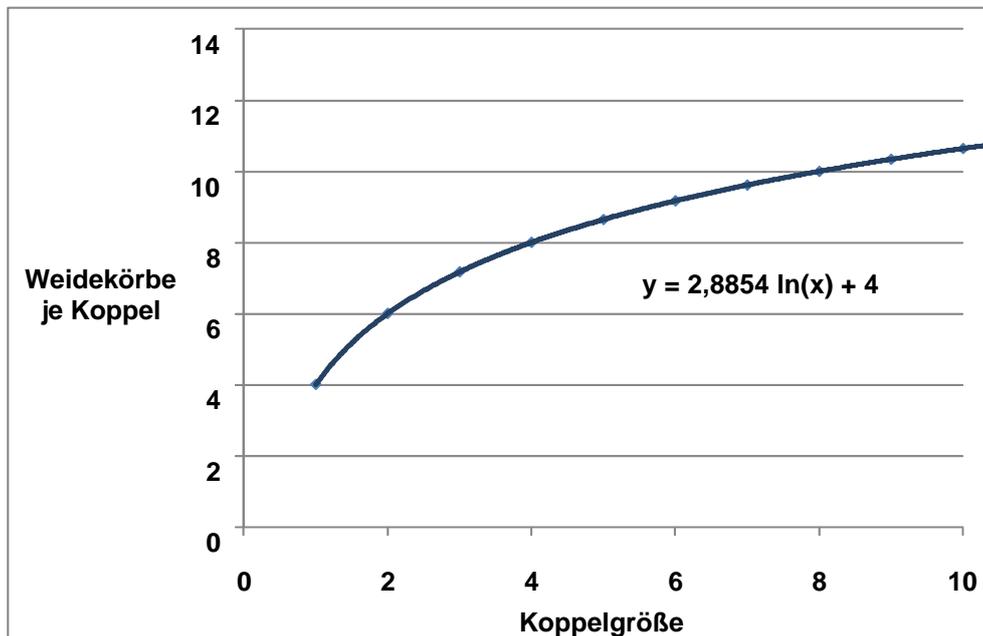


Abb. 1: Beziehung zwischen Koppelgröße und erforderlicher Mindestzahl an Weidekörben

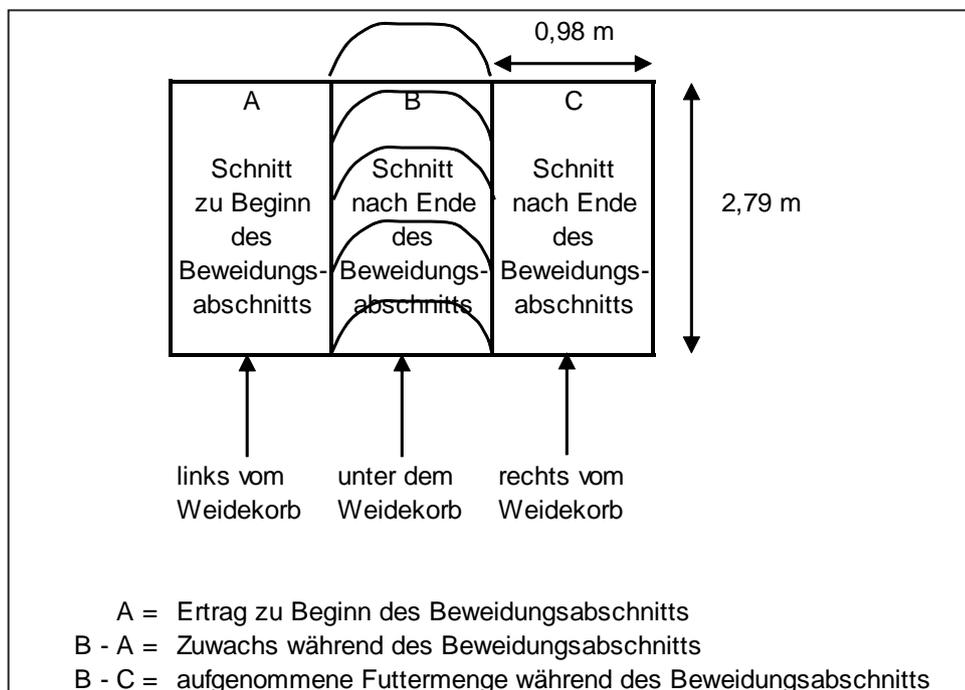


Abb. 2: Schema der Probeschnitte neben und unter den Weidekörben

Zu Beginn jeden Beweidungsabschnittes wird neben dem Korb ein Probeschnitt (A) genommen, der den Startwert für den Beweidungsabschnitt darstellt. Am Ende des Beweidungsabschnittes (in der Regel nach 14 Tagen) wird ein Schnitt (B) unter dem Korb geerntet. Die Differenz zwischen dem Ertrag unter dem Korb B und dem Startwert A neben dem Korb gibt den Zuwachs während des Beweidungsabschnittes an. Der Probeschnitt C neben dem Korb zu Ende des Beweidungsabschnittes dient als Startwert für den folgenden Beweidungsabschnitt. Darüber hinaus gibt die Differenz zwischen dem Ertrag unter dem Korb (B) und neben dem Korb am Ende des Beweidungsabschnittes (C) die aufgenommene Futtermenge während des Beweidungsabschnittes an. Wichtig ist, dass beim Versetzen des Korbes darauf geachtet wird, dass der Pflanzenbestand rechts und links des Korbes weitestgehend identisch ist. Aus den Zuwachsraten in den einzelnen Abschnitten kann durch Summenbildung der Jahreszuwachs (Bruttoertrag) und die Futterraufnahme von der Fläche (Nettoertrag) berechnet werden.

Ergebnisse und Diskussion:

Die Ergebnisse der Zuwachsmessungen im Beweidungsversuch im Ökobetrieb von Haus Riswick sind in Abb.3 zusammengefasst:

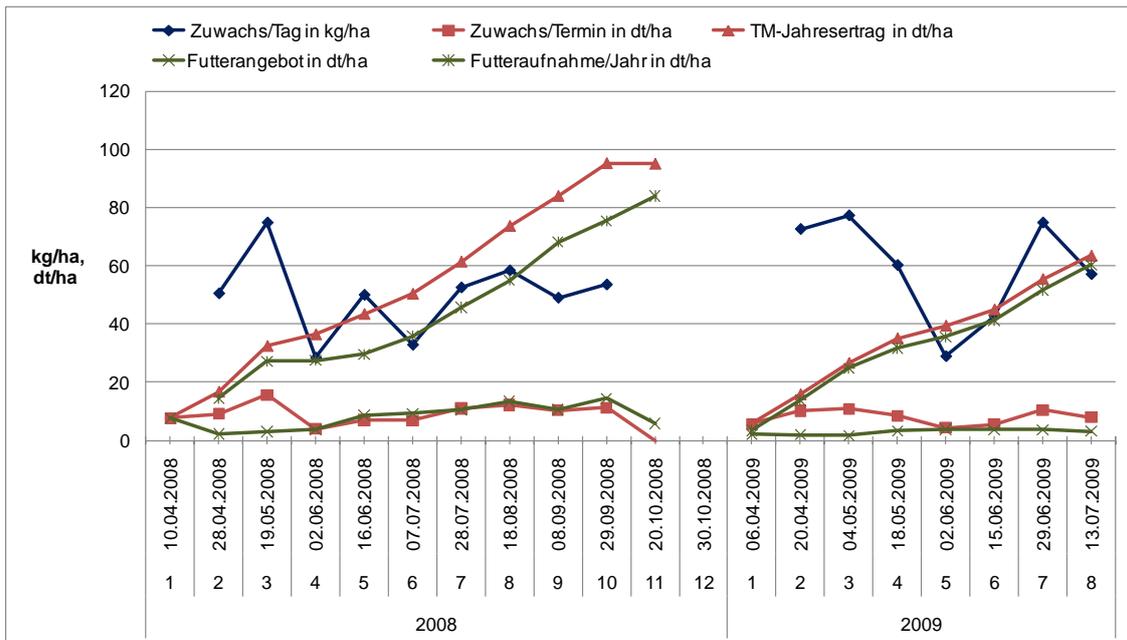


Abb. 3: Ermittlung von Zuwachsraten und Futterraufnahme mittels Weidekörben auf der Kurzrasenweide im Ökobetrieb von Haus Riswick in Kleve

Der Zuwachs/Tag spiegelt die die standort- und jahrestypischen Wachstumsbedingungen. Die ermittelten täglichen Zuwachsraten zeigen in beiden Jahren witterungsbedingt einen starken Wachstumseinbruch in der zweiten Maihälfte. Gleichwohl kann der Gesamtbruttoertrag von 95 dt Trockenmasse im Jahr 2008 als standorttypisch, aber für den ökologischen Landbau dennoch als recht hoch beurteilt werden.

Der Vergleich der Jahre 2008 und 2009 zeigt, soweit ein Vergleich bereits möglich ist, eine deutliche Diskrepanz zwischen dem Bruttoertrag und der Futteraufnahme, d. h. dem verwerteten Nettoweideertrag. Im Jahr 2009 wurde die Beweidung mit Beginn der Vegetationsperiode konsequent mit einer maximalen Aufwuchshöhe von 6 cm als Kurzrasenweide durchgeführt, während im Jahr 2008 vor allem ab Juni durch großzügigere Flächenzuteilung höhere Aufwuchshöhen mit höheren Weideresten resultierten. Das entsprechen größere tägliche Futterangebot spiegelt sich in einer schlechteren Futterausnutzung im Jahr 2008 wider, während es 2009 durch angepasste Besatzdichte gelang, die Weidereste deutlich zu reduzieren.

Schlussfolgerung:

Weidekörbe sind ein geeignetes Instrument zur Steuerung und Überwachung der Flächenzuteilung in Beweidungsversuchen. Neben der Messung der Zuwachsraten in den einzelnen Vegetationsabschnitten ermöglichen sie es, die Auswirkungen des Weidemanagements auf das Verhältnis von Brutto- und Nettoerträgen, d. h. auf die Futterausnutzung zu erfassen.

Literatur:

- MEIJS J. A. C. (1981): Comparison Herbage intake by grazing dairy cows. *Ph. D. Diss., Wageningen Univ., Wageningen.*
- SMIT H. J., TAWHEEL H. Z., Tas B. M., Tamminga S. and Elgersma, A. (2005): Comparison of Techniques for Estimating Herbage Intake of grazing Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 88, 1827-1836.

Einfluss von Begleitgras- und Leguminosenart auf die Eignung von Klee-grasbeständen zur Winterbeweidung unter Norddeutschen Bedingungen

R. Loges, D. Westphal und F. Taube

Christian-Albrechts-Universität Kiel

Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland & Futterbau/ Ökologischer Landbau

Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

E-Mail: rloges@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Ertrag, Futterqualität, N₂-Fixierungsleistung bzw. Nitratauswaschung und Vorruchtleistung von Klee-grasbeständen werden von Saatmischung und Art der Bewirtschaftung in weiten Bereichen beeinflusst (DREYMAN, 2005). Ausschließlich beweidete bzw. ausschließlich gemulchte Klee-grasflächen können zu N-Auswaschungen führen, deren Nitratkonzentration weit über dem EU-Trinkwassergrenzwert von 50 mg NO₃-I⁻¹ liegen. Neben der reinen Schnittnutzung und der Nutzung als Gründüngung besteht die Möglichkeit der Nutzung von Klee-gras als Mähweide. Im Vergleich zur Schnittnutzung gilt Weidehaltung infolge geringerer Gebäude- und Futterkonservierungskosten als deutlich kostengünstiger. Aus ökonomischen Gründen sollte eine möglichst lange Weidedauer angestrebt werden. Narbenverletzungen, die häufig bei Winterbeweidung beobachtet werden (OPITZ v. BOBERFELD et al, 2005), sind auf Ackerklee-gras, welches ohnehin im darauf folgenden Frühjahr zwecks Getreideansaat umgebrochen wird, von geringer Relevanz.

Ziel des vorgestellten Projektes war die Prüfung unterschiedlicher Klee-gras-mischungen in Bezug auf Ertragsleistung, Futterqualität und Eignung zur Winterbeweidung sowie deren Vorruchtwirkung auf nachfolgenden Sommerweizen aber auch in Bezug auf Gefahren einer möglichen N-Auswaschung. Die Versuchshypothesen waren, dass es mit Klee-grasgemengen gelingen kann, extensive Mutterkuhrassen bzw. Mutterschafe, ohne größere Gewichtsverluste, über Winter auf der Weide zu ernähren, bzw. das extensive Winterbeweidung von intakten Ackerklee-grasnarben nicht zwangsläufig zu hohen Nitratauswaschungen führen muß.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf dem nach Bioland-Richtlinien bewirtschafteten Betrieb "Hof Ritzerau" (48 Bp, 8,5°C Jahresdurchschnittstemperatur, 750 mm Durchschnittsjahresniederschlag) im ostholsteinischen Hügelland durchgeführt. Als Versuchsvarianten wurden binäre Gemenge, die sich in Bezug auf die Faktoren Grasart (Dt. Weidelgras (DW) versus Rohrschwengel (RS)) bzw. Leguminosenart (Weißklee (WK), Rotklee (RK) und Luzerne (LZ)) unterschieden als Großteilstücke einer randomisierten Blockanlage mit dreifacher Wiederholung als Untersaat in Wintergetreide etabliert (Tab 1.). Im jeweils 1. Hauptnutzungsjahr wurden die Bestände auf Unterparzellen folgenden 5 alternativen Nutzungssystemen unterzogen: 3 Mulchschnitte (I), 3 Siloschnitte (II) bzw. als

Mähweidesystem mit 2 Siloschnitten und Beweidung des letzten Aufwuchses im Oktober (III), Dezember (IV) oder Januar (V). Zu jeder Nutzung wurden in Handbeprobung die Trockenmasse-(TM)-erträge, Rohprotein- (RP) und Energiegehalte festgestellt. Im Zeitraum Anfang November bis Ende März wurde die Nitrat-N-Auswaschung durch wöchentliche Beprobung keramischer Saugkerzen erhoben. Nach jeweiligem Frühjahrsumbruch wurde Sommerweizen gesät und zur Ernte Erträge und Kornqualitäten ermittelt. Die statistische Analyse erfolgte mit der SAS-Prozedur „Mixed“, Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem Tukey-Test, die Auswertung von Wechselwirkungen basiert auf dem Bonferroni-Holm-Verfahren.

Tab. 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen

Faktor	Faktorstufe	Beschreibung
1. Mischungspartner Leguminose:	1.1 Weißklee (WK)	weidefest flachwurzelnd
	1.2 Rotklee (RK)	tiefwurzelnd, standorttypisch
	1.3 Luzerne (LZ)	Tiefwurzelnd, trockenheitstolerant
2. Mischungspartner Grasart:	2.1 Dt. Weidelgras (DW)	Typische Grasart Nordeutschlands
	2.2 Rohrschwengel (RS)	Wintergrüne tiefwurzelnde Grasart
3. Nutzungssystem:	3.1 Gründüngung	3 x gemulcht
	3.2 Schnittnutzung	3 Siloschnitte
	3.3 Mähweide mit	2 Siloschnitte...
	3.3.1 Herbstbeweidung	... + Beweidung Anfang Oktober
	3.3.2 früher Winterbeweidung	... + Beweidung Anfang Dezember
	3.3.3 später Winterbeweidung	... + Beweidung Anfang Januar
4. Versuchsperiode	4.1 2005/2006	aus Untersaat 2004/ Umbruch 2006
	4.2 2006/2007	aus Untersaat 2005/ Umbruch 2007

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 2 zeigt im Mittel der beiden Versuchsjahre und Begleitgrasarten den Einfluss von Leguminosenart und Beweidungszeitpunkt auf Ertrag und Futterqualität kurz vor dem Auftrieb der Weidetiere zu den 3 Herbst- bzw. Winterterminen. Die betrachteten Ertrags- und Qualitätsparameter wurden von der Wahl des Grasmischungspartners nicht beeinflusst. Zum Oktobertermin zeigten die Saadmischungen mit Luzerne und Rotklee deutlich höhere Erträge an abweidbarer Biomasse, die sich im Gegensatz zu Beständen mit Weißklee aus mindestens 75% Leguminosen zusammensetzte. Die deutlich höheren Leguminosenertragsanteile in Mischungen mit Luzerne oder Rotklee führen im Vergleich zu denen mit Weißklee zu deutlich höheren RP-Gehalten des Gesamtbestandes. Die zu allen Erstbeweidungszeitpunkten höheren Grasanteile in den Mischungen mit Weißklee korrespondieren mit höheren Energiegehalten. Die Verzögerung des Erstbeweidungstermins führte bei allen Leguminosenarten zu Abnahmen in Bezug auf abweidbare Biomasse, Leguminosenanteil sowie RP- und Energiegehalt. Während die Verluste in den auf niedrigerem Ertragsniveau

Sektion Weidenutzung

angesiedelten Varianten mit Weißklee gering ausfielen, waren diese in den Mischungen mit Luzerne bzw. Rotklee deutlich stärker ausgeprägt. Bei Luzerne traten bereits vor dem Dezembertermin ausgeprägte Ertrags- und Qualitätsverluste ein, während in den Beständen mit Rotklee ähnliche hohe Verluste erst im Laufe des Januars eintraten. In den Varianten die erstmalig im Januar beweidet wurden konnten keine statistischen Ertragsunterschiede zwischen den getesteten Saatmischungen festgestellt werden. Zu diesem Termin wiesen alle Bestände einen für den Erhaltungsbedarf von Mutterkühen bzw. -schafen ausreichenden RP-Gehalt von über 11% auf, während nur die Bestände mit Weißklee und bedingt auch die mit Rotklee ausreichende Energiekonzentrationen zur Erhaltung von über 8,5 MJ NEL erzielten.

Tab. 2: Ertrag, Leguminosenanteil und Futterqualitätsparameter in Abhängigkeit von Leguminosenart und Beweidungstermin des 3. Aufwuchses

Beweidungstermin	Futterangebot (dt TM ha ⁻¹)			Leguminosenanteil (%)		
	WK	RK	LZ	WK	RK	LZ
Anfang Oktober	19,85 ^{aB}	33,57 ^{abA}	44,93 ^{aA}	32,47 ^{aB}	78,34 ^{aA}	92,27 ^{aA}
Anfang Dezember	18,83 ^{aB}	36,42 ^{aA}	24,39 ^{bB}	7,88 ^{bB}	78,98 ^{aA}	86,12 ^{aA}
Anfang Januar	15,40 ^{aA}	21,62 ^{bA}	25,25 ^{bA}	0,88 ^{bB}	66,18 ^{bA}	83,04 ^{aA}

Beweidungstermin	Rohproteingehalt (% d. TM)			Energiegehalt (MJ ME)		
	WK	RK	LZ	WK	RK	LZ
Anfang Oktober	17,90 ^{aB}	22,64 ^{aA}	24,15 ^{aA}	11,11 ^{aA}	10,63 ^{aAB}	10,05 ^{aB}
Anfang Dezember	14,74 ^{aA}	13,63 ^{bAB}	11,24 ^{bB}	10,46 ^{abA}	7,59 ^{bB}	5,66 ^{bC}
Anfang Januar	16,52 ^{aA}	12,74 ^{bB}	13,47 ^{bB}	10,04 ^{bA}	7,15 ^{bB}	5,84 ^{bC}

Tab. 3: Nitrat-Auswaschung im Zeitraum November bis März, Kornertrag und Rohproteingehalt von Sommerweizen in Abhängigkeit des Nutzungssystems des letzten Aufwuchses der Vorrucht Klee gras.

Nutzungssystem der Vorrucht Klee gras	Schnitt-Nutzung	Grün-düngung (gemulcht)	Beweidung Anf. Okt.	Beweidung Anf. Dez.	Beweidung Anf. Jan.
Nitrat Auswaschung [kg NO ₃ ⁻ -N ha ⁻¹]	13,53 ^{ab*}	17,53 ^a	18,94 ^a	12,99 ^{ab}	10,82 ^b
So-Weizenertrag [dt TM ha ⁻¹]	32,70 ^a	33,13 ^a	32,14 ^a	34,74 ^a	33,68 ^a
Rohproteingehalt Sommerweizen [%]	13,84 ^b	14,05 ^{ab}	13,75 ^b	13,96 ^{ab}	14,25 ^a

Tabelle. 3 zeigt im Mittel der beiden Versuchsjahre und Begleitgrasarten sowie der 3 Leguminosenarten den Einfluss der Nutzungsart des letzten Aufwuchses der Vorrucht Klee gras auf die Nitrat-Auswaschung über Winter sowie auf den Kornertrag bzw. Korn-Rp-gehalt von Sommerweizen. Generell wiesen alle Bestände nur eine geringe Nitratauswaschung auf. Zwischen Schnittnutzung, Gründüngung und Beweidung ergaben sich in Bezug auf diesen Parameter

keine Unterschiede. Bei den beweideten Beständen führte die zeitliche Verschiebung der Beweidung zu einer Verringerung der Nitratauswaschung. Eine variierte Nutzung des letzten Aufwuchses blieb ohne Einfluss auf die Höhe des Kornertrages der Folgefrucht. Im Gegensatz dazu wurde der bei allen Varianten auf einem sehr hohen Niveau gelegene Korn-RP-Gehalt des Sommerweizens durch die Nutzung der Vorfrucht geringfügig beeinflusst. Bemerkenswert ist, dass bei den beweideten Parzellen mit zunehmender Verschiebung des Weidetermins die RP-Gehalte des folgenden Weizens anstiegen.

Im Gegensatz zu Beobachtungen aus kontinentalen Klimaten liegen für maritim geprägte Klimate keine Untersuchungen zur Winterbeweidung von Klee-grasschlägen vor. Die vorliegende in feuchten wintermilden Klimaten durchgeführte Studie zeigt die Winterbeweidung von Ackerklee-grasschlägen als interessante Nutzungsalternative. Im Gegensatz zu kontinentalen Klimaten blieb die Wahl der wintergrünen Begleitgrasart Rohrschwengel ohne Vorteil, da auch das standorttypische Begleitgras Dt. Weidelgras unter den milden Winterbedingungen keine Verluste zeigte. Die in der vorliegenden Untersuchung festgestellten geringen Auswirkungen der Klee-grasnutzung auf das Ertragspotential der Folgefrucht decken sich mit Beobachtungen anderer unter vergleichbaren Klimabedingungen durchgeführten Studien (z.B. Dreyman, 2005).

