

Mitteilungen der  
Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau  
Band 12



**Nachhaltigkeit in der  
intensiven  
Futtererzeugung**

**55. Jahrestagung der AGGF  
vom 25. bis 27. August 2011  
in Oldenburg (Nds.)**

# **Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung**

**Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau - Band 12**

**Referate und Poster der 55. Jahrestagung  
der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau  
der Gesellschaft für Pflanzenwissenschaften**

**Herausgeber: C. Kalzendorf und G. Riehl**

**Druck: Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
ISBN: 978-3-00-035393-2**

## Vorwort

Auf Einladung der Landwirtschaftskammer Niedersachsen fand die 55. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland- und Futterbau (AGGF) der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. vom 25. bis 27. August 2011 nach 8 Jahren wieder einmal in Niedersachsen statt.

Das Schwerpunktthema der diesjährigen Tagung lautete "Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung". Damit wurde eine Thematik aufgegriffen, die in den letzten Jahren immer mehr Aktualität und Bedeutung in unserer Arbeit gewonnen hat und auch weiterhin aufgrund der aktuellen Diskussionen zu den erneuerbaren Energien behalten wird.

Zunächst wurden im Rahmen von Plenarvorträgen Möglichkeiten für eine nachhaltige Intensivierung der Futterproduktion zur Milcherzeugung vorgestellt und Zielkonflikte sowie Möglichkeiten und Grenzen für die Zukunft aufgezeigt. In einem anschließenden Workshop wurde die Prozesskette im Grünland von der Futtererzeugung über die Nutzung als Weide oder Konservierung zur Silage bis hin zur Wertschöpfungskette Milch vorgestellt. Ziel war es, die Chancen des Grünlands zu analysieren, indem einerseits der Produktionsaspekt des Grünlands klar herausgestellt wurde, andererseits aber auch die sich ändernden ökonomischen Rahmenbedingungen betrachtet wurden. Diese haben zur Folge, dass das Grünland als Futterlieferant wieder an Bedeutung gewinnen wird.

Daneben gab es folgende thematisch zugeordnete Postersektionen, in denen aktuelle Ergebnisse der Futterbauforschung präsentiert wurden:

- Intensive Futtererzeugung
- Biogasproduktion
- Futterqualität und Pflanzenbestand
- Weide

Insgesamt wurden 36 wissenschaftliche Beiträge präsentiert. Der vorliegende Tagungsband stellt somit eine gute Übersicht über den aktuellen Stand der Forschungstätigkeit im Bereich der Futterbau- und Grünlandwirtschaft dar.

Eine halbtägige Exkursion führte zu einem auf Grasbasis betriebenen Biogasbetrieb im Ammerland und auf einem Grünlandbetrieb in Detern, der überwiegend auf Moorflächen wirtschaftet und auf dem auch Versuche der LWK Niedersachsen zur Mooreignung von Gräserarten liegen. Eine ganztägige Exkursion gab interessante Einblicke in die unterschiedlichen Betriebsstrategien von zwei Milchviehbetrieben sowie das Konzept eines Ökobetriebs mit Milchkühen und Hofladen in Stadtnähe zu Bremen, bei dessen Bewirtschaftung Naturschutzgesichtspunkte eine große Rolle spielen.

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 unterstützten.

Jürgen Otzen  
Direktor der Landwirtschaftskammer  
Niedersachsen

Dr. Gerhard Riehl  
Leiter der Arbeitsgemeinschaft  
Grünland und Futterbau

Wir bedanken uns bei den folgenden Sponsoren für ihre Unterstützung bei der Tagung:



# Inhaltsverzeichnis

Seite

## Vorträge

<b>Nachhaltige Intensivierung der Futterproduktion zur Milcherzeugung</b> F. Taube, A. Herrmann, M. Gierus, R. Loges, P. Schönbach	13
<b>Futterbau in Niedersachsen im Spannungsfeld zwischen Produktionsfunktionen und landwirtschaftlichökologischen Funktionen</b> J. Isselstein, M. Benke, G. Lange, M. Kayser	30
<b>Spezielle Futterqualität von Grünland</b> M. Gierus	45
<b>Effiziente Futterkonservierung für Milchkühe</b> H. Nußbaum	50
<b>Effiziente Nutzung von Weide und Grünfutterkonservaten mit Milchkühen</b> H. Spiekers, T. Ettle, M. Moosmeyer, S. Steinberger	53
<b>Der Klimawandel als Herausforderung für die Wertschöpfungskette der Milchwirtschaft am Beispiel Nordwest-Niedersachsens</b> M. Mesterharm	63
 <b><u>Postersektion I: Intensive Futtererzeugung, neue Techniken</u></b>	
<b>Versuchsergebnisse zur Wirkung unterschiedlicher Grünlanddüngung auf Ertrag, Futterqualität, N-Bilanz und Nitratkonzentration des Sickerwassers</b> M. Diepolder, S. Raschbacher	66
<b>Störungsfreie Erfassung von Biomassen in Leguminosen/Gras-Beständen mit einem Ultraschallsensor</b> T. Fricke, F. Richter, M. Wachendorf	73
<b>Nachhaltige Intensivierung von Ansaatwiesen</b> W. Hengartner	79
<b>Leistungen verschiedener Ansaatmischungen für Grünland im Vergleich</b> H. Jänicke, H. Czyz, T. Kitczak, M. Bury, A. Sarnowski	85
<b>Ertragserfassung als Voraussetzung für eine effiziente Grünlandnutzung</b> B. Köhler, H. Spiekers, M. Diepolder, S. Thurner	92
<b>Stickstoffdüngung durch Injektion als Ergänzung zu Rindergülle auf Grünland</b> G. Lange, A. Huntgeburth	99

**Grundfutterleistungen ökologisch wirtschaftender Milchviehbetriebe und deren Relation zu Betriebsstruktur und Intensität** 105  
W. Sweers, L. Dittmann, A. Tichter, J. Müller

**Optionen des Anbaus von trockenheitsverträglichen Gras-Leguminosen-Gemengen auf diluvialen Grenzstandorten Nordostdeutschland** 111  
A. Titze, J. Müller

**Leistungspotential von Wiesenlieschgras (*Phleum pratense* L.) und Wiesenschweidel (*Festulolium*) im Vergleich zu Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) in Schleswig-Holstein** 117  
D. Tobi, A. Herrmann, M. Gierus, F. Taube

### **Postersektion II: Biogasproduktion**

**Galega orientalis – eine alternative Dauerkultur als Futterpflanze und Substrat zur Biogaserzeugung** 122  
I. Bull, C. Gienapp, D. Wiedow, J. Burgstaler

**Energiebilanz im Lebenszyklus der Biogasproduktion aus Energiepflanzen Unter den Anbaubedingungen Schleswig-Holsteins** 128  
S. Claus, B. Wienforth, K. Sieling, H. Kage, F. Taube, A. Herrmann

**Ertragsleistung, Futterwert und Gasbildungspotential von Blümmischungen - Ergebnisauszug aus Interreg IVb – Projekt „enercoast“** 134  
C. Kalzendorf

**Ertrag von mehrschnittigem Ackerfutter im Energiepflanzenanbau in Abhängigkeit vom Alter der Pflanzenbestände** 140  
K. Schmalzer, G. Barthelmes

**Deutsches Weidelgras in der Biogasproduktion: Beeinflussung des Methanertrages durch Reifegruppe und Schnittregime** 147  
A. Techow, R. Quakernack, A. Pacholski, H. Kage, F. Taube, A. Herrmann

**Einfluss von Winterzwischenfrüchten auf die Ertragsleistung von Mais- und Sorghumkulturen in Schleswig-Holstein** 152  
R. Wulfes, H. Ott, R. Hünerjäger

### **Postersektion III: Futterqualität und Pflanzenbestand**

**Einfluss der Silierung auf den Gehalt an Pyrrolizidinalkaloiden von *Senecio jacobaea* in Abhängigkeit vom Seneciogehalt im Siliergut** 159  
C. Berendonk, K. Hünting

**Produktivität und Futterqualität von naturnahem Grünland unterschiedlicher Funktioneller Diversität unter verschiedener Bewirtschaftungsintensität** 163  
T. From, U. Petersen, J. Isselstein

<b>Eindämmung der Sporenpflanze Sumpfschachtelhalm (Equisetum palustre) auf wechselfeuchtem Wirtschaftsgrünland</b> G. Lange, C. Weil	<b>169</b>
<b>Einfluss des Konservierungsverfahrens auf den Palustringehalt im Grundfutter von Grünland mit hohem Anteil Sumpfschachtelhalm (Equisetum palustre)</b> G. Lange	<b>174</b>
<b>Ermittlung der Schnittverträglichkeit von Juncus effusus im Gefäßversuch</b> J. Müller, M. Kayser, T. Husemann	<b>179</b>
<b>Tanninhaltige Pflanzenextrakte und ihre Proteinausfällungskapazität in vitro</b> M. Schweigmann, M. Gierus	<b>185</b>
<b>Variabilität der Morphologie und Schwarzrost-Anfälligkeit von Ökotypen des Deutschen Weidelgrases aus Schleswig-Holstein</b> H. Schuch, B. Ingwersen, K. Beckmann, J. Pons-Kühnemann, M. Hasler, F. Taube, A. Herrmann	<b>191</b>
<b>Einfluss von Ofen- bzw. Gefriertrocknung auf die Rohproteinfraktionen von Rotklee und Zusammenhänge mit der spezifischen Polyphenoloxidase-Aktivität</b> N. Weiher, M. Krawutschke, M. Gierus, F. Taube	<b>197</b>
 <b><u>Postersektion IV: Weide</u></b>	
<b>Untersuchungen zur Wirkung von Mutterkuhmist sowie von Maßnahmen Zur Entfernung von Weideresten auf einer Pferdeweide</b> H. Alaid, H. Giebelhausen, H. Hochberg	<b>203</b>
<b>Effekte von Beweidungsintensität und Grasnarbenstruktur auf Diversität und Abundanz von Heuschrecken (Orthoptera)</b> J. S. Jerrentrup, N. Wrage, J. Isselstein	<b>209</b>
<b>Nachkommenvergleich von HF-Bullen unterschiedlicher Populationen in Weidebetrieben im Zeitraum 2010 – 2021</b> E. Leisen, U. König-v. Borstel, S. König	<b>214</b>
<b>Wirtschaftlichkeit ökologischer Milchviehhaltung bei unterschiedlichem Weideumfang – 5-jährige Auswertung</b> E. Leisen, T. Rieger	<b>217</b>
<b>Futterwirtschaftliche Situation im Naturschutzgebiet Güstrow-Bockhorst bei Beginn einer ganzjährigen extensiven Beweidung</b> R. Schönfeld-Bockholt, M. Dietze, A. Franke	<b>222</b>
<b>Einfluss der Beweidungsintensität auf die Tierleistung und die Entwicklung der Pflanzlichen Diversität auf einer Rinderstandweide</b> N. Wrage, K.-U. Röver, N. Sahin-Demirbag, M. Hofmann, J. Isselstein	<b>229</b>

# Nachhaltige Intensivierung der Futterproduktion zur Milcherzeugung

Friedhelm Taube, Antje Herrmann, Martin Gierus, Ralf Loges und Philipp Schönbach  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel

## 1. Einleitung und Problemstellung

Das norddeutsche Tiefland als Gunststandort landwirtschaftlicher Produktion dokumentiert derzeit geradezu brennglasartig die zunehmenden globalen Nutzungskonkurrenzen um landwirtschaftliche Flächen. So führen weltweit steigende Preise für landwirtschaftliche Rohstoffe (Getreide, Milch) und die politisch induzierte Flächennachfrage (Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)) für den Anbau nachwachsender Rohstoffe (Maisanbau für Biogasanlagen) in Verbindung mit den steigenden Flächenansprüchen für Infrastrukturmaßnahmen (Flächenverbrauch in Deutschland: ca. 100 ha/Tag) und Naturschutz zu einer erheblichen Verschärfung der Flächenkonkurrenz. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Landnutzungsintensitäten insbesondere für die Grünlandwirtschaft und den Futterbau zur Milcherzeugung gerechtfertigt sind und wie dies zu begründen ist. Im folgenden Beitrag wird versucht, die eingangs gestellten Fragen mit Blick auf die globale Bedeutung des Grünlandes und seiner Ökosystemfunktionen sowie die global zunehmende Nachfrage nach Nahrungsmitteln tierischer Herkunft zu diskutieren, und entsprechende Lösungsansätze zu skizzieren.

## 2. Nachhaltige Intensivierung - Paradigmenwechsel der Intensitäten im Futterbau

Ein Rückblick auf die Generalthemen der EGF (European Grassland Federation), der europäischen Dachorganisation der Futterbau- und Grünlandforschung, in den vergangenen 10 Jahren macht deutlich, dass das wissenschaftliche und gesellschaftliche Paradigma zur optimalen Intensität im Futterbau einen deutlichen Wandel anzeigt. Seit den 1990er Jahren standen vorwiegend Ökosystemfunktionen jenseits der Produktionsfunktion im Mittelpunkt dieser Konferenzen (z. B. 2002, Luzern: „Multi function grasslands – quality forages, animal products and landscapes; 2008, Uppsala: „Biodiversity and animal feed – future challenges for grassland production“). Dagegen zeigt das Generalthema der EGF 2010 in Kiel in eine andere Richtung („Grassland and Globalisation“). Offensichtlich rückt die Produktionsfunktion des Grünlandes und der Futterbauflächen aufgrund der weltweit steigenden Nachfrage nach Futter wieder zunehmend in den Focus. Dies lässt sich auch aus der internationalen Literatur



zur optimalen Landnutzungsintensität in den letzten 2 Jahren ablesen. Während in Europa bis vor kurzem Extensivierungs- und Flächenstilllegungsprogramme Ausdruck von Überfluss an landwirtschaftlichen Nutzflächen waren, die auch in der personellen Reduktion der Agrarforschung an den Universitäten ihren Niederschlag fanden, weisen neuerdings die zukünftigen Herausforderungen einer wachsenden und kaufkräftigen Weltbevölkerung und die Herausforderungen des Klimawandels einen Weg, der die Bedeutung der Agrarforschung im Allgemeinen und der Futterbauforschung im Besonderen herausstellt. So publizierte das Standing Committee on Agricultural Research (SCAR) im Jahr 2009 eine Studie mit dem Titel „New challenges for Agricultural research: Climate change, food security, rural development, agricultural knowledge systems“ und kreierte den Begriff „Knowledge based Bio-Economy“ (SCAR, 2009). Dieser Begriff wurde als Bio-Ökonomie inzwischen in Deutschland übernommen und formuliert namentlich als BioÖkonomierat Deutschland (2010) entsprechende Ziele. Der Begriff „Nachhaltige Intensivierung“ wurde ebenfalls im Jahr 2009 erstmals formuliert „Reaping the benefits – Science and the sustainable intensification of global agriculture“ (THE ROYAL SOCIETY, 2009) und im Jahr 2010 in einem „Special Issue Food Security“ des Wissenschaftsjournals Science genauer definiert. Danach bedeutet „nachhaltige Intensivierung“, mehr Nahrungs- und Futtermittel auf den bestehenden weltweiten landwirtschaftlichen Nutzflächen zu produzieren und gleichzeitig die Umweltbelastungen zu reduzieren. Für die Futterproduktion bedeutet dies, eine weltweite Nachfrageverdopplung bis zum Jahr 2050 zu befriedigen (FAO, 2009).

Die Autoren der Science Studie weisen darauf hin, dass diese zusätzliche Nachfrage auf der Basis einer bedarfsgerechten Ernährung kalkuliert ist und verweisen gleichzeitig darauf, dass diese Herausforderungen auch Veränderungen in den Konsumgewohnheiten der industrialisierten Länder einschließen. „The double burden of malnutrition“ beschreibt zum einen die Tatsache, dass Über- (Industrienationen) und Unterernährung (Entwicklungsländer) weltweit mit jeweils mehr als einer Milliarde Menschen ein ethisch wie volkswirtschaftlich relevantes Problem darstellt. Zum anderen schließt diese Formulierung die Tatsache ein, dass sowohl in den so genannten Entwicklungsländern als auch in den Industrienationen etwa 30-40% der produzierten Nahrungsmittel nicht verzehrt werden. Während die Ursache in den Entwicklungsländern in mangelnder Infrastruktur (Transport- und Lagerkapazitäten) zu suchen ist, wird in den Industrienationen ein entsprechender Anteil „waste“ („Abfall“) als Ursache angeführt (GODFRAY ET AL., 2010). Zusammenfassend kann daraus abgeleitet werden, dass die Agrarforschung, trotz allen technischen Fortschritts, kaum allein in der Lage sein wird diese Herausforderungen zu lösen, sondern dass Veränderungen gesellschaftlicher Verhaltensmuster in den Industrienationen eine weitere Voraussetzung darstellen dürften.

Was bedeuten diese Herausforderungen für das Grünland weltweit?

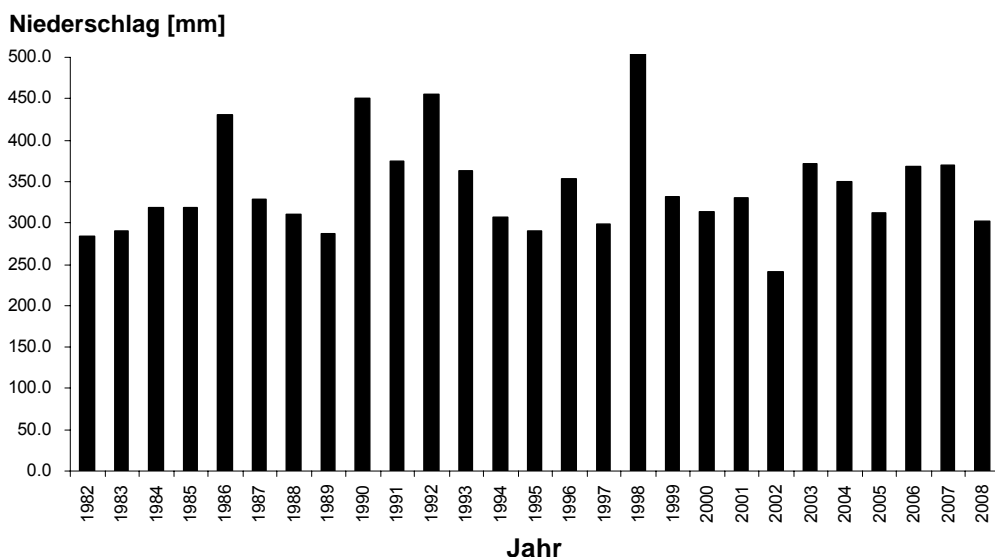
Die Umwandlung von Futterenergie in Nahrungsmittel ist bei der Rindfleischerzeugung im Vergleich zur Erzeugung von Schweine- oder Geflügelfleisch deutlich ungünstiger zu bewerten. Allerdings liegt der spezifische Vorteil der Futtererzeugung für Wiederkäuer darin, dass absolutes Grünland, also Grünlandflächen, die aus ökologischen und ökonomischen Gründen nicht als Acker genutzt werden können und somit keine Konkurrenz zur weltweit knappen Ackerfläche darstellen, als Futterbasis genutzt werden können. Im globalen Kontext gesehen ist dies bei weitem die bedeutendste Ressource landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN). Laut FAO (2006) sind mehr als 70% der weltweiten Agrarflächen unter Grünlandnutzung. Der Grünlandanteil in Mitteleuropa (~30% der LN) ist somit im weltweiten Vergleich als niedrig einzustufen. Global sind vielmehr die zumeist durch Wassermangel von der Ackernutzung ausgeschlossenen ariden und semi-ariden Graslandökosysteme, wie die eurasische Steppe oder die südamerikanische Pampa, die sich insgesamt durch eine vergleichsweise geringe Produktivität auszeichnen, jedoch bezüglich weiterer Ökosystemfunktionen von großer weltweiter Bedeutung sind, hervorzuheben. Zum Einen sind diese Biome weltweite „hotspots“ der Biodiversität, zum Anderen spielen die Böden dieser Grünlandbiome mit über 40% der globalen Bodenkohlenstoffvorräte eine wichtige Rolle als Kohlenstoffdioxidsenke und somit in der Vermeidung von THG-Emissionen.

### **3. Bedrohung des weltweiten Grünlandes**

„Grasslands under Threat“ („Bedrohtes Grünland“) titelte eine FAO-Studie im Jahr 2010 (FAO, 2010) und machte damit auf den Umstand aufmerksam, dass sich im letzten Jahrzehnt ein weltweiter Landnutzungswandel zuungunsten des Grünlandes verschärft hat, wobei insbesondere die eurasische Steppe sowie die südamerikanischen Grünlandbiome Cerrado, Campos und Pampa im Focus stehen. Dieser Landnutzungswandel in entfernten Kontinenten übt durch die globalen Warenströme von Futtermittelkomponenten (z. B. Soja) einen direkten Einfluss auf die Einordnung einer „nachhaltige Intensivierung“ der Futterproduktion in Norddeutschland aus. Ein Problem der quantitativen Einordnung dieses weltweiten Landnutzungswandels ist die vergleichsweise unsichere Datenbasis bezüglich des Terminus „Grünland“, der nicht auf allen Kontinenten im selben Kontext gebraucht wird. Aufgrund eigener Erfahrungen und Forschungsarbeiten in Steppengebieten der Inneren Mongolei, China, und einer guten Quellenverfügbarkeit bezüglich der südamerikanischen Grünlandbiome, soll an zwei Fallbeispielen die dortige Situation näher beleuchtet werden.

### Steppengebiete der Inneren Mongolei (China)

Die Steppengebiete der Inneren Mongolei sind Teil der eurasischen Steppe und durch ein semi-arides Klima mit Niederschlagssummen zwischen 250 und 350 mm/Jahr geprägt (Abb. 1). Diese durch die perennierenden C3-Gräser *Leymus chinensis* und *Stipa grandis* geprägten Ökosysteme sind vergleichsweise sensitiv gegen Überbeweidung. Nicht-angepasste Weidestrategien und zu hohe Besatzdichten führen in diesen Gebieten zu einer raschen Abnahme der Bodenbedeckung und somit der Produktivität. Damit ist auch eine erhöhte Erosionsgefährdung verbunden, die schließlich Desertifikationsprozesse induziert. Heute gelten bereits rund 70% der eurasischen Steppe aufgrund von Überweidung als degradiert und dadurch in ihrer Funktionalität als eingeschränkt (verminderte primäre und sekundäre Produktivität, Abbau der Bodenkohlenstoffvorräte, Verlust an botanischer Diversität und an Habitatstrukturen).

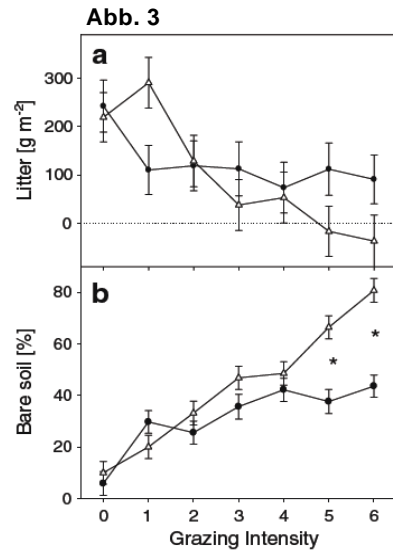
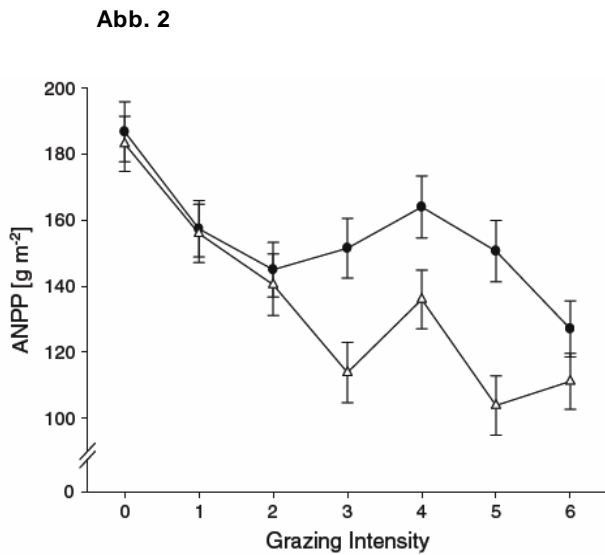


**Abb. 1:** Jährliche Niederschlagssummen 1982-2008 (Messwerte von IMGERS, Inner Mongolia Ecosystem Research Station).

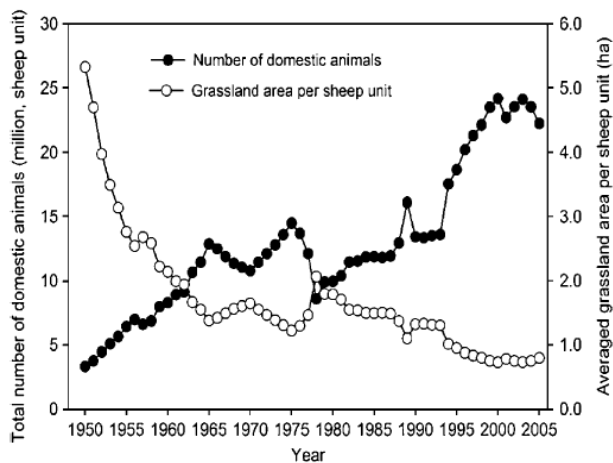
Im Rahmen der DFG Forschergruppe 536 (MAGIM, MAtter Fluxes of Grasslands in Inner Mongolia) untersuchten Wissenschaftler verschiedener deutscher Einrichtungen gemeinsam mit chinesischen Kollegen die Prozesse der Degradierung dieses Steppenökosystems. Der Schwerpunkt in der angewandten Forschungsarbeit lag auf der Untersuchung einer optimierten Grünlandnutzung. Zielvorgabe dabei war sowohl die Produktivität der Bestände zu sichern bzw. zu erhöhen, als auch negative ökologische Auswirkungen zu vermeiden („nachhaltige Intensivierung“). Dabei galt es die Hypothese zu prüfen, inwieweit ein jährlicher Wechsel zwischen Heu- und Weidenutzung (Mixed System) auf derselben Fläche, Vorteile im Vergleich zum derzeit vorherrschenden System einer permanenten räumlichen Trennung

von Weide- und Heunutzung (Traditional System) bietet. Die Potentiale des „Mixed Systems“ im Sinne einer nachhaltigen Intensivierung wurden über einen weiten Gradienten von Beweidungsintensitäten (unbeweidet bis extrem überweidet, siehe SCHÖNBACH ET AL. 2011) überprüft. Beim Vergleich der Systeme zeigte sich zum Einen, dass das „Mixed System“ insbesondere bei hohen Besatzstärken deutlich produktiver ist als das „Traditional System“ (Abb. 2) und zum Anderen, dass die Ökosystemfunktionen (Erosion; Degradierung der Bestandeszusammensetzung) im „Mixed System“ deutlich weniger beeinträchtigt sind (Abb. 3) (SCHÖNBACH ET AL. 2011, WAN ET AL. 2011). Diese zentralen Erkenntnisse wurden an die Provinzregierung weitergeleitet und führten kurzzeitig zu einer Modifikation der Landnutzung im vorgeschlagenen Sinne. Inzwischen zeichnen sich jedoch deutlich andere Tendenzen in der Landnutzung dieser Steppengebiete ab. Der geringe Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche an der Landesfläche Chinas (16%) und die massiv zunehmende Nachfrage nach Nahrungsmitteln tierischer Herkunft führen zu einer erheblichen Verknappung der Weideressourcen (Abb. 4). Im Widerspruch dazu stehen jüngste Anstrengungen der chinesischen Zentralregierung, ergänzend zur Produktion von Schafffleisch, Milch in der Inneren Mongolei zu produzieren (ZHAO, 2009). Allerdings ist die Futterqualität der meisten Steppengräser für Milchrinder unzureichend, so dass im Gegensatz zur Schafffleischerzeugung Gras nicht als Alleinfutter ausreicht. Dadurch setzen Futtermittelimporte in diese Region ein (z. B. Ammoniak behandeltes Maisstroh aus anderen Provinzen Chinas, Soja aus Südamerika) und es erfolgt eine zunehmende Umwandlung des Steppengrünlandes in ackerbaulich genutzte Flächen. Die ackerbauliche Nutzung wiederum setzt umfangreiche Bewässerungsmaßnahmen voraus, was zum Bau von Brunnen und Bewässerungsanlagen führt. Während die zunehmenden Nährstoffimporte über Futtermittel eine Beeinflussung der regionalen Nährstoffbilanzen erwarten lassen, die die botanische Stabilität der Steppenökosysteme in Frage stellen (CHEN ET AL., 2011), sind die Umbruchmaßnahmen mit nachfolgendem Ackerbau und Bewässerung vor dem Hintergrund der erhöhten Erosionsgefährdung und der Bodenkohlenstofffreisetzung kritisch zu bewerten. Außerdem lässt die Tatsache, dass die Bewässerung von Ackerkulturen in diesen Gebieten größtenteils auf fossilem Grundwasser basiert, an der Vereinbarkeit mit den Zielen einer „nachhaltigen Intensivierung“ zweifeln. Die direkte Verbindung der globalen Warenströme von Agrarprodukten zwischen China und Südamerika ist für Soja gut dokumentiert. Um seinen Sojabedarf von aktuell rund 50 Mio t Sojabohnen jährlich zu decken, importiert China große Mengen der südamerikanischen Produktion. Heute ist China gemeinsam mit Europa wichtigster Abnehmer südamerikanischer Sojabohnen (rund 35% der südamerikanischen Sojaproduktion werden nach China exportiert). Was bedeuten diese zunehmenden

interkontinentalen Exporte von Soja für die Landnutzung auf dem südamerikanischen Kontinent, und was bedeutet dies letztlich für die Einordnung einer „nachhaltigen Intensivierung“ der Futterproduktion in Europa im Allgemeinen und in Norddeutschland im Besonderen?



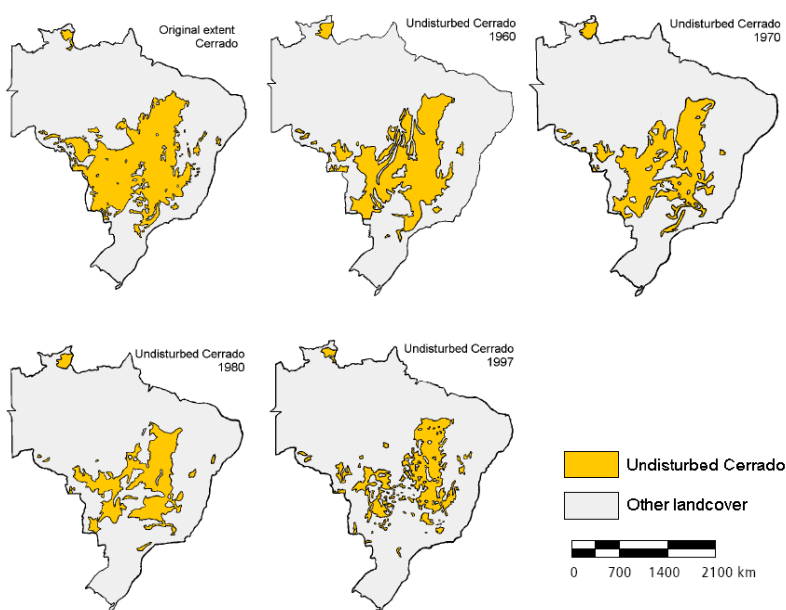
**Abb. 2 (links) und 3 (rechts):** **Abb. 2** zeigt den Einfluss von Weidemanagementsystem und Beweidungsintensität auf die oberirdische Nettoprimärproduktion (ANPP) der Produktionseinheiten (PE) (PE = 1 x 2-ha Weide und 1 x 2-ha Heufläche) und **Abb. 3** zeigt den Einfluss von Weidemanagementsystem und Beweidungsintensität auf die organische Streuauflage (litter) und den Anteil an unbedecktem Boden (bare soil). Kreise = Mixed System, Dreiecke = Traditional System. Beweidungsintensitäten: 0 bis 6 = unbeweidet bis sehr starke Beweidung. (SCHÖNBACH ET AL. 2011).



**Abb. 4:** Veränderung der Tierzahlen und der Weidefläche im Einzugsgebiet des Xilin River (Steppengebiet in der Inneren Mongolei, China). (BUTTERBACH-BAHL ET AL. 2011).

### Landnutzungswandel in den Savannen (Cerrado) Südamerikas

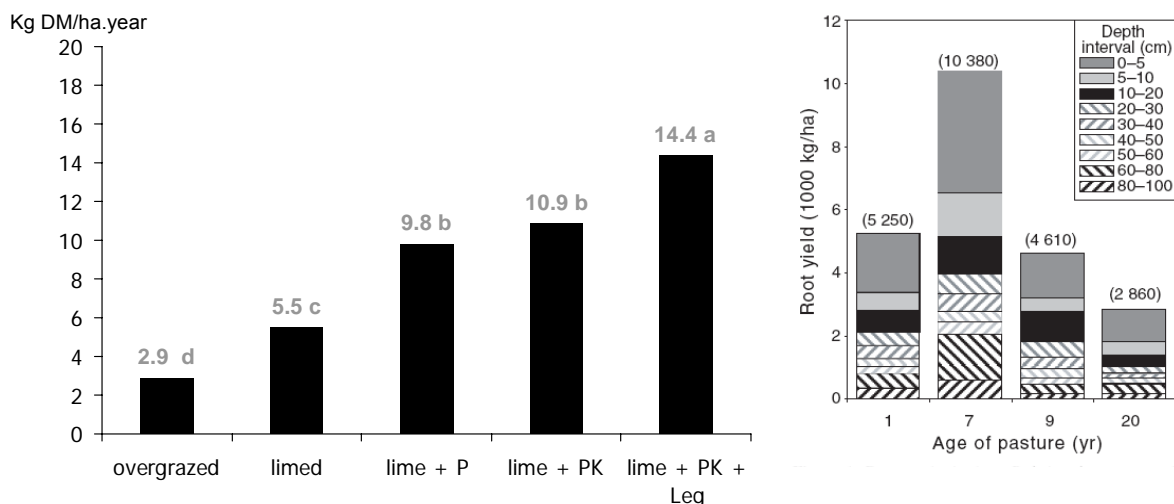
Weltweit betrachtet repräsentieren die tropischen Graslandökosysteme Lateinamerikas das letzte zusammenhängende Landreservoir für eine Intensivierung der agrarischen Nutzung. Flächenmäßig entspricht dieses Biom (ursprünglich mehr als 250 Mio ha) den weltweit unter Bewässerung stehenden Ackerflächen. Seit mehr als drei Jahrzehnten werden diese natürlichen Graslandökosysteme Südamerikas zunehmend in Ackerflächen umgewandelt, um exportfähige landwirtschaftliche Güter, vornehmlich Soja, zu produzieren. Nach Zahlen der FAO (2006) kam es zwischen 1980 und 2000 zu einer Halbierung der Futterflächen (inklusive der extensiv genutzten Savannen), während die Anbauflächen für Soja im selben Zeitraum verfünffacht wurden. Nach THOMAS (2004) ist von einer weiterhin deutlich zunehmenden Kultivierung dieser Savannen auszugehen. Andere Autoren gehen sogar davon aus, dass dieses Biom bis zum Jahr 2030 weitgehend verschwunden sein wird (HECHT, 2005). Neben Mais und Zuckerrohr wird auf diesen Flächen insbesondere Soja angebaut, wobei Brasilien aufgrund seiner Flächengröße eine zentrale Rolle zukommt. Abb. 5 zeigt die Veränderung der Flächenanteile der brasilianischen Cerrado (südamerikanische Savanne) in den vergangenen Jahrzehnten. Es wird kalkuliert, dass bis zum Jahr 2020 weitere 22 Mio. ha in Brasilien einer ackerbaulichen Nutzung zugeführt werden (THOMAS, 2004). Zwar gibt es gewisse politische Anstrengungen, diesen Landnutzungswandel zu begrenzen, die Umsetzung dieser Maßnahmen vor Ort ist jedoch bisher wenig erfolgreich (BRANNSTROM, 2009).



**Abb. 5:** Landnutzungswandel in der brasilianischen Cerrado (10 Mio. ha zwischen 1970 und 2000). (FEARNSIDE, 2001).

In der ökologischen Forschung wird der durch Landnutzungswandel verursachte Verlust an Biodiversität hervorgehoben. Allerdings sind mit diesem, vom Anbausystem abhängigen Landnutzungswandel erhebliche weitere ökologische Implikationen verbunden, insbesondere was den Kohlenstoffhaushalt der Böden betrifft. Beispielsweise wird bei so genannten traditionellen Anbauverfahren (Pflug) auf eine um 50% reduzierte Kohlenstoffspeicherung der Böden hingewiesen. Außerdem wird vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung pflugloser Anbausysteme und entsprechender Düngungsmaßnahmen auf steigende Lachgasemissionen verwiesen. Beides belastet die Klimabilanz der Sojaproduktion. Die Erfahrungen mit dem Landnutzungswandel der vergangenen Jahrzehnte belegen nach Einschätzung brasilianischer Experten, dass die Umwandlung von Grasland in Sojamonokultur zu einem jährlichen Humusabbau von 2-4% führt. Damit verbunden sind außerdem Bodenverdichtung, Erosionsprozesse sowie eine zunehmende Unkraut-, Krankheits- und Schädlingsproblematik. DROS (2004) propagiert vor diesem Hintergrund integrierte Produktionsverfahren (integrated soy-cattle), die den Anbau von leistungsfähigen tropischen Gräsern beinhalten (Kulturgrasland), welche eine erhöhte Kohlenstoffspeicherung im Boden gewährleisten und die Produktivität der Futterproduktion im Vergleich zur extensiv genutzten Savanne deutlich steigern. Diese „integrated crop-livestock zero tillage systems“ werden als zukünftige Lösungsansätze für eine nachhaltige Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion in Brasilien gesehen (GUIMARAES ET AL., 2004). Als wichtigste Gräser in diesen Anbausystemen gelten *Brachiaria spp.*, C4-Gräser, die sich durch eine hohe Wassernutzungs- und Stickstoffverwertungseffizienz auszeichnen. Durch züchterische Maßnahmen ist es gelungen die Verdaulichkeit der organischen Masse auf Größenordnungen von 70% zu steigern und gleichzeitig über ein intensives Wurzelwachstum den Eintrag von organischem Material in den Boden-Kohlenstoffpool zu sichern (Abb. 6). Diese Ausführungen machen deutlich, dass die Nachhaltigkeit einer intensivierten Futterproduktion in Südamerika als Basis für die Nachhaltigkeit der Produktion von Nahrungsmitteln tierischer Herkunft maßgeblich durch das vorherrschende Anbausystem determiniert wird. Diese Zusammenhänge werden für die europäische Landwirtschaft spätestens in dem Augenblick relevant, wenn Exportgüter aus Südamerika auf den deutschen/europäischen Markt kommen. So stellt das aus Südamerika importierte Soja eine Futterbasis für die Produktion von Nahrungsmitteln tierischer Herkunft (Milch/Fleisch) in Deutschland dar, so dass die Emissionen, die mit der Erzeugung dieser Güter in Südamerika entstehen, mit der Erzeugung von Milch und Fleisch in Europa verknüpft sind. Eingedenk der Tatsache, dass Deutschland aus Südamerika Soja im Anbauumfang von 3 Mio. ha importiert, beeinflussen die dortigen Anbauverfahren indirekt die Emissionen der Erzeugung von Milch

und Fleisch in Deutschland. Außerdem konkurriert Brasilien auf den Weltmärkten für Fleisch direkt mit den europäischen Erzeugern. Das bedeutet, dass die Nachhaltigkeitsdiskussion im Sinne von mit der Produktion verbundenen Emissionen auch für diese Produkte mit Kennzahlen untermauert werden muss, um einen globalen Vergleich hinsichtlich relevanter Nachhaltigkeitsstandards zu erlauben. Die Grundsatzdiskussion, ob ein Landnutzungswandel von natürlichem Graslandbiom hin zu intensiven, integrierten Systemen (bestehend aus exportorientiertem Ackerbau (Soja) bzw. exportorientierter Rindfleischproduktion) in Südamerika tolerierbar ist, sollte aus der europäischen Perspektive immer auch eingedenk der Tatsache geführt werden, dass die natürliche Vegetation Europas, der Wald, durch landwirtschaftliche Bodennutzung seit der Spätsteinzeit entsprechend reduziert wurde. Oder anders ausgedrückt: Die Südamerikaner holen nun das nach, was wir vor 5000 Jahren in Europa begonnen haben. Streng genommen würde dies bedeuten, dass unter der Maßgabe einer globalen Nachhaltigkeitsanalyse die Umwandlung des naturnahen Ökosystems Wald zu landwirtschaftlicher Nutzfläche in Europa mit der Umwandlung von natürlichem Grünland in Ackerfläche in Südamerika verglichen werden muss.



**Abb. 6:** Trockenmasseerträge (links) und Wurzelmasse (rechts) in *Brachiaria brizantha*-Versuchsplots (VOLPE ET AL., 2008) und auf degradierten *Brachiaria decumbens*-Weiden (FISHER ET AL., 2007).

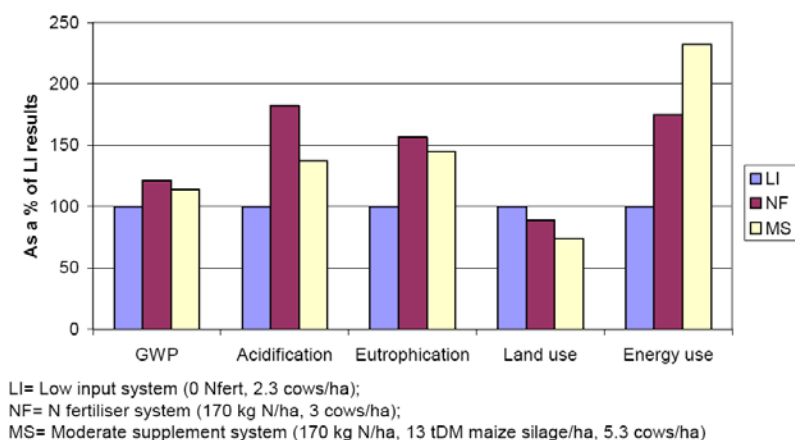
#### 4. Grundzüge einer nachhaltigen Intensivierung des Futterbaus zur Milcherzeugung in Deutschland

Vor dem Hintergrund der obigen Ausführungen wird deutlich, dass eine globale Vernetzung der Produktion und damit auch der Umweltwirkungen der Landnutzung zur Milcherzeugung zu konstatieren ist. Weiterhin ist unumstritten, dass die weltweite Produktion und die Verwertungseffizienz von Nahrungsmitteln im Allgemeinen und von Milchprodukten im



Besonderen gesteigert werden muss, um den weltweiten Nahrungsmittelbedarf zukünftiger Generationen angemessen zu sichern. Das Drei-Säulen Modell der Nachhaltigkeit (Ökonomie – Soziales – Ökologie) erfordert umfassende Bewertungsansätze, die sowohl die Steigerung der Produktivität (Ökonomie), als auch die Einhaltung von Sozialstandards und die Reduktion negativer ökologischer Konsequenzen berücksichtigen. In den folgenden Ausführungen wird der Bereich Soziales nicht in den Mittelpunkt gerückt, da er jenseits der klassischen naturwissenschaftlich ausgerichteten Agrarforschung angesiedelt ist und somit nicht mit einer entsprechenden Expertise der Autoren untermauert ist. Wir konzentrieren uns vielmehr auf die Interdependenzen zwischen Produktivitätssteigerung und ökologischen Konsequenzen und folgen damit den Vorgaben vieler international agierender Gruppen, die ähnliche Ansätze nutzen. Wie kann vor dem Hintergrund dieser Einschränkung eine nachhaltige Intensivierung in Maßzahlen gegossen werden? Dass Produktivitätssteigerungen auf dem Grünland mit einem steigenden Einkommen für die Milchproduktion vom Grünland korrespondieren, zeigen SMITH ET AL. (2008) in einer Metaanalyse der Grünlandproduktivität in Europa in überzeugender Weise. Bezüglich der Verknüpfung von Produktivitätssteigerungen und Umweltwirkungen hat sich in den vergangenen Jahren der Begriff der „Öko-Effizienz“ etabliert. Dieser definiert das Verhältnis von ökonomischem Ertrag oder Produktertrag zu den zusätzlich aus Produktion und Konsum resultierenden Umweltwirkungen. Als Indikator hat sich daraus das Konzept des „ökologischen Fussabdrucks“ bzw. die Lebensweganalyse eines Produktes (LCA- life cycle assessment) entwickelt (NEMECEK ET AL., 2011). Dieser „ökologische Fussabdruck“ berücksichtigt alle Umweltwirkungen, z. B. in Form von Emissionen (z. B. Nährstoffe, Klimagase), die mit der Produktion eines Produktes verbunden sind. Bezogen werden die Umweltwirkungen auf eine entsprechende Produkteinheit, z. B. kg ECM Milch. Diese abiotische Ressourceneffizienz ist somit messbar und ohne weitere Interpretation der Daten weltweit für spezifische Produkte wie Milch anwendbar und, bei Dokumentation gleicher Messstandards auch vergleichbar. Problematischer ist die Interpretation solcher Daten im Hinblick auf die biotische Ressourceneffizienz, also die Beeinflussung der Biodiversitätsfunktion von agrarischen Ökosystemen, weil damit eine Würdigung der Bedeutung einzelner Arten oder Artengruppen, die relevant für die Biodiversität eines Ökosystems sind, vorgenommen werden muss. Das kann allerdings kaum noch in metrischen Skalen abgebildet werden. Bei Analyse der Literatur zur botanischen Diversität des Grünlands zur Milcherzeugung in Deutschland und Europa ist gleichwohl festzuhalten, dass aufgrund der hohen Ansprüche an die Futterqualität Nutzungsintensitäten notwendig sind, die nur eine begrenzte botanische Artenvielfalt zulassen (TREYSE ET AL. 2007). Daher konzentrieren sich die Arbeiten zu den

Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Produktionssysteme zunächst vornehmlich auf die abiotische Ressourceneffizienz, dies um so mehr, da die Herausforderungen zur Minderung der Klimagasemissionen (Klimaschutzziele) und die Verminderung der Belastung von aquatischen Ökosystemen (Gewässerschutz) weltweit zentrale Umweltschutzziele darstellen. Diesbezüglich finden sich in der Literatur Beispiele, auf die näher eingegangen werden soll. Eine der ersten Gruppen, die sich weltweit mit dem „ökologischen Fußabdruck“ der Milchproduktion beschäftigte, war die Gruppe um BASSET-MENS ET AL. (2006) in Neuseeland. Anhand der Kategorien THG- (Treibhausgas) Emissionen, Versauerungspotential, Eutrophierung, Landverbrauch und Energieverbrauch wurden unterschiedliche Intensitäten der Futterproduktion zur Milcherzeugung eingeordnet (Abb. 7). In diesem Fall mit dem Ergebnis, dass durch den Einsatz von Mais statt Dauergrünland als Futtergrundlage zwar der Landverbrauch durch höhere Erträge leicht reduziert wurde, die negativen Implikationen in Form von höheren THG-Emissionen, Eutrophierung, Versauerung der Böden und Energieverbrauch je kg ECM Milch jedoch deutlich überwogen. Somit sind in diesem Fall die ökologischen Kosten einer Intensivierung der Futterproduktion durch Maisanbau kritisch zu würdigen.

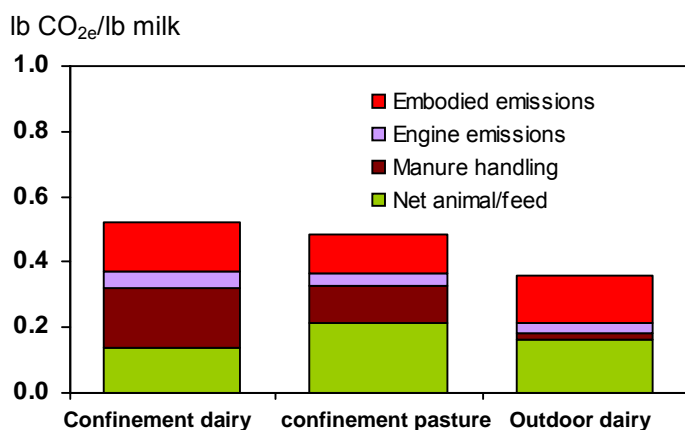


**Abb. 7:** Umweltwirkungen für die Milchproduktion in Neuseeland (pro kg Milch). (BASSET-MENS ET AL. 2006).

Ein weiterer interessanter Aspekt im Zusammenhang mit dieser Studie ist die Frage nach den Treibern, die solche Analysen zu nutzen gedenken. Die neuseeländische Studie, die auch Vergleiche mit Daten aus anderen Ländern der Welt beinhaltete, wurde durch das weltweit bedeutendste Milchindustriunternehmen Fonterra in Auftrag gegeben. Durch das „Labeln“ des Produktes Milch mit einem günstigen ökologischen Fußabdruck bzw. eines auf THG-Emissionen reduzierten PCF („product carbon footprint“) versprach man sich

zusätzliche Absatzmärkte. Dies macht deutlich, dass die Würdigung von Umweltleistungen auch für die Vermarktung von Produkten eine zunehmende Rolle spielt.

Die besondere Bedeutung des Dauergrünlandes für die Milcherzeugung unter Berücksichtigung der Kohlenstoffspeicherung dokumentiert auch eine Analyse von ROTZ ET AL. (2011) aus den USA (Abb. 8). Die Autoren verglichen grünland- und ackerbasierte (Mais und Luzerne) Milchproduktion in Pennsylvania und kamen zu dem Ergebnis, dass unter Berücksichtigung der Kohlenstoffsinkenfunktion in Grünlandböden ein günstigerer PCF Milch vom Dauergrünland im Vergleich zu Ackerfutterbausystemen realisiert wird. Im Vergleich zu den Arbeiten aus unserem N-Projekt Karkendamm (ROTZ ET AL., 2005; LAMPE ET AL., 2006, SENBAYRAM ET AL., 2009) wird aber auch deutlich, wie sehr diese Einordnung der Futterproduktion im Hinblick auf Emissionen durch Standortfaktoren determiniert wird. Auf den sandigen Böden Norddeutschlands ist die Ertragsüberlegenheit des Mais im Vergleich zu Dauergrünland vielfach so stark ausgeprägt und gleichzeitig die Emission von THG, insbesondere Lachgas, aufgrund der guten Bodendurchlüftung so stark reduziert, dass die Stickstoff- und THG-Emissionen je Energieeinheit Futter aus Ackerfutterbausystemen gegenüber Grünland günstiger zu beurteilen sind. Hinsichtlich unterschiedlicher Ackerfutterbausysteme beschäftigte sich unsere Gruppe mit einem Vergleich der THG-Emissionen von gedüngten Grasbeständen im Vergleich zu nicht Stickstoff gedüngten Luzerne-Gras-Beständen. Bei gleichen Erträgen wiesen die leguminosenbasierte Produktionssysteme deutlich reduzierte (um mehr als 70%) THG-Emissionen je Energieeinheit Futter (GJ NEL) auf (SCHMEER ET AL., 2010). Die Ergebnisse untermauern die große Bedeutung der Futterproduktion auf den PCF Milch und unterstreichen gleichzeitig die Notwendigkeit, leguminosenbasierten Futterbau vor dem Hintergrund der Klimaschutzdiskussionen intensiver zu untersuchen und zu befördern.

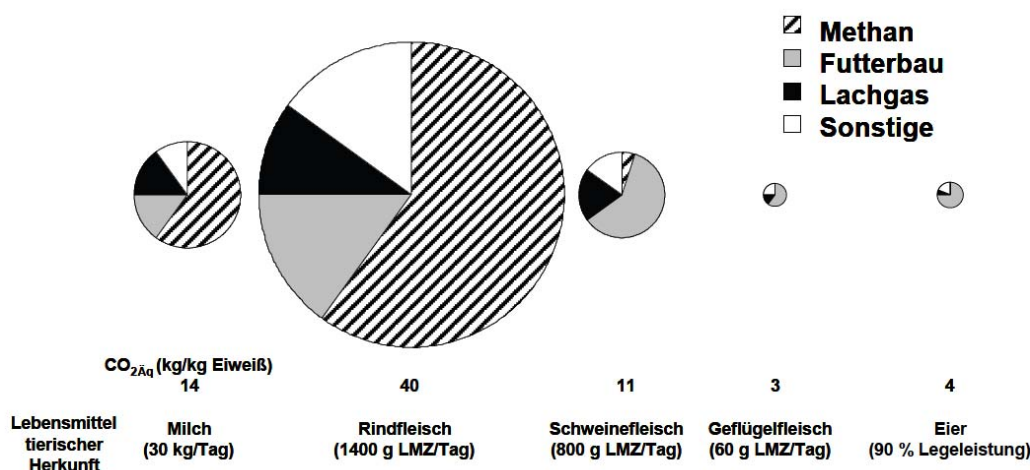


**Abb. 8:** U.S. carbon footprint incl. carbon sequestration. (ROTZ ET AL., 2010).

Abschließend ist ein weiterer Aspekt im Sinne der Entwicklung einer nachhaltigen Intensivierung von Futterproduktionssystemen zur Milcherzeugung zu würdigen und zu analysieren. Dies betrifft die optimale Einzeltierleistung (kg ECM/Kuh). Global betrachtet weisen Studien der FAO (2010) darauf hin, dass die Milchproduktionssysteme Europas im Hinblick auf den PCF Milch im Vergleich zu Entwicklungsländern aufgrund vergleichsweise hoher Milchleistungen und effizienterer Ressourcenausnutzung vergleichsweise günstig zu beurteilen sind. Im Rahmen einer weltweiten Sensitivitätsanalyse konnte dort gezeigt werden, dass eine Steigerung der Milchleistung/Kuh in Verbindung mit höheren Futtermitteldarstellungen die positivsten Effekte auf den PCF Milch induziert. Biologische Systeme sind jedoch nicht durch Linearität gekennzeichnet. Es stellt sich somit die Frage, ob eine Maximierung der Einzeltierleistung in jedem Fall auch zu einer Steigerung der Nachhaltigkeit eines Produktionssystems führt? Bezüglich der ökonomischen Analysen von Milchviehbetrieben in Deutschland erscheint das Ergebnis zunächst eindeutig. So zeigen beispielsweise die Untersuchungen der Rinderspezialberatung Schleswig-Holstein (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN, 2010) mit einer Datenbasis von mehreren hundert Betrieben einen offensichtlichen Zusammenhang zwischen dem ökonomischen Betriebsergebnis und der Einzeltierleistung. So korrelieren Milchleistungen jenseits der 10.000 kg je Kuh als durchschnittliche Herdenleistung linear mit überdurchschnittlichen ökonomischen Ergebnissen. Daraus ist über Jahrzehnte das Paradigma erwachsen, dass eine Steigerung der Milchleistung je Kuh nahezu lineare positive Effekte auf das ökonomische Betriebsergebnis ausübt. Solche Milchleistungen sind nur auf der Basis hoher Anteile von Mais und überproportional zunehmendem Einsatz von Kraftfutterkomponenten (z. B. Soja) zu realisieren. Dies führt inzwischen in vielen Betrieben dazu, dass 1. der N-Bilanzsaldo je kg ECM bei höchsten Milchleistungen nicht mehr günstiger ausfällt als bei mittlerer Intensität und, dass 2. der P-Bilanzsaldo den erlaubten Grenzwert von +20 kg/ha in vielen Betrieben überschreitet, d. h. bezüglich der Nährstoffverwertungseffizienz werden hier offensichtlich Grenzen erreicht. Da diese Entwicklung zusätzlich mit geringen Laktationszahlen (~2,3 Laktationen/KUH) korrespondiert, ist zu konstatieren, dass unter diesen Rahmenbedingungen im Lebenszyklus einer Kuh eine etwa gleich lange Zeit für die unproduktive Aufzuchtphase einerseits und die Laktationsphase andererseits zu Buche schlägt. Die Optimierung der Lebensleistung umgerechnet auf die Lebensstage einer Kuh ist somit ein zentraler Parameter für die Optimierung einer nachhaltigen Milcherzeugung (VGL. HARMS RINDERBERATUNG MECKLENBURG VORPOMMERN).

Darüber hinaus stellt sich die Frage der optimalen Einzeltierleistung auch vor dem Hintergrund von Klimagasemissionen einerseits und der gleichermaßen zu befriedigenden

Bedarfsdeckung von Milch und Rindfleisch andererseits. FLACHOWSKI (2008) hat dazu einige Modellkalkulationen vorgenommen, die aufzeigen, dass bei gleichzeitiger Befriedigung der Milch und Rindfleischproduktion auf nationaler Basis Deutschlands das Ein-Nutzungs- und Milch (Holstein Frisian) nicht per se überlegen ist, da mit steigender Milchleistung dieser Rassen eine entsprechende Kompensation in Form von Mutterkuhhaltung zur Fleischerzeugung voran getrieben werden muss, die mit deutlich höheren THG-Emissionen attribuiert ist (Abb. 9). In der Konsequenz ergibt sich daraus, dass Milchleistungen auf der Basis von Zwei-Nutzungsrasen in der Größenordnung von 8000 kg ECM/Kuh den niedrigsten PCF Milch/Fleisch produzieren. Diese Milchleistungen sind mit einer auf Grünland basierten Futterproduktion ohne weiteres realisierbar und machen deutlich, dass insbesondere die absoluten Grünlandregionen Norddeutschlands vor diesem Hintergrund ein großes Potential für eine „nachhaltige Intensivierung“ der Futterproduktion zur Milcherzeugung aufzeigen.



**Abb. 9:** Anteile (%) der verschiedenen Emissionsquellen an den CO<sub>2</sub>-Footprints je kg essbares Protein. (FLACHOWSKY, 2008).

## 5. Fazit

Nachhaltige Futterproduktion zur Milcherzeugung in Norddeutschland sichert ökonomische und gesellschaftliche Wohlfahrt, solange sie im Vergleich zu anderen Gunstregionen des Futterbaus in der Welt sicher stellt, dass die Öko-Effizienz z. B. im Hinblick auf THG- und Nährstoffemissionen vergleichbar oder besser ist als in anderen Teilen der Welt. Gerade die Nutzung absoluter Grünlandstandorte zur Milcherzeugung reduziert die Konkurrenz um weltweit knappe Ackerbaustandorte und stellt somit einen zentralen Pluspunkt der Grünlandnutzung vor dem Hintergrund der Sicherung der Welternährung dar. Die Futterbauforschung ist gefordert, die Daten zur Öko-Effizienzanalyse im Rahmen von

Systemanalysen und Vergleichen verschiedener Milchproduktionssysteme in Norddeutschland bereit zu stellen und diese vergleichend zu den Daten anderer weltweiter Produktionsstandorte, so wie dies für China und Brasilien aufgezeigt wurde, zu bewerten und einzuordnen.

## 6. Literatur

- BASSET-MENS, C., LEDGARD, S., COX, N., KELLIHER, F., CARRAN, A. (2006) UNCERTAINTY OF GLOBAL WARMING POTENTIAL OF MILK PRODUCTION OF AN AVERAGE NEW ZEALAND DAIRY FARM. 5TH AUSTRALIAN CONFERENCE ON LIFE-CYCLE-ASSESSMENT. MELBOURNE.
- BRANNSTROM, C. (2009): SOUTH AMERICA'S NEOLIBERAL AGRICULTURAL FRONTIERS: PLACES OF ENVIRONMENTAL SACRIFICE OR CONSERVATION OPPORTUNITY? *AMBIO*, 38, 141-149.
- BRODERSEN, C. (2005) BRASILIEN. GIGANT OHNE GRENZEN. DLG-MITTEILUNGEN, BAND 12.
- BUTTERBACH-BAHL, K., KÖGEL-KNABNER, I., HAN, X. (2011) STEPPE ECOSYSTEMS AND CLIMATE AND LAND-USE CHANGES—VULNERABILITY, FEEDBACKS AND POSSIBILITIES FOR ADAPTATION. *PLANT AND SOIL* 340(1), 1-6.
- CHEN, Q., HOOPER, D., LIN, S. (2011) SHIFTS IN SPECIES COMPOSITION CONSTRAIN RESTORATION OF OVERGRAZED GRASSLAND USING NITROGEN FERTILIZATION IN INNER MONGOLIAN STEPPE, CHINA. *PLOS ONE* 6(3): E16909.
- DROS, M. MANAGING THE SOY BOOM: TWO SCENARIOS OF SOY PRODUCTION EXPANSION IN SOUTH AMERICA (2004) (ONLINE ZUGANG AM 17.06.2011: [HTTP://ASSETS.PANDA.ORG/DOWNLOADS/MANAGINGTHESOYBOOMENGLISH\\_NBVT.PDF](http://assets.panda.org/downloads/managingthesoyboomenglish_nbvt.pdf))
- DYER, M.I., DEANGELIS, D.L., POST, W.M. (1986) A MODEL OF HERBIVORE FEEDBACK ON PLANT PRODUCTIVITY. *MATHEMATICAL BIOSCIENCES* 79(2), 171-184.
- FAO (2006) FAOSTAT. AGRICULTURAL AREA. ([WWW.FAOSTAT.FAO.ORG](http://www.fao.org))
- FAO (2008) ARE GRASSLANDS UNDER THREAT? BRIEF ANALYSIS OF FAO STATISTICAL DATA ON PASTURE AND FODDER CROPS. ROME. ([WWW.FAO.ORG](http://www.fao.org))
- FAO (2009) THE STATE OF FOOD AND AGRICULTURE. LIVESTOCK IN THE BALANCE. ROME. ([WWW.FAO.ORG](http://www.fao.org))
- FAO (2010A) FAOSTAT. AGRICULTURAL PRODUCTION. ([WWW.FAOSTAT.FAO.ORG](http://www.fao.org))
- FAO (2010B) GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM THE DAIRY SECTOR – A LIFE CYCLE ASSESSMENT. ROME.
- FEARNSIDE, P. (2001) "SOYBEAN CULTIVATION AS A THREAT TO THE ENVIRONMENT IN BRAZIL", *ENVIRONMENTAL CONSERVATION* 28: 23-28.
- FISHER, M., BRAZ, S., DOS SANTOS, R., URQUIAGA, S., ALVES, B., BODDEY, R. (2007). ANOTHER DIMENSION TO GRAZING SYSTEMS: SOIL CARBON. *TROPICAL GRASSLANDS* 41(2), 65-83.
- FLACHOWSKY, G. (2008) WIE KOMMEN WIR ZU CO<sub>2</sub>-FOOTPRINTS FÜR LEBENSMITTEL TIERISCHER HERKUNFT? *ARCH. TIERZ., DUMMERSTORF* 51 (2008) SONDERHEFT, 67-82.
- GODFRAY, H., BEDDINGTON, J., CRUTE, I., HADDAD, L., LAWRENCE, D., MUIR, J., PRETTY, J., ROBINSON, S., THOMAS, S., TOULMIN, C., 2010. FOOD SECURITY: THE CHALLENGE OF FEEDING 9 BILLION PEOPLE. *SCIENCE* 327(5967), 812-818.
- GUIMARAES, E., SANZ, J., RAO, I., AMEZQUITA, M., AMEZQUITA, E., THOMAS, R. (2004) AGROPASTORAL SYSTEMS FOR THE TROPICAL SAVANNAS OF LATIN AMERICA. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). BRASILIA.
- HECHT, S. (2005): SOYBEANS, DEVELOPMENT AND CONSERVATION ON THE AMAZONAS FRONTIERS. *DEV. CHANGE* 36, 375 - 404.

- IFPRI (INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE) (2009) 2009 ANNUAL REPORT. WASHINGTON. (WWW.IFPRI.ORG)
- 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 <sup>15</sup>N-LABELLED MINERAL FERTILIZER AND SLURRY. *SOIL BIOLOGY & BIOCHEMISTRY* 38, 2602-2613.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2010) RINDERREPORT DER LK SH. (ONLINE VERFÜGBAR UNTER: [HTTP://WWW.LWKSH.DE/CMS/FILEADMIN/USER\\_UPLOAD/DOWNLOADS/TIER/TIER\\_2011/RINDERREPORT\\_2010.PDF](http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user_upload/downloads/tier/tier_2011/rinderreport_2010.pdf))
- NEMECEK T., FRICK, C., DUBOIS, D., GAILLARD, G. (2011) COMPARING FARMING SYSTEMS AT CROP ROTATION LEVEL BY LCA. IN: GEERKEN, T., MATTSON, B., OLSSON, P. & JOHANSSON, E., (EDS.), PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON LCA IN FOODS, GOTHENBURG. SIK, VITO, GOTHENBURG, 65-69.
- ROTZ, C., TAUBE, F., RUSSELLE, M., OENEMA, J., SANDERSON, M., WACHENDORF, M. (2005) WHOLE-FARM PERSPECTIVES OF NUTRIENT FLOWS IN GRASSLAND AGRICULTURE. *CROP SCIENCE* 45:2139–2159.
- ROTZ, C., MONTES, F., CHIANESE, D. (2010). THE CARBON FOOTPRINT OF DAIRY PRODUCTION SYSTEMS THROUGH PARTIAL LIFE CYCLE ASSESSMENT. *JOURNAL OF DAIRY SCIENCE* 93(3), 1266-1282.
- SCAR (2009) NEW CHALLENGES FOR AGRICULTURAL RESEARCH: CLIMATE CHANGE, FOOD SECURITY, RURAL DEVELOPMENT, AGRICULTURAL KNOWLEDGE SYSTEMS. 2ND SCAR FORSIGHT EXERCISE FOR THE EUROPEAN COMMISSION. FOOD, AGRICULTURE AND FISHERIES, AND BIOTECHNOLOGY KNOWLEDGE-BASED BIO-ECONOMY (KBBE). BRUSSEL.
- SCHÖNBACH, P., WAN, H., 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 GRAZING SHEEP ON HERBAGE QUALITY AND PRODUCTIVITY OF INNER MONGOLIA STEPPE. *CROP & PASTURE SCIENCE* 60(10), 963-974.
- SCHÖNBACH, P., WAN, H., GIERUS, M., BAI, Y., MÜLLER, K., LIN, L., SUSENBETH, A., TAUBE, F. (2011) GRASSLAND RESPONSES TO GRAZING: EFFECTS OF GRAZING INTENSITY AND MANAGEMENT SYSTEM IN AN INNER MONGOLIAN STEPPE ECOSYSTEM. *PLANT AND SOIL* 340(1), 103-115.
- SCHMEER, M., LOGES, R. UND F. TAUBE (2010) EINFLUSS HOHER RADLASTEN BEI DER GRÜNLANDBEWIRTSCHAFTUNG AUF ERTRAG, FUTTERQUALITÄT UND LACHGASEMISSIONEN. VORTRÄGE ZUR HOCHSCHULTAGUNG 2010 DER AGRAR- UND ERNÄHRUNGSWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL. 87-85.
- SENBAYRAM, M., CHEN, R., MÜHLING, KH AND DITTERT, K. (2009) CONTRIBUTION OF NITRIFICATION AND DENITRIFICATION-DERIVED NITROUS OXIDE EMISSIONS FROM SOIL AFTER APPLICATION OF BIOGAS WASTE COMPARED TO OTHER FERTILIZERS. *RAPID COMMUNICATION IN MASS SPECTROMETRY*. 23; 2489-2498.
- SMITH, P., MARTINO, D., CAI, Z., GWARY, D., JANZEN, H., KUMAR, P., MCCARL, B., OGLE, S., O'MARA, F., RICE, C., SCHOLES, B., SIROTENKO, O., HOWDEN, M., MCALLISTER, T., PAN, G., ROMANENKOV, V., SCHNEIDER, U., TOWPRAYOON, S., WATTENBACH, M., SMITH, J. (2008) GREENHOUSE GAS MITIGATION IN AGRICULTURE. *PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY B-BIOLOGICAL SCIENCES* 363(1492), 789-813.
- THE ROYAL SOCIETY (2009) REAPING THE BENEFITS SCIENCE AND THE SUSTAINABLE INTENSIFICATION OF GLOBAL AGRICULTURE. LONDON. (WWW.ROYALSOCIETY.ORG)
- THOMAS, R., RONDON, M., AMEZQUITA, E., AYARZA, M., ASAKAWA, N., FRIESEN, D. (2004) OVERCOMING SOIL CONSTRAINTS IN LATIN AMERICA SAVANNAS: NEW APPROACHES AND POTENTIAL TRADE-OFFS. IN: GUIMARAES, E., SANZ, J., RAO, I., AMEZQUITA, M., AMEZQUITA, E., THOMAS, R. (EDS) AGROPASTORAL SYSTEMS FOR THE TROPICAL SAVANNAS OF LATIN AMERICA. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). BRASILIA.

- TREYSE, T., LOGES, R., SÜDEKUM, K., WACHENDORF, M., TAUBE, F. (2007) VERGLEICHENDE BEWERTUNG DER NACHHALTIGKEIT INTENSIVER GRÜNLANDWIRTSCHAFT DURCH WEIDE- UND SCHNITTNUTZUNG UNTER KLIMABEDINGUNGEN NORDDEUTSCHLANDS. PFLANZENBAUWISSENSCHAFTEN, 11 (SONDERHEFT). S. 39–48.
- VOLPE, E., MARCHETTI, M., MOTA MACEDO, M., ROSA JUNIOR, E. (2008) DEGRADED PASTURE RECOVERING WITH LIMING, FERTILIZATION, AND ASSOCIATED LEGUME IN QUARTZIPSAMENT. ACTA SCIENTIARUM-AGRONOMY 30(1), 131-138.
- WAN, H., BAI, Y., SCHÖNBACH, P., GIERUS, M., TAUBE, F. (2011) EFFECTS OF GRAZING MANAGEMENT SYSTEM ON PLANT COMMUNITY STRUCTURE AND FUNCTIONING IN A SEMIARID STEPPE: SCALING FROM SPECIES TO COMMUNITY. PLANT AND SOIL, 340(1).
- ZHAO, G. (2009) GRAZING ANIMALS AND THEIR ROLE IN GLOBAL NUTRIENT BALANCE. CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY, BEIJING, CHINA. PRÄSENTATION IM RAHMEN EINES PROJEKTGRUPPENTREFFENS DER DFG-FORSCHERGRUPPE MAGIM (MATTER FLUXES OF GRASSLANDS IN INNER MONGOLIA).



# Futterbau in Niedersachsen im Spannungsfeld zwischen Produktionsfunktion und landschaftsökologischen Funktionen

Johannes Isselstein<sup>1</sup>, Matthias Benke<sup>2</sup>, Gerd Lange<sup>2</sup>, Manfred Kayser<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen

<sup>2</sup> Landwirtschaftskammer Niedersachsen

## 1. Einleitung

Die Landnutzung mit dem Ziel der Futtererzeugung unterliegt in Deutschland aber auch in Europa einem starken Wandel. Produktionsrichtung, Produktionsumfang und Produktionssysteme passen sich kontinuierlich an geänderte Rahmenbedingungen an (BMVEL 2010). Diese werden maßgeblich geprägt durch Preis-Kostenrelationen der vom Futterbau abhängigen Tierhaltung bzw. Bioenergieerzeugung, durch Opportunitätskosten anderer, vor allem ackerbaulicher Landnutzungsformen (Marktfruchtbau), aber auch durch die Kostenstruktur des Futterbaus selber. Die futterbauliche Landnutzung wird zusätzlich und in zunehmendem Maße durch weitere Größen gesteuert, die die von der Gesellschaft geforderten nicht marktfähigen Leistungen der Fläche betreffen. Hierzu zählen landschaftsökologischen Leistungen wie der Erhalt und die Entwicklung biotischer Diversität, die verlustarme und effiziente Nährstoffnutzung, die Reinhaltung von Grund- und Oberflächenwasser, der Schutz der Böden, insbesondere der Erhalt seiner Puffer- und Umsetzungsfunktionen, und die Bindung klimarelevanter Gase in Biomasse und Boden. Weiterhin soll die Attraktivität der Agrarlandschaft für erholungssuchende BürgerInnen gesichert und entwickelt werden. Diese Faktorenkonstellation und die davon abhängigen Produktionsprozesse ändern sich standortabhängig. Dabei spielen sich ändernde klimatische Voraussetzungen bisher offensichtlich noch keine entscheidende Rolle; der antizipierte Klimawandel könnte mittel- bis langfristig aber zu einer weiteren wichtigen Steuerungsgröße für den Futterbau werden.

Die Gewährleistung der vielfältigen Funktionen der landwirtschaftlichen Nutzfläche ist - weltweit gesehen - eine Überlebensfrage der Menschheit. Eine nachhaltige Landnutzung hat die Sicherung der Vielfalt der Funktionen der Fläche zum Ziel. Bezogen auf Deutschland oder Europa können unbefriedigende Leistungen der Fläche zum Teil kompensiert werden, indem beispielsweise die Produktionsfunktion durch den Zukauf von Ressourcen (Futtermittel) auf globalen Märkten ganz oder teilweise ersetzt wird (vgl. auch Taube et al.

2011). Letztlich sind solche Kompensationen auch Ausdruck nicht gelöster oder schwer zu lösender Zielkonflikte. Je größer die verschiedenen Anforderungen an die Fläche werden umso größer ist die Wahrscheinlichkeit zunehmender Zielkonflikte.