Schlussfolgerungen

Unter den gegebenen Standortbedingungen zeigte sich Winterbeweidung als eine interessante Nutzungsalternative zur Mulchnutzung des letzten Klee-grasaufwuchses, ohne dass Ertragsnachteile für die Folgefrucht entstehen. Wird Winterbeweidung in Betracht gezogen, empfiehlt es sich, leguminosenreiche Flächen vor grasreichen Flächen zu beweiden, da Leguminosen im Vergleich zu Gräsern über Winter zu stärkeren Futterverlusten neigen. Da Rotklee im Herbst relativ hohe Erträge aufweist und bei ihm die Qualitätsverluste im Vergleich zu Luzerne erst vergleichsweise spät auftreten und auch Weißklee überproportional hohe Biomasseverluste aufwies, zeigt sich Rotklee als die am besten zur Winterbeweidung geeignete Kleeart. Die „wintergrüne“ Grasart Rohrschwengel blieb unter den maritimen Klimaverhältnissen ohne Vorteile gegenüber dem standorttypischen Deutschen Weidelgras.

Danksagung

Die Studie wurde von Herrn Günther Fielmann dankenswerterweise finanziert.

Literatur

OPITZ VON BOBERFELD W., BANZHAF K., HRABE F., SKLADANKA J., KOZLOWSKI S, GOLINSKI P., SZEMAN L., TASI J., 2005: Effect of different agronomical measures on yield and quality of autumn saved herbage during winter grazing – 1st communication: Yield and digestibility of organic matter. Czech J. Anim. Sci., 51, 2006 (5): 205–213.

DREYMAN S., 2005: N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Dissertation, Universität Kiel

Eignung verschiedener Gräser für die Winterweide

T. Matterna, H. Laser

^aJustus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Organischen Landbau, Karl-Glückner-Straße 21 c, 35394 Gießen, E-Mail: tim.mattern@agrar.uni-giessen.de

^bFH Südwestfalen, FB Agrarwissenschaften, Lübecker Ring 2, 59494 Soest

Einleitung und Problemstellung

Es gibt zahlreiche Erkenntnisse zu Ausdauer, Futterwert und Winterhärte verschiedener Gräser. Jedoch lässt sich aus diesen in der Literatur angegebenen Daten nicht ohne weiteres auf die Eignung einer Art für Winterweiden schließen.

Material und Methoden

Im Rahmen von Untersuchungen zur Regeneration von Trittschäden in der Grasnarbe nach Winterbeweidung (vgl. MATTERN & LASER 2007, 2008) wurden die Stetigkeiten der häufigsten Gräser auf Winterweiden miteinander verglichen. Die Untersuchungen fanden in den Jahren 2006 und 2007 auf fünf Grünlandbetrieben in Westerwald und Lahn-Dill-Bergland statt. Hierfür wurden Dauerbeobachtungsflächen von 4 m² in durch Winterbeweidung mit Rindern verschieden stark geschädigten Weidebereichen angelegt. Dort wurden drei bis vier aufeinander folgende Schätzungen der Ertragsanteile aller Arten und der Bodenbedeckung vorgenommen. Für die häufigsten Gräser wurden Literaturangaben zu Ausdauer, Ansaatwürdigkeit, Regenerationsvermögen, Winterhärte und Futterwert zusammengestellt (Tab. 1) und die Eignung der Gräser anhand der Literaturwerte und der festgestellten Stetigkeiten (Abb. 1) und Ertragsanteile in den am stärksten geschädigten Weidebereichen (Abb. 2) beurteilt.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 und 2, die die Regeneration des Bestandes bis Anfang August berücksichtigen, zeigen, dass Gräser – insbesondere *Dactylis glomerata* und *Festuca pratensis* – häufiger höhere Ertragsanteile erreichen. Auf den Weidebereichen mit im Winter höchstem Beweidungsdruck dominieren Obergräser, obwohl diese bei Sommerbeweidung eher weniger an stark trittbelastete Flächen angepasst sind als Untergräser (OPITZ v. BOBERFELD 1994). Dies ist wahrscheinlich im Zusammenhang mit den längeren Nutzungspausen vor dem Winter zu sehen, die zur Erreichung ausreichender Winterfuttermengen notwendig sind. Die Regeneration im Frühjahr aus zeitig in bodennahen Pflanzenorganen vor dem Winter eingelagerten Reserven ist für die Obergräser außerdem offenbar vorteilhafter, als das Nutzen von

Sektion Weidenutzung

Restassimilationsfläche wie es bei Untergräsern verbreitet ist (JACOB 1987, OPITZ v. BOBERFELD 1994). Dennoch kommt *Lolium perenne* selbst bei intensiver Trittbelastung im Winter noch in hohen Anteilen vor.

Tab. 1: Die häufigsten Gräser auf langjährig genutzten Winterweiden, ihr Winterverhalten und Regenerationsvermögen (nach KLAPP & OPITZ v. BOBERFELD 2006 sofern unten nicht anders angegeben) und daraus folgernde Beurteilung für Winterweiden

Art	Typ, Ansaatwürdigkeit ¹	Winterruhe, wintergrün	Winterhärte	Regenerationsvermögen (Nachwuchs im Sommer)	Trittverträglichkeit	Eignung für Winterweiden ⁴
<i>Alopecurus pratensis</i>	Obergras, nicht a.w.	wintergrün	hoch	hoch	mittel ³	nicht geeignet
<i>Dactylis glomerata</i>	Obergras, bedingt ansaatw.		hoch ² , aber spätfrostempfindlich	gut	hoch ³	<u>gut</u>
<i>Festuca pratensis</i>	Obergras, ansaatwürdig	wintergrün in milden Lagen		gut	mittel ³	<u>gut</u>
<i>Festuca rubra</i>	Untergras, nicht a.w.	wintergrün		mäßig	gering ¹ bis mittel ³	nicht geeignet
<i>Holcus lanatus</i>	Obergras, nicht a.w.	wintergrün	spätfrostempfindlich		mittel ³	nicht geeignet
<i>Lolium perenne</i>	Untergras, ansaatwürdig	W.-ruhe kurz, wintergrün im Seeklima	frostempfindlich	hoch, ständiges Nachtreiben	hoch	<u>gut</u>
<i>Phleum pratense</i>	Obergras, ansaatw.		sehr hoch ²	gering	sehr gering bis mittel ³	mittel
<i>Poa pratensis</i>	Untergras, ansaatwürdig	Winterruhe ausgeprägt ¹		gut	hoch ³	nicht geeignet
<i>Poa trivialis</i>	Untergras, nicht ansaatwürdig	wintergrün in milden Lagen	auswinterungsgefährdet	schwach	mittel ³	nicht geeignet

¹) OPITZ v. BOBERFELD 1994

³) DIERSCHKE & BRIEMLE 2002

²) MORIYAMA *et al.* 2003

⁴) aus eigenen Daten abgeleitet

Sektion Weidenutzung

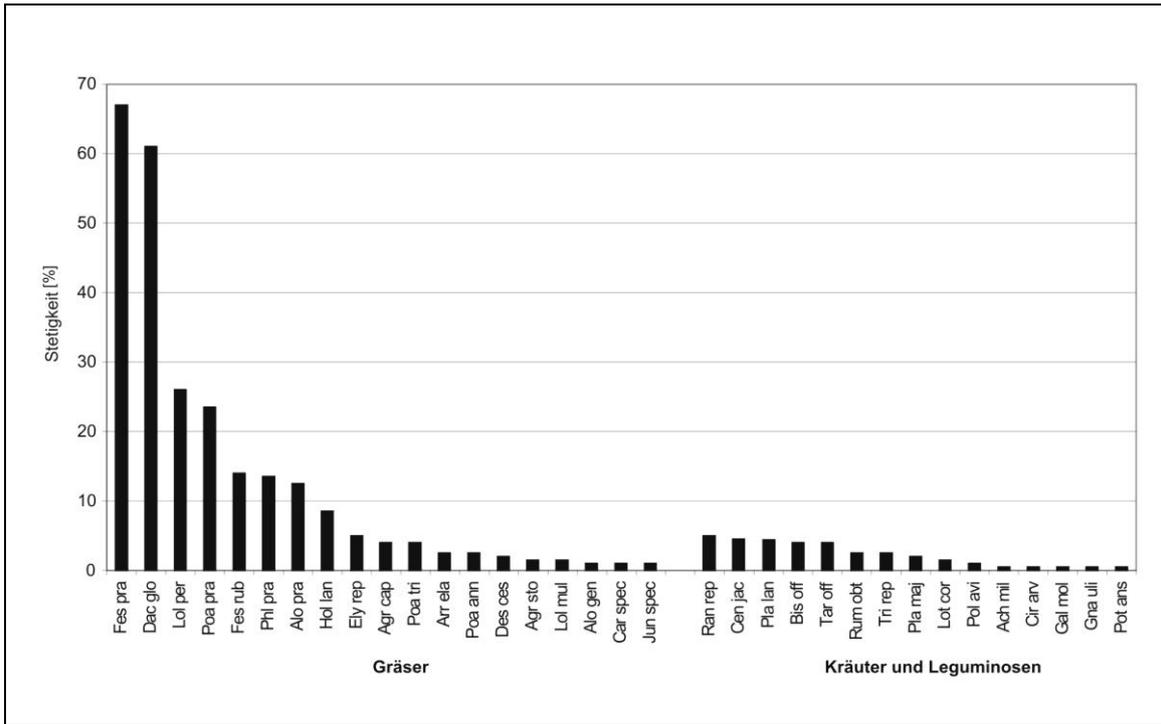


Abb. 1: Relative Stetigkeiten einzelner Pflanzenarten mit Ertragsanteilen ab 10 % in den jeweils abschließenden Vegetationsaufnahmen 2006 und 2007 (n = 200). Abkürzung der Pflanzennamen mit den jew. ersten drei Buchstaben (auch Abb. 2).

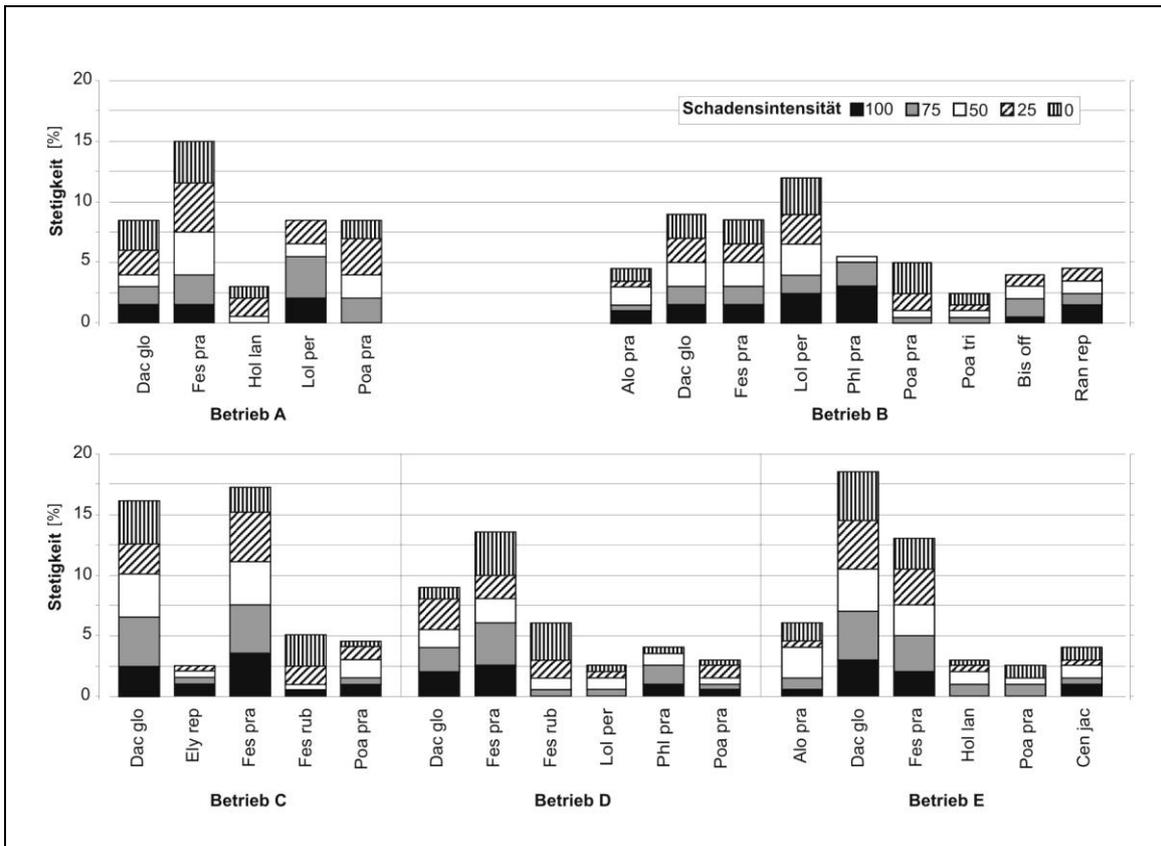


Abb. 2: Relative Stetigkeiten der wichtigsten Pflanzenarten (Ertragsanteilen ab 10 %, Stetigkeit mind. 2,5) in Abhängigkeit von Betrieb und Schadensintensität, jeweils in den abschließenden Vegetationsaufnahmen 2006 und 2007 (n = 200).

Schlussfolgerungen

Langjährige Winterweide führt auch nach langjähriger Winterbeweidung nicht zu charakteristischen Artenzusammensetzungen. *Festuca arundinaca*, die Grasart, die als besonders geeignet für diese Nutzungsform gilt (WOLF & OPITZ v. BOBERFELD 2003), kommt in der Untersuchung nicht spontan vor. Stattdessen zeigt sich, dass *Lolium perenne* sich trotz seiner eher geringen Winterhärte besser für Winterweiden eignet, als die Literaturangaben vermuten lassen. Dieser Art kommen vermutlich ihre hohe Trittsverträglichkeit und ihr hohes Regenerationsvermögen zu Gute, so dass sich geschädigte Stellen rasch erholen. Außerdem hat die Art in milden Wintern bzw. Regionen den Vorteil, des beständigen Wachstums (rd. 1 % der Jahresbiomassebildung in Januar und Februar nach JAINDL et. al 1991). Des Weiteren sind offenbar auch *Festuca pratensis* und *Dactylis glomerata* gut an Winterbeweidung angepasst. Beide Arten wurden mit Abstand am häufigsten und z. T. mit den höchsten Ertragsanteilen auf den untersuchten Winterweiden festgestellt – auch in übermäßig stark trittgeschädigten Bereichen.

Literatur

- BOEKER, P. (1957): Ganzjähriger Weidegang in Großbritannien durch Winterweide nach dem Foggage-System. *Landw. Angew. Wiss.* 67: 85-123.
- DIERSCHKE, H. & G. BRIEMLE (2002): Kulturgrasland: Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Stuttgart (Ulmer).
- JACOB, H. (1987): Weidenutzung. – In: VOIGTLÄNDER, G. & H. JACOB (Hrsg.): Grünlandwirtschaft und Futterbau: 291-312. – Stuttgart (Ulmer).
- JAINDL, R. G., S. H. SHARROW & H. H. MEYER (1991): Effect of winter grazing date on yield components of *Lolium perenne* (L.)/*Trifolium repens* (L.) hill pasture. *Grass and Forage Sci* 46: 351-357.
- KLAPP, E. & W. OPITZ v. BOBERFELD (2006): Taschenbuch der Gräser. 13. überarb. Aufl. Stuttgart (Ulmer).
- MATTERN, T. & H. LASER (2007): Narbenregeneration in Abhängigkeit von der Schadensintensität. *Mitt. Ges. f. Pflanzenbauwiss.* 19: 150-151.
- MATTERN, T. & H. LASER (2008): Sward regeneration depending on damage intensity after winter pasturing. Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production. *Grassl. Sci. Europe* 13: 275-277.
- MORIYAMA, M., J. ABE & M. YOSHIDA (2003): Etiolated growth in relation to energy reserves and winter survival in three temperate grasses. *Euphytica* 129: 351-360.
- OPITZ v. BOBERFELD, W. (1994): Grünlandlehre. Stuttgart (Ulmer).
- OPITZ v. BOBERFELD, W. (1997): Winteraussenhaltung von Mutterkühen in Abhängigkeit vom Standort unter pflanzenbaulichem Aspekt. *Ber. Landw.* 75: 604-618.
- WOLF, D. & W. OPITZ v. BOBERFELD (2003): Effects of N-fertilization and date of utilization on quality and yield of tall fescue in winter. *J. Agron. Crop Sci.*, 189, 47-53.

Weidemast von Ochsen und Färsen auf extensiv bewirtschaftetem Ansaat- und Dauergrünland – Pflanzenbestand und Weideleistung –

U. Mitsch¹, S. Schäfer²

¹ Dr. Uta Mitsch, Lindenstraße 3, 39517 Bölsdorf/OT Köckte; uta.mitsch@web.de

² Dr. Stephan Schäfer, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Adam-Kuckhoff-Straße 35, 06108 Halle (Saale); stephan.schaefer@landw.uni-halle.de

Einleitung und Problemstellung

Extensive Bewirtschaftung von Weideflächen (verminderte Nutzungsfrequenz, reduzierte Besatzstärke und Düngung) führt im Frühjahr/Frühsummer zu einem massereichen Futterangebot mit häufig überständigen, qualitativ oft geringwertigeren Aufwüchsen. Daraus resultierte die Frage, wie sich so bewirtschaftete Ansaat- und Dauergrünlandbestände entwickeln und welche Weideleistung heranwachsende Rinder durch selektive Grundfutteraufnahme derartiger Grünlandaufwüchse in der fortgeschrittenen morphologischen Entwicklungsphase der bestandsbildenden Futterpflanzen erreichen.

Material und Methoden

In den Jahren 2003 bis 2006 wurde am Standort Iden der LLFG Sachsen-Anhalt ein Versuch (gefördert durch das BLE) zur Weidemast von Rindern auf 26 ha Dauergrünland in zwei Düngungsstufen (0 und 70 kg N/ha) durchgeführt. Die jährlich zwei Versuchsherden mit je 20 bis 30 Tieren (Ochsen und Färsen) üblicher Gebrauchskreuzungen (v.a. Charolais) setzten sich i.d.R. aus ca. einjährigen Absetzern der Mutterkuhherden zusammen (Ausnahme: 2004 – tragende Färsen einer Milchviehherde).

Im langjährigen Mittel betrug die Tagesmitteltemperatur am Standort 8,7 °C bei 510 mm Jahresniederschlag. Die Versuchsfelder (vier Flächen/Herde; Umtriebsweide) lagen auf drei, bezüglich Bodenart, Feuchtigkeit und Pflanzenbestand, unterschiedlichen Standorten: Typ I – etabliertes Ansaatgrünland (frisch bis feucht, Bodenart SL bis sL). Typ II – etabliertes Ansaatgrünland (feucht, Bodenart L). Typ III – Dauergrünland (wechselfeucht, Bodenart T bzw. anmoorig).

Untersuchungsschwerpunkt im Forschungskomplex zur extensiven Weidehaltung von Fleischrindern waren der Pflanzenbestand, sowie die selektive Futteraufnahme und Weideleistung der Tiere.

Die Beprobung des Pflanzenbestandes (8 Stichproben à 0,35 m²; Schnitthöhe ca. 6,5 cm; Horizonte à 10 cm) erfolgte je zum Teilflächenauftrieb, dann in der Regel alle zwei Tage während der Beweidung und nach dem Abtrieb. Zum

Auftrieb wurden zudem jeweils die Gesamtartenzahl (gesamte Fläche) und die Ertragsanteile der Artengruppen **Gräser**, **Kräuter**, **Leguminosen** mit den ertragsrelevanten Pflanzenarten (Mischprobe von Transekten; Handsortierung) bestimmt.

Tierwägungen erfolgten im Frühjahr zum Weideauftrieb, alle vier Wochen während der Beweidung sowie zum Abtrieb (Schlachtung bzw. Saisonende). Die Schlachtung erfolgte laufend zum möglichst optimalen Zeitpunkt (gut ausgewachsen, nicht verfettet) basierend auf vierwöchentlichen Schlachtreifebonituren (Überbauung, „Fleischergriffe“).

Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamtartenzahl (siehe Tab.1) schwankte teilweise sehr stark, war aber auf allen Flächen insgesamt recht hoch. Einen großen Einfluss darauf hatten die unterschiedlichen Beprobungstermine (unterschiedlicher Ertragsanteil der Arten im saisonalen Verlauf), die Jahre sowie die Witterung. Nur einzeln vorkommende Pflanzen konnten zudem nicht bei jeder Beprobung „entdeckt“ und erfasst werden, was zum Teil auch vom jeweiligen Wachstumsstadium der Pflanzen abhängig war. Standorteinflüsse wie Böschungen, Waldstreifen und Trittstellen-Vegetation beeinflussten die Gesamtartenzahl deutlich. Dies war auch die Ursache für den deutlichen Unterschied in der Gesamtartenzahl beispielsweise zwischen den Flächen 1 und 3. Hinsichtlich der Artengruppen wiesen die Kräuter die höchste Artenzahl auf.

Tab. 1: Anzahl der insgesamt bonitierten Pflanzenarten (Mittelwert, Minimum, Maximum) sowie der ertragsrelevanten Arten der Artengruppen

Flächentyp		Typ I		Typ II		Typ III	
Fläche		1	3	5	6a	7	8
Artenanzahl gesamt	Mittelwert	44,5	21,8	43,0	34,8	48,8	51,8
	Min	36	10	29	30	36	42
	Max	58	33	59	41	64	66
Anzahl ertragsrelevanter Arten (Mittelwert)	Gräser	5,2	5,3	7,0	7,2	14,0	16,2
	Kräuter	2,6	1,8	3,1	4,4	9,2	9,4
	Leguminosen	1,6	1,3	1,0	1,0	2,7	2,8

a Teilfläche

In der Anzahl ertragsrelevanter Arten (siehe Tab. 1) wurde deutlich, dass die angesäten Flächentypen I und II (Standardmischungen) auch nach inzwischen 12 Jahren seit der Ansaat deutlich artenärmer waren und vorwiegend angesäte Gräser und Leguminosen sowie eine gewisse Verkräutung v.a. mit *Taraxacum officinale* aufwiesen. Auch nach mehreren Jahren extensiver Bewirtschaftung war auf den betreffenden Ansaatflächen kein deutlicher Anstieg der Artenzahl

zu verzeichnen. Bei Typ III hingegen basierte der Weideertrag auf einer großen Anzahl von Arten. Im alten Dauergrünland von Typ III war das weite Artenspektrum mit feuchte-, nässe- bzw. wechselwasserzeigenden Arten charakteristisch für den Standort. Zudem siedelten hier auch gefährdete Pflanzenarten der Roten Liste (*Achillea ptarmica*, *Lychnis flos-cuculi*, *Serratula tinctoria*).

Hinsichtlich der Trockensubstanz-Ertragsanteile der Arten bzw. Artengruppen zeigten die drei Flächentypen unterschiedliche Muster und Tendenzen. Die TS-Ertragsanteile der Artengruppen bei Typ II waren über die Jahre recht stabil, wobei v.a. die standorttypischen, eingesäten Futtergräser sowie *Poa trivialis* (im ersten Aufwuchs) den Bestand prägten. Der Ertragsanteil der Kräuter wurde zu einem großen Teil von *Taraxacum officinale* bestimmt. An Leguminosen waren überwiegend *Trifolium repens* und teilweise *Trifolium pratense* zu verzeichnen. Auf Typ III dominierten die Gräser deutlich, mit leicht rückläufiger Tendenz im Versuchsverlauf. Sie wiesen ein breites Artenspektrum mit charakteristischen Arten feuchter Standorte (Elementen von Röhrichten und Seggenriedern) auf. Im ersten Aufwuchs trugen v.a. *Poa trivialis*, *Alopecurus pratensis*, *Festuca rubra* sowie *Holcus lanatus* zum Ertrag bei. Später gewannen *Phalaris arundinacea* und *Agrostis stolonifera* zunehmend an Bedeutung. Die Gruppe der Kräuter war ertragsanteilmäßig eher gering, aber sehr artenreich vertreten. An Leguminosen waren zunächst vorwiegend *Lathyrus pratensis* sowie *Vicia cracca* aufzufinden, ab 2005 nahm dann jedoch der Anteil von *Trifolium repens* und somit allgemein der der Leguminosen deutlich zu. Im Bestand des Flächentyps I dominierten *Lolium perenne*, *Taraxacum officinale* und *Trifolium repens* mit deutlichen Unterschieden v.a. zwischen den ersten beiden Aufwüchsen. Während der erste Aufwuchs stark von *Taraxacum officinale* geprägt war, ging dessen Ertragsanteil im zweiten Aufwuchs zugunsten von *Trifolium repens* deutlich zurück. Von den ursprünglichen Ansaaten waren während des Versuchszeitraumes noch deutliche Streifen mit *Medicago sativa* und *Dactylis glomerata* zu erkennen.

Bei Flächentyp I erwies sich der Komplex von Standortbedingungen, Ansaat und extensiver Bewirtschaftung als problematisch. Die starke Trockenheit 2003 führte zu einem zeitweiligen Totalausfall an *Trifolium repens*, was die massive Ausbreitung von *Taraxacum officinale* im lückigen Bestand zusätzlich begünstigte. Der Bestand zeigte Stressreaktionen mit sehr frühem Blütenschieben sowie starkem Krankheitsbefall in den Sommermonaten und insgesamt niedrige Erträge.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Rinder in den zuvor beschriebenen Beständen, insbesondere in überständigen Aufwüchsen, selektiv Futter aufgenommen haben (MITSCH 2009). Sie bevorzugten blattmassereiche Horizonte und mieden v.a. Stängelmateriale. Energiekonzentration und Verdaulichkeit des aufgenommenen Futters lagen über denen im Mittel des Futterangebotes. Dabei waren die Tiere in der Lage, sehr lange ein hohes Qualitätsniveau im aufgenommenen Futter zu halten.

Dies zeigte sich wiederholt in hohen Lebendtagszunahmen, die (außer im Jahr 2005) mehr oder weniger deutlich über 1000 g LM/d lagen (siehe Tab. 2).

Sektion Weidenutzung

Zwischen den Düngungsvarianten und Jahren variierten jedoch die Abweichungen.

Tab. 2: Tageszunahmen (g Lebendmasse/Tag) während der Weideperiode (least square means & standard error)

Jahr	0 kg N-Variante		Signifikanz	70 kg N-Variante	
	LSM	S.E.		LSM	S.E.
2003	1194	51,6	*	1072	42,3
2004 ¹	1188	94,6	*	1409	85,3
2005	710	59,5		617	54,6
2006 ²	1519	100,4	**	1088	95,3

¹tragende Holstein Friesian Färsen, ²bis Versuchsende im Juni 2006

Die Schlachtkörper sowohl der Ochsen als auch der Färsen erreichten mit U und R gute Handelsklasseneinstufungen (EUROP). Die angestrebte Fettklasse wurde mit den Schlachtungen entsprechend der Schlachtreife bei fast 80 % der Tiere erzielt.

Schlussfolgerungen

Eine allgemein als Folge der Extensivierung erwartete Artenzunahme konnte im Versuch nicht nachgewiesen werden. Ertragsrelevant blieben auf den Ansaatflächen neben einer gewissen Verkräutung (*Taraxacum officinale*) vorwiegend die ursprünglich eingesäten Futtergräser und -leguminosen. Lediglich auf dem Dauergrünland (Typ III) war eine große Artenvielfalt bestandsbestimmend.

Die Probleme auf Flächentyp I verdeutlichten, dass der Pflanzenbestand (Arten- und Sortenwahl) dem Standort angemessen und für eine extensive Bewirtschaftung geeignet sein muss.

Durch Anpassung von Tierbesatz und Weidemanagement (Ermöglichung der Selektion) sowie Schlachtung zum möglichst optimalen Zeitpunkt konnten auch bei reiner Weidemast und extensiver Grünlandbewirtschaftung hohe Lebendtagszunahmen sowie sehr gute Schlachtkörperqualitäten erzielt werden.

Literatur

MITSCHE, U. (2009): Untersuchungen zu extensiv bewirtschaftetem Ansaat- und Dauergrünland unter Beweidung durch Ochsen und Färsen – Schwerpunkt: selektive Futteraufnahme – . Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Effekte der Weideintensität und des Weidesystems auf eine *Leymus chinensis* und *Stipa grandis* dominierte Steppe der Inneren Mongolei

P. Schönbach¹, H. Wan¹, M. Gierus¹, K. Müller², A. Susenbeth², F. Taube¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grünland und Futterbau/ Ökolog.
Landbau - CAU Kiel

²Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie - CAU Kiel

Corresponding author: pschoenbach@email.uni-kiel.de

Einleitung und Problemstellung

Der intensivierten Weidenutzung der Steppen in der Inneren Mongolei kommt ein maßgeblicher Anteil an der fortgeschrittenen Degradation dieses natürlichen Graslandökosystems zu. Das Streben nach (kurzfristiger) Ertragsmaximierung kollidiert dabei mit dem Ziel einer ökologischen Stabilität und Vielfalt. In den Steppenregionen Nordchinas tritt dieser Konflikt besonders deutlich zu Tage. Die Innere Mongolei erfuhr in den letzten 15 Jahren einen rasanten Anstieg der Tierzahlen, vor allem an Schafen, Ziegen und Rindern. Der Mangel an innovativen Managementsystemen in Verbindung mit den stetig steigenden Tierzahlen führt zu einer fortschreitenden Degradation der innermongolischen Steppe und bedingt einer Reihe ökologischer und sozioökonomischer Probleme. Im Rahmen der DFG Forschergruppe 536 ist das zentrale Ziel dieser Studie, die Effekte von Beweidung auf die Steppenvegetation der Inneren Mongolei anhand eines 150 ha umfassenden Weideversuchs nachzuvollziehen. Neben den grundlegenden, theoretischen Erkenntnissen zum Degradationsprozess, zielt der Versuch auch auf die Generierung von Empfehlungen zum Weidemanagement auf Basis agronomischer Parameter ab. Dabei ist die Identifizierung eines alternativen und produktiveren Weidemanagementsystems von Interesse. In dieser Studie gilt es zu prüfen, inwieweit (a) Beweidung eine Optimierung der Nettoprimärproduktion oberirdischer Biomasse (ANPP, Aboveground net primary production) im Sinne der 'Grazing Optimization Hypothesis' (McNaughton 1979) bewirken kann, und (b) das alternative Managementsystem (Mixed System, MS) durch die jährliche Rotation zwischen Weide- und Schnittnutzung produktiver ist als das gegenwärtige Weidesystem (Traditional System, TS). Aufgrund der Regenerationsmöglichkeit während der Schnittnutzung wird vermutet, dass sich insbesondere im Bereich hoher Weideintensitäten Vorteile des MS zeigen (Schönbach et al. 2009). Die vorliegende Studie liefert damit einen Beitrag zur Grünland- und Degradationsforschung im Bereich semi-arider Steppenökosysteme und verknüpft ökologische und agrarwissenschaftliche Forschungsansätze.

Material und Methoden

Der rund 150 ha umfassende Schaf-Weideversuch wurde im Jahr 2005 angelegt und ist als Spaltanlage konzipiert. Die vorgestellten Daten beinhalten Ergebnisse aus den Jahren 2005 bis 2008. Der Faktor Managementsystem ist als Großparzelle in den Blöcken 1 (ebenes Gelände) und 2 (Hanglage) und der Faktor Weideintensität als Kleinparzellen randomisiert innerhalb der Großparzellen angelegt. Eine Kleinparzelle besteht aus einer Weide (2 ha) und einer direkt benachbarten 1-Schnittwiese (2 ha). Im MS findet eine jährliche Rotation zwischen Weide- und Schnittnutzung statt, wohingegen im TS jedes Jahr dieselben Flächen entweder zur Weide oder Schnittnutzung herangezogen werden. Entsprechend der vorhandenen oberirdischen Biomasse wird die Schafzahl nach Vorgabe der Intensitätsklasse festgelegt und ggf. monatlich angepasst. Insgesamt bilden sieben Intensitätsklassen einen Gradienten von unbeweidet (0) bis hin zu sehr starkem (6) Beweidungsdruck. Dabei repräsentieren die beiden höchsten Intensitätsklassen extreme Überweidungsszenarios. Im Vergleich zu den unbeweideten Kontrollflächen betrug die weidebedingte Reduktion der oberirdischen Biomasse auf den Weiden pro Saison durchschnittlich 0, 7, 36, 62, 60, 82 und 92 % für die Intensitäten 0, 1, 2, 3, 4, 5 und 6. Die gesamte Parzelle einer Intensitätsklasse, also Weide und Wiese, wurden parallel zum Wiegen der Schafe monatlich beprobt. Während der Weidesaison (Juni – September) erfolgte auf jedem Plot an drei repräsentativen Arealen die monatliche Beprobung der Biomasse (3 x 0,5 m²). Auf den Wiesen wurde zum Zweck der Zuwachsbestimmung zusätzlich innerhalb von monatlich umzusetzenden Weidekäfigen beprobt. An jedem Beprobungspunkt wurde zunächst der Bedeckungsgrad mittels Schätzmethode bestimmt, die organische Streu ausgekämmt und anschließend die oberirdische Biomasse auf 1 cm Höhe geschnitten. Das geschnittene Material wurde anschließend als Mischprobe vermengt und bei 60°C getrocknet. Mittels Varianzanalyse wurden die Daten getrennt nach Jahren im gemischten Modell von SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) ausgewertet. Die Versuchsfaktoren System, Block, Intensität sowie die Wechselwirkung System×Intensität gehen als fixe Effekte und die Wechselwirkung System×Block als zufälliger Effekt in das Modell ein. Multiple Mittelwertvergleiche erfolgten durch den Tukey's Test. Zur genaueren Analyse und Verallgemeinerungsfähigkeit der Beziehungen zwischen Variablen insbesondere unter Berücksichtigung der Umweltfaktoren erfolgten Regressionsanalysen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Produktivität der Bestände zeigte große Unterschiede zwischen den Jahren (Tab. 1). Im ersten Versuchsjahr (2005) lagen die Erträge der Kleinparzellen zwischen 107 und 124 g TM m⁻², im zweiten Jahr (2006) zwischen 88 und 144 g TM m⁻², im dritten Jahr (2007) zwischen 133 und 197 g TM m⁻², und im vierten Jahr (2008) zwischen 144 und 288 g TM m⁻². Seit 2005 gab es einen deutlichen Anstieg der Produktivität, der primär auf die Niederschlagsgegebenheiten zurückzuführen zu sein scheint (Bai et al. 2004). Die zunehmende Produktivität ist signifikant korreliert mit dem Jahresniederschlag (PPT): $ANPP \text{ (g DM m}^{-2}\text{)} = 0,61PPT + 114$; $r^2 = 0,4$; $P < 0,001$. Abgesehen vom ersten Versuchsjahr

Sektion Weidenutzung

ergaben sich in allen weiteren Versuchsjahren signifikante Effekte der Weideintensität auf die ANPP. Dabei wiesen die höchsten Intensitäten den geringsten und die unbeweideten Parzellen die höchste ANPP auf. Eine Regressionsanalyse über alle Jahre ergab eine signifikante lineare Abnahme der Produktivität mit zunehmender Weideintensität: $ANPP (\%) = -2,4X + 67,01$; $r^2 = 0,18$; $P < 0,01$. Bezüglich Arbeitshypothese (a) konnte keine weidebedingte Optimierung der ANPP dokumentiert werden. Allerdings zeigte die Auswertung der durchschnittlichen relativen Wachstumsraten (RGR) in den Jahren 2006, 2007 und 2008 eine Zunahme mit intensivierter Beweidung (Tab. 1). Das lässt auf ein Kompensationswachstum schließen, dass jedoch nicht zu einer Erhöhung der Produktivität führte. Die Wechselwirkung System×Intensität auf ANPP konnte erstmals in den Jahren 2007 ($P=0,58$) und 2008 ($P < 0,05$) dokumentiert werden. Entsprechend Arbeitshypothese (b) zeigte sich das MS im Bereich moderater und hoher Intensitäten produktiver als das TS. Weiterhin konnte der negative Effekt von zunehmender Weideintensität anhand der Parameter Streuauflage ($P < 0,001$) und Bodenbedeckung ($P < 0,001$) dokumentiert werden. So war die organische Streuauflage unbeweideter

Tab. 1: Einfluss der Weideintensität auf ANPP (oberirdische Nettoprimärproduktion) und RGR (relative Wachstumsrate).

	Weideintensität*							SE
	0	1	2	3	4	5	6	
2005								
ANPP (g TM m ⁻²)	109.2a	115.0a	117.4a	107.0a	124.1a	111.8a	107.0a	8.5
RGR (mg g ⁻¹ Tag ⁻¹)	5.4ab	6.1a	6.7a	4.1ab	4.6ab	5.5ab	2.9b	0.6
2006								
ANPP (g TM m ⁻²)	143.9a	141.2a	131.5ab	121.6ab	113.5ab	101.0ab	87.6b	13.2
RGR (mg g ⁻¹ Tag ⁻¹)	4.6b	9.2ab	7.6ab	12.3ab	13.1a	13.6a	13.0a	1.9
2007								
ANPP (g TM m ⁻²)	196.7a	167.0b	158.1b	154.5bc	166.2b	146.0bc	132.5c	5.1
RGR (mg g ⁻¹ Tag ⁻¹)	4.9a	4.4a	7.9a	8.9a	8.9a	7.7a	9.4a	1.5
2008								
ANPP (g TM m ⁻²)	278.1a	192.8b	179.3bc	160.3bc	185.3bc	160.4bc	144.4c	11.8
RGR (mg g ⁻¹ Tag ⁻¹)	4.2d	7.5cd	7.7cd	9.1bc	8.7bc	11.7ab	13.8a	0.8

*0, unbeweidet; 1, sehr gering; 2, gering; 3, gering-moderat; 4, moderat; 5, hoch; 6, sehr hoch.

Parzellen im Jahr 2008 durchschnittlich 227 g DM m⁻² und die der höchsten Weideintensitäten lediglich 36 g DM m⁻² mächtig, was einer Abnahme von 84% entspricht. Der Anteil an unbedecktem Boden wurde durch die intensivierete Beweidung von 8 auf 51% erhöht. Somit erhöht eine zunehmende Beweidung proportional das Erosionsrisiko. Systembedingte Unterschiede konnten ausschließlich auf den Weiden in Form signifikanter Wechselwirkungen System×Intensität identifiziert werden. Hier kam es im TS zu „hot spots“ auf den Weiden der höchsten Intensitätsklassen, mit Anteilen an unbedecktem Boden im Jahresmittel 2008 von 81%. Dagegen lag der Anteil an unbedecktem Boden im selben Zeitraum im MS bei lediglich 44%. Systembedingte Unterschiede auf die Lebendgewichtzunahmen (LWG) konnten nicht festgestellt werden. Allerdings wirkten sich Intensitätsklassen signifikant auf die LWG Tier⁻¹ und Fläche⁻¹ aus. Die Regressionsanalyse ergab signifikante Korrelationen der Intensität (X) mit der LWG Tier⁻¹: $LWG (\% \text{ ha}^{-1} \text{ and day}) = -0,002X^2 + 0,006X - 0,29$; $r^2 = 0,39$; $P < 0,001$, und Fläche⁻¹: $LWG (\% \text{ ha}^{-1} \text{ and day}) = -0,02X^2 + 0,42X - 0,15$; $r^2 = 0,61$; $P < 0,001$. Demzufolge wurden die höchsten LWG Tier⁻¹ unter geringem und Fläche⁻¹ unter sehr starkem Weidedruck erzielt.

Schlussfolgerungen

Die mit fortschreitender Versuchsdauer gefundenen positiven Effekte auf die Produktivität lassen auf eine höhere Weidetoleranz der Bestände im MS schließen. Bereits im dritten Versuchsjahr ergab sich eine höhere Belastbarkeit der Weiden im MS, so dass die Anwendung bereits kurzfristig zur Schonung der natürlichen Steppenressourcen beitragen kann. Die infolge intensiverer Beweidung zunehmenden RGR belegen Kompensationswachstum und eine generelle Weidetoleranz der Bestände. Allerdings ergab sich in keinem der Versuchsjahre eine Überkompensation in Form weidebedingter Steigerung der ANPP. Die Tatsache, dass unter sehr hohem Beweidungsdruck, trotz negativer Auswirkungen auf ANPP und andere vegetative Parameter, die maximalen LWG Fläche⁻¹ erzielt werden, erklärt die praxisüblichen hohen Weideintensitäten.

Literatur

- BAI, Y., HAN, X., WU, J., CHEN, Z., LI, L. (2004): Ecosystem stability and compensatory effects in the Inner Mongolia grassland. *Nature* 431, 181-184.
- MCNAUGHTON, S. J. (1979): Grazing as an optimization process - grass ungulate relationships in the Serengeti. *American Naturalist* 113, 691-703.
- SCHÖNBACH, P., WAN, H.W., SCHIBORRA, A., GIERUS, M., BAI, Y., MÜLLER, K., GLINDEMANN, T., WANG, C., SUSENBETH, A., TAUBE, F. (2009): Short term management and stocking rate effects of sheep grazing on herbage quality and productivity of Inner Mongolia steppe. *Crop and Pasture Science* 6, 10 (in press).

Beeinflussung der Keimfähigkeit der Samen von *Senecio jacobaea* durch den Prozess der Silierung und Biogasvergärung

C. Berendonk¹, K. Hünting¹, A. Janssen², J. Clemens³,

¹Landwirtschaftskammer NRW - LWZ Haus Riswick, Eisenpass 5, 47533 Kleve, Email: clara.berendonk@lwk.nrw.de

²Landwirtschaftskammer NRW - LUFA – Nevinghoff 40, 48147 Münster

³Universität Bonn – INRES- Bereich Pflanzenernährung, Karlrobert-Kreiten-Strasse 13, 53115 Bonn

Einleitung und Problemstellung

Senecio jacobaea zeigt seit etwa acht bis zehn Jahren den Trend zu zunehmender Verbreitung in Nordrhein-Westfalen. Betroffen sind insbesondere Grünlandflächen mit Extensivierungsaufgaben, schlecht gepflegte Weiden, insbesondere im Bereich der Hobbypferdehaltung, Straßenböschungen und Ruderalflächen. Eine lokal sehr starke Verbreitung wurde auf Selbstbegrünungsflächen im Rahmen der konjunkturellen Stilllegung von Ackerflächen beobachtet.

Senecio jacobaea ist gekennzeichnet durch einen relativ hohen Gehalt an verschiedenen giftig wirkenden Pyrrolizidinalkaloiden (WIEDENFELD, 1984). Zunehmende Verbreitung von *Senecio jacobaea* in Nordrhein-Westfalen (BERENDONK, 2009) bedingt, dass die alternative Nutzung von Aufwüchsen, die nicht verfüttert werden können, Bedeutung erlangt. Eine Möglichkeit bietet die Vergärung in der Biogasanlage. Häufig sind Aufwüchse zu entsorgen, in denen die Pflanzen bereits die Samenreife erreicht haben. Dadurch besteht theoretisch die Gefahr, dass durch die Ausbringung von Biogasgülle die Samen von *Senecio jacobaea* verbreitet werden. Untersuchungen von SCHRADER et al. (2003) zeigen, dass die Keimfähigkeit von *Rumex obtusifolius* durch Vergärung in der Biogasanlage bei mesophiler Vergärung bereits nach 24 h und in Untersuchungen von ENGELI et al. (1993) bereits nach 14 Tagen bei Temperaturen von 55 °C unterbunden wird. In vorliegender Untersuchung soll geprüft werden, inwieweit auch die Samen von *Senecio jacobaea* durch die Vergärung in der Biogasanlage die Keimfähigkeit verlieren. Da Grünlandaufwüchse meistens siliert vergoren werden, stellt sich die Frage, inwieweit die Silierung einen zusätzlichen Effekt auf die Veränderung der Keimfähigkeit aufweist.

Material und Methoden

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden folgende Prüfglieder in dreifacher Wiederholung in einer Versuchsserie 2008/2009 unter Laborbedingungen den Gärprozessen, sowohl in Laborsilagen als auch in Laborbiogasbehältern mit

kontinuierlicher Beschickung, unterworfen. Die Saatgutproben wurden hierzu in feuchtedurchlässige Nylonsäckchen (je Prüfglied 3 Wiederholungen à 2 g) eingenäht. Als Vergleichsvariante wurde die im Handel verfügbare *Rumex*-Art *Rumex crispus* gewählt, die aufgrund seiner Samenausbildung Ähnlichkeit zu *Rumex obtusifolius* aufweisen dürfte.

Prüfglied 1: *Senecio jacobaea* - unbehandelte Kontrolle

Prüfglied 2: *Senecio jacobaea* - silierter Samen

Prüfglied 3: *Senecio jacobaea* - Biogas vergoren

Prüfglied 4: *Rumex crispus* - Biogas vergoren

Probenbehandlung

Siliverversuch (Prüfglied 2 *Senecio jacobaea*)

Die Durchführung folgte der DLG-Richtlinie zur Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichen-Fähigkeit (DLG, 2000). Als Ausgangsmaterial für die Silierung diente der vierte Aufwuchs von *Lolium perenne*, dem nach Anwelken und Häckseln Melasse (35 kg / t Frischmasse) und homofermentativen Milchsäurebakterien (1g/t FM gelöst in 1 l Wasser) zugesetzt wurden. Das Material (1016 g Frischmaterial) wurde in 1500 ml-Laborsilos gefüllt und die in Säckchen eingenähten Saatgutproben jeweils in die Mitte mit eingefüllt und luftdicht verschlossen. Die Laborsilos wurden in einer Klimakammer 90 Tage bei konstant 25°C gelagert.