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, Veränderungen der futterbaulichen Erzeugung und der Produktionsbedingungen darzustellen, Zielkonflikte zu analysieren und Möglichkeiten der Integration der verschiedenen Anforderungen an die futterbauliche Fläche zu untersuchen. Dies geschieht schwerpunktmäßig am Beispiel des Bundeslandes Niedersachsen. Niedersachsen bietet sich für eine solche Betrachtung an, nicht nur weil es Gastland der diesjährigen Grünlandtagung ist, sondern weil Produktionsumfang und Produktionsintensität des Futterbaus im Vergleich zu anderen Bundesländern hoch sind und hohe Flächenkosten und Flächenkonkurrenz die Lösung von Zielkonflikten erschweren. Ein Fokus wird auf das Grünland gelegt. Dieses hat eine große flächenmäßige Bedeutung in Niedersachsen und die landschaftsökologischen Anforderungen haben ein größeres Gewicht als im Ackerbau; im Allgemeinen sind daher Zielkonflikte markant ausgeprägt.

## **2. Dynamik der futterbaulichen Erzeugung und der Rahmenbedingungen**

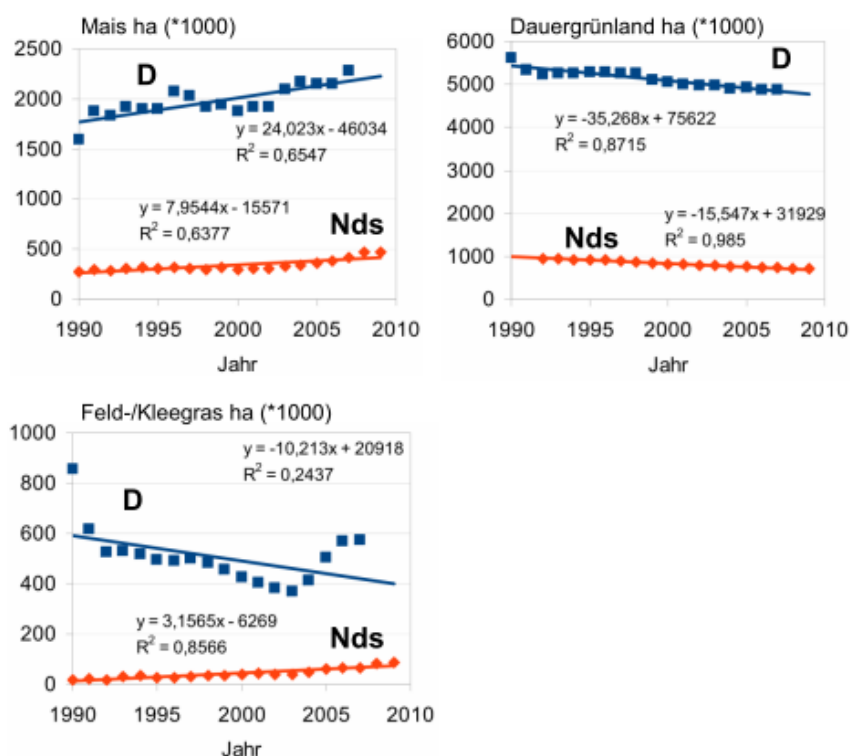
Der Flächen- und Produktionsumfang des Futterbaus unterliegt einem kontinuierlich starken Wandel. Betrachtet man alle Kulturen, die der Rauhfuttererzeugung dienen, so ist ein Rückgang im Anbauumfang festzustellen. Dabei gibt es jedoch erhebliche Verschiebungen zwischen den verschiedenen Kulturen. In Abbildung 1 ist der Flächenumfang von Dauergrünland, Mais und Feldgras (einschließlich Klee gras) dargestellt. In Niedersachsen sind die Veränderungen der letzten 20 Jahre wesentlich stärker ausgeprägt als im gesamten Bundesgebiet. So nahm in Niedersachsen der Maisanteil um fast 70% zu, im Bundesgebiet jedoch nur um etwa 30%. Im gleichen Zeitraum ging der Anteil Dauergrünland im Bund um etwa 7, in Niedersachsen um deutlich über 20% zurück. Während bei Feldgras (einschließlich Klee gras) der Anbauumfang im Bund leicht abnahm, stieg er in Niedersachsen um den Faktor drei an. Insgesamt verlagerte sich damit die Rauhfuttererzeugung vom Grünland auf den Acker. Dieser Befund ist Ausdruck für die veränderten Ansprüche der Landwirtschaft an die Rauhfuttererzeugung. Maßgeblich hierfür sind einerseits veränderte Produktionsleistungen v.a. bei den Wiederkäuern, zum anderen ist es der zunehmende Bedarf von Biomasse für die Biogaserzeugung.

In Abbildung 2 ist am Beispiel von Niedersachsen gezeigt, wie sich in den zurückliegenden Jahren wesentliche Kenngrößen der Leistung und Struktur der Milcherzeugung verändert haben. Die Milcherzeugung wird hier gewählt, da sie den höchsten ökonomischen

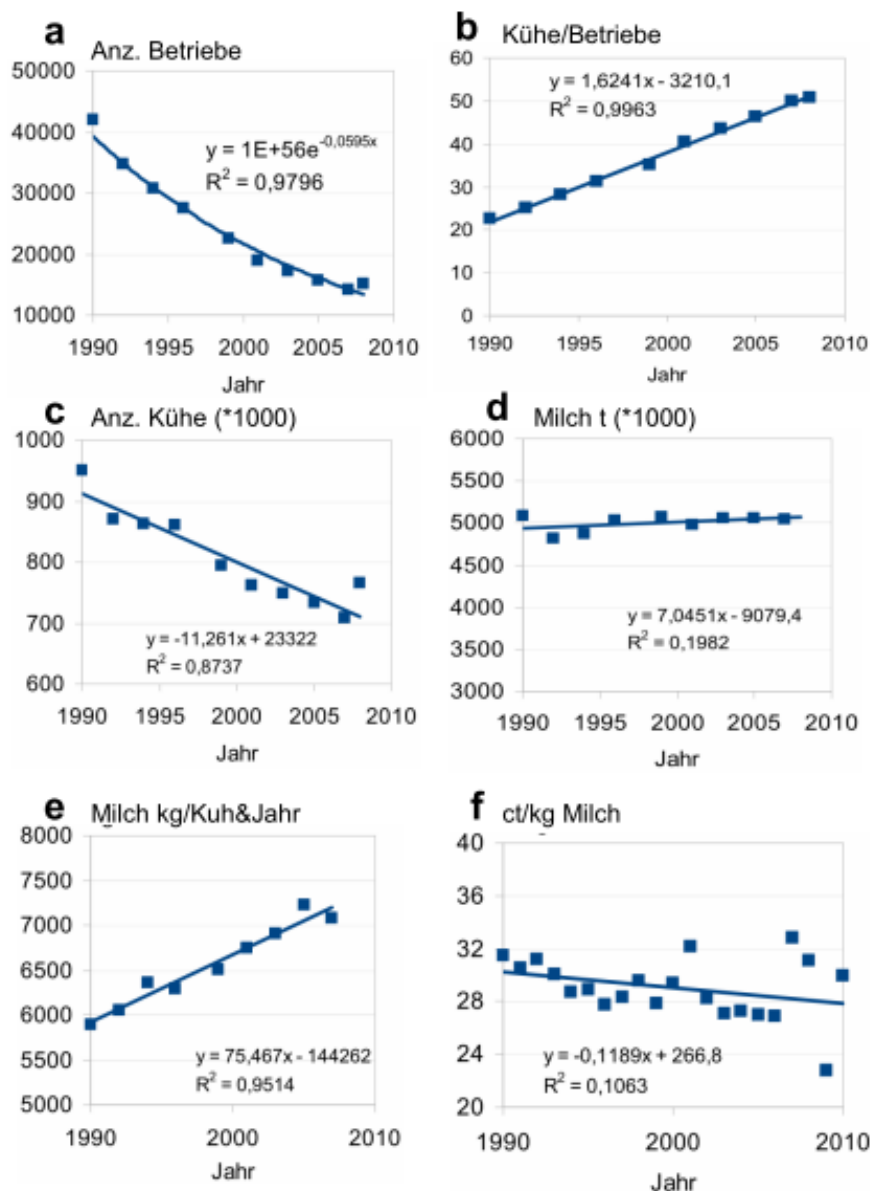
Stellenwert bei der Rohfuttermittelverwertung innehat. Während die gesamt erzeugte Milchmenge und auch der Auszahlungspreis für die Milch im Trend nahezu unverändert sind (Milchmenge) bzw. leicht abnehmen (Milchpreis) sind bei allen anderen Kenngrößen klare entweder stark negative (Anzahl Milchvieh-haltende Betriebe, Anzahl Kühe in Niedersachsen) oder stark positive Trends (Anzahl Kühe je Betrieb, Milchleistung je Kuh) zu erkennen. Vor allem die individuellen Milchleistungen sind offensichtlich eine wichtige Triebfeder für die dynamische Entwicklung bei den Futterflächen. Bei insgesamt hoher Viehdichte besteht insbesondere in Niedersachsen unter den Bedingungen hoher Flächenkosten und einer starken Flächenkonkurrenz die Notwendigkeit, die mengenmäßige Futtererzeugung und die Futterqualität gleichzeitig zu steigern. Aufgrund des ausgeprägten Konfliktes zwischen Masse und Futterqualität ist das stärkere Ausweichen auf den Ackerfutter- und insbesondere den Maisanbau daher eine logische Konsequenz.

Eine weitere wichtige Ursache für die Entwicklung der statistischen Kenngrößen ist die starke Zunahme der Biogasproduktion. In Niedersachsen liegt der Flächenbedarf der Biomasseerzeugung für Biogasanlagen bei fast 10% der landwirtschaftlichen Nutzfläche. In einzelnen Landkreisen liegt dieser Wert bereits bei deutlich über 20% (NMELV 2010). Bereits über 30% des Maisanbaus dient der Energiemaisproduktion.

Die durch diese Veränderungen bedingte starke Betonung der Produktionsfunktion der futterbaulich genutzten landwirtschaftlichen Fläche macht deutlich, dass sich die Zielkonflikte zwischen der Produktion von Futter und Biomasse und der ‚Erzeugung‘ landschaftsökologischer Leistungen erheblich verschärfen.



**Abb. 1:** Entwicklung des Flächen- bzw. Anbauumfangs von Mais (Körner- und Silomais), Dauergrünland und Feld- und Klee gras im gesamten Bundesgebiet (D) sowie in Niedersachsen (Nds) (Statistisches Bundesamt Deutschland, Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen)



**Abb. 2:** Entwicklung der Milcherzeugung und der Produktionsstrukturen in Niedersachsen.

a) Anzahl Milchviehhaltender Betriebe, b) Anzahl Kühe je Milchviehbetrieb, c) Anzahl Kühe in Niedersachsen, d) Milchanlieferung in Niedersachsen, e) durchschnittliche Milchmenge je Kuh und Jahr, f) Auszahlungspreis für Milch (Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen).

### 3. Zielkonflikte Produktionsfunktion vs. landschaftsökologische Funktionen

#### *Biotische Vielfalt am Beispiel der Grünlandvegetation*

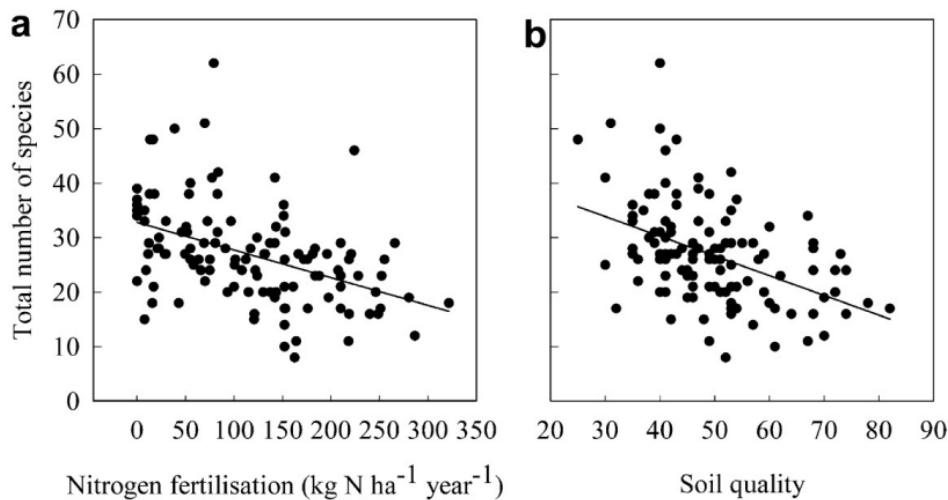
In Deutschland und auch in Niedersachsen hat das Grünland einen sehr hohen Stellenwert für die Biodiversität. Ein Drittel der heimischen Gefäßpflanzenflora kann dem Grünland zugeordnet werden. Begründet ist dies durch die Vielfalt der Standortbedingungen, unter denen Grünland anzutreffen ist, kombiniert mit einer Vielzahl traditionell extensiver Nutzungsformen (Isselstein et al., 2005). Die Intensivierung der Grünlandwirtschaft im letzten Jahrhundert hat zu einer Vereinheitlichung der Standortbedingungen und auch der Nutzungssysteme geführt mit der Folge des Artenverlustes und erheblicher Umschichtungen der Vegetationszusammensetzung. Die für Niedersachsen typische große Variabilität der

Standort- und insbesondere Bodenbedingungen des Grünlandes spiegelt sich bei intensiver Wirtschaftsweise kaum mehr in der Vegetation wieder. Zwar sind Moor-, Marsch- und Geestgrünland durch die oftmals unterschiedlichen Dominanzverhältnisse der futterbaulich wichtigen Arten noch zu differenzieren; die nicht angesäten, boden- und standortstypischen Arten sind aber rar. Vor allem viele so genannte Spezialisten, also Pflanzenarten, die bei einer stärkeren Begrenzung der Verfügbarkeit von Wachstumsfaktoren oder bei Wasserüberschuss vorkommen, sind in ihrem Bestand gefährdet. Eine Verbesserung der Wachstumsbedingungen etwa durch ein erhöhtes Nährstoffangebot oder durch die Regelung der Wasserverhältnisse begünstigt Pflanzenarten, die Ressourcen effizient nutzen und in Biomasse umsetzen können (sog. Konkurrenzstrategen, C-Strategen), während ungünstige Wachstumsbedingungen (z.B. anhaltender Nährstoffmangel) Pflanzenarten begünstigt, die Stress tolerieren (Stresstoleranz-Strategen, S-Strategen). Dominieren im Grünland C-Strategen, dann sind die Bestände eher artenarm, dominieren dagegen S-Strategen, sind sie eher artenreich (Marini et al. 2007). Entsprechend ist Grünland auf fruchtbaren Standorten und unter dem Einfluss einer erhöhten Stickstoffdüngung artenärmer als unter marginalen Bedingungen. In einer Untersuchung von Dauergrünlandflächen in Süd-Niedersachsen konnten Klimek et al. (2007) bestätigen, dass produktive Standortbedingungen, die u.a. auch an den pflanzenverfügbaren Phosphatmengen im Boden festgemacht werden können (Critchley et al. 2002), und insbesondere der Umfang der Stickstoffdüngung die Artenvielfalt im Grünland begrenzen (Abb. 3). Zugleich wurde aber auch festgestellt, dass moderate Stickstoffdüngung und Artenvielfalt sich nicht grundsätzlich ausschließen. Hier wird deutlich, dass weitere Faktoren die Diversität beeinflussen. Eine wichtige Größe ist die Art und Intensität der Nutzung.

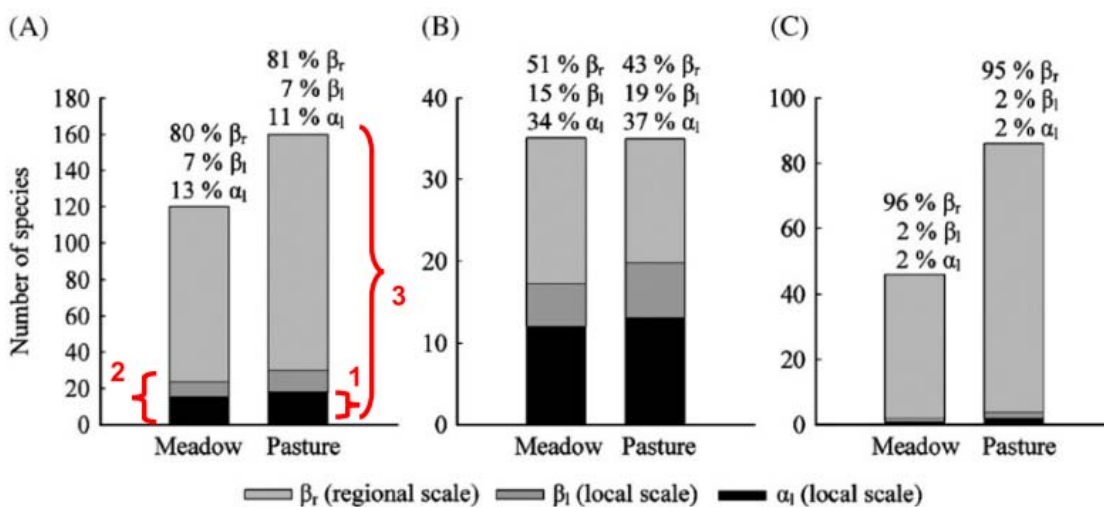
Die enge Verbindung von Artenvielfalt und Grünlandnutzung eröffnet Möglichkeiten der gezielten Förderung der Vielfalt durch landwirtschaftliche Nutzung. Studien haben gezeigt, dass auf moderat intensiv bewirtschaftetem Grünland die Artenvielfalt bei Beweidung größer ist als bei einer reinen Schnittnutzung (Abb. 4). Vor allem seltenere Arten kommen offensichtlich mit einer größeren Wahrscheinlichkeit auf Weiden vor. Das gilt sowohl für den Vergleich einzelner Schläge als auch für die Summe der auf Weiden bzw. Wiesen in einer Region vorkommenden Arten (Klimek et al., 2008). Die Ursache für diesen Befund liegt darin, dass Weidetiere durch das selektive Grasens, durch Tritt sowie durch räumlich konzentrierte Nährstoffrückführung über die Exkremente die Heterogenität der Wachstumsbedingungen in einer Grasnarbe erhöhen. Konkurrenzstarke Futtergrasarten werden durch den Verbiss

durch die Weidetiere in ihrer Kampfkraft geschwächt, unterlegene und weniger präferierte Arten haben damit verbesserte Entwicklungsmöglichkeiten.

Es ist vielfach belegt, dass Rinder und Schafe auf der Weide aufgrund der in der Regel hohen Verdaulichkeit des angebotenen (und überwiegend jungen) Futters und der Möglichkeit der Futterselektion hohe Grundfutterleistungen erzielen können. Die Ausweitung der Weidewirtschaft auch für intensivere Produktionssysteme könnte damit eine Möglichkeit sein, akzeptable Produktionleistungen zu erzielen und gleichzeitig eine größere Artenvielfalt als in reinen Schnittsystemen zu erreichen.



**Abb. 3:** Einfluss von (a) Stickstoffdüngung und (b) Bodenqualität (Ackerzahl) auf die Pflanzenartenvielfalt von Dauergrünland, Untersuchung an 120 Grünlandschlägen im Landkreis Northeim (Klimek et al., 2007)



1=12,6m<sup>2</sup>, 2=Schlag, 3=Region

**Abb. 4:** Einfluss der Skalenebene auf den Pflanzenartenreichtum von Wiesen und Weiden im Landkreis Northeim; n=60 (30 Wiesen/30 Weiden); A=alle Arten, B=gewöhnliche Arten, C=seltene Arten (Klimek et al. 2008)

Für den wirksamen Erhalt der Vielfalt im Grünland reicht die Betrachtung der einzelnen Fläche aber nicht aus. Vielmehr muss der landschaftliche und betriebliche Kontext einbezogen werden. In einer Analyse von Milch- und Fleisch-erzeugenden Betrieben in der landwirtschaftlichen Praxis in Süd-Niedersachsen prüften Stroh et al. (2009) die Hypothese, dass die Phytodiversität des Grünlandes auf der Betriebsebene im Milchviehbetrieb nicht geringer ist als im Mutterkuhbetrieb, auch wenn die Bewirtschaftungsintensität in der Milcherzeugung generell höher ist. Tatsächlich wurde festgestellt, dass im Mittel der Grünlandflächen eines Betriebes ( $\alpha$ -Diversität) die Pflanzenartenvielfalt auf den Mutterkuhbetrieben größer war als auf den Milchkuhbetrieben. In Bezug auf die Summe der Pflanzenarten des Grünlandes eines Betriebes ( $\gamma$ -Diversität) bestanden hingegen keine Unterschiede. Das bedeutet, dass auch Milchviehbetriebe artenreicheres Grünland verwerten können, z.B. über die niederleistenden Tiere wie Färsen und trockenstehende Kühe.

### *Nährstoffflüsse*

Nährstoffflüsse in futterbaulichen Systemen sind ein Kernbereich für die Beurteilung ihrer Nachhaltigkeit. Eine umfassende Analyse und Bewertung erfordert die Berücksichtigung eines komplexen Faktorengefüges auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalenebenen. In diesem Beitrag kann nur ein Ausschnitt der Problematik angesprochen werden.

Grundsätzlich zeichnet futterbauliche Systeme aus, dass große Nährstoff- insbesondere Stickstoff- und Kalium-Mengen umgesetzt aber nur geringe Mengen durch die Verkaufsprodukte Milch und Fleisch aus dem System abgeführt werden. Auf der Betriebsebene ist die Nährstoffeffizienz damit davon abhängig, wie gut es gelingt, die im System Boden-Pflanze-Tier umgesetzten aber nicht mit den Verkaufsprodukten aus dem Betrieb abgeführten Nährstoffe verlustarm zirkulieren zu lassen. Verluste mindern die Rentabilität der Produktion, als Emissionen aus dem Agrarökosystem tragen sie häufig zur Verschlechterung der Umweltqualität, d.h. zur Belastung von Atmosphäre und Gewässern bei. Das Ausmaß solcher Verluste ist in hohem Maße bewirtschaftungsabhängig. Im Folgenden sollen daher Beispiele für den Bewirtschaftungseinfluss auf Verluste gezeigt werden. Dabei geht es wegen seiner sehr reaktiven chemischen Bindungsformen in der Umwelt um Stickstoff.

Für Grünland kann grundsätzlich gesagt werden, dass es infolge der ganzjährig vorhandenen Vegetationsdecke und des sofort einsetzenden Wachstums der Grasnarbe sobald die Temperaturen drei bis fünf °C überschritten haben, über gute Voraussetzung für eine

effiziente Stickstoffnutzung verfügt. Um den Einfluss der Bewirtschaftung auf die Stickstoffeffizienz beurteilen zu können, ist das Grünlandssystem zusammen mit der daran gekoppelten Tierhaltung zu betrachten.

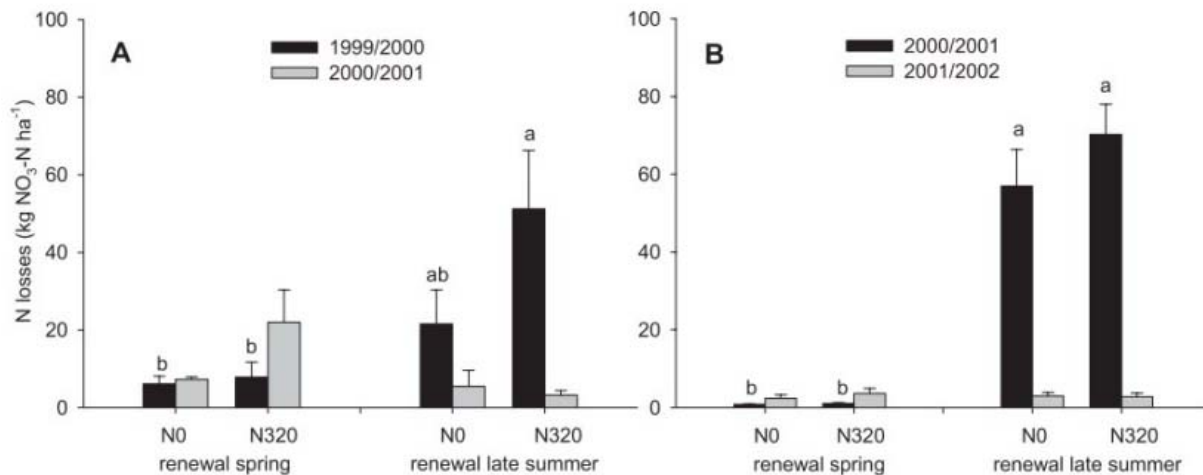
Die grünlandbasierte Tierproduktion reicht von einer eher extensiven, fast ganzjährigen, Weidehaltung auf Dauergrünland bis zu einer intensiven reinen Stallhaltung und ausschließlicher Schnittnutzung von Dauergrünland und Ackergras. Dabei sind die Verlustpfade N Auswaschung und gasförmige Emissionen, vornehmlich  $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$ , unterschiedlich ausgeprägt. Die bei der Stallhaltung und der Ausbringung von Wirtschaftsdünger entstehenden  $\text{NH}_3$  Verluste, stehen in der Regel einer relativ geringen N Auswaschung gegenüber (Benke 1992; Anger 2001). Eine Erhöhung der Effizienz kann hier vor allem durch technische Lösungen bei der Lagerung und Ausbringung erreicht werden (Anger und Kühbauch 1999). Cuttle und Jarvis (2005) berichten von höheren  $\text{NH}_3$  Verlusten im Stall gegenüber der Ausbringung. Bei Weidehaltungssystemen sind erhöhte N Auswaschungen, bedingt durch die hohen N Einträge an Exkrementflecken unvermeidbar und lassen sich recht gut anhand der zu erwartenden Harnausscheidungen der Tiere abschätzen. Neben der Aufnahme von N in die Pflanze und der N-Auswaschung sind  $\text{NH}_3$ -Verflüchtigung, Denitrifikation und mikrobielle N-Immobilisation weitere Verlustpfade bzw. Senken für die N-Ausscheidungen. Je später in der Weidsaison, je höher die Besatzstärke und die zusätzliche mineralische und organische Düngung mit N, umso größer ist in der Regel die Gesamtbelastung des Systems durch N Auswaschung (Benke 1992, Landwehr 2002; Wachendorf et al. 2006a, b; Kayser et al. 2008c). Auch die Verluste durch  $\text{N}_2\text{O}$  sind bei Weidegang in der Regel höher als bei Schnittnutzung unter sonst gleichen Bedingungen (Oenema et al. 1997). Die Minderung von N Verlusten bei Weidesystemen ist eher durch Veränderungen in der Bewirtschaftung zu erreichen. Durch angepasste N Düngung und die Kombination von Schnitt und Weidegang sowie durch die zeitliche Anordnung des Nutzungswechsels kann die Nitratauswaschung aber auch die Entstehung von  $\text{N}_2\text{O}$  reduziert werden (Landwehr 2002; Anger et al. 2003) (Tab. 1).



**Tab. 1:** Einfluss der N-Versorgung (WKL = Weißklee-basiert, KAS 320 = Mineraldünger-basiert, 320 kg/ha u. Jahr) und des Weidesystems (Mahdanteil und Mahdzeitpunkt, WW=Weide/Weide in 1. Hälfte/2.Hälfte der Vegetationsperiode, WS=Weide/Mahd, SW=Mahd/Weide) auf die Weideleistung von Färsen und die NO<sub>3</sub>-Auswaschung über Winter einer Rinder-Mähweide, Mittel aus drei Jahren (Landwehr 2002)

	WKL			KAS 320		
	WW	WS	SW	WW	WS	SW
Weide-Ertrag [dt TM ha <sup>-1</sup> ]	78	67	83	104	101	92
Weidefutteraufnahme [dt ha <sup>-1</sup> ]	51	27	22	64	41	19
Weidetage [GV ha <sup>-1</sup> ]	526	318	218	680	444	231
Herbst N <sub>min</sub> -Gehalt [kg ha <sup>-1</sup> ]	57	29	46	107	69	81
davon NO <sub>3</sub> -N [kg ha <sup>-1</sup> ]	34	15	21	91	59	69
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N Auswaschung [kg ha <sup>-1</sup> ]	40	14	30	94	71	84
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N Konzentration [mg l <sup>-1</sup> ]	12	4	9	28	21	25

Ein erhebliches Risiko für Nitratauswaschung geht vom Umbruch von Dauergrünland aus. Dabei ist jedoch zu unterscheiden zwischen dem Grünlandumbruch zur nachfolgenden ackerbaulichen Nutzung, und damit einer langfristigen Landnutzungsänderung, und dem Umbruch zur Regeneration der Grasnarbe. Die Neuanlage von Grasland durch Zerstörung der Grasnarbe zeigt eher kurzfristig das Potential für höhere N Auswaschungen, die vom Zeitpunkt des Umbruchs und der N Düngung abhängig sind und wirksam abgemildert werden können (Abb. 5, Seidel et al. 2007; Seidel et al. 2009). Die Umwidmung von Grünland in Ackerland ist ein drastischer Einschnitt. Neben nahezu unvermeidlich erhöhten N Auswaschungen entstehen auch klimarelevante Verluste an C und anderen klimarelevanten Gasen (Kayser et al. 2008a, b; Wegener 2006). Langfristig ist ein erhöhtes Mineralisierungspotential zu erwarten, was eine wenigstens mittelfristig angepasste Bewirtschaftung, reduzierte N Düngung, reduzierte Bodenbearbeitung und den Einsatz von Zwischenfrüchten erfordert, um N und C Emissionen zu mindern (Kayser et al. 2008a ; Vertes et al 2007). Das ist in der Praxis oftmals nicht gewährleistet, da die Landnutzungsänderung in der Regel mit einer Intensivierung der Produktion für Futter, Marktfrüchte oder dem Maisanbau zur Biogaserzeugung gekoppelt ist.



**Abb. 5:** Einfluss des Umbruchzeitpunkt von Grünland zur Regeneration (Frühjahr oder Spätsommer) und nachfolgender N-Düngung auf die NO<sub>3</sub>-N Verluste mit dem Sickerwasser im Winterhalbjahr (Seidel et al. 2008)

Wie oben dargestellt, hat der Anteil der mit Mais bestellte Fläche in Deutschland in den letzten Jahren stetig zugenommen, ein Trend, der sich voraussichtlich fortsetzen wird. Die Zunahme des Silomaisanbaus 1999–2007 deckt sich weitgehend mit der Zunahme der Ackerfläche in diesem Zeitraum. Generell ist Mais in der Lage mineralischen und organischen Stickstoff gut auszunutzen, wenn das Angebot in der Höhe und zeitlichen Verteilung die begrenzte Aufnahmekapazität nicht überschreitet. Dabei sind die an sich wirksamen Steuerungsmechanismen wie Begrenzung der N Düngung und Einsatz von Untersaat und Zwischenfrüchten nur wirksam solange nicht zusätzlich größere Mengen an N aus dem Boden durch Mineralisierungsvorgänge bereitgestellt werden (Richards et al. 1999; Kayser et al. 2011). Die N Auswaschungsverluste bei Maisanbau streuen dementsprechend erheblich: während Wachendorf et al. (2006b) durch angepasste N Düngung und Einsatz von Untersaaten niedrige N Verluste von weniger als 30 kg N/ha erreichen konnten, fanden Kayser et al. (2011) auf einem stark mineralisierenden Standort nur geringe Reaktionen auf eine Einschränkung der N Düngung und eine hohe Auswaschung von 86-152 kg N/ha im Winterhalbjahr.

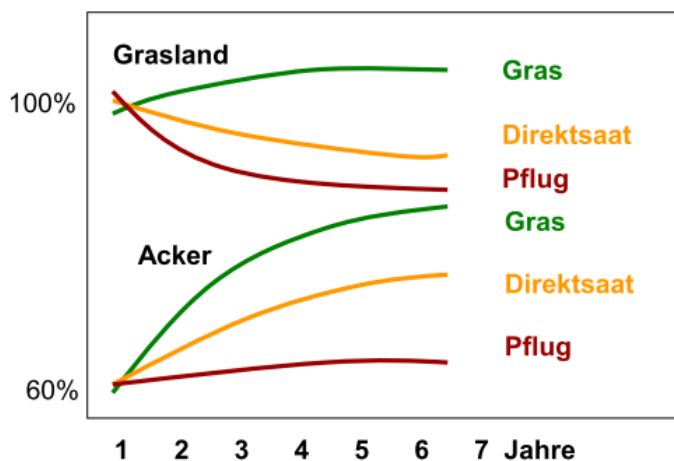
Die bislang weitgehende Konzentration auf Mais für die Erzeugung von Biogas stößt zunehmend an Grenzen auch in der Akzeptanz der Bevölkerung, wenn das Landschaftsbild deutlich verändert wird. Über den Anbau alternativer Pflanzen und den Einbau von Mais in Fruchtfolgen können negative Aspekte des Maisanbaus abgemildert werden (Benke und Kayser 2009; Wilking und Kayser 2010). Versuche haben gezeigt, dass durch die Einbettung in Fruchtfolgesystemen mit Gras und Kleegrass und eine angepasste N Düngung, Mais

effizient und ressourcenschonend angebaut werden kann (Kalmlage et al. 2010). Die Abschätzung der zu erwartenden Mineralisierung für eine vorsorgliche Absenkung der Düngergabe ist allerdings nicht unproblematisch.

### Kohlenstoffbindung

Die Bindung von organischem Kohlenstoff im Boden wird als eine wichtige Vermeidungsstrategie der Anreicherung des klimarelevanten CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre angesehen. Da das Ausmaß der C-Bindung in hohem Maße durch die Landnutzung beeinflusst wird, ist die Landwirtschaft hier vorrangig gefordert.

Viele Untersuchungen stimmen darin überein, dass bis zu 40% der oberirdischen Biomasseproduktion, das sind etwa 1-3 t C/ha, jährlich dem Boden zurückgeführt werden (Vertes et al. 2007). Die Rate und die Dauer der Akkumulation von organischer Substanz im Boden von Grasland sind abhängig vom Ausgangsgehalt an C und N und werden weiter variiert durch den Nährstoffinput, die Bodenart, das Klima und insbesondere den Bodenwasserhaushalt. Im Hinblick auf die Bewirtschaftung ist aber vor allem die Häufigkeit des Eingriffs in den Boden entscheidend. Aufgrund der Bodenruhe und der ganzjährige Vegetationsbedeckung des Bodens speichern Grünlandstandorte relativ große Mengen an organischem Kohlenstoff. Daher gilt der Erhalt und die Anlage von Grünland als eine wichtige Klimaschutzstrategie. In mehreren jüngeren Untersuchungen und Metastudien konnte gezeigt werden, dass die jährlichen Raten der Kohlenstoffbindung im Boden im Grünland mindestens doppelt so hoch sind wie im Ackerland (Goidts und van Wesemae, 2007, Billen et al. 2009). Dabei spielt es allerdings eine Rolle, wie lange eine bestimmte Art der Nutzung auf einer Fläche durchgeführt wurde bzw. ob es einen Nutzungswechsel gab (Abb. 6).



**Abb. 6:** Veränderung im organischen Kohlenstoff im Boden in Abhängigkeit von der Bodennutzung auf einem Lehmstandort bei Göttingen (nach Lawane 1984)

Aus der Perspektive Niedersachsens haben Wechselwirkungen zwischen der Bindung von C im Boden und der Bodenart eine besondere Relevanz. Die Umwidmung der Nutzung von Grünland zu Acker birgt auf Böden mit hohen C-Mengen (v.a. Hoch-, Niedermoor, anmoorige und humose Sandstandorte) ein besonderes Emissionsrisiko.

Auch wenn im Grünland grundsätzlich mehr klimarelevante Gase im Boden gebunden werden als im Ackerland, so muss jedoch die Freisetzung solcher Gase keineswegs geringer als im Ackerland sein. Vielmehr finden sich unter Praxisbedingungen erhebliche Schwankungsbreiten, die sowohl mit dem Standort als insbesondere auch mit der Bewirtschaftung des Grünlandes zusammenhängen. Zu berücksichtigen sind der Mechanisierungsgrad der Grünlandwirtschaft, die Art der Grünlandnutzung sowie Art und Umfang der Stickstoffdüngung. Die Kohlendioxidmenge, die durch Grünlandwirtschaft freigesetzt wird, hängt unmittelbar mit dem Dieserverbrauch beim Befahren der Flächen zusammen, also bei der Düngung, der Pflege, der Mahd sowie den verschiedenen Fahrten bei der Heu- und Silagebereitung. Ebenso belastet reichlich eingesetzter mineralischer Stickstoffdünger, der mit fossilen Energieträgern produziert wird, die Kohlenstoffbilanz der Grünlandwirtschaft. Wird hingegen eine Weidewirtschaft betrieben und die Fläche nur wenig befahren, dann fällt die Kohlenstoffbilanz deutlich günstiger aus. Dies wird noch verstärkt, wenn gleichzeitig nur moderat oder kein mineralischer Stickstoff gedüngt wird. Auf der Weide verbleibt ja ca. 90% des Stickstoffs, den die Tiere mit dem Futter aufnehmen auf der Fläche bzw. wird mit den Exkrementen ausgeschieden und ist damit düngewirksam.

Neben dem Kohlendioxid haben auch Methan und Lachgas eine hohe Klimarelevanz in der Grünlandwirtschaft.

#### **4. Schlussfolgerungen**

Die Rahmenbedingungen für die Futterproduktion sowie die darauf basierende Tierhaltung und Energieerzeugung führen zu einer Verschärfung von Zielkonflikten zwischen der Produktionsfunktion und den landschaftökologischen Funktionen der futterbaulich genutzten Fläche. Dies hat Konsequenzen, die sich am Beispiel Niedersachsens klar zeigen. Grünland wird zugunsten der Anbaufläche von Feldfutterpflanzen, insbesondere Mais, zurückgedrängt, da der Steigerung der Produktivität des Dauergrünlandes engere Grenzen gesetzt sind als das im Feldfutterbau der Fall ist. Damit sind die mit dem Grünland verbundenen landschaftsökologischen Leistungen direkt gefährdet. Hierzu zählen v.a. der gegenüber dem Acker allgemein größere Artenreichtum von Dauergrünland, die hohe

Kohlenstoffbindung im Boden und der Schutz des Bodens vor Erosion und oberflächlichem Wasserabfluss.

Um Dauergrünland langfristig erhalten zu können, stellt allerdings auch eine Intensivierung und Nutzung für die Milchproduktion eine Möglichkeit dar. Dabei bleiben grundsätzlich positive landschaftsökologische Funktionen, wenn auch teilweise eingeschränkt, erhalten.

In Niedersachsen besteht der Trend zu einer weiteren Konzentration der Milchproduktion in den klassischen Grünlandregionen. Arbeitswirtschaftliche und ökonomische Vorteile unterstützt durch technische Innovationen lassen die Beweidung auch in der intensiven Milchproduktion mit größeren Herden zu einem aktuellen Thema werden. Wie sich der Weidegang konkret in die Betriebsabläufe integrieren lässt, dazu besteht dringender Forschungsbedarf.

Der prognostizierte Klimawandel wird sich regional unterschiedlich auf die Grünlandproduktion auswirken. Phasen der Frühsommertrockenheit werden wahrscheinlich häufiger und verstärkt auftreten und gerade in kontinental beeinflussten Klimabereichen zu weiteren Stressbelastungen führen. Dagegen werden in maritim beeinflussten Klimabereichen die positiven Effekte wie Verlängerung der Vegetationsperiode und höhere Ertragspotenziale neue Möglichkeiten für eine effiziente Milchproduktion eröffnen.

## Literatur

- Anger, M. (2001): Kalkulation der umweltbelastenden Stickstoffverluste auf Dauergrünland und Bewertung des nachhaltigen Stickstoffeinsatzes im Grünlandbetrieb. Habil.-Schrift Univ. Bonn
- Anger, M., Hoffmann, C., Kühbauch W. (2003) Nitrous oxide emissions from artificial urine patches applied to different N-fertilized swards and estimated annual N<sub>2</sub>O emissions for differently fertilized pastures in an upland location in Germany. *Soil Use and Management* 19, 104-111.
- Anger, M. und Kühbauch W. (1999): Modellrechnungen zur Senkung von Stickstoffverlusten und Nährstoffüberschüssen im Milchviehbetrieb auf Grünland. *Agribiological Research* 52 85-96.
- Benke, M. (1992): Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzenmethode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung, Kiel.
- Benke, M. and M. Kayser (2009): Research into practice: the role of research and agricultural advisory service. In: Taube, F. (ed.). *Modelling forage production systems*, pp. 137–143. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Heft 66. (ISSN: 1435-2613).
- Billen, N., Röder, C., Gaiser, T., Stahr, K. (2009): Carbon sequestration in soils of SW-Germany as affected by agricultural management - Calibration of the EPIC model for regional simulations. *Ecological Modelling* 220, 71–80
- BMVEL (2010): Die deutsche Landwirtschaft - Leistungen in Daten und Fakten. Oktober 2010, 40 Seiten.
- Cuttle S.P., Jarvis S.C. (2005): Use of a systems synthesis approach to model nitrogen losses from dairy farms in south-west England. *Grass and Forage Science* 60, 261-273

- Critchley, C. N. R., Chambers, B. J., Fowbert, J. A., Bogha, A., Rose, S. C., Sanderson R. A. (2002): Plant species richness, functional type and soil properties of grasslands and allied vegetation in English Environmentally Sensitive areas. *Grass and Forage Science* 57, 82–92.
- Goidts, E., van Wesemael, B. (2007): Regional assessment of soil organic carbon changes under agriculture in Southern Belgium (1955–2005). *Geoderma* 141, 341-354.
- Isselstein, J., Jeangros, B., Pavlu, V.(2005): Agronomic aspects of biodiversity targeted management of temperate grasslands in Europe – A review. *Agronomy Research* 3, 139-151.
- Kalmlage, T., Kayser, M., J. Isselstein (2010): Silage maize in crop rotations with different grass mixtures – N balances and N leaching. In: Schnyder, H., Isselstein, J., Taube, F., Auerswald, K., Schellberg, J., Wachendorf, M., Herrmann, A., Gierus, M., Wrage, N., Hopkins, A. (eds.) ,*Grassland in a changing world*, pp. 1046–1048. *Grassland Science in Europe* 15.
- Kayser, M., Benke, M., and Isselstein, J. (2011): Little fertilizer response but high N loss risk of maize growing on a productive organic-sandy soil. *Agronomy for Sustainable Development* (DOI:10.1007/s13593-011-0046-9 - in press).
- Kayser, M., Seidel, K., Müller, J., Isselstein, J. (2008a): The effect of succeeding crop and level of N fertilization on N leaching after break-up of grassland. *European Journal of Agronomy* 29, 200-207.
- Kayser M, Seidel K, Müller J, Isselstein J (2008b): The effect of grassland renovation and break up on nitrogen losses. *Grassland Science in Europe* 13, 123-125.
- Kayser, M., König, H.-P., Landwehr, B. und Isselstein J. (2008c): Zur Bedeutung punktueller N-Einträge für unterschiedlich intensive Weidesysteme. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 9 „Effiziente Nutzung von Grünland als Ressource für die Milch- und Fleischproduktion“*, pp. 47-50.
- Klimek, S., Richter gen. Kemmermann, A., Hofmann, M., Isselstein, J. (2007): Plant species richness and composition in managed grasslands: The relative importance of field management and environmental factors. *Biological Conservation* 134, 559-570.
- Klimek, S., Marini, L., Hofmann, M., Isselstein, J. (2008): Additive partitioning of plant diversity with respect to grassland management regime, fertilisation and abiotic factors. *Basic and Applied Ecology* 9, 626-634.
- Landwehr, B. (2002): Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Mähweiden in Abhängigkeit von der Stickstoffversorgung und dem Weidenutzungsanteil mit gesonderter Betrachtung der N-Dynamik an Harneintragsstellen. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, Cuvillier-Verlag Göttingen (ISBN 3-89873-570-2).
- Lawane, G. (1984): Mengenänderung der organischen Bodensubstanz bei unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität. Dissertation, Universität Göttingen. Isselstein et al. 2005
- Marini, L., Scotton, M., Klimek, S., Isselstein, J., Pecile, A. (2007): Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119, 281-288.
- NMELV (2010): Biogasnutzung in Niedersachsen – Stand und Perspektiven. 4. Auflage. 19 Seiten.
- Oenema, O., Velthof, G.L., Yamulki, S. , Jarvis S.C. (1997) Nitrous oxide emissions from grazed grassland. *Soil Use and Management* 13, 288-295.
- Richards, I.R., Turner, I.D.S., Wallace, P.A. (1999): Manure and fertilizer contributions to soil mineral nitrogen and the yield of forage maize. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55: 175–185, 1999.
- Seidel, K., Kayser, M., Müller, J. Isselstein, J. (2009): The effect of grassland renovation on soil mineral nitrogen and on nitrate leaching during winter. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172, 512-519.
- Seidel, K., Müller, J., Kayser, M., and J. Isselstein (2007): The effect of fertilizer type and level of N fertilization before and after grassland renewal on N leaching. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 193, 30–36.
- Stroh, H.-G., Klimek, S., Isselstein, J., (2009): Farm structure and grassland phytodiversity - A comparison of beef and dairy cattle farms. *Grassland Science in Europe* 14, 46-49.
- Taube, F., Herrmann, A., Gierus, M., Loges, R., Schönbach, P. (2011): Nachhaltige Intensivierung der Futterproduktion zur Milcherzeugung. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, dieser Band*.
- Wachendorf M., Büchter M., Volkens K.C., Bobe J., Rave G., Loges R., Taube F. (2006a): 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 Forage Sci.* 61, 243–252.

- Wachendorf, M., Volkers, K., Loges, R., Rave, G., and Taube, F. (2006b): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. IV. Impact of slurry application, mineral N fertilizer and grass understorey on yield and nitrogen surplus of maize for silage. *Grass and Forage Science* 61[3], 232-242.
- Wegener, J.-K. (2006): Treibhausgas-Emissionen in der deutschen Landwirtschaft – Herkunft und technische Minderungspotenziale unter besonderer Berücksichtigung von Biogas (Dissertation). <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2007/wegener/wegener.pdf>, letzter Zugriff am 08.04.2009.
- Vertes, 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
- Wilking, J. und Kayser, M. (2010): Biogaserzeugung im Oldenburger Münsterland – Entwicklungen und Perspektiven. In: Heimatbund für das Oldenburger Münsterland (Ed.), pp. 196–219. *Jahrbuch für das Oldenburger Münsterland 2011*. ISBN 978-3-941073-07-4.

# Spezielle Futterqualität von Grünland

Martin Gierus

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

## Introduction

Forage production in Germany faced new challenges in the last decades. The increasing pressure from the EU to reduce the contribution of agricultural practices to eutrophication of water resources resulted in several guidelines to the member States. In consequence, member States formulated their needs from the perspective of individual country agricultural practices, driven by soil and environment conditions, and historical agricultural practices, resulting in national legislation to be executed by farmers. Currently, the production of arable land may be split between the supply of food, feed and energy crops, and grassland areas in Germany become more attractive for grazing and forage conservation, and biogas production. In addition, crop rotations including arable grassland are alternatives to maize monoculture and should be supported further also in biogas producing farms. Depending on the proportion of permanent grassland and its use in dairy farming, farmers are shifting to temporary grassland especially in less favoured crop areas and its proportion is increasing continuously over the last years. Temporary grassland is characterized by a grass phase of one to three years. It has its origin in the positive response to residual effects of the grass phase in the subsequent arable crop, especially on soil fertility, reduced crop diseases and weeds. This kind of grass-arable system is important for some regions, to obtain adequate succeeding crop yields. The establishment of temporary grassland may be advantageous to overcome feed shortages observed in permanent grassland, to increase the variability of feed sources and to promote crop rotation (SØEGAARD ET AL., 2007).

As the main task for the majority of specialized dairy farms is to increase the N use efficiency at the farm level, a forage production system towards cultivation of temporary grassland combines the increasing genetic potential for high yielding dairy cows with the utilization of new released cultivars of forage species or the utilization of those with high nutritive value. Temporary grassland is used as alternative to optimize nutrient fluxes in the farming system, allowing the exchange between crop and livestock production to obtain higher efficiency.



The main objective herein was to integrate the knowledge about evaluation of feed quality (mainly protein) with that of grassland science in order to optimize nutrient fluxes in the plant-animal system. In this way, it should be possible to obtain a better understanding of processes influencing the forage quality variation in the forage crop and related them to possible relevant aspects in animal nutrition.

### **Breeding progress on protein quality for perennial ryegrass**

Plant breeding has contributed with 4-5% per decade to the increase in dry matter production, in addition to an increase of 10 g kg<sup>-1</sup> DM digestibility per decade in North Western Europe since the 1950's (WILKINS AND HUMPHREYS, 2003). However, one of the main problems in grassland based systems is the inefficiency of ruminants to convert plant biomass into animal product. Especially N is poorly utilized. Taking into account that only 20-30% of the ingested N can be converted to meat or milk (DEWHURST ET AL., 1996), ruminant feeding contributes to environmental N pollution. Assuming forages as important sources of proteins for high yielding dairy cows, the determination of protein quality should necessarily represent the estimation of the escape protein content of a specific forage species or mixture to reduce excessive losses of intraruminal degraded protein. Different literature reports on positive influence of non-ammonia N content in the small intestines resulting in efficient dietary N utilization when increasing amounts of escape protein available in the diet is present (SANTOS ET AL., 1998; VOLDEN, 1999). However, purchased concentrate with high amounts of escape protein is fed to correct for undegradable protein requirement of high yielding cows lacking in grass silage based diets, increasing the N load in the dairy farm. The possibility to improve protein quality of perennial ryegrass by breeding to save concentrate imports to the farm is not often considered. For those concentrates like soybean meal and rape seed meal the amount of escape protein is increased artificially through physical (heat) or chemical (formaldehyde) treatments. Also in silages there are possibilities to influence positively the protein quality, or at least avoid extensive losses on protein quality by wilting, application of lactic acid producing bacteria, or chemicals (e.g. organic acids). Although in fresh forage the proportion of true protein is higher compared to forage conserved as silage (MESSMAN ET AL., 1994; CASTILLO ET AL., 2001), in grazed forages the possibilities to manipulate protein quality are limited. Therefore, breeding for protein quality in perennial ryegrass needs to consider also grazing systems. An attempt to reduce the initial degradation rate obtained was tested for alfalfa (*Medicago sativa*), resulting in the LIRD-cultivars (low initial rate of degradation), which is a breeding target using measurements very close to the protein degradation processes in the rumen. COULMAN ET AL. (1999) used 4 hour incubation

period with the in situ technique to determine the initial rate of dry matter disappearance in fresh leaf alfalfa material. Cultivars which were characterized as LIRD were selected for subsequent breeding programs. The initial rate of degradation during the vegetative phase of the selected cultivars could be reduced by approximately 15%. However, this difference was only possible in the early vegetation stage, and disappeared with increasing plant maturity. Based on such observation, it is important to address that breeding of new genotypes for improved feed quality should be based on animal responses (CASLER AND VOGEL, 1999; WILKINS AND HUMPREYS, 2003). In this regard the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) represents one of several mechanistic models developed to predict the nutritional value of diets by taking into consideration the degradation processes of carbohydrates and proteins in the rumen (BALDWIN ET AL., 1977; DIJKSTRA ET AL., 1992; LESCOAT AND SAUVANT, 1995). Hence, the CNCPS could be used as a tool to gain information whether and to which extent differences in carbohydrate and protein composition might enhance animal performance.

### **Forage legume based systems**

Due to its biological N fixation capacity, forage legumes present generally a higher protein content compared to grasses and therefore its proportion and persistence under grazing determine the crude protein content of the mixture (KLEEN ET AL., 2011). In contrast, the available energy is lower in proportion to the protein content. Consequently, in forage legume based production systems, the protein is poorly utilised due to energy deficiency and extensive degradation of protein in the rumen. Different studies demonstrated that with fast degradation rate and high losses of N in urine, the absorption of amino acids in the small intestine may limit the performance of lambs, lactating ewes and dairy cattle (ROGERS ET AL., 1980; BARRY, 1981). In contrast, lambs grazing forage legumes with condensed tannins showed significant higher average daily gains compared to ryegrass (Speijers et al., 2004). However, tannin containing forage legumes like birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.), greater birdsfoot trefoil (*Lotus pedunculatus* Cav.) or sainfoin (*Onobrychis viciifolia* L.) have less agronomic performance and therefore not yet competitive with traditionally grown forage legumes like white clover, red clover or lucerne.

In forage legume based production systems, the nutritive value of forages can be improved by increasing the amount of escape protein. In this case, forage legumes with secondary plant compound like tannins or polyphenol oxidase may be advantageous in contributing to increase the amount of escape protein of forages. The determination of protein fractions as part of the definition of protein quality indicated as well higher quality for red clover and

birdsfoot trefoil (KLEEN ET AL., 2011). Higher proportions of fraction A (non-protein N) are linked to low escape protein contents and therefore suggests poor utilization of the protein, which will be excreted mainly in urine. Although the productivity and increase in nutritive value has received attention in several studies, the protein quality of white clover and lucerne is rather poor. Compared to birdsfoot trefoil and red clover, white clover and lucerne showed higher protein degradation rates (BRODERICK UND ALBRECHT, 1997) and higher contents of fraction A under cutting systems (KLEEN ET AL., 2011). In vivo trials comparing white clover with ryegrass show higher N losses with white clover in the diet of grazing cattle (BEEVER ET AL., 1986a) and cattle fed indoors fresh forage (BEEVER ET AL., 1986b). Differences between digestion processes, either biologically (enzymes, microbial activity) or physically driven (particle breakdown, passage rate) influence N losses (DEWHURST ET AL., 2003) and most in vivo works need to formulate isonitrogenous and isoenergetic diets for comparison purposes between forage species (BRODERICK ET AL., 2001). Therefore, forage legumes are determining the forage quality in legume based systems. The choice of one or another forage legume species is based on its adaptation to the management system, the climate and soil conditions, its biological N<sub>2</sub> fixation or a combination of these factors. Tannin-containing legumes may be favorable to increase the N use efficiency of the ruminant, but up to now the yield performance make species like birdsfoot trefoil less attractive. Getting knowledge about the protein quality of different forage crops, i.e. the degradation rate, protein content and protein fractions as influenced by the forage species and grassland management are important to derive feeding strategies to enhance nutrient utilization and N use efficiency of the grazing animal, and to contribute for the modelling of N loss routes in the soil-plant-animal system.

## Literature

- BALDWIN, R.L., KOONG, L.J., 1977. A dynamic model of ruminant digestion for evaluation of factors affecting nutritive value. *Agric. Syst.* 2, 255-288.
- BARRY, T.N., 1981. Protein metabolism in growing lambs fed fresh ryegrass/white clover pasture. 1. Protein and energy deposition in response to abomasal infusion of casein and methionine. *Br. J. Nutr.* 46, 521-531.
- BEEVER, D.E., DHANOA, M.S., LOSADA, H.R., EVANS, R.T., CAMMELL, S.B., FRANCE, J., 1986b. The effect of forage species and stage of harvest on the processes of digestion occurring in the rumen of cattle. *Br. J. Nutr.* 56, 439-454.
- BEEVER, D.E., LOSADA, H.R., CAMMELL, S.B., EVANS, R.T., HAINES, M.J., 1986a. Effect of forage species and season on nutrient digestion and supply in grazing cattle. *Br. J. Nutr.* 56, 209-225.

- BRODERICK, G.A., ALBRECHT, K.A., 1997. Ruminal in vitro degradation of protein in tannin-free and tannin containing forage legume species. *Crop Sci.* 37, 1884-1891.
- BRODERICK, G.A., WALGENBACH, R.P., MAIGNAN, S., 2001. Production of lactating dairy cows fed alfalfa or red clover silage at equal dry matter or crude protein contents in the diets. *J. Dairy Sci.* 84, 1728-1737.
- CASLER, M.D., VOGEL, K.P., 1999. Accomplishments and impact from breeding for increased forage nutritional value. *Crop Sci.* 39, 12-20.
- CASTILLO, A.R., KEBREAB, E., BEEVER, D.E., BARBI, J.H., SUTTON, J.D., KIRBY, H.C., FRANCE, J., 2001. The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *J. Dairy Sci.* 79, 247-253.
- COULMAN, B., GOPLEN, B., MAJAK, W., MCALLISTER, T., CHENG, K.-J., BERG, B., HALL, J., MCCARTNEY, D., ACHARYA, S., 1999. A review of development of a bloat-reduced alfalfa cultivar. *Can. J. Plant Sci.* 80, 487-491.
- DEWHURST, R.J., MITTON, A.M., OFFER, N.W., THOMAS, C., 1996. Effects of the composition of grass silages on milk production and nitrogen utilization by dairy cows. *Anim. Sci.* 62, 25-34.
- DEWHURST, R. J., EVANS, R.T., SCOLLAN, N.D., MOORBY, J.M., MERRY, R.J., WILKINS, R.J., 2003. Comparison of grass and legume silages for milk production. 2. In vivo and in sacco evaluations of rumen function. *J. Dairy Sci.* 86, 2612-2621.
- DIJKSTRA, J., NEAL, H., BEEVER, D.E., FRANCE, J., 1992. Simulation of nutrient digestion, absorption and outflow in the rumen – model description. *J. Nutr.* 122, 2239-2256.
- KLEEN, J., TAUBE, F., GIERUS, M., 2011. Agronomic performance and nutritive value of forage legumes in binary mixtures with perennial ryegrass under different defoliation systems. *J. Agric. Sci. Camb.* 149, 73-84.
- LESCOAT, P., SAUVANT, D., 1995. Development of a mechanistic model for rumen digestion validated using the duodenal flux of amino acids. *Reprod. Nutr. Develop.* 35, 45-70.
- MESSMAN, M.A., WEISS, W.P., KOCH, M.E., 1994. Changes in total and individual proteins during drying, ensiling, and ruminal fermentation of forages. *J. Dairy Sci.* 77, 492-500.
- ROGERS, G.L., PORTER, R.H.D., CLARK, T., STEWART, J.A., 1980. Effect of protected casein supplements on pasture intake, milk yield and composition of cows in early lactation. *Austr. J. Agric. Res.* 31, 1147-1152.
- SANTOS, F.A.P., SANTOS, J.E.P., THEURER, C.B., HUBER, J.T., 1998. Effect of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12 year literature review. *J. Dairy Sci.* 81, 3182-3213.
- SØEGAARD, K., GIERUS, M., HOPKINS, A., HALLING, M., 2007. Temporary grassland - challenges in the future. *Grassl. Sci. Eur.* 12, 27-38.
- SPEIJERS, M.H.D., FRASER, M.D., THEOBALD, V.J., HARESIGN, W., 2004. The effects of grazing forage legumes on the performance of finishing lambs. *J. Agric. Sci.* 142, 483-493.
- VOLDEN, H., 1999. Effects of level of feeding and ruminally undegraded protein on ruminal bacterial protein synthesis, escape of dietary protein, intestinal amino acid profile, and performance of dairy cows. *J. Anim. Sci.* 77, 1905-1918.
- WILKINS, P.W., HUMPHREYS, M.O., 2003. Progress in breeding perennial forage grasses for temperate Agriculture. *J. Agric. Sci. Camb.* 140, 129-150.

## Effiziente Futterkonservierung für Milchkühe

H. Nußbaum, LAZBW Aulendorf

Futterkonservierung in der Milchviehhaltung bedeutet überwiegend Silagebereitung. Die Ausführungen beziehen sich deshalb ausschließlich auf die Effizienz in der Silagebereitung und beschränken sich dort exemplarisch auf die Erzeugung von Grassilage. Die wichtigsten Punkte lassen sich wie folgt zusammen fassen:

1. Ökonomisch erfolgreiche Milchviehbetriebe weisen eine gute Milchleistung mit hoher Grobfutterleistung auf. Ziel ist es mindestens 50 % der verkauften Milchmenge aus Grobfutter zu ermelken bzw. maximal 250 g Krafffutter je kg ECM einzusetzen.
2. Grobfutter macht rund ein Drittel (13,1 ct/kg ECM) der Vollkosten (36,3 ct/kg ECM) in der Milcherzeugung (Vollkostenauswertung Baden-Württemberg 2009/2010) aus und stellt insgesamt den größten Kostenblock dar.
3. Grobfutter muss daher effizient und unter Berücksichtigung der Zielbereiche Futterqualität, Gärqualität und hygienische Beschaffenheit erzeugt werden.
4. Effiziente Futterkonservierung bedeutet beste Silage mit möglichst wenig Aufwand zu erzeugen und demnach sowohl Verluste zu vermeiden (Output erhöhen) als auch Kosten (Input) zu reduzieren.
5. Bei der Bewertung der Zielgrößen des Outputs sind neben den häufig herangezogenen Parametern des Futterwertes wie die Gehalte an Energie und Protein auch in der Silagebereitung die Komponenten der Faserfraktion wie  $NDF_{OM}$  (400-480 g/kg TM) und  $ADF_{OM}$  (230-70 g/kg TM) sowie der Gehalt an Reinprotein (mindestens 50 % des Rohproteins) zu berücksichtigen.
6. Kurze Feldliegezeiten und rasches Anwelken (35-40 % TM) sowie schnelle Ansäuerung verhindern den Proteinabbau in Grassilagen. Fehlgärungen und Nacherwärmung sind auch im Hinblick auf den Gehalt an Reinprotein zu vermeiden.
7. Der schmutzarmen Futterernte kommt eine wichtige Bedeutung bezüglich des Futterwertes (Verminderung der Energie- und Proteinkonzentration), der Gärqualität (Buttersäuregärung, Ammoniakbildung) und der hygienischen Beschaffenheit (Besatz an Clostridien sporen) zu. Der Gehalt an Clostridien sporen in Gülle und Gärresten als

- Folge buttersäurehaltiger Silage wird derzeit kontrovers diskutiert, stellt aber kein geeigneter Maßstab der Hygiene in der Futter- und Düngewirtschaft dar.
8. Mögliche Verlustquellen bei der Grobfuttererzeugung sind:
    - der Pflanzenbau (Bewirtschaftung, opt. Erntetermine und -häufigkeit)
    - die Ernte (Atmungs- und Bröckelverluste)
    - die Konservierung und Lagerung (Gärsaft, Fehlgärungen, Abraum)
    - die Entnahme (Nacherwärmung)
  9. Quantitative Verluste an Trockenmasse gehen meist mit Qualitätsverlusten (Energie, Protein, etc.) einher und wirken sich dann über eine verminderte Futteraufnahme negativ auf Grobfutterleistung und Futterkosten aus.
  10. Kosten bei der Grobfuttererzeugung können reduziert werden:
    - im Pflanzenbau (angepasste Mischungen, Düngung, Pflege, etc.)
    - bei der Ernte (Nutzungshäufigkeit, Ernteverfahren, Eigen- /Fremdmechanisierung)
    - bei der Konservierung und Lagerung (Silierzusätze, Silobau, -abdeckung)
    - bei der Entnahme (Mechanisierung der Entnahme-, Misch- und Verteiltechnik)
  11. Maschinenkosten nehmen rund 40 % der Vollkosten in der Grobfuttererzeugung ein. Demnach gilt es, die Maschinenkosten je Einheit (MJ NEL, t TM, ha, etc.) zu reduzieren. Unter Betrachtung der Vollkosten sollten auf Dauergrünland nicht mehr als 600 €/ha an Maschinenkosten anfallen.
  12. Maschinenkosten können über die Degression der Festkosten je Einheit infolge eines höheren Einsatzumfangs (ha/a, t/a, h/a) oder mittels höheren Leistungen je Zeiteinheit (ha/h, t/h) reduziert werden. Eine höhere Flächenleistung lässt sich maßgeblich über steigende Arbeitsbreiten der Maschinen erreichen und sollte aufgrund von Einbußen in der Arbeitsqualität nicht über eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit erzwungen werden.
  13. Steigende Arbeitsbreite darf nicht zu Lasten verminderter Bodenanpassung (Risiko der Verschmutzung) gehen.
  14. Hohe Bergeleistungen bei der Ernte von Anwelksilage (> 50-60 t FM/h) haben Konsequenzen hinsichtlich der optimalen Dimensionierung und Gestaltung von Siloanlagen und dürfen nicht in einer verminderten Dichtlagerung (< 200-220 kg TM/m<sup>3</sup>) enden.
  15. Je Walzfahrzeug können rund 15 bis 20 Tonnen Trockenmasse Anwelkgut je Stunde verdichtet werden. Ansätze zur Optimierung der Walzarbeit bestehen in Trennung der Einzelschritte „Verteilen“ und „Verdichten“. Zunehmend kommen auch

- Raupenfahrzeuge (Verteilen und Verdichten) oder Walzenzüge (Verdichten) zur Bewältigung großer Massen zum Einsatz.
16. Trends in der Erntetechnik sind neben höheren Antriebsleistungen (KW) und zunehmender Arbeitsbreite vor allem der Einsatz von Sensortechniken (z.B. NIRS, Leitfähigkeit, Farbgehalt, automatische Steuerung des Häckslerrohres) zur Qualitätskontrolle und Steuerung von Ernteparametern (Häcksellänge, Bergeleistung, Siliermitteleinsatz). GPS-Systeme kommen zur Koordinierung der Erntelogistik zum Einsatz und sollen Leerlauf vermeiden sowie die Fahrer entlasten.
  17. Siliermittel müssen nach Futtereigenschaften (TM-Gehalt, Siliereignung) und betrieblichen Gegebenheiten (Dichtlagerung, Gärdauer, Vorschub) und unter Hilfestellung des DLG-Gütezeichens ausgewählt werden. Neu ist seit Oktober 2010 die EU-Zulassung für Siliermittel. Für Konservierungsmittel besteht eine Dokumentationspflicht, nicht jedoch für Siliermittel. Effizienter Siliermitteleinsatz bedarf einer optimalen Dosier- und Verteiltechnik. Die flüssige Applikation geringer Wassermengen (unter 250 ml/t FM) mittels Konzentrate (Kartuschensysteme) setzt sich dabei durch (ULV-Technik).
  18. Beim Bau und Betrieb von Siloanlagen sind neue bundesweit gültige Umweltregelungen in der Vorbereitung (in 2012 zu erwarten), die höhere Bau- und damit Lagerkosten sowie bauliche Veränderungen infolge regelmäßiger Kontrollen nach sich ziehen können. Freigärhaufen (Silomieten) werden zukünftig nur unter Auflagen (TM-Gehalt, Lagerdauer, Gärstoffmanagement) zu betreiben sein.
  19. Silagebereitung ohne Folienabdeckung ist sehr verlustträchtig und belastet das Futter mit Mykotoxinen. Demnach ist luftdichte Abdeckung als Bestandteil des Konservierungsverfahrens zwingend notwendig und hoch effizient. Bei der Folienabdeckung sind aus Gründen der Kosten und Arbeitswirtschaft entweder dünnere (100-120 µm) oder mehrjährig verwendbare (500 µm) Folien und arbeitssparende Befestigungssysteme (Clips, Wasserschläuche, Spanngurte, etc.) im Kommen.
  20. Effiziente Futterkonservierung bedeutet zielgerechtes Silo-Controlling, um mit den jeweiligen Informationen den betrieblichen Ablauf zu steuern und zu sichern. Hier besteht in der Futterwirtschaft sowohl auf Seiten der tatsächlichen Erträge und Futtereigenschaften als auch bei der Erfassung der Kosten ein erheblicher Nachholbedarf.

# Effiziente Nutzung von Weide und Grünfutterkonservaten mit Milchkühen

H. Spiekers, T. Ettle, M. Moosmeyer, S. Steinberger

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 3,  
D-85586 Poing-Grub, E-Mail: Hubert.Spiekers@LfL.bayern.de

## Einleitung und Problemstellung

In den deutschen Schwerpunkten der Milcherzeugung Schleswig-Holstein, Ostfriesland, Niederrhein und Allgäu basiert die Fütterung zum Großteil auf Grasprodukten (SPIEKERS *et al.*, 2009). Als weitere Grünfutterkonservate werden Klee und Luzerne genutzt. Im nachstehenden Beitrag sollen die Möglichkeiten zur effizienten Nutzung von Weide und Grünfutterkonservaten aufgezeigt werden, im Hinblick auf eine nachhaltige Milcherzeugung. Nachhaltigkeit wird hierbei im umfassenden Sinne verstanden (SPIEKERS, 2008). Nach einer allgemeinen Betrachtung zur Effizienz in der Milcherzeugung werden die Bereiche Milch aus Weide, Graskonserven und Leguminosen dargestellt. Bei den Graskonserven wird besonders auf die Eiweißbereitstellung aus Grobfutter eingegangen.

## Effiziente Milchkuhfütterng

Im Hinblick auf eine nachhaltige Milcherzeugung gilt es das eigenerzeugte Futter möglichst effizient zur Bildung von Milch zu nutzen. Als Kenngröße eignet sich der Aufwand an NEL je kg ECM. Aus der Tabelle 1 ist der kalkulierte Aufwand an NEL je kg ECM in Abhängigkeit von Leistungsniveau und Remontierungsrate zu entnehmen (SPIEKERS *et al.*, 2010). Es zeigt sich, dass mit steigender Milchleistung und längerer Nutzungsdauer der Aufwand an Futterenergie abnimmt und somit die Effizienz steigt.

**Tabelle 1:** Aufwand an NEL je kg ECM in Abhängigkeit von der Milchleistung und der Remontierungsquote

Milchleistung, kg ECM je Kuh und Jahr	NEL (MJ/kg ECM)				
	Aufzucht *		Milch	Gesamt *	
	30 %	40 %		30 %	40 %
6.000	1,6	2,1	6,0	7,6	8,1
8.000	1,2	1,6	5,4	6,6	7,0
10.000	1,0	1,3	5,0	6,0	6,3

\* Remontierungsquote, Erstkalbealter 27 Monate



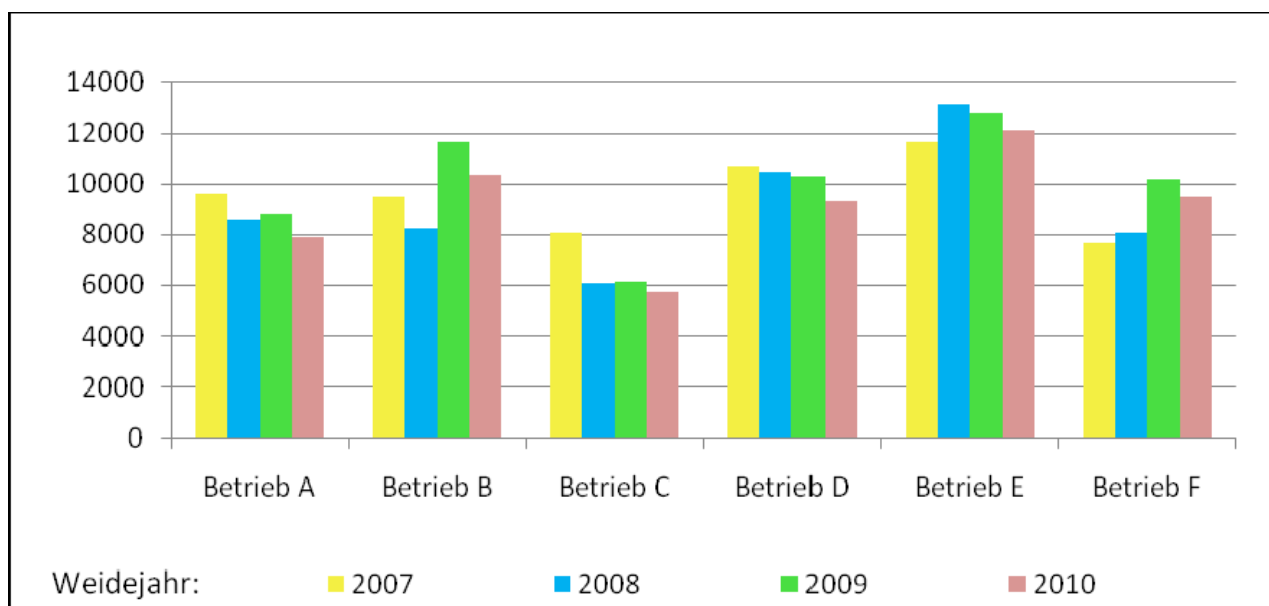
In den Berechnungen ist ein Erstkalbealter von 27 Monaten unterstellt. Durch eine Absenkung des Erstkalbealters von z.B. 28 auf 25 Monate kann die Effizienz weiter gesteigert werden (ETTLE *et al.*, 2011). Im Hinblick auf eine effiziente Milcherzeugung ist daher eine hohe Milchleistung je Lebenstag anzustreben.

Die Steigerung der Futtereffizienz durch eine höhere Milchleistung je Kuh erfordert eine Anhebung des Krafffutteranteils in der Ration. Ferner steigen die Anforderungen an die Proteinqualität und die Mineral- und Wirkstoffversorgung. In der Praxis sind höhere Milchleistungen je Kuh mit einem Anstieg der Grobfutterleistung verbunden (OVER, 2011; THOMSEN, 2011). Dennoch wird insgesamt mehr Kraft- und Mineralfutter je Kuh und insbesondere je ha Hauptfutterfläche eingesetzt, die einen verstärkten Import an Nährstoffen in den Betrieb bedingen können. Im Hinblick auf die ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit ist eine sachgerechte Verwertung der mit Kot und Harn anfallenden Nährstoffe erforderlich (SPIEKERS, 2009).

### **Milch aus Weide**

Grundsätzlich kann die Fütterung der Milchkuh mit Gras und Graskonserven erfolgen. Beim Einsatz von Weide und Frischgras treten keine Konservierungsverluste und keine oder geringere Aufwändungen für Futterwerbung, -lagerung und -vorlage auf, was grundsätzlich höhere Effizienzen und eine „naturnähere“ Produktion von Milch erlaubt. Allerdings steht Gras nur in der Vegetationszeit zur Verfügung, so dass unter deutschen Verhältnissen eine Winterfütterung mit Futterkonservaten erforderlich ist. Ferner ist auch mit bester Weide eine Ausfütterung von Hochleistungskühen wie mit TMR nicht möglich (KOLVER UND MÜLLER, 1998; O'NEILL *et al.*, 2011). Für deutsche Verhältnisse empfehlen sich daher angepasste Systeme. Von unserer Arbeitsgruppe wurde daher das System „Vollweide mit Winterkalbung“ (RAUCH *et al.*, 2006) entwickelt und in Pilotbetrieben des bayerischen Voralpengebiets unter Anwendung von gezielter Beratung eingeführt und evaluiert (STEINBERGER *et al.*, 2009; STEINBERGER *et al.*, 2011). Durch eine geblockte Abkalbung im Zeitraum November bis Februar kann im Stall eine bedarfsorientierte Winterfütterung betrieben werden. Bei Austrieb im März kann ab Mitte April auf Vollweide umgestellt werden. Als Weidessystem empfehlen wir die Kurzrasenweide, da diese eine gleichmässige Versorgung der Kuh und eine hohe Effizienz der Umsetzung von Weidegras in Milch ermöglicht. In den Pilotbetrieben konnte so die vor der Umstellung erzielte Milchleistung je Kuh und je Betrieb gehalten bzw. ausgebaut werden.

Zur Beurteilung der Effizienz des Systems ist hier jedoch nicht die Milchleistung je Kuh sondern je ha Weide prioritär. In der Kenngröße „Milchleistung je Hektar Vollweide“ ist es möglich die verschiedenen Einflüsse zusammen zu fassen. Hierbei findet die Milchleistung je Kuh, die mittlere Besatzstärke und die Weidedauer Berücksichtigung. Die erzeugte Milchmenge aus Beifütterung ist abzuziehen. In der Abbildung 1 ist die Milchmenge je ha Weide der einzelnen Betriebe über die Jahre 2007 bis 2010 dargestellt. Je nach Betrieb und Jahr schwanken die erzielten Leistungen zwischen 6.000 und 12.000 kg Milch je ha genutzter Weide.



**Abb. 1:** Erzeugte Milchmenge (kg) je Hektar Weide der Pilotbetriebe; abzgl. Zufütterung (STEINBERGER *et al.*, 2011)

Werden die erzeugten Milchmengen in Futterertrag zurückgerechnet ist ein Vergleich mit anderen Systemen der Futterproduktion möglich. Mittels der bekannten Größen durchschnittlicher Kuhbesatz je Hektar und erzeugte Milchmenge je Hektar Weide (jeweils abzüglich der Zufütterung) wurde eine Berechnung der genutzten Energieerträge für Erhaltung und Milch je Hektar vorgenommen. Tabelle 2 zeigt die im Mittel der Jahre 2007 – 2010 über den Erhaltungsbedarf und den Leistungsbedarf der Kühe ermittelten Netto-Energieertrag je Hektar Kurzrasenweide. Bei einer angenommenen mittleren Energiekonzentration des Weidegrases von 6,5 MJ NEL/kg TM ergibt sich ein Nettoertrag von 60 – 105 dt / ha. Wird ein Weideverlust von 5 % unterstellt, ergeben sich Bruttoerträge je Hektar Weide von 63 – 110 dt TM. Im Vergleich wären bei einer Schnittnutzung mit einer mittleren Energiekonzentration über alle Schnitte von 6,0 MJ NEL/kg TM Nettoerträge frei

Trog von 65 bis 114 dt/ha notwendig. Da es sich bei den Weideerträgen um tatsächlich gefressene Erträge handelt, sind bei der Schnittvariante noch 20 % Verluste in Form von Feld- (5 %), Silier- (8 %) und Futtermitteln (7 %) zu berücksichtigen.

**Tabelle 2:** Errechnete Energie- und Massenerträge je Hektar Kurzrasenweide und die dafür notwendigen Erträge unter Schnittnutzung (STEINBERGER *et al.*, 2011)

	Kurzrasenweide			Schnittnutzung <b>Ziel:</b> gleiche Energieerträge wie Kurzrasenweide	
	Nettoertrag /ha	Bruttoertrag + 5% Weideverlust		Nettoertrag /ha	20% Verlust (Feld, Silierung, Futter)
	6,5			6,0 über alle Schnitte	
MJ NEL/kgTM		dt/ha	dt/ha	dt/ha	dt/ha
Betrieb	MJ NEL	dt/ha	dt/ha	dt/ha	dt/ha
A	<b>49.410</b>	76	<b>80</b>	82	<b>99</b>
B	<b>59.060</b>	91	<b>95</b>	98	<b>118</b>
C	<b>39.090</b>	60	<b>63</b>	65	<b>78</b>
D	<b>57.200</b>	88	<b>92</b>	95	<b>114</b>
E	<b>68.240</b>	105	<b>110</b>	114	<b>136</b>
F	<b>51.690</b>	80	<b>84</b>	86	<b>103</b>

In der Praxis sind auch noch eine Reihe anderer Weidessysteme vertreten. Für Hochleistungskühe ist bei entsprechender Ausgestaltung mit Erfolg die Halbtagsweide möglich (BEEKER *et al.*, 2007). Auf der Weide sind jedoch im Vergleich zur Vollweide mit Winterkalbung höhere Verluste und somit geringere Milcherträge je ha aus Weidegras zu erwarten. Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit und Ökologie der Weideverfahren laufen in Zusammenarbeit mit der Universität Hohenheim.

### Milch aus Graskonservaten

In der landwirtschaftlichen Praxis hat die Weidehaltung stark abgenommen. Zunehmend wird ganzjährige Stallhaltung betrieben. Hierbei nimmt der Einsatz von Maissilage zu. Auf Grund der höheren Energiekonzentration sind höhere Milch- und Grobfutterleistungen mit maissilagebetonten Rationen möglich (PRIES, 2011). Unter bayerischen Verhältnissen zeigt sich jedoch die gegenteilige Situation mit höheren Grobfutterleistungen in grünlandbetonten Betrieben (SPIEKERS *et al.*, 2009). Dies zeigt, dass auch mit Graskonserven hohe Milch- und Grobfutterleistungen möglich sind.

Für eine vollständige Betrachtung ist der gesamte Betrieb zu beurteilen. Im Rahmen eines übergreifenden Forschungsvorhabens analysiert eine institutsübergreifende Arbeitsgruppe

der LfL die Futter- und Nährstoffströme der Versuchsbetriebe (KÖHLER *et al.*, 2011). Aus der Tabelle 3 sind die Futtererträge in 2010 und die Aufteilung nach Fläche sowie TM- und XP-Ertrag; ersichtlich. Die Futterfläche umfasst Grünland und Ackerfutterbau. Auf Grund der im Vergleich zum Silomais geringeren TM- aber höheren Rohproteinträge liegen die Anteile der Grünfutterkonserven am Futteraufkommen auf Basis TM unter und beim Rohprotein über den Flächenanteilen.

**Tabelle 3:** TM- und XP-Erträge sowie Anteil der Grünfutterkonserven in 2010 der Versuchsbetriebe

Betrieb	Ertrag/ha		Anteil der Grünfutterkonserven, %		
	dt TM	kg XP	Fläche	TM	XP
	Achselschwang	84	1.116	77	65
Almesbach	107	1.522	72*	59	77
Grub	109	1.476	56**	46	67
Kringell***	69	989	73	69	83
Spitalhof	99	1.610	100	100	100

\* 15 % Klee gras; \*\* 15 % Luzerne; \*\*\* ökologisch

Auf Basis der aufgeführten Erträge erfolgt die Fütterung der Rinderbestände. Die Betriebe haben im Mittel eine Milchleistung von 9.000 kg je Kuh und Jahr bei Nutzung der Rassen Fleckvieh und Braunvieh. Das betriebseigene Grobfutter wird durch Kraft- und Saftfutter (Biertreber etc.) ergänzt. Eine Analyse der Fütterung der Milchkühe ergab im Frühjahr 2011 eine Abdeckung der Rohproteinangaben von 41 bis 61 % aus dem Grobfutter. Haupteinflussgröße ist der Silomaisanteil. Den höchsten Anteil an Rohprotein aus dem Grobfutter mit 61 % hat der Spitalhof, der keinen Silomais einsetzt.

Aus der Tabelle 4 ist die aktuelle Rationsgestaltung im Spitalhof ersichtlich. Aufgeführt sind die Anteile in den unterschiedlichen Mischrationen. Ergänzend erhalten die melkenden Kühe je nach Milchleistung und Laktationsstand bis zu 4,5 kg Milchleistungsfutter über Abrufautomaten. Die Ration für die hochleistende Gruppe reicht nach NEL und nXP für 27 kg Milch und die für die zweite melkende Gruppe für 21 kg. Auf das Grobfutter entfallen 15 kg Milch plus Erhaltung. Bei entsprechender Qualität der konservierten Grasprodukte können somit auch vergleichsweise hohe Milchleistungen aus den Graskonserven erzielt werden. Neben der Energie ist hier auch die Proteinqualität zu beachten. Nach neueren Untersuchungen von EDMUNDS *et al.* (2010) kommt hierbei der Konservierungsform eine größere Bedeutung zu. Im Proteinwert (Anteil UDP) ergibt sich die Abstufung siliert, frisch,

Heu und künstlich getrocknet (Cobs). Das geringste Niveau und die größte Streuung zeigen sich bei den Silagen. Der Ausgestaltung der Silierung kommt daher auch aus dieser Sicht größere Bedeutung zu. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Optimierung der Futteraufnahme. Der Stand der Empfehlungen ist der DLG-Information 1/2006 zu entnehmen (DLG, 2006).

**Tabelle 4:** Zusammensetzung der Mischrationen (% der TM) im Spitalhof 05/2011

Ration	hochleistend	leistend	trocken	Vorbereitung
Grassilage	52	59	79	58
Heu	7	7,5	8	6
Grascobs	9	10	-	6
Stroh	2	2,5	13	6
Biertreber	6	6	-	7
Kraftfutter	24	15	-	17

### Einsatz von Klee gras und Luzernesilage

Neben Gras wird vielfach Klee gras zur Milcherzeugung eingesetzt. Hierdurch ergeben sich Vorteile im Proteinertrag und der Nutzung des Luftstickstoffs. Von größter Bedeutung sind Weiß- und Rotklee. Die Arbeiten aus Haus Riswick (HAHNER *et al.*, 1994) zeigen, dass Mähweide mit Weißklee mit Erfolg und im Sinne der Nachhaltigkeit zur Milcherzeugung genutzt werden kann. Als Vorteil ergibt sich eine höhere Nutzungselastizität durch den Weißklee. Voraussetzung für die Etablierung von Weißklee ist ein angepasstes Düngungsregime.

Bei Rotklee sieht die Situation etwas anders aus, da durch die höheren Stängelanteile eine stärkere Inkrustierung gegeben ist. Vergleichende Versuche zum Rotklee gras wurden in Futterkamp durchgeführt (THAYSEN, 2008; MALKOW-NERGE, 2008). Beim Rotklee ist die Frage der Proteinwertigkeit noch weiter zu prüfen.

Auf Grund der hohen Eiweißlieferung und dem Klimawandel steht der Einsatz von Luzerneprodukten wieder verstärkt in Diskussion. Dem hohen Rohproteingehalt der Luzerne steht ein relativ hoher Rohfasergehalt, eine geringe Verdaulichkeit und als Konsequenz ein vergleichsweise niedriger Energiegehalt gegenüber. Diese Eigenschaften sprechen zunächst gegen den Einsatz in der Fütterung hochleistender Milchkühe. Da aber aus Praxis und Forschung wiederholt über positive Erfahrungen mit Luzernesilage in Milchviehrationen berichtet wird, wurde in einem Fütterungsversuch überprüft, ob sich die Luzernesilage trotz der niedrigeren Energiekonzentration als Ersatz für Grassilage beim Milchvieh eignet.

Für den Versuch wurden 32 Fleckviehkühe gleichmäßig auf zwei Versuchsgruppen (Grassilage vs. Luzernesilage) aufgeteilt. Es wurde eine Teilmischration (PMR) ad libitum angeboten, zusätzlich wurde ab einer Milchleistung von 24 kg/Tier und Tag Leistungskraftfutter (LKF) nach Leistung verabreicht. In der Kontrollration waren neben 39 % der TM Maissilage etwa 31 % Grassilage enthalten. Die Grassilage wurde in der Versuchsration vollständig durch Luzernesilage ersetzt. Zum Rohproteinausgleich wurde in der Ration Grassilage der Anteil an Rapsextraktionsschrot erhöht, gegenläufig wurde der Anteil an Maiskornsilage reduziert. Der XP-Gehalt der PMR lag in den Gruppen Gras- bzw. Luzernesilage bei 16,8 und 17,8 % der TM, der nXP-Gehalt war für beide Gruppen vergleichbar (15,5 % der TM). Deutliche Unterschiede zwischen den Rationen ergeben sich beim Energiegehalt. Aus einem Verdauungsversuch mit Hammeln ergaben sich 7,0 und 6,6 MJ NEL/kg TM für die PMR mit Gras- und Luzernesilage. Zwischen den beiden Versuchsgruppen ergaben sich im Mittel der Versuchsperiode keine Unterschiede in der Milchleistung, den Milchfett- und Milcheiweißgehalten (Tabelle 5). In ähnlicher Weise zeigten sich auch bei einem Vergleich von totalen Mischrationen auf Basis Feldgras- bzw. Luzernesilage keine Unterschiede in der Milchleistung oder Milch Inhaltsstoffen, obwohl auch hier die Unterschiede in der Energiekonzentration der Ration 0,4 MJ NEL/kg TM betragen (BULANG *et al.*, 2006). Der Milchharnstoffgehalt lag in vorliegender Untersuchung in der Gruppe Luzernesilage im Mittel um annähernd 50 mg/l höher ( $P < 0,05$ ) als in der Gruppe Grassilage, was die höhere RNB in der Ration Luzernesilage widerspiegelt. Die tägliche Futterraufnahme lag in der Gruppe Luzernesilage mit rund 22 kg TM/Tag um etwa 2 kg höher ( $P < 0,05$ ) als in der Gruppe Grassilage. Auf Grund dieser höheren Futterraufnahme ergibt sich für die Gruppe Luzernesilage trotz der deutlich niedrigeren Energiekonzentration der Ration eine tägliche Energieaufnahme, die etwas höher lag als bei den Tieren der Grassilagegruppe. So lässt sich auch erklären, dass die Milchleistung in der Luzernegruppe trotz der erniedrigten Energiekonzentration der Ration nicht beeinträchtigt war. Vergleichbare positive Auswirkungen der Luzernesilage auf die Futterraufnahme beim Milchvieh werden auch von anderen Autoren (BULANG *et al.*, 2006) beschrieben. Erklärt wird dieser Effekt dadurch, dass die Luzernesilage eine erhöhte Abbaurate der Trockenmasse je Zeiteinheit aufweist (FLACHOWSKY *et al.*, 1992), und damit eine höhere Passagerate im Pansen (HOFFMANN *et al.*, 1998). Durch eine geringe Verweildauer im Pansen lässt sich dann zumindest teilweise auch die geringe Verdaulichkeit der Luzernesilage erklären.

Insgesamt zeigt sich also, dass die Luzernesilage eine stabile Komponente in Rationen für hochleistende Milchkühe darstellt. Im Allgemeinen kann man davon ausgehen, dass in einem bestimmten Ausmaß die Futterraufnahme der Milchkuh mit dem Energiegehalt der Ration

ansteigt. Im Gegensatz dazu wird die geringe Energiekonzentration der Luzerne offenbar über eine erhöhte Futteraufnahme kompensiert. Der hohe Proteingehalt der Luzerne kann bei der Rationsgestaltung helfen, proteinreiche Konzentratfuttermittel einzusparen. Darüber hinaus wird sich die hohe Strukturwirkung der Luzerne insbesondere in stärkereichen Rationen positiv bemerkbar machen.

**Tabelle 5:** Milchleistungskriterien, Futter- und Nährstoffaufnahme (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) beim Austausch von Gras- gegen Luzernesilage

	Versuchsgruppe	
	Grassilage	Luzernesilage
Milchleistung, kg/Tag	28,2 $\pm$ 6,4	28,8 $\pm$ 7,2
Milchfett, %	3,91 $\pm$ 0,36	3,89 $\pm$ 0,65
Milcheiweiß, %	3,61 $\pm$ 0,2	3,61 $\pm$ 0,17
Milchharnstoff, mg/l	201 $\pm$ 27 <sup>b</sup>	247 $\pm$ 24,2 <sup>a</sup>
ECM, kg/Tag	28,2 $\pm$ 5,6	28,4 $\pm$ 5,8
Futteraufnahme, kg TM/Tag	20,3 $\pm$ 2,1 <sup>b</sup>	22,1 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>
nXP-Aufnahme, g/Tag	3246 $\pm$ 351	3493 $\pm$ 348
NEL-Aufnahme, MJ/Tag	145 $\pm$ 15	149 $\pm$ 15

<sup>a,b)</sup> Angaben mit unterschiedlichen Hochbuchstaben unterscheiden sich bei  $P < 0,05$  signifikant

## Schlussfolgerungen

Die Effiziente Nutzung von Weide, Frischgras und Grünfutterkonserven erfordert eine dem Bedarf der Tiere angepasste Betriebsorganisation und Rationsgestaltung. Eine hohe Lebensstagsleistung der Kuh verbessert die Effizienz. Erstkalbealter, Remontierungsquote und Milchleistung sind hier von Bedeutung. In der Weide hat sich die Winterkalbung mit Kurzrasenweide als Vollweide bewährt. Hiermit sind Milchleistungen nur aus Weide von mehr als 10.000 kg Milch je ha und Jahr möglich. Maßgebend ist hierbei nicht die Leistung der Einzelkuh sondern je ha Weide. Andere Verfahren der Weide (halbtags, stundenweise) mit hochleistenden Milchkühen, die ganzjährig kalben, sind von der Weideleistung weniger effizient. Im Vordergrund steht hier stärker das Tierwohl.

Milch kann auch effizient aus Graskonserven erzeugt werden. Den Qualitäten einschließlich des Proteins kommt hierbei besondere Bedeutung zu. Insbesondere bei Silagen gilt es den Proteinabbau möglichst gering zu halten. Mit Erfolg lassen sich Klee gras und Luzerne in die Ration integrieren. Bei der Luzerne ergeben sich positive Aspekte in Bezug auf die Futteraufnahme. Neben dem Aufwand an NEL je kg Milch ist im Hinblick auf die Effizienz und Nachhaltigkeit auch das Protein zu betrachten. Hohe Anteile Weide und Grünfutterkonserven erlauben einen geringeren Import von Eiweißfuttermitteln. Die Messung der Eiweißwertigkeit der Grasprodukte gilt es weiter zu verbessern.

## Literatur

- BEEKER, W., BERENDONK, C., SPIEKERS, H., RODEHUTSCORD, M., THOLEN, E. & PRIES, M. (2006): Weide ja oder nein? *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, Fulda 2006, Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 60–63.
- BULANG, M., KLUTH, H., ENGELHARD, T., SPILKE, J. & RODEHUTSCORD, M. (2006): Zum Einsatz von Luzernesilage bei Kühen mit hoher Milchleistung. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90, 89-102.
- DLG (2006): Schätzung der Futterraufnahme bei der Milchkuh. *DLG-Information 1/2006*, www.futtermittel.net, 29 Seiten.
- EDMUNDS, B., SÜDEKUM, K.-H., SCHUSTER, M., SCHWARZ, F.-J. & SPIEKERS, H. (2010): Schätzung des Proteinwertes von Grasprodukten mit Hilfe des Hohenheimer Futterwerttests. 122. *VDLUFA-Kongress, Kurzfassung der Referate*, 134.
- ETTLER, T., BECHER, V., OBERMAIER, A. & SPIEKERS, H. (2011): Einfluss der Fütterungsintensität in der Jungrinderaufzucht auf die Futterraufnahme und Gewichtsentwicklung bei Fleckvieh und Braunvieh. *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, Fulda 2011, Herausgeber: Verband der Landwirtschaftskammern, Bonn, 97-100.
- FLACHOWSKY, G., RANFT, S. & KOCH, H. (1992): Abbau von Luzerne und Weidelgras im Pansen von Schafen und Ziegen. *Luzerne-Kolloquium*, Halle (Saale), 130-133.
- HÄHNER, I., ERNST, P., RODEHUTSCORD, M., SPIEKERS, H. & PFEFFER, E. (1994): Mineraldünger-N auf dem Grünland ja oder nein - im Hinblick auf leistungsgerechte und umweltschonende Milchviehfütterung. *VDLUFA-Kongressband 1994*, Jena; *VDLUFA-Schriftenreihe* 38, 409 – 412.
- HOFFMANN, P.C., COMBS, D.K. & CASLER, M.D. (1998): Performance of lactating dairy cows fed alfalfa silage or perennial ryegrass silage. *Journal of Dairy Science* 81, 162-168.
- KÖHLER, B., SPIEKERS, H., DIEPOLDER, M. & THURNER, S. (2011): Ertragserfassung als Voraussetzung für eine effiziente Grünlandnutzung. Poster Nr. 5 der 55. AGGF-Tagung.
- KOLVER, E.S. UND MULLER, L.D. (1998): Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* 81, 1403-1411.
- MAHLKOW-NERGE, K. (2008): Rotklee gras im Vergleich zu Weidelgras – Auswirkungen auf Leistung und Gesundheit bei Milchkühen. *Landpost* 20.09.2008, 32-34.
- OVER, R. (2011): *Rinderreport Baden-Württemberg-2010*, LEL Schwäbisch-Gemünd, 51 Seiten.
- O'NEILL, B.F., DEIGHTON, M.H., O'LOUGHLIN, B.M., MULLIGAN, F.J., BOLAND, T.M., O'DONOVAN, M. & LEWIS, E. (2011): Effects of a perennial ryegrass diet or total mixed ration diet offered to spring-calving Holstein-Friesian dairy cows on methane emissions, dry matter intake, and milk production. *Journal of Dairy Science* 94, 1941-1951.
- PRIES, M. (2011): Wenn der Maiswurzelbohrer kommt – Konsequenzen aus Sicht der Fütterung, *Mais*, 82-84.
- RAUCH, P., STEINBERGER, S. & SPIEKERS, H. (2006): Projekt Vollweide mit Winterkalbung. in: 50. Jahrestagung der AGGF; *LfL Schriftenreihe* Nr. 17 2006, 59-62.
- SPIEKERS, H. (2008): Nachhaltigkeit - Bedeutung für den rinderhaltenden Betrieb. in: Milch und Fleisch nachhaltig erzeugen - Nährstoffkreislauf im Griff; Teil 1: Milch und Rindfleisch; *LfL Schriftenreihe* 3 2008, 9-12.
- SPIEKERS, H. (2009): Nährstoffmanagement in intensiven Milchviehbetrieben. in: Landwirtschaft im Umbruch – Herausforderungen und Lösungen, *KTBL-Schrift* 474, 168–180.
- SPIEKERS, H., DORFNER, G. & DIEPOLDER, M. (2009): Effiziente und nachhaltige Grünlandnutzung mit Rindern im Alpenvorland, *VDLUFA Schriftenreihe* 65, Kongressband Teil 1, 131-143.
- SPIEKERS, H., EFFENBERGER, M., KOCH, K. & GRONAUER, A. (2010): Futter und Substrat optimal nutzen. in: LfL-Jahrestagung 2010 „Knappe Flächen optimal nutzen“. *LfL-Schriftenreihe* 9, 45–59.



- STEINBERGER, S., RAUCH, P. & SPIEKERS, H. (2009): Vollweide mit Winterkalbung – Erfahrungen aus Bayern. in: Internationale Weidetagung 2009, *LfL Schriftenreihe* 8/2009, 42-47.
- STEINBERGER, S., RAUCH, P., SPIEKERS, H., HOFMANN, G. & DORFNER, G. (2011): Vollweide mit Winterkalbung – Ergebnisse von Pilotbetrieben. *LfL Schriftenreihe* 2011, in Vorbereitung.
- THAYSEN, J. (2008): Ergebnisse des Futterkamper Versuches 2004 bis 2006 – Großes Interesse am Rotklee-grasanbau. *Landpost* 20.09.2008, 27-28.
- THOMSEN, J. (2011): Ergebnisse der Vollkostenauswertung der Rinderspezialberatungsringe in Schleswig-Holstein; Auswertungsjahr 2010/2011, LK Schleswig-Holstein, Futterkamp.

# Der Klimawandel als Herausforderung für die Wertschöpfungskette der Milchwirtschaft am Beispiel Nordwest-Niedersachsens

Dr. Michael Mesterharm

Department für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Produktion und Umwelt,  
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; michael.mesterharm@uni-oldenburg.de

## Einleitung und Problemstellung

Die Metropolregion Bremen-Oldenburg ist ein Zentrum der niedersächsischen Milchwirtschaft. Zwischen Nordseeküste und Geest ist die Milchviehhaltung ein prägender Faktor der Landwirtschaft und mit seinem sichtbaren Anteil von Grünland auch des Landschaftsbildes sowie der regionalen Kultur. Etwa 40 % der niedersächsischen Milcherzeugung findet in der Metropolregion statt. Es ist zu vermuten, dass Auswirkungen des Klimawandels auf die milchwirtschaftliche Wertschöpfungskette daher eine unmittelbare Wirkung auf die Metropolregion haben werden. Im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsvorhabens zur Klimaanpassung nordwest2050 wurden diese Wirkungen untersucht ([www.nordwest2050.de](http://www.nordwest2050.de)).

## Material und Methoden

In der milchwirtschaftlichen Wertschöpfungskette werden die Stufen der Vorproduktion (Futtermittelproduktion, Maschinen- und Anlagenbau u.a.), der Produktion (Milcherzeugung), der Weiterverarbeitung & Logistik (Milchverarbeitung, Lagerung und Transport) und der Handel & Konsum unterschieden (Mesterharm, 2011).



**Abb. 1:** Stufen der Wertschöpfungskette (Akamp/Beermann/Mesterharm, 2011).

Die Charakteristika der milchwirtschaftlichen Wertschöpfungskette sind im Rahmen der vorliegenden regionalen Vulnerabilitätsanalyse auf ihre Empfindlichkeit gegenüber

Wirkungen des Klimawandels und auf ihre Anpassungsfähigkeit hin untersucht worden. Ziel der Analyse war es, aus natur- und zugleich sozialwissenschaftlicher Sicht systematisch diejenigen Bestandteile einer Wertschöpfungskette zu identifizieren, welche vom Klimawandel in einem besonderen Ausmaß betroffen sind, und abzuschätzen, welche Anpassungsmöglichkeiten verfügbar sind (Akamp/Mesterharm/Müller, 2010). Die Ergebnisse der Untersuchung sollen auch als Grundlage für neue strategische Denkanstöße und Innovationspfade dienen, um Klimaanpassung nicht nur als rein technisch-steuerndes Problem zu begreifen, sondern neue und ganzheitliche Lösungen zu suchen. Gerade eine auf die gesamte Wertschöpfungskette bezogene Sicht kann integrierte Lösungen zwischen den Stufen der Milchwirtschaft ermöglichen.

Anhand regionaler Klimaszenarien für die beiden Zeiträume bis 2050 und 2085 wurden im Rahmen von vier umfangreichen Experten-Workshops mit Teilnehmern aus Wissenschaft und Verwaltung die jeweiligen Stufen der Wertschöpfungskette in Bezug auf ihre Vulnerabilität untersucht. Vulnerabilität wird als Funktion von Exposition (als Einwirkung durch den Klimawandel), Sensitivität (als Maß der Empfindlichkeit gegenüber der Exposition) und vorhandener Anpassungskapazität verstanden (Smit/Wandel, 2006). Die Anpassungskapazität ist das Ergebnis von natürlicher Anpassungskapazität, Anpassungswissen und Anpassungsbereitschaft. Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen und der Anpassungskapazität erfolgte qualitativ und graduell entsprechend der Stufen „gering“, „mittel“ und „hoch“. Eine abschließende Bewertung der Vulnerabilität erfolgte auf der Ebene der Wertschöpfungsstufen.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Die Ergebnisse der Vulnerabilitätsuntersuchung zeigen, dass die jeweiligen Stufen der Wertschöpfungskette Milchwirtschaft in unterschiedlichem Maße vulnerabel sind. Während die Futtermittel- und die Milcherzeugung deutlich von den klimatischen und natürlichen Prozessen abhängig sind und damit auch stärker beeinflusst werden, lassen sich auf den nachfolgenden Stufen der Weiterverarbeitung und des Handels & Konsums eher geringe Wechselwirkungen erkennen. Für die Futtermittelproduktion konnte in der Region eine eher geringe Verwundbarkeit identifiziert werden, für die Milcherzeugung hingegen eine mittlere Verwundbarkeit. Die nachgelagerten Stufen wie Milchverarbeitung und Lebensmitteleinzelhandel werden hingegen weniger stark von klimatischen Prozessen betroffen sein, beeinflussen mit ihren Entscheidungen aber die Wertschöpfungskette deutlich. Auf allen Stufen sind Anpassungsmöglichkeiten vorhanden, jedoch ist die Fähigkeit, sich an den Klimawandel anzupassen, stark von der Bereitschaft der Akteure abhängig.

Diese wird in hohem Ausmaß von sozio-ökonomischen Einflussgrößen wie den strukturellen Rahmenbedingungen oder dem Preis- und Produktivitätsdruck durch den Handel bestimmt. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass Prozesse der Planung und der Kommunikation sowie kulturelle Aspekte für alle Stufen der Wertschöpfungskette gleichermaßen eine große Bedeutung für die Klimaanpassungsfähigkeit haben.

Wertschöpfungskette Milchwirtschaft	potenzielle Auswirkungen	Anpassungs-kapazität	Verwund-barkeit
Vorproduktion	mittel (positiv)	mittel-hoch	gering
Produktion	gering-mittel (negativ)	gering	mittel
Verarbeitung	gering (negativ)	mittel	gering
Handel und Konsum	gering (negativ)	mittel-hoch	gering

**Abb. 2:** Übersicht über die Ergebnisse der Vulnerabilitätsanalyse in der Milchwirtschaft (Mesterharm, 2011).

## Schlussfolgerungen

Die Wertschöpfungskette Milchwirtschaft wird sich mit den Herausforderungen des Klimawandels auseinandersetzen müssen, um sowohl Risiken verringern als auch regionale Chancen nutzen zu können. In Zeiten des Strukturwandels und umfangreicher Investitionen auf Seiten der Milcherzeuger und auf Seiten der Milchverarbeiter ist es unerlässlich, in einer langfristigen Planung auch Aspekte des Klimawandels und der Klimaanpassung zu berücksichtigen.

## Literatur

- AKAMP, M., BEERMANN, M., MESTERHARM, M. (2011): Verwundbarkeitsanalyse Ernährungswirtschaft – Wie verwundbar ist die Ernährungswirtschaft in der Metropolregion Bremen-Oldenburg? nordwest2050, Kurz und bündig, 2011.
- AKAMP, M., MESTERHARM, M., MÜLLER, M. (2010): Vulnerabilitätsbezogene Wertschöpfungskettenanalyse. nordwest2050-Werkstattbericht Nr. 1. Oldenburg.
- MESTERHARM, M. (2011): Regionale Vulnerabilitätsanalyse der Ernährungswirtschaft im Kontext des Klimawandels - Eine Wertschöpfungskettenbetrachtung der Milchwirtschaft in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. nordwest2050-Werkstattbericht Nr. 9. Oldenburg.
- SMIT, B., WANDEL, J. (2006): Adaptation, adaptive capacity and vulnerability, in: Global Environmental Change, 16. Jg. (2006), Nr. 3, S. 282–292.

# **Versuchsergebnisse zur Wirkung unterschiedlicher Grünlanddüngung auf Ertrag, Futterqualität, N-Bilanz und Nitratkonzentration des Sickerwassers**

M. Diepolder, S. Raschbacher

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökologie, Ökologischen  
Landbau und Bodenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Michael.Diepolder@LfL.bayern.de

## **Einleitung und Problemstellung**

Ziel einer optimalen Düngung im Wirtschaftsgrünland ist es, den Ertrag und die Qualität des Futters nachhaltig zu sichern bzw. zu verbessern, Nährstoffe effizient einzusetzen und Umweltbelastungen zu vermeiden. Bei intensiver Schnittnutzung werden in Gunstlagen hohe Nährstoffmengen abgefahren, was in der Bemessung der Düngung entsprechend zu berücksichtigen ist. Unter dem Aspekt des Grundwasserschutzes ist von Interesse, ob und inwieweit mit einem - pflanzenbaulich gerechtfertigten - hohen Düngereinsatz auch das Risiko von Stoffausträgen mit dem Sickerwasser zunimmt. Im Fokus steht dabei der Stickstoff bzw. das Nitrat. Werden intensiv genutzte Grünlandflächen nur wenig oder gar nicht mit Stickstoff versorgt, gilt es, Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Pflanzenbestände einerseits und den Gewässerschutz andererseits zu quantifizieren bzw. gegeneinander abzuwägen.

Die hier vorgestellten Versuchsergebnisse sollen dabei Zusammenhänge aufzeigen. Sie können u.a. auch Hinweise darauf geben, ob bei Intensivgrünland mit einer Verschlechterung der Nitratbelastung des Grundwassers zu rechnen ist, wenn Güllemengen in Höhe der sogenannten „230er-Regelung“ nach der Düngeverordnung (DÜV, BUNDESGESETZBLATT, 2007) ausgebracht werden.

## **Material und Methoden**

Der Versuch mit fünf Varianten (Tab. 1) in vierfacher Wiederholung wurde in den Jahren 2000 – 2004 im Alläuer Alpenvorland am Spitalhof/Kempton (730 m ü. NN, 1290 mm ø Jahresniederschlag, 7,0 °C Jahresdurchschnittstemperatur; Parabraunerde aus schluffigem Lehm, native weidelgrasreiche Wiese; in 0 – 10 cm Tiefe 6,4 % Humus, C/N

9,4:1, pH 6,2, CAL-  $P_2O_5$  und  $-K_2O$  in Versorgungsstufe B) durchgeführt. Die botanischen Aufnahmen erfolgten zu Versuchsbeginn und –ende bei einer Wiederholung.

Zu vermerken ist, dass mit Ausnahme der ungedüngten Kontrolle 1 alle vier gedüngten Varianten sich kaum in der Höhe der P- und K-Zufuhr, jedoch deutlich in der Höhe der N-Zufuhr unterscheiden. Dabei entspricht bei der ausschließlich organisch gedüngten Variante 4 eine N-Ausbringung über Gülle in Höhe von 230 kg N/ha der Obergrenze der „230-er Regelung“ nach DüV für Intensivgrünland.

Bei allen Aufwüchsen wurden die TM-Erträge von allen 20 Einzelparzellen sowie die Rohfaser-, Rohprotein-, und Rohaschegehalte anhand von Mischproben bestimmt. Die Energiekonzentration wurde aus den Rohnährstoffen berechnet. Zur Berechnung der durchschnittlichen Nährstoffkonzentrationen in Tabelle 2 wurde der Ertragsanteil der einzelnen Aufwüchse am Jahresertrag berücksichtigt.

**Tab. 1:** Versuchsvarianten und gedüngte Nährstoffe

Vari- ante	Beschreibung <sup>1)</sup>	Gedüngte Nährstoffe in kg/ha			
		N <sub>gesamt</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
1	Ohne Düngung (Kontrolle)	0	0	0	0
2	KAS, Superphosphat, Kornkali	200 (4 x 50)	100	220	85 <sup>2)</sup> min.
3	KAS, Superphosphat, Kornkali	300 (4 x 75)	100	220	85 <sup>2)</sup> min.
4	Gülle mit Ø 4,3 TS (4 x 25 m <sup>3</sup> /ha)	230	110	230	25 <sup>2)</sup> org.
5	Stallmist mit Ø 24 TS (150 dt/ha Herbst + 80 dt/ha nach 1. Schnitt)	125	105	220	20 <sup>2)</sup> org.

<sup>1)</sup> Variante 1 mit 3 Schnitten/a, 1. Schnitt ø am 17.Mai; Varianten 2 – 5 mit 4 Schnitten/a, 1. S. ø am 12. Mai

<sup>2)</sup> Abgeleitet nach Literaturangaben (Werte sind daher als „ca.“ zu verstehen)

Das Bodenwasser wurde mittels dauerhaft in den Boden installierten Keramik-Saugkerzen (je vier pro Variante in 60 und 80 cm Bodentiefe), an die mehrmals pro Tag ein Unterdruck von 0,5 bar angelegt wurde, kontinuierlich aufgefangen. Die Wasserproben wurden alle zwei bis drei Wochen auf die enthaltenen Nitrat-, Phosphor- und Schwefelkonzentrationen untersucht, begleitend dazu erfolgte eine Nährstoffbestimmung im Leitungswasser am Spitalhof. Zur groben Quantifizierung von jährlichen Nährstofffrachten wurde bei der mittleren jährlichen Sickerwassermenge (ca. 630 l/ha) auf Literaturschätzwerte zurückgegriffen. Die statistische

Verrechnung erfolgte mit dem Statistikpaket SAS unter Anwendung des SNK-Tests bei  $\alpha = 0,05$ .

### Ergebnisse und Diskussion

Botanisch unterschieden sich die fünf Varianten teilweise in ihrer Artenzahl, vor allem aber in ihrem Artenanteil in der Frischmasse, damit im Futterwert (Tab. 2). Fehlende Düngung (Var. 1) senkte durch eine empfindliche Reduktion von Deutschem Weidelgras bzw. durch einen hohen Krautanteil, davon über die Hälfte Spitzwegerich, den Futterwert des Pflanzenbestandes deutlich. Der grasreichste und aus pflanzenbaulichster Sicht hochwertigste Bestand war bei Variante 3 mit der höchsten N-Düngung zu verzeichnen. Mineralische N-Düngung reduzierte den Klee stark.

**Tab. 2:** Botanische Zusammensetzung und mittlere Futterwertzahl (Mittel 1999, 2000/04)

Variante	Artenzahl	Deutsches Weidelgras	$\Sigma$ Gräser	$\Sigma$ Klee	$\Sigma$ Kräuter	FWZ <sup>1)</sup>
1	17	19	32	12	56	5,1
2	16	69	87	1	12	7,3
3	11	77	94	<1	6	7,5
4	12	68	84	6	10	7,4
5	16	58	78	8	14	7,2

<sup>1)</sup>  $\emptyset$  Futterwertzahl (nach KLAPP et. al.) im ersten Aufwuchs

**Tab. 3:** Erträge und mittlere Futterqualität (Mittel 2000 – 2004)

Variante	Ertrag			Konzentration <sup>1)</sup>		
	TM (dt/ha)	Rohprotein (kg/ha)	Energie (GJ NEL/ha)	Rohfaser (g/kg TM)	Rohprotein (g/kg TM)	Energie J NEL/kg TM)
1	57,18 d	617 d	35,78 d	232 b	108 b	6,25 a
2	114,49 b	1585 b	68,33 b	250 ab	138 a	5,97 b
3	130,84 a	1926 a	77,82 a	260 a	147 a	5,94 b
4	95,09 c	1330 bc	57,73 c	237 b	142 a	6,06 b
5	85,55 c	1246 c	52,38 c	232 b	145 a	6,10 b

<sup>1)</sup> Gemittelt unter Berücksichtigung der Ertragsanteile einzelner Schnitte

Die gewählte Art und Höhe der N-Düngung beeinflusste die Erträge (Tab. 3) erheblich. Dabei wurden bei Variante 3 gegenüber der ungedüngten Kontrollvariante 1 rund der 2,3fache TM- bzw. 2,2fache Energie-Ertrag und der 3,1fache Rohprotein-Ertrag erzielt. Es fällt zudem das relativ niedrige Ertragsniveau der Güllevariante 4 auf. Dies nicht nur im Vergleich zur Mineraldüngervariante 2 sondern insbesondere auch im Vergleich zu anderen Versuchen mit Gülledüngung am Standort (u.a. DIEPOLDER und RASCHBACHER, 2010), wo trotz teilweise niedrigerer Aufwandmengen TM-Erträge von ca. 105-115 dt /ha im mehrjährigen Mittel erzielt wurden. Hierfür kann keine völlig schlüssige Erklärung gegeben werden. Die gedüngten Vierschnittvarianten 2-5 zeigten bei den Inhaltstoffen bei der RP- bzw. Energiekonzentration keine signifikanten Unterschiede, nur geringfügige beim Rohfasergehalt, der mit zunehmendem N-Einsatz tendenziell anstieg.

**Tab. 4:** N-Bilanzierung (Mittel 2000 - 2004)

Variante	Düngung	Verlust Ausbringung Org. Dg. <sup>1)</sup>	N über Klee <sup>2)</sup> in kg N/ha	Abfuhr	Saldo
1	0	0	48	- 99	-51
2	200	0	8	-254	-46
3	300	0	2	-308	- 6
4	230	-40	24	-216	- 2
5	125	-18	32	-199	-60

<sup>1)</sup> Anrechnung von Nährstoffverlusten in Anlehnung an Düngeverordnung (DüV)

<sup>2)</sup> Berechnung: Kleeanteil (% FM) im 1. Aufwuchs x 4 kg N/ha



**Tab. 5:** Nitratkonzentrationen im Sickerwasser (Mittel 2000 – 2004)

Variante	Probenzahl	Ø Nitratgehalt <sup>2)</sup>	90% / 99%-Quantilen <sup>3)</sup>
	n	in mg NO <sub>3</sub> /l	
1	748	0,39 d	0,64 / 3,90
2	737	2,10 b	4,48 / 29,79
3	723	3,09 a	7,17 / 46,79
4	708	1,30 c	1,24 / 20,08
5	756	1,70 bc	3,06 / 22,49
[LW <sup>1)</sup>	200	7,18	11,86 / 16,80]

<sup>1)</sup> Leitungswasserproben am Spitalhof/Kempton zum Vergleich

<sup>2)</sup> Unterschiedliche Buchstaben: bedeuten signifikant verschiedenen Mittelwerte bei  $\alpha = 5\%$

<sup>3)</sup> Bedeutet: 10 % bzw. 1 % der Proben liegen über dem Wert

Der Vergleich der Erträge und Rohproteingehalte (Tab. 3) der gedüngten Varianten deutet an, dass im Bereich unterbilanzierter Düngung leicht verfügbarer Stickstoff in erster Linie zu einer Zunahme an Biomasse führte, was auch aus den Ergebnissen von DIEPOLDER und RASCHBACHER, 2010 hervorgeht. Bei der ungedüngten Kontrollvariante fiel – bei verminderter Nutzungsfrequenz – der Rohproteingehalt signifikant ab, jedoch wurde im Erntegut die höchste mittlere (rechnerische) Energiekonzentration gemessen. Dies war sowohl auf den niedrigen Rohfasergehalt des krautreichen Pflanzenbestandes (s. Tab. 2) als auch auf einen niedrigeren Rohaschegehalt (nicht explizit dargestellt) zurückzuführen. Dieser lag bei Variante 1 im Durchschnitt bei 7,8 % in der TM, dagegen bei den Varianten 2 - 5 bei ca. 9,2 - 9,8 % in der TM.

Tabelle 4 zeigt, dass zwischen den fünf Varianten zwar erhebliche Unterschiede im N-Saldo bestanden, jedoch keine Düngungsstufe eine positive N-Bilanz erreichte. Dies trifft sowohl für Variante 3 mit relativ hohem mineralischem N-Einsatz als auch für die „230-er“-Variante 4 mit der bereits vorher erwähnten suboptimalen N-Umsetzung zu.

Die Höhe des N-Saldos (Tab. 4) stand nicht in direkter Beziehung zum Nitratgehalt des Sickerwassers (Tab. 5). Dagegen wirkte sich die Höhe des N-Einsatzes als solche teilweise signifikant auf die mittlere Nitratkonzentration sowie auf gewisse Nitratspitzen aus, was an den 90 %- bzw. 99 %-Quantilen ablesbar ist. Allerdings fiel das absolute Niveau der Nitratwerte Werte sehr niedrig aus, demnach auch mit unter 5 kg N/ha die daraus kalkulierte jährliche N-Fracht über das Sickerwasser.

**Tab. 6:** Phosphor- und Schwefelkonzentration im Sickerwasser, (Mittel 2000-2004)

Variante	Proben- zahl	Ø Phosphor- gehalt	90% / 99%- Quantilen	Proben- zahl	Ø Schwefel- gehalt	90% / 99%- Quantilen
	n	in mg P/l		n	in mg S/l	
1	749	0,06 a	0,11 / 1,03	752	0,68 c	0,99 / 5,47
2	740	0,05 a	0,09 / 0,94	742	8,48 a	18,79 / 38,75
3	723	0,07 a	0,07 / 0,96	729	7,71 b	17,41 / 34,05
4	706	0,04 a	0,08 / 0,52	707	0,66 c	1,08 / 2,66
5	747	0,06 a	0,13 / 0,62	748	0,92 c	1,60 / 4,31
[LW	200	0,03	0,04 / 0,36	200	3,88	5,73 / 9,03]

Im Gegensatz zum Nitratgehalt unterschieden sich die P-Konzentrationen des Sickerwassers (Tab. 6) nicht voneinander. Der mittlere P-Gehalt der 3 665 untersuchten Wasserproben des Gesamtversuchs lag bei 0,056 mg P/l und damit etwas höher als der P-Gehalt im Leistungswasser. Daraus wurde ein mittlerer P-Austrag des Grünlandversuchs von rund 0,35 kg P/ha bzw. 0,8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha abgeleitet.

Die S-Konzentrationen des Sickerwassers unterschieden sich dagegen signifikant voneinander. Diesbezüglich stellten bereits DIEPOLDER ET AL. (2006) in einer ersten Auswertung der Versuchsdaten fest, dass zwischen Art und Höhe der S-Zufuhr, dem Ertragspotenzial bzw. dem S-Entzug und der Auswaschungsgefährdung von Schwefel ein enger Zusammenhang besteht. So ließen sich die mit dem Sickerwasser aus dem Wurzelraum ausgetragenen Schwefelfrachten bei fehlender oder organischer Düngung auf jährlich deutlich unter 10 kg/ha quantifizieren. Sie stiegen jedoch bei den Varianten 2 und 3, bei denen die S-Zufuhr in Höhe von ca. 85 kg/ha (Tab. 1) als leicht lösliches Sulfat über die PK-Düngung erfolgte und damit erheblich über der S-Abfuhr (geschätzt ca. 35 – 40 kg/ha) lag, auf jährlich rund 50 kg S/ha an.

### Schlussfolgerungen

Unter leistungsfähigen Grünland mit Schnittnutzung blieb der Nitratgehalt im Sickerwasser sowohl bei einem Einsatz von 230 kg N/ha über Gülle als auch bei hohem, jedoch nicht überbilanzierten mineralischem N-Aufwand auf sehr niedrigem Niveau. Dagegen führte eine überhöhte S-Düngung zu entsprechenden Zunahmen der Schwefelkonzentration im Sickerwasser bzw. der S-Frachten.

## Literatur

- BUNDESGESETZBLATT (2007): Bekanntmachung der Neufassung der Düngeverordnung vom 27. Februar 2007. Bundesgesetzblatt Teil I, 221 – 240, ausgegeben zu Bonn am 5. März 2007.
- DIEPOLDER, M., JAKOB, B., HEIGL, L. (2006): Untersuchungen zur Schwefelbelastung des Sickerwasser unter Dauergrünland. Tagungsband der 50. Jahrestagung der AGGF, 170-173, LfL-Schriftenreihe 17/2006.
- DIEPOLDER, M. UND RASCHBACHER, S. (2010): Leistungsfähiges Grünland und Verzicht auf Mineraldüngung – Sind nachhaltig hohe Erträge und Futterqualitäten möglich? *Schule und Beratung*, 3-4/10, III-13 -19; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S. (2011): Erträge, Futterqualität und Nährstoffgehalte des Sickerwassers bei unterschiedlicher Grünlanddüngung – Versuchsergebnisse. *Schule und Beratung*, 3-4/11, III-18 - 23; Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

# **Störungsfreie Erfassung von Biomassen in Leguminosen/Gras-Beständen mit einem Ultraschallsensor**

T. Fricke, F. Richter, M. Wachendorf

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften  
Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe  
Steinstraße 19, 37213 Witzenhausen, Email: thfricke@uni-kassel.de

## **Einleitung und Problemstellung**

Für die Leistungsfähigkeit ökologisch wirtschaftender Betriebe haben Leguminosengrasgemenge einen hohen Stellenwert. Ihre Produktivität unter Berücksichtigung der schlaginternen Variation genauer abschätzen zu können, trägt zu einer optimierten Kalkulation des Futteraufkommens und der Nährstoffflüsse bei. Zahlreiche sensorbasierte Systeme zur Ertragserfassung konzentrieren sich auf geerntetes Material. Eine Übersicht von u. a. Ertragserfassungssystemen ist bei Schellberg *et al.* (2008) aufgeführt. Andere Ansätze eignen sich zur Ertragsmessung in stehenden Beständen. Insbesondere aus dem Weidemanagement sind Anwendungen bekannt, die über Bestandeshöhen und teilweise unter Einbezug der Bestandesdichte eine Schätzung der Biomasse ermöglichen (Hutchings *et al.* 1990, Murphy *et al.* 1995, Sanderson *et al.* 2001). Von den verwendeten Systemen eignet sich die Ultraschallmessung neben der statischen Messung auch für die mobile Anwendung, die in Kombination mit dem Global Positioning System (GPS) eine Ertragskartierung ermöglicht. Diese Studie stellt Ergebnisse zur Evaluierung von Ultraschalldistanzmessungen vor, mit dem Ziel deren prinzipielle Eignung und bestandesspezifische Einflussgrößen zur Ertragsschätzung in Leguminosen/Gras-Beständen (statisches Experiment) sowie eine erste mobile Anwendung (On-the-go Experiment) zu bewerten.

## **Material und Methoden**

Die im weiteren Verlauf der Studie wird für die Bestandeshöhe der Begriff Ultraschallhöhe (USH) verwendet. Die USH beschreibt die errechnete Höhe der Bestände aus der Differenz zwischen der Position des Sensors über dem Boden und der gemessenen Distanz zur Bestandesoberfläche. Die Distanzmessung des Ultraschallsensors bezieht sich hierbei auf das oberste Objekt des Pflanzenbestandes, das ein verlässlich messbares Reflektionssignal im konischen Messkegel (ca. 12° Öffnungswinkel) verursacht.

Die Messungen für das statische Experiment erfolgten auf einem Parzellenversuch des Versuchsbetriebs Neu-Eichenberg (Nordhessen, 53°23' N, 9°54' O, 227 m üNN.) in den Jahren 2005 (Herbstaufwuchs) und 2006 (ganzjährig). Die Varianten aus Reinsaaten und binären Gemengen mit Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*), Weißklee (*Trifolium repens*), Rotklee (*Trifolium pratense*) und Luzerne (*Medicago sativa*) wurden in vier Aufwuchsperioden beprobt. Die Hauptnutzungstermine erfolgten am 4. Oktober (2005) sowie am 12. Juni, 25. Juli und 14. September (2006). In Reingrasbeständen wurde zusätzlich die Jahresdüngergabe (40/80/120/160/200 Kg N/a) variiert. In wöchentlichen Intervallen erfolgten Messungen der Ultraschallhöhe mit einem Ultraschallsensor (Pepperl & Fuchs UC 2000-30GM-IUR-V15) über Probenflächen der Größe 50 x 50 cm an fünf Positionen innerhalb eines Trägerrahmens (Zentrum und diagonale Eckpunkte im Abstand 14.1 cm vom Zentrum). Die fünf Einzelwerte wurden für die weitere Analyse gemittelt. Spätestens einen Tag nach der Ultraschallmessung erfolgte die Beerntung der Probenflächen bei einer Schnitthöhe von 5 cm. Die Probenmengen wurden in die Artengruppen Gräser, Leguminosen und Kräuter fraktioniert und bei 65 °C 48 h getrocknet.

Die mobile Anwendung (On-the-go) wurde einmalig zur 1. Hauptnutzung 2007 in einem zweischürigen Parzellenversuch ähnlicher Bestandestypen (Var 1 - 5: Deutsches Weidelgras mit 0/150/300/450/600 kg N/ha\*a, Var.6 Weißklee-Dt. Weidelgras 5/15 kg/ha, Var. 7 Rotklee-Weidelgras 8/15 kg/ha, 4 Wiederholungen) durchgeführt. Der Ultraschallsensor wurde zusammen mit einem Präzisions DGPS (Leica SR530) auf einem einachsigen Trägerfahrzeug montiert und bei 0.4 – 1.8 Km/h in Längsrichtung über die Parzellen inklusive der Wege geführt. Über die im statischen Experiment ermittelten bestandesspezifischen Funktionen (Tab. 2) erfolgte eine Validierung der errechneten Biomassen (Parzellenmittelwerte) mit Referenzbiomassen, die nach der Methodik des statischen Experiments im Zentrum der Parzellen ermittelt wurden.

Multiple Regressions- und Varianzanalysen erfolgten mit der GLM-Prozedur im Programmpaket SAS 9.1. Prozentuale Daten wurden zur Vermeidung von Varianzheterogenitäten logit-transformiert. Nicht signifikante Effekte wurden aus den Modellen eliminiert mit Ausnahme der Haupteffekte, die in Interaktionen Signifikanzen aufwiesen (Nelder 1994, Nelder and Lane, 1995). Punktdaten aus der mobilen Anwendung wurden über die „Inverse-Distanz-Wichtung“ interpoliert (Tydac SPANS 7.1, linearer Gradient, 4 Nachbarpunkte) und mit IDRISI Taiga in eine 3D-Ansicht überführt.

## Ergebnisse und Diskussion

Die beprobten Bestände umfassen bei einer Biomassenspanne von 0,06 – 11,3 t ha<sup>-1</sup> Aufwuchshöhen von 5 – 104,2 cm. Die Krautfraktion, nachfolgend – da nicht angesät - als Unkräuter bezeichnet, erreicht insbesondere im ersten Nutzungsjahr aufgrund einer anfangs schwierigen Bestandesentwicklung hohe Ertragsanteile bis zu 47 % (Mittel = 16,2 %).

**Tab. 1:** Effekte der Bestandeseigenschaften auf die Schätzung des Biomassertrages (t ha<sup>-1</sup>). Ergebnisse des "General Linear Models (GLM)" unter Einbezug der Ultraschallhöhe (USH) und des Unkrautanteils (UA; in Prozent, logit-transformiert) als metrische Variablen sowie des Effekts von Bestandestyp (BT) und Aufwuchsperiode (AP) als Klassifikationsvariablen.

	SS	DF	MS	F	P
Modell <sup>a</sup>	1187.54	31	38.31	74.53	<0.0001
Fehler	142.38	277	0.51		

Effekte	Type III SS		MS	F	P
USH	27.69	1	27.69	53.88	<0.0001
USH <sup>2</sup>	14.68	1	14.68	28.57	<0.0001
BT	8.60	6	1.43	2.79	0.0119
AP	2.87	3	0.96	1.86	0.1369
UA	0.14	1	0.14	0.26	0.6074
USH*BT	14.05	6	2.34	4.56	0.0002
USH <sup>2</sup> *BT	20.41	6	3.40	6.62	<0.0001
USH*AP	4.38	3	1.46	2.84	0.0382
USH <sup>2</sup> *AP	5.70	3	1.90	3.69	0.0124
USH <sup>2</sup> *UA	21.75	1	21.75	42.31	<0.0001

<sup>a</sup> R<sup>2</sup> = 0.893; SE = 0.717

Die Beziehung zwischen Ultraschallhöhe und Biomasse wird durch mehrere Interaktionen beeinflusst. Einfluss nehmen der Bestandestyp, die Aufwuchsperiode und der Unkrautanteil (Tab. 1). Während der Bestandestyp vom Landwirt im Vorfeld der Messungen identifiziert werden kann, stellt die Aufwuchsperiode keine feststehende Größe dar, sondern wird durch variierende phänologische Entwicklungen geprägt. Eine praktikable Einbindung dieser Variablen in eine Kalibration ist daher schwierig. Auch der Unkrautanteil müsste während der Messung sensorisch gleichzeitig mit der Höhe erfasst werden um den Bestandeseinfluss zu quantifizieren. Er zeigt in praxisüblichen Beständen in der Regel aber nur eine untergeordnete Bedeutung. Im weiteren Verlauf wird daher die rein bestandesspezifische

Kalibration zur Schätzung der Biomasse auf Basis der Ultraschallhöhe und des Bestandestyps in den Vordergrund gestellt.

Im Hinblick auf eine möglichst umfassend gültige Kalibration wurde die Abschätzung der Biomasse auf Basis der Ultraschallhöhe zunächst für den gesamten Datensatz aller Bestandestypen ermittelt und erreichte ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0.748$  bei einem Standardfehler (SE) von  $1.046 \text{ t ha}^{-1}$ . In bestandesspezifischen Beziehungen konnte die Schätzgüte bis zu  $R^2 = 0.818$  bei  $SE = 0.73$  verbessert werden. Die beste Schätzgüte wurde in reinen Weidelgrasbeständen erreicht (Tab. 2) was auf eine weitgehend homogene Struktur der Biomassen entlang der Bestandeshöhenschichtung hindeutet. Im Gegenzug zeigen Weißklee-Reinsaaten die vergleichsweise schlechteste Biomassschätzung mit Hinweis auf die kompakte Wuchsform der Art, deren Höhenwachstum in geringerem Maß mit der Ertragsentwicklung parallel läuft. In Mischbeständen kompensieren sich die Wuchseffekte beider Arten und zeigen für Gemenge (EA-Mittel 45 % Weißklee) eine hohe Schätzgüte (Tab. 2).

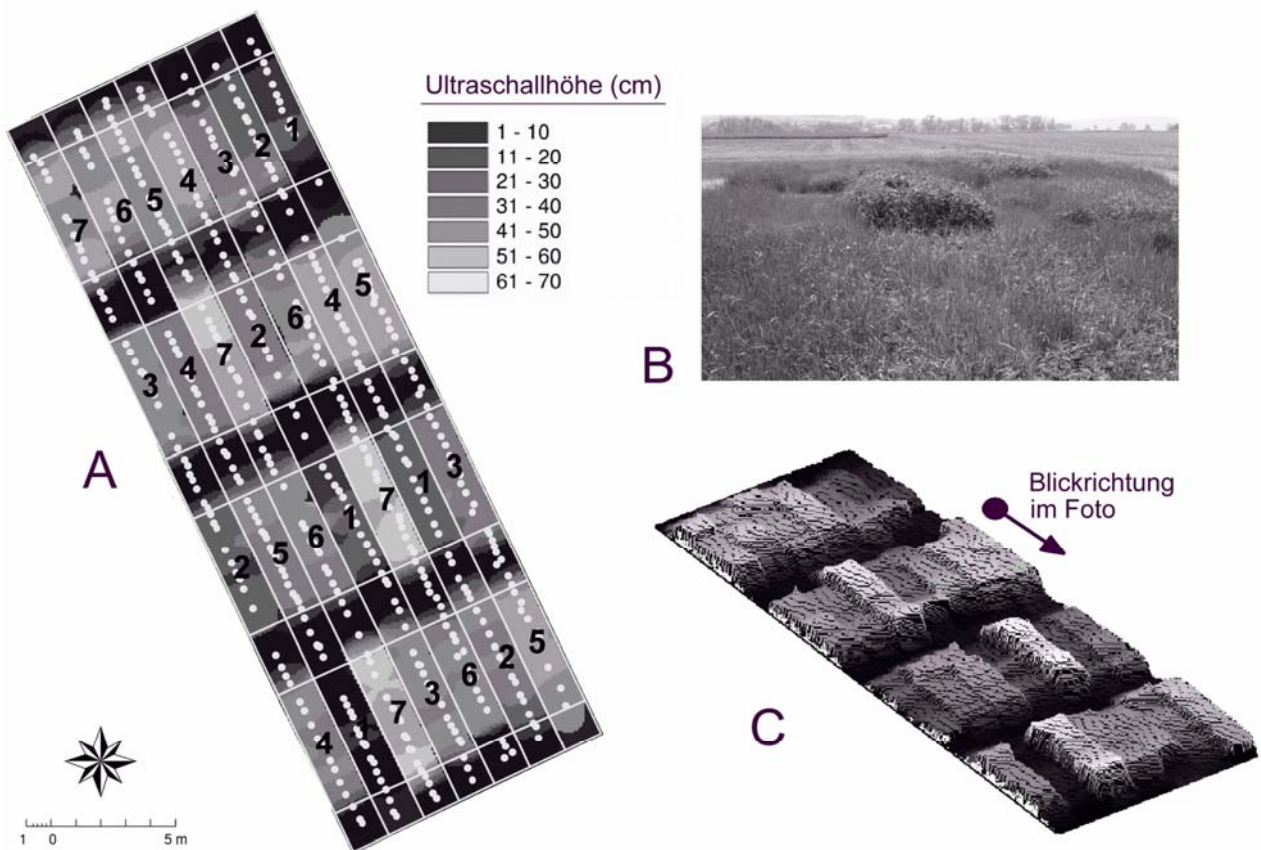
**Tab. 2:** Regressionsstatistik der gemessenen Biomassen ( $BM^a$ ) und Ultraschallhöhen ( $USH^b$ ) für den gesamten Datensatz sowie leguminosenspezifische Gemenge und Reinsaaten

Treatment	N	SE	$R^2$	Equation
Gesamter Datensatz	309	1.046	0.748 *** <sup>c</sup>	$BM = -0.9141 + 0.1298 \text{ USH} - 0.00041 \text{ USH}^2$
Gemenge inklusive Reinsaaten der spezifischen Bestandespartner				
White clover (W) <sup>d</sup>	154	0.730	0.818 ***	$BM = -1.42 + 0.1589 \text{ USH} - 0.00062 \text{ USH}^2$
Red clover (R) <sup>d</sup>	147	0.983	0.799 ***	$BM = -0.583 + 0.1006 \text{ USH}$
Lucerne (L)	82	1.241	0.799 ***	$BM = -0.279 + 0.0831 \text{ USH}$
Reinsaaten				
W	48	0.629	0.598 ***	$BM = -0.418 + 0.0976 \text{ USH}$
R	42	0.960	0.677 ***	$BM = -2.071 + 0.1975 \text{ USH} - 0.0013 \text{ USH}^2$
L	12	1.521	0.791 ***	$BM = -3.961 + 0.1225 \text{ USH}$
Grass (G) <sup>d</sup>	85	0.700	0.843 ***	$BM = -1.558 + 0.189 \text{ USH} - 0.0012 \text{ USH}^2$

<sup>a</sup>  $BM$  = Biomasse ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) als abhängige Variable; <sup>b</sup>  $USH$  = Ultraschallhöhe (cm) als unabhängige Variable; <sup>c</sup> \*\*\* Signifikant bei  $p > 0.001$ ; <sup>d</sup> Gleichungen, die für die Validation im On-the-go Experiment genutzt wurden.

Die mobilen Messungen (On-the-go) der Ultraschallhöhe in Längsrichtung entlang der Parzellen eines Feldversuchs (Abb. 1) geben ein Höhenprofil der Parzellen wieder (Abb. 1) Unter Verwendung bestandesspezifischer Funktionen (Tab. 2) wurden für jede Höhe die entsprechenden Biomassen und hieraus für jede Parzelle ein Mittelwert des Biomassertrages errechnet. Die ermittelten Werte überschätzen die gemessenen Referenzbiomassen im Mittel

um 21,4 %, wobei Gras-Reinbestände geringerer Ertragslage wegen zum Zeitpunkt der Messung geschobener Blütenstände in Verbindung mit geringer Blattmasse bis zu 40,7 % überschätzt wurden. Während in Weißklee-Gras-Beständen aufgrund gleicher Effekte ebenfalls hohe Überschätzungen auftraten (35,7 %) zeigten sich im Rotklee-Gras-Gemenge Unterschätzungen von 17,5 %. Bei der Erstellung der verwendeten Kalibrationsgleichungen war die Biomassezunahme mit einer Fortentwicklung des phänologischen Stadiums und damit einer Zunahme der Höhe verbunden. Im Parzellenversuch der mobilen Anwendung lagen dagegen bei gleichem fortgeschrittenem phänologischen Stadium (BBCH 60-70 des Dt. Weidelgrases) unterschiedliche Biomassen vor, die über eine Höhenmessung unzureichend abgeleitet werden konnten. Auf der anderen Seite kann der kompakte Wuchs der Rotklee-Grasbestände zu einer Unterschätzung führen.



**Abb. 1** Interpolierte Karte (A) der Ultraschallhöhen aus der mobilen Anwendung ergänzt durch eine 3D-Ansicht (C) und ein Foto (B) des überfahrenen Parzellenversuches. Die Punkte in Karte A kennzeichnen die GPS-Positionen an denen Ultraschallhöhen aufgezeichnet wurden.



Karte A in Abb. 1 zeigt an den Parzellengrenzen anstatt exakter Übergänge teilweise kontinuierliche Höhengradienten, die, besonders im Übergang von hohen Beständen, bis zur Mitte der Wege reichen können. Eine Analyse der Messwerte ergab signifikante Höhenabweichungen in den Wegen bis zu 50 cm Distanz vom Parzellenrand. Ursachen hierfür liegen u.a. in der Messcharakteristik des Sensors. Dieser identifiziert Objekte innerhalb seines akustischen Mess-Kegels ( $D \leq 50\text{cm}$ ), wobei sich die GPS-Position auf das Zentrum des Sensors bezieht. Weiterhin kann ein Überhängen von z. B. Gräsern in den gemähten Arealen die Höhenmessung in diesen Übergangsbereichen beeinflussen

Der zur mobilen Messung verwendete Pflanzenbestand ist aufgrund der vom Kalibrationssatensatz abweichenden phänologischen Entwicklung nur eingeschränkt zur Validation geeignet, dennoch weist er auf Grenzen der Methode hin und zeigt den Bedarf einer weiteren Anpassung der Ultraschallsensorik.

### Schlussfolgerungen

Die Schätzung der Biomass über die Ultraschallhöhe der Bestände ist insbesondere bei bestandesspezifischer Anpassung der Schätzfunktionen mit akzeptabler Güte ( $R^2 = 0.6 - 0.85$ ) möglich. Unkraut- und phänologisch bedingte Inkonsistenzen in der Höhen-Biomasse-Beziehung beeinflussen insbesondere bei fortgeschrittenen Entwicklungsstadien der Bestände die Schätzgüte. In weiteren Schritten wäre zu prüfen, inwieweit die Kombination des Ultraschallsensors mit anderen Sensortechnologien eine Verbesserung der Ertragsschätzung ermöglicht.

### Literatur

- HUTCHINGS, N.J., PHILLIPS, A.H., DOBSON, R.C., 1990: An ultrasonic rangefinder for measuring the undisturbed surface height of continuously grazed grass swards. *Grass and Forage Science* 45 (2), 119-127.
- MURPHY, W.M., SILMAN, J.P., BARRETO A.D.M., 1995: A comparison of quadrat, capacitance meter, HFRO sward stick, and rising plate for estimating herbage mass in a smooth-stalked, meadow grass-dominant white clover sward. *Grass and Forage Science* 50 (4), 452-455.
- NELDER, J.A., 1994: The statistics of linear models: Back to the basics. *Statistics and Computing* 4, 221-234.
- Nelder, J.A., Lane, P.W., 1995: The computer analysis of factorial experiments. In memoriam: Frank Yates. *American Statistician* 49, 382-385.
- SANDERSON, M.A., ROTZ, C.A., FULTZ, S.W., RAYBURN, E.B., 2001: Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter and pasture ruler. *Agronomy Journal* 93, 1281-1286.
- SHELLBERG, J., HILL, M.J., GERHARDS, R., ROTHMUND, M., BRAUN, M., 2008: Precision agriculture on grassland: Applications, perspectives and constraints. *European Journal of Agronomy* 29 (2-3), 59-71.

## Nachhaltige Intensivierung von Ansaatwiesen

Dipl. Ing.-Agr. FH Werner Hengartner

Landw. Schule Strickhof, Eschikon, CH-8315 Lindau (ZH)  
(werner.hengartner@bd.zh.ch)

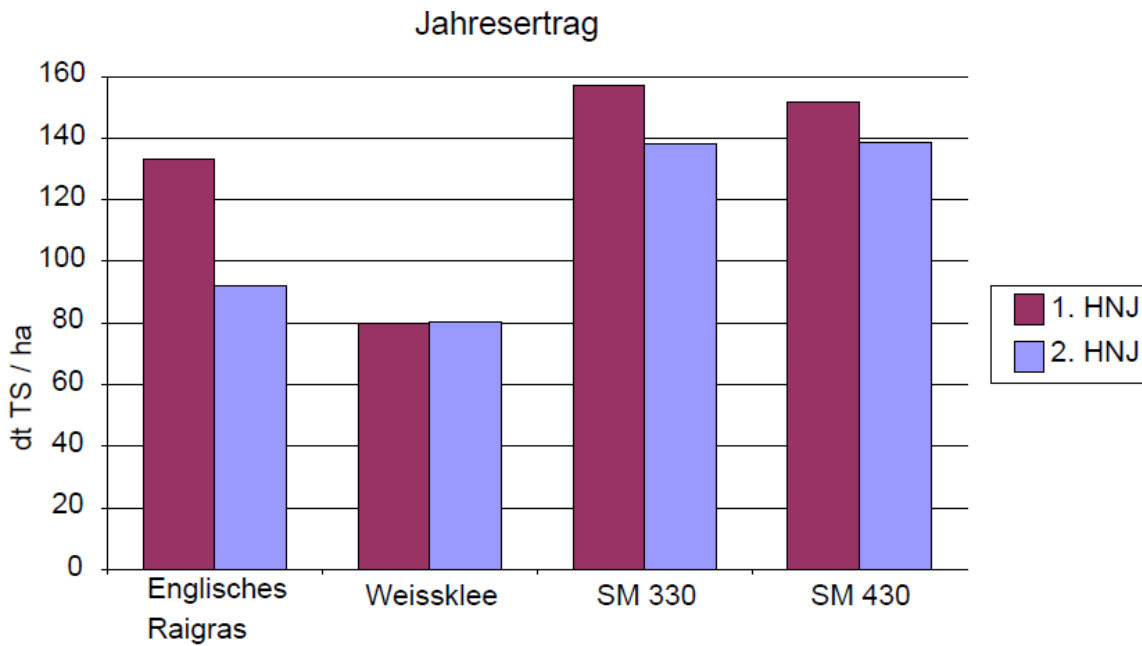
### Einleitung und Problemstellung

Angesichts der künftigen Bevölkerungsentwicklung und den sich verändernden Konsumgewohnheiten ist es unabdingbar, die landwirtschaftliche Produktion effektiver und effizienter zu gestalten. Die Herausforderung der Zukunft wird sein, Produktionssysteme zu entwickeln, die einen geringeren Bedarf an Hilfsstoffen fossiler Herkunft haben und damit grössere Erträge mit geringerer Umweltbelastung ermöglichen. (Lehmann, 2011)

Die Veränderungen von Temperaturen und Niederschlägen sowie deren Verteilung über das Jahr ist eine weitere Herausforderung für das Grünland in der Zukunft. Es sind Arten gesucht, die eine bessere Trockenstressverträglichkeit und günstige Mischungseffekte besitzen. Das Ziel ist es einerseits, die einzelnen Arten in einer Mischung zu einer funktionellen Vielfalt zusammenzufassen und andererseits eine optimale Fütterungsgrundlage zu schaffen. (Isselstein et al, 2011)

Graslandmischungen, insbesondere Klee-Grasmischungen sind von der botanischen Zusammensetzung in der Lage, zusätzlich Stickstoff aus der Luft den Pflanzen verfügbar zu machen. Damit ist es möglich, mit intensiven Beständen Stickstoff einzusparen und trotzdem hohe Erträge und gute Qualität (Gehalt an Energie und Eiweiss) zu erzielen. Eine gezielte Low-Input-Strategie kann bei einem geeigneten Standort und einer entsprechender Mischungswahl die Umwelt schonen und einen nachhaltigen Futterbau ermöglichen, ohne den futterbaulichen Ertrag einzuschränken.

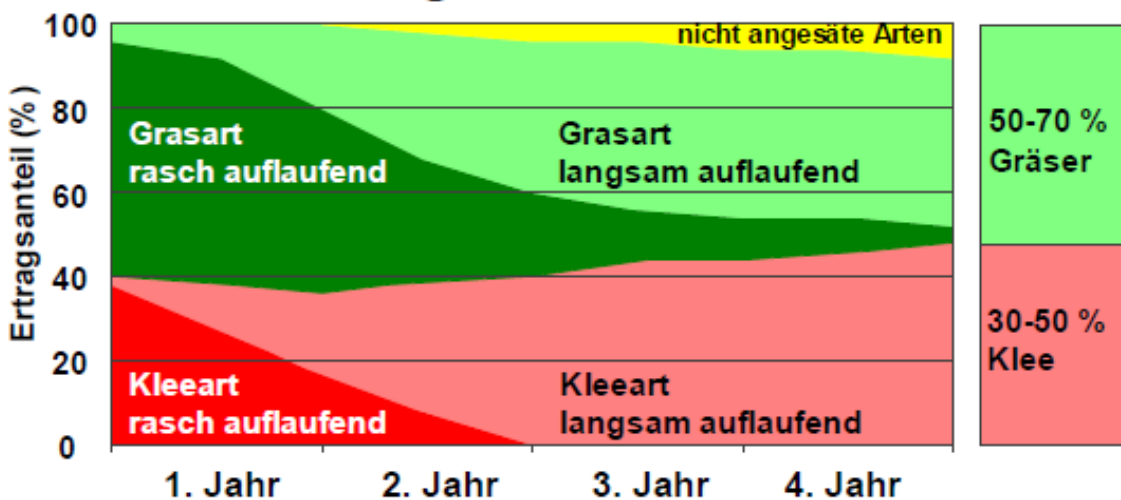
Der Anbau von Gras oder Klee in Reinsaat wurde schon verschiedentlich - unter anderem auch durch die AGFF (Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues) - untersucht (Grafik 1). Dabei wurde festgestellt, dass Mischungen höhere Erträge und eine grössere Nutzungselastizität aufweisen. Der Grund dürfte auch darin liegen, dass mit dem Ablöseprinzip (Abb. 2) die Mischungen dem Standort besser angepasst reagieren und über eine längere Dauer hohe Erträge liefern.