Biogasvergärung (Prüfglied 3 *Senecio jacobaea* und 4 *Rumex crispus*):

Die Versuche orientierten sich an der VDI 4630. In 9L Fermentern wurden 6 Liter Schweinegülle (Quelle: Versuchsgut Frankenforst, 2,7% TS, 72% oTS, 1,2 g NH₄-N/Liter) und 2 Liter Inokulum (Quelle: Kläranlage Bonn) bei 39°C inkubiert und alle 5 Minuten für 30 Sekunden durchmischt. Die mittlere Verweildauer des Substrates im Fermenter betrug 25 Tage und die Beschickung der Fermenter erfolgte täglich. Die Samen von *Senecio jacobaea* und *Rumex crispus* in den Nylonsäckchen wurden erst nach 14 Tagen, nachdem die Biogasproduktion stabil war, in die Fermenter eingebracht.

Prüfung der Keimfähigkeit

Die Prüfung der Keimfähigkeit wurde in Anlehnung an die ISTA Vorschriften (ISTA, 2009) durchgeführt: Prüfung von 4x100 Korn auf Filterpapier, Keimtemperatur: 20-30°C, Keimdauer: 21 Tage. Messung am 4., 7., 12., 14. und 21 Tag.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Keimfähigkeitsanalyse in Tabelle 1 zeigen, dass beide Maßnahmen, sowohl die Silierung und als auch die Biogasvergärung im

mesophilen Temperaturbereich von 39 ° C, die Keimfähigkeit der Samen vollständig reduzieren. Der Effekt der Biogasvergärung war bei *Senecio jacobaea* ähnlich wie bei *Rumex crispus*. Nach Schrade et al. (2003) ist bei der Biogasvergärung vor allem die Temperatur von primärem Einfluss. Dem pH-Wert wird aber ebenfalls ein Effekt zugemessen. Dieser dürfte insbesondere für den Abbau der Keimfähigkeit bei der Silierung den Ausschlag geben. Obwohl zwar auch bei dem unbehandelten Saatgut die Keimfähigkeit eingeschränkt war, ist das Ergebnis durch die vollständige Ausschaltung der Keimfähigkeit aber sehr eindeutig.

Tabelle 1: Einfluss von Silierung und Biogasvergärung auf die Keimfähigkeit der Samen von *Senecio Jacobaea* und *Rumex crispus*

Art	Behandlung	Keimfähigkeit in %		
		normale Keimlinge	anomal gekeimte Samen	tote Samen
<i>Senecio jacobaea</i>	unbehandelt	37,5	0,5	62,0
	Silierung	0,0	0,0	100,0
	Biogasvergärung	0,0	0,0	100,0
<i>Rumex crispus</i>	unbehandelt	39,0	4,0	57,0
	Biogasvergärung	0,0	0,0	100,0

Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit zeigt die Ergebnisse einer Keimfähigkeitsprüfung der Samen von *Senecio jacobaea* nach Silierung und Vergärung in der Biogasanlage im Vergleich zur Keimfähigkeit der Samen von *Rumex crispus* nach Vergärung in der Biogasanlage.

1. Durch jede der beiden Maßnahmen, die Silierung und die Vergärung in der Biogasanlage, wird die Keimfähigkeit der Samen von *Senecio jacobaea* vollständig ausgeschaltet.
2. Die vorherige Silierung des Materials, das in der Biogasanlage vergoren wird, kann daher als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme gewertet werden, die Keimfähigkeit von *Senecio jacobaea* zu unterbinden.
3. Aus den Ergebnissen kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Biogasvergärung eine geeignete Maßnahme darstellt, Grünlandaufwüchse, die *Senecio jacobaea* enthalten, zu verwerten, da die Gefahr der Samenverbreitung mit der Biogasgülle ausgeschlossen werden kann.

Literatur:

- BERENDONK C. (2009): Jakobskreuzkraut – Eine ernste Gefahr für die Landwirtschaft. *Landwirtschaftliche Zeitschrift Rheinland* 176, 27-30.
- DLG (2000): DLG-Richtlinie zur Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichen-Fähigkeit. *DLG* Frankfurt a. M.
- ENGELI H., EDELMANN W., FUCHS, J., ROTTERMANN, K. (1993): Survival of plant pathogens and seeds during anaerobic digestion. *Wat. Sci. Tech.*, 27,69-76.
- ISTA (2009): International Rules for Seed Testing, Edition 2009, Sect. 5. *International Seed Testing Association*
- SCHRADE S., OECHSNER H., PEKRUN C. und CLAUPEIN W. (2003): Einfluss des Biogasprozesses auf die Keimfähigkeit von Samen. *Landtechnik* 58, 90-91.
- WIEDENFELD H. und RÖDER, E.(1984): Pyrrolizidinalkaloide – Struktur und Toxizität. *Deutsche Apotheker Zeitung* 124; (43), 2116-2122
- VDI 4630 (2006): Vergärung organischer Stoffe - Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche, Beuth-Verlag

Phosphordynamik im Fließgewässersediment eines Grünland-einzugsgebietes

P. Kahle, L. Dittmann, A. Glimm

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock. Petra.Kahle@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Ausgehend von gleichbleibend hohen Nährstoffeinträgen in die Fließgewässer aus diffusen Quellen und daraus resultierenden Konsequenzen für die Gewässereutrophierung beschäftigt sich der vorliegende Beitrag mit der Möglichkeit der Nährstoffmobilisierung aus dem Gewässersediment. Am Beispiel des Makronährstoffes Phosphor soll die räumliche und zeitliche Variabilität verschiedener P-Fractionen im Sediment eines Entwässerungsgrabens in einem kleinen landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet Mecklenburg-Vorpommerns geprüft und damit zum besseren Verständnis der für die Nährstoffbelastung von Fließgewässern relevanten Prozesse beigetragen werden.

Material und Methoden

Über das hydrologische Winterhalbjahr 2007/08 wurden mittels Piston Sampler (Eijkelkamp) räumlich (10 Untersuchungspunkte in äquidistanten Abständen von 10 m, Bezeichnung A-J) und zeitlich (5 Termine, Bezeichnung 1-5) verteilte Sedimentproben aus der Sohle eines mehrjährig nicht beräumten Entwässerungsgrabens (0 - 10 cm Tiefe) entnommen (vgl. Tab. 1). Der Graben befindet sich in einem durch degradierte Niedermoore und humusreiche Gleye geprägten Untersuchungsgebiet mit Grünlandnutzung (4-5 Schnitte pro Jahr) und Grabenentwässerung sowie Bedarfsdränung (Tiemeyer et al., 2007).

Das Probenset umfasste insgesamt 50 Sedimentmischproben. Kriterien für die Auswahl der Probenahmeterminen (11.12.07, 14.01.08, 08.02.08, 26.03.08, 22.04.08) waren die Abbildung des gesamten hydrologischen Winterhalbjahres und die Erfassung möglichst unterschiedlicher Bedingungen hinsichtlich Witterung (Temperatur und Niederschlag) und Abfluss.

Zur Charakterisierung des P-Pools der Sedimentproben diente die sequentielle Extraktion mit Lösungsmitteln zunehmender Wirksamkeit [Resin (Harzlöslich) (pH 7), NaHCO₃ (pH 8,5), NaOH (pH 13), H₂SO₄ (pH ~0)] (Thiessen et al. 1983), ermittelt an frischen Sedimentproben in mehrfacher Wiederholung. Die P-Bestimmung erfolgte mittels ICP-OES (Jobin Yvon, JY 238 ultrace). Die ermittelten P-Konzentrationen wurden mit weiteren Daten zur Beschaffenheit des Grabensedimentes (Gehalte an C/N/S und Carbonat, Körnung, pH), zur Witterung (Lufttemperatur, Niederschlag) sowie zur Hydrologie (Abfluss, Fließgeschwindigkeit und Wasserstand am Gebietsauslass) des Untersuchungsgebietes verknüpft und mittels multivariater Statistik mit den Programmen SPSS und PAST (Hammer et al., 2001) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Das hydrologische Winterhalbjahr 2007/08 war charakterisiert durch eine mittlere Lufttemperatur von 4°C (Min: 6,3°C, Max: 15,1 °C) und eine Niederschlagssumme von 347 mm. Der Gesamtabfluss belief sich auf 176 mm und übertraf das 30 jährige Mittel (154 mm) an der benachbarten DWD-Station Groß Lüsewitz um 22 mm. Im Prüfzeitraum variierten die täglichen Abflüsse von 0,3-5,1 mm/d. Die Abfusspitze von 5,1 mm/d wurde am 7.12.2007 erreicht nach Niederschlägen von 31 mm am Vortag. Vergleichsweise geringere Abflusspeaks von jeweils 3,1 mm/d wurden Ende Januar (22.01.2007) und März (22.03.2008) registriert.

Bei den Sedimentproben handelt es sich um schwach carbonathaltige mittel bis stark lehmige Sande (SI3-SI4) mit sehr schwach alkalischer Reaktion (pH: 7,2-7,6) (Bodenkundliche Kartieranleitung, 2005). Die Gehalte an organischer Bodensubstanz (OBS) erwiesen sich mit einer Schwankungsbreite von 2,3 % bis 17,5 % als stark variabel und bestätigen damit vorliegende tiefenabhängige Bodenprofiluntersuchungen in Grabennähe (Tiemeyer et al., 2007). Zu jedem Untersuchungszeitpunkt wurden die vergleichsweise höchsten OBS-Gehalte an den Messtellen I und J festgestellt, was möglicherweise durch eine in diesem Bereich befindliche Tierquerung bedingt sein könnte. Diese Sonderstellung der beiden Messstationen wird auch durch Abb. 1 belegt.

Tab. 1 Raum-Zeit-Dynamik der P-Fractionen sowie von C_{org} im Sediment

Graben	Abstand [m]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Meßstelle	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
Termin		→ Fließrichtung des Grabens →									
1	P-Fraktion NaHCO ₃ - löslich [mg/kg]	136.0	197.2	147.6	70.5	79.9	213.0	158.1	134.5	98.6	137.8
2		159.5	209.7	228.5	328.3	347.6	211.2	213.4	220.4	180.6	216.0
3		165.9	82.0	175.4	62.6	144.1	232.8	156.7	168.3	158.3	189.8
4		156.9	179.2	148.2	282.0	129.8	242.0	289.4	206.8	294.0	271.5
5		167.1	198.8	229.0	92.3	57.1	106.9	182.2	261.7	56.1	109.5
1	P-Fraktion NaOH- löslich [mg/kg]	158.2	280.3	106.9	93.6	126.1	221.1	179.9	153.0	101.1	150.5
2		203.8	285.9	250.5	449.5	340.0	218.3	164.6	223.9	183.7	184.9
3		224.2	181.8	288.1	137.4	266.5	462.9	267.0	282.5	238.1	225.5
4		178.4	245.4	182.0	331.6	150.1	264.6	317.1	178.7	388.9	247.6
5		273.0	230.7	287.0	71.2	51.2	101.5	152.5	274.7	78.5	113.2
1	P-Fraktion H ₂ SO ₄ - löslich [mg/kg]	328.0	298.2	308.9	323.9	353.9	332.8	311.3	278.9	353.6	290.4
2		367.0	290.4	351.5	310.2	325.6	387.6	428.2	413.0	359.0	264.4
3		366.3	376.2	361.7	343.6	431.2	375.3	316.6	488.0	284.9	323.2
4		436.0	457.3	314.3	343.9	417.9	274.5	388.7	371.7	353.8	273.1
5		281.6	255.2	360.9	298.6	316.8	258.6	266.3	421.0	352.3	315.7
1	C org [%]	5.4	5.5	2.4	1.8	2.0	1.7	2.9	2.5	1.3	2.3
2		10.1	6.7	4.1	5.6	5.1	3.6	3.4	4.0	2.3	3.9
3		8.9	6.3	3.0	2.5	4.3	3.7	2.8	5.0	3.4	4.5
4		7.6	7.3	3.4	4.1	3.4	2.4	2.4	3.4	3.7	4.1
5		5.3	7.6	3.2	2.2	1.7	1.6	2.9	4.6	2.0	2.6
Termin :		1	11.12.2007	2	14.01.2008	3	08.02.2008	4	26.03.2008	5	22.04.2008
Pentaden_Mittel	Temp [°C]		5.3		4.1		3.6		0.2		6.2
Pentaden_Summe	NS [mm/5d]		41.1		3.0		7.7		26.4		7.6

Die P-Konzentrationen der geprüften Fraktionen variieren in Abhängigkeit von Raum und Zeit erheblich. Die mittleren P-Konzentrationen (mg/kg) lassen sich nach der Größe wie folgt ordnen: 33,5 (Resin-P) < 177,3 (NaHCO₃-P) < 215,4 (NaOH-P) < 340,4 (H₂SO₄-P). Diese Reihung entspricht der zunehmenden Wirksamkeit der Extraktionsmittel. In Tab. 1 sind die P-Konzentrationen der stärker vertretenen Fraktionen NaHCO₃-P, NaOH-P und H₂SO₄-P über alle

Messpunkte und –termine aufgeführt, ergänzt um Angaben zur C_{org} -Verteilung und zur Kennzeichnung der Witterungsbedingungen auf Pentadenbasis. Danach deutet sich ein Anstieg der P-Konzentrationen mit der Fließrichtung des Grabenwassers an. Dieser Effekt, der durch eingetragene Pfeile in Tab. 1 verdeutlicht wird, geht konform mit mehrjährigen Beobachtungen zum Transport suspendierter Sedimente und partikulären Phosphors in einem Tieflandeingebiet Dänemarks (Kronvang et al., 1997).

Mit Hilfe der Faktoranalyse (Tab. 2; Fall B) konnte nachgewiesen werden, dass alle vier P-Fractionen in annähernd gleicher Richtung und Stärke mit einer Hauptkomponente korrelieren, die eine entgegengesetzte Beziehung zum Temperaturmittel (T5 [°C]) aufweist. Es wird eine eingeschränkte P-Freisetzung bei niedrigeren Temperaturen vermutet, woraus vergleichsweise hohe P-Konzentrationen im Sediment resultieren.

Tab. 2 Vergleich der Faktorladungen einer Hauptkomponentenanalyse (PCA)

Fall A: P-Fractionen zusammengefasst				Fall B: P-Fractionen getrennt analysiert			
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3		Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
Sand	-0.866			NaOH_P	0.896		
CaCO ₃ %	0.835			H ₂ SO ₄ _P	0.874		
Ton	0.787			NaHCO ₃ _P	0.873		
T5[°C]		-0.861	0.343	Res_H ₂ O_P	0.736	-0.321	
Nt%	0.352	0.623	0.306	Corg%		0.829	
SummeP		0.616		Nt%		0.817	
Corg%	0.376	0.601	0.299	CaCO ₃ %		0.64	
NS5[mm]			-0.966	Sand		-0.592	
METHOD = COVARIANCE; ROTATION = VARIMAX				Ton		0.327	0.277
				NS5[mm]		-0.306	-0.868
				T5[°C]	-0.55	-0.321	0.599

Im Zuge der weiteren multivariaten Analyse wurde dann nur noch der Gesamtgehalt an P (Summe P) im Sediment (Tab. 2; Fall A) in Abhängigkeit von Körnung, Gehalt an C_{org} , N_t und $CaCO_3$ sowie Witterung betrachtet. Besonders deutlich werden alle Zusammenhänge in Abb. 1. Durch die Hauptkomponenten 1 (Ladung 0,82 zu NS5 [mm]) und 2 (Ladung 0,837 zu T5[°C]) werden dort die Richtung zu hohen Gehalten an C_{org} , N_t und Summe P im Sediment entgegengesetzt zur Temperatur und Niederschlagsmenge angezeigt. Somit dürften die Gehalte an C_{org} und N_t für die P-Konzentration der Sedimente prägend sein. Das Ton-Sand-Verhältnis wird bei höheren Niederschlägen zudem geringer.

Schlussfolgerungen

Sedimente kleiner Fließgewässer können sowohl Quelle als auch Senke für Phosphor sein. Die Verteilung von Phosphor auf verschiedene Fraktionen wird durch meteorologische, hydrologische und bodenkundliche Faktoren determiniert. Die Gehalte an C_{org} , N_t und $CaCO_3$ sowie an den P-Fractionen verhalten sich zu den äusseren Faktoren Niederschlag und Temperatur tendenziell in entgegengesetzter Richtung.

Literatur

AD-HOC-AG BODEN. Bodenkundliche Kartieranleitung (2005): 5. Aufl., Hannover, 438 S.

HAMMER, Ø, HARPER, D.A.T., and RYAN, P. D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

THIESSEN, H. & MOIR, J.O. (1993): Characterisation of available P by sequential extraction. S. 75-86. In M.R. Carter (Hrsg.), Soil Sampling and methods of analysis. Lewis Publishers, New York.

TIEMEYER, B., FRINGS, J., KAHLE, P., KÖHNE, S., LENNARTZ, B. (2007): A comprehensive study of nutrient losses, soil properties and ground water concentrations in a degraded peatland used as an intensive meadow – Implications for re-wetting. *J. of Hydrol.* 345, 80-101.

KRONVANG, B., GRANT, R., LAUBEL, A.L. (1997): Sediment and phosphorus transport from a lowland catchment: Quantification of sources. *Water, Air & Soil Pollution* 99 (1-4), 465-476.

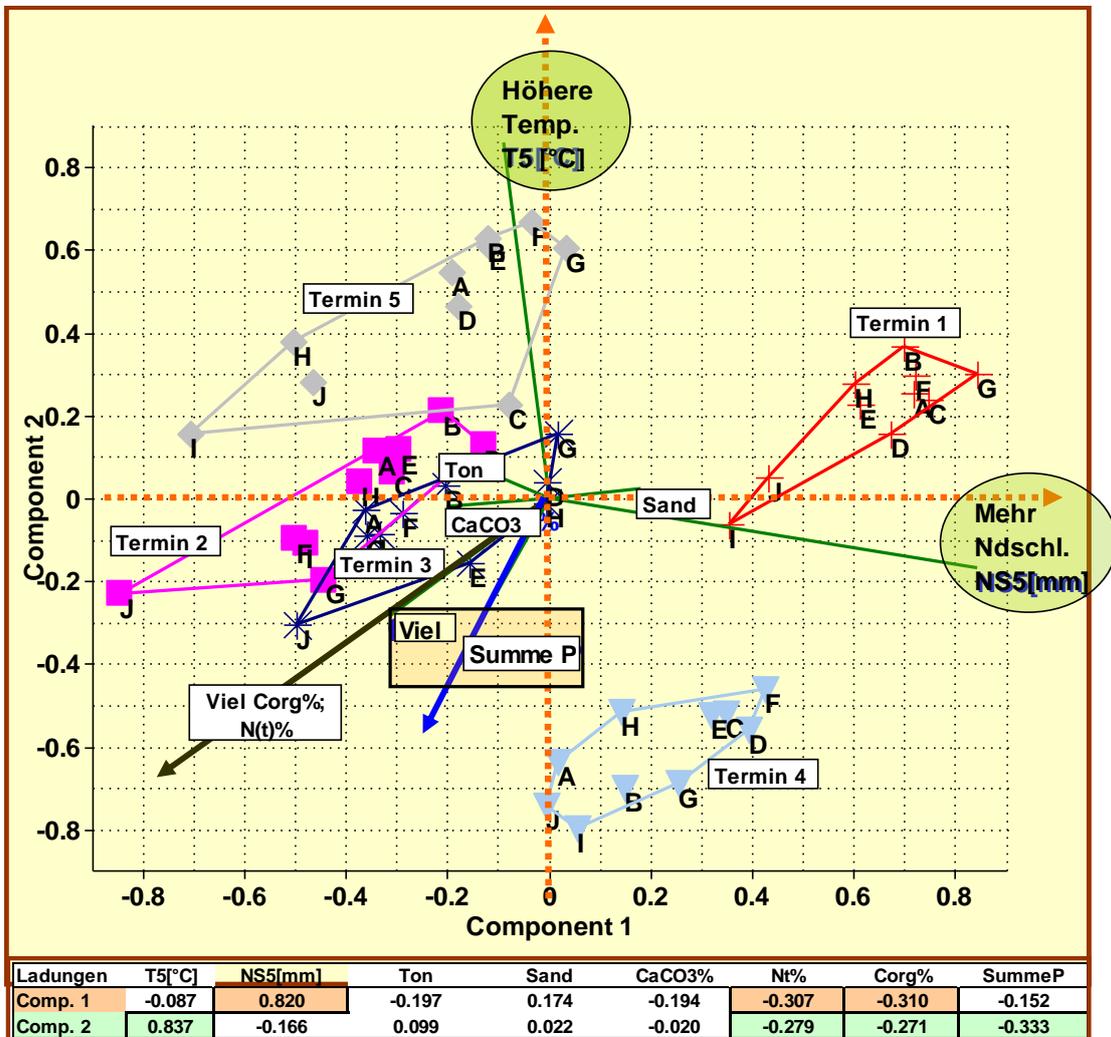


Abb.1 Scatterplot der Hauptkomponentenanalyse ausgewählter Variablen über alle Messstellen und -termine

Pflanzenarten für Hühnerfreilandausläufe – Wachstum und Eignung

K. Küchenmeister¹, L. Breitsameter¹, F. Küchenmeister¹, N. Wrage², J. Isselstein^{1,2}

¹ Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umweltschutz, Am Vogelsang 6, 37075 Göttingen, E-Mail: kai.kuechenmeister@agr.uni-goettingen.de

² Abteilung Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, von-Siebold Str. 8, 37075 Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Freilandausläufe sind in der ökologischen Geflügelhaltung verpflichtend. Die Vegetationsdecke im Auslauf wird dabei durch das Scharren und Picken der Hühner einer großen Belastung ausgesetzt, so dass vor allem im stark frequentierten stallnahen Bereich einzelne Areale verkahlen (ELBE, 2006). Sie können ihre Pufferfunktion hinsichtlich Erosion und Nährstoffaustrag verlieren. Daher sind pflanzenbauliche Strategien zu entwickeln, mit deren Hilfe auch bei starker Belastung eine intakte und funktionsfähige Grasnarbe in den Auslauflächen erhalten werden kann.

Vor diesem Hintergrund wurden in der vorliegenden Studie zwölf Grünlandarten – sowohl züchterisch bearbeitete Arten als auch Wildtypen – auf ihre Eignung für die Begrünung von Auslauflächen in der Hühnerfreilandhaltung getestet. Im Rahmen eines Gewächshausexperiments wurden Wachstum und Regeneration der Arten nach simuliertem Scharren durch Hühner aufgezeichnet und aus den Daten zur Bildung oberirdischer Biomasse und zur Trockenmasse der Wurzeln die Toleranz der einzelnen Arten gegenüber unterschiedlich starker mechanischer Schädigung abgeleitet.