**Grafik 1:** Vorteile der Mischungen

Quelle: Suter; unveröffentlicht

Wie Suter am Beispiel der Grafik 1 aufzeigt, bringen Reinsaaten von Gräsern oder Leguminosen (Weissklee) weniger Ertrag, als die AGFF-Standardmischungen (SM) 330 und 430. (2 Hauptnutzungsjahre resp. längerdauernde Mischung)



**Abb. 1:** Das Ablöseprinzip

Quelle: AGFF

Das Ablöseprinzip der AGFF-Mischungen dargestellt in der Abb. 2 zeigt die Zusammenhänge zwischen botanischer Zusammensetzung und den einzelnen Arten auf.

## Material und Methoden

Im Rahmen der Veranstaltung „Gras'09“ – das Wiesenfest der AGFF (Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues) - wurde am Standort in Oensingen (CH) der Strickhof Kunstwiesen-Cup durchgeführt. Mit 12 Teams aus der ganzen Schweiz wurden AGFF-Standardmischungen für 1 – 2 Hauptnutzungsjahre im Drillsaatverfahren ausgesät. Der Kunstwiesen-Cup dauerte vom 21. August 2008 bis am 30. Oktober 2009. Die Gruppen konnten ihre Mischung aus der vorgegebenen Palette selbst auswählen. Im Weiteren haben sie jeweils die Düngung, Pflege (Säuberungsschnitt) und den Termin für den jeweiligen Nutzungsschnitt festgelegt. Für jedes Team wurden je 3 Parzellen von je 3m x 6 m angelegt. Damit sollen mögliche lokale Unterschiede ausgeglichen werden (siehe Abb. 2).

Der Standort Oensingen wies in den vergangenen Jahren regelmässig verteilte Niederschläge um die 1'100 mm auf. Die Durchschnittstemperatur liegt bei 8.5°C. Die Vorrucht war Winterweizen. Der Boden war nährstoffmässig gut versorgt und wies einen pH-Wert von 6.7 auf.

Für die Messung des Ertrages und der Inhaltsstoffe wurde folgendes Vorgehen gewählt. Der jeweilige Aufwuchs wurde geschnitten und sofort gewogen. Anschliessend wurden zwei Proben je Kleinparzelle entnommen. Für die TS-Bestimmung wurden die Proben bei 110°C getrocknet. Das Gewicht der Probe wurde vor und nach der Trocknung erfasst und der TS-Gehalt aus der Differenz errechnet. Die Probe für die Gehaltsanalyse wurde bei 65°C im Trockenschrank getrocknet. Die Proben wurden anschliessend im Labor mit der NIRS-Methode (Nah-Infrarot-Reflektions-Spektroskopie) analysiert.

Zur monetären Berechnung besteht ein Standardprogramm das die durchschnittlichen Ertragsmengen (dt TS) und Gehalte (MJ NEL, APD) der jeweils drei Kleinparzellen von jeder Gruppe in einem fiktiven Betrieb mit einer festgelegten Fläche und Milchmenge umrechnet.

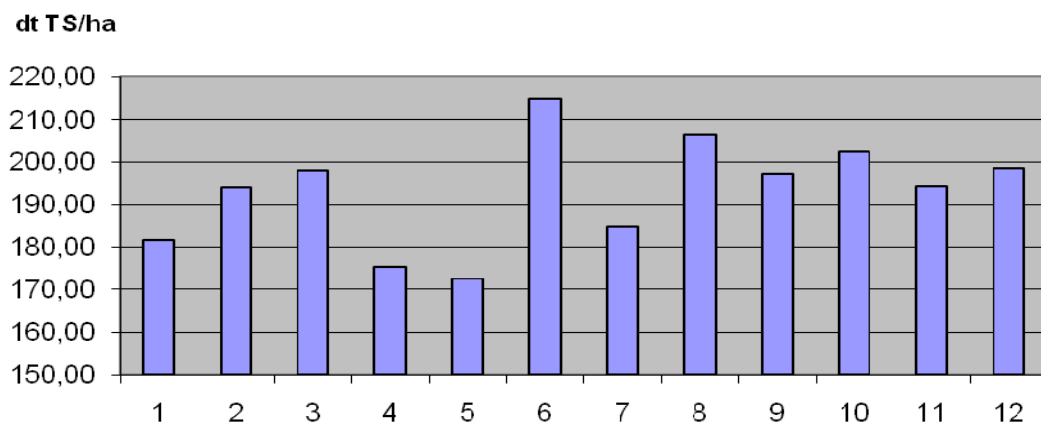
In der Abbildung 2 ist die randomisierte Verteilung der einzelnen Parzellen jeder Gruppe dargestellt. Dieses Vorgehen wurde gewählt um allfällige lokale Unterschiede auszugleichen.

	2	5	7	12	10	6	1	9	3	8	4	11	
	8	9	2	3	11	1	10	4	12	7	6	5	
	5	10	11	6	3	7	2	9	8	1	12	4	
SM	230	230	240	230	240	340 230 440A	300	320	240	240	240	240	

**Abb. 2:** Randomisierte Einteilung der Versuchsparzellen

**Ergebnisse und Diskussion**

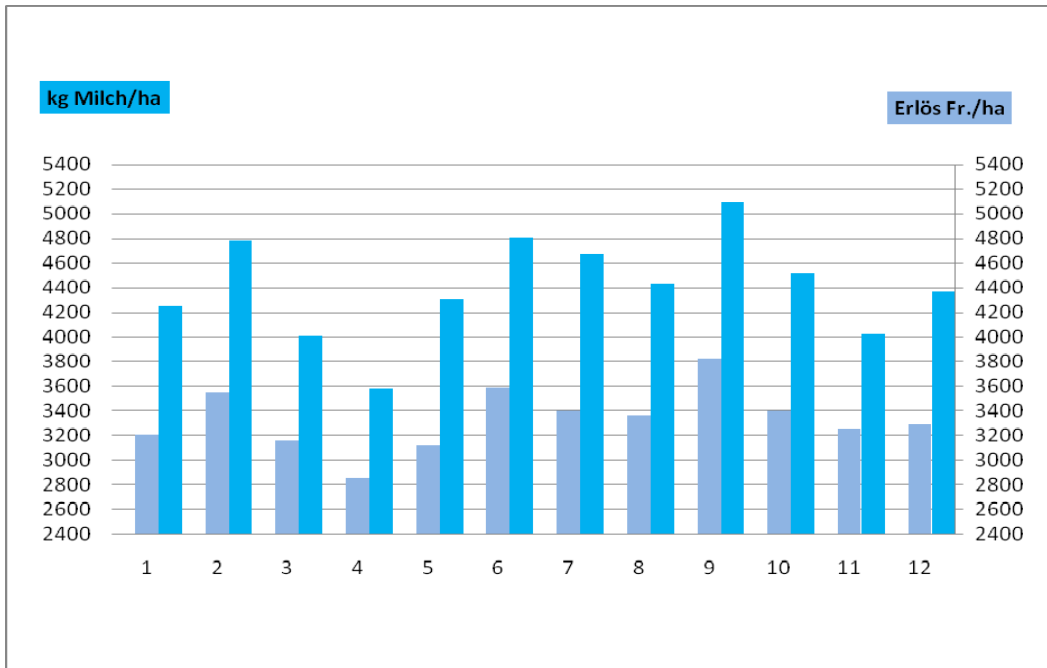
Die Resultate aus dem Strickhof Kunstwiesen-Cup – ein Anbauwettbewerb für Ansaatwiesen – zeigen, dass im Vergleich Klee-Grasmischungen besser abgeschnitten haben, als Gras-Weisskleebestände. Diese benötigen bei gleicher Intensität deutlich mehr Aufwand (Nutzungs- und Düngungsintensität).



**Grafik 2:** Bruttofelderträge von August 2008 – Oktober 2009

Die Bruttofelderträge sind bei den AGFF-Mischungen mit einer Überwinterung (230 und 240) höher ausgefallen. Diese Standardmischungen (SM) sind für eine höhere Nutzungsintensität (Anzahl Schnitte/Jahr) konzipiert und benötigen mehr Stickstoff.

Hohe Erträge sind aber nicht gleichbedeutend mit wirtschaftlichem Erfolg.

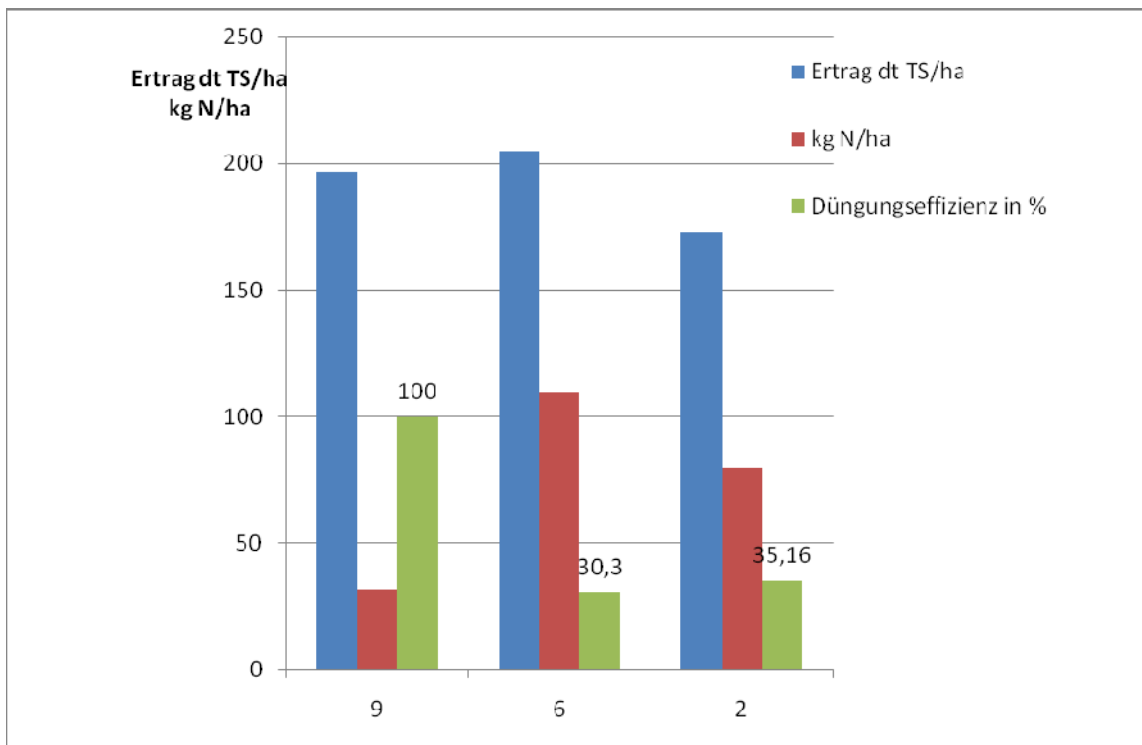


**Grafik 3:** Erlös in Fr./ha und kg Milch/ha aus dem Grundfutter

Aus der Grafik 3 geht hervor, dass das Team Nr. 9 mit 5'092 kg Milch aus dem Grundfutter und einem Erlös von Fr.3'826/ha den Strickhof Kunstwiesen-Cup gewonnen hat. Diese Gruppe wählte eine Luzerne-Grasmischung. Die Gruppe 6 startete mit einer Gras-Weisskleemischung. Diese muss häufiger genutzt werden (Schnittzahl) und die ausgebrachte Menge an Stickstoff ist rund 5 Mal höher. Auf eine Rotklee-Grasmischung setzte die Gruppe 2. Mit vier Nutzungen im Jahr weist diese dieselbe Intensität auf, wie die Luzerne-Grasmischung. Wie aber aus der Grafik 4 ersichtlich wird, war der Einsatz von Stickstoff deutlich grösser als bei der Gruppe 9.

Ein falscher Nutzungszeitpunkt, nicht effizienter Einsatz von Stickstoff und keine Pflege der Wiese führte zum Resultat der Gruppe 4. Mit Fr. 2'860 lag das Resultat Fr. 1'000 tiefer als beim Siegerteam. Die Differenz bei der Milch je Hektare aus dem Grundfutter beträgt zwischen der Gruppe 9 und 4 ca. 1'500 kg.

In der Grafik 4 wird die Effizienz (kg N/dt TS und ha) bei der Stickstoffdüngung zwischen der Luzerne-Grasmischung (9), der Gras-Weisskleemischung (6) und der Rotklee-Grasmischung (2) dargestellt. (Dabei ist das Verfahren der Gruppe 9 =100%)



**Grafik 4:** Effizienz der N-Düngung bei verschiedenen Mischungen

## Schlussfolgerungen

Wirtschaftlicher Futterbau mit gleichbleibenden Erträgen und reduzierter Nutzung (Schnittanzahl) sowie tieferen Einsatz von Stickstoff bedeuten einen schonenden Umgang mit den Ressourcen und senken die Umweltbelastung. Mit Leguminosen in der Mischung können diese Anforderungen gemeistert werden. Im Hinblick auf die klimatischen Veränderungen in der Zukunft wird eine Anpassung der Grünlandnutzung an höhere Temperaturen und weniger Niederschläge notwendig. Auch dabei können die Leguminosen neben trockenheitsverträglichen Gräsern eine wichtige Rolle spielen. Insbesondere Luzerne aber auch Rotklee sind in der Lage in Trockenperioden den Futterausfall bei den Gräsern zu kompensieren und weisen gute Gehalte für die Rindviehfütterung auf. Können die vorhandenen Ressourcen effizienter genutzt werden, ist eine nachhaltige und trotzdem intensive und damit wirtschaftliche Futterproduktion möglich.

## Literatur

- Lehmann, B., 2011: Info Agrarwirtschaft 1/2011, Ökologische Intensivierung statt Nahrungsmittelkrisen; in *Info Agrarwirtschaft* Februar (2011) S. 1
- Isselstein, J., Kayser, M., Küchenmeister, K., Küchenmeister F., Wrage, N., 2011: Grünland im Klimawandel; in *DLG Mitteilungen* 6 (2011), S. 76 – 79

# Leistungen verschiedener Ansaatmischungen für Grünland im Vergleich

Heidi Jänicke<sup>1)</sup>, Henryk Czyz<sup>2)</sup>, Teodor Kitczak<sup>2)</sup>, Marek Bury<sup>2)</sup>, Adrian Sarnowski<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern,  
Institut für Tierproduktion, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18 196 Dummerstorf  
E-mail: h.jaenicke@lfa.mvnet.de

<sup>2)</sup> Westpommersche Technologische Universität Szczecin  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie Katedra Lekarstwa  
ul. Slowackiego 17, 71 434 Szczecin (Polen)

## Einleitung und Problemstellung

Ansaatmischungen für das Grünland sollen in erster Linie für Standort und Nutzung geeignet sein. Zugleich müssen aus ihnen hervorgehende Futteraufwüchse die Anforderungen der Tierernährung an Grasprodukte erfüllen. Gilt es, hohe Qualitätsansprüche zu erfüllen, so wird an erster Stelle *Lolium perenne* genannt. Auch die Mischungsangebote für die praktische Landwirtschaft sind in ihrer Zusammensetzung sehr dominiert von *Lolium perenne*. Mit Blick auf Standort und Nutzung wirft das, regional in unterschiedlichem Maße, Probleme auf. So befindet sich in Mecklenburg-Vorpommern über  $\frac{3}{4}$  des Grünlandes auf Niedermoorböden. Hier gilt *Lolium perenne* von Natur aus als auswinterungsgefährdet. Obwohl es hinsichtlich der Mooreignung inzwischen Verbesserungen durch die Pflanzenzüchtung gibt und die großen Sortenunterschiede in dieser Frage unbedingt zu beachten sind, so ist es doch grundsätzlich ein unsicherer Partner. Auch ist die im nordöstlichen Deutschland überwiegend praktizierte drei- bis viermalige Nutzung für *Lolium perenne* eher eine zu geringe Intensität. Das zwingt zu Überlegungen, welche anderen Mischungspartner eine tragende Rolle übernehmen könnten. Mit *Festulolium braunii* steht ein Futtergras zur Verfügung, das vom Potenzial her eine ähnlich hohe Futterqualität wie *Lolium perenne* bietet und gleichzeitig ertragreich ist. Für eine drei- bis viermalige Nutzung eignet sich *Festulolium braunii* besser als *Lolium perenne*. Auf dem Niedermoor war mehrfach zu beobachten, dass die Winterfestigkeit günstiger zu beurteilen ist als bei *Lolium perenne*. In den im Folgenden zu vergleichenden Ansaatmischungen ist *Festulolium braunii* als wesentlicher Mischungspartner enthalten.



## Material und Methoden

Der Versuch wurde im August 2007 in Form einer einfaktoriellen Blockanlage mit vier Wiederholungen auf Niedermoor angesät. Dieser Grünlandstandort im Uecker-Randow-Kreis ist gekennzeichnet durch Jahresniederschläge von 520 mm/Jahr im langjährigen Mittel sowie einer Jahresmitteltemperatur von 9,2 °C. Die Versuchsfläche wurde betriebsüblich bewirtschaftet. Die Nutzung erfolgte in Form von jährlich vier Schnitten. Die Ertragsmessung und die Beprobung zur Analyse der botanischen Zusammensetzung und der Futterqualität wurden in den Jahren 2009 und 2010 jeweils vor der ganzflächigen Ernte durch den Betrieb durchgeführt. Der Erntetermin war sowohl praxisüblich als auch ein Kompromiss an die Befahrbarkeit der Flächen. Die dadurch entstehende Verspätung wirkte sich bekanntermaßen mit steigenden Fasergehalten mindernd auf den Energiegehalt aus. Die Analyse der Futterwertparameter wurde nach VDLUFA-Methoden im Labor der LUFA Rostock durchgeführt. *Festulolium braunii* ist in allen Mischungen durch die Sorte PAULITA (*Festuca pratensis* Huds. x *Lolium multiflorum* Lam.) vertreten.

**Tab. 1:** Vergleich von Ansaatmischungen auf Niedermoor, Zusammensetzung der Saatmischungen, Ansaat 2007, Ramin

Variante	Zusammensetzung der Saatmischungen (Saatmengen in kg/ha und Abkürzung für die Grasart)
1 G IV	8 Lp spät + 5 Php + 3 Ppr + 12 Dg + 2 Tre
2 G IV modif	8 Lp spät + 5 Php + 3 Ppr + 6 Dg + 6 Fbr + 2 Tre
3 RG 8	3 Lp früh + 3 Lp mittel + 3 Ppr + 12 Dg + 9 Fbr
4 RG 8 modif	4 Lp früh + 4 Lp mittel + 8 Ppr + 12 Fbr + 2 Tre
5 G III	6 Lp früh + 6 Lp mittel + 8 Lp spät + 5 Php + 3 Ppr + 2 Tre
6 G III modif	8 Lp spät + 5 Php + 3 Ppr + 12 Fbr + 2 Tre
7 G II	4 Lp früh + 5 Lp mittel + 5 Lp spät + 5 Php + 3 Ppr + 6 Fp + 2 Tre
8 G II modif	4 Lp früh + 5 Lp mittel + 5 Lp spät + 5 Php + 3 Ppr + 6 Fbr
9 WSW+miDW	15 Lp mittel + 15 Fbr
10 WSW+mi/spDW	5 Lp mittel –t + 10 Lp mittel –di + 15 Fbr
11 RS+KG+WR	15 Far + 12 Dg + 3 Ppr

Lp=Lolium perenne (frühe, mittlere, späte Reifegruppe; di=diploid, t=tetraploid), Php=Phleum pratense, Dg=Dactylis glomerata, Ppr=Poa pratense, Tre=Trifolium repens, Fp=Festuca pratensis, Far=Festuca arundinacea, Fbr=Festulolium braunii

## **Ergebnisse und Diskussion**

### **Bestandesentwicklung**

2009 war ein vergleichsweise normaler Futterwuchs zu beobachten. Der Winter 2009/2010 brachte Perioden mit niedrigen Temperaturen und eine lange geschlossene Schneedecke. Diese tatsächlich winterlichen Bedingungen hatten starke Narbenschädigungen zur Folge. Davon war *Lolium perenne* am stärksten betroffen. Es nahm in den Mischungen 1 bis 10 im 2. Jahr Ertragsanteile zwischen 20 und 60 % ein. Nach dem Winter konnten im 3. Jahr nur noch Ertragsanteile von unter 10 %, überwiegend um die 5% ermittelt werden. Gegenüber dem Vorjahr war in den Mischungen 1 bis 3 *Dactylis glomerata* mit sehr hohen Anteilen dominant, in den Mischungen 5 bis 8 nahm *Phleum pratense* deutlich zu, in Mischung 7 wurde *Festuca pratensis* (mit über 50 %) und in Mischung 11 *Festuca arundinaceae* (mit etwa 80 %) überragender Mischungspartner. Damit wird bestätigt, dass auf derartigen Standorten *Lolium perenne* als Hauptbestandbildner nur eine unsichere Lösung ist. Bei allen unbestrittenen züchterischen Fortschritten in der Mooreignung dieser Art muss letztendlich akzeptiert werden, dass hier mit weiteren bzw. anderen Leistungsträgern in der Grasnarbe zu arbeiten ist. Insgesamt konnten sich die Bestände im Lauf des ersten Halbjahres 2010 erstaunlich gut regenerieren. Zusätzlich erschwerend kamen 2010 die Niederschläge in teilweise überdurchschnittlicher Höhe und die damit verbundenen länger anhaltenden hohen Grundwasserstände. *Lolium perenne* war durch den zeitweiligen Wasserüberschuss im Wachstum stark gehemmt. Die Bestandesentwicklung wurde je Parzelle für alle Aufwüchse in einer botanischen Analyse verfolgt. Dazu wurde der Aufwuchs von 1 m<sup>2</sup> einer Trennprobe unterzogen und es wurden die Artenanteile ermittelt. Über die Ergebnisse wird ausführlich an anderer Stelle berichtet.

### **Trockenmasseerträge**

Die in Tabelle 2 und 3 gezeigten TM-Erträge machen das hohe Ertragspotenzial am Standort und die Unterschiede zwischen den Mischungen deutlich. Allerdings ist für das Jahr 2010 ein witterungsbedingt unnormaler Verlauf in der Schnittnutzung zu vermerken, da die Erntetermine wegen mangelnder Befahrbarkeit mehrmals verschoben werden mussten. Hervorzuheben ist die hohe Ertragsleistung der Rohrschwingelmischung (Variante 11) in beiden Jahren und der Ertragsabfall der Varianten 4 und 8 gegenüber dem Vorjahr. In beiden Mischungen konnte der Ausfall von *Lolium perenne* nicht kompensiert werden.

**Tab. 2:** TM-Erträge im 2. Nutzungsjahr (=2009), Mittelwerte (n=4), Vergleich von Ansaatmischungen auf Niedermoor

Variante	1.Schnitt	2.Schnitt	3.Schnitt	4.Schnitt	Jahr gesamt
	dt TM/ha				
1 G IV	27,6	32,4	32,2	19,9	112,1
2 G IV modif	28,8	36,0	36,4	21,3	122,5
3 RG 8	26,7	31,1	31,3	17,7	106,8
4 RG 8 modif	30,8	30,7	30,5	20,6	112,6
5 G III	31,5	32,8	30,2	19,2	113,7
6 G III modif	27,5	28,9	28,1	22,9	107,4
7 G II	34,7	34,8	32,9	19,3	121,7
8 G II modif	32,0	36,8	33,2	20,9	122,9
9 WSW+miDW	31,4	33,3	33,6	21,7	120,0
10 WSW+mi sp DW	28,7	27,1	24,3	21,4	101,5
11 RS+KG+WR	33,1	37,1	38,4	23,9	132,5
Versuchsmittel	30,3	32,8	31,9	20,8	115,8
GD <sub>5%</sub>	5,98	4,86	5,92	4,05	10,12

**Tab. 3:** TM-Erträge im 3. Nutzungsjahr (=2010), Mittelwerte (n=4), Vergleich von Ansaatmischungen auf Niedermoor

Variante	1.Schnitt	2.Schnitt	3.Schnitt	Jahr gesamt
	dt TM/ha			
1 G IV	34,2	50,6	17,9	102,7
2 G IV modif	55,0	43,9	20,9	119,8
3 RG 8	39,6	52,8	16,4	108,8
4 RG 8 modif	19,4	38,2	20,4	78,0
5 G III	54,7	40,1	16,7	111,5
6 G III modif	49,5	50,2	15,2	114,9
7 G II	52,9	37,7	17,3	107,9
8 G II modif	24,3	39,6	18,8	82,7
9 WSW+miDW	37,1	39,5	25,7	102,3
10 WSW+mi sp DW	53,3	48,3	18,3	119,9
11 RS+KG+WR	73,1	57,3	38,6	169,0
Versuchsmittel	44,8	45,3	20,6	110,5
GD <sub>5%</sub>	2,05	2,04	1,75	3,87

### Futterqualität

Stellvertretend für den Schwerpunkt Futterqualität ist in Tabelle 4 für die vier Schnitte im zweiten Nutzungsjahr der Gehalt an Enzymlöslicher organischer Substanz (=ELOS) aufgeführt. Die ertragreiche Rohrschwingelmischung (Variante 11) schneidet hier auffallend ungünstig ab. Das Niveau der ELOS-Werte im zweiten und dritten Aufwuchs fiel vergleichsweise niedrig aus, infolge einer späten Nutzung.

**Tab. 4:** Enzymlösliche organische Substanz in g/kg TM, 1. bis 4. Schnitt im 2. Nutzungsjahr (=2009), Mittelwerte (n=4), Vergleich von Ansaatmischungen auf Niedermoor

Variante	1.Schnitt	2.Schnitt	3.Schnitt	4.Schnitt
ELOS in g/ kg TS				
1 G IV	753	595	606	677
2 G IV modif	761	614	621	699
3 RG 8	734	624	612	693
4 RG 8 modif	724	621	632	710
5 G III	770	599	645	705
6 G III modif	764	624	641	708
7 G II	744	603	650	712
8 G II modif	760	598	638	711
9 WSW+miDW	763	618	633	717
10 WSW+mi sp DW	774	626	639	721
11 RS+KG+WR	649	612	590	665
Versuchsmittel	745	612	628	702
GD <sub>5%</sub>	40,7	20,1	15,9	13,6

### Schlussfolgerungen

Die untersuchten Ansaatmischungen zeigten ein hohes Ertragspotenzial. Dabei zeigte die Variante 11 die höchsten TM-Erträge, die Varianten 2, 9 und 10 sowie 5, 6 und 7 lagen auf hohem Niveau.

Der Winter 2009/2010 führte zu einer starken Schädigung von *Lolium perenne*. Nachdem eine teilweise Regeneration eingetreten war, wirkten sich hohe Grundwasserstände negativ aus. Im Beobachtungszeitraum trat zeitweilig Wasserüberschuss im Boden auf (besonders 2010; partiell mit Oberflächenwasser). Das führte zu einer starken Wachstumshemmung bei *Lolium perenne*. Widerstandsfähig zeigten sich *Festulolium braunii*, *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, *Poa pratensis* und besonders *Festuca arundinacea*. Die Unsicherheit der Ausdauer von *Lolium perenne* auf Niedermoor wurde bestätigt.

Gerade die ertragreichste Mischung (Variante 11) war in der Futterqualität unterdurchschnittlich. Der Futterwert wurde vom Schnittzeitpunkt in bekannter Art und Weise beeinflusst. Ein später Schnitt überlagert potenzielle qualitative Unterschiede zwischen den Mischungen.

# Ertragserfassung als Voraussetzung für eine effiziente Grünlandnutzung

B. Köhler<sup>1</sup>, H. Spiekers<sup>1</sup>, M. Diepolder<sup>2</sup>, S. Thurner<sup>3</sup>

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

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

<sup>2</sup>Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, D-85354 Freising

<sup>3</sup>Institut für Landtechnik und Tierhaltung, D-85354 Freising

## Einleitung und Problemstellung

Wichtige Erfolgsfaktoren für einen Futterbaubetrieb liegen in einer effizient gestalteten Futterwirtschaft. Dabei ist entscheidend, wie viel qualitativ hochwertiges Grobfutter „frei Trog“ zur Fütterung angeboten wird (SPIEKERS und KOEHLER, 2010). In diesem Bereich werden in der Praxis noch erhebliche Reserven vermutet. Ein entscheidender Ansatz zur Verbesserung der Effizienz wird in einer gezielten Steuerung der Futterwirtschaft gesehen (SPIEKERS *et al.*, 2010). Dabei ist eine konsequente Ertrags- und Futtermengenerfassung eine wesentliche Stellschraube zur Umsetzung in der Praxis. Ferner bestehen neue Techniken zur Ertrags- und Feuchteerfassung (z. B. Onlinemessung am Feldhäcksler), die eine routinemäßige Messung im engen Zeitfenster der Grobfutterernten ermöglichen (DEMMELE *et al.*, 2010).

## Material und Methoden

Das Forschungsvorhaben „Effiziente Futterwirtschaft und Nährstoffflüsse in Futterbaubetrieben“ an der LfL umfasst im Kernstück eine mehrjährige Gesamtanalyse der Futterwirtschaft an sechs Betrieben, in der die Futtermengen- und Nährstoffströme unter Praxisbedingungen vollständig erfasst werden (KOEHLER *et al.*, 2009). Aus diesem Datenpool werden die betriebsspezifischen Erträge von den Grünlandflächen der Betriebe aus den Jahren 2009 und 2010 näher betrachtet. Um neue Messtechniken zur Ertragserfassung in der Praxis zu testen, laufen insbesondere zur Onlinemessung der „Ertrags- und Feuchtermittlung am Feldhäcksler“ mehrere Versuche zu deren Messgenauigkeit (THURNER *et al.*, 2011).

## Standorte und Grünlandbewirtschaftung

Die Standorte der Betriebe sowie ihre Wirtschaftsweise spiegeln die regional unterschiedliche Grünlandbewirtschaftung Bayerns gut wieder (Tab. 1). Bei den sechs

Betrieben handelt es sich um Futterbaubetriebe, mit unterschiedlich hohen Grünlandanteilen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche. In den grünlandbasierten Gebieten des Alpenvorlandes, die charakteristisch sehr hohe Niederschläge aufweisen, liegen die Betriebe Spitalhof (reiner Grünlandbetrieb) und Achselschwang. Die Grünlandflächen der Versuchsstation Grub liegen teils auf der Münchner Schotterebene und teils an einem Moorstandort. Das LVFZ Kringell liegt in der Mittelgebirgsregion Bayerischer Wald und wirtschaftet nach den Kriterien des organischen Landbaus. Die genannten Betriebe nutzen das Grünland zum überwiegenden Teil zur Silagebereitung mit 4-5 Schnitten pro Jahr. Am LVFZ Almesbach in der Oberpfalz (im nordöstlichen Teil Bayerns) wird aufgrund anderer Standortbedingungen (Trockenperioden) drei- bis viermal gemäht (Tab. 1).

**Tab. 1:** Standortcharakteristik der im Projekt „effiziente Futterwirtschaft“ erfassten Betriebe

Betriebe	Agrargebiete in Bayern	Höhe	Jahres- temp.	Jahresniederschläge (mm)	
		m über NN	° C	2009	2010
Achselschwang + Hübschenried	voralpines Hügelland	580-680	7,0	963	1046
Almesbach	ostbayer. Mittelgebirge I	417	7,3	853	751
Grub	tertiäres Hügelland	525	8,9	1024	996
Kringell	ostbayer. Mittelgebirge I	480	8,2	1186	969
Spitalhof	Alpenvorland	730	6,7	1045	1272

Auf mehreren, für den einzelnen Betrieb charakteristischen Grünlandflächen wurde eine Ertragsanteilschätzung nach KLAPP-STÄHLIN (VOIGTLÄNDER und VOSS, 1979) vorgenommen. Nach einer groben Gruppierung in praxisrelevante Wiesentypen können die Grünlandflächen der Betriebe zum überwiegenden Anteil in den Wiesentyp Wiesenfuchsschwanzwiese (*Alopecurus pratensis*) eingestuft werden (LFL, 2011). Das Grünland wird auf allen Standorten intensiv bewirtschaftet, mit einem durchschnittlichen Düngungsniveau von 250-300 kg N/ha und Jahr, eine Ausnahme bilden die Standorte Hübschenried und Kringell (Ökobetrieb) mit niedrigerer Düngung (Tab. 2).



**Tab. 2:** Angaben zur Grünlandbewirtschaftung der Betriebe

Betriebe	Abk.	Grünland ha	Schnitte	Düngungsniveau (kg N/ha)	
				gesamt	organisch/mineralisch
Achselschwang	ACH	60	4-5	250	200 / 50
Hübschenried	HÜR	90	4-5	70	40 / 30
Almesbach	ALM	32	3-4	260	125 / 135
Grub	GRU	42	4-5	290	110 / 180
Kringell	KRI	37	5-6	120	120 / 0
Spitalhof	SPI	76	4-5	250	170 / 80

### Ertragserfassung

An den sechs Betrieben werden die gesamten Grünlanderträge zu jeder Ernte als Nettoerträge, d. h. von der Fläche abgefahrenen Erntemengen erfasst. Dafür werden die beladenen Transportfahrzeuge an den betriebseigenen Fuhrwerkswaagen gewogen. Zur Ermittlung schlagspezifischer Trockenmasse-(TM-)Gehalte werden je Fuhre Proben im Umfang entsprechend der Schlaggröße und den Gesamternteflächen je Betrieb (i.d.R. 4 Proben/ha, à 300 g) genommen. Die Grünlandschläge der Betriebe liegen wie praxisüblich in unterschiedlicher Anzahl und Größe (0,5-20 ha) vor. Bei den Auswertungen zu den Grünlanderträgen (Abb. 1) sind je Betrieb nur die Schläge einbezogen, die den standort- und betriebsspezifischen Nutzungsintensitäten in den Jahren 2009 und 2010 entsprechen (Tab. 2). Dadurch ergibt sich eine unterschiedliche Anzahl an ausgewerteten Schlägen zwischen 2009 und 2010 (Abb. 1). Die Auswertungen zu den TM-Jahreserträgen wurden unter Anwendung eines *SAS Macro Programs* (FRIENDLY, 2003) in Form von *box and whisker plots* dargestellt.

### Online-Messtechnik

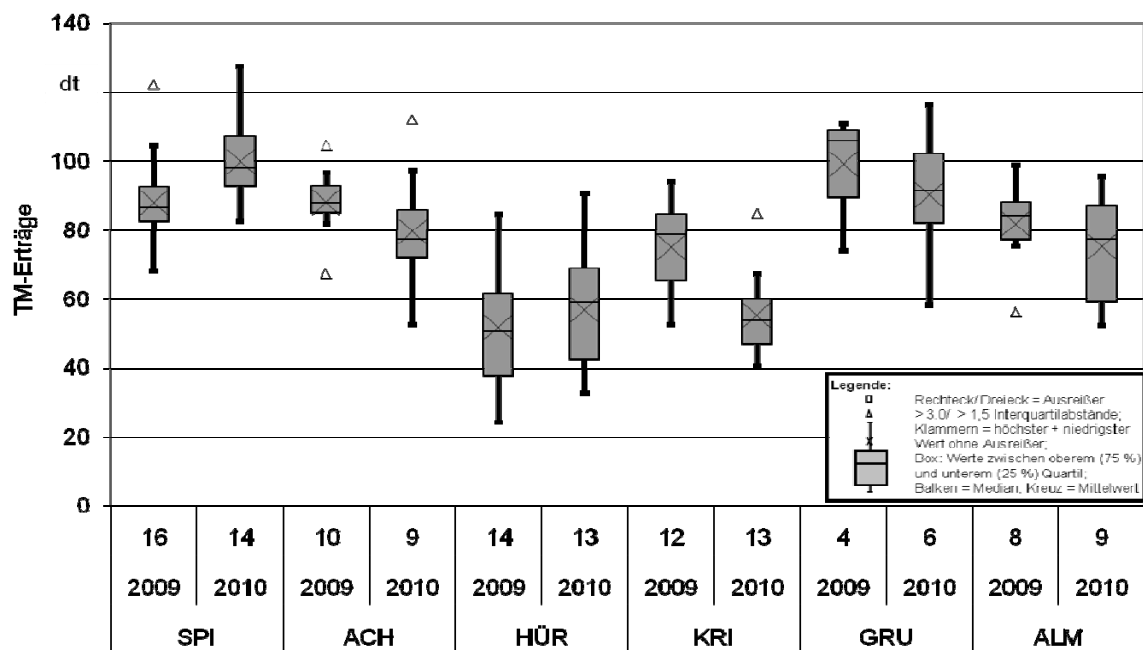
In einem Versuch am Versuchsgut Grub wurden zur Grasernte (Gras-Anwelkgut, 2. Schnitt 2010) auf einem Schlag zweierlei Messsysteme zur „Ertrags- und Feuchteermittlung am Feldhäcksler“ in Bezug auf die Messgenauigkeit beim Frischmasseertrag (FM) und TM-Ertrag getestet. Der FM-Ertrag wird bei beiden Fabrikaten über die Volumenstrommessung am Einzug (Auslenkung der Vorpresswalzen und Drehzahl) erfasst. Der TM-Ertrag wird zusätzlich über die Bestimmung des TM-Gehaltes ermittelt. Dabei liegen bei den zwei Häckslerfabrikaten unterschiedliche Messmethoden zur Feuchteermittlung zugrunde [die

elektrische Leitfähigkeit (Leitfähigkeit) und Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)].

Die Ergebnisse (FM- und TM-Masse sowie TM-Gehalt je Fuhre) werden dem Referenzsystem Wiegung an der Fuhrwerkswaage und TM-Bestimmung mittels Ofentrocknung gegenübergestellt.

### Ergebnisse und Diskussion

Bei der Betrachtung der TM-Erträge über die Standorte der Betriebe und zwischen den Jahren 2009 und 2010 fallen insgesamt deutliche Ertragsunterschiede auf (Abb. 1). Dies ist auch bei den Betrieben SPI, ACH und GRU mit einem ähnlich hohen Düngungsniveau bei gleichzeitig ausreichenden Niederschlägen zu erkennen. Abweichend davon sind die Standorte HÜR und KRI (Ökobetrieb) zu sehen, die in erster Linie aufgrund eines niedrigen N-Düngungsniveaus bei gleichzeitig intensiver Nutzung deutlich niedrigere mittlere TM-Erträge in den Jahren 2009 und 2010 aufweisen. Wie unterschiedlich stark sich standort- und bewirtschaftungsbedingte Faktoren auf den Ertrag auswirken, zeigen auch die jahresspezifischen Ertragsunterschiede (SPI: 10 dt TM/ha und KRI 20 dt TM/ha).

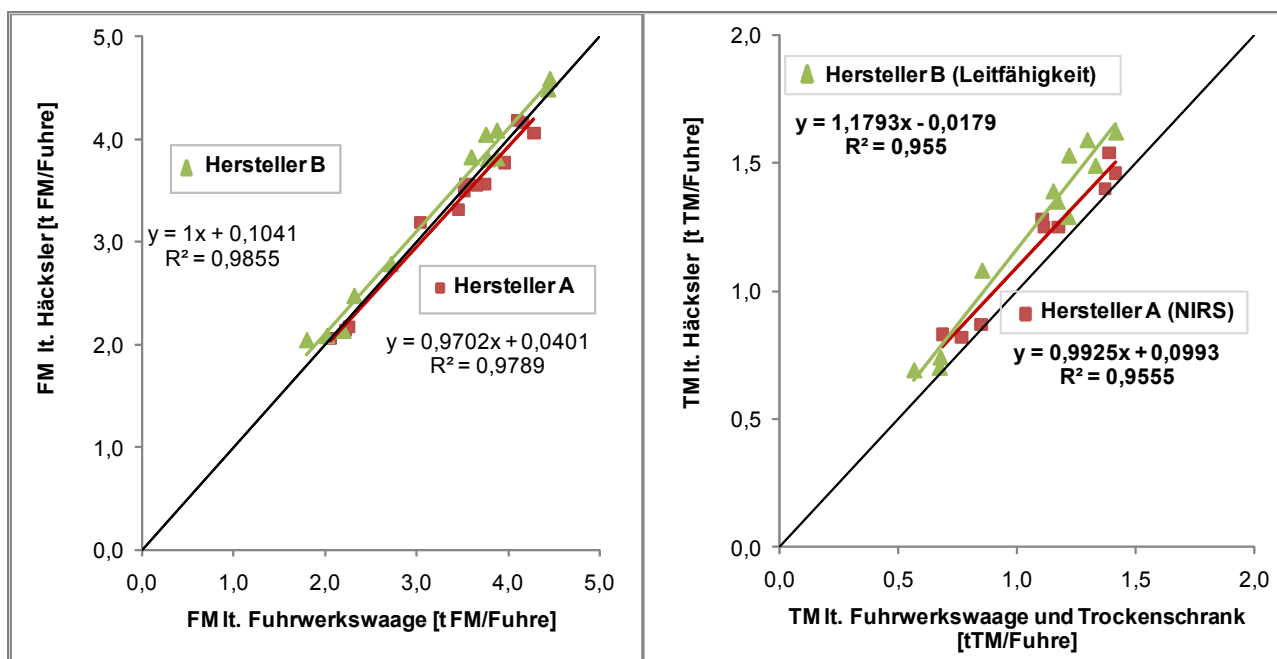


**Abb. 1:** Grünlanderträge (dt TM/ha) der Betriebe aus den Jahren 2009 und 2010 sowie die Ertragsunterschiede auf Betriebs-, Jahres- und Schlagebene

Die mittleren Erträge der Betriebe liegen je nach Standort- und Bewirtschaftungseinflüssen in einem Bereich von 52-99 dt TM/ha im Jahr 2009 und von 55-100 dt TM/ha im Jahr 2010. Die Nettoerträge der Betriebe erreichen somit bei einer durchaus intensiven Grünlandnutzung im Durchschnitt der Flächen nicht mehr als 100 dt TM/ha. Wichtig für einen Futterbaubetrieb ist die Kenntnis der Ertragsleistung seiner einzelnen Schläge. Auch hier zeigten sich bei den Auswertungen Differenzen von 10 bis > 20 dt TM/ha (Abb. 1), mit zum Teil bis zum 3-fachen des höchsten Nettoertrags eines Schlages, z. B. HÜR 2010: 33 dt TM/ha (min.) – 91 dt TM/ha (max.). Diese gesamten Ertragsunterschiede verdeutlichen, wie wichtig sich für eine exakte Futtermengenerfassung eine komplette und schlagbezogene Erhebung der Erntemengen darstellt.

### Messgenauigkeit Onlinemessung

Aus dem Versuch zur Ertragserfassung liegen zum FM-Ertrag aus der Onlinemessung 13 Werte für Hersteller A und 12 Werte für Hersteller B zum Vergleich gegenüber der Referenzmethode vor (Abb. 2). Diese Vergleichswerte in dem FM-Ertrag brachten eine sehr gute Übereinstimmung mit einem Bestimmtheitsmaß von 97,9 % (Hersteller A) und 98,6 % (Hersteller B). Die relative Abweichungen liegen zwischen - 5 % und + 5,1 % bei Hersteller A und - 13,3 % und + 3,2 % bei Hersteller B.



**Abb. 2 und 3:** Messgenauigkeit der Online-Ertragsermittlung am Feldhäcksler von der FM (t FM/Fuhre) sowie von der TM (t TM/Fuhre) bei zwei unterschiedlichen TM-Sensoren gegenüber der jeweiligen Referenzmethode (Fuhrwerkswaage und Ofentrocknung)

Beim Vergleich der Ertragserfassung beim TM-Ertrag werden zwei unterschiedliche Messmethoden aufgrund der verschiedenen TM-Sensoren getestet: NIRS (Hersteller A, 9 Messwerte) und Leitfähigkeit (Hersteller B, 11 Messwerte). Beide TM-Sensoren überschätzen im Vergleich mit einem Bestimmtheitsmaß von 96 % (beide) leicht den TM-Gehalt und somit auch den TM-Ertrag (Abb. 3). Dadurch ergibt sich eine relative Abweichung im TM-Ertrag von 2-21 % beim NIRS-Sensor und 4-26 % beim Leitfähigkeits-Sensor. Als Ursache für diese Abweichungen wird beim Gras-Anwelkgut häufig die unterschiedliche Durchflussmenge des Gutstroms am TM-Sensor (Einbaustelle am Auswurfkrümmer) gesehen. Dazu liegen bei der Grasernte vom Grünland aufgrund der unterschiedlichen Pflanzenarten stark unterschiedliche TM-Gehalte bei der Ernte vor. Trotz der bisher festgestellten Abweichungen liefert die Onlinemessung bereits verlässliche Informationen zur Optimierung der Futterwirtschaft.

### **Schlussfolgerungen**

Die auftretenden Ertragsschwankungen zwischen den Standorten, Jahren und Schlägen verdeutlichen, dass eine fundierte Mengen- und Anbauplanung ohne Ertragserfassung über Fuhrwerkswaage oder alternative Ertragsmesssysteme nicht möglich ist. Erst eine exakte Futtermengenerfassung auf der Grundlage von schlagspezifischen Ertragsdaten liefert eine ausreichende Genauigkeit, um eine effiziente Futterwirtschaft gestalten zu können. Mit der Onlinemessung am Feldhäcksler ist eine praktikable Lösung für eine komplette und routinemäßige Ertragserfassung im Bereich der Grobfutterwirtschaft verfügbar. Mit den Ertragsdaten und weiteren Kenngrößen zur Futterqualität ist eine Basis für das Futtermanagement gegeben, das zur Optimierung des Futteranbaus, der Futterwirtschaft sowie zur Fütterung beiträgt. Auf der Grundlage solcher Ertragsdaten kann entsprechend den Standortbedingungen eine effiziente sowie nachhaltige Grünlandbewirtschaftung geplant werden.

### **Literatur**

- DEMMELE, M.; THURNER, S. und FRÖHNER, A. (2010): Mit neuer Technik Futter- und Substratwirtschaft effizient gestalten. In: Knappe Flächen optimal nutzen - Futter und Substratwirtschaft optimieren. LfL Jahrestagung 2010, LfL-Schriftenreihe 09/2010, 35-43.
- Friendly, M. (2003): `boxplot.sas`: SAS/Graph Box and Whisker plot. 2.0., [www.math.yorku.ca/SCS/sssg/boxplot.html](http://www.math.yorku.ca/SCS/sssg/boxplot.html)
- KOEHLER, B.; SPIEKERS, H.; DIEPOLDER, M. und DEMMELE, M. (2009): Effiziente Futterwirtschaft und Nährstoffflüsse in Futterbaubetrieben. In: Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 10, 65-68.

- LFL (2011): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. 9. unveränderte Auflage, LfL-Information, 99 S.
- SPIEKERS, H. und KOEHLER, B. (2010): Mehr Netto vom Brutto – Effizienz der Futterwirtschaft verbessern. In: Milchviehhaltung - Erfolgsfaktoren für Spitzenbetriebe. DLG Trendreport Spitzenbetriebe 2010, DLG e. V., Frankfurt am Main.
- SPIEKERS, H; EFFENBERGER, M.; KOCH, K. und GRONAUER, A. (2010): Futter und Substrat optimal nutzen. In: Knappe Flächen optimal nutzen - Futter und Substratwirtschaft optimieren. LfL Jahrestagung 2010, LfL-Schriftenreihe 09/2010, 45-59.
- THURNER, S.; FRÖHNER, A.; KOEHLER, B. UND DEMMEL, M (2011): Online measurement of yield and dry matter content of wilted grass with two forage harvesters – comparison with and verification of reference measurements. Will be published in Precision Agriculture '11. Ed. J.V. Stafford. Papers presented at the 6th European conference on Precision Agriculture, Prague, Czech Republic, 11-14 July 2011.
- VOIGTLÄNDER, G. UND VOSS, N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung Grünland – Feldfutter – Rasen. Ulmer Stuttgart.

## Stickstoffdüngung durch Injektion als Ergänzung zu Rindergülle auf Grünland

A. Gerd Lange, B. Axel Huntgeburth

A. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich Grünland und Futterbau

B. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Bremervörde

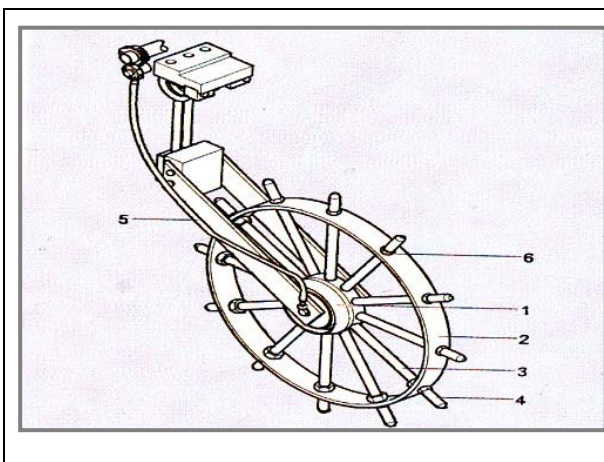
Gerd.Lange@lwk-niedersachsen.de

Axel.Huntgeburth@lwk-niedersachsen

### Einleitung und Problemstellung

Die Injektion flüssiger Ammoniumdepots, auch CULTAN-Verfahren genannt, wird seit einigen Jahren auch im Grünland genutzt. Der Begriff „CULTAN“ steht für die englische Umschreibung „Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition“ und kann auch in Verbindung mit oberflächlich abgelegten Ammoniumdepots verwendet werden, diese sind aber nicht verbreitet. Ein Vorteil des Verfahrens könnte in einer nachhaltigen und gleichmäßigen Stickstoffverfügbarkeit als Depot für die wachsende Pflanze begründet sein. Als weitere Vorteile werden die Möglichkeiten einer frühzeitigen, nach dem Kriterium Befahrbarkeit ausgerichteten, verlustarmen N-Düngung sowie höhere Eiweißgehalte im Grundfutter genannt. Weitere Ziele, die mit dem Verfahren erreicht werden sollen sind:

- Aufwandsminderung bei N-Vorratsdüngung
- N-Verfügbarkeit für die Pflanzen auch während Trockenphasen
- Keine oder nur sehr geringe Verluste durch Denitrifikation und Auswaschung



**Abbildung 1:** Sternradinjektor

**Abbildung 2:** Ammoniumdepot im Wurzelraum

Fotos: Prof. Dr. Dr. K.Sommer (Sternradinjektor)

Stefan Weimar (NH<sub>4</sub>-Depot)

Das CULTAN- Verfahren wurde mehrfach untersucht (*Sommer et al.*) und wird in der Praxis von Lohnunternehmen auch für die Grünlanddüngung angeboten. Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen hat das Injektionsverfahren in den Jahren 2008-2010 an drei typischen Grünlandstandorten in Verbindung mit betriebsüblicher Gülledüngung geprüft.

### Material und Methoden

Der Versuch wurde 2008 als teilrandomisierte Spaltanlage sowie als Streifenanlage in Praxisflächen integriert. In Wischhafen (Flußmarsch) wurde das Injektionsverfahren als Streifenanlage (Beetstrukturen) mit NTS-Düngerlösung durchgeführt. Die NTS-Düngerlösung enthält insgesamt 27 % Stickstoff (N) und 3 % Schwefel (S). Der N-Anteil setzt sich aus etwa 12,5 % Nitrat-, 6,4 % Ammonium und 7,8 % Amidstickstoff zusammen. Die Beerntung erfolgte hier in 4-facher Wiederholung mit der Quadratrahmenmethode auf jeweils 1 Quadratmeter Fläche. Es wurden nur die ersten beiden Aufwüchse der Versuchsjahre beerntet.

In Achternmeer (Hochmoor) und Wehnen (Sand) wurde das Injektionsverfahren mit Ammonium-Sulfat Düngerlösung (ASL) als teilrandomisierte Spaltanlage durchgeführt. Die Düngerlösung enthält zu 8 % Stickstoff (N) in Ammoniumform und zu 9 % Schwefel (S). Es wurden jährlich bis zu 4 Aufwüchse mit dem Parzellenvollernter geerntet.

**Tabelle 1:** Variantenbeschreibung zum Versuch Gülledüngung und N-Injektion 2008-2010

<u>Varianten:</u>	Düngung zum 1. Aufwuchs	Düngung Folgeaufwüchse
<b><u>Faktor 1: Rindergülle</u></b>		
1.	25 m <sup>3</sup> Rindergülle	-
2.	25 m <sup>3</sup> Rindergülle	25 m <sup>3</sup> Rindergülle (nur Wehnen, Achternmeer)
<b><u>Faktor 2: N-Düngung</u></b>		
1.	ohne N-Düngung nach Gülle	je 50 kg/ha N (KAS) *
2.	80 kg/ha N (KAS)	
3.	80 kg/ha N (KAS) + 15 kg/ha S	
4.	80 kg/ha N mit Cultanverfahren	
5.	130 kg/ha N mit Cultanverfahren	**

\* keine N-Düngung im zweiten Aufwuchs bei zweimaliger Güllegabe in Varianten 2.1 bis 2.4

\*\*keine N-Düngung im zweiten Aufwuchs bei Vorratsdüngung in 1.5 u. 2.5.

## Ergebnisse und Diskussion

Das CULTAN-Verfahren ermöglichte vergleichbar hohe Trockenmasseerträge wie eine N - Düngung mit Kalkammonsalpeter. Auf dem Marschstandort war die Variante mit 80 kg/ha Cultan-N im zweiten Aufwuch ertragreicher, gleichzeitig konnte die Vorratsdüngung (130 kg N) gegenüber der 80 kg N/ha Variante nicht überzeugen.

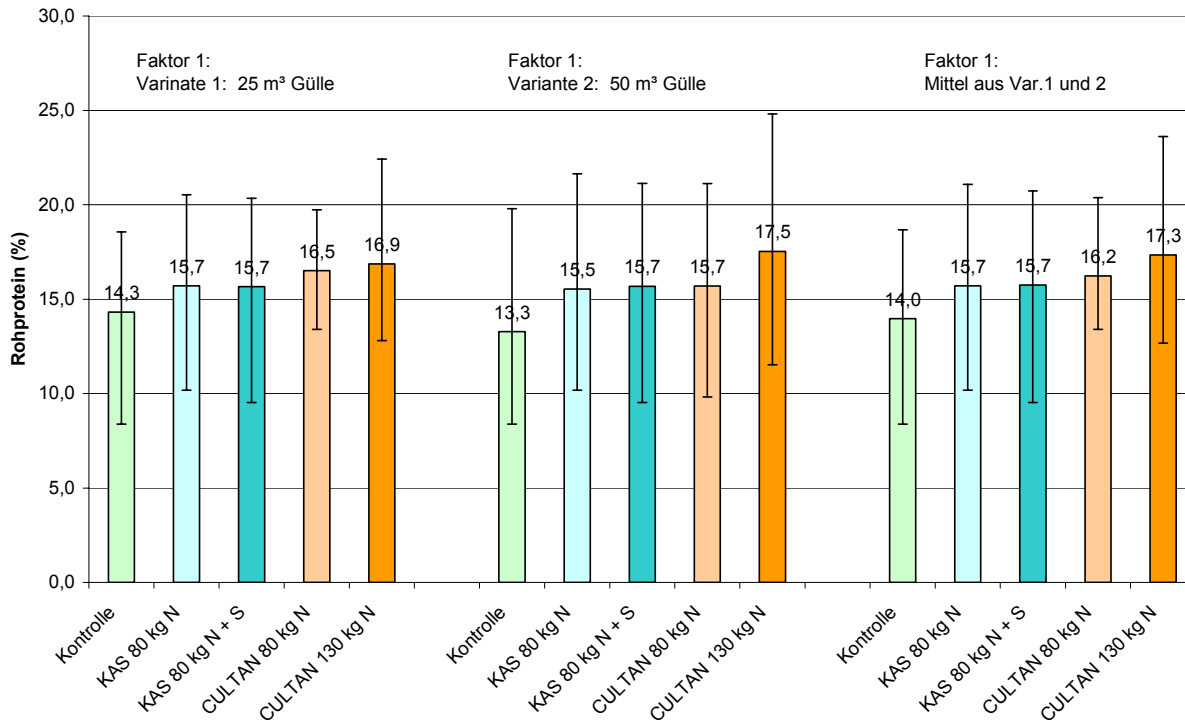
An den weiteren Standorten humoser Sandboden und Hochmoor waren die Cultanvarianten insbesondere bei zweimaliger Gülledüngung im zweiten Aufwuchs signifikant ertragreicher, was eine nachhaltigere Wirkung der ASL-Injektionsdüngung belegt. Der in Verbindung mit zweimaliger Güllgabe höhere Ertrag in Variante 2.5 (130 kg N) resultiert dabei jeweils aus dem um 50 kg/ha höheren Stickstoffangebot bis zum zweiten Aufwuchs.

**Tabelle 2:** Trockenmasseerträge der ersten zwei Aufwüchse im Mittel der Jahre 2008 – 2010

	Mittelwerte der Trockenmasseerträge (dt / ha), 2008-2010					
	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		Summe 1.-2. Aufwuchs	
<b>Marschboden</b>	1 x 25 m <sup>3</sup> Rindergülle zum 1. Aufwuchs					
ohne min. N-Düngung nach Gülle	35,2		22,5		57,7	
80 kg/ha N (KAS)	36,7		32,3		69,0	
80 kg/ha N (KAS) + 20 kg/ha S	40,3		32,9		73,2	
80 kg/ha N mit Cultanverfahren	40,5		36,4		76,9	
130 kg/ha N mit Cultanverfahren	37,1		33,6		70,8	
GD 5 % der min. N-Düngung	n.v.		n.v.		n.v.	
<b>Sandboden</b>	1 x Gülle	2 x Gülle	1 x Gülle	2 x Gülle	1 x Gülle	2 x Gülle
ohne min. N-Düngung nach Gülle	25,9	26,7	22,7	17,9	48,6	44,6
80 kg/ha N (KAS)	36,3	35,2	22,3	18,7	58,6	54,0
80 kg/ha N (KAS) + 20 kg/ha S	35,3	36,2	23,8	18,5	59,1	54,7
80 kg/ha N mit Cultanverfahren	35,8	35,8	24,2	22,2*	60,0	58,0
130 kg/ha N mit Cultanverfahren	34,4	36,5	23,5	25,0*	57,9	61,5
GD 5 % der min. N-Düngung	4,4		2,6		7,1	
<b>Moor</b>	1 x Gülle	2 x Gülle	1 x Gülle	2 x Gülle	1 x Gülle	2 x Gülle
ohne min. N-Düngung nach Gülle	27,5	24,7	13,3	9,2	40,7	33,9
80 kg/ha N (KAS)	38,7	35,1	15,6	11,6	54,3	46,7
80 kg/ha N (KAS) + 20 kg/ha S	39,3	35,9	13,1	9,6	52,4	45,5
80 kg/ha N mit Cultanverfahren	35,2	31,8	18,9	14,6*	54,1	46,3
130 kg/ha N mit Cultanverfahren	39,8	34,4	13,7	14,1*	53,6	48,5
GD 5 % der min. N-Düngung	3,2		2,6		5,8	



Die Rohproteingehalte waren in den mit ASL und NTS im Injektionsverfahren gedüngten Varianten regelmäßig um 1-2 % höher als bei KAS-Düngung. Dadurch ergaben sich auch höhere Eiweißerträge in der Summe der ersten zwei Aufwüchse.



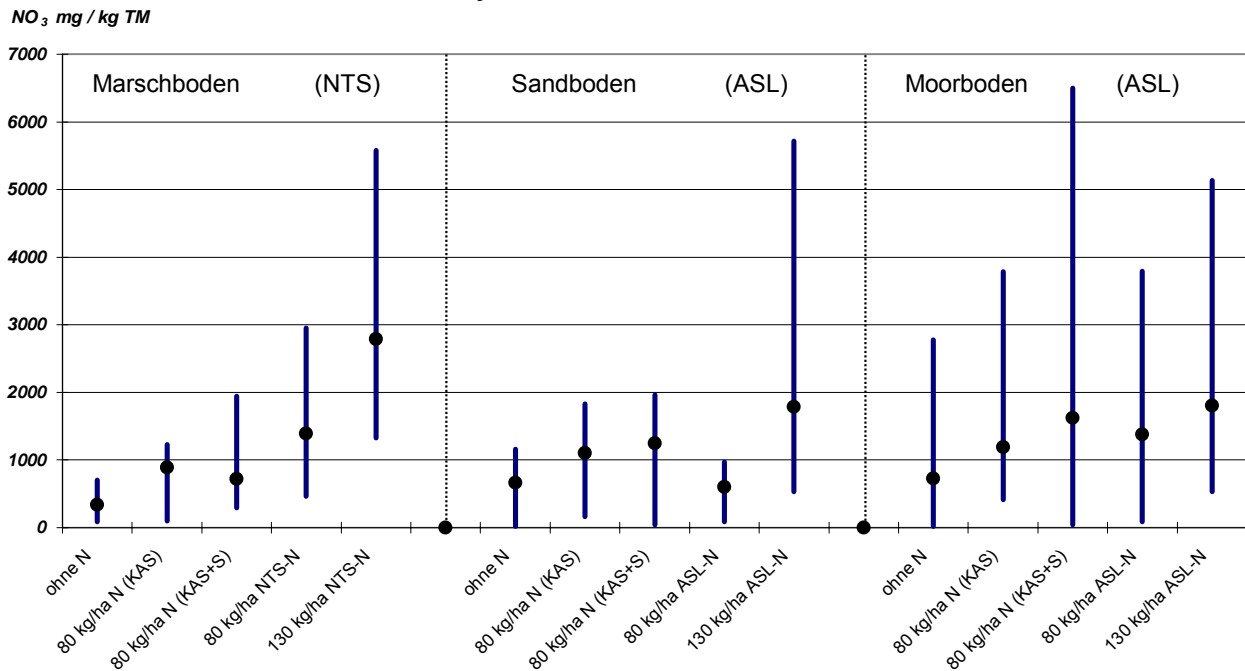
**Abbildung 3:** Mittlere Eiweißgehalte im Frischgras der Aufwüchse 1 und 2 an drei Versuchsstandorten über die Jahre 2008 - 2010

Die Nitratgehalte im Aufwuchs waren in den CULTAN-Varianten der Stufe 130 kg N / ha tendenziell deutlich erhöht. Ebenso waren aber Nitratgehalte im Aufwuchs der NTS-Varianten auf Marschboden schon bei 80 kg N/ha tendenziell erhöht.

Der Hochmoorboden reagierte undifferenzierter als die Mineralböden. Hier wurden die höchsten und die niedrigsten Nitratgehalte der KAS-Variante mit Schwefel festgestellt. Unterschiede im Niveau der verschiedenen Düngerformen waren nicht eindeutig.

Die Bestände waren in den Varianten bei Vorratsdüngung (130 kg N/ha) mit ASL im CULTAN- Verfahren auf den Mineralböden nutzungselastischer und hätten im ersten Aufwuchs noch weiter Ertrag bilden können, ohne Qualität gegenüber den mit Kalkammonsalpeter gedüngten Parzellen einzubüßen. Dadurch könnten sich auch die manchmal bedenklich hohen Nitratwerte dieser Variante abschwächen. Die Nitratherkunft kann aus der Gülledüngung, dem Kalkammonsalpeter, dem NTS (Marsch) oder der Bodenmineralisation (Moor) stammen.

Spektrum der Nitratgehalte (ppm) im Frischgras von zwei Aufwüchsen  
Versuchsjahre 2008-2010 - 3 Standorte



**Abbildung 4:** Nitratgehalte im Frischgras der Aufwüchse 1 und 2 an drei Versuchsstandorten über die Jahre 2008 - 2010

## Schlussfolgerungen

Das CULTAN-Verfahren eignet sich auf dem Dauergrünland grundsätzlich für die kombinierte Düngung mit Rindergülle. Eine Vorratsdüngung über zwei Aufwüchse ist nur bedingt zu empfehlen, da die spezifischen Standort- und Bodenparameter die Düngewirkung stark beeinflussen können. Die deutlich über den aktuellen Bedarf hinausgehende N-Versorgung bei Vorratsdüngung erfordert günstige pH-Werte und eine  $\text{NH}_4$ -Versorgung durch das CULTAN-Verfahren.

Die Nutzungselastizität wird durch das Verfahren erhöht, so dass die Eiweißgehalte der Grasaufwüchse bei zum gleichen Schnitzeitpunkt deutlich höher sind als bei nitratbetonter Mineraldüngung. Dennoch sind die Nitratgehalte im Aufwuchs bei Vorratsdüngung (130 kg N / ha) mit ASL und NTS-Dünger durch das Cultanverfahren deutlich erhöht.

Moorböden und nitrathaltige Düngerformen (NTS) sind für das Vorratsdüngeverfahren weniger gut geeignet. Auf Mineralböden sollte eine Ammoniumdüngung bei 80 kg N/ha im Cultanverfahren zu signifikant höheren Erträgen und tendenziell höheren Eiweißgehalten.

Durch die Gülledüngung wird das  $\text{NH}_4$ -betonte Düngungsverfahren ebenfalls beeinflusst; die erwünschte gleichmäßige Stickstoffwirkung durch das CULTAN-Verfahren kann dadurch negativ beeinflusst werden, so dass auch auf Mineralböden das Risiko einer unkontrollierten N-Wirkung besteht.

Das Cultanverfahren sollte durch Anwendung ammoniumbetonter Düngemittel (ASL) vorrangig auf Mineralstandorten mit günstigen pH-Werten und jeweils bedarfsgerecht zur Nutzung, nicht als Vorratsdüngung erfolgen.

### **Literatur**

Sommer, K. (1984): Ammonium - eine überzeugende Alternative in der N-Düngung  
Landw. Zeitschr., Rheinland, 151, Nr. 37, 1984

Sommer, K. (1988): Nitrogen supply to plants on the Basis of ammonia - fundamentals and perspectives; 7th Int. Coll. for the optimization of the plant nutrition, Nyborg, 401/1-401/9, 1988

# **Grundfutterleistungen ökologisch wirtschaftender Milchviehbetriebe und deren Relation zu Betriebsstruktur und Intensität**

W. Sweers, L. Dittmann, A. Tichter, J. Müller

Lehrstuhl f. Landschaftsökologie u. Standortkunde, Arbeitsgruppe Grünland u. Futterbau,  
Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock (weert.sweers@uni-rostock.de)

## **Einleitung und Problemstellung**

Die realisierte Grundfutterleistung gilt als Schlüsselmerkmal zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Futterbaus in der Rinder- und Milchviehhaltung. In ökologisch wirtschaftenden Betrieben mit begrenzten Einsatzmöglichkeiten von Kraft- und Saffuttermitteln gewinnt die Grundfutterleistung noch einmal an Bedeutung. Darüber hinaus kann dort eine stärkere Abhängigkeit der Grundfutterleistung von den natürlichen Standortvoraussetzungen erwartet werden. Angesichts stark variierender Standortbonitäten des Futterbaus sowie unterschiedlich avisierten Leistungsniveaus in der Praxis (HAAS *et al.*, 2001; BRINKMANN & WINCKLER, 2005; MÜLLER-LINDENLAUF *et al.*, 2010), eignet sich diese Produktionsweise besonders gut zur Analyse besagter Zielgröße. Welchen Bestimmungsgründen die Grundfutterleistung konkret unterworfen ist und wie sie sich in Relation zur Betriebsstruktur und der Intensität darstellt, ist bislang kaum Gegenstand gezielter Untersuchungen gewesen. Informationen hierzu wären jedoch sehr wichtig, z.B. um Beratungsstrategien zu entwickeln und allgemeine Zielvorgaben besser an die einzelbetrieblichen Verhältnisse anpassen zu können. Mit vorliegender Untersuchung soll am Beispiel der ökologischen Milchviehhaltung ein substantieller Beitrag zur Analyse der Grundfutterleistung im Kontext standörtlicher und betrieblicher Anbindungen geleistet werden.

## **Material und Methoden**

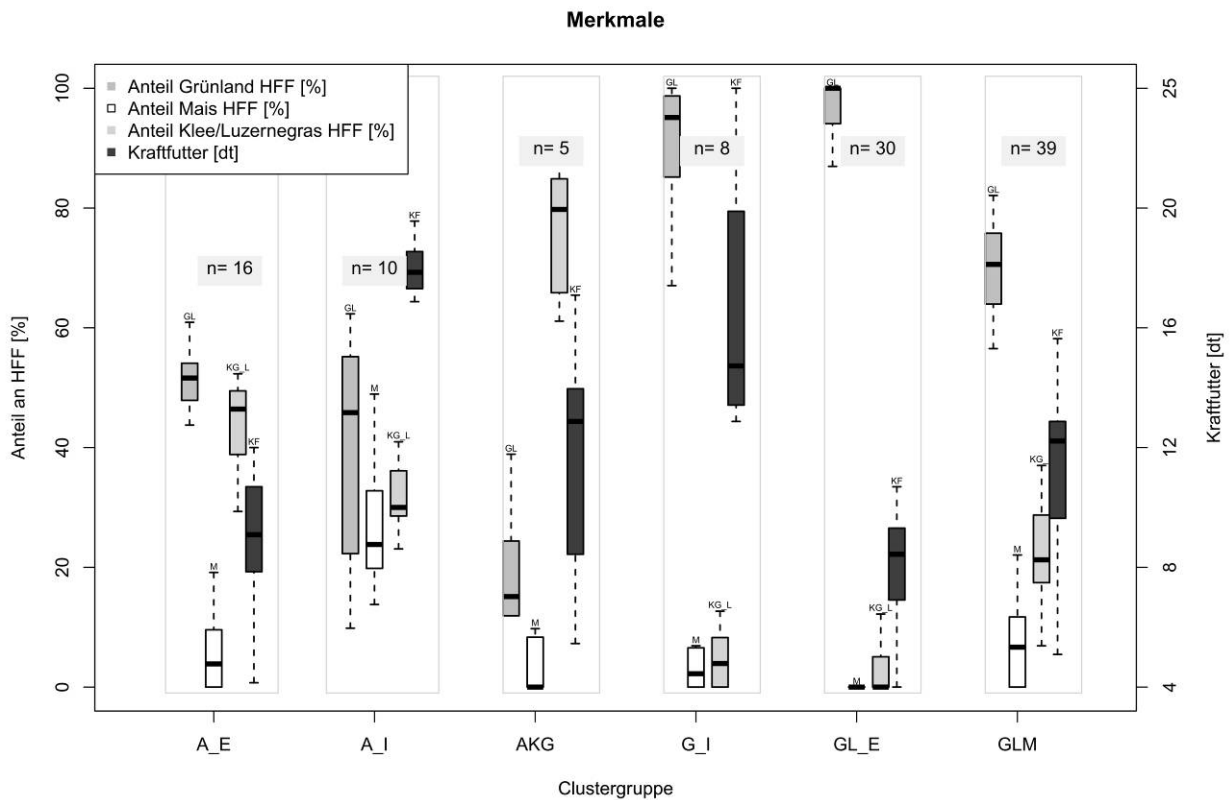
Die Datengrundlage der Untersuchung bilden Erhebungen zu Parametern der Betriebsstruktur und des Futterbaus von 108 deutschen Milchviehbetrieben, welche aus Gründen der Wahrung regionaler Repräsentativität mit Hilfe einer stratifizierten Stichprobe ausgewählt wurden (BARTH & BRINKMANN, 2009). Die Gruppierung nach Futterbau-Strategietypen erfolgte mittels Clusteranalyse nach WARD. Als gruppierende Merkmale

wurden herangezogen: die jeweiligen Anteile an Grünland (GL), Mais (M) und Klee/Luzerne (KG\_L) an der Hauptfutterfläche (HFF) sowie der mittlere Kraffuttereinsatz (KF).

Die Kalkulation der Grundfutterleistung als Kraffuttermilchleistung orientierte sich an den Vorgaben von WEIß *et al.* (2005).

## Ergebnisse und Diskussion

Auf der Grundlage der Clusteranalyse erfolgte eine Unterteilung der untersuchten Betriebe in sechs Cluster verschiedener futterbaulicher Strategien. Um die jeweiligen Anteile an Futterfrüchten sowie deren Variation innerhalb der Cluster sichtbar zu machen, werden diese als Boxplot dargestellt (Abb. 1).