Material und Methoden

Für den Versuch wurden zwölf Arten bzw. Sorten (Tab. 4) anhand ihrer Tritt- und Weideverträglichkeit sowie ihrer Toleranz gegenüber erhöhten Salzkonzentrationen ausgewählt (DIERSCHKE & BRIEMLE, 2002). Die untersuchten Pflanzen wurden in Töpfen (13x13x13 cm) auf Komposterde zur Keimung gebracht und bei monokotylen Arten jeweils zehn Keimlinge, bei dikotylen Arten jeweils zwei Keimlinge unter Gewächshausbedingungen kultiviert (Temperaturen tagsüber 18-24°C, nachts 11-18°C, Beleuchtung: 16 h Licht aus Natriumdampflampen; Ausschluss von Nährstofflimitation durch insgesamt drei Gaben NPK-Dünger). Der Versuchsaufbau entsprach einem dreifach replizierten, randomisierten Experiment.

Die oberirdische Biomasse (Erstaufwuchs) wurde bei allen Töpfen 94 Tage nach der Aussaat durch Schnitt in 3 cm Höhe über dem Boden abgeerntet und ihre Trockenmasse bestimmt. Im Abstand von jeweils 30 Tagen wurde zwei

weitere Male auf dieselbe Weise die oberirdische Biomasse geerntet und ebenfalls die Trockenmassen bestimmt (Wiederaufwuchs). Aus den Biomassewerten wurden für jede Art die Wachstumsrate von Erstaufwuchs und Wiederaufwuchs berechnet.

Tab. 4: Liste der verwendeten Arten bzw. Sorten. In Klammern: hier verwendete Artnamenkürzel

Art	Kultivar
Monokotyle Arten	
<i>Agrostis stolonifera</i> (As)	Barifera (Barenbrug Holding BF/Niederlande)
<i>Deschampsia caespitosa</i> (Dc)	Wildtyp (Appels Wilde Samen GmbH)
<i>Elymus repens</i> (Er)	Wildtyp (RUDLOFF Feldsaaten GmbH)
<i>Festuca arundinacea</i> (Fa)	Mustang (Feldsaaten Freudenberger GmbH & Co. KG)
<i>Festuca rubra rubra</i> (Fr)	Rossinante (DLF-TRIFOLIUM Deutschland GmbH)
<i>Festuca trichophylla</i> (Ft)	Barcrown (Barenbrug Holding BF/Niederlande)
<i>Lolium perenne</i> (Lp)	Bargold (Barenbrug Holding BF/Niederlande)
<i>Poa pratensis</i> (Pp)	Julius (Innoseeds bv/Niederlande)
<i>Poa supina</i> (Ps)	Supreme (Saatzucht Steinach GmbH)
Dikotyle Arten	
<i>Achillea millefolium</i> (Am)	Wildtyp (Appels Wilde Samen GmbH)
<i>Taraxacum officinale</i> (To)	Wildtyp (Appels Wilde Samen GmbH)
<i>Trifolium repens</i> (Tr)	Rivendel (DLF-TRIFOLIUM Deutschland GmbH)

Mithilfe einer „künstlichen Hühnerkrallen“ wurde den Kulturen nach dem dritten Schnitt in 3 cm Höhe eine mechanische Schädigung zugefügt, welche das Scharren der Hühner simulieren sollte. Bei der „künstlichen Hühnerkrallen“ handelte es sich um eine runde Holzscheibe von ca. 12 cm Durchmesser, welche an der Unterseite mit ca. 2,5 cm langen Schrauben versehen ist. Sie wurde mit einem Gewicht von 10 kg beschwert, um eine standardisierte Kraft auszuüben. Durch Aufsetzen der Krallen auf den Töpfen und Drehung wurde eine Schädigung der Pflanzen in unterschiedlichem Ausmaß erreicht. Drei Stufen mechanischer Schädigung wurden untersucht: leichte Schädigung (Vierteldrehung der Krallen), mittlere Schädigung (halbe Drehung), starke Schädigung (Dreivierteldrehung). Als Kontrolle diente die nicht geschädigte Kultur. Nach 14 Tagen wurde erneut eine Schädigung der Kulturen in den beschriebenen Stärken ausgeübt. Nach weiteren 14 Tagen wurde bei allen Töpfen die oberirdische Biomasse durch Schnitt in 3 cm Höhe abgeerntet, die gesamte Wurzelmasse ausgewaschen und jeweils die Trockenmasse bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Wachstumsraten der einzelnen Pflanzen bei Erst- und Wiederaufwuchs

Die untersuchten Arten unterschieden sich in Hinsicht auf ihre Wachstumsraten in Erst- und Wiederaufwuchs sehr stark. Während *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* und *Taraxacum officinale* beim Aufwuchs nach dem zweiten Schnitt Werte von 0,25 bis 0,29 g Trockenmasse pro Tag erreichten, lagen *Festuca trichophylla* und *Achillea millefolium* bei nur 0,14 bis 0,15 g/Tag (Tab. 5).

Wachstumsraten der einzelnen Pflanzen bei mechanischer Schädigung

Mit zunehmender mechanischer Schädigung wurden die Wachstumsraten der oberirdischen Biomasse bei allen Arten deutlich reduziert. Ein besonders starker Rückgang der Wachstumsrate konnte bei *Elymus repens*, *Achillea millefolium* und *Agrostis stolonifera* beobachtet werden, bei denen bei hohem Schädigungsniveau weniger als 30% der Wachstumsrate der nicht geschädigten Kontrolle erreicht wurde (Tab. 5).

Tab. 5: Wachstumsraten in g Trockenmasse/Tag der untersuchten Arten im Erstaufwuchs (EA), nach zweimaligem Schnitt in 3 cm Höhe (2. WA) sowie nach Schnitt in 3 cm Höhe und zusätzlicher mechanischer Schädigung von unterschiedlicher Intensität (A: leichte Schädigung, B: mittlere Schädigung, C: starke Schädigung, K: nicht geschädigte Kontrolle)

Art	EA	2. WA	Wiederaufwuchs nach Schädigung			
			K	A	B	C
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,13	0,19	0,23	0,13	0,07	0,06
<i>Deschampsia caespitosa</i>	0,09	0,23	0,19	0,20	0,12	0,07
<i>Elymus repens</i>	0,17	0,20	0,18	0,16	0,13	0,03
<i>Festuca arundinacea</i>	0,20	0,27	0,20	0,19	0,14	0,10
<i>Festuca rubra rubra</i>	0,08	0,19	0,22	0,16	0,09	0,09
<i>Festuca trichophylla</i>	0,08	0,14	0,15	0,13	0,08	0,05
<i>Lolium perenne</i>	0,19	0,25	0,23	0,17	0,13	0,11
<i>Poa pratensis</i>	0,04	0,17	0,16	0,15	0,09	0,11
<i>Poa supina</i>	0,13	0,18	0,18	0,09	0,07	0,09
<i>Achillea millefolium</i>	0,15	0,15	0,20	0,16	0,06	0,05
<i>Taraxacum officinale</i>	0,18	0,29	0,31	0,30	0,11	0,15
<i>Trifolium repens</i>	0,08	0,19	0,29	0,18	0,10	0,09

Auswirkung mechanischer Schädigung auf ober- und unterirdische Biomasse

Parallel zu einer verringerten Produktion oberirdischer Biomasse war bei allen untersuchten Arten bei steigender mechanischer Schädigung auch eine

Verringerung der Biomasse der Wurzel zu beobachten, deren Ausmaß allerdings artspezifisch unterschiedlich war und bei einigen Arten (*Achillea millefolium*, *Trifolium repens*) bis zu 76% der Masse der nicht geschädigten Kontrolle betrug. Es konnte eine hoch signifikante Abhängigkeit der Trockenmasse der Wurzeln bzw. der oberirdischen Biomasse von der Pflanzenart und von der Stärke der mechanischen Schädigung (in beiden Fällen $p < 0,001$) nachgewiesen werden. Auch die Kombination beider Faktoren erwies sich als signifikant ($p < 0,01$ bei den oberirdischen Biomassen; $p < 0,05$ bei den Wurzeln) Grundsätzlich war bei fast allen Arten die relative Abnahme der Trockenmasse der Wurzel größer als der relative Rückgang im Wiederaufwuchs oberirdischer Biomasse (Abb. 2).

Der mit dem verringerten Wiederaufwachsen oberirdischer Biomasse einhergehende Rückgang der unterirdischen Trockenmasse bei mechanischer Schädigung wird als Schutzmechanismus der Pflanze interpretiert, welcher hohen Respirationsverlusten über die Wurzeln bei geringen Mengen an photosynthetischem Gewebe vorbeugt. So ist bei einigen Arten ein Aussetzen des Wurzelwachstums und ein Rückgang der Stoffwechselraten in der Wurzel als Folge eines Verlusts an oberirdischer Biomasse durch Schnitt dokumentiert worden (DAVIDSON und MILTHORPE, 1966). CULLEN *et al.* (2006) beschreiben bei verschiedenen Grasarten eine Verringerung des Wurzel:Spross-Verhältnisses infolge des Verlusts an oberirdischer Biomasse. Allerdings konnte im vorliegenden Experiment nicht bestimmt werden, zu welchem Anteil der Rückgang der Wurzeltrockenmasse aufgrund von Zerstörung des Wurzelgewebes durch die „Hühnerkrallen“ oder durch die aus der Drehbewegung resultierenden Torsionskräfte im Versuchsgefäß verursacht wurde, beziehungsweise zu welchem Anteil es sich um Geweberückbildung in Anpassung an die reduzierte oberirdische Biomasse handelte.

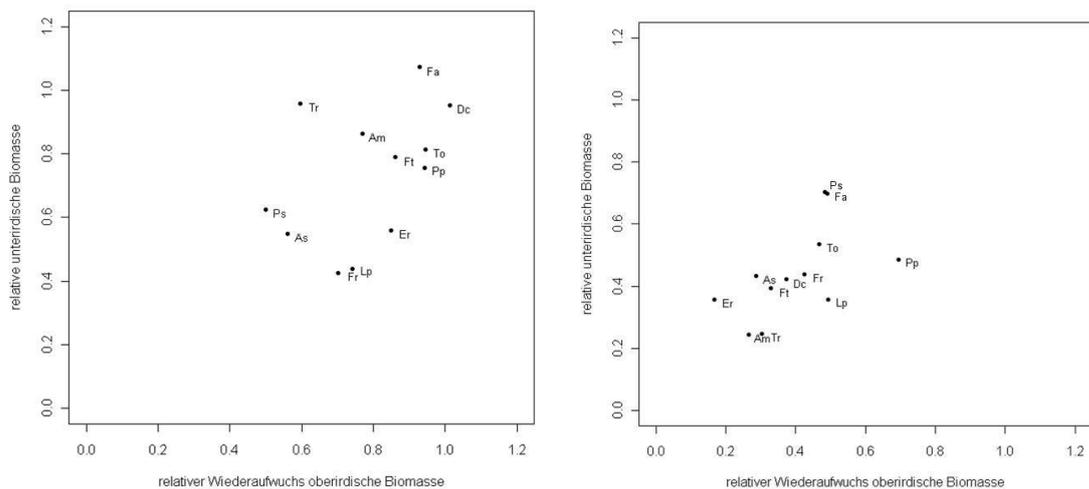


Abb. 2: Relativer Wiederaufwuchs oberirdischer Biomasse (Trockenmasse in g) und relative Trockenmasse der Wurzel der untersuchten Pflanzen nach leichter (links) und starker (rechts) Schädigung in Bezug zur nicht geschädigten Kontrolle. Artnamenkürzel siehe Tabelle 1

Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich aus den vorliegenden Daten erkennen, dass Wachstumsraten und Reaktionen auf mechanische Schädigung bei den untersuchten Arten speziesspezifisch sehr unterschiedlich sind. Bei *Festuca arundinacea* und *Taraxacum officinale* ist sowohl eine hohe Wachstumsrate im nicht geschädigten Zustand als auch ein vergleichsweise geringer Rückgang von Wurzelmasse und Wiederaufwuchs oberirdischer Biomasse nach mechanischer Schädigung zu beobachten. Somit könnten diese Arten für die Begrünung von Geflügel-Auslaufflächen gut geeignet sein. Die Bewertung von *Festuca arundinacea* als für die Hühnerweide gut geeignete Art stimmt mit den Ergebnissen des Feldversuchs von BOCKHOLT und DITTMANN (2007) überein. Laufende Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe im Freiland sollen zeigen, inwieweit die hier vorliegenden Ergebnisse des Gewächshausversuchs für die Bewertung der Belastungsfestigkeit der Arten unter tatsächlichen Bedingungen der Geflügelweide relevant sind.

Literatur

- BOCKHOLT, R. und DITTMANN, L. (2007): Ein Experiment zur Prüfung verschiedener Gräser als Hühnerweide. In: Neue Funktionen des Grünlands: Ökosystem, Energie, Erholung. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 8
- CULLEN, B.R., CHAPMAN, D.F., QUIGLEY, P.E. (2006): Comparative defoliation tolerance of temperate perennial grasses. Grass and Forage Science 61, 405-412
- DAVIDSON, J.L., MILTHORPE, F.L. (1966): The effect of defoliation on the carbon balance of *Dactylis glomerata*. Annals of Botany 30, 185-198
- DIERSCHKE H., BRIEMLE G. (2002): Kulturgrasland: Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Stuttgart: Ulmer Verlag
- ELBE U. (2007): Freilandhaltung von Legehennen unter besonderer Berücksichtigung der Auslaufnutzung, des Stickstoff- und Phosphoreintrages in Boden und des Nitrateintrages in Grundwasser. Göttingen, Sierke Verlag

Einfluss der Konkurrenzsituation in der Etablierungsphase auf den Bestandesanteil von *Phleum pratense* L. in weidelgrasbetonten Grünlandansaaten

J. Müller*, L. Dittmann u. M. Loeseken

Universität Rostock, Inst. f. Management ländlicher Räume*
Justus-von-Liebig-Weg 6, D-18059 Rostock (juergen.mueller3@uni-rostock.de)

Einleitung und Problemstellung

Das Wiesenlieschgras (*Phleum pratense* L.) wird wegen seiner ausgeprägten Winterhärte, seines hohen Futterwertes (Kunelius et al., 2003) und seiner guten Vernässungstoleranz gerne in Ansaatmischungen eingesetzt. In den etablierten Grünlandansaaten, die in aller Regel von *Lolium perenne* L. dominiert sind, nimmt das Lieschgras hingegen oft nur geringe Ertragsanteile ein. Dies wird häufig auf die mangelnde Konkurrenzkraft des Lieschgrases zurückgeführt (Jorgensen & Juntilla, 1994). Es ist in diesem Zusammenhang allerdings noch nicht hinreichend geklärt, auf welche Mechanismen diese offenbare Konkurrenzschwäche im Detail zurück zu führen ist. Informationen hierzu wären aber sehr hilfreich, zum Beispiel, um die Produktionstechnik im Hinblick auf die Art zu optimieren.

Anhand der Daten eines zweijährigen Feldversuches mit kleinräumiger Erfassung der Konkurrenzverhältnisse in der Etablierungsphase soll im Folgenden der Einfluss der Konkurrenzsituation in der Etablierungsphase auf den Bestandesanteil von *Phleum pratense* L. näher beleuchtet werden.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf der Versuchsstation der Universität Rostock als zweifaktorielle teilrandomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen im September 2005 auf leicht humosem Sand angelegt (Tab.1). Dabei sind verschiedene Lieschgrassorten mit dem Mischungspartner Deutsches Weidelgras in leicht erhöhter Menge ($6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ bei $26 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Grundmischung G V) vermengt und als Drillsaat angesät worden (Tab. 1).

Tab. 1: Design des Etablierungsversuches

Faktor A	Sorte	Stufen:	B1 - Comer (Schnitttyp) B2 - Thibet (Weidetyp, alt) B3 - Winnetou (Weidetyp, neu) B4 - Niklas (Weidetyp, neu) B5 - Pampas (Kombinationstyp)
Faktor B	Nutzung	Stufen:	A1 - Beweidung mit Schafen A2 - Schnittnutzung in der Weidereife (Winnetou, Niklas, Pampas)

Der Bestand wurde im Frühjahr des ersten Hauptnutzungsjahres mit 40 kg*ha⁻¹ Stickstoff als Kalkammonsalpeter und 50 kg*ha⁻¹ Kalium als 40er Kali gedüngt. Die erste Nutzung erfolgte aufgrund außergewöhnlicher Witterungskonstellationen erst am 12.06.06 als Schnittnutzung mit Schröpfcharakter. Zum zweiten Aufwuchs wurden 40 kg*ha⁻¹ Stickstoff als Kalkammonsalpeter und 40 kg*ha⁻¹ Phosphat als Triplephosphat appliziert. Der zweite Aufwuchs wurde nach der Platzierung von Weideausschlusskörben mit fünf adulten Fleischschafen beweidet, an die Beweidung schloss sich eine Nachmahd an. Bonituren wurden als Auflaufbonitur am 26.04.06, als Vorweidebonitur am 14.07.06 und als Nachweidebonitur am 27.07.06 durchgeführt. Einzelheiten der Prüfmerkmalserfassung sind Tab. 2 zu entnehmen.

Tab. 2: Methoden der Prüfmerkmalbestimmung

Prüfmerkmal	Datum	Methode	Anmerkungen
Etablierungserfolg	26.04.2006	Einzelpflanzenzählung	Göttinger Zähl- und Schätzrahmen
Konkurrenzdruck	26.04.2006	Deckungsgradschätzung (DG) von <i>L. perenne</i>	Göttinger Zähl- und Schätzrahmen
Ertragsschätzung	12.06.2006	TM-Teilprobe	Trocknung bis Gewichtskonstanz
Bestandesanteil <i>Phleum pratense</i>	14.07.2006	Bestandesanteilschätzung vor Beweidung	Deckungsgrad ohne Lücken
Bestandesanteil <i>Phleum pratense</i>	27.07.2006	Bestandesanteilschätzung nach Beweidung	Deckungsgrad ohne Lücken

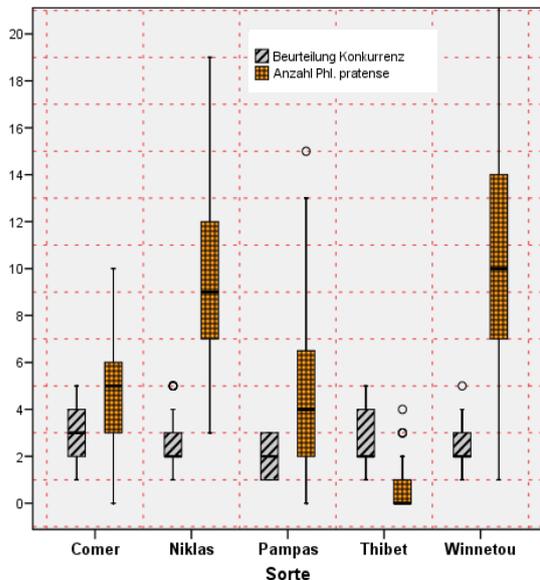
Die statistische Datenauswertung wurde mit Hilfe des Softwarepaketes SPSS (Version 14.0.1) durchgeführt. Die Anforderungen an die Prüfmerkmale nach Normalverteilung (Kolgomorov-Smirnov-Test) und Varianzhomogenität (Teststatistik von Levene) sind nach LARK und WEBSTER (2001) geprüft worden. Beim Vergleich mehrerer Variablen wurde beim Vorliegen normalverteilter Daten eine einfaktorielle Varianzanalyse angewendet, zur post-hoc-Analyse wurde der Student-Newman-Keuls-Test genutzt. Bei der Analyse der Daten der Auflaufbonitur (Messwiederholung) wurden die Wiederholungen als Innersubjektvariablen, die Sorten als Zwischensubjektfaktoren bewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die unterschiedlichen Sorten des Wiesenlieschgrases unterschieden sich signifikant im Etablierungsergebnis (Tab. 3). Dieses wurde im Falle der Sorte „Thibet“, von der nur überlagertes Saatgut verfügbar war, durch eine schlechte Keimfähigkeit entscheidend mit beeinflusst. Dies berücksichtigend scheinen die planophilen Weidetypen dennoch Vorteile in der frühen Etablierungsphase gegenüber den erectophilen Schnitttypen zu besitzen. Eine ähnliche Beobachtung machten OPITZ von BOBERFELD u. SCHERHAG (1980) im Falle des Deutschen Weidelgrases.

Die Hauptversuchsfrage beinhaltete die Bemessung der Konkurrenzeffekte in der Auflauf- und frühen Etablierungsphase (siehe Abb. 2). Der durch die

unterschiedlich starke Präsenz von *Lolium perenne* charakterisierte Konkurrenzdruck in der frühen Phase der Bestandesetablierung hatte weder einen nachweisbaren Einfluß auf die Anzahl etablierter Individuen des Wiesenlieschgrases noch auf dessen spätere Deckungsgrade nach der Nutzung des ersten Aufwuchses.



Sorte	Wuchstyp	Pflanzen*m ⁻²
Comer	Mähtyp	185 ^{b**}
Pampas	Mähtyp	186 ^b
Winnetou	Weidetyt	458 ^c
Niklas	Weidetyt	395 ^c
(Thibet)*	Weidetyt	(26) ^a

*) Sorte „Thibet“ mit KF < 50%
 **) unterschiedl. Buchstaben weisen

Abb. 1: Anzahl etablierter Pflanzen von *Phleum pratense* L. (Pfl./625 cm²) in Abhängigkeit von der Konkurrenzsituation

Tab. 3: Anzahl etablierter Pflanzen von *Phleum pratense* L. (Pfl./m²) in Abhängigkeit von der Sorte und dem Sortentyp

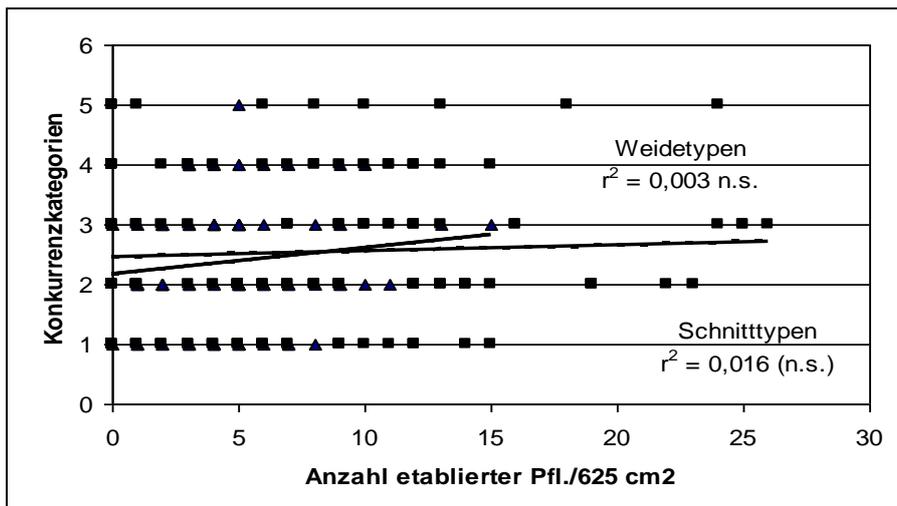


Abb. 2: Zusammenhang zwischen dem Konkurrenzdruck durch *Lolium perenne* und der Anzahl etablierter Jungpflanzen von *Phleum pratense* (■ = Weidetypen, ▲ = Schnittypen)

Auch der Lückenanteil und die Art der Nutzung (hier nicht dargestellt) lieferten keinen entscheidenden Beitrag zur Erklärung der Variation des Auflaufferfolges von *Phleum pratense*.

Schlussfolgerungen

Es liegt der Schluss nahe, dass die Bestandesentwicklung im vorliegenden Versuch zumindest bis zum Zeitpunkt der Auflaufbonituren Ende April weitestgehend von den äußeren Umweltfaktoren abhängig war. Offenbar wirkten diese noch nicht limitierend, so dass die Konkurrenzmechanismen um Licht, Nährstoffe o.ä. im Narbengefüge nicht stark ausgeprägt und somit nicht detektierbar waren.

Mit der Beschränkung auf vergleichbare, weniger wüchsige Standortbedingungen lässt sich aus den Erhebungen ableiten, dass eine Reduzierung oder gar ein Verzicht auf Deutsches Weidelgras in den Ansaatmischungen bei Herbstsaat keine effiziente Option zur Erhöhung des Anteils von Wiesenlieschgras im ersten Hauptnutzungsjahr darstellt. Auszuschließen ist jedoch nicht, dass sich das Weidelgras erst im weiteren Verlauf der Bestandesentwicklung drosselnd auf die *Phleum*-Anteile auswirkt. Dies dürfte insbesondere bei physiologisch früher Nutzung zu befürchten sein, für die *Phleum pratense* gemeinhin als empfindlich gilt (CHEPLIK u. CHUI, 2001).

Neben einer hohen technischen Qualität des Saatgutes ist die Wahl von eher planophilen Sorten ein offenbar erfolgversprechender Ansatz, bei Bedarf den initialen Anteil des Wiesenlieschgrases in Grünlandansaaten zu erhöhen.

Literatur

- CHEPLICK, G.P., CHUI, T. (2001): Effects of competitive stress on vegetative growth, storage, and regrowth after defoliation in *Phleum pratense*. *Oikos* 95, S. 291-299.
- JORGENSEN, M.; JUNTILLA, O. (1994): Competition between meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) and timothy (*Phleum pratense* L.) at three levels of nitrogen fertilization, during three growing seasons. *J. Agron. & Crop Sci.* 173, S. 326-337.
- KUNELIUS, H.T., DÜRR, G.H., MCRAE, K.B., FILLMORE, S.A.E., BÉLANGER, G., PAPADOPOULOS, Y.A. (2003): Yield, herbage composition, and tillering of timothy cultivars under grazing. *Can. J. Plant Sci.* 83, S. 57-63.
- LARK, R.M., WEBSTER, M. (2001): Changes in variance and correlation of soil properties with scale and location: analysis using an adapted maximal overlap discrete wavelet transform. *Eur. J. Soil Sci.* 52 (4), S. 547-562.
- OPITZ v. BOBERFELD, W., SCHERHAG, H. (1980): Nachsaaten auf Mähweiden in Abhängigkeit von Verfahren und der Narbenbeschaffenheit. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 149, S. 137-147

Vorabschätzung der Auswirkungen verlängerter Überflutungszeiten in den Schutzzonen I und II des Deutsch-Polnischen Nationalparks Unteres Odertal auf die Grünlandbewirtschaftung

G. Schalitz und A. Behrendt

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Müncheberg e.V.,
Forschungsstation, Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

e-Mail: fspaul@zalf.de

Einleitung und Problemstellung

Für die Novellierung des Nationalparkgesetzes war es notwendig, die potentiellen Auswirkungen der Einrichtung eines natürlichen Überflutungsregimes (Verlängerung der Öffnung der Polder-Einlassbauwerke um einen Monat) auf die Zusammensetzung der Grünland-Pflanzengesellschaften zu prognostizieren.

Davon waren abzuleiten:

- Die detaillierte Abgrenzung der Schutzzonen I (Totalreservate) und II (umweltverträgliche, extensive Grünlandnutzung) jeweils zu 50 %
- Konfliktfelder beim Artenschutz mit Veränderungen des Wasserregimes
- Die langfristige landwirtschaftliche Nutzbarkeit der Zone II und die dort zu erwartende Ertragssituation
- Eine Gesamtbilanz der verbleibenden landwirtschaftlichen Nutzflächen einschließlich Ertrag und Futterqualität

Das Kerngebiet des Nationalparks auf deutscher Seite umfasst ca. 4000 ha Überschwemmungsgrünland zwischen Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße (Westoder) und dem heutigen Oderstrom (Ostoder). Von Mitte Dezember bis Mitte April waren die Einlassbauwerke bisher geöffnet.

Material und Methoden

Ohne langfristige und kontinuierliche Monitoring-Vorarbeiten wäre die Aufgabe nicht lösbar gewesen. Herangezogen wurden pflanzensoziologische Kartierungen der gesamten Überflutungsflächen 1:10 000 aus den Jahren 1970 (SCHALITZ, 1970), 1997 (nach der Jahrhundertflut), 2002 (nach der Bestandsregeneration) und 2005 vor der Prognosestellung. Zu den landwirtschaftlich bedeutenden Arten sind umfangreiche populationsökologische Messprogramme durchgeführt worden (SCHUMANN *et al.*, 1998), (SCHALITZ *et al.*, 2002), um deren Reaktionen auf Umwelteinflüsse zu kennzeichnen. Mehrjährige Ertrags- und Qualitätsanalysen wurden in einem Arbeitsmaterial von Schalitz und Rogge (2002) zusammengetragen.

Ergebnisse

Der Überflutungsfaktor in der Oderaue hat zu einer drastischen Reduzierung der Artenzahl bei den Grünlandpflanzen geführt.

In den pflanzensoziologischen Flächenkartierungen konnte grundsätzlich festgestellt werden, dass das Vorkommen der vorherrschenden Pflanzengesellschaften entscheidend von der Höhenlage (Reliefgestaltung) und damit von Überflutungsdauer und Grundwasserstand abhängt.

Die typischen Pflanzengesellschaften der Überflutungsauwe sind

a) *Alopecuretum pratensis* (Regel 25)

b) *Phalaridetum arundinacea* (Libb 31)

wobei die Fuchsschwanzwiese die trockeneren und vorrangig weiter zu bewirtschaftenden Flächen besiedelt.

1 *Alopecuretum pratensis* (Regel 25)

Leontodon autumnale-Subassoziation
(Herbstlöwenzahn-Untergesellschaft)

1.1.1 *Festuca pratensis-Facies* 1,1-2,2 m ü. NN
(Wiesenschwingel-Ausbildungsform)

1.1.2 *Leontodon autumnale-Facies* 0,8-1,1 m ü. NN
(Herbstlöwenzahn-Ausbildungsform)

1.1.3 *Phalaris arundinacea-Facies* 0,8-1,0 m ü. NN
(Rohrglanzgras-Ausbildungsform)

1.2 *Alopecurus geniculatus-Agrostis stolonifera* Subassoziation
(Knickfuchsschwanz-Flechtstraußgras Untergesellschaft)

1.2.1 *Alopecurus geniculatus-Agrostis stolonifera-Facies* 0,6-0,9 m ü. NN
(Knickfuchsschwanz-Flechtstraußgras-Ausbildungsform)

1.2.2 *Phalaris arundinacea-Facies* 0,5-0,8 m ü. NN
(Rohrglanzgras-Ausbildungsform)

2 *Phalaridetum arundinacea* (Libb 31) < 0,5 m ü. NN

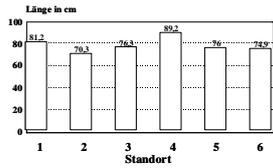
Im populationsökologischen Messprogramm mit *Alopecurus pratensis* 1995-1998 auf 6 Standorten unterschiedlicher Höhenlage und damit Überflutungsdauer konnte gezeigt werden, wie sich morphologische Merkmale in Abhängigkeit von der Standortgunst bzw. -ungunst verändern.

Nach der Jahrhundertflut des Jahres 1997 hatten die trockeneren Standorte eindeutige Vorteile (Abb. 1).

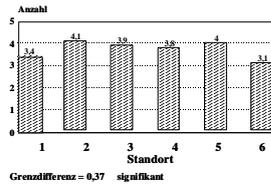
Wird die Überflutungszeit über die Toleranzgrenzen hinaus verlängert, stirbt die Leitpflanze *Alopecuretum pratensis* ab und es entwickelt sich in der Regel ein *Phalaridetum* oder Flutrasen (Abb. 2). Das ist aus landwirtschaftlicher Sicht (Futterqualität, Nutzungsvielfalt) in der Regel nicht erwünscht.

Sektion Freie Themen

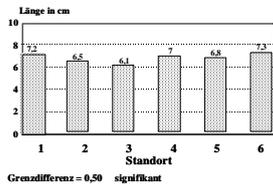
Höhe des Fruchtstandes in cm (max.)



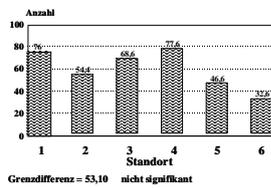
Anzahl der Blätter/Pflanze



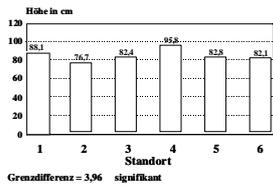
Ährenlänge in cm



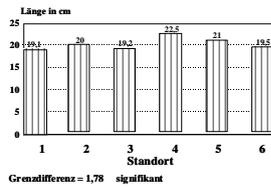
Anzahl fertiler Triebe/m²



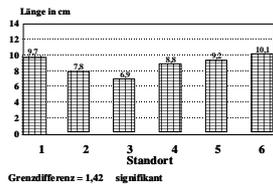
Gesamtlänge der Pflanze in cm



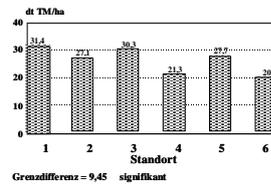
Länge des längsten Blattes in cm



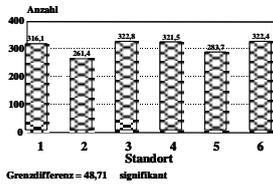
Länge des obersten Blattes in cm



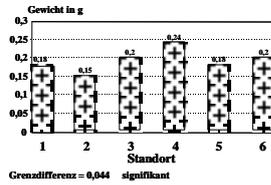
Ertrag dt TM/ha



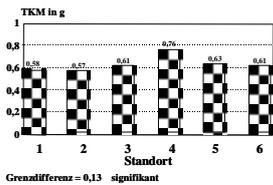
Samenzahl pro Fruchtstand



Samengewicht pro Fruchtstand g



TKM in g



Legende:

1. Durchstich (rel. trocken)
2. Sandseewiese
3. Eichseewiese (rel. feucht)
4. Sandrehne (trocken)
5. Damnitzwiese
6. Pfarrwiese

(□) Werte; Signifikanzprüfungen mit Tukey-Test durchgeführt;

n = 5 bei Anzahl fertiler Triebe und Ertrag flächenbezogen

n = 20 bei Samenzahl pro Fruchtstand, Samengewicht pro Fruchtstand und TKM

n = 100 bei restlichen Merkmalen)

Abb. 1: Ergebnisse des populationsökologischen Messprogramms, Beispieljahr 1998

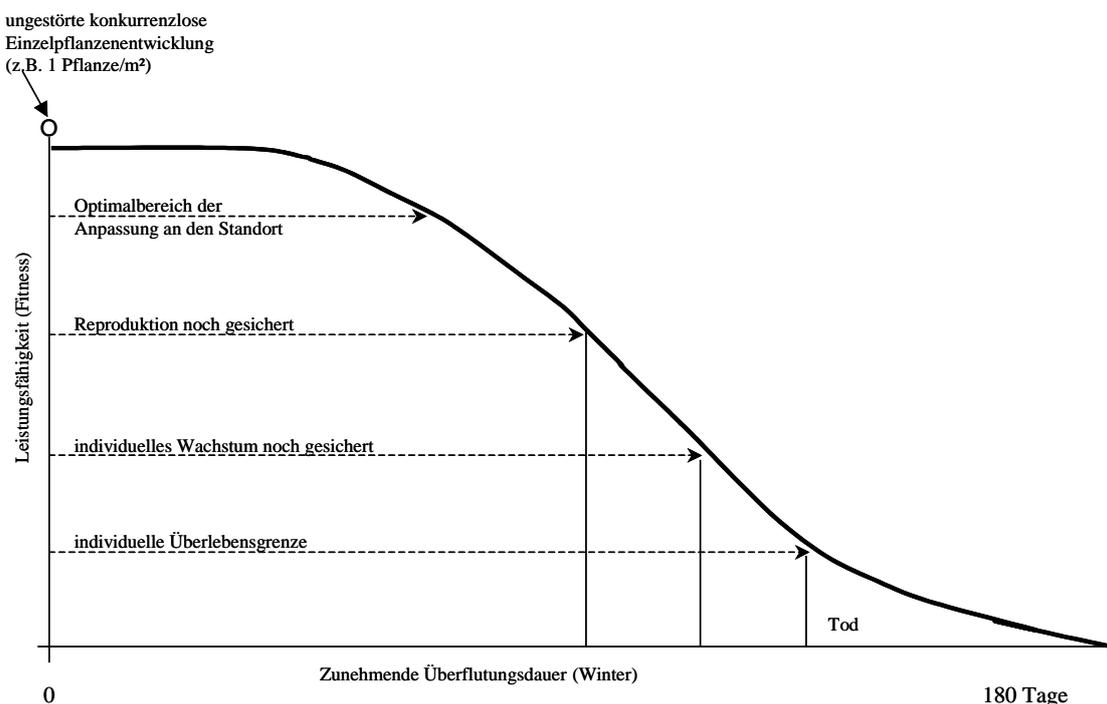


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Länge der Überflutungsdauer und Leistungsfähigkeit einer Wiesenfuchsschwanzpopulation

Bei einer um 30 Tage verlängerten Flutungsdauer ist zu erwarten:

- Die feuchten Bereiche der Fuchsschwanzgesellschaft werden sich weitgehend zum Phalaridetum umschichten. Es entstehen damit Mäh- statt Weideflächen (Schutzzone II).
- Die trockene bis frische Fuchsschwanzgesellschaft wird sich zur feuchten Form umgestalten und weidefähig bleiben, allerdings mit späterem Weidebeginn.
- Im Feuchtbereich des Phalaridetum wird sich unter dem Einfluss länger stehenden Oberflächenwassers eine Umschichtung zu Seggenbeständen ergeben (Zuordnung vorwiegend zu Schutzzone I).

Schlussfolgerungen

Die Erträge und Futterqualitäten der einzelnen Pflanzengesellschaften werden sich nicht signifikant verändern, wohl aber die Flächenanteile in den einzelnen Betrieben. Über Flurneuerungsverfahren können anhand der erarbeiteten Prognosekarte Flächentausche durchgeführt werden. Hohe Ertragsausfälle haben die Nutzer von Feuchtflächen zu erwarten. Sie sollen mit Nutzflächen außerhalb entschädigt werden (Garzer Bruch).

Für den Naturschutz bleibt die Verlängerung der Überflutungszeit nicht ohne Folgen. Es wird aufgrund der Nutzungsänderungen Umsiedlungen

beispielsweise der Brenndolde sowie des Schilf- und Segenrohrsängers und anderer Species geben.

Literatur

- SCHALITZ, G. (1970): Einige spezielle Probleme des Standortes und der Vegetation der Oderpolder bei Schwedt. Zeitschrift für Landstruktur 11, S. 375-386
- SCHALITZ, G. und ROGGE, H. (2002): Bewertungsrahmen für die Pflanzenbestände in den Überflutungspoldern des Deutsch-Polnischen Nationalparks. Studie, Amt für Ländliche Entwicklung und Flurneuordnung Prenzlau
- SCHALITZ, G., CZYZ', H., NIEDZWIECKI, E. and PROTASOWICKI, M. (2002): Population ecological measuring programme by *Alopecurus pratensis* L. for estimation of reaction to extended flooding conditions in the Oder river flood plains. Grassland Science in Europe, Vol. 7, p. 844-845
- SCHUMANN, M., BARTELS, M. UNND BORNKAMM, R. (1998): Populationsökologie dominanter Pflanzenarten in den Überschwemmungsgebieten des Unteren Odertales. Kolloquium „Das untere Odertal, Auswirkungen der periodischen Überschwemmungen auf Biozönosen und Arten“, Druckmaterial FU Berlin

Die Ausdauer von Rasengräsern bei alternativer Nutzung als Zierrasen und als Landschaftsrasen

R. Schönfeld - Bockholt

Universität Rostock, Agrar- u. Umweltwissenschaftliche Fakultät, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

Einleitung und Problemstellung

Die bisher 15 Jahre bestehende Demonstrations – Rasenanlage der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock soll nicht nur für Besichtigungen und studentische Übungen, sondern auch für die Beobachtungsforschung genutzt werden. Es fielen bei jeder Besichtigung besonders schöne und gleichmäßige Rasenparzellen auf, während die meisten Rasenparzellen einen durchschnittlichen und andere wiederum einen äußerst unausgeglichene Eindruck hinterließen. Um das Ergebnis zu quantifizieren, die besten Rasensorten benennen und hervorzuheben zu können, führte die Autorin jeweils nach 10 und 15 Jahren Nutzungsdauer eine gründliche Flächenanteilschätzung nach Pflanzenarten durch, nachdem in den früheren Jahren lediglich der Anteil der angesäten Arten geschätzt worden war.

Material und Methoden

Für die Ausdauer - Bewertung der Rasengräser wurden 46 als Reinsaat angesäte Rasenparzellen ausgewählt. (Tab. 1)

Tab. 1: Anzahl der in Reinsaat ausgesäten Grasarten in speziell für Rasennutzung angebotenen Sorten (Demonstrationsparzellen, n = 46)

Deutscher Name	Lateinischer Name	Anzahl Sorten
Deutsches Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	9
Flechtstraußgras	<i>Agrostis stolonifera</i>	2
Gemeine Rispe	<i>Poa trivialis</i>	2
Lägerrispe	<i>Poa supina</i>	2
Rohrschwengel	<i>Festuca arundinacea</i>	2
Rotes Straußgras	<i>Agrostis tenuis, capillaris</i>	3
Rotschwengel	<i>Festuca rubra</i>	13
Schafschwengel	<i>Festuca ovina</i>	4
Wiesenrispe	<i>Poa pratensis</i>	7

Standort: lehmiger Sand, Bodentyp Parabraunerde, acker- und gartenbaufähig, Wasserstufe 2-, Feuchtezahl 4,5, nordostdeutsches Küstenklima mit 8,4 °C mittlerer Jahrestemperatur und 625 mm mittleren Jahresniederschlägen, 9 Grasarten: in speziell für die Rasennutzung angebotenen Sorten; Schnitt: wöchentlicher Schnitt (2,5 cm) ohne Entfernung des Schnittgutes entsprechend einer Zierrasennutzung in Gegenüberstellung zur 2-maligen Nutzung mit Entfernung des Schnittgutes (5 cm) entsprechend einer Nutzung als Landschaftsrasen; Düngung: 100 kg N, 10 kg P, 100 kg K/ha, Herbizideinsatz: Bekämpfung zweikeimblättriger Pflanzen 1 mal jährlich, Rasennutzung: ohne Belastung, ohne Beregnung, ohne Nachsaat

Ergebnisse und Diskussion

Die angesäten Grasarten haben bei Zierrasennutzung (wöchentlicher Schnitt) deutlich höhere Flächenanteile und bessere Ausdauer bewiesen als bei Nutzung als Landschaftsrasen (2 Schnitte im Jahr), (Tab. 2). Die Nutzung als Landschaftsrasen ist mit etwas höheren Lückenanteilen und stärkerer Einwanderung nicht angesäeter Arten verbunden. Auf Grund jährlich einmaliger Spritzung gegen zweikeimblättrige Unkräuter wandern überwiegend Gräser ein, deren Samen durch Windübertragung von wenig schnittigen Parzellen und Randstreifen in die Parzellen gelangen.

Tab. 2: Mittelwerte (% Flächenanteile), Maximum, Minimum und Streuung

Anzahl Schnitte	2 Schnitte / Jahr				1 Schnitt / Woche			
	1	5	10	15	1	5	10	15
Anzahl Nutzungsjahre								
Angesäte Grasart (Mittel)	88	55	25	22	90	66	48	38
Angesäte Grasart (Maximum)	95	85	70	60	95	90	88	80
Angesäte Grasart (Minimum)	80	20	00	00	80	30	5	00
Angesäte Grasart (Standardabweichung)	6	15	21	19	5	17	26	25
Fremdgräser (Mittel)			57	58			41	43
Kräuter u. Leguminosen (Mittel)			7	8			7	13
Lücken (Mittelwert)			11	12			4	6

Im Artenmittel der 9 Grasarten haben Rotschwengel, Rotes Straußgras und Flechtstraußgras größte Beständigkeit und Ausdauer bewiesen. Rohrschwengel, Deutsches Weidelgras und Schafschwengel besetzten im Artenmittel mittlere Positionen. Wiesenrispe, Lägerisse und Gemeine Rispe schnitten im Artenmittel am schlechtesten ab. (Abb. 1).