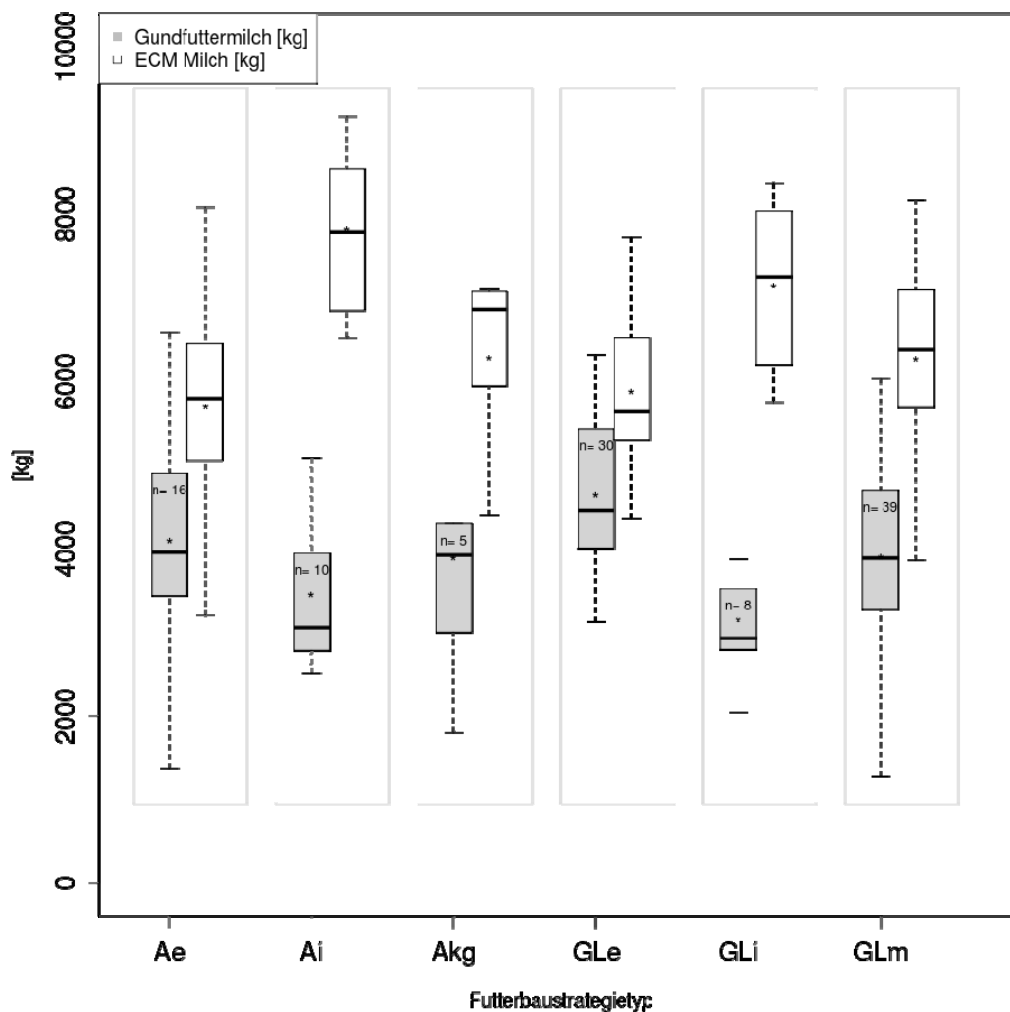


**Abb. 1:** Futterbau-Strategietypen geclustert nach Futterfrucht-Anteilen an der Hauptfutterfläche (% HFF) und dem Kraffutteraufwand (dt je Kuh\*a) (– = Median; \* = Mittelwert)

In sämtlichen Aspekten der Produktionsstruktur ergab sich ein recht heterogenes Bild unter den Milchviehbetrieben, was auf eine gute Betriebsauswahl und einen hinreichenden Untersuchungsumfang schließen lässt. Die vorgefundene Heterogenität in den

Produktionsstrukturen deckt sich mit anderen europäischen Analysen der ökologischen Milchviehhaltung (Fall *et al.*, 2009; Häring, 2003). Neben der Einteilung in Ackerfutterbau- und Grünlandsschwerpunkte konnten die Betriebe desweiteren maßgeblich durch das Intensitätsmerkmal des Krafftutteraufwandes segmentiert werden. Nach Interpretation der Strukturinformationen je Cluster ergeben sich folgende, so genannten Futterbau-Strategietypen: Ae Ackerfutter extensiv, Ai Ackerfutter intensiv, Akg Ackerfutter Kleegras betont, GLi Grünland intensiv, GLe Grünland extensiv, GLm Grünland mittlerer Intensität.

Die Anwendung der Clusteranalyse erlaubt damit eine objektivierte Kategorisierung der betriebsstrukturellen Vielfalt in Form der gebildeten Futterbau-Strategietypen. Darauf aufbauend ist ein Vergleich der strukturspezifischen tierischen Leistungen und zwar als Fett und Eiweiß korrigierte Gesamtmilchleistung pro Kuh und Jahr sowie als Grundfuttermilchleistung je Kuh und Jahr vorgenommen worden (Abb. 2).



**Abb. 2:** Milchleistung (kg ECM / Kuh\*a) und Grundfuttermilch (kg ECM / Kuh\*a) der extrahierten Futterbau-Strategietypen

Die großen Spannweiten sowohl der durchschnittlichen Milchleistung als auch der Grundfutterleistung bestätigen die Sinnfälligkeit der weitere Unterteilung nach intensiv und extensiv wirtschaftenden Ackerfutterbau- bzw. Grünlandbetrieben. So gibt es extensiv wirtschaftende Betriebe mit einer Milchleistung von 3199 kg ECM und intensive mit Milchleistungen von 9169 kg ECM, im Mittel liegt die Milchleistung aller Betriebe bei 6275 kg ECM.

Entsprechend den Erwartungen sind in den intensiv wirtschaftenden Futterbau-Strategietypen die höchsten Einzeltierleistungen (Ackerfutterbau intensiv Ai, mean= 7812 kg ECM; Grünland intensiv GLi, mean= 7133 kg ECM) anzutreffen, die bei Ai durch einen hohen Anteil an energiereicher Ackerfutterfrüchte (AFF) an der HFF (von bis zu 48 % Silomais) und hohen Krafffutteraufwand erreicht werden. Der Futterbau-Strategietyp GLi erzielt die hohen Milchleistungen durch einen intensiven Krafffutteraufwand (GLi, mean= 17,3 dt / Kuh / a), jedoch variiert dieser stark innerhalb des Clusters.

Ein mittleres Milchleistungsniveau charakterisiert die Futterbau-Strategietypen Ackerfutterbau-Kleegrass (AKg) und Grünland mittlerer Intensität (GLm). Die extensive Wirtschaftsweise von Ackerfutterbau extensiv (Ae) und Grünland extensiv (GLE) spiegelt sich in einem niedrigeren Milchleistungsniveau wieder. Bei Berücksichtigung des Krafffutteraufwandes kehrt sich die Beurteilung der futterbaulichen Leistung um. Die intensiven Strategietypen Ai und Gli weisen Grundfutterleistungen deutlich unter 4000 kg ECM auf, was futterökonomisch in aller Regel kritisch zu beurteilen ist.

Mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Tests wurde geprüft, ob sich die Grundfutterleistungen der Futterbau-Strategietypen signifikant voneinander unterscheiden, was der Fall war (df=5; asymptotische Signifikanz 0,03). Somit sind die Aussagen zur Grundfutterleistung belastbar.

Die höchsten durchschnittlichen Grundfutterleistungen werden bei Futterbau-Strategietyp GLE erreicht. Dies kann einerseits auf den geringen Krafffutteraufwand zurückgeführt werden, andererseits ist die Qualität der Grobfuttermittel maßgeblich. Die zweithöchste Grundfutterleistung wird im Futterbau-Strategietyp Akg erreicht, und dies trotz eines mittleren Krafffutteraufwands. Dieser Befund ist insofern bemerkenswert, als dass gemeinhin die Grundfuttermittelverdrängung durch Krafffutter umso stärker ansteigt, je hochwertiger das Grundfutter ist (Faverdin et al. 1991). Kleegrass und dessen Konservate zählen jedoch zweifellos zu den gehaltvolleren Grobfuttermitteln.

## Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Untersuchung konnte eine klare Beziehung zwischen der Grundfutterleistung ökologisch wirtschaftender Milchviehbetriebe und dem kombinierten Faktor Futterflächenstruktur / Intensität hergestellt werden. Die angewandte Clusteranalyse hat sich als geeignetes Werkzeug zur Gruppierung der Betriebe erwiesen, auf deren Grundlage weitere Produktionsparameter analysiert werden können.

Das festgestellte Niveau der Grundfutterleistung insgesamt kann nicht befriedigen, wenn man bedenkt, dass konventionelle Referenzbetriebe in Mecklenburg-Vorpommern Grundfutterleistungen von 5.500 kg ECM je Kuh und Jahr realisieren (HARMS und HEILMANN, 2011).

Die Spannweite der Grundfutterleistungen ist hingegen größer als erwartet. Sie ist einerseits Ausdruck des stärkeren Standorteinflusses auf die Futtererzeugung im ökologischen Landbau, kann andererseits auf der Ebene eines speziellen Futterbau-Strategietyps aber auch als Potential zur Verbesserung der Grundfutterleistung angesehen werden. Diese Information ist für Beratungsträger von besonderem Interesse.

Um eine genauere Beurteilung der festgestellten futterbaulichen Leistungsfähigkeit zu ermöglichen, wäre es zukünftig wünschenswert, die Grundfutterleistung nicht allein als Krafffutter bereinigte Milchleistung auszuweisen sondern auch Saftfuttermittel und Grascobs mit zu berücksichtigen, was bei vorliegender Datenbasis nicht möglich war.

## Literatur

- BARTH, K. UND BRINKMANN, J. (2009): „Interdisziplinär betrachtet: Gesundheit- und Leistungsfähigkeit von Milchkühen im ökologischen Landbau“, 10. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau vom 11.-13. Februar 2009, Zürich, 178-181.
- BRINKMANN, J. UND WINCKLER, C. (2005): „Status quo der Tiergesundheitssituation in der ökologischen Milchviehhaltung – Mastitis, Lahmheiten, Stoffwechselstörungen“, 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau vom 01.-04. März 2005, Kassel, 343-346.
- FALL, N. und EMANELSON, U. (2009): Milk yield, udder health and reproductive performance in Swedish organic and conventional dairy herds. *Journal of Dairy Research* 76, 402-410.
- FAVERDIN, P., J.P. DULPHY, J.B. COULON, R. VERITE, L.P. GAREL, L. ROUEL und B. MARQUIS (1991): Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. *Livestock Production Science* 27, 137-156.
- HAAS, G., WETTERICH, F., KÖPKE, U. (2001): Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 83, 43-53.
- HARMS, J. und HEILMANN, H. (2011): Ökonomische und produktionstechnische Analyse der Milchproduktion und Färsenaufzucht. Forschungsbericht Nr. 1/18 des Institutes für Betriebswirtschaft d. LFA Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow



- HÄRING, A.M., (2003): Organic dairy farms in the EU: Production systems, economics and future development. *Livestock Production Science* 80, 89-97.
- MÜLLER-LINDENLAUF, M., DEITTERT, C., KÖPKE, U. (2010): Assessment of environmental effects, animal welfare and milk quality among organic dairy farms. *Livestock Science* 128, 140-148.
- WEIß, J., MEYER, A., BONSELS, T., LÜPPING, W., SPIEKERS, H. (2005): Grundfutterleistung einheitlich berechnen. <http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/> 29.06.2011

# Optionen des Anbaus von trockenheitsverträglichen Gras-Leguminosen-Gemengen auf diluvialen Grenzstandorten Nordostdeutschlands

Andreas Titze<sup>1</sup>, Jürgen Müller<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Dorfplatz 1, 18276 Gülzow (a.titze@lfa.mvnet.de)

<sup>2</sup>Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

## Einleitung und Problemstellung

Ein Großteil der ökologisch ausgerichteten Futterbaubetriebe im Nordosten Deutschlands wirtschaftet auf sorptionsschwachen Standorten wie grundwasserfernen Sandböden oder degradierten bzw. flachgründigen Niedermooren. Trockenperioden, insbesondere im Vorsommer, führen hier zu empfindlichen Ertragsausfällen bei den traditionellen Futterfrüchten. Diese kritische Konstellation wird durch fortschreitende klimatische Veränderungen weiter verschärft, was es zwingend notwendig macht, Alternativen zu den herkömmlichen Ansaatmischungen für Acker- und Grünland zu entwickeln (STEFFEN und BERGKNECHT, 2006).

Eine zentrale Rolle für eine stabile und qualitätsgerechte Grundfutterproduktion könnten dabei standortangepasste Leguminosen und Gräser mit ausgeprägter Trockenheitstoleranz spielen. Deren Anteil muss insbesondere auf den sorptionsschwachen Mineralböden erhöht werden, denn ohne sie ist eine nachhaltige Grundfutterproduktion unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus auf Dauer nicht möglich. Während es für derartige Gemenge etliche Optionen trockenheitsverträglicher Futtergräser (*Dactylis glomerata*, *Arrhenaterum elatius*, *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, *Bromus* ssp.) gibt, besteht im Hinblick auf die Leguminosen-Komponente noch ein höherer Untersuchungsbedarf. Im Beitrag sollen Versuchsergebnisse von Feldversuchen der letzten Jahre zur Ertragsleistung und Futterqualität unter Einbeziehung der Rotklee-Alternativen *Lotus corniculatus* sowie *Medicago* ssp. vorgestellt und diskutiert werden.

## Material und Methoden

Beginnend im Frühjahr 2007 erfolgte die jährliche Aussaat (Frühjahrsblanksaat) verschiedener Leguminosen-Gras-Gemenge im Rahmen der ortsüblichen Fruchtfolge auf dem ökologischen Versuchsfeld der Landesforschungsanstalt in Gülzow (Tab. 1). Der Standort befindet sich im Rückland der Mecklenburgischen Seenplatte. Im langjährigen Mittel fallen 556 mm Niederschlag, die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 8,5 °C. Vorherrschende Bodenart ist sandiger Lehm mit Ackerzahlen zwischen 25 und 40. Bodenuntersuchungen vor der Aussaat wiesen bei einem mittleren pH-Wert von 5,8 für die Hauptnährstoffe P, K, Mg jeweils die Gehaltsklasse C aus.

**Tabelle 1:** Zusammensetzung der geprüften Leguminosen-Gras-Gemenge

Ifd. Nr.	Gemenge	Sorte	Aussaatmenge in kg/ha
1	Medicago sativa (WT <sup>1</sup> )	Luzelle	14
	Festuca rubra r.	NFG Th. Roemer	6
2	Medicago sativa (MT <sup>2</sup> )	Plato	14
	Festuca rubra r.	NFG Th. Roemer	6
3	Medicago falcata x s.	Karlu	14
	Festuca rubra r.	NFG Th. Roemer	6
4	Lotus corniculatus	Leo	12
	Festuca rubra r.	NFG Th. Roemer	6

<sup>1)</sup> WT-Weidetyp; <sup>2)</sup> MT-Mähtyp

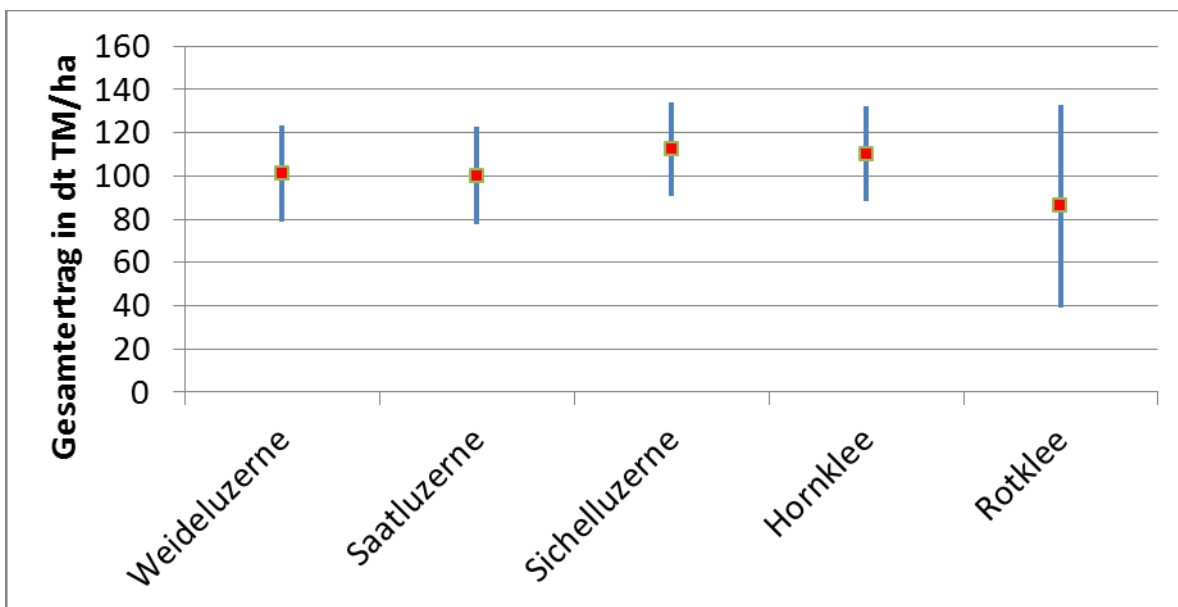
Als Mischungspartner für die Leguminosen wurde der relativ anspruchslose Rotschwingel aufgrund seiner Wurzelmassebildung und Ausdauer auf austrocknungsgefährdeten Standorten gewählt. Das in die Fruchtfolge des ökologischen Versuchsfeldes integrierte, übliche Rotklee-Gras-Gemenge diente als Referenz. Alle drei Versuchsstaffeln (Ansaaten 2007, 2008 u. 2009) wurden als randomisierte Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angelegt und jeweils zwei Nutzungsjahre beprobt.

Die Daten wurden varianzanalytisch verrechnet (GLM) und die Mittelwerte bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  auf signifikante Unterschiede geprüft.

Neben der Ertragsbildung waren Parameter der Konservierungseignung und der Proteinqualität Prüfmerkmale. Dazu wurde u. a. die Proteinqualität des geernteten Materials mit Hilfe des Fraktionierungsverfahrens nach SHANNAK et. al. (2000) in frischem und siliertem Zustand untersucht.

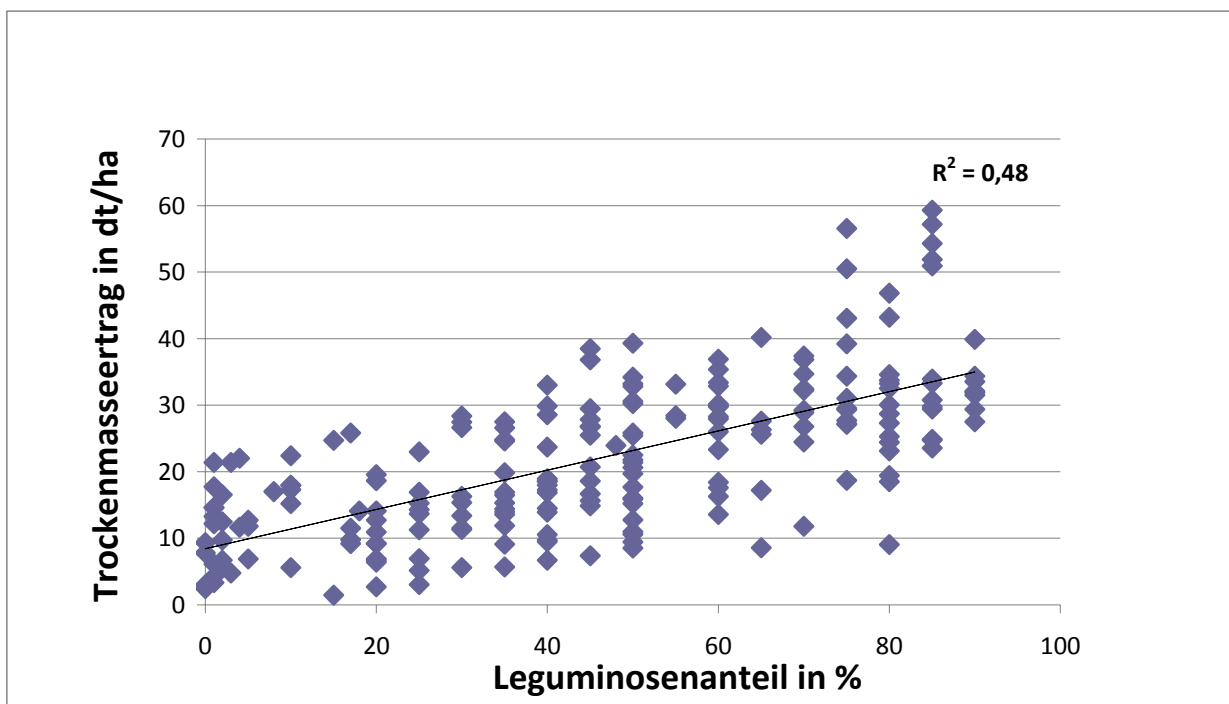
## Ergebnisse und Diskussion

Weder vom Faktor ‚Gemenge‘ noch vom Faktor ‚Ansaatstaffel‘ gingen signifikante Effekte auf die Gesamtertragsleistungen aus. Die in Abbildung 1 dargestellten Erträge ergeben sich aus der Summierung von insgesamt 5 Schnitten der geernteten Trockenmasse aus Ansaatjahr (2 Aufwüchse) und Hauptnutzungsjahr (3 Aufwüchse). Signifikante Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Varianten konnten ebenfalls nicht festgestellt werden. Auffallend war hingegen die vergleichsweise geringe Streubreite der Versuchsvarianten gegenüber dem langjährig am Standort angebauten Rotklee-Gras-Gemenge während des Untersuchungszeitraumes. Dies mag als Beleg für deren höhere Ertragsstabilität auch während ausgeprägter Trockenphasen gelten.



**Abb. 1:** Ertragsleistung verschiedener Gras-Leguminosen-Gemenge (Summe von je 5 Aufwüchsen, Mittelwerte aus 3 Versuchsjahren, Fehlerbalken = min-max-Spanne)

Unterschiedliche Witterungsbedingungen insbesondere während der Etablierungsphase aber auch zwischen den Ansaatjahren führten trotz konstanter Saatmengen und -technik zu stark variierenden Leguminosenanteilen im Bestand. Welche Bedeutung der Leguminosenanteil für die Ertragsbildung ökologisch bewirtschafteter Futterbestände hat, kann am Einfluss des Leguminosenanteils auf den Gesamtertrag abgelesen werden (siehe Abb. 2). Es ist sehr wahrscheinlich, dass unzureichende bzw. fehlende rhizobielle Stickstoffbindung ursächlich für tendenziell niedrigere Trockenmasseerträge in den Parzellen mit geringerem Leguminosenanteil ist. Abweichungen hiervon waren einerseits immer dann festzustellen, wenn in Phasen mit guter Wasserversorgung grundsätzlich höhere Erntemengen auch ohne nennenswerte Leguminosenanteile gemessen wurden. Andererseits erschwerten lang anhaltende Trockenphasen auf Parzellen mit überwiegend sorptionsschwachen Bodenanteilen die Biomassebildung auch bei vergleichsweise hohen Leguminosenanteilen.

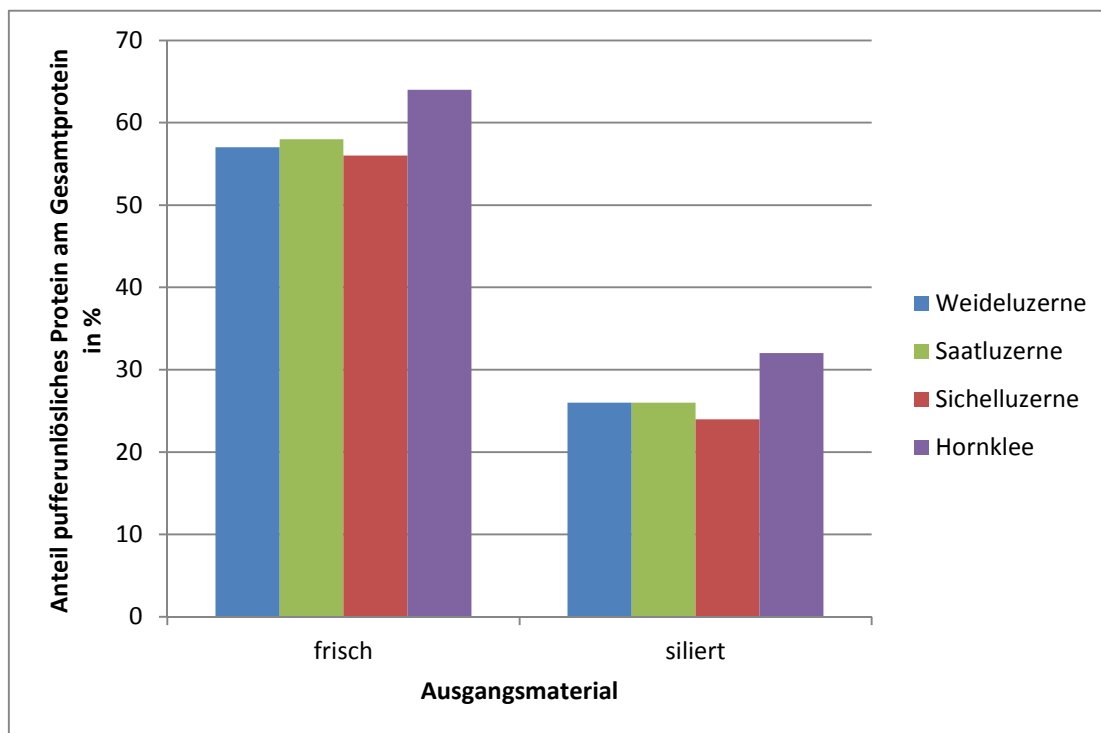


**Abb. 2:** Trockenmasseertrag in Abhängigkeit vom Leguminosenanteil (Einzelerträge aller geernteten Parzellenaufwüchse 2007-2010, n=216)

Zunehmende Bedeutung kommt Leguminosen-Gras-Gemengen bei der Eiweißversorgung der Tierbestände im ökologischen Landbau zu. Sowohl gesetzliche Vorgaben, als auch eingeschränkte Zukaufsmöglichkeiten bei Eiweißkomponenten machen eine Anbauausdehnung zwingend notwendig. Weil es aber nicht allein um die Proteinmenge, sondern vor allem auch um die Proteinqualität geht, sind die angebauten Gemenge in

frischem und siliertem Zustand diesbezüglich untersucht worden. Dabei stand die Frage im Vordergrund, über welche Abbaueigenschaften im Pansen die verschiedenen Proteinherkünfte aus der Versuchsanstellung verfügen. Mit Hilfe der chemischen Rohproteinfraktionierung kann der Proteinabbau im Pansen geschätzt werden, ohne dass dafür Tierversuche nötig sind.

In Abbildung 3 sind ausgewählte Ergebnisse der chemischen Rohproteinfraktionierung sowohl des frischen Materials als auch der fertigen Silagen aufgeführt.



**Abb. 3:** Anteil des pufferunlöslichen Proteins am Gesamtprotein (jeweils 1. Aufwuchs, Mittelwerte aus 3 Versuchen und je 2 Wiederholungen, Fraktionen B2, B3 und C)

Im frischen Material sind zwischen 35 und 45 Prozent des Proteins im Pansen schnell abbaubar, d. h. der überwiegende Anteil des Rohproteins stünde bei der Verdauung für die weitere Verwertung im Dünndarm zur Verfügung. Dieser Umstand ist positiv zu bewerten, da das so genannte stabile Eiweiß aus dem Grundfutter - insbesondere in der Milchviehfütterung - einen Mangelfaktor darstellt und im Rahmen der ökologischen Futterproduktion nicht ohne weiteres zu ersetzen ist.

Während sich die Eiweißzusammensetzung des getrockneten Materials kaum veränderte, sank der Anteil des stabilen Proteins in den Silagen auf Werte zwischen 24 und 39 Prozent.

Es muss dann damit gerechnet werden, dass einerseits zu wenig Protein am Dünndarm verfügbar ist, während es andererseits zu erhöhten Eiweißverlusten und Verdauungsproblemen kommen kann. Vergleichsweise gering fiel der Abbau im Hornklee-Gemenge aus. Dies kann auf den für Hornklee spezifisch hohen Gehalt an Eiweiß schützenden Tanninen zurückgeführt werden (GIERUS et. al., 2005).

### **Schlussfolgerungen**

Mit den untersuchten Leguminosen-Gras-Gemengen kann auf austrocknungs-gefährdeten Standorten eine Ertragsstabilisierung erreicht werden. Auf gute Etablierungsbedingungen für derartige Gemenge ist größter Wert zu legen, da sich Fehler bei der Ansaat später nicht mehr korrigieren lassen und der Anfangsbestand entscheidend ist für die Ertragsleistung in den Folgejahren. Die Gemenge wiesen sowohl in frischem als auch in getrocknetem Zustand eine hohe Eiweißqualität auf. Diese verschlechterte sich während des Silierprozesses zum Teil deutlich, wodurch die anschließende Verwertung durch Wiederkäuer negativ beeinflusst wird. Gezielte Maßnahmen – insbesondere der Einsatz von Milchsäurebakterien - können zur Verringerung des Eiweißabbaus während der Konservierung beitragen.

### **Literatur**

Gierus, M., Herrmann, F. und F. Taube (2005): Abbaubarkeit des Rohproteins von Futterleguminosen und Silomais. *Mitteilungen der AGGF*, Band 7, S. 115 – 118.

Shannak, S., Südekum, K.-H. und A. Susenbeth (2000): Estimation ruminal crude protein degradation with in situ and chemical fractionation procedures. *Animal Feed Science and Technology* 85, S. 195 – 214.

Steffen, E. und S. Bergknecht (2006): Mögliche Konsequenzen des Klimawandels auf die Zusammensetzung geeigneter Ackerfuttermischungen.- In: *Futterpflanzen und Klimawandel, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*, Heft 15/2006.

# **Leistungspotential von Wiesenlieschgras (*Phleum pratense* L.) und Wiesenschweidel (*Festulolium*) im Vergleich zu Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) in Schleswig-Holstein**

D. Tobi, A. Herrmann, M. Gierus, F. Taube

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

## **Einleitung und Problemstellung**

Das Deutsche Weidelgras gilt aufgrund seiner hohen Futterqualität und Ertragsleistung als die bedeutendste Grasart für die Erzeugung von Grundfutter in Nordwesteuropa. Jedoch ist die Variabilität zwischen Sorten im Bezug auf Futterqualitätsparameter als moderat einzustufen (SALAMA, 2010). Wiesenlieschgras kommt durch seine ausgeprägte Winterhärte insbesondere in Skandinavien, Kanada und Nordamerika eine große Bedeutung als Futtergras zu (TAMAKI et al., 2010). Wiesenschweidel (*Festulolium*) ist definiert als eine Kreuzung von *Festuca* spp. und *Lolium* spp. Ziel dieser Kreuzung ist es, die Futterqualität von *Lolium*, mit der Toleranz gegenüber Kälte und Trockenheit von *Festuca* zu kombinieren (CERNOCH et al., 2004). Ziel des Beitrages ist es, das Potential von zwei alternativen Futtergräsern, Wiesenlieschgras und Wiesenschweidel, im Hinblick auf ihre Eignung für den Ackergrasanbau unter den Bedingungen Schleswig-Holsteins vergleichend zu Deutschem Weidelgras zu prüfen.

## **Material und Methoden**

Für einen Vergleich der Arten wurden je zwei Sorten Deutsches Weidelgras (cvs. Trend und Delphin), Wiesenlieschgras (cvs. Tiller und Comer), sowie Wiesenschweidel (cvs. Felopa und Sulino) in Reinsaaten in einer Blockanlage mit vierfacher Wiederholung an zwei für Schleswig-Holstein repräsentativen Standorten, Hohenschulen (sL, AZ 45-60, 8,8° C, 760 mm) und Schuby (hS, AZ 20-22, 8,0° C, 850 mm) angebaut. Die Parzellen wurden im September 2009 angelegt. Es werden Ergebnisse des ersten Nutzungsjahres (2010) dargestellt. Die Bestände wurden in einer 4-Schnittnutzung mit einer N-Düngung von 480 kg N ha<sup>-1</sup> pro Jahr genutzt. Der Stickstoffdünger wurde in Form von Kalkammonsalpeter in 4

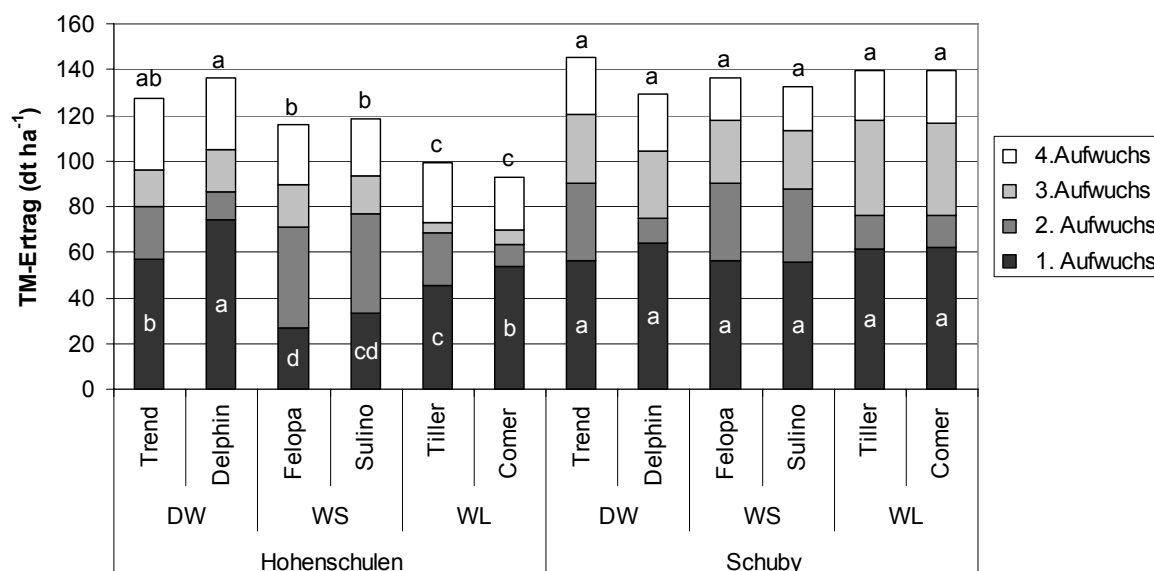


Gaben (170, 150, 100 bzw. 60 kg N ha<sup>-1</sup>) zu den jeweiligen Aufwüchsen ausgebracht. Der 1. Aufwuchs wurde zum Ährenschieben der jeweiligen Sorte geerntet. Da die Sorten verschiedenen Reifegruppen zuzuordnen sind, betrug der Unterschied der Schnittzeitpunkte des 1. Aufwuchses in Hohenschulen 13 Tage, in Schuby 6 Tage. Die Folgeaufwüchse wurden nach ca. 40-45 Tagen geschnitten. Die Parzellen wurden mit einem Vollernter beerntet, die Grasproben bei 59° C, getrocknet und auf 1 mm mit einer Zentrifugalmühle vermahlen. Die Ergebnisse zu Futterqualitätsparametern beruhen auf NIRS-Schätzungen, welche auf der Cellulasemethode von DE BOEVER et al. (1986) zur Bestimmung von ELOS und der Formel von WEIßBACH et al. (1999) zur Berechnung der Verdaulichkeit der organischen Substanz basieren. Die Mittelwertvergleiche wurden in SAS 9.1 mit t-Test und anschließender Bonferroni-Holm Korrektur durchgeführt.

## Ergebnisse und Diskussion

### Ertragsleistung

Die Ertragsleistung der Arten unterschied sich sowohl im ersten Aufwuchs als auch bezüglich des Jahresertrages nur am Standort Hohenschulen signifikant (Abbildung 1). Am Standort Schuby wurde im ersten Aufwuchs mit allen Arten ein vergleichbar hohes Ertragsniveau mit Erträgen zwischen 55,6 dt ha<sup>-1</sup> (Sulino) und 63,8 dt ha<sup>-1</sup> (Delphin) erreicht.



**Abb. 1:** Ertragsleistung der geprüften Grasarten und -sorten. Unterschiedliche weiße Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im ersten Aufwuchs, schwarze Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Jahresertrag innerhalb eines Standortes (Bonferroni-Holm,  $p < 0,05$ ).

In Hohenschulen wies der TM-Ertrag in Abhängigkeit der Art eine große Variation auf, so lagen die Erträge des Wiesenschweidels bei nur 27,1 bzw. 33,1 dt ha<sup>-1</sup>. Diese sehr geringen Werte hängen vermutlich mit Schwierigkeiten bei der Bestandesetablierung zusammen. Ertragsunterschiede im zweiten Aufwuchs sind möglicherweise auf die verschiedenen Schnitttermine zurückzuführen. Der sehr heiße, trockene Sommer 2010 machte sich insbesondere im dritten Aufwuchs bemerkbar, wobei die fehlenden Niederschläge in Schuby teilweise durch Beregnung ausgeglichen wurden. Der Trockenstress hatte erwartungsgemäß den größten Einfluss auf das Wiesenlieschgras (SPEDDING UND DIEKMAHNS, 1972), welches bei zusätzlicher Beregnung am Standort Schuby mit 41,6 bzw. 40,0 dt ha<sup>-1</sup> ertragsstärkste Art, in Hohenschulen ohne Beregnung im gleichen Zeitraum mit 4,6 bzw. 5,9 dt ha<sup>-1</sup> die Art mit den geringsten Erträgen war. Die Beregnung am Standort Schuby, sowie die bessere Bestandesetablierung ist vermutlich für die meist höheren Jahreserträge verantwortlich. Deutliche, aber nicht signifikante Sortenunterschiede, hinsichtlich der Jahreserträge innerhalb einer Art waren nur beim Deutschen Weidelgras zu beobachten.

Der Ertrag im mehrjährigen Ackerfutterbau ist in hohem Maße von der Ausdauer und Frosttoleranz abhängig. Der Wiesenschweidel war nach einem sehr trockenem Frühjahr in Hohenschulen im zweiten Nutzungsjahr 2011 wieder die ertragsschwächste Art im ersten und zweiten Aufwuchs (Daten nicht dargestellt). Dies ist auf deutliche Auswinterungsschäden zurückzuführen, die eine sehr lückige Narbe hinterließen. Bei beiden Wiesenschweidelsorten handelt es sich um Kreuzungen der Arten *F. pratensis* x *L. multiflorum*, bei der Sorte Felopa handelt es sich um eine von drei in Deutschland zugelassenen Sorten. ØSTREM UND LARSEN (2010) stellten geringere Auswinterungserscheinungen bei Kreuzungen von *L. perenne* x *F. pratensis* fest. Derzeit wird vorwiegend der Anbau von Festulolium in Mischungen empfohlen um ein geringeres Ertragsrisiko bei flexibleren Nutzungszeitpunkten sicherzustellen.

### Futterqualität

Im ersten Aufwuchs zeichnete sich Wiesenlieschgras an beiden Standorten durch eine signifikant geringere Verdaulichkeit der organischen Substanz (DOM) im Vergleich zu Deutschem Weidelgras und Wiesenschweidel. Hohe ADF-Gehalte von über 30 % im Stadium des Ährenschiebens beider Wiesenlieschgrassorten verringerten die Verdaulichkeit, und damit auch die Möglichkeit das Futter effizient in der Milchviehfütterung einzusetzen. Wiesenlieschgras muss also bereits vor dem Ährenschieben geerntet werden, um eine Verdaulichkeit von über 75 % zu erreichen. Sowohl beim Deutschen Weidelgras als auch

beim Wiesenschweidel lag die Verdaulichkeit der organischen Substanz im 1. Aufwuchs bei ca. 80 % (Tab. 1).

**Tab. 1:** Verdaulichkeit der organischen Substanz im 1. und 2. Aufwuchs (in %) Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Zeile belegen signifikante Unterschiede. (Bonferroni-Holm,  $p < 0,05$ )

Ort	Aufwuchs	Deutsches Weidelgras		Wiesenschweidel		Wiesenlieschgras	
		Trend	Delphin	Felopa	Sulino	Tiller	Comer
Hohen- schulen	1	80,8 a	79,8 a	83,5 a	82,5 a	74,4 b	71,8 b
	2	77,1 b	80,9 a	75,6 b	74,4 b	75,9 b	79,0 ab
Schuby	1	80,3 a	77,7 a	78,3 a	79,8 a	68,4 b	70,8 b
	2	79,7 b	86,1 a	78,1 b	80,4 b	78,6 b	80,0 b

Der Wiesenschweidel gehört zu den Arten mit einer raschen phänologischen Entwicklung und erfordert deshalb einen frühen ersten Schnitt. Eine schnelle Abnahme der Futterqualität war auch im zweiten Aufwuchs festzustellen. Gleiche Beobachtungen machten auch ØSTREM UND LARSEN (2008). Der schnelle Wiederaustrieb und das Erreichen des Ährenschiebens in den Folgeaufwüchsen deutet darauf hin, dass jährlich mindestens 5 Aufwüchse geerntet werden sollten, wenn hohe Verdaulichkeiten das Ziel sind.

### Schlussfolgerungen

Auf Basis der bisher vorliegenden, einjährigen Versuchsergebnisse, scheint das Deutsche Weidelgras unter den Bedingungen in Schleswig-Holstein die höchsten Erträge bei gleichzeitig sehr guter Futterqualität zu erbringen. Die Wiesenlieschgrassorten müssen relativ früh geerntet werden, um eine entsprechende Futterqualität zu liefern. Der Wiesenschweidel wies insbesondere im zweiten Nutzungsjahr starke Auswinterungsschäden auf, sodass er sein eigentliches Leistungspotential hinsichtlich des Ertrages nicht realisieren konnte, die Futterqualität ist bei entsprechendem Management, d. h. frühem ersten Schnitt und Ernte der Folgeaufwüchse in relativ kurzen Abständen von 4-5 Wochen

als sehr gut zu bewerten. Weitergehende Futterqualitätsanalysen (Proteinfraktionierung) sind derzeit noch in Bearbeitung.

## Literatur

- CERNOCH V., HOUDEK I., CAPKA R. (2004): Festulolium – grass for future. Bericht über die 55.Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, Raumberg-Gumpenstein, 87-89.
- DE BOEVER J.L., COTTYN B.G., BUYSSE F.X., WAINMAN F.W., VANACKER J.M. (1986): The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 14, 203-214.
- ØSTREM L., LARSEN A. (2008): Winter Survival, yield performance and forage quality of Festulolium cvs. for norwegian farming. *Grassland Science in Europe* Vol. 13, 295-295, Uppsala.
- ØSTREM L., LARSEN A. (2010): Fiber content and plant development in Festulolium. In: C. Huyghe (ed.) Sustainable use of genetic diversity in forage and turf breeding. Part 6, 563-568.
- SALAMA H. (2010): Process-oriented evaluation of yield performance and nutritive value of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) genotypes. Dissertation Kiel.
- Spedding C.R.W., Diekmahns E.C. (1972): Timothy. In: Grasses and legumes in British agriculture. Commonwealth Agricultural Bureaux, UK, 199-214.
- TAMAKI H., BAERT J., MARUM P. (2010): Timothy. In: Boller B., Posselt U.K., Veronesi F.: Fodder crops and amenity grasses. Handbook of plant breeding 5, Springer Verlag, New York (2010), 329-343.
- WEIßBACH F., KUHLA S., SCHMIDT L., HENKELS A. (1999): Estimation of the digestibility and the metabolizable energy of grass and grass products. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* 8, 72.

# ***Galega orientalis* – eine alternative Dauerkultur als Futterpflanze und Substrat zur Biogaserzeugung**

I. Bull<sup>1)</sup>, C. Gienapp<sup>1)</sup>, D. Wiedow<sup>2)</sup>, J. Burgstaler<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Dorfplatz 1, 18276 Gülzow, i.bull@lfa.mvnet.de

<sup>2)</sup> Universität Rostock, Professur für Agrartechnologie und Verfahrenstechnik, Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock, denny.wiedow@uni-rostock.de

## **Einleitung und Problemstellung**

Mit dem Anbau einer ausdauernden Leguminose sind vielfältige Erwartungen verbunden. Bei langjähriger Nutzung können die Kosten für die Bestandesetablierung rechnerisch auf viele Jahre verteilt werden. Von einer eventuellen Startgabe abgesehen, erfolgt die weitere Stickstoffversorgung autark über die Knöllchensymbiose. Wichtig erscheint dies besonders im Hinblick auf die Energie- und Treihausgasbilanzen. Lange Ruhephasen im Bestand und attraktive Blüten für Insekten sind positive Aspekte für Biodiversität und Artenschutz. Wegfall der jährlichen Bodenbearbeitung und intensive Durchwurzelung begünstigen die Humusbildung und eine Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Verglichen mit traditionellen Dauerkulturen wie Klee gras, Rotklee und Luzerne, deren Nutzung unter maritimen Bedingungen meist auf zwei Jahre begrenzt ist, wird von *Galega* eine deutlich längere Nutzungsdauer erwartet. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass bei *Galega* das Ertrags- und Qualitätsoptimum mit nur zwei Schnitten im Jahr erreicht wird. Vor zehn Jahren veröffentlichte das Agrar-Forschungs-Institut Estlands (NÖMMSALU (Hg.) 2001) die erste umfassendere Beschreibung einer neuen ausdauernden Futterpflanze, der „Futter-*Galega*“ (Östliche Geißraute, *Galega orientalis*). In Niedersachsen wurde aus einem Anbauversuch für diese Pflanzenart ein zunehmendes Potential für den extensiven Ackerfutterbau abgeleitet (SÖLTER, 2006). Die Prüfung auf Anbauwürdigkeit unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns erfolgt in der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei am Standort Gülzow. Ergänzend wurden Silierversuche und Batch-Tests zur Einschätzung des Methanertragspotentials durchgeführt.

## Material und Methoden

Die Bestandesetablierung erfolgte Anfang Juni 2007 mit der Sorte „Gale“ und einer Rhizobienkultur (*Rhizobium galegae*) des Agrar-Forschungs-Institut Estlands. Der Untersuchungsstandort befindet sich im Bützow-Güstrower Becken und ist durch maritimes Binnenklima beeinflusst (mittlere jährliche Niederschlagssumme 542 mm, mittlere Lufttemperatur 8,5°C) Die Versuchsfläche befindet sich auf einem lehmigen Sand der Ackerzahl 52 (Boden-pH 7,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 46 mg, K<sub>2</sub>O = 8 mg, Mg = 15,2 mg; jeweils bezogen auf 100g Boden, DL-Methode). Die Bestandesetablierung erfolgte mit der Sorte „Gale“ und einer Rhizobienkultur (*Rhizobium galegae*) des Agrar-Forschungs-Institut Estlands als Blanksaat. Der erste Schnitt wurde stets zu Blühbeginn durchgeführt. Die zweite Mahd erfolgte 2009 Ende August und 2010 Ende September. Die Biomasse wurde nach jedem Schnitt von der Fläche entfernt. Um die wirtschaftliche Nutzungsdauer des Bestandes zu ermitteln, wird der Versuch in den kommenden Jahren fortgeführt.

Ab 2009 wurden für jeden Ernteschnitt die Inhaltsstoffe nach der Weender Analyse untersucht. Für den Silierversuch wurde 2009 Grünmasse (zweiter Schnitt, TS 30,5 %) aus dem dreijährigen Galegabestand entnommen. Das Pflanzenmaterial wurde frisch gehäckselt in 1,5 l-Einweckgläser eingepresst und 96 Tage bei Zimmertemperatur gelagert. Die Analyse der Inhaltsstoffe erfolgte nasschemisch, die Untersuchung der Gärsäuren und Alkohole mittels Gaschromatographie und die Untersuchung der Milchsäure mit dem Spectrometer. Die potentielle Methanausbeute wurde nach der von WEIßBACH (2009) veröffentlichten Methode zur Bestimmung der fermentierbaren organischen Trockensubstanz (FoTS) und seiner allgemein gültigen Formel der Methanausbeute aus der FoTS berechnet. Bei der Ermittlung der Methanausbeute im Labor wurden Batch-Versuche auf der Grundlage der VDI-Richtlinie 4630 (2006) durchgeführt.

## Ergebnisse und Diskussion

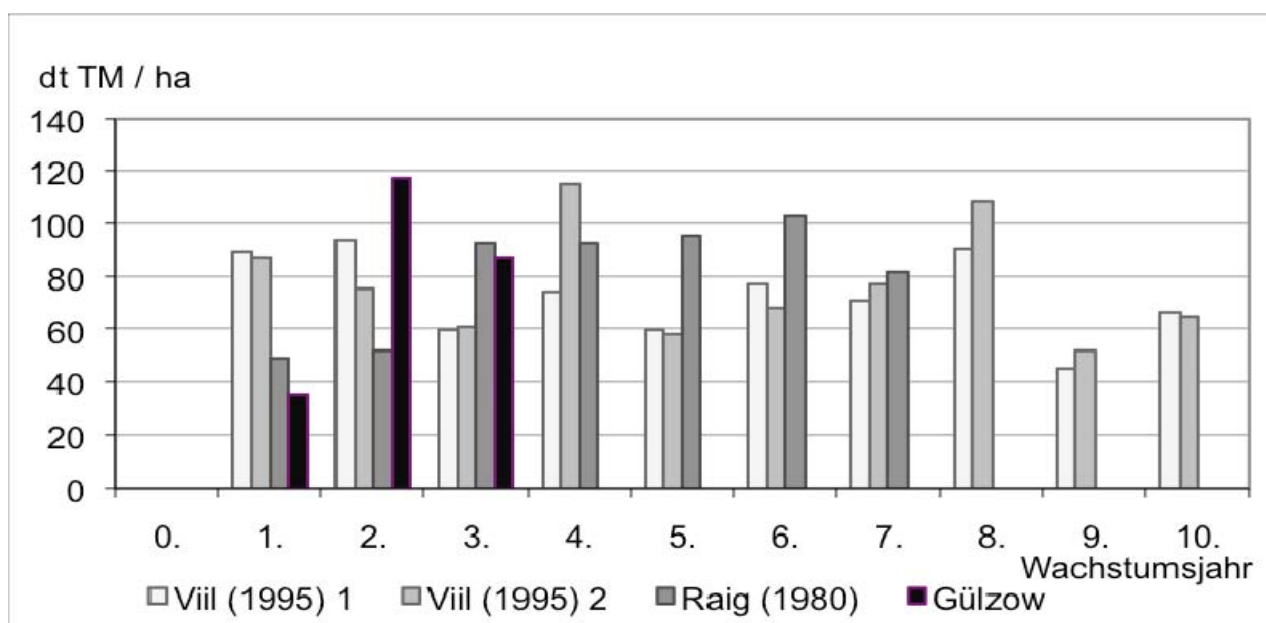
Im Ansaatjahr 2007 war kein erntewürdiger Schnitt zu erwarten, da *Galega orientalis* im Vergleich zu anderen kleinkörnigen Leguminosen durch eine besonders langsame Jugendentwicklung charakterisiert ist. Die Ernte 2008 brachte ein sehr geringes Ergebnis. Es lässt sich mit den ungünstigen Aussaatbedingungen 2007 begründen. Im Jahr 2009 hatte der Bestand trotz einer extremen Frühsommertrockenheit im April und Mai das Ertragspotential, wie es aus estnischen Versuchen bekannt ist (NÖMMSALU 2001a, VIIL, 2001; RAIG 2001), erreicht. Der ungewöhnlich lange Winter 2009/ 2010 behinderte die Pflanzen im Unterschied zu anderen Kulturen nicht. Die nach dem ersten Schnitt einsetzende

Vorsommertrockenheit schränkte aber den Wiederaustrieb ein.

Galega-Bestände können mehr als 10 Jahre ausdauern und stabile Erträge um 100 dt TM / ha pro Jahr liefern (RAIG, NÖMMSALU, MERIPÖLD 2001), (LAIDNA, VIIRALT, KABANEN 2001). Sowohl die in Gülzow als auch die in Niedersachsen (SÖLTER, 2006) ermittelten TM-Erträge (hier 69 bis 105 dt/ha) liegen im gleichen Bereich. Unter der Annahme, dass die letzten beiden Jahre repräsentativ für das Ertragspotential der Galega am Standort Gülzow sind und der Bestand, wie aus dem Baltikum bekannt, stabil 10 Jahre ausdauern könnte, liegt der mittlere Jahresertrag inklusive des Ansaatjahres und des ertragsschwachen Jahres 2008 bei 106 dt TM/ha (Abb. 1, estnische Ertragsergebnisse in: RAIG 2001 und VIIL 2001).

**Tab. 1:** Biomasseerträge des Feldversuches Gülzow [dt TM/ ha]

	2007	2008	2009	2010
1. Schnitt	--	35,33	63,37	61,45
2. Schnitt	--	--	54,46	26,18
<b>Summe</b>	--	<b>35,33</b>	<b>117,83</b>	<b>87,63</b>



**Abb. 1:** Ertragsentwicklung langjähriger Anbauversuche in Estland und Mecklenburg-Vorpommern

Die Ergebnisse der Futtermitteluntersuchung des Gülzower Anbauversuches entsprechen den von NÖMMSALU (2001b) vorgestellten Relationen. Der höchste Futterwert wird bis vor dem Erscheinen der Blütenknospen erzielt. Danach nimmt die Qualität aufgrund des

zunehmenden Zellulosegehaltes und der relativ frühen Blüte schnell ab. Die Qualitätsveränderungen verlaufen nach Blühbeginn und beim Wiederaustrieb nach einem Schnitt langsamer als vorher (NÖMMSALU 2001b). In diesem von dem bekannter Futterleguminosen etwas abweichenden Entwicklungsverlauf lassen sich sowohl die von SÖLTER (2006) als auch die in Gülzow gemessenen Werte einordnen.

**Tab. 2:** Inhaltsstoffe und potentieller Methanertrag des Gülzower Erntegutes

		1. Schnitt	2. Schnitt	1. Schnitt	2. Schnitt
Erntetermin		20.05.09	24.08.09	04.06.10	27.09.10
TS	[%]	15,7	35,6	14,9	25,3
RA	[g/kg TM]	80	90	85	99
RP	[g/kg TM]	207	151	209	147
RFa	[g/kg TM]	343	310	375	282
RFe	[g/kg TM]	23	18	17	21
Methanertrag	[lN CH <sub>4</sub> /kg oTM]	288,6	303,2	270,9	315,1

Die Ergebnisse zur Gärqualität belegen, dass Galega im Hinblick auf die Silierfähigkeit ähnlich wie andere Leguminosen bewertet werden kann. Auffällig sind die für Leguminosensilagen typischen hohen Essigsäuregehalte. Der Fermentationsverlust lag mit 5,42 % TM in einem tolerierbaren Bereich. Obwohl der anzustrebende pH-Wert von 4,2 überschritten wurde, liegt der gemessene Wert für eine reine Leguminosensilage auf niedrigem Niveau. OSHITA et al. (2002) und PEIRETTI (2009) haben in Versuchen gute Galegasilagen mit pH-Werten  $\geq 5,5$  beschrieben.

**Tab. 3:** Parameter zur Silagequalität

		Galegasilage	Zielwert (THAYSEN, 2008)
pH		4,7	< 4,2 (bei 30 % TS)
TS <sub>k</sub>	[% FM]	28,96	30-38
oTM	[%]	88,9	> 90
Essigsäure	[g/kg TS <sub>k</sub> ]	24,17	> 2,0
Buttersäure	[g/kg TS <sub>k</sub> ]	<0,3	<0,3
Milchsäure	[g/kg TS <sub>k</sub> ]	60,09	k. A.
NH <sub>3</sub> -N	[% N <sub>t</sub> ]	3,79	< 10



Die aus den eigenen Versuchen ermittelten potentiellen Methanausbeuten liegen bei ca. 300 l<sub>N</sub> CH<sub>4</sub> /kg oTS und damit im für Biogassubstrate mittleren Bereich (EDER et al. 2005). Die Unterschiede zu den von ADAM (2009) für Galega angegebenen Ergebnissen aus einem Batch-Test mit 412 l<sub>N</sub> CH<sub>4</sub> /kg oTS für einen ersten Schnitt und 282 l<sub>N</sub> CH<sub>4</sub> /kg oTS für einen zweiten Schnitt liegen wahrscheinlich in Abweichungen bei den Schnittterminen. In dem an der Universität Rostock durchgeführten Laborversuch im Batch-Betrieb konnten Methanausbeuten von durchschnittlich 198 l<sub>N</sub> CH<sub>4</sub> /kg oTS für Material aus dem ersten Schnitt und 194 l<sub>N</sub> CH<sub>4</sub> /kg oTS aus dem des zweiten Schnittes gemessen werden. Diese Werte liegen etwa auf dem Niveau (200 – 250 l<sub>N</sub> CH<sub>4</sub> /kg oTS) das EDER et al. (2005) für Luzerne angeben. Der erreichbare Methanertrag je Hektar hängt wie bei vielen Energiepflanzen hauptsächlich von der Höhe des Naturalertrages ab. Er liegt bei etwa 50 % des potentiellen Methanertrages pro Hektar von Silomais, der mit 6000 Nm<sup>3</sup> Methan angenommen werden kann.

### Schlussfolgerungen

*Galega orientalis* Lam. ist unter den natürlichen Bedingungen von Mecklenburg-Vorpommern anbauwürdig. Die Leguminosenart erweist sich als sehr winterhart. Sie reagiert auf Trockenheit mit verringertem Wachstum, aber ohne die Gefahr des Absterbens. Krankheiten oder Schädlinge wurden nicht beobachtet Die Pflanzen gelangten sicher zur Samenreife. Im Gülzower Anbauversuch belief sich das jährliche Ertragspotential der Futter-Galega auf durchschnittlich 100 dt TM/ha. Im Laborversuch konnte nachgewiesen werden, dass Galegasubstrat unter Beachtung der üblichen Silierregeln erfolgreich siliert werden kann. Die durchgeführten Gärversuche im Batch-Betrieb wiesen eine Eignung der Galega für eine Biogasgewinnung nach.

### verwendete Abkürzungen

- FoTS - fermentierbare organische Substanz (nach WEIßBACH, 2009)
- FV - Fermentationsverlust
- MD - Massendifferenz
- l<sub>N</sub> - Normliter
- N<sub>t</sub> - Gesamtstickstoff
- oTM - organische Trockenmasse
- RA - Rohasche
- RP - Rohprotein
- RFa - Rohfaser
- RFe - Rohfett
- TM - Trockenmasse
- TS - Trockensubstanz
- TS<sub>k</sub> - korrigierte Trockensubstanz

## Literatur

- ADAM, L., 2009: Sudangras - erste Anbauergebnisse aus Brandenburg. (Biogas aus Sudangras). *Bauernzeitung* (20), 15–16.
- EDER, B., F. KAISER, C. PAPST, J. EDER, A. GRONAUER, 2005: Fruchtfolge, Anbau, Düngung und Gaserträge von nachwachsenden Rohstoffen. LFL. Online verfügbar unter <http://www.biogas-infoboard.de>.
- LAIDNA, T., R. VIIRALT, N. KABANEN, 2001: Mixtures on sod-podzolic soil. In: NÖMMSALU, H. (Hg.), 2001: *Fodder Galega*. Saku. 90-102.
- NÖMMSALU, H. (Hg.), 2001: *Fodder Galega*. Saku. 141 S.
- NÖMMSALU, H., 2001a: Production dependent on development stage. In: NÖMMSALU, H. (Hg.), 2001: *Fodder Galega*. Saku. 57-58.
- NÖMMSALU, H., 2001b: Feed value. In: NÖMMSALU, H. (Hg.), 2001: *Fodder Galega*. Saku. 75-83.
- OSHITA, T., K. NONAKA, S. KUME, K. IWABUCHI, M. GAU, 2002: Chemical Composition, Characteristics of Silage Fermentation and Nutritive Value of Galega (*Galega orientalis* Lam.). *Grassland Science* (48), 428–432.
- PEIRETTI, P. G., 2009: Ensilability Characteristics and Silage Fermentation of Galega (*Galega officinalis* L.). *Agricultural Journal* 4 (1), 41–45.
- RAIG, H., 2001: The first field trials at the Estonian Research Institute of Agriculture. In: NÖMMSALU, H. (Hg.), 2001: *Fodder Galega*. Saku. 54-55.
- RAIG, H., H. NÖMMSALU, H. MERIPÖLD, 2001: The yielding ability and feed value of mixtures. In: NÖMMSALU, H. (Hg.), 2001: *Fodder Galega*. Saku. 83-89.
- SÖLTER, U., 2006: Ackerfutterleguminosen und leguminosenbasierte Weiden in extensiver Bewirtschaftung für die Wiederkäuerfütterung. Göttingen. *Dissertation*.
- THAYSEN, J., 2008: Anforderungen an die Silagequalität und -lagerung für Biogassubstrate. *Seminar Biogasanlagen nach EEG 09*, DEULA Rendsburg, 29.10.2008. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein.
- VIIIL, P., 2001: The yielding ability of fodder galega on sod-calcareous and gley soils. In: NÖMMSALU, H. (Hg.), 2001: *Fodder Galega*. Saku. 59-61.
- VDI-Richtlinie 4630, April 2006: Vergärung organischer Stoffe - Substratcharakterisierung, Probennahme, Datenerhebung, Gärversuche. Düsseldorf.
- WEIßBACH, F., 2009: Wieviel Biogas liefern nachwachsende Rohstoffe? Neue Methode zur Bewertung von Substraten für die Biogasgewinnung. *Neue Landwirtschaft* (11), 107–112.

# **Energiebilanz im Lebenszyklus der Biogasproduktion aus Energiepflanzen unter den Anbaubedingungen Schleswig-Holsteins**

S. Claus<sup>a</sup>, B. Wienforth<sup>b</sup>, K. Sieling<sup>b</sup>, H. Kage<sup>b</sup>, F. Taube<sup>a</sup> und A. Herrmann<sup>a</sup>

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Straße 9, D-24118 Kiel <sup>a</sup>Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abt. Grünland u. Futterbau/ Ökologischer Landbau

<sup>b</sup>Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abt. Acker- und Pflanzenbau

## **Einleitung und Problemstellung**

Die Biogasproduktion in Deutschland basiert im Wesentlichen auf der Grundlage von Mais und zeigt im Verlauf der letzten Jahre einen zunehmenden Trend zu Großanlagen. Im Bundesland Schleswig-Holstein lag die Zahl der Biogasanlagen zuletzt bei ca. 500 mit einer installierten elektrischen Gesamtleistung von 125 MW (FACHVERBAND BIOGAS, 2010), ein Trend der durch das im Jahr 2009 novellierte Erneuerbare-Energien Gesetz weiter gefördert wurde. Aufgrund möglicher Umweltwirkungen wie beispielsweise Stickstoffauswaschungen, Ammoniak- und Lachgas-Emissionen sowie einem hohen Einsatz an fossiler Energie zur Energiepflanzenproduktion wurde in jüngerer Zeit jedoch auch Kritik laut. Die gestiegene Anlagendichte und -größe führt zu längeren Transportwegen für Gärsubstrate und Gärreste und kann daher aufgrund des erhöhten Ausstoßes von Treibhausgasen (THG) negative Auswirkungen auf das Klima haben. Zusätzlich befindet sich ein Großteil der in Schleswig-Holstein angesiedelten Bioagasanlagen in der hohen Geest, wo aufgrund der leichten, sandigen Böden ein hohes Nitratauswaschungspotential besteht.

Obwohl in Deutschland verschiedene Studien zur Ökobilanzierung der Biogasproduktion durchgeführt wurden (PLÖCHL et al., 2009; PLÖCHL & SCHULZ 2006; PROCHNOW et al., 2009; WBA, 2009; BUTTERBACH-BAHL et al., 2010), stehen Daten für Nord-Deutschland, insbesondere in Bezug auf Energie- und Treibhausgasbilanzen, nur begrenzt zur Verfügung. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, in einem ersten Schritt eine Energiebilanzierung für die Biogasproduktion in Schleswig-Holstein in Abhängigkeit von Fruchtfolge sowie N-Düngerart und -menge für die gesamte Prozesskette von Pflanzenproduktion über Ernte, Transport und Konversion zu Biogas durchzuführen und zu bewerten.

## Material und Methoden

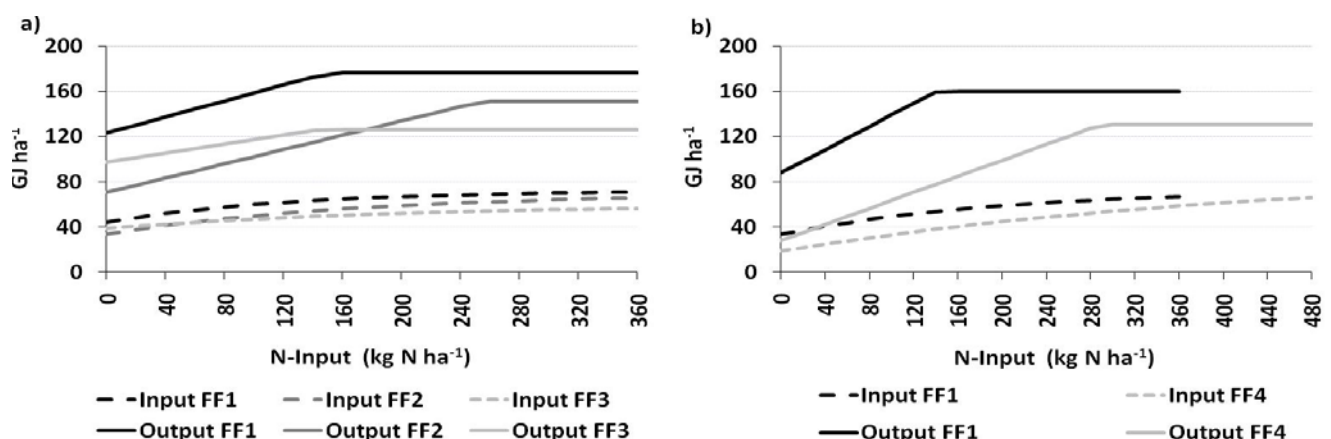
Die Studie basiert auf einem 2-jährigen Feldversuch, der auf zwei Versuchsgütern der Universität Kiel (Hohenschulen (HS) und Karkendamm (KD)) im Rahmen des Verbundprojektes Biogas-Expert durchgeführt wurde: Die Niederschlagsmenge in Hohenschulen liegt im jährlichen Mittel bei 750 mm, die durchschnittliche Tagestemperatur liegt bei 8,3 °C. Der Boden kann als lessivierte Braunerde (Ss) klassifiziert werden. Die jährliche Niederschlagsmenge in Karkendamm liegt im Mittel bei 844 mm mit einer Jahresmitteltemperatur von 8,3 °C. Dieser Boden kann als Gley-Podsol (Sl) klassifiziert werden. Insgesamt wurden vier Fruchtfolgen untersucht: Mais-Monokultur, Mais - GPS-Weizen - Welsches Weidelgras, Mais -Winterweizen -Senf am Standort Hohenschulen; sowie Mais-Monokultur und Deutsches Weidelgras in 4-Schnitt-Nutzung in Karkendamm. Neben dem Einfluss der Fruchtfolge wurde der Einfluss von N-Düngertyp und -menge auf die Methanausbeute analysiert: KAS und Biogas-Gärrest aus Kofermentation wurden in Hohenschulen und Karkendamm ausgebracht, sowie zusätzlich Schweinegülle in Hohenschulen und Rindergülle in Karkendamm. Die N-Menge wurde in Abhängigkeit der Kulturart variiert, wobei jeweils 0, 120, 240, 360 kg ha<sup>-1</sup> auf zwei Gaben verteilt zu Weizen und Mais gegeben wurden, sowie 0, 160, 320, 480 kg ha<sup>-1</sup> auf vier Gaben zu Deutschem Weidelgras.

Für die Erstellung der Energiebilanz ist nach HÜLSBERGEN et al. (2001) nur der direkte und indirekte Energieinput in Form von Dieselkraftstoff, Heizöl, Schmierstoffen, Maschinen und Arbeitsgebäuden berücksichtigt worden. Der Dieserverbrauch basiert auf der Berechnung über multiple Regression unter Berücksichtigung der Feldgröße (20 ha), Bodenart, und Hof-Feld Entfernung (8 km). Die zugrunde liegenden Daten wurden der Datenbank des KTBL (KTBL, 2011) entnommen. Da die Konversion zu Biogas ebenfalls in die Energiebilanz eingeht, ist der indirekte Energieaufwand für Lagerungsprozesse in Form von Silobau und Herstellung der PE-Folie mit einbezogen worden. Die Berechnung des Primärenergiebedarfs zur Bereitstellung von landwirtschaftlichen Maschinen ist nach GAILLARD (1997) basierend auf Daten des KTBL (2011) und SCHOLZ & KAULFUß (1995) erfolgt. Die Umrechnung zur Ermittlung des indirekten Energieinputs der landwirtschaftlichen Betriebsmittel wurde mit Hilfe der folgenden Umrechnungsfaktoren durchgeführt: Diesel und Schmieröl 42 MJ l<sup>-1</sup> (GAILLARD ET AL. 1997), Mineraldünger (KAS) 39,65 MJ kg<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 11,45 MJ kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O 8,23 MJ kg<sup>-1</sup> (PATYK & REINHARDT 1997), Kalk 1,8 MJ kg<sup>-1</sup> (KALK ET AL. 1995), Gülle und Biogas Gärrest 11,6 MJ m<sup>-3</sup> (HÄUSSERMANN & DÖHLER 2010), Herbizide 288 MJ kg<sup>-1</sup> (GREEN 1987), Saatgut Gras 12,2 MJ kg<sup>-1</sup>, Saatgut Senf 8,4 MJ kg<sup>-1</sup> (VDLUFA 2001), Saatgut Weizen 4,5

MJ kg<sup>-1</sup>, Saatgut Mais 3,4 MJ kg<sup>-1</sup> (DIEPENBROCK ET AL. 1997), Silofolie 8,4 MJ m<sup>-2</sup>, Silo 4200 MJ m<sup>2</sup> (SCHOLZ & KAULFUß 1995). Für die Konversion zu Biogas wurde ein 500 kWh KWK-Kraftwerk mit einer elektrischen Effizienz von 40% und einer thermischen Effizienz von 41.5% angenommen. Der Eigenwärmebedarf wurde mit 20% der produzierten Wärme angesetzt und der Eigenenergiebedarf mit 7.5% der produzierten Elektrizität. Die Berechnung des Energieoutputs ( $output_{el}$ ,  $output_{th}$ , Nährstoffe) basiert auf dem Methan-Bildungspotenzial von Mais, GPS-Weizen und Gras, welche in einem früheren Teilprojekt des Biogas Expert-Projektes untersucht worden sind. Der Energiegehalt des Outputs wurde über die Umrechnung von Methan in MJ ha<sup>-1</sup> anhand des Heizwertes von Methan (35,9 MJ m<sup>-3</sup> (KTBL, 2006)) ermittelt. Die Analyse der Beziehung zwischen N-Input und Energieinput bzw. -output wurde mittels der Prozedur NLIN des Statistikprogrammpaketes SAS Version 9.2 (SAS Institute, Cary, NC) unter Annahme einer Exponentialfunktion für den Input und einer linear-Plateau Funktion für den Output durchgeführt. Die Ermittlung des Nettoenergieoutputs erfolgte über die Subtraktion des Inputs vom Output.

## Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich zwischen den Fruchtfolgen Mais-Monokultur (FF1), Mais – GPS-Weizen – Welsches Weidelgras (FF2) und Mais – Weizen – Senf (FF3) auf dem Standort Hohenschulen (HS), sowie zwischen Mais-Monokultur und Deutschem Weidelgras in 4-Schnitt-Nutzung (Abb. 1 a & b) zeigt, dass Mais-Monokultur einen deutlich höheren Energieoutput aufweist als die anderen geprüften Fruchtfolgen. Dies kann auf die höheren Trockenmasseerträge von Mais zurückgeführt werden.

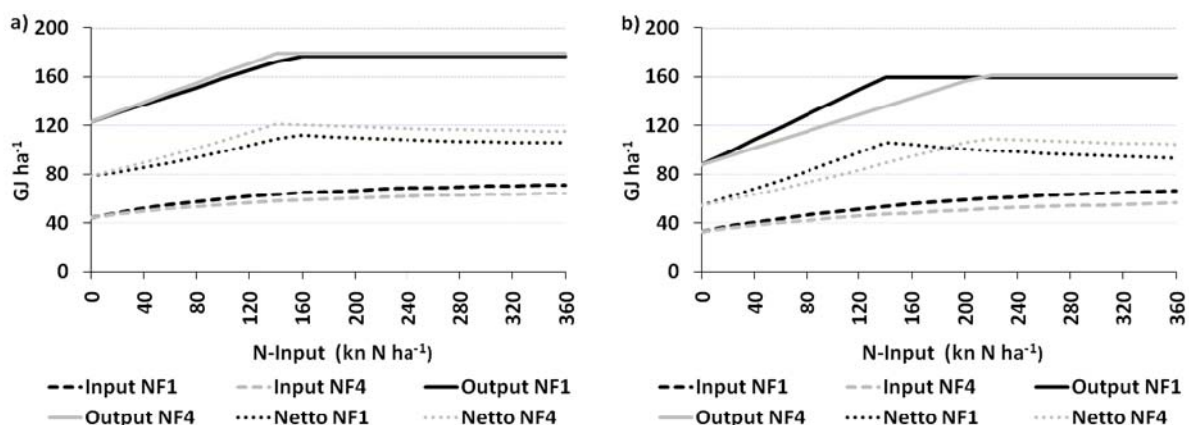


**Abb. 1:** Beziehung zwischen N-Input (kg N ha<sup>-1</sup>) und Energieoutput (GJ ha<sup>-1</sup>) bzw. Energieinput (GJ ha<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit der Fruchtfolge, bei Düngung mit KAS. FF1 = Mais-Monokultur, FF2 = Mais-GPS-Weizen–Welsches Weidelgras, FF3 = Mais–Weizen–Senf, FF4 = Grünland in 4-Schnitt-Nutzung, a) = Standort Hohenschulen, b) = Standort Karkendamm.

**Tab. 2:** Nettoenergiegewinn (Netto; GJ ha<sup>-1</sup>) und Input/Output-Verhältnis (In/Out) bei dem für Ertragsmaximierung erforderlichen N-Input (N-Optimum; kg N ha<sup>-1</sup>) für FF1 = Mais-Monokultur, FF2 = Mais-GPS-Weizen–Welsches Weidelgras, FF3 = Mais– Weizen–Senf, FF4 = Grünland in 4-Schnitt-Nutzung bei Düngung mit KAS und Gärrest.