Sektion Freie Themen

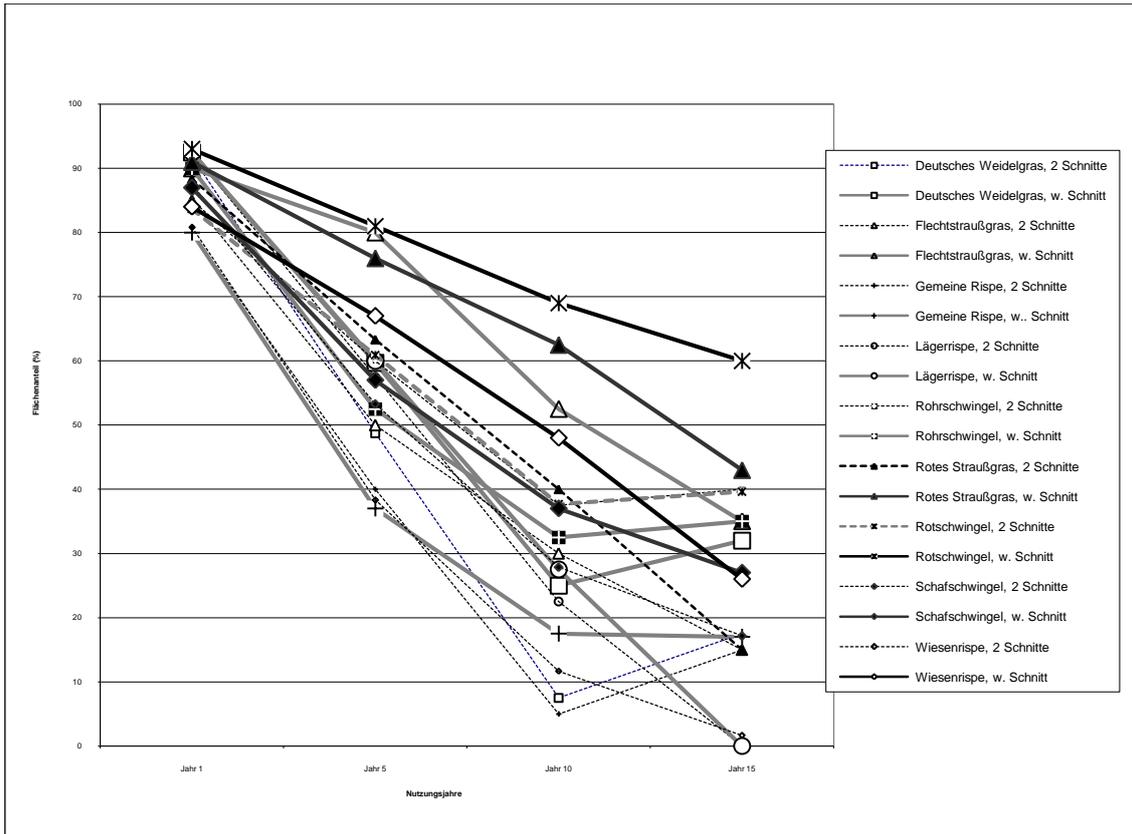


Abb. 1: Verlauf der mittleren Flächenanteile von 9 Grasarten (in 46 Sorten) mit zweimaliger Nutzung je Jahr und wöchentlicher Nutzung.

Tab. 3: Die Rasengrassorten mit bester Eignung und Ausdauer (Mittel der Flächenanteile von 10 u. 15 Jahren Nutzungsdauer)

Grassorte	2 Schnitte im Jahr	Grassorte	1 Schnitt je Woche
Schafschwingel „Crystal“	65 %	Rotschwingel „Samt“	85 %
Rohrschwingel „Seine“	63 %	Rotschwingel „Rabo“	84 %
Schafschwingel „Biljard“	58 %	Rotschwingel „Liprosa“	83 %
Rotschwingel „Borfesta“	52 %	Rotschwingel „Lifalla“	83 %
Rotschwingel „Noro“	50 %	Schafschwingel „Crystal“	80 %
Rotschwingel „Rabo“	45 %	Schafschwingel „Biljard“	80 %
Rotschwingel „Samt“	45 %	Rotschwingel „Borfesta“	75 %
Rotschwingel „Koket“	45 %	Rotschwingel „Noro“	68 %
Rotschwingel „Robin“	45 %	Rotschwingel „Koket“	63 %

Aber es zeigten sich auch beachtliche Sortenunterschiede innerhalb der Grasarten, so daß es notwendig ist, bei einer Auswertung der Ausdauer auch Sortennamen zu nennen. Die besten Sorten sind in Tab. 3 aufgeführt. Die Spitzen - Rotschwingelsorten sind jeweils Sorten von Horstrotschwingel (*Festuca rubra*, ssp. *fallax*, *commutata*, *nigrescens*), die Spitzen - Schafschwingsorten sind Sorten von Hörtlichem Schafschwingel (*Festuca ovina*, ssp. *duriuscula*). Größte Gefälligkeit als Zier- und Luxusrasen (Farbe, Schönheit, Gleichmäßigkeit, Barfußgefühl) erzielte nach jährlicher Bewertung durch Studenten immer wieder die niedrig wachsende Horstrotschwingelsorte „Samt“, die nach 15-jähriger Nutzung noch einen Flächenanteil von 85 % begrünzte. Die eingewanderten Grasarten (Tab. 4) sind zwar auch für Rasennutzung tauglich, sie verlängern die Nutzungsdauer der Rasen weiterhin, führen aber durch ihr differenziertes Erscheinungsbild (Farbe, Glanz, Blattform, Wuchshöhe) zu einem ungleichmäßigen Rasenbewuchs.

Tab. 4: Die wichtigsten eingewanderten Arten (% Flächenanteil im Mittel von 10 u. 15 Jahren Nutzungsdauer, getrennt nach Schnitfführung)

Deutscher Name	Lateinischer Name	Gruppe	2 Schnitte	wö. Schnitt	Mittel- wert
Rotschwingel	<i>Festuca rubra</i>	Gras	9,6	11,0	10,3
D. Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	Gras	5,7	10,7	8,2
Wolliges Honiggras	<i>Holcus lantus</i>	Gras	9,9	2,5	6,3
Knaulgras	<i>Dactylis glomerata</i>	Gras	9,8	1,1	5,6
Rotes Straußgras	<i>Agrotis tenuis</i>	Gras	2,9	6,6	4,7
Gemeine Rispe	<i>Poa trivialis</i>	Gras	5,6	1,7	3,7
Wiesenrispe	<i>Poa pratensis</i>	Gras	2,7	3,7	3,2
Quecke	<i>Agropyron repens</i>	Gras	4,2	0,8	2,5
Weiche Trespe	<i>Bromus hordeaceus</i>	Gras	4,1	0,8	2,5
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	Kraut	2,3	2,5	2,4

Schlussfolgerungen

Die Ausdauer von Rasengräsern ist artspezifisch, aber auch von der Schnitfführung und von der Sorte abhängig. Während das häufigste Rasengras Deutsches Weidelgras den Rasen ohne Nachsaat nur maximal 5 Jahre dominiert, halten sich die in Tab. 3 genannten Sorten von Horstrotschwingel und Hörtlichem Schafschwingel bei wöchentlichem Schnitt über 15 Jahre als dominierende Arten im Zierrasen. Für Landschaftsrassen sind dieselben Sorten und auch Rohrschwingsorten am besten geeignet, aber deutlich geringer in Dominanz und Ausdauer. Im Handel sollten mehr reine Zier- und Luxusrasen-Mischungen mit langer Ausdauer angeboten werden.

***Rumex obtusifolius* im Wirtschaftsgrünland- Erhebungen zu Deckungsgraden und Ertragsanteilen – Erste Ergebnisse –**

T. Schulz

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut f. Pflanzenbauwissenschaften,
Landwirtschaftlich - Gärtnerische Fakultät

Einleitung und Problemstellung

Stumpfblätriger Ampfer zählt in Deutschland zu den am häufigsten vorkommenden Unkräutern des Dauergrünlandes. Eine 2002 durchgeführte Marktforschungsstudie ergab, dass in über 80% von 1054 zufällig ausgewählten Landwirtschaftsbetrieben Ampfer mit unterschiedlichen Besatzstärken auftritt (KLEFFMANN AMIS, 2002).

Durch dichten Blattschluss verdrängt der Ampfer wertvolle Futtergräser. Über einen geringen Futterwert und verminderter Verdaulichkeit führt er zu einem verringerten Energiegehalt des Grundfutters (BOHNER, 2001).

Von der Seiten der Landwirtschaftsberatung wird übereinstimmend die Schadensschwelle ab der sich eine Bekämpfung ökonomisch lohnt, mit 5% Ertragsanteil angegeben. Das Bundesland Bayern bezieht sich dabei auf den Grünmasseanteil (GEHRING, 2009), während in Sachsen der TM-Ertragsanteil als Bezugsgröße dient (RIEHL, 2001), aus anderen Regionen gibt es dazu keine nähere Spezifikation. Ertragsanteile können nach der Punkt-Quadrat-Methode gemessen oder auch von mit dem Verfahren vertrauten Personen geschätzt werden. Für botanische Erhebungen sind diese Vorgehensweisen unerlässlich, inwieweit sie sich jedoch dem Landwirt für die Bewertung einer Behandlungsnotwendigkeit erschließen, bleibt offen. Alternativ zur Ertragsanteilmethode wird die Schadensschwelle auch in Anzahl Pflanzen/m² angegeben. Deutschlandweit variieren die Angaben dazu zwischen 0,3-0,5 und >1 Pflanze/m².

Über eine Bewertung der Parameter Anzahl/m², geschätzter bzw. gemessener Deckungsgrad und der Ertragsanteile soll mittelfristig die Aktualität der derzeitigen Schadensschellen überprüft werden. Die Datenerhebung wird 2009 im gleichen Umfang fortgesetzt und ist teil einer Arbeit zur Erstellung einer modellhaften ökonomischen Bewertung von Stumpfblätrigem Ampfer im weidelgrasbetonten Wirtschaftsgrünland.

Material und Methoden

Die Erhebungen wurden 2008 auf optimal- bis intensiv genutzten Grünlandflächen von Landwirtschaftsbetrieben in Marbach im Erzgebirgsvorland, in Claußnitz auf dem Erzgebirgskamm sowie in Gahma im Ostthüringer Schiefergebirge durchgeführt. Auf immer gleicher Feldfläche

wurden zu jedem der 4 Aufwüchse 30 mal 1m² bewertet, so dass 360 einzelne Datensätze gewonnen wurden. Die Untersuchungen wurden zeitnah vor der Nutzung der Gesamtfläche durchgeführt. Der Standort Marbach wurde zu allen Aufwüchsen zur Silagebereitung gemäht. Am Standort Clausnitz erfolgte zum letzten Aufwuchs eine Weidenutzung. Die Fläche in Gahma wurde ab dem zweiten Aufwuchs als Portionsweide genutzt und jeweils unmittelbar nach Abtrieb nachgemäht. Mit geringen Abstrichen repräsentieren die gewonnenen Ergebnisse somit den Gesamtertragsverlauf der jeweiligen Feldfläche.

Nach der Ermittlung der Anzahl Ampferpflanzen/m² wurde der Deckungsgrad geschätzt und die Fläche fotografiert. Nach Bearbeitung der Fotos mit dem Softwareprogramm Adobe Photoshop konnte mittels der Histogrammfunktion der genaue Ampferdeckungsgrad gemessen werden. Die Probenahmeflächen wurden getrennt nach Ampfer und anderer Grünmasse beerntet sowie der TS-Gehalt bestimmt. Anhand von jeweils 3 Mischproben erfolgte laboranalytisch die Untersuchung der Nährstoffkonzentrationen und weiterer Inhaltsstoffe.

Ergebnisse und Diskussion

Innerhalb der Erhebungsflächen trat Stumpfbläättriger Ampfer mit 1 bis 7 Pflanzen/m² auf. Bei einem Besatz von nur einer Pflanze/m² betrug der mittlere TM-Ertragsanteil 6,2%, bei zwei Pflanzen wurden 10,4% ermittelt. Beide Mittelwerte unterschieden sich signifikant, allerdings betrug die Spannweite in beiden Fällen über 40%. Bei Besatzstärken von 3-6 Pflanzen/m² wurden mit 15,4-16,8% jeweils ähnliche Ertragsanteile realisiert (Tab. 1).

Tab.1: Ampfer Pflanzen/m² und TM Ertragsanteile in %

Pflanzen/m ²	n=	Mittelwert*	SE	Min	Max
1	149	6,2 a	7,7	0,6	47,9
2	90	10,4 b	9,1	0,6	42,4
3	63	15,4 c	11,5	3,0	59,2
4	28	16,3 c	6,7	6,8	28,6
5	17	16,8 bc	9,7	3,6	36,3
6	11	16,9 bc	5,7	10,1	28,4
7	1	21,9	-	-	-

* unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (P=0,05 Tuckey)

Der Vergleich der relativen Abweichung der geschätzten Ampfer-Deckungsgrade vom gemessenen Wert ergab eine gute Übereinstimmung. In 94% aller Fälle war die relative Abweichung kleiner als plus minus 50%. Dabei kam es eher zu einer Überschätzung, als zu einer Unterschätzung. Im Deckungsgradbereich von 1-20% waren die Abweichungen tendenziell größer als oberhalb. Die Korrelationsanalyse (Tab.2) zeigt einen stärkeren Zusammenhang der Ertragsanteile zum Ampfer-Deckungsgrad, als zur Anzahl Pflanzen/m².

Tab.2: Korrelationen zwischen Erhebungsmethoden u. TM Ertragsanteilen

Pearson-Korr.	TM Ertrags- anteile %	Anzahl Pflanzen/m ²	DG geschätzt %
Anzahl Pflanzen/m ²	0,41	-	
DG geschätzt %	0,82	0,64	-
DG gemessen %	0,89	0,51	0,94

Steigende Ampferdichten wirkten sich tendenziell leicht positiv auf den Gesamt-TM-Ertrag der Erhebungsflächen aus, dies wird besonders bei Standort bzw. aufwuchs bezogener Betrachtungsweise deutlich, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Offenbar begünstigt ein höheres Ertragspotential Ampfer und Gras gleichermaßen. Die große Streuung der Gras-TM-Erträge (Abb. 1) zeigt neben den Einflüssen von Standort und Aufwuchs auch die Variabilität in der Zusammensetzung der Grasnarbe. Ein enger Zusammenhang wurde zwischen dem Ampfer-Deckungsgrad und den Ampfer TM-Erträgen gefunden. Bei prozentualer Betrachtungsweise bewirkte der Zuwachs von 1% Ampfer-Deckungsgrad eine Erhöhung der Ertragsanteile um 0,76%.

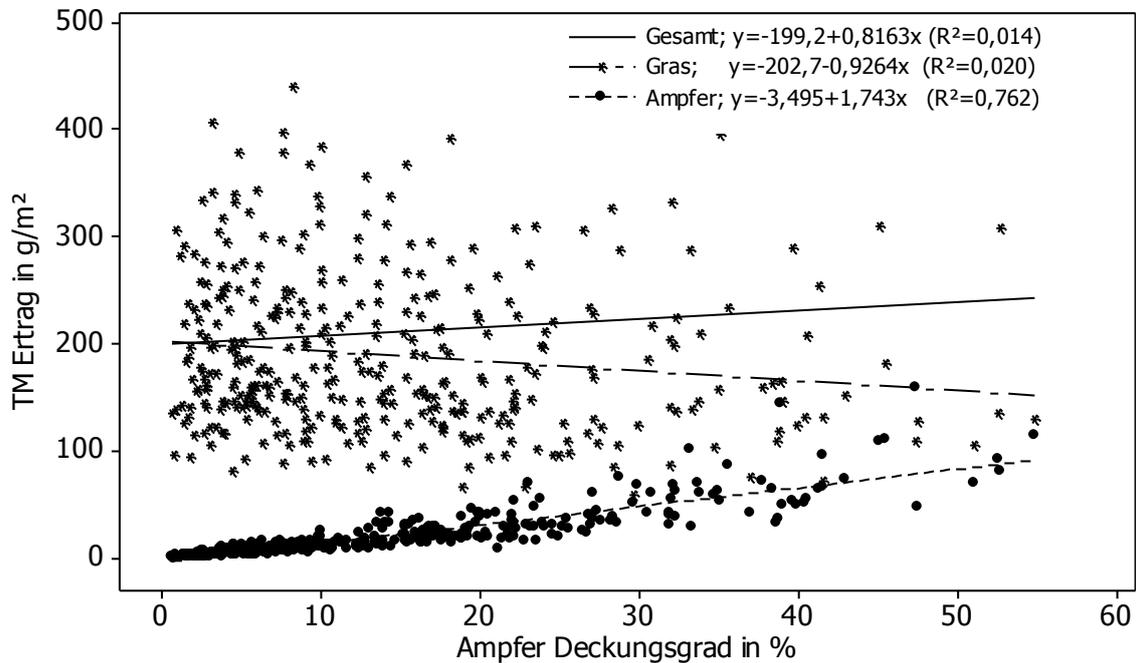


Abb. 1: Ampfer-Deckungsgrad und TM-Erträge der Erhebungsflächen, n=360

Auf den 360 Erhebungsflächen ergab sich ein mittlerer Ampfer-Deckungsgrad von 14,5%. Ein hypothetischer Ampfer-Deckungsgrad von 100% ergibt somit rechnerisch einen TM-Ertrag von 151,6 g/m², gegenüber einem TM-Ertrag von 243,5 g/m² ohne Ampferbesatz (Tab.3).

Tab.3: Mittlere FM und TM-Erträge der Erhebungsflächen, n=360

	DG \bar{x}	$\sum DG$	FM Ertrag in g/m ²	TS	TM Ertrag in g/m ²	Ertrags- index
Ampfer	14,5%	52,2 m ²	1065,3	14,2%	151,6	0,62
Gras	85,5%	307,8 m ²	1304,5	18,7%	243,5	1

Schlussfolgerungen

Die Ermittlung des Deckungsgrades ist besser als der Parameter Anzahl Pflanzen/m² geeignet die Ertragswirksamkeit von Stumpflättrigem Ampfer zu bewerten. Es wurde eine ausreichend gute Übereinstimmung zwischen geschätzten und fotoanalytisch ermittelten Deckungsgraden gefunden. Der Ampfer-Deckungsgrad korreliert eng mit den relativen Ertragsanteilen.

Die absolute Ertragsleistung von Ampfer liegt deutlich niedriger als die der umgebenden Grasnarbe. Bei einer Ampferbekämpfung mit erfolgreicher Nachsaat lässt sich dieser Unterschied positiv nutzen.

Für eine ökonomische Bewertung sind neben den vorliegenden quantitativen Erträgen auch qualitative Parameter erforderlich. Die laboranalytischen Ergebnisse lagen bei Drucklegung noch nicht vor. Aussagen zu Nettoerträgen sind somit erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich.

Literatur

- BOHNER, A. (2001): „Physiologie und futterbaulicher Wert des Ampfers“, 7. Alpenländisches Expertenforum BAL Gumpenstein, 39-44
- GEHRING, K. (2009): „Ampfer- Hauptfeind Nr. 1“, Bayr. Landw. Wochenbl. (10), 23-26
- KLEFMANN AMIS (2002): “Pasture herbicide survey, Germany 2002”, unveröffentlicht
- RIEHL, G. (2001): „Hinweise zur Unkrautregulierung“, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft u. Geologie,
www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/2411.htm, abgerufen 09.Januar 2009

Pflanzliche Artenvielfalt im heutigen Wirtschaftsgrünland – Ein Vergleich von Weiden, Mähweiden und Wiesen

H.G. Stroh, S. Kesting, J. Isselstein

Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft & Umwelt (ZLU), Georg-August-Universität Göttingen, Am Vogelsang 6, D-37075 Göttingen

Email: Hans-Georg.Stroh@agr.uni-goettingen

Einleitung und Problemstellung

Bei der vegetationskundlichen Klassifizierung des Wirtschaftsgrünlandes (Molinio-Arrhenatheretea, Arrhenatheretalia) wird die Vegetation auf der Ebene des Verbandes differenziert in Wiesen und Weiden (Cynosurion und Arrhenatherion). Das heißt, der Nutzungstyp stellt einen wesentlichen Faktor für die Artenzusammensetzung dar.

Mit dem seit einigen Jahrzehnten stattfindenden Rückgang der Grünlandarten verschwinden insbesondere die Kenn- und Indikatorarten der Grünlandvegetation. Vor diesem Hintergrund wird die Hypothese aufgestellt, dass diese Einteilung heute nicht mehr aufrechterhalten werden kann. Daran schließt sich die Fragestellung an, welche Standortausprägungen heute die verschiedenen Nutzungstypen im Hinblick auf ihre floristische Zusammensetzung charakterisieren.

Material und Methoden

Innerhalb des Landkreises Northeim, Südniedersachsen, wurden auf 240 landwirtschaftlich genutzten Grünlandflächen, die als repräsentativ für den Landkreis gelten können, vegetationskundliche Aufnahmen angefertigt. Umweltparameter zur Topographie und Bodenart wurden im Gelände erhoben, Bodenmischproben aus der Aufnahmefläche wurden im Labor zur Bestimmung des Kalium- und Phosphor-Gehaltes (CAL-Methode) analysiert sowie der pH-Wert bestimmt. Weitere Parameter wurden durch Befragung der Landwirte ermittelt.

Für die Unterschiede in der Artenzusammensetzung wurden die Gesamtartenzahl und die Evenness von allen Arten sowie von ausgewählten „Grünland-Indikatorarten“ berechnet und graphisch dargestellt. Die Auswahl der Indikatorarten erfolgte anhand einer vom Land Niedersachsen erstellten Liste zur „Ergebnisorientierten Honorierung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft“ (AUM NAU B2).

Der Zusammenhang zwischen Artenzusammensetzung, ihrer Abundanz und den Standortfaktoren wurde anhand von Gradientenanalysen (DCA, RDA) berechnet. Anhand von Varianzanalysen (ANOVA) wurden nutzungsunabhängige Umweltparameter auf signifikante Unterschiede zwischen den Nutzungstypen Weide, Mähweide und Wiese getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl bei der Gesamtartenzahl als auch bei den zugehörigen Evenness-Werten der einzelnen Vegetationsaufnahmen waren keine bzw. nur schwache Unterschiede zwischen den einzelnen Nutzungstypen feststellbar (Abb. 1).

Nur in der Analyse der Indikatorarten gab es Tendenzen zu jeweils höheren Artenzahlen bzw. Evenness-Werten bei den Weiden gegenüber Mähweiden und Wiesen. Damit können in der Tendenz die Weiden als floristisch und naturschutzfachlich höherwertig gelten als Mähweiden und Wiesen.

Auch bei den Stetigkeiten der Charakterarten zeigten sich keine Unterschiede. Die Ergebnisse sind graphisch kaum darstellbar, da viele der Kennarten, insbesondere der beiden eingangs genannten Verbände (*Cynosurion* und *Arrhenatherion*), keine hohe Stetigkeit besitzen oder die wenigen weiter verbreiteten Kennarten, wie beispielsweise *Lolium perenne*, in den Beständen beider Verbände weit verbreitet sind.