Fruchtfolge	Standort	N-Optimum KAS	Netto KAS	In/Out KAS	N-Optimum Gärrest	Netto Gärrest	In/Out Gärrest
FF1	HS	151	112,6	2,8	140	121,5	2,1
FF2	HS	255	89,1	2,4	328	102,7	2,8
FF3	HS	145	76,5	2,5	381	76,3	2,6
FF1	KD	140	106	3,0	211	109,6	3,1
FF4	KD	289	77,8	2,5	569	75,2	2,4

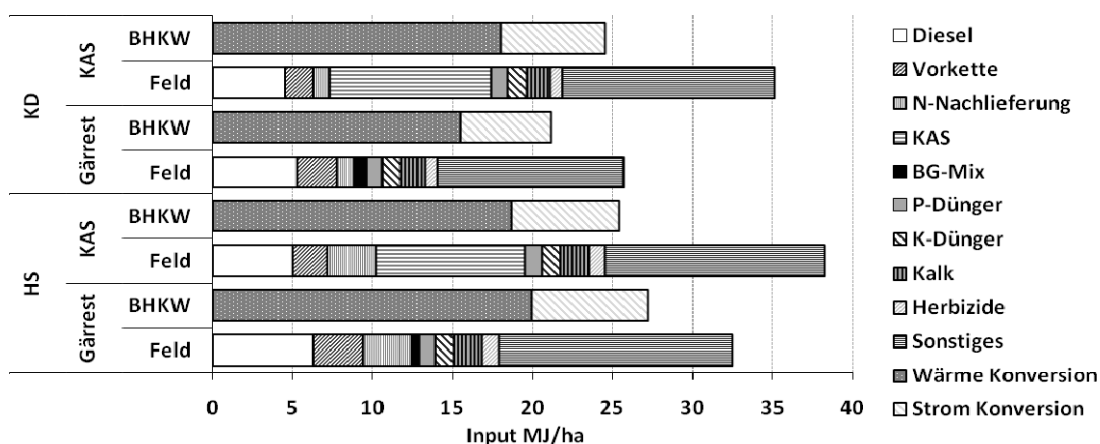
Bei Betrachtung des Energieinputs wird deutlich, dass die Fruchtfolgen FF2, FF3 und FF4 leicht höhere Werte aufweisen als FF1. Dies hat auf die Nettoenergiebilanz jedoch keinen Einfluss, da der Energieoutput nicht durch den Input überkompensiert wird, und FF1, wie schon beim Output, in allen Düngeregimen (KAS und Düngung mit Gärrest) auch bei der Nettoenergie die höchsten Erträge erzielt (Tab. 2), was auch mit den Ergebnissen von GERIN ET AL. (2008) übereinstimmt. Der an allen Standorten höhere Input für FF1 lässt sich mit dem Eigenwärme- und Eigenenergiebedarf bei der Konversion zu Biogas begründen. Dieser leitet sich vom Output ab, und ist für FF1 deutlich höher als für die anderen Fruchtfolgen. In der Bilanz wird er jedoch dem Energieinput zugerechnet, was einen höheren Input für FF1 zur Folge hat. Nichtsdestotrotz ist das Input/Output-Verhältnis mit Werten von 2,4–3,1 deutlich positiv, wie auch bei EDER ET AL. (2009) beschrieben. Der Vergleich der N-Düngertypen (KAS und Gärrest) zeigt für die mineralisch gedüngten Varianten einen tendenziell höheren



**Abb. 2:** Beziehung zwischen N-Input (kg ha<sup>-1</sup>) und Energieoutput (GJ ha<sup>-1</sup>), Energieinput (GJ ha<sup>-1</sup>) bzw. Nettoenergiegewinn in Abhängigkeit der N-Form für Mais-Monokultur (FF1). NF1 = KAS, NF2 = Gärrest aus Kofermentation, a) = Standort Hohenschulen b) = Standort Karkendamm

Energieinput auf (Abb. 2a & b). Deutlich wird jedoch, dass der Input bei KAS (NF 1) höhere Werte aufweist als für den Gärrest (NF2). Dies ist in dem hohen Energiebedarf für die Herstellung des mineralischen N-Düngers begründet (Abb. 3).

Dies spiegelt sich auch in der Nettoenergiebilanz (Abb. 2) wieder, welche eine höhere Vorzüglichkeit für Gärrest aufzeigt, jedoch nur in Hohenschulen. Am Standort Karkendamm resultiert Gärrestapplikation in einem höheren Nettoenergiegewinn als Mineraldüngung, jedoch ist das Düngeroptimum der Mineraldüngung mit  $140 \text{ kg N ha}^{-1}$  deutlich niedriger ist das von Gärrest mit  $211 \text{ kg N ha}^{-1}$ .



**Abb. 3:** Komponenten des Inputs für FF1. Dargestellt für Feldarbeit (Feld) und Konversion zu Biogas (BHKW) auf den Standorten Hohenschulen (HS) und Karkendamm (KD).

### Schlussfolgerungen

Der Nettoenergieertrag differiert unter Berücksichtigung des Düngeroptimums zwischen den verschiedenen Düngerformen von  $75,2 - 112,6 \text{ GJ ha}^{-1}$ . Der Einsatz von Mineraldünger hat einen deutlichen Einfluss auf den Energieinput und damit den Nettoenergiegewinn. Der Effekt der Fruchtfolge auf den Nettoenergieertrag ist weniger deutlich ausgeprägt. Die Untersuchung dokumentiert weiterhin ein geringeres N-Düngeroptimum für die Mais-Monokultur und damit auch ein günstigeres Input/Output-Verhältnis. In einem nächsten Schritt wird ableitend aus diesen Ergebnissen und unter Berücksichtigung der Lachgasemission eine  $\text{CO}_2$ -Bilanz angefertigt, um daraus folgend Rückschlüsse auf das  $\text{CO}_2$ -Minderungspotential der untersuchten N-Düngerformen und Fruchtfolgen zu ziehen.

### Literatur

BUTTERBACH-BAHL, K., LEIBLE, L., KÄLBER, S., KAPPLER, KIESE, G. R. (2010): Treibhausgasbilanz nachwachsender Rohstoffe - Eine wissenschaftliche Kurzdarstellung.

- DIEPENBROCK W., PELZER B., RADTKE J. (1995): Energiebilanz im Ackerbaubetrieb. Arbeitspapier 211. KTBL- Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GMBH, Münster-Hiltrup.
- EDER B., PAPST C., DARNHOFER B., EDER J., SCHMID H., HÜLSBERGEN K.J. (2009): Energie- und CO<sub>2</sub>- Bilanz für Silomais zur Biogaserzeugung vom Anbau bis zur Stromeinspeisung. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.): Internationale Wissenschaftstagung Biogas Science 2009 - Band 3, Freising, 717-719.
- FACHVERBAND BIOGAS E.V. (2010): Biogas Branchenzahlen 2010, URL [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE Branchenzahlen](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE%20Branchenzahlen).
- GAILLARD, G., HAUSHEER, J., CRETTEZ, P. (1997): Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. Daten für die Erstellung von Energie- und Ökobilanzen der Landwirtschaft. FAT Schriftenreihe 46, Tech. Rep., Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwissenschaft und Landwirtschaft, Tänikon, Ettenhausen.
- GERIN P., Vlieggen F., JOSSART J. (2008): Energy and CO<sub>2</sub> balance of maize and grass as energy crops for anaerobic digestion. *Bioresource Technology* 99, 2620-2627.
- GREEN, M. (1987): Energy in pesticide manufacture, distribution and use. In: Hensel, Z.R. (ed.), Energy in Plant Nutrition and Pest Control. Elsevier, Amsterdam, 165–177.
- HÄUSSERMANN U., DÖHLER H. (2010): Modellierung von Kohlenstoffdioxid-, Lachgas-, und Methanemissionen, Energieaufwand und Kosten verschiedener Düngestrategien. In: KTBL (ed.): Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden. KTBL-Schrift 483, Darmstadt, S. 221-228
- HÜLSBERGEN K., FEIL B., BIERMANN S., RATHKE G., KALK W., DIEPENBROCK W. (2001): A method of energy balancing in crop production and its application in a long term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 86, 303-321.
- KALK, W. D., BIERMANN, S., HÜLSBERGEN, K. J. (1995): Standort und betriebsbezogene Stoff- und Energiebilanzen zur Charakterisierung der Landnutzungsintensität. Forschungsbericht 1995/10 des Institutes für Agrartechnik Bornim e.V.
- KTBL (2011): KTBL-Datenbank Kalkulationsdaten: Pflanzenproduktion, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). URL <http://www.ktbl.de>.
- KTBL (2006): Energiepflanzen. Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). Darmstadt.
- PATYK, A., REINHARDT, G. A. (1997) Düngemittel-, Energie und Stoffstrombilanzen, Viehweg-Verlag, Braunschweig/Wiesbaden.
- PLÖCHL, M., HEIERMANN, M., LINKE, B., SCHELLE, H. (2009): Biogas Crops Part II: Ecological Benefit of Using Field Crops for Anaerobic Digestion, *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal* XI (1086).
- PLÖCHL, M. SCHULZ, M. (2006): Ökologische Bewertung der Biogaserzeugung und -nutzung, Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, Potsdam-Bornim, 3. überarbeitete Auflage, 49–52.
- PROCHNOW, A., HEIERMANN, M., PLÖCHL, M., LINKE, B., IDLER, C., AMON, T., HOBBS, P. J. (2009): Bioenergy from permanent grassland – a review: 1. Biogas. *Bioresource technology* 100 (21), 4931-4944.
- SCHOLWIN, F., MICHEL, J., SCHRÖDER, G., MARTIN, K. (2006): Analyse einer Biogasnutzung aus nachwachsenden Rohstoffen. Institut für Energetik und Umwelt.
- SCHOLZ, V. (1995): Energiebilanz für Festbrennstoffe. Forschungsbericht , 95/3, Tech. Rep., ATB Potsdam-Bornim, 1995.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BMELV (WBA) (2009): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung -Empfehlungen an die Politik, Tech. Rep. November, 2007.
- VDLUFA (2001): Grundsätze von Energiebilanzen in der Landwirtschaft. Grünstentwurf. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.



# **Futterwert und Gasbildungspotential von Blühmischungen**

## **- Ergebnisauszug aus Interreg IVb-Projekt „enercoast“**

Dr. agr. Christine Kalzendorf

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, FB Grünland und Futterbau  
(christine.kalzendorf@lwk-niedersachsen.de)

### **Einleitung und Problemstellung**

Gemäß der EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien ist geplant, bis zum Jahr 2020 cirka 20 Prozent des Energieverbrauches der EU aus Quellen erneuerbarer Energien zu decken.

Als Partner des Interreg IVb-Projektes hat die Landwirtschaftskammer Niedersachsen die Aufgabe übernommen, Bioenergiepotentiale zu prüfen, die nicht in Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion stehen. Als besondere Zielkulisse wurde hierbei der küstennahe Bereich ausgewählt, um speziell für diese Region Potentiale zur Bioenergiegewinnung aufzuzeigen.

Vor dem Hintergrund wurden auf einem Prüfstandort der Landwirtschaftskammer Niedersachsen im küstennahen Bereich Versuche mit extensiven und semiextensiven Pflanzengesellschaften angelegt. Hierzu gehörten insbesondere Blüh- und Brachemischungen.

Weitere Versuche erfolgten mit den nachfolgend genannten Materialien: Schilf, Riedgras, Treibsel (Teek), Algen, Seetang und anderen regionalen Alternativen.

### **Material und Methoden**

In den Jahren 2009 und 2010 wurden auf einem Seemarschstandort in Blockanlage mit jeweils vier Wiederholungen die in der Tabelle 1 aufgeführten einjährigen Blühmischungen angelegt.

Die Ernte der jeweils im Frühjahr ausgesäten Mischungen erfolgte nach Erscheinen der Fruchtstände mit dem Futtervollernter. Im Allgemeinen waren die Hauptbestandbildner bereits leicht vergilbt. Somit war der ökologische Nutzen für den Anbau von Blühmischungen überschritten, was dem Ziel des Projektes demzufolge entsprach.

Aus der A-Wiederholung der Parzellen wurden Futterproben für die TM-Bestimmung, die NIRS- und nasschemischen Untersuchungen und für die Silagebereitung entnommen.

Das Häckseln der Blümmischungen als vorbereitende Maßnahme für die Silierung erfolgte mit einem Standhäcksler der Versuchsstation. Nach gründlichem Mischen der gehäckselten Futterproben wurden Plastikfässer mit einem Fassungsvermögen von 30 Liter gefüllt und luftdicht verschlossen. Die Fässer lagerten dann bei konstanter Temperatur von 20 °C für insgesamt 90 Tage.

Von den Silagen der Blümmischungen wurden Untersuchungen zum Futterwert, zur Gärqualität und zur Biogasbildung vorgenommen.

Grundlage für den Test zum Biogaspotential waren die VDI-Richtlinien 4630. Hierzu wurden Kleinfärmerter (20 Liter Plastikfässer mit Gassäcken) sowohl mit dem Koferment als auch mit einer Mischung aus ausgefauter Gülle und Klärschlamm gefüllt. Die Bebrütung erfolgte in einem Wasserbad von 38 °C für mindestens 35 Tage, im Bedarfsfall auch darüber hinaus. Die Gasmenge, Temperatur und Luftdruck wurden täglich aufgezeichnet.

**Tabelle 1:** in Versuchen genutzte Blümmischungen und Artenzusammensetzung

Pflanzenarten	Versuchsvarianten			
	Blüh 1	Blüh 2	Blüh 3	Wildacker einjährig
WKL				5%
RKL				15%
Buchweizen	50%		75%	31%
Süßlupinen				10%
Hafer				10%
Winter-Futerraps (00)				5%
Gelbsenf	15%			5%
Phacelia	5%	40%		5%
Ölrettich	5%			
Gelbklees	15%			
Inkarnatklees		60%	25%	
Herbstrüben				2%
Malve				2%
Sommerwicken	10%			10%
Winterwicken				
Saatstärke in kg/ha	20 - 25	15	30	20 - 25

Einen Überblick über die im Versuch genutzten Analysemethoden gibt Tabelle 2.

**Tabelle 2 : Wesentliche Analysemethoden im Überblick**

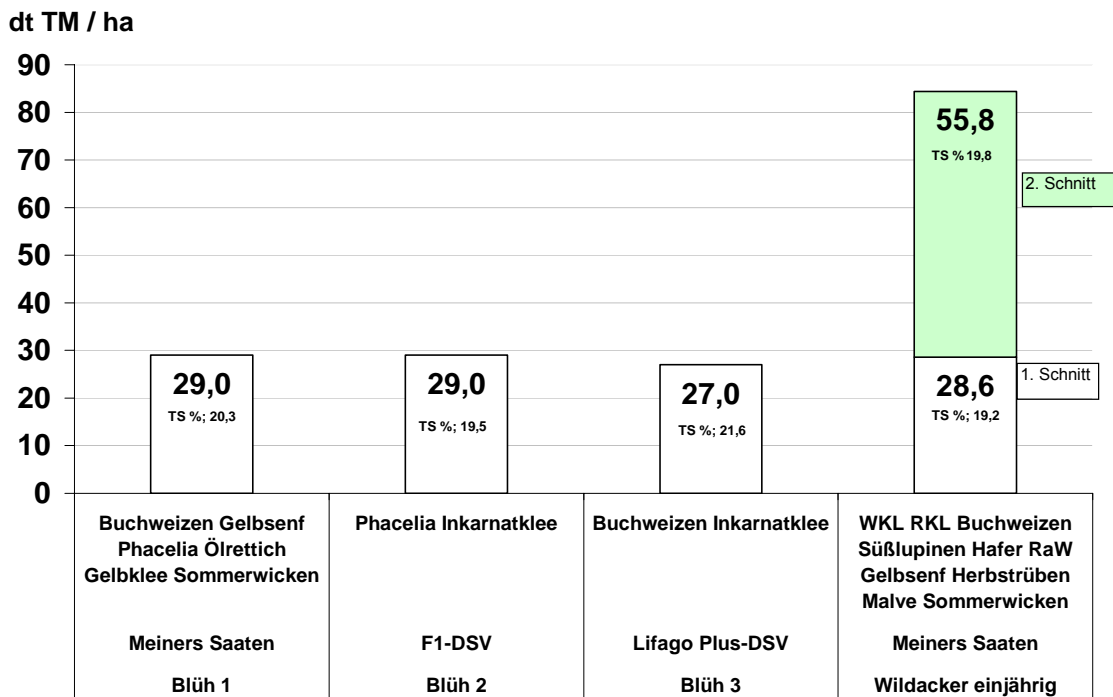
Prüfparameter	Methode
Trockenmasse	Trockenschrank 60°C/ 105°C, VDLUFA Bd. III, Kap. 3.1
<u><b>Kenngößen im Frischmaterial</b></u>	
Rohprotein	VDLUFA Bd. III, Kap. 4.1.
Rohfaser	VDLUFA Bd. III, Kap. 6.1.1
Rohasche	VDLUFA Bd. III, Kap. 8.1
Wasserlösliche Kohlenhydrate	VDLUFA-Bd. III; Kap. 7.1.1.
Kenngößen in Silagen (XP, XF, WLKH, XA)	NIRS, (LUFA OL, 3-150)
Pufferkapazität	Titration mit 0,1 n Milchsäure bis pH-Wert 4,0 (n. WEISSBACH) (LUFA OL, 4-012)
Nitrat	ionensensitive Elektrode (LUFA OL 4-011)
Flüchtige Gärsäuren	Kapillarelektrophorese (LUFA OL 4-010)
Ammoniak	Auto-Analyzer (LUFA OL 3-156)
Alkohol	Gaschromatographie
pH-Wert	Elektrometrie (LUFA OL 3-155)

## Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden auszugsweise wesentliche Ergebnisse des Jahres 2009 aufgeführt. Trotz einiger witterungsbedingter Besonderheiten stimmten die in 2010 ermittelten Daten recht gut mit den Beobachtungen von 2009 überein.

Für die in 2009 am 21. April 2009 ausgedrillten Blümmischungen bestanden gute Aufgangs- und Entwicklungsbedingungen. Somit konnten sich trotz der relativ geringen Aussaatmengen gute Bestände etablieren. Es gelang jedoch nicht allen Arten von Mischungen mit mehr als zwei Komponenten, sich dem allgemeinen Entwicklungstempo der Hauptbestandbildner anzupassen. In der Folge dominierten vor allem die schnellwüchsigen und hoch wachsenden Arten.

Abbildung 1 stellt die Trockenmasseerträge der Blümmischungen nach der Ernte am 13. Juli 2009 dar. Mit dem durchschnittlichen Ertragsniveau von knapp 30 dt TM/ ha wurde im Hinblick auf die Frühjahrsaussaat und den kurzen Entwicklungszeitraum eine gute Leistung erzielt. Sie verdeutlicht nicht nur die guten Standortverhältnisse sondern auch die günstigen Witterungsbedingungen des Jahres.



**Abbildung 1:** Ertragsergebnisse der Blühmischungen im Jahr 2009 (Ernte am 13. Juli 2009)

Nach der Ernte im Juli kam es zu einem unterschiedlichen Nachwuchsverhalten. Während die Massebildung für die Blühmischungen der Varianten 1 – 3 relativ gering ausfiel, entwickelte sich die einjährige Wildackermischung (Blühmischung 4) zu einem nahezu reinen Rotkleebestand. Von diesem zweiten Aufwuchs wurde dann im Herbst noch einmal ein Ertrag von knapp 56 dt TM/ha erzielt.

Im Futterwert wurden für die Blühmischungen recht große Unterschiede ermittelt (Tabelle 3). Mit Energiekonzentrationen von 4,5 bis 5,9 MJ NEL/kg TM wird diese Spannweite deutlich. Sie erklärt sich zum einen aus den unterschiedlichen Gehalten an Rohfaser und Rohasche. Zum anderen ist aber auch die verschiedenartige Zusammensetzung der Pflanzenbestände eine Ursache der unterschiedlichen Gebrauchswerteigenschaften der Blühmischungen. Zur Bewertung der Vergärbarkeit der Blühmischungen stellen der Z/PK-Quotient und der Vergärbarkeitskoeffizient wesentliche Kenngrößen dar. Beide Parameter lassen demzufolge auf eine unzureichende Vergärbarkeit schließen.

**Tabelle 3:** Futterwert und Vergärbarkeitseigenschaften der Blümmischungen des Erntejahres 2009

Kenngrößen	Einheit	14.07.2009	14.07.2009	14.07.2009	14.07.2009	24.09.2009
		Blüh-1	Blüh-2	Blüh-3	Wildacker Blüh-4	Wildacker Blüh-4
TM		22,3	20,1	22,7	22,0	25,6
Rohprotein	% d. TM	10,8	8,5	9,7	10,5	15,6
Rohfaser	% d. TM	28,7	22,4	19,8	25,5	21,1
ADF	% d. TM	38,1	32,8	25,1	32,3	28,1
NDF	% d. TM	48,0	40,8	12,3	42,3	37,9
Rohasche		12,1	16,9	8,4	11,4	11,3
Rohfett A	% d. TM	0,4	0,5	0,4	0,5	2,3
Gasbildung	ml/ 200 mg TM	42,6	41,8	47,1	50,9	48,4
NEL	MJ NEL/ kg TM	5,2	4,5	5,9	5,7	5,9
Gesamtzucker	% d. TM	6,3	6,5	8,4	8,2	10,5
Pufferkapazität	g MS/ 100 g	6,8	10,7	2,3	6,3	8,2
Nitrat	mg/ kg TM	471	323	837	345	1887
Z/PK-Quotient		0,8	0,7	0,7	0,7	0,6
VK		29	26	28	28	30

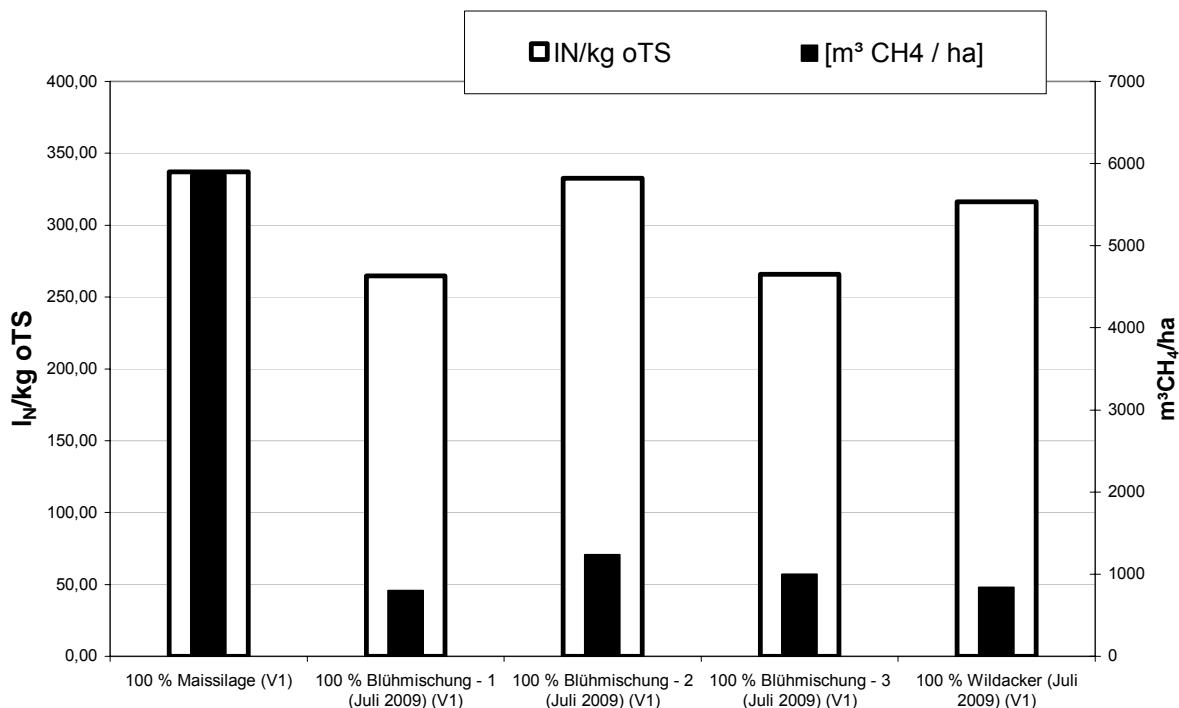
**Tabelle 4:** Gärqualität der Blümmischungen des Erntejahres 2009

Kenngröße	Einheit	Blüh 1	Blüh 2	Blüh 3	Blüh 4	Blüh 4
		Jun 09	Jun 09	Jun 09	Jun 09	Sep 09
TMk	%	23,0	19,4	24,1	23,0	27,5
Ethanol	% i.d. TM	0,7	0,7	0,4	0,7	0,3
NH <sub>3</sub> -N am Ges.-N	%	6,3	23,4	6,7	14,0	5,7
ES	% i.d. TM	1,8	3,6	0,8	1,5	2,3
BS	% i.d. TM	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0
MS	% i.d. TM	6,4	0,4	1,9	5,3	8,9
pH-Wert		4,5	6,2	4,4	4,6	4,3
DLG Punkte		90,0	2,0	90,0	90,0	95,0

Die Silagequalität fiel jedoch deutlich besser aus als zu erwarten war. Mit einer Ausnahme (Blümmischung 2) waren alle Silagen ohne Fehlgärungserscheinungen und es wurden überwiegend hohe DLG-Punktzahlen und damit sehr gute Noten für die Gärqualität erreicht, wie aus Tabelle 4 hervorgeht.

Aus Sicht der spezifischen Gaserträge konnte von den Blümmischungen zwar nicht das Niveau von Silomais erreicht werden, dennoch wurde für die Blümmischungen ein bemerkenswert gutes Gasbildungspotential festgestellt. Das geht aus Abbildung 2 hervor. Deutliche Unterschiede zwischen der in der Praxis bevorzugten Energiepflanze „Mais“ und den Blümmischungen werden allerdings deutlich, wenn man die Methanausbeute den Ertragsleistungen der Pflanzenbestände gegenüberstellt. Auf Grundlage dieser Bezugsgröße erreichte der Mais als Kontrollvariante in dem Biogastest das mit Abstand beste Ergebnis.

Hingegen wurde von den Blümmischungen nur etwa ein Fünftel des Methanertrages pro Hektar erzielt.



**Abbildung 2:** Biogaserträge der Blümmischungen für das Erntejahr 2009

### Schlussfolgerungen

Auch wenn Pflanzenbestände aus extensiver oder semiextensiver Nutzung nicht an die Ertrags- und Gasbildungspotentiale von Mais herankommen, so ist es dennoch lohnenswert, zusätzliche Biomassequellen zu prüfen. Dies sollte nicht nur aus Akzeptanzgründen für den verstärkten Maisanbau geschehen, sondern auch vor dem Hintergrund der sehr knappen Flächenverfügbarkeit. Die vorliegenden Daten belegen, dass manche extensiv geführten Pflanzenbestände im Hinblick auf die Biogasbeute unerwartet bessere Ergebnisse erbringen als auf Grundlage der Futterwertanalysen erwartet werden konnte. In der Praxis werden Grünpflanzen mit geringem Futterwert oftmals nur in geringen Mischungsanteilen in Biogasanlagen eingespeist. Ihre Verwertung fällt dann häufig besser aus als im Labortest bei alleiniger Prüfung.

Zukünftig gilt es zu prüfen, welche Pflanzenarten und welche Mischungen für diese Zwecke besonders empfohlen werden können.

# Ertrag von mehrschnittigem Ackerfutter im Energiepflanzenanbau in Abhängigkeit vom Alter der Pflanzenbestände

K. Schmalzer<sup>1)</sup> und G. Barthelmes<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Humboldt-Universität zu Berlin, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Invalidenstraße 42,  
10115 Berlin, E-Mail: [katrin.schmalzer@agrar.hu-berlin.de](mailto:katrin.schmalzer@agrar.hu-berlin.de)

<sup>2)</sup>Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg,  
Referat Ackerbau und Grünland Güterfelde, Stahnsdorfer Damm 1, 14532 Stahnsdorf

## Einleitung und Problemstellung

In einem Verbundprojekt zur Entwicklung von Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen werden seit dem Jahre 2005 mehrschnittige Ackerfutterpflanzen in unterschiedlicher Nutzungsintensität an verschiedenen Standorten Deutschlands auf ihre Eignung für die Biogasgewinnung geprüft (VETTER *et al.*, 2009; [www.eva-verbund.de](http://www.eva-verbund.de)). Im Rahmen dieses Projektes wurden auf einem Standort im Land Brandenburg in den Jahren 2005 und 2008 mehrjährige Ackergrasmischungen und Leguminosen-Gras-Gemenge etabliert. Für die Ansaat 2005 wurden in den Hauptnutzungsjahren von 2006 bis 2009 die Trockenmasse- und Methanerträge ermittelt. Für die zweite Ansaat 2008 liegen diese Ergebnisse der Hauptnutzungsjahre 2009 und 2010 vor. Das Leistungsvermögen der Futterpflanzen kann so bei unterschiedlichem Alter der Bestände beurteilt werden. Es soll die Frage beantwortet werden, für welche Futterbestände unter den gegebenen Standortbedingungen die Leistungsdauer am besten ist und folglich eine Nutzung über mehrere Jahre im Energiepflanzenanbau zweckmäßig sein kann. Mehrschnittiges Ackerfutter wird meist mit ein- bis dreijähriger Hauptnutzung in die Fruchtfolgen eingeordnet.

## Material und Methoden

Am Standort Berge (Land Brandenburg, mittel lehmiger Sand, Ackerzahl 40) wurden im Frühjahr 2005 sowie 2008 mehrjährige Ackergrasmischungen und Leguminosen-Gras-Gemenge mit dem Saatpartner Sommergerste angesät und deren Trockenmasse- und Methanerträge über vier bzw. zwei Hauptnutzungsjahre ermittelt (Tabelle 1). Die Kalkulation

der potenziellen Methanerträge ergab sich aus dem Trockenmasseertrag und den spezifischen Methanerträgen (WEILAND, 2001).

Die Prüffaktoren waren die verschiedenen Futterbestände und deren Nutzung. Der Nutzungstermin des ersten Aufwuchses wurde ab dem ersten Hauptnutzungsjahr nach zwei Entwicklungsstadien variiert (Ende des Schossens der Gräser/ Knospenstadium der Leguminosen sowie Ende des Ähren- bzw. Rispschiebens der Gräser/ Ende des Knospenstadiums der Leguminosen). Bei einem Unterschied von zwei bis drei Wochen im Termin des ersten Schnittes ergab sich eine Staffelung der Schnitthäufigkeit der Bestände von vier bis fünf Schnitten gegenüber drei bis vier Schnitten je Hauptnutzungsjahr. Bei den Versuchsanlagen handelte es sich um zweifaktorielle Streifenanlagen mit vier Wiederholungen. In den Hauptnutzungsjahren wurden bei Ackergras die N-Gaben in 60, 70, 60 und 50 kg ha<sup>-1</sup> bei 4- bis 5-Schnittnutzung bzw. in 60, 70 und 60 kg ha<sup>-1</sup> bei 3- bis 4-Schnittnutzung aufgeteilt. Das Leguminosengras erhielt nach der Stickstoffstartgabe von 60 kg ha<sup>-1</sup> in den Ansaatjahren zum Sommergerstenaufwuchs keine weiteren N-Gaben.

**Tab. 1:** Zusammensetzung der Ackerfutterbestände und Saatmengen

Nr.	Zusammensetzung	Saatmengen kg ha <sup>-1</sup>
<b>Gräsermischungen</b>		
1	<i>Festulolium/ Lolium multiflorum</i>	15/20
2	<i>Lolium perenne/L. x boucheanum/L. multiflorum</i>	15/10/10
<b>Leguminosen-Gras-Gemenge</b>		
3	<i>Trifolium pratense/ Lolium perenne/ L. x boucheanum/ L. multiflorum</i>	10/10/7,5/7,5
4	<i>Trifolium pratense/ Festulolium/ Phleum pratense</i>	12/8/2
5	<i>Medicago varia/ Festulolium/ Phleum pratense</i>	18/8/2
6	<i>Medicago varia/ Trifolium pratense/ Festulolium/ Phleum pratense</i>	12/2/8/2

Sehr geringe Niederschläge während der Sommermonate traten besonders in den Jahren 2006, 2009 und 2010 auf. Die bislang höchsten am Standort gemessenen Niederschläge lagen im Jahr 2007 vor (Tabelle 2). Häufig waren die Versuche bereits im April Trockenheit ausgesetzt.



**Tab. 2:** Niederschlagssummen (mm) in den Jahren sowie in den Monaten April bis September im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten

Jahr	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Mai bis September	Jahr
2005	10,7	79,9	34,5	115,6	39,2	38,8	308,0	495,9
2006	38,3	34,0	46,7	26,6	64,0	12,7	184,0	395,1
2007	1,7	146,1	105,8	109,2	74,2	90,8	526,1	765,0
2008	59,1	10,3	54,5	70,5	51,8	43,8	230,9	580,9
2009	1,1	48,6	45,8	48,5	17,4	22,9	183,2	461,8
2010	6,8	114,6	17,7	24,9	83,2	87,9	328,3	529,9
Mittel 1961-1990	35,4	49,1	60,2	49,8	53,3	40,0	252,4	502,8

### Ergebnisse und Diskussion

Im Ansaatjahr erreichten die mehrschnittigen Ackerfutterbestände mit dem Saatpartner Sommergerste bis zu 60 % und in den Hauptnutzungsjahren bis zu über 100 % des Ertragsniveaus von Silomais (HERTWIG *et al.*, 2006; SCHMALER und NEUBERT, 2009). Der Nachteil dieser ertragsschwächeren Ansaatjahre kann bei einer mindestens zweijährigen Hauptnutzung gegenüber einer kürzeren Nutzungsdauer besser kompensiert werden (MEINSEN, 2003), da Saatgutkosten sowie Arbeitserledigungskosten für den Anbau anteilig auf die Anzahl der Nutzungsjahre entfallen. In den Hauptnutzungsjahren lagen die Trockenmasseerträge in Abhängigkeit vom Alter der Bestände und vom Niederschlagsangebot im Bereich von 5,9 bis 26,0 t ha<sup>-1</sup> (Tabellen 3 und 4). Luzernegras wies ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr signifikant höhere Trockenmasseerträge gegenüber Rotklee- und Ackergras auf. Luzernegras tolerierte Trockenperioden in den Sommermonaten relativ gut und konnte noch im vierten Hauptnutzungsjahr 2009 Trockenmasseerträge von über 20 t ha<sup>-1</sup> erzielen. Dies waren doppelt so hohe Erträge wie sie der im ersten Hauptnutzungsjahr stehende Bestand erreichte. Das Leguminosengras reagierte im Gegensatz zu den Gräsermischungen häufiger auf eine geringere Anzahl von Schnitten je Jahr mit höheren Trockenmasseerträgen. Nach dem zweiten Hauptnutzungsjahr gingen die Erträge von Ackergras stärker zurück als bei Leguminosengras. Die Bestände mit den kurzlebigen Weidelgräsern (Ansaat 2005) konnten ihr Ertragspotenzial aufgrund von Auswinterungsschäden nach Staunässe über gefrorenem Boden nach dem ersten Winter nicht ausschöpfen. Auch im 2008 angelegten Versuch trat infolge längerer Schneebedeckung im Winter 2009/10 starker Befall mit Schneeschimmel (*Microdochium nivale*) bei allen Weidelgräsern und Wiesenschweidel sowie beginnender Kleekrebsbefall (*Sclerotinia trifoliorum*) bei Rotklee auf. Außerdem schränkten Frühjahrstrockenheit und längere Trockenperioden in den Sommermonaten die Ertragsbildung in 2009 und 2010 stark

ein, wobei besonders die Grasaufwüchse im Sommer und Herbst mit Trockenmasseerträgen von weniger als  $1 \text{ t ha}^{-1}$  nicht mehr schnittwürdig waren. Die Sommergerste lieferte im Ansaatjahr potenzielle spezifische Methanerträge von 250 Normliter je kg organischer Trockenmasse und das mehrschnittige Ackerfutter in den Hauptnutzungsjahren von 250 bis 325 Normliter je kg organischer Trockenmasse. Sie waren in den früher geernteten ersten Aufwüchsen von Ackergras und Rotklee gras am höchsten und nahmen in allen Hauptnutzungsjahren in der Reihenfolge Ackergras – Rotklee gras – Luzerne gras ab. Die entsprechenden potenziellen Methanerträge wurden in den Tabellen 5 und 6 ausgewiesen.

**Tab. 3:** Trockenmasseerträge ( $\text{t ha}^{-1}$ ) im Ansaatjahr 2005 (Sommergerste und ein Folgeaufwuchs) und in den Hauptnutzungsjahren 2006 bis 2009

Prüfglieder	Ansaatjahr	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Früher 1. Schnitt; 4 bis 5 Schnitte</b>					
1 Ackergras	11,0	9,7 <sup>a</sup>	19,1 <sup>b</sup>	12,5 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>
2 Ackergras	11,3	9,4 <sup>a</sup>	16,8 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>
3 Rotklee gras	9,6	8,3 <sup>a</sup>	20,6 <sup>b</sup>	18,5 <sup>b</sup>	11,3 <sup>b</sup>
4 Rotklee gras	10,1	11,5 <sup>b</sup>	21,0 <sup>bc</sup>	19,1 <sup>b</sup>	11,2 <sup>b</sup>
5 Luzerne gras	10,2	12,0 <sup>b</sup>	23,5 <sup>c</sup>	20,8 <sup>bc</sup>	18,8 <sup>d</sup>
6 Luzerne gras	10,8	13,0 <sup>c</sup>	22,7 <sup>c</sup>	20,8 <sup>bc</sup>	17,0 <sup>c</sup>
<b>Später 1. Schnitt; 3 bis 4 Schnitte</b>					
1 Ackergras	10,2	8,9 <sup>a</sup>	19,6 <sup>b</sup>	12,7 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>
2 Ackergras	12,0	8,7 <sup>a</sup>	16,9 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>	6,1 <sup>a</sup>
3 Rotklee gras	10,2	11,8 <sup>b</sup>	23,0 <sup>c</sup>	19,5 <sup>b</sup>	13,0 <sup>b</sup>
4 Rotklee gras	10,7	14,2 <sup>d</sup>	23,4 <sup>c</sup>	19,2 <sup>b</sup>	13,1 <sup>b</sup>
5 Luzerne gras	10,6	16,6 <sup>e</sup>	26,0 <sup>d</sup>	22,9 <sup>d</sup>	23,5 <sup>f</sup>
6 Luzerne gras	11,0	16,0 <sup>e</sup>	25,6 <sup>d</sup>	22,7 <sup>d</sup>	21,3 <sup>e</sup>

Werte innerhalb einer Reihe unterscheiden sich bei gleichen Buchstaben nach dem Newman-Keuls-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha < 0,05$  nicht signifikant voneinander.

**Tab. 4:** Trockenmasseerträge ( $t\ ha^{-1}$ ) im Ansaatjahr 2008 (Sommergerste und ein Folgeaufwuchs) und in den Hauptnutzungsjahren 2009 bis 2010 sowie kumulative Erträge der Ansaaten 2005 und 2008 (Ansaatjahr bis zweites Hauptnutzungsjahr)

Prüfglieder	Ansaatjahr	1. Jahr	2. Jahr	Ansaat 2008 kumulativ	Ansaat 2005 kumulativ
	2008	2009	2010	2008 bis 2010	2005 bis 2007
<b>Früher 1. Schnitt; 4 bis 5 Schnitte</b>					
1 Ackergras	7,8	9,0 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>	25,2 <sup>a</sup>	39,8 <sup>a</sup>
2 Ackergras	7,9	9,0 <sup>a</sup>	9,2 <sup>ab</sup>	26,1 <sup>a</sup>	37,5 <sup>a</sup>
3 Rotklee gras	7,7	9,2 <sup>ab</sup>	10,8 <sup>ab</sup>	27,7 <sup>ab</sup>	38,5 <sup>a</sup>
4 Rotklee gras	8,6	9,6 <sup>ab</sup>	11,1 <sup>ab</sup>	29,3 <sup>abc</sup>	42,6 <sup>b</sup>
5 Luzerne gras	8,2	11,2 <sup>ab</sup>	14,3 <sup>c</sup>	33,7 <sup>d</sup>	45,7 <sup>c</sup>
6 Luzerne gras	8,4	11,4 <sup>ab</sup>	14,2 <sup>c</sup>	34,0 <sup>d</sup>	46,5 <sup>c</sup>
<b>Später 1. Schnitt; 3 bis 4 Schnitte</b>					
1 Ackergras	7,7	10,3 <sup>ab</sup>	8,0 <sup>a</sup>	26,0 <sup>a</sup>	38,7 <sup>a</sup>
2 Ackergras	7,9	9,8 <sup>ab</sup>	8,7 <sup>ab</sup>	26,4 <sup>a</sup>	37,6 <sup>a</sup>
3 Rotklee gras	7,8	11,9 <sup>b</sup>	11,0 <sup>ab</sup>	30,7 <sup>bcd</sup>	45,0 <sup>bc</sup>
4 Rotklee gras	8,9	11,8 <sup>b</sup>	11,6 <sup>b</sup>	32,3 <sup>cd</sup>	48,3 <sup>c</sup>
5 Luzerne gras	8,5	11,3 <sup>ab</sup>	15,2 <sup>c</sup>	35,0 <sup>d</sup>	53,2 <sup>d</sup>
6 Luzerne gras	8,4	12,0 <sup>b</sup>	14,2 <sup>c</sup>	34,6 <sup>d</sup>	52,6 <sup>d</sup>

Werte innerhalb einer Reihe unterscheiden sich bei gleichen Buchstaben nach dem Newman-Keuls-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha < 0,05$  nicht signifikant voneinander.

**Tab. 5:** Potenzielle Methanerträge (Tausend Normkubikmeter  $ha^{-1}$ ) im Ansaatjahr 2005 (Sommergerste und ein Folgeaufwuchs) und in den Hauptnutzungsjahren 2006 bis 2009

Prüfglieder	Ansaatjahr	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Früher 1. Schnitt; 4 bis 5 Schnitte</b>					
1 Ackergras	2,62	2,65 <sup>bc</sup>	5,31 <sup>b</sup>	3,56 <sup>a</sup>	2,04 <sup>a</sup>
2 Ackergras	2,65	2,57 <sup>b</sup>	4,60 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>
3 Rotklee gras	2,30	2,11 <sup>a</sup>	5,16 <sup>b</sup>	4,68 <sup>b</sup>	3,01 <sup>b</sup>
4 Rotklee gras	2,40	2,96 <sup>cd</sup>	5,24 <sup>b</sup>	4,83 <sup>b</sup>	2,98 <sup>b</sup>
5 Luzerne gras	2,42	2,94 <sup>cd</sup>	5,69 <sup>bc</sup>	5,17 <sup>bc</sup>	4,68 <sup>d</sup>
6 Luzerne gras	2,55	3,20 <sup>d</sup>	5,47 <sup>b</sup>	5,21 <sup>bc</sup>	4,21 <sup>c</sup>
<b>Später 1. Schnitt; 3 bis 4 Schnitte</b>					
1 Ackergras	2,48	2,46 <sup>b</sup>	5,36 <sup>b</sup>	3,64 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>
2 Ackergras	2,87	2,37 <sup>b</sup>	4,58 <sup>a</sup>	3,40 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>
3 Rotklee gras	2,45	2,94 <sup>cd</sup>	5,68 <sup>bc</sup>	4,92 <sup>b</sup>	3,34 <sup>b</sup>
4 Rotklee gras	2,55	3,58 <sup>e</sup>	5,74 <sup>bc</sup>	4,83 <sup>b</sup>	3,35 <sup>b</sup>
5 Luzerne gras	2,48	4,14 <sup>f</sup>	6,32 <sup>c</sup>	5,71 <sup>c</sup>	5,76 <sup>f</sup>
6 Luzerne gras	2,58	3,95 <sup>f</sup>	6,27 <sup>c</sup>	5,64 <sup>c</sup>	5,22 <sup>e</sup>

Werte innerhalb einer Reihe unterscheiden sich bei gleichen Buchstaben nach dem Newman-Keuls-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha < 0,05$  nicht signifikant voneinander.

**Tab. 6:** Potenzielle Methanerträge (Tausend Normkubikmeter ha<sup>-1</sup>) im Ansaatjahr 2008 (Sommergerste und ein Folgeaufwuchs) und in den Hauptnutzungsjahren 2009 bis 2010 und kumulative Erträge der Ansaaten 2005 und 2008 (Ansaatjahr bis zweites Hauptnutzungsjahr)

Prüfglieder	Ansaatjahr	1. Jahr	2. Jahr	Ansaat 2008 kumulativ	Ansaat 2005 kumulativ
	2008	2009	2010	2008 bis 2010	2005 bis 2007
<b>Früher 1. Schnitt; 4 bis 5 Schnitte</b>					
1 Ackergras	1,89	2,54	2,24 <sup>ab</sup>	6,67 <sup>a</sup>	10,58 <sup>ab</sup>
2 Ackergras	1,91	2,53	2,40 <sup>ab</sup>	6,84 <sup>ab</sup>	9,82 <sup>a</sup>
3 Rotklee gras	1,78	2,43	2,73 <sup>bc</sup>	6,94 <sup>ab</sup>	9,57 <sup>a</sup>
4 Rotklee gras	2,01	2,52	2,80 <sup>bcd</sup>	7,33 <sup>abc</sup>	10,60 <sup>ab</sup>
5 Luzerne gras	1,90	2,72	3,46 <sup>cd</sup>	8,08 <sup>bc</sup>	11,05 <sup>bc</sup>
6 Luzerne gras	1,93	2,75	3,41 <sup>cd</sup>	8,09 <sup>bc</sup>	11,22 <sup>bc</sup>
<b>Später 1. Schnitt; 3 bis 4 Schnitte</b>					
1 Ackergras	1,86	2,48	1,90 <sup>a</sup>	6,24 <sup>a</sup>	10,30 <sup>ab</sup>
2 Ackergras	1,91	2,67	2,25 <sup>ab</sup>	6,83 <sup>ab</sup>	9,82 <sup>a</sup>
3 Rotklee gras	1,81	2,83	2,69 <sup>bc</sup>	7,33 <sup>abc</sup>	11,07 <sup>bc</sup>
4 Rotklee gras	2,08	2,95	2,84 <sup>bcd</sup>	7,87 <sup>bc</sup>	11,87 <sup>c</sup>
5 Luzerne gras	1,98	2,67	3,54 <sup>d</sup>	8,19 <sup>c</sup>	12,94 <sup>d</sup>
6 Luzerne gras	1,93	2,83	3,31 <sup>cd</sup>	8,07 <sup>bc</sup>	12,80 <sup>d</sup>

Werte innerhalb einer Reihe unterscheiden sich bei gleichen Buchstaben nach dem Newman-Keuls-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha < 0,05$  nicht signifikant voneinander.

## Schlussfolgerungen

Die Mischungen mit Weidelgräsern und Wiesenschweidel sollten unter den gegebenen Standortbedingungen höchstens in zweijähriger Hauptnutzung stehen, da nach der zweiten Überwinterung die Erträge deutlich stärker abnehmen können als bei Leguminosengras. Spezifische Methanausbeuten, die das Niveau von Silomais erreichen, sind nur für früh geerntete erste Aufwüchse dieser Gräser zu erwarten, aber bereits nicht mehr für die zwei bis drei Wochen später geschnittenen ersten Aufwüchse. Dies gilt ebenso für alle Folgeaufwüchse der Gräser und für Leguminosengras. Rotklee gras kann in Abhängigkeit von Auswinterungsschäden in zwei- bis dreijähriger Hauptnutzung stehen. Luzerne gras bietet sich am besten für eine mehrjährige Nutzung an und kann als Springschlag in Fruchtfolgen eingeordnet werden. Etabliertes Luzerne gras ist ausreichend winterhart, erfordert gegenüber Ackergras bei Ertragsanteilen der Luzerne von über 60 % keine N-Düngung, setzt aber optimale pH-Werte sowie eine ausreichende P- und K-Versorgung des Bodens voraus. Neben den ökologisch wertvollen Effekten des Leguminosengrasanbaus wie Artendiversität und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit in den Fruchtfolgen ist im Nordosten Deutschlands eine Vorzüglichkeit für die Biogasnutzung in Grenzlagen des Mais- und Sorghumanbaus zu erwarten. In Gemischtbetrieben dürfte die kombinierte Futter- und Biogasnutzung des

mehrschnittigen Ackerfutters vorteilhaft sein, wobei dies insbesondere für die sommertrockenen Standorte wegen der Ertragshöhe und –stabilität und relativ günstigerer Trockenheitstoleranz und Ausdauer für Luzernegras gilt.

## Literatur

- HERTWIG, F., NEUBERT, K., SCHMALER, K. & EBEL, G. (2006): Eignung verschiedener Ackerfuttermischungen für die Erzeugung von Biogas. In: Die Zukunft von Praxis und Forschung in Grünland und Futterbau. *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 17, 42-45.
- MEINSEN, C. (2003): 15 Jahre Forschung zum Rotklee grasbau an der Agrarwissenschaftlichen Fakultät Rostock. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 5, 51-54.
- SCHMALER, K. und NEUBERT, K. (2009): Nutzung des mehrschnittigen Ackerfutters im Energiepflanzenanbau auf verschiedenen Standorten in Brandenburg. In: Berendonk C, and Riehl G, (eds) Futterbau und Klimawandel: Grünlandbewirtschaftung als Senke und Quelle für Treibhausgase. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 10, 105-108.
- VETTER, A., HEIERMANN, M. & TOEWS, T. (eds.) (2009): Anbausysteme für Energiepflanzen, Optimierte Fruchtfolgen + effiziente Lösungen, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt M..
- WEILAND, P. (2001): Grundlagen der Methangärung – Biologie und Substrate. In: VDI-Berichte Nr. 1620, Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven, VDI-Verlag, Düsseldorf, 19-32.
- Förderung des Verbundprojektes durch BMELV über den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Phase I und II.“ [www.eva-verbund.de](http://www.eva-verbund.de).

# Deutsches Weidelgras in der Biogasproduktion: Beeinflussung des Methanertrages durch Reifegruppe und Schnittregime

A. Techow<sup>1</sup>, R. Quakernack<sup>2</sup>, A. Pacholski<sup>2</sup>, H. Kage<sup>2</sup>, F. Taube<sup>1</sup>, A. Herrmann<sup>1</sup>

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

<sup>1</sup> Grünland- und Futterbau/Ökologischer Landbau

<sup>2</sup> Acker- und Pflanzenbau

## Einleitung und Problemstellung

Auf Grundlage des Erneuerbare-Energie-Gesetzes führte die hohe Vergütung der Energieeinspeisung zu einer starken Zunahme der Anzahl von Biogasanlagen in Schleswig-Holstein. Hierbei ist Mais, aufgrund der hohen Ertragsleistung, guter Mechanisierbarkeit und einfacher Silierbarkeit die zurzeit leistungsfähigste Kulturart zur Produktion von Methan. Auf marginalen Standorten wie der Marschregion Schleswig Holsteins (kalte und nasse Böden, geringe Temperatur) verliert Mais jedoch häufig seine Vorzüglichkeit im Hinblick auf Ertrag und Ertragsstabilität gegenüber anderen Kulturarten wie Getreide und/oder Futtergräser. Aufgrund der Notwendigkeit von mindestens vier Schnitten pro Jahr verursacht die Methanproduktion von Grünland allerdings höhere Kosten. Das Ziel der vorliegenden Studie war es zu prüfen, ob durch eine Kombination von reduzierter Schnitthäufigkeit (3 statt 4 Schnitte) und dem Einsatz einer späten Sorte ein ähnliches Ertragsniveau erzielt werden kann wie in praxisüblichen Verfahren (Sorten der mittleren Reifegruppe, 4-Schnitt) und somit Potential zur Kostenminimierung gegeben ist.

## Material und Methoden

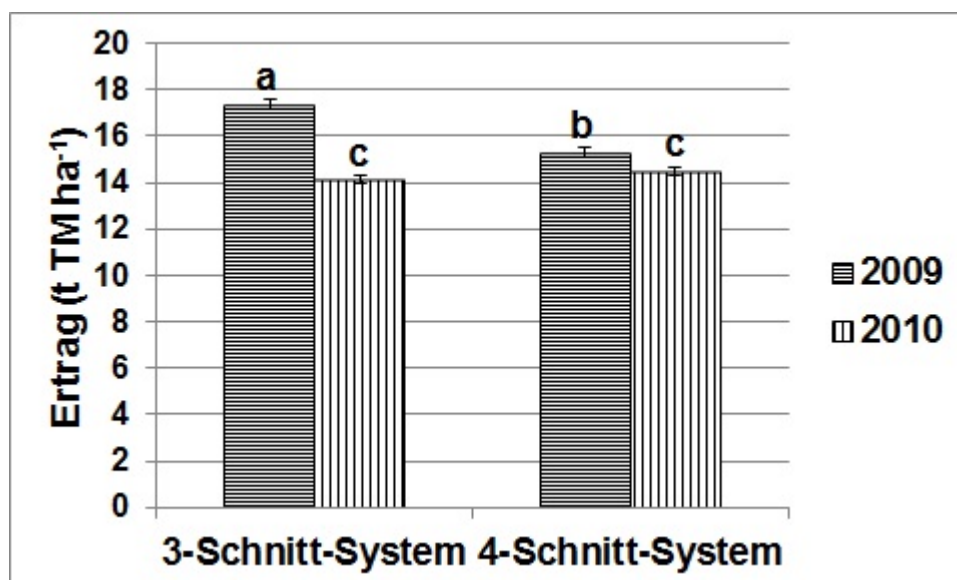
Die Studie basiert auf einem 2jährigen (2009-2010) Feldversuch, welcher auf einem Standort (Kalkmarsch; pH 7.5) an der Westküste Schleswig-Holsteins durchgeführt wurde. Der Versuch wurde im Jahr 2007 als 3-faktorielle Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt, wobei die Faktoren Reifegruppe, Schnitthäufigkeit und N-Düngung variiert wurden. Geprüft wurden eine Deutsch Weidelgrassorte aus der mittleren Reifegruppe (Trend, 4n) sowie eine späte Sorte (Twymax, 4n) in einem 3-Schnitt- bzw. 4-Schnitt-System. Die N-Düngung erfolgte mineralisch als Kalkammonsalpeter (KAS) in den Düngegraden 360 kg N ha<sup>-1</sup> (optimal) und 480 kg N ha<sup>-1</sup> (überversorgt). Die spezifische Methanausbeute (I<sub>N</sub> kg OM<sup>-1</sup>) der optimal versorgten Varianten (360 kg N ha<sup>-1</sup>) wurde mittels Batch-Test ermittelt, in welchem

die Proben (gehäckselt auf 2 cm Länge, unsiliert, ofengetrocknet, 3 Laborwiederholungen) bei 38 °C für mindestens 30 Tage einer anaeroben Fermentation unterzogen wurden.

Die statistische Analyse erfolgte mittels SAS Proc. Mixed mit Wiederholung, Jahr, Schnitthäufigkeit, N-Düngung und Reifegruppe als fixe Faktoren. Multiple Mittelwertvergleiche wurden mittels der Tukey-Kramer-Methode bzw. t-Test und anschließender Bonferroni-Holm-Adjustierung durchgeführt.

## Ergebnisse und Diskussion

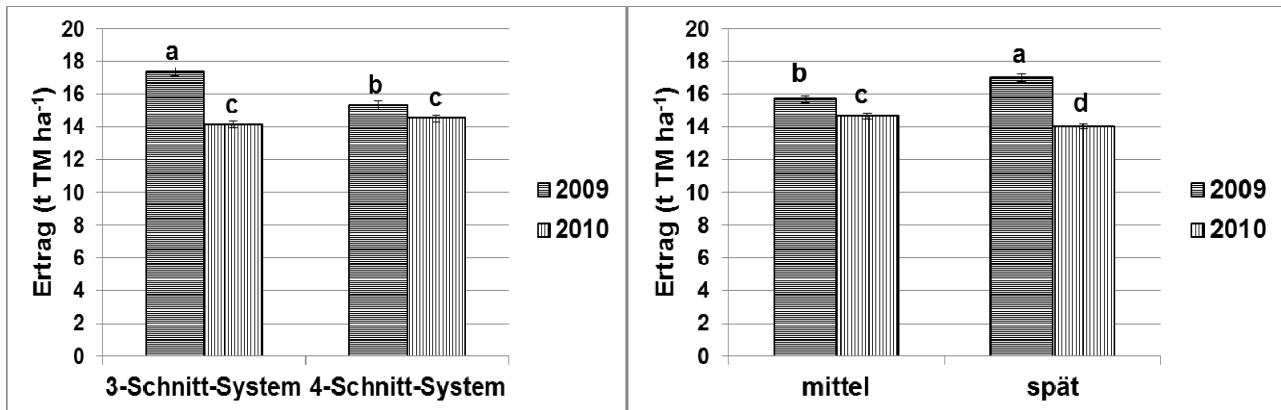
Der jährliche Trockenmasseertrag (gemittelt über die beiden Versuchsjahre 2009 und 2010) wies eine signifikante Interaktion zwischen Reifegruppe und Nutzungsfrequenz auf (Abb. 1). Die mittlere Sorte Trend erreichte bei einer 3-Schnitt-Nutzung signifikant höhere Erträge als bei der 4-Schnitt-Nutzung, wohingegen die späte Sorte Twymax durch unterschiedliche Nutzungsfrequenzen nicht signifikant beeinflusst wurde. Auch WILMAN et al. (1976) berichten eine Reduzierung der Trockenmasseerträge von Grünlandbeständen bei Steigerung der Nutzungshäufigkeit. Der Effekt der Nutzungshäufigkeit kann jedoch stark durch Umweltbedingungen, insbesondere die Wasserversorgung, modifiziert werden (TOBI et al., 2011).



**Abb. 1:** Einfluss von Reifegruppe und Nutzungshäufigkeit auf den Jahres-TM-Ertrag (dt TM ha<sup>-1</sup>). Die Daten stellen Mittelwerte beider Versuchsjahre (2009, 2010) dar.

Der Effekt der Reifegruppe auf die Ertragsleistung war in den beiden Versuchsjahren unterschiedlich ausgeprägt (Abb. 2). Im Versuchsjahr 2009 erzielte die mittlere Sorte Trend einen signifikant geringeren TM-Ertrag als die späte Sorte, während der Effekt im zweiten Versuchsjahr gegenläufig war. Auch der Einfluss der Nutzungsfrequenz wurde durch das

Versuchsjahr modifiziert. So konnte ein signifikanter Effekt der Schnitthäufigkeit nur im Versuchsjahr 2009 abgesichert werden. Begründet sein können die Interaktionen zwischen Reifegruppe bzw. Schnitthäufigkeit und dem Versuchsjahr durch den Einfluss der Witterungsbedingungen sowie des Bestandesalters.



**Abb. 2:** Einfluss von Reifegruppe und Versuchsjahr (links) sowie Nutzungsfrequenz und Versuchsjahr (rechts) auf den Trockenmasseertrag (dt TM ha<sup>-1</sup>).

Aus dem Trockenmasseertrag und dem spezifischen Methanertrag ( $l_N \text{ kg}_{OM}^{-1}$ ) erfolgte die Berechnung des Methanhektarertrages ( $\text{m}^3_N \text{ ha}^{-1}$ ). Daten zum spezifischen Methanertrag waren allerdings bei Fertigstellung des Manuskripts nur für das erste Versuchsjahr verfügbar. Der Methanhektarertrag variierte zwischen 4643 und 5159  $\text{m}^3_N \text{ ha}^{-1}$  auf Jahresbasis (Tabelle 1) und zwischen 428 und 2853  $\text{m}^3_N \text{ ha}^{-1}$  für Einzelaufwüchse (Tabelle 2). Die Methanhektarerträge liegen damit im oberen Bereich dessen, was für intensiv genutztes Dauergrünland dokumentiert ist (AMON et al., 2006; WIENFORTH et al., 2010). Der spezifische Methanertrag wies im Jahresmittel signifikant höhere Werte in der 4-Schnitt-Nutzung ( $384.4 \text{ l}_N \text{ kg}_{OM}^{-1}$ ) im Vergleich zur 3-Schnitt-Nutzung ( $346.5 \text{ l}_N \text{ kg}_{OM}^{-1}$ ) auf. Ähnliche Ergebnisse zum Effekt der Nutzungsfrequenz auf die spezifische Methanausbeute werden von LEMMER und OECHSNER (2002) berichtet. Aufgrund der überragenden Bedeutung des TM-Ertrages zeichnete sich jedoch das 3-Schnitt-System durch einen höheren Jahres-Methanhektarertrag aus. Darüber hinaus konnte ein höherer Jahres-Methanhektarertrag für die späte Sorte Twymax im Vergleich zur mittleren Sorte Trend abgesichert werden. Es konnte somit nicht bestätigt werden, dass eine höhere Nutzungsintensität in einer Steigerung des Methanhektarertrages resultiert, wie von PROCHNOW et al. (2009) postuliert.



**Tabelle 1:** Jahres-Methanhektarertrag ( $\text{m}^3_{\text{N}} \text{ha}^{-1}$ ) des ersten Versuchsjahres (2009) in Abhängigkeit von Reifegruppe und Schnitthäufigkeit.

Reifegruppe	Schnitthäufigkeit	Methanertrag ( $\text{m}^3_{\text{N}} \text{ha}^{-1}$ )	Standardfehler
mittel		4643a	96
spät		5159b	96
	3	5097a	96
	4	4705b	96

**Tabelle 2:** Methanhektarertrag ( $\text{m}^3_{\text{N}} \text{ha}^{-1}$ ) der Einzelaufwüchse in Abhängigkeit von Reifegruppe. Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Reifegruppen, Kleinbuchstaben signifikante Unterschiede zwischen den Aufwüchsen innerhalb der Schnittsysteme.

	3-Schnitt-System			4-Schnitt-System			
	1. Aufw.	2. Aufw.	3. Aufw.	1. Aufw.	2. Aufw.	3. Aufw.	4. Aufw.
mittel (Trend)	2853 Aa	1222 Ab	856 Ab	2226 Aa	949 Ab	741 Ac	439 Ad
spät (Twymax)	2659 Aa	1761 Bb	843 Ac	2265 Aa	1407 Bb	955 Bc	428 Ad

### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres (2009) belegen, dass durch eine Reduktion der Nutzungsfrequenz von 4 auf 3 Schnitte pro Jahr eine Steigerung des Methanhektarertrages erzielt werden kann. Somit ist eine Kostensenkung pro produzierter Energieeinheit realisierbar. Hierbei muss allerdings beachtet werden, dass eine reduzierte Nutzungsfrequenz zu einer schnelleren Abnahme der Narbendichte und resultierend daraus zu einer geringeren Ausdauer führen kann, was wiederum eine regelmäßige Nachsaat erforderlich macht. Die Analyse solcher Effekte im Detail kann jedoch nur in Langzeitexperimenten erfolgen.

## 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.
- LEMMER, A. und OECHSNER, H. (2002): Use of grass or field crops for biogas production. In: Proceedings of the AgEng 2002, Paper No. 02-SE-007 (CD-Version), Budapest.
- PROCHNOW, A., HEIERMANN, M., PLÖCHL, M., LINKE, B., IDLER, C., AMON, T. & HOBBS, P.J. (2009): Bioenergy from permanent grassland – A review. *Bioresource Technology* 100, 4931-4944.
- TOBI, D., HERRMANN, A., LOGES, R., GIERUS, M., TAUBE, F. (2011): Effect of heading date, ploidy level and cutting regime on yield and feed quality of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Grassland Science in Europe* 16 (im Druck).
- WIENFORTH, B., HERRMANN, A., SIELING, K., OHL, S., HARTUNG, E., TAUBE, F. & KAGE, H. (2010): Biogas-Expert – grassland methane yield and short-term N efficiency of biogas residues. *Grassland Science in Europe* 15, 229-231.
- WILMAN, D., DROUSHIOTIS, D., KOOCHKEI, A., LWOGA, A.B. & SHIM, J.S. (1976): The effect of interval between harvests and nitrogen application on the proportion and yield of crop fractions in four ryegrass varieties in the first harvest year. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 86, 189-203.

# **Einfluss von Winterzwischenfrüchten auf die Ertragsleistung von Mais- und Sorghumkulturen in Schleswig-Holstein**

R. Wulfes, H. Ott, R. Hünerjäger

Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft, Am Kamp 11, 24783 Osterrönfeld,  
rainer.wulfes@fh-kiel.de

## **Einleitung und Problemstellung**

Eine ökonomisch sinnvolle Biogasproduktion setzt die Auswahl effizienter Kulturpflanzen sowie geeignete Anbausysteme voraus, um auf der vorhandenen, knappen landwirtschaftlichen Nutzfläche eine sichere und effiziente Bereitstellung von Substraten zu gewährleisten. Auch in Schleswig-Holstein ist der Silomais eine sehr leistungsstarke und nährstoffeffiziente Kultur, die mit geringem Nährstoffinput sehr hohe TM- und Energieerträge liefern kann. In früheren Untersuchungen ist die Leistungsfähigkeit des Silomaises in Monokultur im Vergleich zu Fruchtfolgesystemen vor dem Hintergrund der Futterproduktion beschrieben worden (VOLKERS, 2005). Der Einfluss einer Winterzwischenfrucht mit Ackergras auf die Ertragsleistung des Silomaises und der gesamten Fruchtfolge findet sich bei WULFES UND OTT (2008). Für den Anbau von Sorghumhirse (*Sorghum bicolor L.*) als Alternative zum Silomais sind in den letzten Jahren standortspezifische Empfehlungen und Leistungsdaten erarbeitet worden (VETTER, 2009). Daten zur Leistungsfähigkeit von Sorghum unter schleswig-holsteinischen Bedingungen fehlen bisher.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Leistungsfähigkeit von Sorghumhirsen (*Sorghum bicolor L.*) im Vergleich zum Silomais in unterschiedlichen Anbauformen unter den Klimabedingungen Schleswig-Holsteins zu prüfen, um Alternativen zur Maismonokultur bei der Substratbereitstellung zur Biogasproduktion bewerten zu können. Schwerpunkt der Untersuchung war der Einfluss unterschiedlicher Winterzwischenfrüchte auf die Ertragsleistung der Einzelkulturen und der Fruchtfolgen.

Wesentliche Versuchsfragen der Untersuchung:

- Wie sind Fruchtwechsellsysteme im Vergleich zum Standardsystem Maismonokultur zu bewerten?
- Wie ist die Ertragsfähigkeit von Sorghum als C<sub>4</sub>-Alternative zum Silomais einzuschätzen?
- Wie beeinflussen Winterzwischenfrüchte die Ertragsleistung der Einzelkulturen Mais und Sorghum?
- Welchen Beitrag leisten Winterzwischenfrüchte zum Jahresgesamtertrag?

### Material und Methoden

Im Rahmen des Kompetenzzentrums Biomassenutzung Schleswig-Holstein wurden in einem Feldversuch auf dem Standort Ostenfeld (IS, 45 Bodenpunkte) in den Jahren 2006 – 2010 Mais- und Sorghum-Monokulturen (jeweils 5 Sorten) mit dem Anbau von Mais und Sorghum im Wechsel mit Grünroggen oder Welschem Weidelgras als Winterzwischenfrucht verglichen. Somit liegen jetzt Leistungsdaten für die vierjährige Monokultur und den vierjährigen Fruchtwechsel vor (2007 – 2010). Der Gesamtversuch beinhaltete auch zweijährige Fruchtfolgen mit Mais bzw. Sorghum, Getreide-GPS und Ackergras sowie den Wechsel von Mais und Sorghum mit einer Winterzwischenfrucht Grünroggen. Die Ergebnisse hierzu sind bei WULFES *et al.* (2011) zu finden und gehen nicht in die vorliegende Untersuchung ein. Der Versuch wurde als randomisierte Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Versuchsfaktoren sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

**Tab. 1:** Versuchsfaktoren und Faktorstufen

Versuchsfaktor	Faktorstufen
1. Anbausystem	1.1 Monokultur
	1.2 Fruchtwechsel mit Winterzwischenfrucht
2. Hauptfrucht	2.1 Mais
	2.2 Sorghum
3. Zwischenfrucht	3.1 Grünroggen
	3.2 Welsches Weidelgras

Zur Aussaat kamen bei den Hauptkulturen jeweils 5 Sorten (Mais: Ronaldinio, Deco, Calvin, Aventura, Bredero; Sorghum: Sucrosorgo, Rona, Goliath, Bovital, Herkules), bei den Winterzwischenfrüchten jeweils nur eine Sorte (Grünroggen: Visello; Welsches Weidelgras:

Gisel). Die Bestandesdichte des Mais wurde auf 10 Pflanzen/m<sup>2</sup> eingestellt, die Aussaatstärke beim Sorghum betrug 23 keimfähige Körner/m<sup>2</sup>. Welsches Weidelgras wurde mit 40 kg/ha ausgesät, Grünroggen mit 300 Körnern/m<sup>2</sup>. Die Aussaatzeiten der Kulturen sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Grünroggen und Welsches Weidelgras wurden zu Beginn des Ährenschiebens geerntet und dann umgebrochen.

Die N-Düngung erfolgte standorttypisch mit 150 kg N/ha (Mais und Sorghum) bzw. mit 120 kg N/ha (Welsches Weidelgras und Grünroggen). Der Mais wurde zu Beginn der Teigreife geerntet, in den Varianten mit einer Winterzwischenfrucht spätestens Mitte Oktober. Die Abreife des Sorghums war in allen Jahren nicht optimal, so dass sich die Ernte nach dem spätest möglichen Aussaattermin für die Zwischenfrüchte richtete (Tab. 2).

**Tab. 2:** Aussaat- und Erntezeiträume der Kulturen in den Jahren 2006 - 2010

Kultur	Aussaat	Ernte
Grünroggen	09.10. – 20.10.	12.05. – 21.05.
Welsches Weidelgras	09.10. – 20.10.	12.05. – 21.05.
Mais-Monokultur	18.04. – 22.04.	29.09. – 10.10.
Mais nach Wi-Zwfr.	15.05. – 25.05.	06.10. – 15.10.
Sorghum-Monokultur	19.05. – 25.05.	13.10. – 16.10.
Sorghum nach Wi-Zwfr.	19.05. – 25.05.	06.10. – 15.10.

Ausgewertet wurden die Trockenmasseerträge (TM) der Einzelkulturen und die Gesamtjahreserträge der Fruchtwechsellsysteme aus Hauptkultur und Zwischenfrucht. Zur Diskussion der Ergebnisse wird der Zusammenhang zwischen dem TM-Ertrag der Kulturen und der Temperatursumme über die Vegetationszeit bzw. der Durchschnittstemperatur von November bis April berechnet.

### Ergebnisse und Diskussion

Die varianzanalytische Verrechnung der Trockenmasseerträge ergab im Mittel über alle Anbausysteme keinen signifikanten Jahreseffekt für den Gesamtjahresertrag der Fruchtfolgen, allerdings Unterschiede in der Ertragsleistung der Einzelkulturen in den jeweiligen Anbausystemen. Die Kombination der Einzelkulturen führt im Laufe der Jahre offensichtlich zu einem stabileren Gesamtjahresertrag.

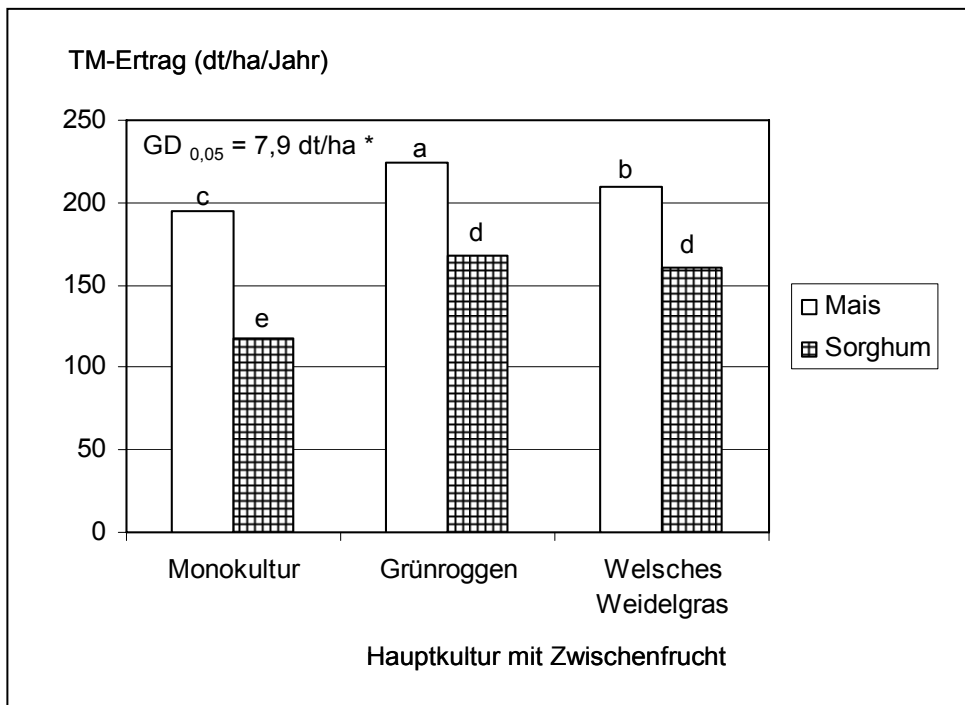
### Ergebnisse zum Gesamtjahresertrag

Alle Hauptfaktoren hatten einen signifikanten Einfluss auf den TM-Ertrag der Fruchtfolgen (Tab. 3). Im Mittel der jeweils verbleibenden Faktoren übertrafen das Fruchtwechselfsystem die Monokultur, der Mais den Sorghum und die Systeme mit dem Grünroggen als Winterzwischenfrucht die Systeme mit Welschem Weidelgras.

**Tab. 3:** Einfluss der Hauptfaktoren auf die TM-Erträge der Fruchtfolgen (Mittel der jeweils anderen Faktoren, 4 Jahre, Hauptfrucht je 5 Sorten, 4 Wdh)

Versuchsfaktor	Faktorstufe	TM-Ertrag (dt TM/ha/Jahr)	TM-Ertrag (rel.)
1. Anbausystem	1.1 Monokultur	156,2 <sup>b</sup>	100
	1.2 Fruchtwechsel mit Wi-Zwfr.	190,6 <sup>a</sup>	122
	GD <sub>0,05</sub>	7,9 <sup>***</sup>	
2. Hauptfrucht	2.1 Mais	209,6 <sup>a</sup>	100
	2.2 Sorghum	148,7 <sup>b</sup>	71
	GD <sub>0,05</sub>	7,9 <sup>***</sup>	
3. Zwischenfrucht	3.1 Grünroggen	196,1 <sup>a</sup>	100
	3.2 Welsches Weidelgras	185,2 <sup>b</sup>	94
	GD <sub>0,05</sub>	4,3 <sup>**</sup>	

Die Wechselwirkung zwischen den Faktoren war signifikant. Die Ertragsdifferenz der Monokultur zum Anbau mit einer Winterzwischenfrucht ist beim Mais geringer ausgeprägt als beim Sorghum (Abb. 1).



**Abb. 1:** Einfluss der Hauptkultur Mais oder Sorghum auf die Ertragsleistung in Monokultur und mit einer Winterzwischenfrucht (Mittel 4 Jahre, Hauptfrucht je 5 Sorten, 4 Wdh)

Weiterhin führt die Winterzwischenfrucht Grünroggen im Fruchtwechsel mit Mais zu gesichert höheren Erträgen als die Kombination Mais + Welsches Weidelgras. Beim Sorghum waren keine Unterschiede hinsichtlich der Art der Winterzwischenfrucht abzusichern. Sorghum in Monokultur erreicht nur 61 % des Maisertrages in Monokultur. Die beste Winterzwischenfrucht vor dem Sorghumanbau, der Grünroggen, steigert den Ertrag auf relativ 86 % einer Mais-Monokultur.

#### Ergebnisse zur Ertragsleistung der Einzelkulturen

Die Winterzwischenfrüchte reduzieren den Ertrag der Folgekultur Mais oder Sorghum signifikant (Tab. 4), wobei die Ertragsreduktion nach Welschem Weidelgras größer ist als nach Grünroggen. Der Ertragsrückgang ist beim Mais (rel. 17 – 24 %) stärker ausgeprägt als beim Sorghum (rel. 9 – 18 %), die Aussaatzeit war allerdings auch ca. 4 Wochen später und damit auch die Vegetationszeit um 4 Wochen kürzer. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen WULFES UND OTT (2008). Aber auch der Sorghum reagiert negativ auf die Winterzwischenfrucht, obwohl hier die Aussaatzeiten gleich waren. Der Feldaufgang nach den Zwischenfrüchten war deutlich schlechter als in der Monokultur, was auf den Wasserentzug der Zwischenfrüchte und besonders beim Welschen Weidelgras auf die schlechtere Bodenstruktur nach dem Umbruch zurückzuführen sein kann. Dies zeigte sich auch beim Mais. Der Jahreseinfluss auf die TM-Erträge war besonders beim Sorghum

ausgeprägt. Hier waren alle Jahre gesichert unterschiedlich im Ertrag, während beim Mais nur das Jahr 2009 durch deutlich höhere Erträge herausstach.

**Tab. 4:** Einfluss einer Winterzwischenfrucht auf den TM-Ertrag von Mais und Sorghum (Mittel 4 Jahre, Hauptkultur je 5 Sorten, 4 Wdh)

	Mais		Sorghum	
	dt TM/ha	rel.	dt TM/ha	rel.
Monokultur	194,37 <sup>a</sup>	100	111,17 <sup>a</sup>	100
nach Grünroggen	161,48 <sup>b</sup>	83	101,68 <sup>ab</sup>	91
nach Welschem Weidelgras	146,84 <sup>c</sup>	76	91,69 <sup>b</sup>	82
GD 0,05	9,1		10,1	

Der Effekt der unterschiedlich langen Vegetationszeiten in Abhängigkeit vom Anbausystem und vom Jahr auf den TM-Ertrag wurde beim Mais und Sorghum über Regressionsgleichungen mit der Temperatursumme  $>6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (x) von Aussaat bis Ernte abgebildet.

Mais: TM-Ertrag (dt/ha) =  $0,2062x - 142,39$ ;  $r^2 = 0,81^{***}$

Sorghum: TM-Ertrag =  $0,1839x - 169,69$ ;  $r^2 = 0,62^{***}$

Die Erträge des Grünroggens und des Welschen Weidelgrases waren sehr ähnlich und nicht gesichert von der Hauptfrucht Mais oder Sorghum beeinflusst. Im Mittel der 4 Jahre wurden 61 dt TM/ha vom Grünroggen und 60 dt TM/ha vom Welschen Weidelgras geerntet. Es bestanden allerdings große Jahresunterschiede. Der Jahreseffekt korrelierte mit den Durchschnittstemperaturen der Monate November – April ( $^{\circ}\text{C}$ ; x):

TM-Ertrag (dt/ha) =  $12,19x + 5,39$ ;  $r^2 = 0,97^{***}$

### Schlussfolgerungen

Mittlerweile vierjährige Ergebnisse aus den Jahren 2007 - 2010 lassen erkennen, dass Sorghum unter schleswig-holsteinischen Bedingungen eine Ertragsleistung von ca. 60 % (in Monokultur) bis 85 % (mit Winterzwischenfrucht) des Silomaises in Monokultur aufweist mit deutlich größeren Jahresschwankungen im Vergleich zum Mais, wobei Winterzwischenfrüchte zur Ertragsstabilisierung beitragen. Somit ist Sorghum noch keine Alternative zum Silomaisanbau, zumal auch der Maisanbau von einer Winterzwischenfrucht



profitiert. Hier liegt die Gesamtleistung der Fruchtfolge ca. 15 % über der Maismonokultur, allerdings bei einer Ertragsreduktion des Maises von ca. 20 %. Die Substratversorgung zur Biogasproduktion wird insgesamt stabilisiert durch den Einsatz unterschiedlicher Kulturen bzw. Fruchtwechsellsysteme.

## Literatur

- VOLKERS, K. (2005) Auswirkungen einer variierten Stickstoffintensität auf Leistung und Stickstoffbilanz von Silomais in Monokultur sowie einer Ackerfutterbaufruchtfolge auf sandigen Böden Norddeutschlands. *Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel* 40.
- WULFES, R. und OTT, H. (2008): Performance of silage maize in forage crop rotation systems. In: Hopkins, A., Gustafsson, T., Bertilsson, J., Dalin, G., Nilsdotter-Linde, N. & Spörndly, E. (eds.): Biodiversity and Animal Feed. *Grassland Science in Europe* 13, 353-355.
- WULFES, R., OTT, H. & HÜNERJÄGER, R. (2011): Leistungsfähigkeit von Energiepflanzenanbausystemen mit Mais und Sorghum in Schleswig-Holstein. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 23 (im Druck).
- VETTER, A. (2009): Anbausysteme für Energiepflanzen. In: Vetter, A., Heiermann, M. & Toews, T. (Hrsg.): *Anbausysteme für Energiepflanzen*. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, 109-192.

# Einfluss der Silierung auf den Gehalt an Pyrrolizidinalkaloiden von *Senecio jacobaea* in Abhängigkeit vom *Senecio*gehalt im Siliergut

C. Berendonk und K. Hünting

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen  
LZ Haus Riswick, Elsenpass 5, 47533 Kleve  
clara.berendonk@lwk.nrw.de

## Einleitung und Problemstellung

*Senecio jacobaea* L. enthält giftige Pyrrolizidinalkaloide (Cheeke, P. R. *et al.*, 1985 und Cheeke, P. R., 1988). In Untersuchungen von Berendonk *et al.* (2010) wurden in Nordrhein-Westfalen Gehalte von bis zu 2057 µg/g in der Trockenmasse gemessen. Erntegut mit diesen hohen Gehalten ist nicht zur Verfütterung geeignet. Besonders empfindlich reagieren Pferde (Garret *et al.*, 1984). In pferdehaltenden Betrieben ist die derzeit starke Ausbreitung von *S. jacobaea* deshalb ein gravierendes Problem und wirft die Frage auf, inwieweit die Pyrrolizidinalkaloide (PAs) auch nach der Konservierung erhalten bleiben. Nur wenige Arbeiten wie Candrian *et al.* (1984) befassen sich mit dem Einfluss der Futterkonservierung auf den Abbau der PAs. In eigenen Untersuchungen wurden die PAs durch den Prozess der Heutrocknung nur geringfügig abgebaut, während die PAs nach dem Prozess der Silierung in älteren Pflanzen merklich reduziert waren (Berendonk *et al.*, 2010). Dies spricht dafür, dass der Abbau von der Intensität der enzymatischen Aktivität abhängt. Mit den vorliegenden Untersuchungen sollte geprüft werden, welchen Einfluss der *Senecio*anteil in der Silage auf den Abbau der PAs während des Silierprozesses hat.

## Material und Methoden

Zur Herstellung der *S. jacobaea* – Grasmischung wurde im Sommer 2010 ein Reinbestand aus *Lolium perenne* im Blattstadium geerntet. Die Ernte von *S. jacobaea* erfolgte im Stadium der Vollblüte. Das Pflanzenmaterial von beiden Arten wurde auf 40 % Trockensubstanzgehalt vorgewelkt, gehäckselt und hieraus Mischungen in acht unterschiedlichen Mischungsverhältnissen mit 0%, 1 %, 5%, 10 %, 25 %, 50%, 75% und 100 % *S. jacobaea* hergestellt. Mit diesem Material wurde ein Silierversuch in Anlehnung an die DLG-Richtlinie zur Prüfung von Siliermitteln (DLG, 2000) über 90 Tage in 0,5 l Laborsilos in dreifacher

Wiederholung durchgeführt. Zur Beurteilung des Siliererfolges wurde beim Öffnen der Gläser der pH-Wert gemessen. Die Silageproben wurden im pharmazeutischen Institut der Universität Bonn anschließend getrocknet und auf den Gehalt an PAs untersucht (Gaschromatographisch-massenspektroskopische Methode, Beccera *et al.*, 2011). Eine weitere Probe des Ausgangsmaterials wurde unmittelbar nach der Ernte als Kontrollprobe tiefgefroren, anschließend wie die Silagen bei 60 °C getrocknet und auf den Gehalt an PAs analysiert.

## Ergebnisse und Diskussion

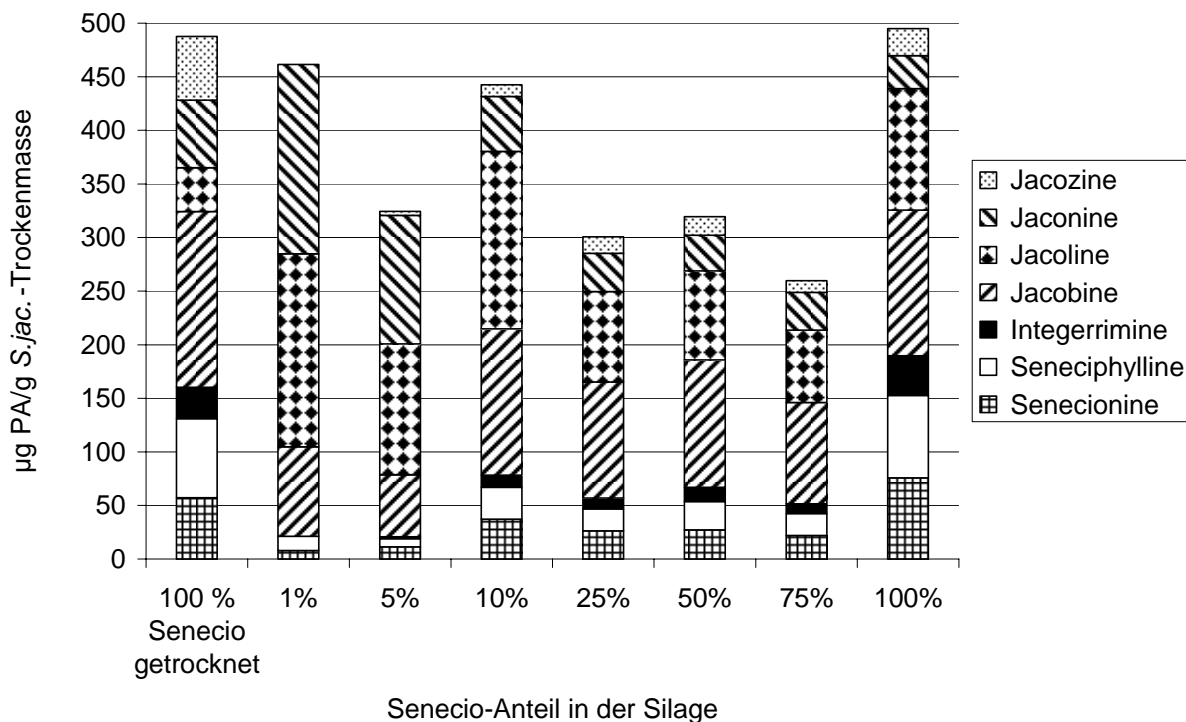
Das analysierte Material von *S. jacobaea* erreichte im Ausgangszustand mit einen PA-Gehalt von 487,5 µg PA/g TM zwar einen vergleichsweise nur mittel bis niedrigen Gehalt, wies aber in der Zusammensetzung der analysierten PAs dennoch ein typisches PAmuster auf (Tabelle 1 und Abb. 1).

Tab. 1: Einfluss des Anteils von *S. jacobaea* in den Silagen auf pH-Wert, Trockensubstanzgehalt und Gesamtgehalt an PAs in der Silage und Vergleich mit dem PA-Gehalt im Ausgangsmaterial

Anteil von <i>S. jac.</i> in der Silage	Silagekennwerte		PA-Gehalt in dem Senecio-Grasgemenge		
	pH-Wert	% TS	in der Silage		im Ausgangsmaterial µg PA/g TM
			µg PA/g TM	SD	
0%	3,9	41,7	-	-	-
1%	4,0	39,9	4,6	3,3	4,9
5%	3,9	43,8	16,2	3,1	24,4
10%	3,8	43,0	44,2	6,9	48,8
25%	3,9	40,5	75,1	32,8	121,9
50%	3,9	39,8	159,7	39,2	243,8
75%	3,9	38,6	194,7	7,1	365,7
100%	3,9	36,4	494,8	133,6	487,5
Mittel	3,9	40,4			
Ausgangsmaterial:					487,5

Anders als bei Untersuchungen aus dem Jahr 2008 (Berendonk *et al.*, 2010) und Untersuchungen von Candrian *et al.* (1984) blieben die PA-Gehalte gerade in der Proben mit 100% Anteil an *S. jacobaea* stabil, während bei den Proben mit 75, 50, 25 und 5 % *S. jacobaea* eine deutliche Reduktion auftrat. Eine von Candrian *et al.* (1984) beobachtete Interaktion von Abbauraten und *Seneciokonzentration* der Silage konnte mit den vorliegenden Ergebnissen somit nicht belegt werden. Im vorliegenden Versuch führte offensichtlich eine rasche pH-Wert-Absenkung, die aus dem niedrigen pH-Wert von 3,9 in allen Silagen abgeleitet werden muss, auch bei der Silage aus 100 % *S. jacobaea* zu einer mehr oder weniger frühzeitigen Unterbindung enzymatischer Abbauprozesse. Im Mittel aller Silagen

entsprach der Abbau von 487,5 auf 371,8  $\mu\text{g PA/g TM}$ , einem Abbau um 24 %, der aber von einer großen Varianz gekennzeichnet war. Abb. 1 zeigt, dass die Konzentration der verschiedenen PAs unterschiedlich durch die Silierung verändert wird. Bei den Silagen, bei denen ein gewisser Abbau der Gesamtkonzentration stattfand, traf dieser offensichtlich besonders die PAs Integerrimine, Seneciophylline, Senecionine, während Jacoline und Jacoline anscheinend weniger angegriffen wurden. In Arbeiten von Bull *et al.* (1968), Culvenor *et al.* (1976) und Mattocks (1986) ist belegt, dass die PAs durch Hydrolyse mit unspezifischen Esterasen in nicht toxische Necine und Necinsäuren abgebaut werden können. Wiedenfeld *et al.* (2008) zeigen, dass die makrozyklischen Diester-Pyrrolizidinalkaloide Integerrimine, Seneciophylline und Senecionine über eine leichter hydrolysierbare Esterbindung an der C7-Position verfügen, während die übrigen, in *S. jacobaea* verstärkt vorkommenden Pyrrolizidinalkaloide durch fehlende Doppelbindung an C7 weniger hydrolysierbar sind. Das kann erklären, dass Sie in Ihrer Struktur auch während des Konservierungsprozesses länger stabil bleiben.



**Abb. 1:** Einfluss der Silierung auf die Pyrrolizidinalkaloidgehalte ( $\mu\text{g PA/g TM}$ ) der *Senecio jacobaea*-Komponente in den *Senecio*-Grasgemengen in Abhängigkeit vom Gehalt an *S. jac.* in den Silagen

### Schlussfolgerung:

- Die PA-gehalte der *Seneciokomponente* wurden im Mittel aller geprüften Silagen um 24 % reduziert mit einer großen Variation zwischen den Prüfgliedern.
- Es konnte kein Einfluss der Seneciokonzentration auf die Abbaurate festgestellt werden, ggf. eine Folge der insgesamt sehr günstigen Silierbedingungen.
- Unterschiede in den Abbauraten der sieben verschiedenen PAs können z.T. durch unterschiedliche chemische Bindung der makrozyklischen Diester-PAs erklärt werden. Besonders stabil erwiesen sich Jacoline und Jacoine, die oft in größerem Anteil in *Senecio jacobaea* vorkommen.

### Literatur

- BECCERA, J., KUSCHAK, M., BERENDONK, C., HÜNTING, K., WIESE, M., WIEDENFELD, H. (2011): Degradation of Toxic Pyrrolizidine Alkaloids from *Senecio jacobaea* in Silage. *Food Additives & Contaminants*, im Druck
- BERENDONK, C., CERFF, D., HÜNTING, K., WIEDENFELD, H., BECCERA, J., KUSCHAK, M. (2010): Pyrrolizidine alkaloid level in *Senecio jacobaea* and *Senecio erraticus* - the effect of plant organ and forage conservation. In: *Proceedings of the 23<sup>rd</sup> General Meeting of the Europ. Grassl. Fed. "Grassland in a Changing World"*, Kiel, Germany. 15, 669-671.
- Bull L.B., CULVENOR C.C.J. AND DICK A.T. (1968): The pyrrolizidine alkaloids. Amsterdam, *North Holland Publishing Co.*
- CANDRIAN U., LÜTHY J., SCHMID P., SCHLATTER CH. AND GALLASZ E. (1984): Stability of pyrrolizidine alkaloids in hay and silage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 32, 935-937.
- CHEEKE, 1988: Toxicity and Metabolism of Pyrrolizidine Alkaloids. *Journal of Animal Science* 66, 2343-2350.
- CHEEKE, P.R., SHULL, L. R., 1985: Natural Toxicants in Feeds and Poisonous Plants. *AVI Publishing Co.*, Westport, CT.
- CULVENOR C.C.J., EDGAR J.A., JAGO M.V., OUTERIDGE A., PETERSON J.E. AND SMITH L.W. (1976): Hepato- and pneumotoxicity of pyrrolizidine alkaloids and derivatives in relation to molecular structure. *Chemico-Biological Interaction* 12, 299-324.
- DLG (2000): Richtlinie zur Prüfung von Siliermitteln auf DLG-Gütezeichenfähigkeit, Frankfurt a.M.
- GARRET, B. J., HOLTAN, D. W., CHEEKE, P.R., SCHMITZ, J. A., ROGERS, Q. R. (1984) :Effects of dietary supplementation with butylated hydroxyanisole, cysteine, and vitamins B on tansy ragwort (*Senecio jacobaea*) toxicosis in ponies. *American Journal of Veterinary Research* 45, 459.
- MATTOCKS, A.R. (1986): Chemistry and toxicology of pyrrolizidine alkaloids. *Academic Express*, London, New York, 393 pp.
- WIEDENFELD, H. ROEDER, E., BOURAUDEL, T., EDGAR, J. (2008): Pyrrolizidine Alkaloids: Structure and Toxicity: *V&R unipress, Bonn University Press*. ISBN 978-3-89971-426-5.

# **Produktivität und Futterqualität von naturnahem Grünland unterschiedlicher funktioneller Diversität unter verschiedener Bewirtschaftungsintensität**

Tatiana From, Ute Petersen\*, Johannes Isselstein

Georg-August Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften,  
Institut für Graslandwissenschaften, \*E-mail: upeters@gwdg.de

## **Einleitung und Problemstellung**

Über den Zusammenhang zwischen Diversität und Ökosystemfunktion wird am Beispiel des Graslandes seit etwa 15 Jahren intensiv geforscht (Hooper et al. 2005). In einer Reihe von größeren Experimenten (Jena-Experiment, BIODDEPTH) wurde ein positiver Zusammenhang festgestellt; insbesondere die Produktivität der Grasnarben erwies sich als abhängig von der Pflanzenartenvielfalt. Bei diesen Experimenten handelte es sich aber um künstlich etabliertes und kontinuierlich gejätetes Grünland. Es wurde von mehreren Autoren darauf hingewiesen (u.a. Flombaum & Sala 2008), dass Experimente auf Dauergrünlandflächen benötigt werden, da diese anders als angesäte und nicht landwirtschaftlich bewirtschaftete Flächen reagieren können. Beim Grassland Management Experiment (GrassMan) wurde die Artenvielfalt eines Dauergrünlands mittels Herbizide gegen a) dikotyle und b) monokotyle Pflanzen variiert. Zusätzlich werden die entstandenen Grasnarben nach landwirtschaftlichen Gesichtspunkten mit unterschiedlichen Intensitätsstufen bewirtschaftet. Wichtige Ökosystemfunktionen des Grünlands (u.a. Ertrag/Qualität, Wasserkreislauf, Stickstoffkreislauf) wurden mit der Biodiversität (Artenvielfalt, funktionelle Diversität) in Beziehung gesetzt. Hier werden nun die landwirtschaftlichen Aspekte der Futterproduktion und der –qualität näher beleuchtet.

## **Material und Methoden**

Die Untersuchungsfläche, ein mäßig artenreiches Lolio-Cynosuretum, befindet sich in der Nähe von Neuhaus im Solling (51°44' N, 9°32' E) auf 490 m üNN. Die Jahrestemperatur beträgt 6.9 °C, der jährliche Niederschlag ist 1031 mm (1961-1990, Deutscher Wetterdienst (DWD)). Die zwölf verschiedenen Behandlungsvarianten ergeben sich aus den Kombinationen der drei Hauptfaktoren Grasnarbentyp, Schnitthäufigkeit und Düngungsintensität (Tab. 1). Sie sind sechs Mal repliziert, so dass es 72 15x15 m große Parzellen auf

der Untersuchungsfläche gibt, die in einem Lateinischen Quadrat (6 Reihen à 12 Parzellen und 6 Blöcke) angeordnet sind.

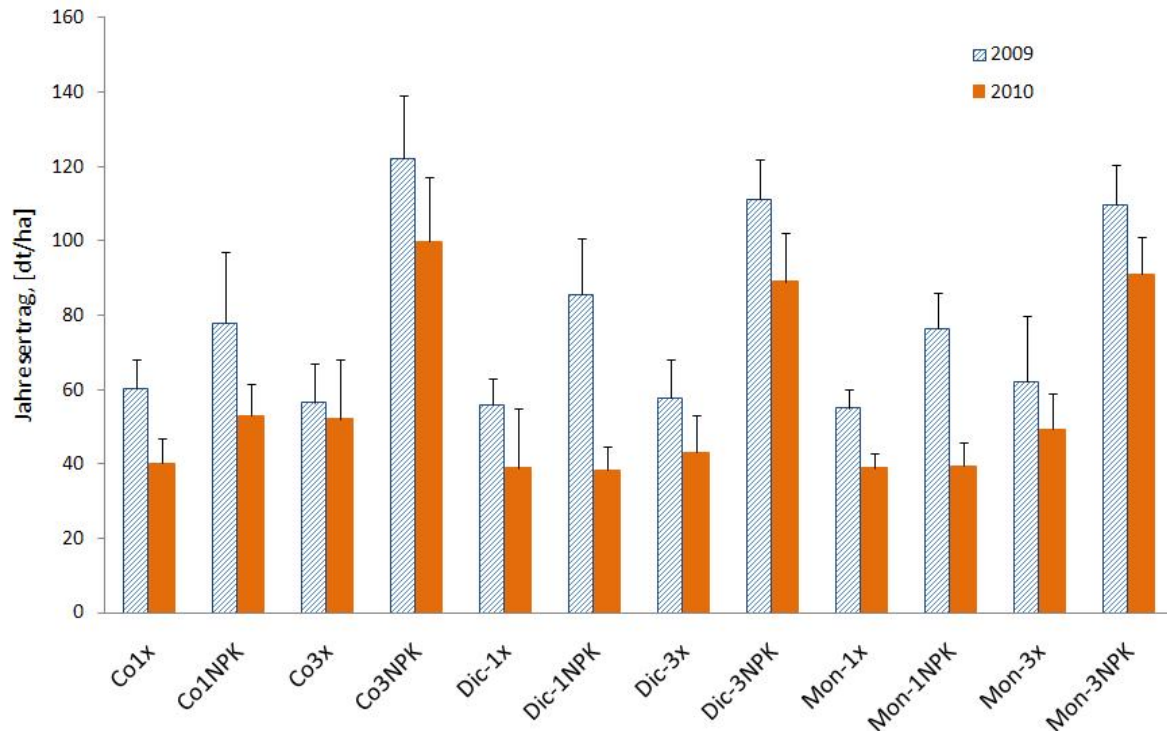
**Tab. 1:** Faktoren und deren Abkürzungen im GrassMan Experiment. Namen einzelner Behandlungsvarianten ergeben sich aus einer Kombination der Stufenkürzel in der Reihenfolge Grasnarbe-Schnitthäufigkeit-Düngung, z.B. Dic-1NPK.

Faktor	Stufe
Grasnarbentyp	Kontrolle ( <b>Co</b> ) Dikotyl reduziert ( <b>Dic-</b> ) Monokotyl reduziert ( <b>Mon-</b> )
Schnitthäufigkeit	1 Schnitt/Jahr ( <b>1</b> ) – Mitte Juli 3 Schnitte/Jahr ( <b>3</b> ) – Mitte Mai, Mitte Juli, Ende September
Düngungsintensität	keine Nährstoffe ( <b>x</b> ) 180-30-100 kg/ha/Jahr von N-P-K ( <b>NPK</b> )

Der Ertrag der Fläche wurde nach Entnahme und Trocknung (48h, 60°C) von 20% der frisch abgemähten Biomasse (Schnitthöhe 7 cm, Haldrup® Grünfütterernter) ermittelt. Die Futterqualität des Bestandes wurde mittels Nahrotinfrarotspektroskopie (NIRS) der getrockneten und vermahlenden Mischproben für jede Parzelle bestimmt. Mischproben zur Bestimmung der Anteile der funktionellen Gruppen (Gras, Kraut, Leguminosen, kurz: G,K,L) wurden zusätzlich zur Schätzung der Ertragsanteile aller Arten nach Klapp/Stählin (im Mai und August jedes Jahres) zu jedem Schnitttermin genommen. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mittels Varianzanalyse (ANOVA) und linearer Kontraste in linearen Modellen mit Block und Reihe als räumlichen Faktoren und Grasnarbentyp (bzw. Anteile funktioneller Gruppen), Düngung und Schnitthäufigkeit als Hauptfaktoren mit dem Programm R (Version 2.12.2, R-project.org). wiesen die Daten keine Normalverteilung oder Varianzhomogenität auf, so wurde transformiert oder eine Varianz Anpassung nach Zuor (2009) durchgeführt, wie bei den Ergebnissen angegeben.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Erträge unterschieden sich auf Grund der verschiedenen Witterungsverhältnisse (2010: kältester Mai seit 10 Jahren und extreme Sommerhitze, DWD) deutlich zwischen den Jahren 2009 und 2010, zudem wirkten sich die einzelnen Bewirtschaftungsfaktoren unterschiedlich aus (Interaktion Jahr:Düngung  $P=0,007$  und Jahr:Schnitt,  $P=0,00058$ ) (Abb. 1).



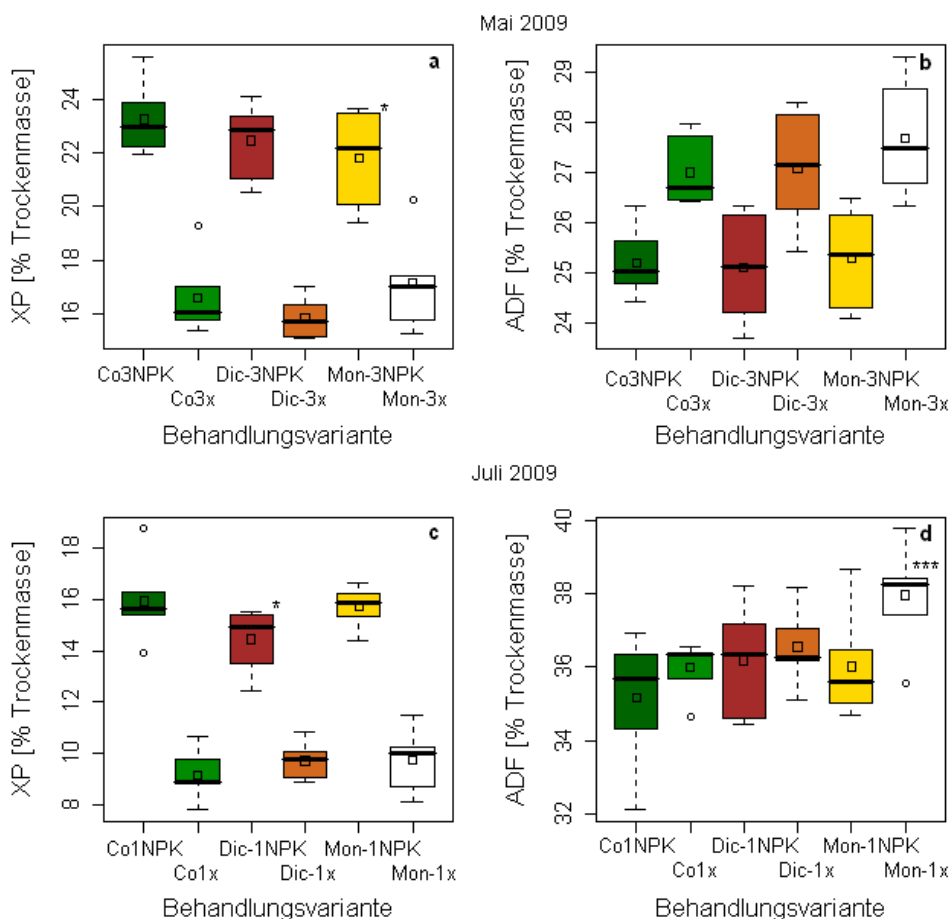
**Abb. 1:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Jahreserträge der einzelnen Behandlungsvarianten 2009 und 2010

Zwischen den Erträgen der einzelnen Grasnarbentypen gab es im Jahr 2009 keine signifikanten Unterschiede, obwohl sie sich durch verschiedene Artenzahlen (im Mittel 13-19 Arten/m<sup>2</sup>) und unterschiedliche funktionelle Diversität auszeichneten (von G: 93%, F: 7% L: 0% in den Dic- Parzellen zu G: 40%, F: 53%, L: 9% in den Mon- Parzellen im Mai 2009). Im Jahr 2010 hatten allerdings die Dic- Grasnarben und die Mon- Grasnarben im Mittel über alle Behandlungen einen signifikant (Dic-:  $P=0,0025$  und Mon-:  $P=0,0222$ ) niedrigeren Ertrag (etwa 6-9 dt/ha) als die Kontrollgrasnarben. In beiden Jahren waren Düngung und Schnitthäufigkeit für die größte Varianz der Erträge verantwortlich (Tab. 2). Die räumliche Varianz der Untersuchungsfläche hatte einen größeren Einfluss als die verschiedenen Grasnarbentypen, vor allem im Jahr 2010. Die schlechte Verwertung des aufgebracht Düngers (keine nennenswerten Niederschläge nach Ausbringung), lies in diesem Jahr die räumlichen Bodengradienten stärker hervortreten.



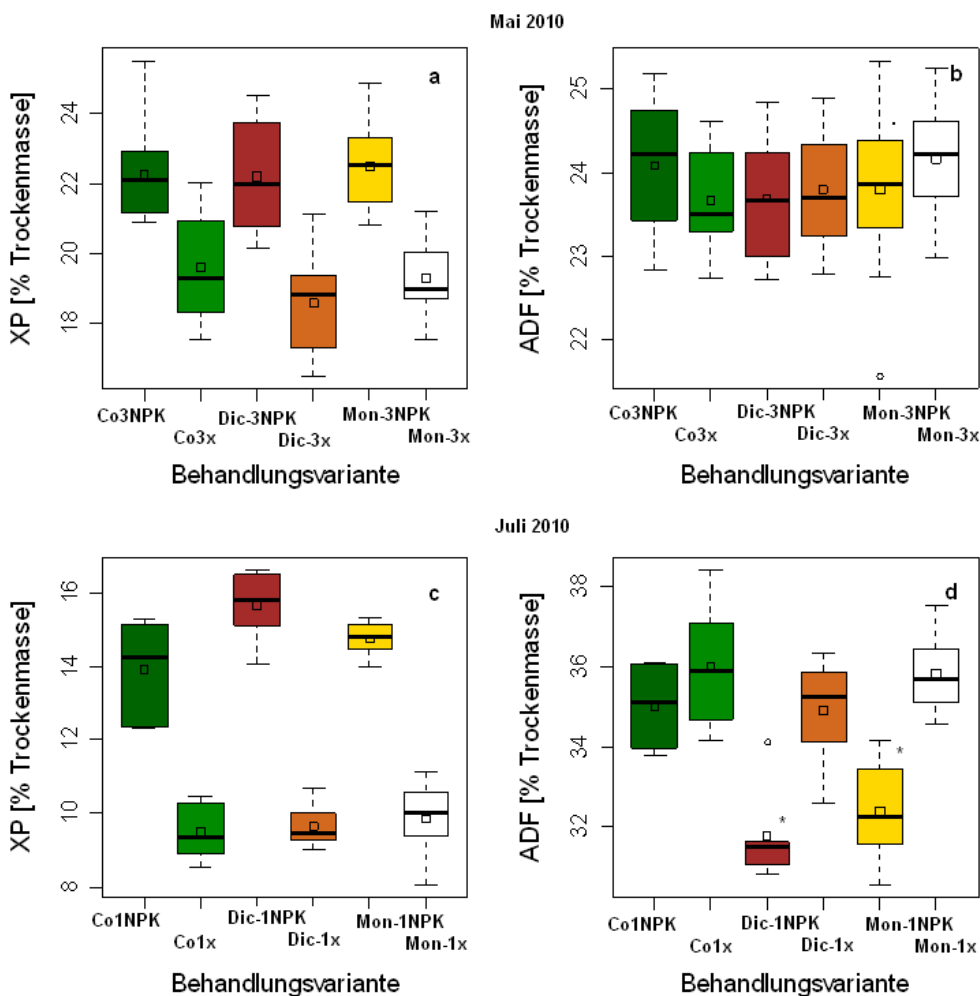
**Tab. 2:** Einfluss der experimentellen Faktoren auf die Variabilität der Jahreserträge 2009 und 2010 in den einzelnen Behandlungsvarianten. ANOVA mit Block und Reihe als räumlichen Faktoren. Antwortvariable Ertrag nicht transformiert (2010) bzw. Wurzel transformiert (2009). Sternchen stehen für signifikante Einflüsse der Faktoren auf den Ertrag (\*\* P< 0,01, \*\*\* P< 0,001)

Faktoren	% Varianz erklärt 2009	% Varianz erklärt 2010
Block	1,67	3,96 **
Reihe	2,73	5,0 **
Grasnarbe	0,19	2,34 **
Düngung	58,5 ***	34,92 ***
Nutzung	10,4 ***	24,71 ***
Düngung:Nutzung	68,62 ***	16,96 ***
Residuen	8,62	12,11



**Abb. 2:** Futterqualitätsparameter 2009 Mai (a, b) und Juli (c, d) der ersten Aufwüchse in Abhängigkeit von Düngung und Grasnarbentyp, n=6. Sternchen geben signifikante Unterschiede zur Kontrollgrasnarbe Co der jeweiligen Düngungsstufe an. \*P<0.05, \*\*\*P<0.001. Lineare Kontraste, Antwortvariable untransformiert, bei ADF Juli Varianzanalyse pro Düngungsstufe durchgeführt.

Die Futterqualität wurde in den ersten Aufwüchsen beider Jahre neben Düngung und Schnittzeitpunkt (mehr Rohprotein (XP) durch Düngung und höhere Rohfasergehalte bei späterem Schnitt, Daten nicht gezeigt) auch signifikant von der Grasnarbe beeinflusst (Abb. 2 + 3). Die Gehalte von Säure löslichen Fasern (ADF) unterschieden sich jedoch nur im älteren (Juli) Aufwuchs von denen der Kontrollgrasnarbe. Im Jahr 2009 nahm das Rohprotein, zumindest in den ungedüngten Parzellen, mit zunehmendem Grasanteil leicht ab ( $P=0,0182$ ), während Kräuterreichtum dort den Rohproteingehalt förderte ( $P=0,0224$ ). Im Juli-Aufwuchs war dieser Zusammenhang jedoch nicht mehr nachweisbar (Daten nicht gezeigt). Ebenso bestand kein Zusammenhang zwischen ADF-Gehalten und Kraut- oder Grasanteilen in der Grasnarbe, da dieser vor allem von den Witterungsverhältnissen und dem Reifezustand der Vegetation bestimmt wird (Van Soest et al. 1978).



**Abb. 3:** Futterqualitätsparameter 2010 Mai (a, b) und Juli (c, d) der ersten Aufwüchse in Abhängigkeit von der Behandlungsvariante,  $n=6$ . Sternchen/Punkte geben signifikante Unterschiede zur Kontrollgrasnarbe (Co) der jeweiligen Düngungsstufe an. \* $P < 0.1$ , \* $P < 0.05$ . Lineare Kontraste, Antwortvariable untransformiert.

## Schlussfolgerungen

Die Jahreserträge wurden kaum durch die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe beeinflusst. Für die Futterqualität spielte vor allem der Krautanteil eine wichtige Rolle. Allerdings sollten besondere Witterungseinflüsse wie im Frühjahr/Sommer 2010 nicht unberücksichtigt bleiben, sondern in die Auswertung mit einbezogen werden.

## Literatur

- HOOPER, D., CHAPIN, F., HECTOR, A., EWEL, J., INCHAUSTI, P., LAVOREL, S., LAWTON, J., LODGE, D., LOREAU, M., NAEEM, S., SCHMID, B., SETALA, H., SYMSTAD A., VANDERMEER J., WARDLE, A. (2005): Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), 3–35.
- FLOMBAUM, P., SALA, O. (2008): Higher effect of plant species diversity on productivity in natural than artificial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. PNAS 105 (16), 6087-6090.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2010): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- VAN SOEST, P. J., MERTENS D. R, DEINUM, B. (1978): Preharvest Factors Influencing Quality of Conserved Forage. *J ANIM SCI* 47, 712-720.
- ZUUR, A.F., IENO, E.N., WALKER, N., SAVELIEV, A.A., & SMITH, G.M. (2009): Mixed effects models and extensions in ecology in R. New York: Springer.

# **Eindämmung der Sporenpflanze Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre*) auf wechselfeuchtem Wirtschaftsgrünland**

Dipl. Ing.-agrar G. Lange (A) u. C. Weil (B.Sc. agrar)

A: Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Johannssenstraße 10, 30159 Hannover;  
[Gerd.Lange@lwk-niedersachsen.de](mailto:Gerd.Lange@lwk-niedersachsen.de) / [Christiane.weil@posteo.de](mailto:Christiane.weil@posteo.de)

## **Einleitung und Problemstellung**

Langjährig vernässte und extensiv bewirtschaftete Feuchtgrünlandflächen werden zunehmend durch unerwünschte Giftpflanzen wie dem giftigen Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustris*), auch Duwock genannt, besiedelt. Nach (BRIEMLE, 2000) kann man den Sumpfschachtelhalm hinsichtlich seiner bleibenden Giftwirkung im Heu als am gefährlichsten neben der Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*) bezeichnen. Nach (RAUSCHERT, 1961) ist das Rindvieh vor allem gegenüber dem Hauptalkaloid Palustrin empfindlich. Zur Bekämpfung und Eindämmung finden sich widersprüchliche Aussagen in der Literatur, ebenso zu den Auswirkungen auf das Weidevieh bei Beweidung (VON KRIES, 1962; KÖHLER, 1971). Zur langfristigen Sicherung einer wirtschaftlichen Nutzung wertvoller Feuchtgrünlandhabitate sollen in einem interdisziplinären Projekt Möglichkeiten der Eindämmung von Sumpfschachtelhalm durch Bewirtschaftungs- und technische Pflegemaßnahmen entwickelt und dargestellt werden. Dazu wurden auch Untersuchungen auf Praxisflächen mit wesentlichen Anteilen *Equisetum palustre* im extensiven Dauergrünland durchgeführt. Das Projekt wird durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

## **Material und Methoden**

Es wurden unterschiedliche, flächenbezogene Versuche zur Eindämmung des Sumpfschachtelhalms im Bestand durchgeführt:

- a) Horizontalunterschneidung der Vertikaltriebe, 30-40 cm unter Geländeoberfläche (GOF).
- b) Beweidung mit Rindern bei unterschiedlicher Besatzdichte (intensiv vs. extensiv).

Die Untersuchungsflächen unterliegen Naturschutzauflagen und befinden sich in der Elbmarsch bei Stade (Landkreis STD) und auf Niedermoor in der Diepholzer Moorniederung (Landkreise DH). Zu Versuchsbeginn 2009 wurden jeweils 6 Dauerquadrate von je 1 m<sup>2</sup> in jeder Variante (Parzelle) eingerichtet und mit einem Erdmagneten markiert, so dass diese Dauerquadrate jederzeit punktgenau geortet werden können. Zur Kontrolle des

Behandlungserfolges wurden am Tage der Versuchseinrichtung sowie in regelmäßigen Abständen während der Vegetationsperiode Bonituren und Zählungen der Triebdichten von Sumpfschachtelhalm in diesen Dauerquadraten durchgeführt. Aufwuchsproben wurden nach Durchführung aller wichtigen Bonituren auf denselben Dauerquadraten mit einer Rasenkantenschere geerntet und bei 60 °C schonend getrocknet. Die Trockenmasse- und Ertragsermittlung sowie die Analyse des getrockneten Materials auf seine Inhaltsstoffe erfolgte durch die Arbeitsgemeinschaft Futtersaaten, Futterbau und Futterkonservierung (AG Fuko). Die mit dem NIRS-Verfahren untersuchten Proben wurden zum Julius-Kühn-Institut in Quedlinburg weitergeleitet, wo die spezifischen Alkaloidgehalte (Palustrin) mittels Massenspektrometrie (LI-MS) untersucht wurden. Die Isolierung des Palustrin und die Entwicklung der Analyseverfahren waren in einem vorbereitenden Projektteil, gefördert durch die Niedersächsische Naturschutzstiftung, erarbeitet worden.

**Tab. 1:** Übersicht der untersuchten Maßnahmen an verschiedenen Orten

Maßnahme	Termine 2009	Termine 2010	Orte (Landkreis), Bodentyp	Duwocktriebe / m <sup>2</sup> Versuchsbeginn 2009	
				MIN	MAX
Unterschneidung	21. April	13. April	Asseler Sand (STD)	14 bis 27	77 bis 101
30 cm < GOF bei nachfolgender Schnitt- bzw. Weidenutzung	30. April	04. Mai	<u>Flußkalkmarsch</u> Boller Moor (DH) <u>flachgründiges</u> <u>Niedermoor</u>	31 bis 194	150 bis 389
Rinderweide <sup>1)</sup> differenzierter Besatz	26. Mai (Auftrieb)	8. Juni (Auftrieb)	Ochsenmoor (DH) <u>Tiefpflug-Sanddeck-</u> <u>kultur, ehemals</u> <u>Niedermoor</u>	7 bis 24	37 bis 73
	155 bis 300 Weidetage <sup>2)</sup>	176 – 384 Weidetage <sup>2)</sup>			

<sup>1)</sup> 2010 wurden je 50 % der Weideparzellen mit dem Unterschneidegerät vor Weideauftrieb behandelt.

<sup>2)</sup> Weidetage jeweils bezogen auf ein Hektar Weidefläche: 500 kg Lebendmasse = 1 GV x Anzahl Weidetage.

## Ergebnisse und Diskussion

Am Marschstandort zeigte sich eine sehr schnelle und hohe Wirksamkeit des Unterschneideverfahrens gegen den Sumpfschachtelhalm. Nach längerer Trockenheit im April 2009 vertrockneten 100 % der Schachtelhalmtriebe binnen vier Tagen nach Unterschneidung (Parzellen A, C). Im Erntegut vom 10. Juni 2009 waren keine Anteile des Schachtelhalmes enthalten. Auf dem Niedermoorstandort zeigte das Verfahren Unterschneidung zunächst nur geringe Wirkung. Die verzögert einsetzende Wirkung zeigte sich darin, dass nur wenige Duwocktriebe direkt nach Unterschneidung eintrockneten. Ein

Farbumschlag vom frischen Grün zu etwas braun-gräulichem Grün sowie allgemeine Stagnation des Wachstums waren aber wohl wenige Tage nach Unterschneidung allgemein zu beobachten. Bis zur Ernte am 3. Juni 2009 (Wdh. G1, G2, G3) waren noch Anteile des Sumpfschachtelhalm im unterschneidenden Aufwuchs enthalten. Die am 3. Juni beernteten Parzellen zeigten aber 6 Wochen nach Unterschneidung deutliche Differenzierungen im Duwockanteil. Am 27. Juli erfolgte ein weiterer Ertragsschnitt der verbliebenen Wiederholungen (F1-3 ohne Behandlung; G4-6 mit Unterschneidung). Nun war kaum noch Sumpfschachtelhalm im Aufwuchs der behandelten Parzelle zu finden (vgl. Tabelle 2).

**Tab. 2:** Erntedaten der Aufwüchse in Unterschneidungsvarianten 2009

Unterschneidung		Erntedaten und Alkaloidgehalte (Palustrin)			
Varianten	dt TM / ha	dt TM Duwock	Anteil % Duwock	Palustrin mg/kg TM	
<b>Asseler Sand</b>	am 10. Juni 2009	je Hektar	im Bestand	Duwock	Bestand
A1	29,16	-	-	-	-
A2	19,27	-	-	-	-
A3	25,48	-	-	-	-
A4	28,08	-	-	-	-
A5	46,94	-	-	-	-
A6	32,31	-	-	-	-
B1	46,39	5,0	10,8	<b>98,0</b>	<b>10,6</b>
B2	51,84	2,1	4,0	<b>37,5</b>	<b>1,5</b>
B3	49,17	6,6	13,3	<b>88,7</b>	<b>11,8</b>
B4	46,46	3,1	6,7	<b>32,8</b>	<b>2,2</b>
B5	50,08	8,4	16,8	<b>55,2</b>	<b>9,3</b>
B6	54,68	4,9	8,9	<b>44,4</b>	<b>4,0</b>
C1	31,72	-	-	-	-
C2	32,67	-	-	-	-
C3	36,45	-	-	-	-
C4	37,82	-	-	-	-
C5	31,59	-	-	-	-
C6	40,15	-	-	-	-
<b>Boller Moor</b>	dt TM / ha	dt TM Duwock	Anteil % Duwock	Palustrin mg/kg	
	am 3. Juni 2009	je Hektar	im Bestand	Duwock	Bestand
F4	40,45	16,0	39,5	<b>120,6</b>	<b>47,6</b>
F5	45,93	32,7	71,1	<b>198,6</b>	<b>141,3</b>
F6	38,29	20,8	54,2	<b>200,2</b>	<b>108,5</b>
G1	25,65	6,8	26,4	<b>82,3</b>	<b>21,7</b>
G2	25,23	5,9	23,4	<b>91,5</b>	<b>21,4</b>
G3	27,90	10,6	37,9	<b>123,6</b>	<b>46,8</b>
<b>Boller Moor</b>	dt TM / ha	dt TM Duwock	Anteil % Duwock	Palustrin mg/kg	
	am 26. Juli 2009	je Hektar	im Bestand	Duwock	Bestand
F1	53,68	7,8	14,5	<b>264,1</b>	<b>38,2</b>
F2	43,79	6,1	13,9	<b>264,1</b>	<b>36,7</b>
F3	47,04	4,5	9,5	<b>264,1</b>	<b>25,2</b>
G4	30,38	0,0	0,1	<b>200,6</b>	<b>0,2</b>
G5	30,51	0,3	1,0	<b>200,6</b>	<b>1,9</b>
G6	29,44	0,4	1,4	<b>200,6</b>	<b>2,9</b>

Unterschneidungsvarianten sind A, C und G

Durch das Unterschneideverfahren wird der Oberboden komplett durchschnitten, so dass die Kapillarität des Grünlandbodens unterbrochen wird. Im Frühjahr und Frühsommer 2009 hat sich das Verfahren eindeutig negativ auf die Ertragsentwicklung ausgewirkt. In den unbehandelten Parzellen wurde im ersten Aufwuchs ein Ertragsniveau von etwa 50 dt Trockenmasse (Asseler Sand) gegenüber den Niveaus von 20-30 dt TM (Variante A) und 30-40 dt TM (Variante C) in den unterschrittenen Parzellen. Die im Aufwuchs festgestellten Duwock Trockenmasseanteile lagen bei nur 6,7 bis 16,8 % entsprechend 3,1 bis 8,4 kg TM je ha.

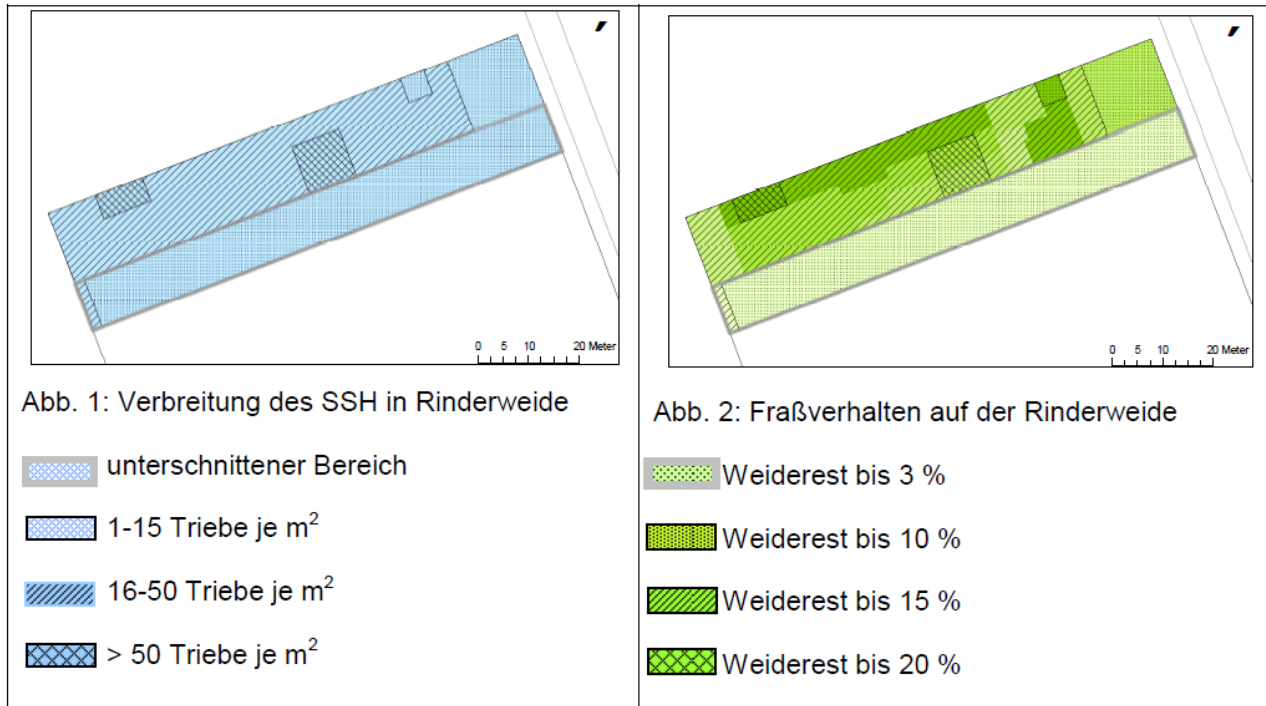
Die Ertragsschnitte am 3. Juni und 26. Juli 2009 auf dem Niedermoor bestätigten den negativen Ertragstrend nach Unterschneidung. Hier waren die Duwockanteile im Bestand mit 39 bis 54 % am 3. Juni deutlich größer als die Ertragsdepression in den unterschrittenen Parzellen, sie müssen aber um die im nicht unterschrittenen Bereich noch anstehenden Duwocktriebe (26 – 37 %) korrigiert werden. Auch im Ertrag vom 26. Juli sind deutliche Ertragsdefizite in den behandelten Parzellen identifizierbar, jedoch ist der Duwockanteil nahezu verschwunden.

Die Palustringehalte im geernteten Sumpfschachtelhalmanteil variieren auf dem Asseler Sand zwischen 32,8 bis 98 mg je kg Trockenmasse, in der Diepholzer Moorniederung zwischen 82,3 bis 264,1 mg / kg TM. Der im unterschrittenen Bereich geerntete Duwock weist dabei wesentlich geringere Palustringehalte auf als der nicht unterschrittene: 82,3 bis 123 mg je kg TM gegenüber 120 bis 200 mg je kg TM am 3. Juni bzw. 200 gegenüber 264 mg je kg TM in den am 26. Juli geernteten Duwock-Einzelpflanzen. Die 2009 erzielten Ergebnisse wurden im Projektjahr 2010 allgemein bestätigt und werden nicht gesondert dargestellt

In Verbindung mit der Beweidung durch Rinder, war das Verfahren Unterschneidung 2010 besonders erfolgreich. In der Intensiv-Weideparzelle war der Rückgang der Triebe stärker als in den extensiver beweideten Varianten, aber auch hier waren 50 % zuvor unterschritten worden, so dass sich ein differenziertes Bild innerhalb der Parzellen ergab (Abb. 1). In den unterschrittenen Teilbereichen der Weideparzelle zeigte sich zudem eine deutlich verbesserte Weideakzeptanz im Vergleich zu dem nicht unterschrittenen Bereich (vgl. Abb. 1-2).

Die Wirkung der kombinierten Anwendung von Rinderweide und Unterschneidung hinsichtlich einer Verringerung des Schachtelhalmbesatzes war deutlich nachhaltiger als die isolierte Anwendung der beiden Verfahren.

## Vegetationskartierung nach partieller Unterschneidung der Weideflächen im April 2011



### Schlussfolgerungen

Das Unterschneideverfahren ist geeignet den Sumpfschachtelhalm vorübergehend wirksam zu verdrängen. Die Kombination des Unterschneide-Verfahrens mit intensiver Weidenutzung ist besonders effektiv, da durch die erhöhte Futteraufnahme einerseits die tierischen Leistungen verbessert werden und andererseits der Wiederaustrieb des Schachtelhalmes stark verzögert wird.

Die Kombination der Maßnahme wird seit 2011 im Rahmen eines Monitorings auf Praxisflächen überprüft. Die ersten Erfahrungsberichte von Landwirten sind sehr positiv.

### Literatur

- BRIEMLE, G. (2000): Giftpflanzen des Grünlandes. Wirkung auf Nutztier und Mensch, sowie Bekämpfungsmaßnahmen. – Allgäuer Bauernblatt Kempten Nr. 17 (2000): 28-31.
- Köhler, Dr. Ingomar (1971): Verbreitung, Biologie und Bekämpfung des Sumpfschachtelhalmes, Institut für Pflanzenschutz der Universität Hohenheim, Paul Parey in Berlin und Hamburg, 1971.
- RAUSCHERT, S. (1961): Wiesen- und Weidepflanzen. Erkennung, Standort und Gesellschaftung, Bewertung und Bekämpfung. – Neumann-Verlag Radebeul; 406 S.
- von Kries, A. (1962): Der Sumpfschachtelhalm, Eine Monographie zur Nutzenanwendung in der Landwirtschaft, genehmigte Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Landwirtschaftswissenschaft, TU Berlin, 1962.



# **Einfluss des Konservierungsverfahrens auf den Palustringehalt im Grundfutter von Grünland mit hohem Anteil Sumpfschachtelham (*Equisetum palustre*)**

G. Lange

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Johannssenstraße 10, 30159 Hannover;  
[Gerd.Lange@lwk-niedersachsen.de](mailto:Gerd.Lange@lwk-niedersachsen.de)

## **Einleitung und Problemstellung**

Nach (BRIEMLE, 2000) kann man den Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre*) hinsichtlich seiner bleibenden Giftwirkung im Heu als eines der gefährlichsten Unkräuter im Grünland bezeichnen. Verschiedene Autoren (Chwastek, 1966; Galensa, 1959 – zit. n. von Kries, 1962) berichten über Leistungseinbußen um 20 % Milchleistung bei Verfütterung von Heu mit weniger als 1 % Gewichtsanteil des Sumpfschachtelhalms, auch Duwock genannt. Besonders im konservierten Grundfutter (Heu oder Silage) besteht die Gefahr einer Palustrin- Vergiftung, da ein Abbau der im Sumpfschachtelhalm vorhandenen Alkaloide nicht erfolgt. In einzelnen Betrieben sind nach Berichten der vor Ort tätigen Naturschutzfachleute bereits eine Reihe von Jungtieren nach Heuvorlage aus den betroffenen Flächen verendet. Bemühungen einer Entgiftung des erworbenen Grundfutters durch Kaltsilierung waren nach älteren Literaturquellen (Lohmann, Heine u.a. zit. n. von Kries, 1962) zwar erfolglos, sollten in dieser Untersuchung aber durch Zugabe modernerer Silierzusätze verschiedener Wirkrichtung nochmals untersucht werden. Der Einfluss der Grundfutterwerbung durch Einsatz verschiedener Verfahren (Heu/Silage) und unterschiedlicher Zusätze auf den Palustringehalt des Grundfutters wurde in Versuchsordnung (3 Wiederholungen) geprüft. Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines Projekts durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

## **Material und Methoden**

Der zweite Aufwuchs einer stark mit Duwock durchsetzten Fläche wurde am 14. August 2009 bei optimaler Silierreife (ca. 21 % Rohfaser) gemäht und nach eintägiger Feldliegezeit im Versuchslabor der Landwirtschaftskammer Niedersachsen einsiliert. 30 kg des Materials wurden zunächst kurz gehäckselt, dann homogenisiert und in 4 Varianten (V. 2 – V. 5) mit verschiedenen wirkenden Silierhilfsmittel und Zusatzstoffen besprüht. In dreifacher

Wiederholung wurden die Einzelvarianten jeweils in 1,5 Liter fassende Gläser gepresst und luftdicht verschlossen. Neben den Siliervarianten mit Zusatz wurde eine Kontrollvariante einsiliert, so dass insgesamt 15 Gläser befüllt wurden. Der Silierprozess wurde auf 90 Tage festgelegt. Die am 18. November entnommenen Proben wurden wiederholungsscharf bei der LUFA-Nord-West in Oldenburg auf wertgebende Inhaltsstoffe und Gär säuregehalte untersucht. Anschließend wurden die gemahlene Proben zwecks Palustrinanalytik zum Julius Kühn Institut in Quedlinburg weitergeleitet. Zur Hauptfrage der Wirkung des Silierprozesses auf den Palustringehalt wurden je drei Proben jeder Variante in zweifacher Wiederholung auf ihren Palustringehalt hin analysiert (JKI).

Zusätzlich zu den Silageproben wurde auf der betreffenden Fläche eine Heunutzung des gleichen Materials mit Aufnahme durch die pick-up einer Rundballenpresse durchgeführt. Das Material des Rundballens wurde 10 Wochen nach Ernte ebenfalls in dreifacher Wiederholung entnommen und in gleicher Weise untersucht wie oben beschrieben.

**Tabelle 1:** Versuchsvarianten im Silierversuch mit Sumpfschachtelhalm

Varianten	Bezeichnung / Zusatz	Wirkungsweise
1	Kontrolle	Unbehandelt
2	Kofasil lac	Homofermentativ (Milchsäurebakterien)
3	Kofasil liquid	Neutralsalz
4	Kofa Grain	Konservierende Säure
5	Kofasil lac + Na-Benzooat	Homofermentative MSB + Neutralsalz
6	Heunutzung ohne Zusatz	5 Tage Feldtrocknung, 4 x Wenden, Rundballenpresse, Pick-up

\* Beimpfungsmenge: Nach Herstellerangabe je Produkt

## Ergebnisse und Diskussion

Im Konservierungsversuch wurden sehr hochwertige Silagequalitäten mit futterbaulich wertvoller Zusammensetzung der Inhaltsstoffe erzielt. Frischgras sowie das Ausgangsmaterial wurden durch die AG FUKO (Hannover) untersucht. Mit Trockenmasseanteilen von rund 37 % im Siliergut und bei 20 % Rohfaser sowie 19 % Roheiweiß mit 9 % Gesamtzucker lagen gute Konservierungsbedingungen für eine qualitätsorientierte Einsilierung vor.

Die Gärsäuremuster (Tabelle 2) zeigten durchweg sehr gute Silagequalitäten (100 = maximale Punktzahl) an. Die grundsätzlich unerwünschte Buttersäure war praktisch nicht vorhanden. Die anaerobe Milchsäurevergärung dominierte in allen Silagen und ermöglichte hohe Konservierungsqualitäten bei sehr guter Schmackhaftigkeit. Durch den direkten Einsatz von Milchsäurebakterien konnte dieser Effekt in der entsprechenden Variante sogar noch gesteigert werden. Durch den Einsatz von Säuren und Salzen wurde die Milchsäurevergärung eher gehemmt und durch vermehrte Essigsäurebildung ersetzt. Der Essigsäureanteil lag in allen Silagen deutlich unter 1 % und beeinflusste die Konservierungsqualität in keiner Variante negativ.

**Tabelle 2:** Inhaltsstoffe und Gärsäuremuster von Silagen mit hohem Anteil frischem Sumpfschachtelhalm (2. Aufwuchs 2009) mit und ohne Siliermittelzusatz.

<b>Variante</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Inhaltsstoffe</b>	Zielwerte (LUFA)	Kontrolle	Milchsäurebakterien	Neutralsalz	Säure	Milchsäureb. + Neutralsalz
TS %	30 – 40 %	37,23	37,20	37,20	36,47	38,23
Rohfaser %	22 – 25 %	20,53	19,73	20,03	20,57	20,17
Rohprotein %	≤ 17 %	18,93	18,60	19,33	18,73	18,73
Rohasche %	≤ 10 %	8,27	9,33	8,70	8,43	9,23
Zucker %	2 – 10 %	4,47	6,17	6,37	4,13	6,10
NDF org. %	< 45 %	39,93	39,00	39,53	39,57	39,93
ADF org. %	< 27 %	27,13	26,60	27,03	27,27	26,80
Gas ml / kg	> 50 ml / 200 g	47,47	48,97	47,37	47,60	48,83
<b>MJ NEL je kg TM</b>	<b>&gt; 6,0</b>	<b>6,40</b>	<b>6,47</b>	<b>6,40</b>	<b>6,40</b>	<b>6,47</b>
<b>Gärsäuremuster</b>	Zielwerte (LUFA)	ohne Kontrolle	Silierzusatz Milchsäure	Silierzusatz Neutralsalz	Zusatz Säure	Milchsäure + Neutralsalz
Essigsäure %	< 3,0 %	0,52	0,21	0,46	0,44	0,15
Buttersäure %	< 3,0 %	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Milchsäure %	> 5,0 %	2,62	3,23	2,22	2,51	3,14
pH-Wert	4 bis 5	4,07	3,80	4,23	4,07	3,80
<b>DLG-Punkte</b>	<b>90-100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

In Verbindung mit den hohen Energiegehalten liegt hier ein sehr gut geeignetes Grobfutter für die Milchviehfütterung vor.

Zur Hauptfrage der Wirkung des Silierprozesses auf den Palustringehalt wurden jeweils drei Proben jeder Variante in zweifacher Wiederholung auf ihren Palustringehalt analysiert (JKI).

Die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen, dass durch den Silierprozess kein Palustrinabbau stattfand, vielmehr wurde im Ausgangsmaterial vor Einsilierung deutlich weniger des Alkaloids festgestellt als in den fertigen Silagen. Durch die Heunutzung wurde der Palustringehalt in der Futterkonserve deutlich reduziert und lag gegenüber der Frischmasse und dem Ausgangsmaterial sowie auch gegenüber den einsilierten Proben auf dem niedrigsten Niveau (12,6 bis 17,5 mg / kg TM). Ein Effekt der Bodentrocknung mit Bröckelverlusten des Duwock bei der Bearbeitung mit Schwader und Heupresse könnte ursächlich für die geringeren Palustringehalte im Heu sein.

**Tabelle 3:** Palustringehalte in Grobfutterkonserven mit Sumpfschachtelhalm

Varianten	0	1	2	3	4	5	6
Palustrin (ppm) mg / kg TM	Ausgangs -material	Kontrolle	Milchsäure -bakterien	Neutralsalz	Säure	MSB + Neutralsalz	Heu
1. Wiederholung	28,1	47,8	46,0	42,4	49,6	46,3	16,6
2. Wiederholung	35,5	40,9	49,8	42,0	44,2	47,0	17,5
3. Wiederholung	34,6	46,4	55,5	43,3	38,1	51,8	12,6
<b>Mittelwerte</b>	<b>32,7</b>	<b>45,0</b>	<b>50,4</b>	<b>42,6</b>	<b>44,0</b>	<b>48,4</b>	<b>15,6</b>
MIN	28,1	40,9	46,0	42,0	38,1	46,3	12,6
MAX	35,5	47,8	55,5	43,3	49,6	51,8	17,5
Streuung	7,4	6,9	9,5	1,3	11,5	5,5	4,9

### Schlussfolgerungen

Die potenzielle Giftwirkung durch des Palustrin im Sumpfschachtelhalm wird durch den Gärprozess bei der Herstellung von Qualitätssilagen (Kaltvergärung unter Luftabschluss) nicht reduziert. Die milchsäurebetonte Vergärung bewirkt durch Substanzabbau der organischen Bestandteile eine Konzentration des Palustrin um den Faktor 1,5 gegenüber dem Ursprungsmaterial. Für Aufwüchse mit hohem Anteil Sumpfschachtelhalm kann als Konservierungsmethode die Heuwerbung mit langer Feldliegezeit bei häufigem Zetten und Wenden empfohlen werden. Da sich in Untersuchungen der Tierärztlichen Hochschule Hannover (KAMPHUES U. WOLF 2010) eine Verfütterung des Sumpsschachtelhalms über wenige Wochen als unproblematisch herausgestellt hat, wird die temporäre Verfütterung von Duwockaufwüchsen als Heu an Pferde bedingt empfohlen.

## Literatur

- BRIEMLE, G. (2000): Giftpflanzen des Grünlandes. Wirkung auf Nutztier und Mensch, sowie Bekämpfungsmaßnahmen. – Allgäuer Bauernblatt Kempten Nr. 17 (2000): 28-31.
- Kamphues, J. u. Wolf, P. (2010) Identifikation der Gefahrenpotenziale bei Verfütterung an Nutztiere *Tierärztliche Hochschule* in: Zwischenbericht zum DBU-Projekt „Sicherung wirtschaftlicher Nutzung von Feuchtgrünland-standorten unter Berücksichtigung der Sporenpflanze Sumpfschachtelhalm“, *LWK-Hannover, 2010.*
- von Kries, A. (1962):.Der Sumpfschachtelhalm, Eine Monographie zur Nutzenanwendung in der Landwirtschaft, genehmigte Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Landbauwissenschaft, TU Berlin, 1962.

# **Ermittlung der Schnittverträglichkeit von *Juncus effusus* im Gefäßversuch**

J. Müller, M. Kayser und T. Husemann

Dr. agr. J. Müller, Lehrstuhl f. Landschaftsökologie u. Standortkunde, Arbeitsgruppe Grünland u. Futterbau, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock (juergen.mueller3@uni-rostock.de)

Dr. M. Kayser, Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Universität Göttingen, Driverstr. 22, 49377 Vechta

## **Einleitung und Problemstellung**

Naturschutzfachlich interessante Grünlandstandorte werden seit Mitte der 80er Jahre zunehmend als Feuchtgrünland restituiert und zu diesem Zweck wiedervernässt (KAPFER, 1988). Eines der Hauptprobleme für eine extensive landwirtschaftliche Nutzung als Voraussetzung zum Biotoperhalt stellt dabei die Ausbreitung der Flatterbinse (*Juncus effusus* L.) dar (RASRAN & JEROMIN, 2009). Organogene Böden sind von dieser Entwicklung stärker betroffen als mineralische Standorte (MEYER, 1960). Die große Konkurrenzkraft der zur Dominanz neigenden Flatterbinse wirkt der Entwicklung artenreicher Bestände entgegen (ERVIN & WETZEL, 2002) und verhindert eine landwirtschaftlich tragfähige Aufwuchsverwertung.

Da der Einsatz von Herbiziden aus ökologischen und naturschutzrechtlichen Gründen keine Alternative zur Zurückdrängung von *Juncus effusus* darstellt, sind neue Erkenntnisse zur mechanischen Regulierung eminent. Es ist bekannt, dass eine vorhergehende Schnittnutzung den Wirkungsgrad einer chemischen Wuchsstoffbehandlung erhöht (RANA & SELLERS, 2009), was als vitalitätsreduzierender Effekt angesehen werden kann. In der Praxis der Landschaftspflege zeigt sich jedoch die limierte Wirkung einzelner Pflegeschnitte immer wieder. Auch MERCHANT (1995) konnte durch verschieden terminierte, in der Schnitthöhe variierte Pflegeschnitte *Juncus effusus* nicht nachhaltig reduzieren. Vor diesem Hintergrund und in Anbetracht erster positiver Erfahrungen mit einer flachen Unterschneidung der Binse im Feldversuch (BOCKHOLT et al., 2006) wurde ein Gefäßversuch geplant, dessen Ziel es war, die Wirksamkeit der Unterschneidung in Kombination mit verschiedenen Schnittfrequenzen auf der Ebene der Einzelpflanze zu untersuchen.

## Material und Methoden

Der Gefäßversuch wurde als zweifaktorielle Anlage konzipiert (Tab. 1), wobei die Stufen des Prüffaktors ‚Unterschneidungstiefe‘ zusätzlich in eine feuchte und eine trockene Variante unterteilt worden sind.

Insgesamt 48 10l-Pflanzgefäße mit einem Durchmesser von 25 cm sind im April 2010 mit Einzelpflanzen bestückt worden, welche zuvor einem degradierten Niedermoor der Dümmermoorniederung monolithisch entnommen wurden.

**Tab. 1:** Versuchsaufbau des zweifaktoriellen Gefäßversuchs

Prüffaktor	Faktorstufen	
1 – Schnittfrequenz vor Unterschneidung (precut)	1.1 – kein Schnitt	
	1.2 – ein Schnitt	
	1.3 – drei Schnitte	
2 – Unterschneidungstiefe (undercut)	2.1 – 2 cm	Wet
		Dry
	2.2 – 8 cm	Wet
		Dry

Die feuchten Varianten sind nach Aufsättigung bis zur Feldkapazität in einem Ausmaß gewässert worden, der in etwa dem Evapotranspirationsverlust entsprach. Die Kontrolle erfolgte über Probewägungen. Damit wurde der hohe Ausgangsbodenwassergehalt annähernd aufrecht erhalten. Eine Bewässerung der trockenen Variante erfolgte erst, wenn das pflanzenverfügbare Bodenwasser aufgebraucht war.

Als Prüfmerkmal für die Charakterisierung des Vitalitätszustandes der Pflanzen diente die Anzahl vitaler Triebe je Pflanze bzw. die prozentuale Triebreduktion im Verhältnis zur Ausgangssituation 17.05.2010. Im Falle der Schnittvarianten stand zusätzlich die Biomasse des Aufwuchses zur Verfügung. Der Ablauf der Versuchsdurchführung ist in Tab. 2 wieder gegeben.