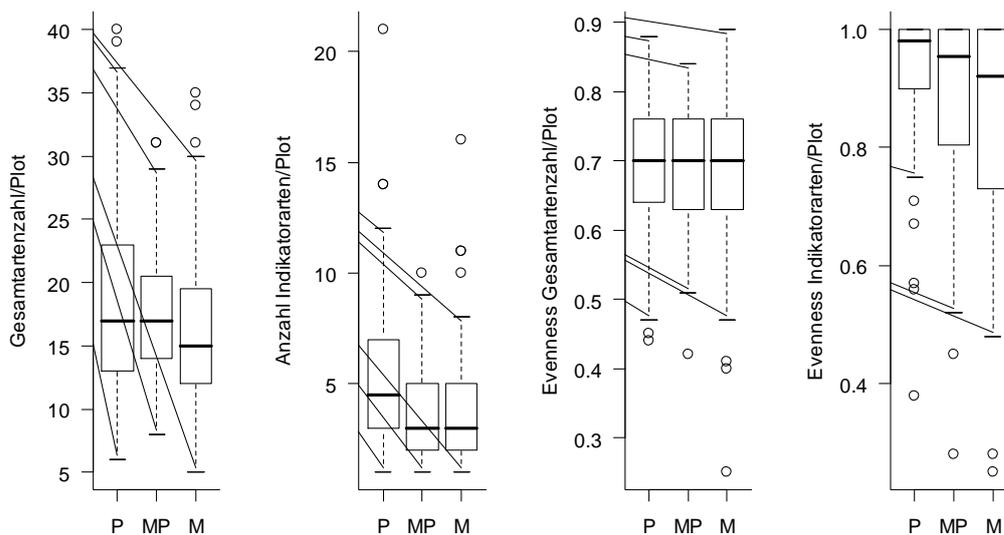


Abb. 1: Mittelwertvergleiche der Gesamtartenzahlen, Indikatorartenzahlen, sowie deren Evenness auf den drei Nutzungstypen Weide (P), Mähweide (MP) und Wiese (M)

Mit Hilfe einer indirekten Gradientenanalyse (DCA) wurde die floristische Ähnlichkeit der einzelnen Aufnahmen anhand ihrer Artenzusammensetzung und Häufigkeit (Deckungsanteil) berechnet (Abb. 2). Als Ergebnis dieses Modells zeigen sich Gruppen von Arten, die häufig gemeinsam in einzelnen Vegetationsaufnahmen auftraten Diese können als „Ökologische Gruppen“ beschrieben werden. So treten die beiden nährstoffarme Standorte anzeigenden Gräser *Agrostis capillaris* und *Anthoxanthum odoratum* häufig zusammen mit *Rumex acetosa* auf und kennzeichnen zusammen mit *Plantago*

lanceolata, *Festuca rubra* und *Trifolium pratense* die artenreicheren Bestände, am rechten Rand des Diagramms gelegen.

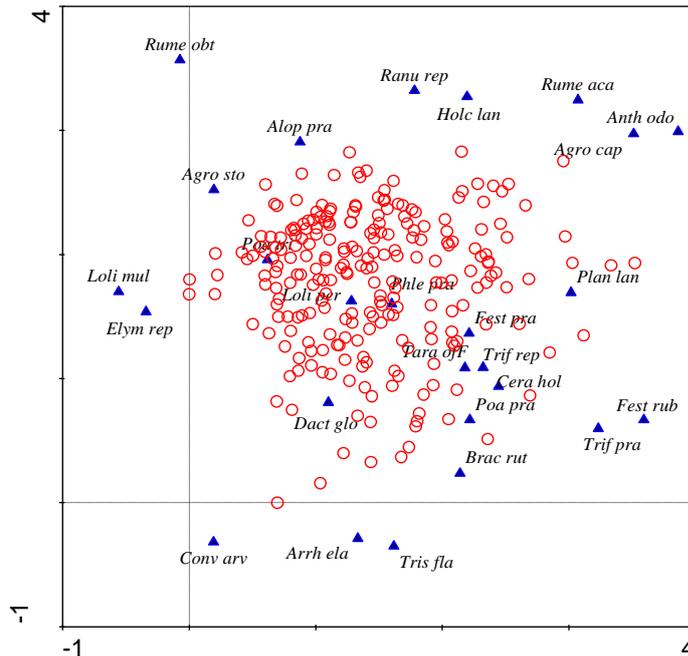


Abb. 2: Indirekte Gradientenanalyse (DCA) aller Vegetationsaufnahmen (Kreise) und Verteilung der 26 häufigsten Arten (Dreiecke)

Lolium multiflorum und *Elymus repens* kamen häufig gemeinsam in den artenärmeren Beständen vor. Insgesamt spiegelt die erste Achse der Gradientenanalyse einen Diversitätsgradienten von artenarm (links) nach artenreich (rechts) wider (Abb. 2).

Im Zentrum der Aufnahmen kommen weiter verbreitete und weniger charakteristische Arten vor, beispielsweise eine Gruppe aus *Festuca pratensis*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens* und *Cerastium holosteoides*.

Für jeden Nutzungstyp wurde mit Hilfe einer direkten Gradientenanalyse (RDA) ein Modell berechnet, das die Bedeutung bestimmter Umweltparameter für die drei Nutzungstypen Weide (P), Mähweide (MP) und Wiese (M) darstellt. Die Graphik zeigt nur die als signifikant ermittelten Umweltvariablen (Abb. 3).

In der RDA-Graphik sind durch die Pfeile die Umweltfaktoren dargestellt. Die Lage des Pfeils gibt seine Bedeutung für die Zusammensetzung der Vegetation an. Der fast parallel zur x-Achse verlaufende Pfeil des pH-Wertes weist diesen als bedeutendsten Umweltfaktor aus. Betrachtet man die Lage der Aufnahmen so erhält man ähnlich wie in der DCA-Darstellung eine sehr zentrierte Verteilung, was auf ein relativ enges Standortspektrum hinweist.

Betrachtet man die Lage der jeweiligen drei Nutzungstypen, so lässt sich hier eine relativ homogene Verteilung von Weiden, Mähweiden und Wiesen erkennen. Neben dem Artenrückgang verursachte die Intensivierung auch eine standörtliche Angleichung der Bestände.

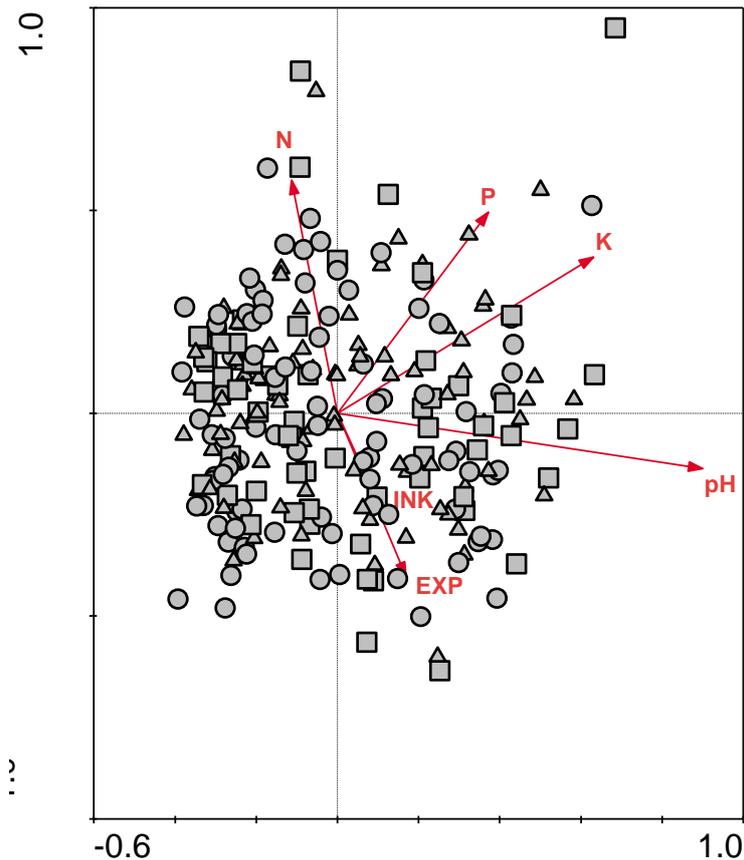


Abb. 3: RDA-Diagramm der drei Nutzungstypen (Dreiecke = Weiden, Quadrate = Mähweiden, Kreise = Wiesen) und der bestimmenden Umweltparameter pH-Wert, Kalium-, Phosphor-, Stickstoff-Gehalt, Inklination und Exposition

Die Varianzanalysen (ANOVA) zeigten, dass hinsichtlich der Umweltparameter zwischen den drei Nutzungstypen keine signifikanten Unterschiede bestehen (Tab. 1). Damit bestätigen diese Tests die Gleichverteilung der Nutzungstypen bezogen auf die Bedeutung der Umweltfaktoren. Sie bestimmen die Zusammensetzung der Grünlandvegetation insgesamt unabhängig vom jeweiligen Nutzungstyp (Abb. 3).

Nur für den Kaliumgehalt konnten signifikante Unterschiede zwischen Weiden und Wiesen sowie zwischen Mähweiden und Wiesen nachgewiesen werden (Tab. 1). Dieses Ergebnis ist durchaus zu erwarten, da durch die Exkremente der Weidetiere relativ viel Kalium zurück auf die Fläche gebracht wird.

Tab. 1: Varianzanalyse der nutzungsunabhängigen Umweltvariablen für die drei Nutzungstypen Weide (P) – Mähweide (MP) – Wiese (M)

	Mittelwert Standardabweichung	Signifikanzniveau	
pH-Wert	5.46 (± 1.0)	n.s	
Kalium [mg/100g Boden]	9.87 (± 10.1)		
	P: 11.63 (± 9.7)		P-MP: n.s
	MP: 11.62 (± 11.9)	**	P-M: *
	M: 7.36 (± 8.4)		MP-M: *
Phosphor [mg/100g Boden]	7.22 (± 5.1)	n.s	
Exposition [°]	144.9 (± 131.8)	n.s	
Inklination [°]	3.45 (± 4.6)	n.s	

Schlussfolgerungen

Eine floristisch begründete Differenzierung des heutigen Grünlandes in beweidete und gemähte Bestände ist in dieser Untersuchung nicht nachweisbar. Auch im Hinblick auf standörtliche Parameter und ihrem Zusammenhang mit der Vegetationsdecke lassen sich kaum Unterschiede zwischen den Nutzungstypen nachweisen.

Es erscheint daher notwendig, auf verschiedenen räumlichen Skalen zu arbeiten, um die eingangs genannten Hypothesen zu möglichen floristischen und standörtlichen Unterschieden zwischen diesen Nutzungstypen zu verifizieren und ihre Biodiversitätsmuster zu analysieren.

Langfristige Auswirkungen der Schnittgutabfuhr auf Pflanzenbestand und Aufwuchsmenge einer ungedüngten Glatthaferwiese

U. Thumm

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland,
Fruwirthstr. 23, 70593 Stuttgart

Email: thumm@uni-hohenheim.de

Einleitung und Problemstellung

In der Diskussion um Offenhaltung nicht mehr landwirtschaftlich genutzter Grünlandflächen stellt sich immer wieder die Frage der Notwendigkeit einer Schnittgutabfuhr um die floristische und faunistische Vielfalt zu erhalten. Im Rahmen der schon über 30 Jahre laufenden Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg wird der Einfluss verschiedener Mulchtermine intensiv untersucht (SCHREIBER, 2006). Hierbei hat sich ergeben, dass durch zwei Mulchschnitte pro Jahr der ursprüngliche Wiesencharakter am besten erhalten werden konnte. Es konnten sich auch lichtbedürftige Kräuterarten in den Beständen halten, während bei nur einmaligem Mulchen meist die Gräser stärker dominierten.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen aus den Offenhaltungsversuchen in Großparzellen ohne Wiederholungen sollte in einem Exaktversuch die Frage des Einflusses des Schnittguts auf die Biomassebildung und die botanische Zusammensetzung eines Extensivgrünlandbestands überprüft werden.

Material und Methoden

Im Jahr 1990 wurde auf der Versuchstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim bei Renningen (460 m über NN, 8,3°C mittlere Jahrestemperatur, 688 mm Niederschlag im langjährigen Mittel) ein Versuchsvorhaben zur Frage des Schnittguteinflusses auf einer Dauergrünlandfläche (Pelosol-Pseudogley, 45 Bodenpunkte) begonnen. Aufgrund der Standortsbedingungen und der bisherigen Nutzungsweise hatte sich dort eine typische Glatthaferwiese entwickelt. Folgende Varianten wurden untersucht: I. 2-Schnittwiese mit Abfuhr des Schnittguts, II. 2 Mulchschnitte pro Jahr (Schlegelmulcher) und III. eine hier nicht weiter dargestellte Sukzessionsvariante. Auf Düngung wurde verzichtet. Als Versuchsdesign wurde eine 4-fach wiederholte Blockanlage gewählt. Die Parzellengröße betrug 70 m².

Zur Bestandserfassung wurde eine Ertragsanteilsschätzung nach KLAPP/STÄHLIN durchgeführt. Der Ertrag wurde durch Beerntung einer Teilfläche mit einem Grünfuttermollernter erfasst. Mittlere Zeigerwerte (nach ELLENBERG *et al.*, 1992) wurden qualitativ errechnet. Es erfolgte eine varianzanalytische Auswertung der Daten, Prüfung auf Signifikanz mittels F-Test.

Ergebnisse und Diskussion

Der Durchschnittsertrag lag mit $36,5 \text{ dt TM ha}^{-1}$ in den vergangenen 10 Jahren, als Konsequenz der schon seit mehr als 30 Jahre ausbleibenden Düngung, relativ niedrig (Abb. 1). Aufgrund von Witterungsschwankungen variierten die Erträge in den Einzeljahren stark. Besonders in Trockenphasen wurde die Biomassebildung an diesem Standort stark begrenzt. Eine langfristige Tendenz zu steigenden oder fallenden Erträgen lässt sich aus den Daten nicht ableiten. Obwohl in den letzten 10 Jahren in den Mulchvarianten stets ein geringfügiger Mehrertrag ermittelt werden konnte, ist ein Unterschied zwischen den Varianten statistisch nicht abzuschließen. Daher lassen sich aus den Erträgen keine Anzeichen für eine Eutrophierung durch fehlende Schnittgutabfuhr in der Mulchvariante ableiten.

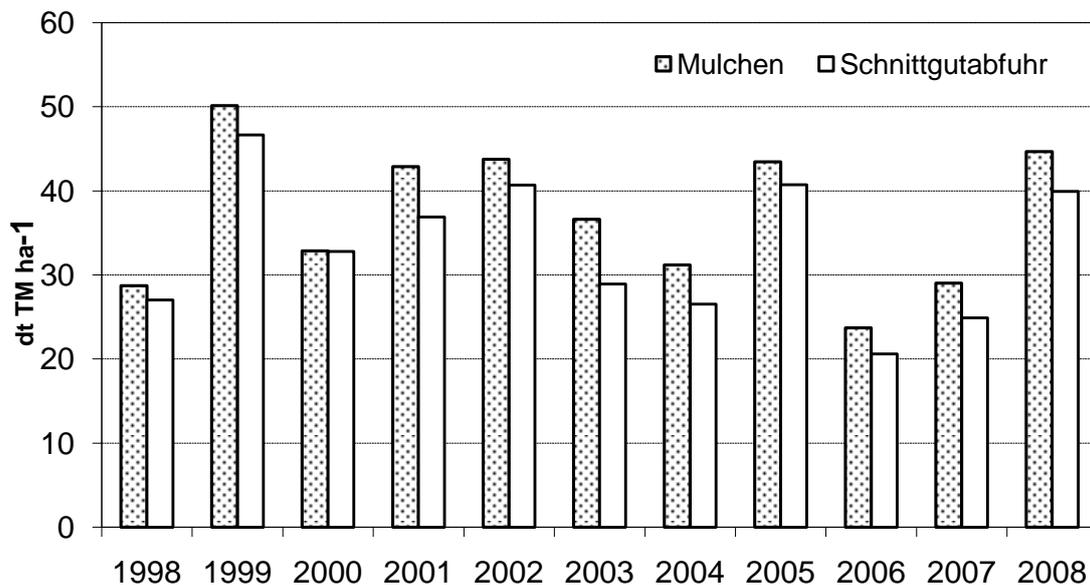


Abb. 1: Trockenmasseertrag pro Jahr (keine signifikanten Unterschiede zwischen Varianten, $p=0,05$)

Nach Untersuchungen von BRAUCKMANN (2002) sind bei 2-maligem Mulchen im Boden hohe Regenwurmabundanzen zu beobachten, zusammen mit einer hohen biologischen Aktivität (BROLL, 1996) führt dies zu einem schnellen Abbau der Biomasse ohne Ausbildung einer Streuschicht. Diese Umsetzungsprozesse scheinen von ausgeprägteren gasförmigen N-Verlusten begleitet zu sein, als dies in spät oder nicht gemulchten Flächen der Fall ist (SCHREIBER, 2006).

In Abb. 2 sind die Ertragsanteile in den Beständen nach 19-jähriger Versuchsdauer dargestellt. Auch hier ergeben sich keine wesentlichen Veränderungen der Bestandszusammensetzung unter dem Einfluss der Behandlungen. Nur in der Variante mit Schnittgutabfuhr sind im Vergleich zur Mulchvariante signifikant höhere Leguminosenanteile zu beobachten. Besonders *Trifolium pratense* kann hier größere Anteile einnehmen. Bei Mulchschnitt sind hochwüchsige Kräuter wie z. B. *Crepis biennis* und *Rumex acetosa* etwas stärker vertreten, während bei Schnittgutabfuhr Arten wie

Plantago lanceolata, *Taraxacum officinale* und *Trifolium repens* vermehrt zu beobachten sind.

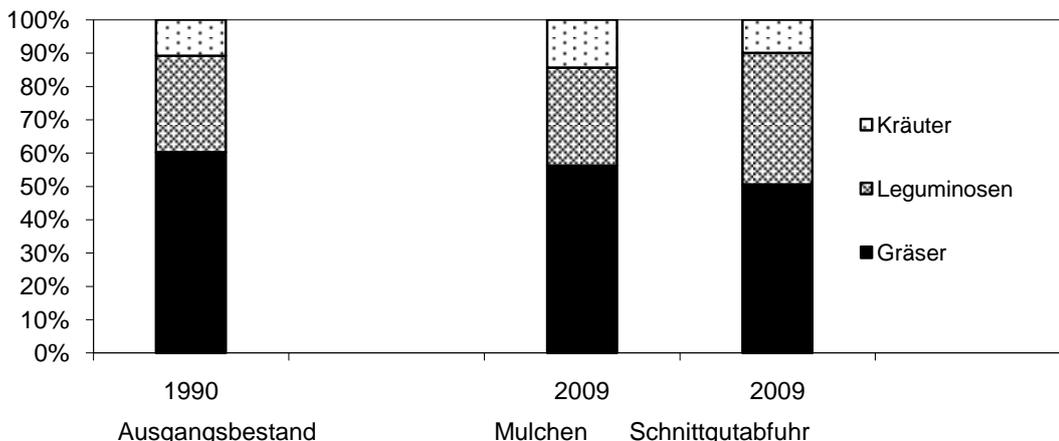


Abb. 2: Ertragsanteile der Artengruppen (Gräser, Leguminosen, sonstige Kräuter) im Ausgangsbestand (1990) und im 1. Aufwuchs 2009 (nur die Leguminosenanteile 2009 unterscheiden sich signifikant, $p=0,05$).

Die Behandlungen führten nicht dazu, dass sich Arten mit unterschiedlichen ökologischen Ansprüchen etablieren. Die in Abb. 3 dargestellten mittleren Zeigerwerte im 1. Aufwuchs 2009 geben keine Hinweise auf unterschiedliche Nährstoff-, Feuchte-, Licht- und Temperaturverhältnisse. Auch die mittlere Artenzahl ist mit 21,7 bei beiden Varianten gleich und hat sich nicht wesentlich seit Versuchbeginn verändert.

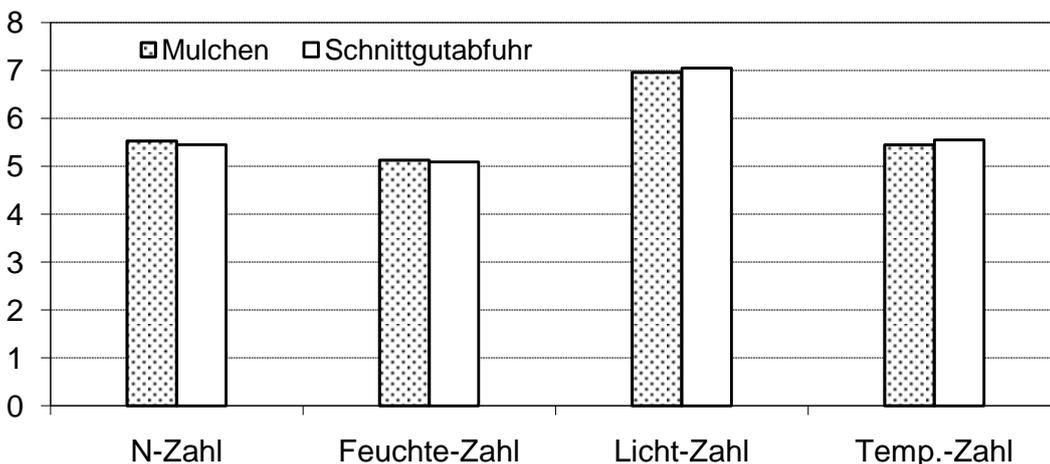


Abb. 3: Mittlere Zeigerwerte nach Ellenberg et al. (1992). 1. Aufwuchs 2009. (keine signifikanten Unterschiede zwischen Varianten, $p=0,05$).

Es ist zu erwarten, dass die höheren Leguminosenanteilen in der Variante mit Abfuhr des Schnittgutes auch zu einer höheren Stickstofffixierungsrate führte. Damit liegt nahe, dass die Leguminosen hier vermehrt zur Nährstoffversorgung

beitragen und somit den direkten Nährstoffrückfluss in den Mulchvarianten teilweise ausgleichen können. Solange kein Mangel in der Grundnährstoffversorgung das Leguminosenwachstum begrenzt, kann dieser Effekt auch als Erklärung für die geringen Unterschiede zwischen den Varianten mit herangezogen werden.

Schlussfolgerungen

Auf typischen Glatthaferwiesenstandorten mit günstigen Bedingungen für die Umsetzung des Schnittguts führt ein 2-maliger Mulchschnitt pro Jahr langfristig zu keiner wesentlichen Veränderung der botanischen Zusammensetzung im Vergleich zu einer klassischen 2-Schnittnutzung mit Entfernung des Schnittgutes. Auch der TM-Ertrag wird durch den fehlenden Nährstoffentzug bei Mulchschnitt nicht signifikant erhöht.

Aus anderen Untersuchungen unter vergleichbaren Standortbedingungen kann abgeleitet werden, dass sich bei nur einem späten Mulchschnitt grasreichere artenärmere Bestände entwickeln und das Ziel der Erhaltung einer typischen Glatthaferwiesen-Vegetation nicht erreicht werden kann.

Literatur

- BRAUKMANN, H.-J. (2002): Regenwurmzönosen in südwestdeutschen Grünlandbrachen. *Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie Münster* Bd. 10, 121 S.
- BROLL, G. (1996): Einfluß von Extensivierung und Flächenstillegung auf bodenökologische Prozesse. Ein Beispiel zur Bedeutung der Bodenökologie für die angewandte Landschaftsökologie. *Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie Münster* Bd. 2, 331–344.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. erweit. Aufl. Goltze, Göttingen.
- SCHREIBER, K.-F. (2006): Langjährige Entwicklung brachgefallener Grasländer in Südwestdeutschland bei verschiedenem Management. *Rundgespräche der Kommission für Ökologie*, Bd. 31 Gräser und Grasland, 111-134.