**Tab. 2:** Schema der Versuchsdurchführung

Datum	Maßnahmen und Prüfmerkmale
17.05.2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zählung</b> aller vitalen Binsentriebe</li> <li>• <b>Erster Schnitt</b> der Drei-Schnitt Variante</li> </ul>
11.06.2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zählung</b> der Triebe der Drei-Schnitt-Variante</li> <li>• <b>Zweiter Schnitt</b> der Drei-Schnitt-Variante</li> </ul>
14.07.2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zählung</b> der Triebe der Ein-Schnitt- und Drei-Schnitt-Variante</li> <li>• <b>Dritter Schnitt</b> der Drei-Schnitt-Variante</li> <li>• <b>Erster Schnitt</b> der Ein-Schnitt-Variante</li> <li>• <b>Unterschneidung</b> aller Versuchspflanzen</li> </ul>
24.08.2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zählung</b> der Triebe aller Versuchspflanzen</li> </ul>
20.05.2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Abschlußzählung</b> der vitalen Triebe nach Überwinterung</li> </ul>

Die varianzanalytische Verrechnung der Prüfmerkmale erfolgte mittels verallgemeinertem linearem Modell unter Berücksichtigung der Effekte der genesteten Feuchtevarianten des Faktors 2. Die Modelleffekte wurden mit dem WALD-Chi-Quadrat-Test auf Signifikanz ( $p < 0,05$ ) geprüft.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Faktor 'Schnittfrequenz vor der Unterschneidung' übte einen hochsignifikanten Einfluss auf die Vitalität der Binsen aus (siehe Tab. 3), während von der variierten Unterschneidungstiefe kein nachweisbarer Effekt auf die Triebreduktion ausging. Letzterer Befund widerspricht den bisherigen Freilandbeobachtungen und gibt daher Anlass zur Vermutung, dass Einflüsse, die im Gefäßversuch weitgehend auszuschließen sind, die Unterschneidungswirkung unter Konkurrenzbedingungen mit beeinflussen.

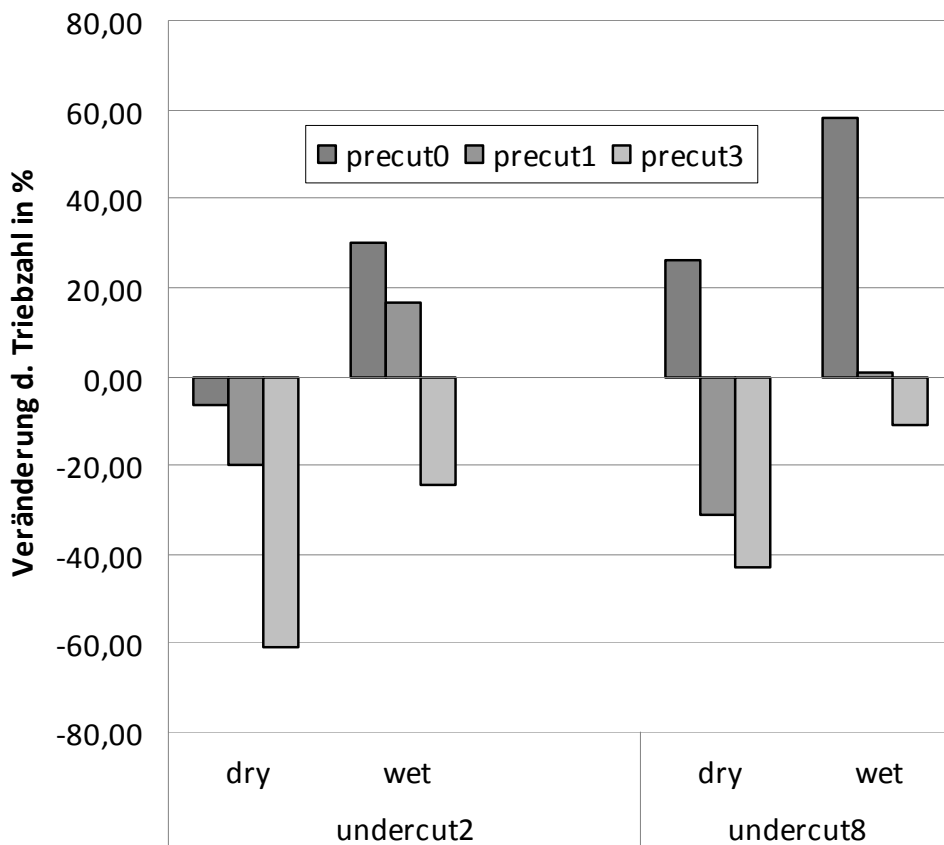
**Tab. 3:** Einflüsse der Prüffaktoren auf die Veränderung der Anzahl vitaler Triebe im Spätsommer des Prüffjahres sowie im Frühjahr des Folgejahres nach Überwinterung (Chi-quadrat-Wahrscheinlichkeiten nach WALD-Statistik)

	precut	undercut	precut*undercut	wetness(undercut)
Triebreduktion 17.05.-24.08.10	< 0,001 ***	0,163 <sup>n.s.</sup>	0,704 <sup>n.s.</sup>	< 0,001 *
Triebreduktion 17.05.-20.05.11	0,001 ***	0,438 <sup>n.s.</sup>	0,425 <sup>n.s.</sup>	0,048 *



Es bestand keine nachweisbare Wechselwirkung zwischen der Schnitffrequenz vor der Unterschneidung und der Unterschneidungstiefe im Hinblick auf die Triebbildung. Dies mag ein Indiz dafür sein, dass sich die physiologische Wirkung der Wurzelabtrennung bzw. der Möglichkeit der Pflanze zur Regeneration nicht vordergründig mit einer Limitierung an Reservekohlenhydraten erklären lässt.

Die Bodenfeuchte als geneteter Faktor hat wiederum einen signifikanten Einfluß auf das Ausmaß der Triebbildung der Flatterbinse und zwar derart, dass trockenere Substrate nach Unterschneidung stärker reduzierten (siehe Abb. 1). Die größte Triebreduktion trat erwartungsgemäß bei 3maliger Vornutzung, flacher Unterschneidung und Wasserlimitierung auf.



**Abb. 1:** Prozentuale Veränderung der Anzahl vitaler Triebe nach der Überwinterung in Abhängigkeit von der Tiefe einer Unterschneidung (undercut), der Bodenfeuchte (dry/wet) und der Anzahl vorangegangener Schnitte (precut)

(Geschätzte Randmittel, Referenz=0=Triebzahl 17.05.2010)

Die signifikant triebreduzierende Wirkung der Bodenfeuchte, wie auch die der Vornutzungsfrequenz, blieb nicht auf die Vegetationsperiode beschränkt sondern hielt bis in die nächste Vegetationsperiode hinein an (Tab. 3). Das spricht für eine gewisse Nachhaltigkeit der geprüften Effekte zur Verminderung der Vitalität und potentiellen Konkurrenzkraft der Flatterbinse. Ob bzw. inwieweit sich eine schnittbedingte Reduktion der Triebzahl von *Juncus effusus* unter Feldbedingungen auch wirklich in einem abnehmenden Deckungsgrad der Art niederschlägt, dürfte von Art, Vitalität und räumlicher Verteilung der Begleitflora abhängig sein und soll in Feldstudien weiter untersucht werden.

### **Schlussfolgerungen**

Die Untersuchung zeigt, dass unter den weitgehend konkurrenzfreien Bedingungen des Gefäßversuches eine Triebreduktion als Maß für eine nachlassende Vitalität und Konkurrenzkraft von *Juncus effusus* am ehesten über eine häufige Nutzung erreicht werden kann. Dies setzt unter den praktischen Bedingungen der Grünlandpflege auf Naturschutzflächen allerdings einen frühen ersten Pflegeschnitt voraus, was jedoch der Mehrzahl der Schutzziele zuwider läuft. Ein einmaliger Pflegeschnitt entfaltet auf dem Feuchtgrünland auch nur dann eine reduzierende Wirkung auf die Flatterbinse, wenn er früh (Nielsen & Hald, 2010) und bei geringer Schnitthöhe (Merchant, 2005) erfolgt. Einzelne Spätsommerschnitte vermögen etablierte Dominanzbestände kaum in ihrer Vitalität zu beeinträchtigen und sind daher auch nur dann anzuraten, wenn es darum geht, nachfolgend den Nachwuchs an jungen *Juncus*-Trieben mit hoher Besatzdichte abweiden zu lassen (Merchant, 2003). Auf geeigneten Moorstandorten kann auch die Binsenunterschneidung eine wirksame Maßnahme zum Aufbrechen der Binsendominanz sein, insbesondere, wenn ihr eine trockene Witterungsphase folgt. Sie hätte gegenüber dreimaligen Pflegeschnitten den landschaftspflegerischen Vorteil, dass die mit dem Pflegeeingriff verbundene, unvermeidbare Störung nach der Hauptbrutzeit der Wiesenbrüter erfolgen kann.

## Literatur

- BOCKHOLT, R., STEFAN, R., EHLERS, C. & WITTCHEN, A. (2006): Ein Versuch zur Bekämpfung der Flatterbinse (*Juncus effusus*) unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. In: Die Zukunft von Praxis und Forschung in Grünland und Futterbau. *Proc. 50. Jahrestagung der AGGF*, 93-97. Freising-Weihenstephan.
- ERVIN, G.N. und WETZEL, R.G. (2002): Influence of a dominant macrophyte, *Juncus effusus*, on wetland plant species richness, diversity and community composition. *Oecologia* 130, 626-636.
- KAPFER, A. (1988): Versuche zur Renaturierung gedüngten Feuchtgrünlandes — Aushagerung und Vegetationsentwicklung. *Dissertationes Bot.* 120, 144.
- MERCHANT, M. (1993): The potential for control of the soft rush (*Juncus effusus*) in grass pasture by grazing goats. *Grass and Forage Science* 48, 395-409.
- MERCHANT, M. (1995): The effect of pattern and severity of cutting on the vigour of the soft rush (*Juncus effusus* L.). *Grass and Forage Science* 50, 81-84.
- MEYER, L. (1960): Beiträge zur Biologie und Bekämpfung der Flatterbinse (*Juncus effusus* L.). *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 111, 298-316
- NIELSEN, A.L. und HALD, A.B. (2010): Shortcut strategies to improve plant species richness after years of intensive management in moist grassland. *Grassland Science in Europe* 15, 1052-1054
- RANA, N. und SELLERS, B. A. (2009): Soft rush (*Juncus effusus*) control in Florida pastures. *Weed Technology* 23, 321-323.
- RASRAN, L. und JEROMIN, H. (2009): Dominanzbestände ausgewählter Pflanzenarten und Düngungsverzicht im Fokus des Naturschutzmanagements von Naturschutzflächen. Literaturstudie im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein. Bergenhusen, 2009

# Tanninhaltige Pflanzenextrakte und ihre Proteinausfällungskapazität *in vitro*

M. Schweigmann<sup>1</sup>, M. Gierus

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

<sup>1</sup> corresponding author: mschweigmann@email.uni-kiel.de

## Einleitung und Problemstellung

Tannine sind Gerbstoffe, welche die Eigenschaft besitzen, Komplexe mit Proteinen einzugehen. Mit dieser Komplexierung wird die Abbaugeschwindigkeit durch Mikroorganismen im Pansen reduziert, wodurch mehr Futterprotein unabgebaut den Pansen passieren kann (BARRY und McNABB, 1999; CASSIDA *et al.*, 2000; GRABBER, 2009). Das pansenbeständige Protein (UDP) erhöht sich dadurch. Es wird angenommen, dass die Komplexbildung pH-abhängig ist und die Proteine im sauren Milieu des Labmagens wieder freigelassen werden (HASLAM, 1996; JONES und MANGAN, 1977). Sie wären so für das Tier zur Verdauung verfügbar.

Dieser Zusammenhang sollte *in vitro* untersucht werden. Hierfür wurden Extrakte aus Quebracho (*Schinopsis lorentzii*), Mimose (*Acacia mearnsii*), Tara (*Caesalpinia spinosa*) und Gambier (*Uncaria gambir*) zur Bindung von Bovinem Serum Albumin (BSA) verwendet und mittels Farbreaktion photometrisch gemessen. Durch Variation des pH-Wertes sollten unterschiedliche Reaktionsbedingungen, wie sie z.B. im Pansen und Labmagen vorliegen, abgebildet werden.

Viele Wiesenkräuter und Futterleguminosen enthalten zwar Tannine, allerdings nur in relativ geringen Konzentrationen. Somit wäre der effektive Einsatz von Tanninextrakten als Futtermittelzusatzstoff ein großer Fortschritt. Projektziel ist die Entwicklung einer Methode, um die optimale Zulagemenge eines Extraktes in der Fütterung von Milchkühen bestimmen zu können.

## Material und Methoden

Quebracho-, Mimosen- und Tara-Extrakt stellte Otto Dille® (Norderstedt; Handelsmarke der Baeck & Co. Hamburg (GmbH & Co. KG)) bereit. Den Gambier-Extrakt lieferte die Christian D. Markmann GmbH (Hamburg). Während Quebracho, Mimose und Gambier die kondensierten Tannine vertreten, liegt der Hauptteil der Tannine in Taraextrakt laut Hersteller

in der hydrolysierbaren Form vor. Alle Extrakte wurden im Kühlschrank bei 4°C dunkel gelagert. Das BSA für die Analysen lieferte die Merck KGaA (Darmstadt). Auch dieses wurde dunkel im Kühlschrank aufbewahrt.

Die Bestimmung der Gehalte an kondensierten Tanninen erfolgte mittels Butanol/HCl-Methode nach TERRILL *et al.* (1992), die Gesamtphenole wurden mit der Folin-Ciocalteu-Methode nach SINGLETON und ROSSI (1965) ermittelt. Zur Messung der Proteinbindung am Photometer wurde die Methode von OSBORNE und MCNEILL (2001) wie im Folgenden beschrieben modifiziert. Alle Analysen erfolgten jeweils in Doppelbestimmung.

Es wurden Extrakt und pH-Werte variiert. Der jeweilige Tanninextrakt wurde in Mengen von 0 bis 10mg eingewogen. Natrium-Acetat-Puffer (0.2M Acetat, 0.17M NaCl) wurde auf die sechs verwendeten pH-Werte zwischen 7 und 2 eingestellt. BSA wurde mit 1.5mg/ml im Puffer gelöst und davon 1950µl in jedes Cap eingebracht. Die Caps wurden gevortext, gefolgt von einer Ruhephase von 15min (dunkel), in der die Tannin-Protein-Bindung stattfinden konnte. In 20min Zentrifugation bei 2400 x g konnten sich die Komplexe als Pellet absetzen.

Überstände wurden abpipettiert und die Pellets mit je 500µl Puffer wieder rückgelöst. In Lösung befindliche Proteine wurden mittels Bio-Rad Protein Assay (Bio-Rad Laboratories GmbH, München) am Photometer bei 595nm gemessen (Biochrom Libra S32PC UV, Biochrom Ltd., Cambridge, UK). Hierfür wurde vorab eine Standardkurve für BSA erstellt. Extrakteigenes Protein wurde von den Ausfällungskurven abgezogen.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit der statistischen Software R, wobei die Daten in eine log-logistic Funktion der Form  $f(x) = 0 + d\{1 + \exp(b(\log(x) - \log(e)))\}$  gefittet wurden. Parameter  $d$  entspricht dabei der maximal erreichten Ausfällung (Plateau), Parameter  $e$  entspricht der Extraktmenge, mit der 50% von  $d$  erzielt wurden (ED50). In der Auswertung wurde  $p < 0.05$  als signifikant angesehen.

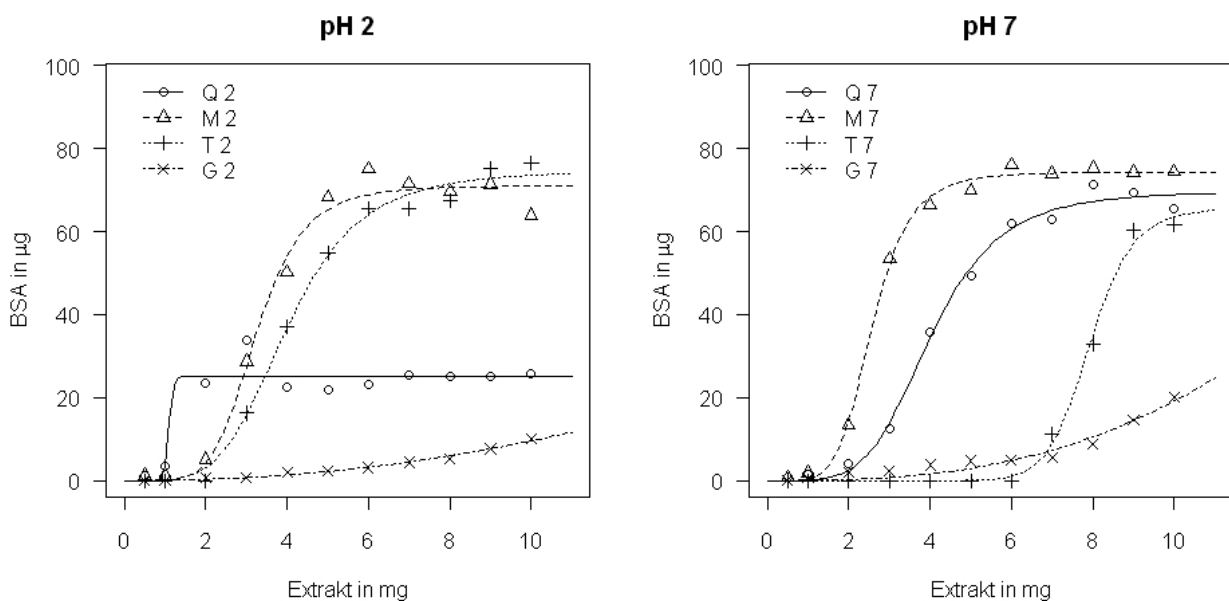
## Ergebnisse und Diskussion

Wie in Tabelle 1 zu sehen, unterschieden sich die CT-Gehalte zwischen den Extrakten stark, während die Gesamtphenole bei allen verhältnismäßig hoch lagen. Vergleicht man mit der Literatur, wird dort vor allem bei Quebrachoextrakten von höheren CT-Werten ausgegangen (BENCHAAR und CHOUINARD, 2009; ROBBINS *et al.*, 1991). Diese sind aber oft nicht oder nicht selbst gemessen worden (z.B. EL-WAZIRY *et al.*, 2007, VASTA *et al.*, 2009). Auch bei selbst gemessenen Werten schwanken die Angaben (BEAUCHEMIN *et al.*, 2007; BUENO *et al.*, 2008), wobei letztere ähnliche Mengen fanden wie im vorliegenden Projekt.

**Tab. 1:** Extraktgehalte an kondensierten Tanninen (CT) und Gesamtphenolen (GP) in %

	Quebracho	Mimose	Tara	Gambier
CT	13.8	25.3	0.5	4.9
GP	ca. 100	ca. 100	96.7	77.2

Die BSA-Analysen zeigten teilweise große Differenzen im Ausfällungsverhalten der Extrakte untereinander sowie im Einfluss des pH-Wertes auf (auszugsweise in Abb. 1 für pH 7 und 2).



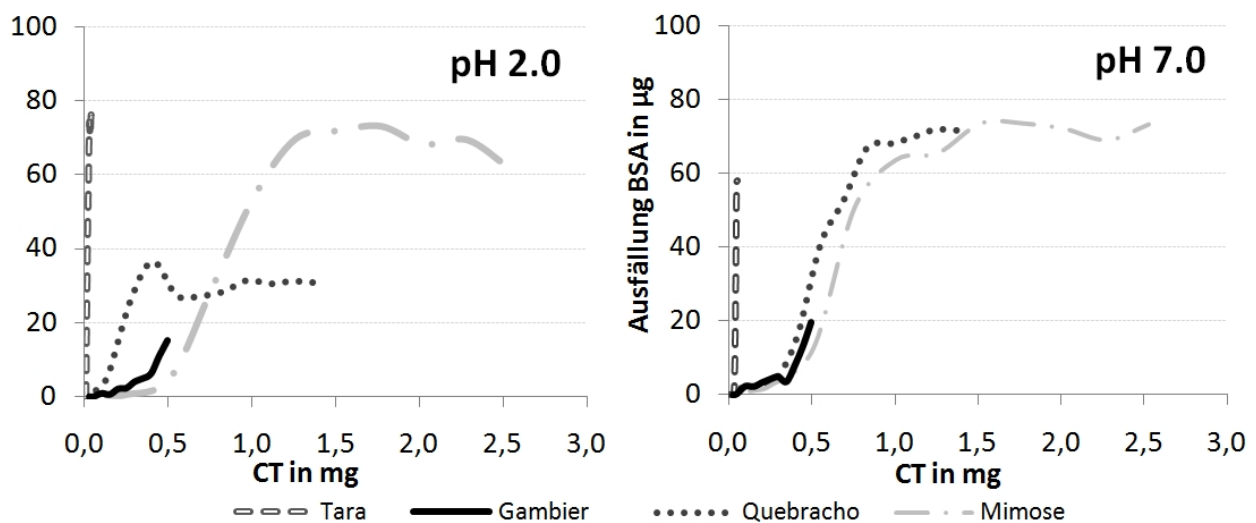
**Abb. 1:** Ausfällung von BSA in µg durch die Tanninextrakte bei pH-Wert 2 und 7 für die Extrakteinwaage in mg (Q: Quebracho, M: Mimose, T: Tara, G: Gambier).

Für Tara ergaben sich teils fragwürdige Ausfällungen, die das eingewogene BSA (60µg) überstiegen. Eventuell ist dies auf Interaktionen mit der Farbreagenz zurückzuführen, da in den Messküvetten nach einiger Standzeit Flockenbildung beobachtet werden konnte. Mimose erreichte immer vergleichbare Plateaus, sodass die Proteinbindung hier relativ pH-unabhängig zu sein scheint. Plateaus von Mimose waren außerdem immer höher als von Quebracho ( $p < 0.001$ ), abgesehen von pH 7. Sie erreichte also in allen pH-Umgebungen die maximal mögliche BSA-Bindung. Tara erreichte statistisch vergleichbare Plateaus wie Mimose, nur bei pH 3 und 6 war  $p < 0.05$ . Gambier fällte meist deutlich weniger aus als die anderen Extrakte. Ein signifikanter Einfluss des pH-Wertes konnte für Parameter  $d$  nicht nachgewiesen werden. Innerhalb der Messreihen bis 10mg Extrakt erreichte Gambier außerdem nicht immer ein Plateau, was vielleicht durch den geringen CT-Gehalt zu erklären

wäre. Auch war die Steigung der Ausfällungskurven immer deutlich flacher als bei den anderen Extrakten. Tara lag allerdings im CT-Gehalt noch deutlich niedriger, was darauf hindeuten könnte, dass hier die hydrolyisierbaren Tannine und Phenole einen beträchtlichen Anteil der Ausfällung geleistet haben.

Die ED50 entwickelte sich mit Änderung des pH-Wertes nicht geradlinig. Tendenziell stieg die ED50 bei Quebracho von niedrigeren zu höheren pH-Werten an, was jedoch nur für die Schritte von pH 3 nach 6, von 3 nach 7 und von 6 nach 7 signifikant war ( $p < 0.0001$ ). Bei Mimose war zu beobachten, dass die ED50 zwischen pH 2 und 4 abfiel, anschließend zwischen pH 4 und 7 aber wieder anstieg ( $p < 0.01$ ). Gemeinsam mit der statistisch gleichbleibenden Plateauhöhe betrachtet, weisen die Daten darauf hin, dass Mimose je mg Extrakt bei pH 4 am effizientesten das BSA gebunden hat. Für Tara ließ sich dieselbe Entwicklung beobachten, auch dieser Extrakt schien bei pH 4 am effizientesten zu arbeiten ( $p < 0.0001$ ). Gambier zeigte keinen Einfluss des pH-Wertes auf die ED50 ( $p > 0.05$ ).

Demnach unterschieden sich die Tanninextrakte in ihrer Ausfällungskapazität. Bezieht man die Ausfällungskurven statt auf den Extrakt allerdings auf das enthaltene CT, liegen diese für die verschiedenen Quellen in den oberen pH-Werten noch sehr nah beieinander (Abb. 2). Nur Tara weicht ab, was ein weiteres Indiz für die Aktivität der hydrolyisierbaren Tannine sein kann. Bei pH 2 sieht man hingegen deutlichere Unterschiede. In der Grafik wird außerdem erkennbar, dass Gambier-CT scheinbar ähnlich agiert wie Mimosen-CT, wenn es auch im Extrakt in viel geringerer Konzentration vorhanden ist.



**Abb. 2:** Vergleich der Ausfällung von BSA in µg bezogen auf die Einwaage in mg kondensierte Tannine (CT) für pH-Wert 2 und 7.

## Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die CT-Quelle in Verbindung mit dem pH-Wert das Komplexierungsverhalten der Tannine beeinflusst. Auch die Anwesenheit anderer phenolischer Verbindungen scheint hier Bedeutung zu haben. Somit werden die Extrakte vermutlich im Pansen-bzw. Labmagenmilieu unterschiedlich reagieren. Von den untersuchten Extrakten scheint nur Quebracho deutlich pH-abhängige Bindungen einzugehen und somit am ehesten zur Steigerung der Protein-Nutzungseffizienz geeignet zu sein.

## Literatur

- OSBORNE, N.J.T. und MCNEILL, D.M. (2001): Characterisation of *Leucaena* condensed tannins by size and protein precipitation capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81, 1113-1119.
- SAS (2008): SAS Software Release 9.2., SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- SINGLETON, J. und ROSSI, P. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16, 144-158.
- 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, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58, 321-329.
- BARRY, T.N. und MACNABB, W.C. (1999): The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British Journal of Nutrition* 81, 263-272.
- CASSIDA, K.A., GRIFFIN, T.S., RODRIGUEZ, J., PATCHING, S.C., HESTERMANN, O.B., RUST, S.R. (2000): Protein degradability and forage quality in maturing alfalfa, red clover and birdsfoot trefoil. *Crop Science* 40, 209-215.
- GRABBER, J. H. (2009): Protein fractions in forage legumes containing protein- binding polyphenols: Freeze-drying vs. conservation as hay or silage. *Animal Feed Science and Technology* 151,324-329.
- HASLAM, E. (1996): Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: Possible modes of action. *Journal of Natural Production* 59, 205-215.
- BUENO, I.C.S., VITTI, D.M.S.S., LOUVANDINI, H., ABDALLA, A.L. (2008): A new approach for *in vitro* bioassay to measure tannin biological effects based on a gas production technique. *Animal Feed Science and Technology* 141, 151-170.
- EL-WAZIRY, A.M., NASSER, M.E.A., SALLAM, S.M.A., ABDALLA, A.L., BUENO, I.C.S. (2007): Processing methods of soybean meal 2. Effect of autoclaving and quebracho tannin treated-soybean meal on gas production and rumen fermentation *in vitro*. *Journal of Applied Sciences Research* 3, 17-24.
- BENCHAAR, C. und CHOUINARD, P.Y. (2009): Short communication: assessment of the potential of cinnamaldehyde, condensed tannins, and saponins to modify milk fatty acid composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 3392-3396.
- VASTA, V., MELE, M., SERRA, A., SCERRA, M., LUCIANO, G., LANZA, M., PRIOLO, A. (2009): Metabolic fate of fatty acids involved in ruminal biohydrogenation in sheep fed concentrate or herbage with or without tannins. *Journal of Animal Science* 87, 2674-2684.
- JONES, W.T. und MANGAN, J.L. (1977): Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia Scop.*) with Fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28, 126-136.



VAN SOEST, P.J. (1994): Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Ithaca.

ROBBINS, C.T., HAGERMAN, A.E., AUSTIN, P.J., MCARTHUR, C., HANLEY, T.A. (1991): Variation in mammalian physiological responses to a condensed tannin and its ecological implications. *Journal of Mammalogy* 72, 480-486.

MCDUGALL, E.I. (1948): Studies on ruminant Saliva. *Biochemical Journal* 43, 99-109.

# Variabilität der Morphologie und Schwarzrost-Anfälligkeit von Ökotypen des Deutschen Weidelgrases aus Schleswig-Holstein

H. Schuch<sup>1</sup>, B. Ingwersen<sup>2</sup>, K. Beckmann<sup>2</sup>, J. Pons-Kühnemann<sup>3</sup>, M. Hasler<sup>4</sup>, F. Taube<sup>1</sup>, A. Herrmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Abt. Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel, email: aherrmann@email.uni-kiel.de

<sup>2</sup> Norddeutsche Pflanzenzucht, Hans Georg Lemke KG, 24363 Hohenlieth

<sup>3</sup> Institut für Medizinische Informatik, Heinrich-Buff-Ring 44, 35392 Gießen

<sup>4</sup> Variationsstatistik, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

## Einleitung und Problemstellung

Langjährig genutztes Dauergrünland kann eine wertvolle Quelle für Ökotypen darstellen, welche eine hohe Adaptation an lokale Nutzung und Umweltbedingungen aufweisen sowie eine grosse Variation im Hinblick auf phänologische Entwicklung, Wuchsform und Krankheitsresistenzen. Die Anfälligkeit gegenüber Schwarzrost (*Puccinia graminis* ssp. *graminicola*), beispielsweise, ist von grosser Bedeutung für die Saatguterzeugung (PFENDER, 2009). Daten zur genetisch bedingten Variation von Weidelgras-Ökotypen liegen für norddeutsche Dauergrünlandbestände nur in sehr begrenztem Umfang vor. Die Studie von BOLARIC et al. (2005) zur molekulargenetischen Diversität von Deutsch Weidelgras-Ökotypen und -Sorten beschränkte sich hauptsächlich auf Regionen Niedersachsens, Hessens und Bayerns, und dokumentierte nur eine geringe Variation zwischen Ökotypen und Sorten. Agronomisch relevante Merkmale werden jedoch nicht zwingend im Muster molekularer Marker reflektiert. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, die Diversität hinsichtlich morphologischer Merkmale und Schwarzrost-Anfälligkeit innerhalb und zwischen natürlichen schleswig-holsteinischen Populationen von Deutschem Weidelgras zu quantifizieren.

## Material und Methoden

Natürliche Populationen von Deutschem Weidelgras wurden auf 8 Dauergrünlandflächen unterschiedlicher Regionen Schleswig-Holsteins gesammelt (Tab. 1). Bei den Grünlandflächen handelte es sich vorwiegend um beweidete Bestände, die in den letzten 30 Jahren keine Nachsaat erfahren hatten. Die Sammlungen werden daher als Ökotypen-Populationen angesehen, die einem natürlichem Selektionsdruck ausgesetzt waren. Im Frühjahr 2010 wurden aus jedem Grünlandbestand bis zu 48 Pflanzen mittels eines Bohrers

entnommen und in Gefäße überführt. Daten zur Phänologie (Zeitpunkt Ährenschieben und Blüte) sowie morphologische Merkmale (Länge und Breite Fahnenblatt, Länge von oberstem Internodium und Blütenstand, Anzahl Ährchen) wurden im ersten Aufwuchs an drei Trieben je Einzelpflanze erfasst. Nach Abschluss der Blüte erfolgte eine Vereinzelnung der Pflanzen. Die Anfälligkeit gegenüber Schwarzrost wurde mittels eines in-situ-Blattsegmenttests im zweiten Aufwuchs bestimmt. Dabei wurden vier Blattabschnitte (ca 2 cm Länge) je Einzelpflanze auf Agarmedium (5,8% Agarose, 40 ppm Benzimidazol) ausgelegt. Als Inokulum wurde ein Gemisch von Uredosporen verwendet, die an 3 Standorten gesammelt worden waren. Nach 24-stündiger Inkubation in Dunkelheit bei 20 °C erfolgte die Aufstellung in Starklicht (22 °C, 60% relative Luftfeuchte, 16 h Beleuchtung). Die visuelle Bonitur des Schwarzrostbefalls wurde nach 9 Tagen entsprechend der Boniturskala von Beckmann (2010) durchgeführt.

**Tab. 1:** Charakterisierung der Sammelstandorte.

Standort-Nr	Ort	Landschaftsraum	Alter des Dauergrünlandes (Jahre)	pH-Wert Boden
1	Kossau	Östliches Hügelland	30	5,0
2	Barenfleth	Geest (Moor)	20	5,5
3	Haseldorf	Elbmarsch	40	k.A.
4	Kotzenbüll	Marsch	k.A.	5,1
5	Riesbriecck	Geest	30	4,4
6	Süderlügum	Geest	40	k.A.
7	Dagebüll	Marsch	50	6,2
8	Koldenbüttel	Marsch	k.A.	5,3

k.A.: keine Angabe

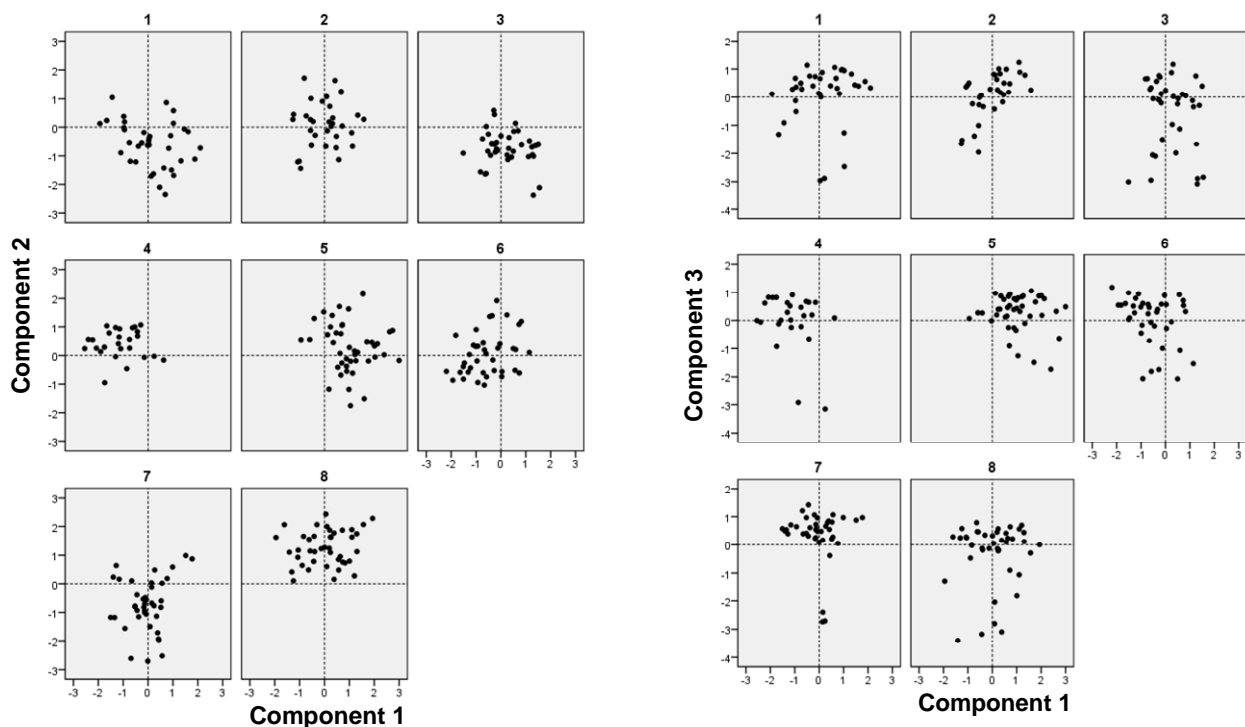
Die erhobenen Daten wurden mittels Hauptkomponentenanalyse (PCA) analysiert (IBM SPSS Statistics 19) mit dem Ziel, die Variation der erfassten Merkmale zu aggregieren und Hypothesen bzgl. des Einflusses der Ökotypen-Populationen auf die Ausprägung der Merkmale zu generieren. Diese Hypothesen wurden anschliessend mittels eines Tukey-Tests unter Berücksichtigung multipler Endpunkte nach Hasler und Hothorn (2011) sowie unter Annahme einer heterogenen Kovarianzstruktur geprüft (Statistisches Programmpaket R).

## Ergebnisse und Diskussion

Morphologische und phänologische Merkmale stehen bekanntlich in engem Zusammenhang zur Ertragsleistung, Persistenz und Futterqualität (HAZARD & GHESQUIÈRE, 1997; YAMADA et al., 2004; MCGRATH et al., 2010). Der Termin des Ährenschiebens der Ökotypen-Populationen variierte zwischen Tag 61 und Tag 80 nach dem 1. April, was als spät bis sehr spät im Vergleich zum zugelassenen Sortenspektrum eingestuft werden kann. Die Termine von Ährenschieben und Blüte wiesen erwartungsgemäß eine positive Korrelation auf, mit einer Variation des Korrelationskoeffizienten zwischen den Populationen von 0.75 bis 0.95. Weitere positive Korrelationen konnten für die Beziehungen zwischen Ährchenzahl und Länge der Ähre ( $r$ : 0.48 - 0.70), Fahnenblattlänge und Länge der Ähre ( $r$ : 0.39 - 0.76), sowie zwischen Länge und Breite des Fahnenblattes ( $r$ : 0.48-0.82) dokumentiert werden. Die Fahnenblattbreite war insgesamt relativ gering, mit Populationsmittelwerten von 0.4 bis 0.5 cm. Negative Korrelationen ergaben sich für die Beziehung zwischen der Länge des obersten Internodiums und dem Termin des Ährenschiebens ( $r$ : -0.14 bis -0.74) sowie zwischen der Fahnenblattbreite und dem Ährenschieben ( $r$ : -0.01 bis -0.77). Die Ökotypensammlung weist somit eine erhebliche Variation auf im Hinblick auf Merkmale welche die reproduktive Leistung (Länge Ähre, Ährchenzahl) und die Futterqualität (Termin Ährenschieben, Länge und Breite Fahnenblatt) beeinflussen (MCGRATH et al., 2010). Die Ergebnisse der Studie könnten beeinflusst sein durch Effekte einer unterschiedlichen Pflanzenentwicklung vor der Sammlung sowie stressbedingt durch die Verpflanzung in Gefäße. Aufgrund der geringen Temperaturen im Frühjahr 2010 können signifikante Unterschiede in der phänologischen Entwicklung vor der Sammlung jedoch weitgehend ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse der PCA, in welche alle erfassten Merkmale eingingen, belegen, dass über drei Hauptachsen 76.2% der gesamten Variabilität (Achse 1: 36.9%, Achse 2: 26.8%, Achse 3: 12.4%) erklärt werden konnten. Die erste Achse brachte hauptsächlich morphologische Eigenschaften zum Ausdruck (Länge Ähre, Ährchenzahl, Länge oberstes Internodium, Länge und Breite Fahnenblatt), während die zweite Achse hauptsächlich durch die Termine von Ährenschieben und Blüte dominiert wurde und die Schwarzrost-Anfälligkeit den wichtigsten Beitrag zur dritten Achse erbrachte. Stellt man die Gruppierung der Ökotypen entlang von Achse 1 und Achse 2 dar (Abb. 1, links), wird eine deutliche Differenzierung der Populationen hinsichtlich der Koordination deutlich. Populationen 4 und 8 gruppierten hauptsächlich im oberen Teil des Biplots, während Populationen 1, 3, und 7 eher im unteren Teil lokalisiert waren, was auf ein unterschiedliches Blühverhalten hinweist. Darüber hinaus tendierte Population 5 zu hohen Ladungen auf der zweiten Achse wohingegen Populationen 4 und 6

eher geringe Ladungen aufwiesen, was Unterschiede in der Morphologie vermuten lässt. Die Gruppierung der Ökotypen entlang von Achse 1 und Achse 3 (Abb. 1, rechts) bzw. Achse 2 und Achse 3 (nicht dargestellt) zeigt Unterschiede im Anteil Schwarzrost-anfälliger Genotypen. Hier zeichnete sich Population 3 durch einen höheren Anteil (17.1%) von Pflanzen mit einer geringen Anfälligkeit ( $\leq 3.0$ , Grundlage 1-9 Boniturskala) im Vergleich zu den restlichen Populationen (0-9.5%) aus.



**Abb. 1:** Gruppierung der Ökotypen entlang der ersten und zweiten (links) bzw. entlang der ersten und dritten Hauptachse. Die Zahlen oberhalb der Biplots benennen die Ökotypen-Populationen.

Die Ergebnisse der PCA konnten bestätigt werden durch multiple Kontrasttests, wie in Tabelle 2 exemplarisch für den Termin Ährenschieben, Breite Fahnenblatt und Länge der Ähre dargestellt. Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber Schwarzrost zwischen den Ökotypen-Populationen konnten jedoch nicht statistisch abgesichert werden.

**Tab. 2:** Adjustierte p-Werte der multiplen Kontrasttest (A) Termin Ährenschieben, (B) Breite Fahnenblatt, and (C) Länge der Ähre.

A	Popul. 2	Popul. 3	Popul. 4	Popul. 5	Popul. 6	Popul. 7	Popul. 8
Popul. 1	0.090	1.000	<0.001	0.994	<0.001	1.000	<0.001
Popul. 2		0.002	0.001	0.989	0.494	0.446	<0.001
Popul. 3			<0.001	0.473	<0.001	0.964	<0.001
Popul. 4				<0.001	0.472	<0.001	1.000
Popul. 5					0.001	1.000	<0.001
Popul. 6						<0.001	0.034
Popul. 7							<0.001
B	Popul. 2	Popul. 3	Popul. 4	Popul. 5	Popul. 6	Popul. 7	Popul. 8
Popul. 1	1.000	1.000	0.081	0.737	0.141	0.727	1.000
Popul. 2		1.000	0.019	0.323	0.025	0.422	1.000
Popul. 3			<0.001	0.964	<0.001	0.005	0.824
Popul. 4				<0.001	1.000	0.999	0.181
Popul. 5					<0.001	<0.001	0.026
Popul. 6						1.000	0.291
Popul. 7							0.018
C	Popul. 2	Popul. 3	Popul. 4	Popul. 5	Popul. 6	Popul. 7	Popul. 8
Popul. 1	1.000	0.999	0.800	0.002	0.998	0.939	0.047
Popul. 2		1.000	0.997	<0.001	1.000	1.000	0.001
Popul. 3			1.000	<0.001	1.000	1.000	<0.001
Popul. 4				<0.001	1.000	1.000	<0.001
Popul. 5					<0.001	<0.001	1.000
Popul. 6						1.000	<0.001
Popul. 7							<0.001

## Schlussfolgerungen

Die Studie belegt eine beachtliche Variation im Blühverhalten und in morphologischen Eigenschaften zwischen und innerhalb der acht untersuchten Ökotypen-Population von Deutschem Weidelgras. Die Bewertung der Ökotypen wird unter Feldbedingungen wiederholt, um Ökotypen selektieren zu können, die für züchterische Aktivitäten von Interesse sind. Die beobachtete Variation hinsichtlich der Anfälligkeit gegenüber Schwarzrost wird mittels molekulargenetischer Methoden näher charakterisiert.

## Literatur

- BECKMANN, K. (2010): Entwicklung eines In-vitro-Resistenztests für den Erreger des Schwarzrostes (*Puccinia graminis* ssp. *graminicola*) an Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) und molekulare Charakterisierung eines dominanten Resistenzgens. Dissertation. Universität Göttingen.
- BOLARIC, S., BARTH, S., MELCHINGER, A.E. & POSSELT, U.K. (2005): Molecular genetic diversity within and among German genotypes in comparison to European perennial ryegrass cultivars. *Plant Breeding* 124, 257-262.
- HASLER, M. und HOTHORN, L.A. (2011): A Dunnett-type procedure for multiple endpoints. *The International Journal of Biostatistics* 7, <http://www.bepress.com/ijb/vol7/iss1/3>.
- HAZARD, L. und GHESQUIÈRE, M. (1997): Productivity under contrasting cutting regimes of perennial ryegrass selected for short and long leaves. *Euphytica* 95, 295-299.
- MCGRATH, S., HODKINSON, T.R., CHARLES, T.M., ZEN, D.G. & BARTH, S. (2010): Variation in inflorescence characters and inflorescence development in ecotype and cultivars of *Lolium perenne* L. *Grass and Forage Science* 65, 398-409.
- PFENDER, W. (2009): A damage function for stem rust of perennial ryegrass seed crops. *Phytopathology* 99, 498-505.
- YAMADA, T., JONES, E.S., COGAN, N.O.I., VECCHIES, A.C., NOMURA, T., HISANO, H., SHIMAMOTO, Y., SMITH, K.F., HAYWARD, M.D. & FORSTER, J.W. (2004): QTL analysis of morphological, developmental, and winter hardiness-associated traits in perennial ryegrass. *Crop Science* 44, 925-935.

# **Einfluss von Ofen- bzw. Gefriertrocknung auf die Rohproteinfraktionen von Rotklee und Zusammenhänge mit der spezifischen Polyphenoloxidase - Aktivität**

N. Weiher, M. Krawutschke, M. Gierus, F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, -Grünland und Futterbau/Ökologischer  
Landbau-, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24118 Kiel  
Email: nweiher@email-uni.kiel.de

## **Einleitung und Problemstellung**

Der im Rotklee vorkommenden Polyphenoloxidase (PPO) wird mehrfach zugeschrieben, hemmend auf den raschen Proteinabbau in der Silage und in den Vormägen der Wiederkäuer wirken zu können und damit deren N-Nutzungseffizienz zu verbessern. In der Literatur werden positive Effekte allerdings oft der PPO zugeschrieben ohne dass deren Enzymaktivität gemessen oder deren Zusammenhang mit den Proteinfraktionen ermittelt wird (GRABBER, 2009; GRABBER & COBLENTZ, 2009). Verglichen mit der Gefriertrocknung (FD) sollten bei Ofentrocknung (OD) die PPO-Aktivität, die daraus resultierende Chinonbildung und die Bildung von Protein-Chinon-Komplexen während der ersten Stunden des Trocknungsprozesses ungehindert ablaufen können. Demzufolge müsste es nach OD zu einer Verschiebung der Proteinfraktionen von den rasch zu den langsam abbaubaren Fraktionen kommen, nicht aber nach FD, bei der durch sofortiges Einfrieren die PPO-Aktivität unterbunden sein müsste. Ziel dieser Arbeit ist, den Einfluss von OD bzw. FD auf die Rohproteinfraktionen von Rotklee, sowie Zusammenhänge zwischen der spezifischen PPO-Aktivität und den Proteinfraktionen abzuleiten.

## **Material und Methoden**

Am Standort Hohenlieth (Ls, Ø 8,9 °C, Ø 804,5 mm) wurden in einem zweijährigen Feldversuch 12 Rotklee (*Trifolium pratense* L.) -sorten mit unterschiedlicher geographischer Herkunft mit Weißklee (*T. repens*) als Kontrolle in den beiden Systemen ohne und mit mechanischem Stress (Cambridge-Walze drei Wochen vor dem Schnitt, simulierte Beweidung) unter einer Vierschnittnutzung in drei Wiederholungen geprüft. Zu jedem Schnitttermin wurden das phänologische Entwicklungsstadium (mean stage by count - MSC), Erträge und Blatt/Gewichts-Verhältnis (BGV) erfasst. Das Pflanzenmaterial wurde mit einer



Rasenkantenschere von jeweils zwei bis drei Quadraten mit einer Fläche von 0,25 m<sup>2</sup> in einer Schnitthöhe von 5 cm entnommen. Proben zur Bestimmung der Futterqualität wurden zweigeteilt, und entweder ofengetrocknet bei 58°C oder bei -27°C eingefroren und gefriergetrocknet, anschließend auf 1 mm vermahlen und NIRS gescannt. Die Bestimmung der PPO in den tiefgekühlten Blättern erfolgte in Anlehnung an ESCRIBANO *et al.* (1997) mit Kaffeesäure als Substrat. 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 ermittelten PPO-Werte wurden auf das BGV bezogen und als  $\text{PPO}_{\text{BGV}} = \text{PPO [IU]} \cdot \text{BGV [\%]} / 100$  angegeben. Die Proteinfractionierung erfolgte nach LICITRA *et al.* (1996), hierbei wird das Protein anhand seiner ruminalen Abbaubarkeit in fünf Fraktionen unterteilt. Fraktion A stellt die Nicht-Protein-Stickstoff (NPN)-Verbindungen dar und ist löslich in Natrium-Wolframatlösung. Fraktion B, das Reinprotein, wird in drei Untergruppen unterteilt (schnell, mittel und langsam abbaubar), wobei B1 löslich in Borat-Phosphat-Puffer, B3 unlöslich in neutraler, aber löslich in saurer Detergenz ist, die unverfügbare Fraktion C ist unlöslich in saurer Detergenz. Fraktion B2 wird rechnerisch über die Differenz der Fraktionen A, B1, B3 und C vom Gesamt-Stickstoff ermittelt.

Die gewonnenen Daten wurden einer Varianzanalyse bzw. Regressionsanalyse mit SAS 9.1 unterzogen. Für die Varianzanalyse wurden gewichtete Jahresmittelwerte gebildet, MSC fand als Kovariable Berücksichtigung. Es erfolgten multiple Mittelwertsvergleiche mit anschließender Bonferroni-Holm Adjustierung. Zusammenhänge zwischen den Proteinfractionen und der spezifischen PPO-Aktivität wurden mittels Regressionsanalyse überprüft. Zudem erfolgte eine multiple Regressionsanalyse zwischen den Proteinfractionen und den möglichen Parametern Nicht-Struktur-Kohlenhydrate, BGV, spezifische PPO-Aktivität, N-Ertrag, Temperatursumme, Niederschlagssumme und Globalstrahlung, wobei jeweils die Parameter, die das Signifikanzniveau von  $P = 0,05$  erreichten, in das Modell zur Erklärung der jeweiligen Proteinfraction eingingen.

## Ergebnisse und Diskussion

Während nach OD beim Rohprotein (XP) kein Unterschied zwischen den beiden Jahren zu verzeichnen war, wurde nach FD im zweiten Hauptnutzungsjahr ein höherer XP Gehalt registriert. Im zweiten Hauptnutzungsjahr waren unabhängig von der Trocknungsmethode die Gehalte an Fraktion A und B3 höher als im ersten Jahr. OD führte im Vergleich zur FD zu höheren XP Gehalten, höheren Fraktion A und B3 Gehalten sowie im zweiten Hauptnutzungsjahr zusätzlich zu mehr Fraktion C. Fraktion B1 und B2 nahmen durch die OD

im Vergleich zur FD ab (s. Tab. 1). Zunächst kann vermutet werden, dass der Shift von Fraktion B1 zu Fraktion B3 nach OD darin begründet liegt, dass bei OD verglichen mit der FD die PPO-Aktivität, die daraus resultierende Chinonbildung und die Bildung von Protein-Chinon-Komplexen während der ersten Stunden des Trocknungsprozesses ungehindert ablaufen konnten. Dies konnte nicht nach FD geschehen, bei der durch sofortiges Einfrieren die PPO-Aktivität unterbunden war.

**Tab. 1:** Mittelwerte (gewichtet gemittelt über die Schnitte) für die Wechselwirkung Trocknungsmethode x Jahr, Ofengetrocknet (OD) und Gefriergetrocknet (FD) für die Jahre 2008 und 2009 (N = 288)

Parameter <sup>1)</sup>	OD		FD		SE
	2008	2009	2008	2009	
XP	222,8 <sup>Aa</sup>	221,2 <sup>Aa</sup>	198,9 <sup>Bb</sup>	202,7 <sup>Ab</sup>	2,2
A	174,9 <sup>Ba</sup>	210,4 <sup>Aa</sup>	142,0 <sup>Bb</sup>	154,9 <sup>Ab</sup>	2,6
B1	104,8 <sup>Ab</sup>	72,3 <sup>Bb</sup>	201,8 <sup>Aa</sup>	181,2 <sup>Ba</sup>	4,0
B2	344,0 <sup>Ab</sup>	270,5 <sup>Bb</sup>	366,9 <sup>Aa</sup>	367,4 <sup>Aa</sup>	7,4
B3	240,0 <sup>Ba</sup>	289,2 <sup>Aa</sup>	135,4 <sup>Bb</sup>	153,4 <sup>Ab</sup>	6,2
C	136,3 <sup>Bb</sup>	157,6 <sup>Aa</sup>	153,9 <sup>Aa</sup>	140,8 <sup>Bb</sup>	5,9

A, B: Mittelwerte mit gleichen Großbuchstaben unterscheiden sich nicht zwischen den Jahren

a, b: Mittelwerte mit gleichen Kleinbuchstaben unterscheiden sich nicht zwischen den Trocknungsmethoden

<sup>1)</sup>: XP, Rohprotein (g kg<sup>-1</sup> TM), A – C, Rohproteinfraktionen (g kg<sup>-1</sup> XP).

Mit steigender PPO-Aktivität ergab sich nach OD eine Abnahme der Fraktionen A und B2 (Tab. 2), sowie eine Zunahme der Fraktionen B3 und C, allerdings gekennzeichnet durch geringe Bestimmtheitsmaße ( $R^2 = 0,10$  und  $R^2 = 0,06$  bzw.  $R^2 = 0,09$  und  $R^2 = 0,17$ ). Ähnliche Ergebnisse fanden EICKLER *et al.* (2011) Rotkleeproben nach OD. Bei den FD Proben nahm mit zunehmender PPO-Aktivität Fraktion A ab, die Fraktionen B1, B2 und C nahmen zu, ebenfalls mit sehr geringen Bestimmtheitsmaßen (s. Tab. 2).

Kein Zusammenhang konnte zwischen der spezifischen PPO-Aktivität und der Fraktion B1 in den OD Proben bzw. B3 in den FD Proben gefunden werden. Der Erwartung, dass es nach OD zu einer Verschiebung der Proteinfraktionen von den rasch zu den langsam abbaubaren

Fraktionen komme, nicht aber nach FD, bei der durch sofortiges Einfrieren die PPO-Aktivität unterbunden sein müsste, konnte nicht bestätigt werden.

**Tab. 2:** Zusammenhänge zwischen den Proteinfractionen und der spezifischen PPO-Aktivität (Ofengetrocknet (OD) und Gefriergetrocknet (FD) für die Jahre 2008 und 2009; RMSE = root mean square error; Kor. = Korrelation, + = positiv, - = negativ korreliert)

Fraktion	OD				FD			
	P-Wert	adj. R <sup>2</sup>	RMSE	Kor.	P-Wert	adj. R <sup>2</sup>	RMSE	Kor.
A	< 0,0001	0,10	37,82	-	< 0,0001	0,26	40,96	-
B1	0,8281	0,00	27,67	-	0,0442	0,01	21,77	+
B2	0,0003	0,06	48,75	-	< 0,0001	0,12	39,11	+
B3	< 0,0001	0,09	40,47	+	0,8547	0,00	29,09	-
C	< 0,0001	0,17	26,97	+	< 0,0001	0,09	21,17	+

Eine anschließende multiple Regressionsanalyse mit den möglichen Parametern Nicht-Struktur-Kohlenhydrate, BGV, spezifische PPO-Aktivität, N-Ertrag, Temperatursumme, Niederschlagssumme und Globalstrahlung zeigte vielmehr, dass neben diesen genannten Parametern die spezifische PPO-Aktivität zu Erklärung der Variation der Proteinfractionen von untergeordneter Bedeutung ist. Lediglich 8%-Punkte (von 48%) der Variation von Fraktion A und 13%-Punkte (von 67%) der Variation in Fraktion C nach OD bzw. 3%-Punkte (von 72%) der Variation von Fraktion A und 5%-Punkte (von 36%) der Fraktion B2 nach FD konnten durch die spezifische PPO-Aktivität erklärt werden, für alle anderen Proteinfractionen konnte die spezifische PPO-Aktivität nicht als Variationsursache ins Modell Eingang finden (s. Tab. 3).

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Shift innerhalb der Proteinfractionen von B1 zu B3 nach OD vermutlich temperaturbedingt ein Ergebnis der Maillard-Reaktion ist, und die spezifische PPO-Aktivität für die Variation der Proteinfractionen nicht maßgebend ist.

**Tab. 3:** Partielle Bestimmtheitsmaße und Bestimmtheitsmaße des Modells der multiplen Regression mit Vorwärtsselektion für die Proteinfraktionen, ofengetrocknet (OD) und gefriergetrocknet (FD) mit den Parametern Nicht-Struktur-Kohlenhydrate (NSK), Blatt/Gewichts-Verhältnis (BGV), spezif. PPO-Aktivität ( $IU_{BGV}$ ), N-Ertrag, Temperatursumme (Tsum), Niederschlagssumme (Psum) und Globalstrahlung (GS)

	OD			FD		
	Parameter	Partielles R <sup>2</sup>	Modell R <sup>2</sup>	Parameter	Partielles R <sup>2</sup>	Modell R <sup>2</sup>
Fraktion A	Tsum	0,32	0,32	N-Ertrag	0,63	0,63
	$IU_{BGV}$	0,08	0,40	NSK	0,06	0,68
	Psum	0,04	0,44	$IU_{BGV}$	0,03	0,71
	BGV	0,02	0,46	Tsum	0,01	0,72
	NSK	0,02	0,48			
Fraktion B1	Psum	0,13	0,13	GS	0,08	0,08
	N-Ertrag	0,15	0,28	Tsum	0,12	0,20
	BGV	0,11	0,39	N-Ertrag	0,05	0,25
	GS	0,05	0,44	BGV	0,04	0,29
	NSK	0,01	0,45			
Fraktion B2	BGV	0,25	0,25	NSK	0,17	0,17
	Tsum	0,07	0,32	$IU_{BGV}$	0,05	0,21
	NSK	0,03	0,35	GS	0,08	0,29
	GS	0,04	0,39	Psum	0,02	0,31
				BGV	0,05	0,36
Fraktion B3	Tsum	0,25	0,25	Tsum	0,05	0,05
	BGV	0,16	0,41	Psum	0,02	0,08
	GS	0,05	0,46			
Fraktion C	Tsum	0,46	0,46	N-Ertrag	0,53	0,53
	$IU_{BGV}$	0,13	0,59	NSK	0,04	0,57
	GS	0,02	0,61	BGV	0,02	0,58
	BGV	0,03	0,64	GS	0,04	0,62
	N-Ertrag	0,03	0,67	Psum	0,03	0,66

## Schlussfolgerungen

OD führte zu einem Shift der Proteinfractionen von B1 zu B3, was vermutlich der Trocknungstemperatur und der damit einhergehenden Maillardreaktion geschuldet ist. Es konnte gezeigt werden, dass die spezifische PPO-Aktivität für die Erklärung der Variation in den Proteinfractionen von untergeordneter Bedeutung ist, andere Parameter wie N-Ertrag und Temperatursumme stellen geeignetere Erklärungsgrößen dar. Weitere Studien könnten exaktere Einflussgrößen für die aus tierernährerischer Sicht erwünschte Proteinfraction B3 aufzeigen.

## Literatur

- EICKLER, B., GIERUS, M., KLEEN, J., TAUBE, F. (2011): Specific polyphenol oxidase activity of red clover (*Trifolium pratense*) and its relation with forage quality in field experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica* 61, 39-49.
- 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. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 4209-4214.
- GRABBER, J.H., COBLENTZ, W.K. (2009): Polyphenol, conditioning, and conservation effects on protein fractions and degradability in forage legumes. *Crop Science* 49, 1511-1522.
- GRABBER, J.H. (2009): Protein fractions in forage legumes containing protein-binding polyphenols: Freeze-drying vs. conservation as hay or silage. *Animal Feed Science and Technology* 151, 324-329.
- LICITRA, G., HERNANDES, T.M., VAN SOEST, P.J., (1996): S Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57, 347-358.

# Untersuchungen zur Wirkung von Mutterkuhmist sowie von Maßnahmen zur Entfernung von Weideresten auf einer Pferdeweide

H. Alaid<sup>1</sup>, H. Giebelhausen<sup>1</sup>, H. Hochberg<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, FG Acker- und Pflanzenbau, 10115 Berlin, Invalidenstr. 42, [hossam.alaid@hu-berlin.de](mailto:hossam.alaid@hu-berlin.de)

<sup>2</sup> Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Grünland und Futterbau, 99869 Wandersleben, Bahnhofstr. 1a, [h.hochberg@wandersleben.tll.de](mailto:h.hochberg@wandersleben.tll.de)

## Einleitung und Problemstellung

Weide ist für Pferde sowohl zur Nahrungsaufnahme als auch zur Bewegung und für soziale Kontakte wichtig. Pferde fressen sehr selektiv, ihr Tritt beansprucht den Boden und die Pflanzen stark, und die Tiere setzen ihre Kotstellen nur an bestimmten Weideplätzen ab (GRUBER, 2002). Die Anzahl der in Deutschland gehaltenen Pferde ist von 476 Tsd. im Jahr 2000 auf 545 Tsd. im Jahr 2009 gestiegen (ANONYMUS, 2011), so dass die Pferdehaltung ein zunehmender Wirtschaftsfaktor im ländlichen Raum ist. Im Zusammenhang damit steigt der Weideflächenbedarf für die Pferde auf Grund höherer Ansprüche ihrer Halter an. Zur Entwicklung dichter Pflanzenbestände stark beanspruchter Pferdeweiden haben Nährstoffversorgung und Weidepflege eine besondere Bedeutung. Nachfolgend werden Versuchsergebnisse zum Einsatz von Mutterkuhmist aus der Winter-außenhaltung von Mütterkühen sowie unterschiedlicher Weidepflege auf den TM-Ertrag einer Pferdeweide und das Weideverhalten (Narbenverbiss) der Pferde vorgestellt.

## Material und Methoden

Die untersuchte Weide befindet sich in einem Öko-Grünlandbetrieb in der Spree-niederung des Landes Brandenburg, 40 km südöstlich von Berlin. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 8,9° C und es fallen im Durchschnitt 495 mm Jahresniederschlag. Der Standort ist sehr heterogen, da auf der 2 ha großen Versuchsteilkoppel neben schwach bis stark humosem Sand auch anmoorige Böden vorkommen (SCHWEITZER, 2006).

Seit 2004 wird der Einfluss folgender Prüffaktoren und -stufen auf einer Pferdeweide untersucht (Tab. 1).

**Tab. 1:** Prüffaktoren und -stufen des Weideversuches mit Pferden am Standort Burig

Prüffaktor	Faktorstufen
A Mutterkuhmist	a <sub>1</sub> ohne (ungedüngte Kontrolle) a <sub>2</sub> mit 30 t/ha (gedüngt)
B Weidepflege	b <sub>1</sub> mechanische Pflege (Nachmahd) b <sub>2</sub> Nachweide mit Mutterkühen

In einer Blockanlage wurden die Prüffaktoren mit 4 Wiederholungen angelegt und in jeder Prüfgliedstufe ein Dauerquadrat (DQ) mit je 100 m<sup>2</sup> (10x10 m) eingerichtet. Aus Hochwasserschutzgründen wird der Mutterkuhmist alle zwei Jahre im zeitigen Frühjahr ausgebracht. Von 2004 bis 2009 erfolgte vor dem Tierauftrieb die Ertragsermittlung in den DQ an je drei Stellen mit je 2500 cm<sup>2</sup>. Ab 2010 werden mit einem Motormäher je DQ 5 m<sup>2</sup> gemäht, der Frischmasseertrag gewogen und eine Probe zur TS-Bestimmung entnommen. Der Narbenverbiss wird nach vier Verbiss-Stufen (NINDEL, 2004; ALAID, 2009) eingeschätzt. Die Skala reicht von 0 (kein Verbiss) über die Stufe 1 (sehr geringer Verbiss) bis zur Stufe 4 (starker Verbiss). Auf der Gesamtkoppel (6 ha) beträgt der Pferdebesatz 6-8 Tiere (1-1,2 GV/ha). Die mechanische Pflege erfolgt Anfang August durch Nachmahd und parallel dazu durch Nachweide von Teilflächen mit Mutterkühen (1-2 Tage mit einer Besatzdichte von 30-35 GV/ha) in Abhängigkeit von der Weideresthöhe.

### Ergebnisse und Diskussion

Der Frühjahreseinsatz von Mutterkuhmist bewirkte bei den Primäraufwüchsen mit ca. 4 dt/ha nur in der Tendenz etwas höhere TM-Erträge gegenüber der Kontrolle (Tab. 2).

Erst nach der dritten und vierten Mistanwendung (2008, 2010) zeigte die Nährstoffzufuhr deutlichere Mehrertragswirkungen, was auf einen „Akkumulationseffekt“ hinweist. Offenbar benötigen die untersuchten Pflanzenbestände mit den Hauptarten Wiesenfuchsschwanz, Wiesenrispe, Löwenzahn, Schafgarbe und teilweise Weißklee eine bestimmte Anpassungszeit, um das zusätzliche Nährstoffangebot zu nutzen. Auch dürften die meisten Nährstoffe des im Frühjahr verabreichten strohreichen Mutterkuhmistes (ohne Einarbeitung in den Boden) den Pflanzen erst nach deren Mineralisation in der Sommerperiode zur Verfügung gestanden haben. Dies könnte die bisher insgesamt geringe Düngungswirkung des Mutterkuhmistes mit erklären, da die Zeit zwischen Dungeinsatz und Ernte der Frühjahrsaufwüchse vergleichsweise kurz und bereits verfügbarer NH<sub>4</sub>-N nicht in vollem

Umfang ertragswirksam wurde. Bei Herbst Einsatz von Dung auf Grünland ist trotz Auswaschungsgefahr (N, K) mit höherer Nährstoffverfügbarkeit im Folgejahr zu rechnen, so dass eine größere Düngewirkung erwartet werden kann (RICHTER, 1988).

**Tab. 2:** TM-Ertrag (dt/ha) der Primäraufwüchse einer Pferdeweide in Abhängigkeit von Mutterkuhmisteinsatz im Frühjahr und unterschiedlicher Weidepflege. Burig 2004-2011

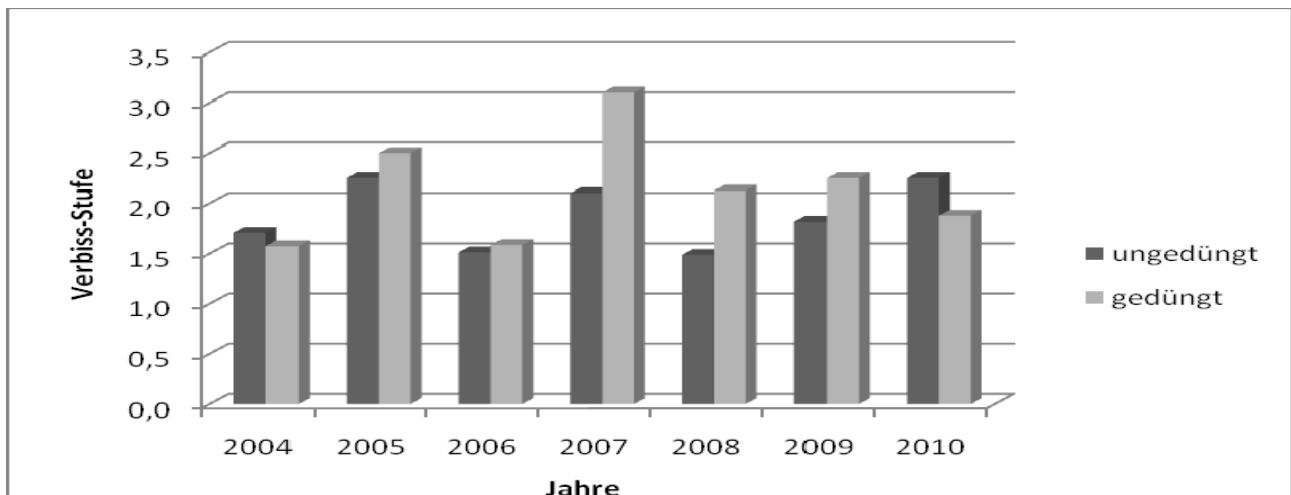
Prüffaktor	Mutterkuhmisteinsatz		Weidepflege		
	ohne	mit	Nachmahd	Nachweide	GD <sub>α</sub> 5%
<b>2004<sup>1)</sup></b>	13,3	13,7	13,6	13,4	4,45 n.s. <sup>2)</sup>
2005	24,5	25,5	24,6	25,5	7,12 n.s.
<b>2006<sup>1)</sup></b>	53,0	53,4	56,7	49,7	15,7 n.s.
2007	10,2	9,4	9,8	9,8	2,75 n.s.
<b>2008<sup>1)</sup></b>	30,8	32,4	35,6	27,6	15,33 n.s.
2009	18,3	21,7	20,0	20,0	6,63 n.s.
<b>2010<sup>1)</sup></b>	20,4	32,6	31,8	21,2	17,18 n.s.
2011	20,7	22,5	24,0	19,1	14,94 n.s.
<b>Mittel</b>	<b>23,9</b>	<b>27,7</b>	<b>27,0</b>	<b>23,3</b>	-

1) 30 t/ha Mutterkuhmist 2) n.s. = nicht signifikant

Nachmahd wirkte sich gegenüber einer Nachweide mit Mutterkühen positiv auf die TM-Erträge im Folgefrühjahr aus (Tab. 2). Da die Nährstoffe der nachgemähten Weidereste mineralisiert den Weidepflanzen wieder zur Verfügung standen, kam es hier gegenüber der Nachweide mit Mutterkühen/Kälbern offenbar zu keiner weiteren Nährstoffabfuhr. Weil die Mutterkühe die Narbe schonender als die Pferde abgrasten, traten durch sie kaum Narbenschäden ein. Daher kann bei Futterknappheit auf Mutterkuhweiden die Nachweide von Weideresten auf Pferdeweiden ein Beitrag zur umweltschonenden Weidepflege und besserer Futterausnutzung sein.

Die Untersuchungen zum Weideverhalten der Pferde zeigten, dass die Tiere mehrheitlich in den Arealen mit Mutterkuhmistdüngung grasten (Abb. 1).

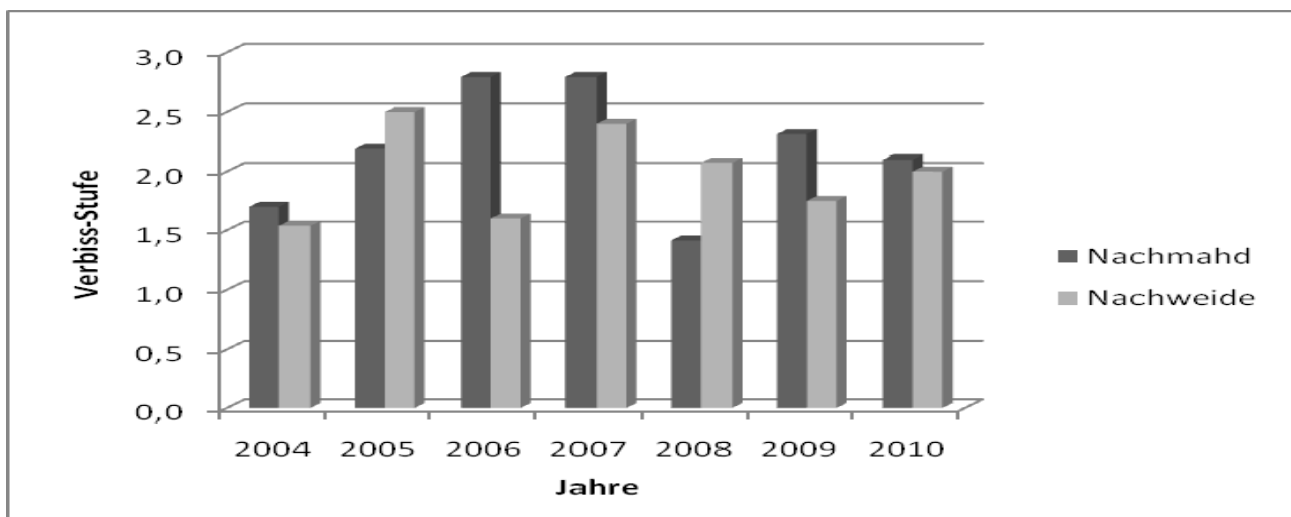




**Abb. 1:** Mittlere Verbiss-Stufe der Pflanzenbestände einer Pferdeweide in Abhängigkeit von der Düngung mit Mutterkuhmist. Versuchsstandort Burig 2004-2010

Da die Pferde des Weideversuches nachts im Stall gehalten und angefüttert auf die Weide kamen, präferierten sie offenbar die gedüngten Weideteilflächen mit dem höheren Futterangebot. Inwiefern die botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände und bestimmte Futterinhaltsstoffe auch Einfluss auf den Verbiss der Weidenarben hatten, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Die Wirkung der geprüften Weidepflegemaßnahmen Nachmahd und Nachweide mit Mutterkühen auf den Narbenverbiss der Pferde war sehr differenziert (Abb. 2).



**Abb. 2:** Mittlere Verbiss-Stufe der Pflanzenbestände einer Pferdeweide in Abhängigkeit von der Weidepflege. Versuchsstandort Burig 2004-2010

Es zeichnet sich ab, dass die Pferde in 5 von bisher 7 Versuchsjahren die nachgemähten Bestände stärker präferierten als jene die mit Mutterkühen nachgeweidet wurden. Beobachtungen ergaben, dass mechanische Pflege eine bessere Verteilung und Zersetzung der Pferdekotstellen bewirkte, so dass damit Infektionsquellen für Pferde-krankheiten verringert und ein gleichmäßiger Futternachwuchs erreicht wird. Somit hatte Nachmahd einen positiveren Einfluss auf das Pflanzenwachstum und das Weideverhalten der Pferde.

### **Schlussfolgerungen**

Der Einsatz von Mutterkuhmist aus der Winteraußenhaltung (30 t/ha im Frühjahr, im Abstand von 2 Jahren) bewirkte auf einer Pferdeweide in der Spreeniederung des Landes Brandenburg im Zeitraum von 2004 bis 2011 keine signifikanten TM-Mehrerträge gegenüber der Variante ohne Misteinsatz. Dennoch trat ab dem dritten Anwendungszyklus (2008) eine deutliche Stabilisierung der TM-Erträge ein. Mutterkuhmist ist für das Grünland von Öko-Betrieben eine wertvolle und langsam wirkende Nährstoffquelle. Tritt auf Flussauengrünland nach herbstlicher Mistdüngung Hochwasser auf, so ist mit Nährstoff-verlusten durch Auswaschung zu rechnen, so dass ein Misteinsatz auf diesem Grünland aus Umweltschutzgründen erst im zeitigen Frühjahr in Betracht kommt.

Nachmahd verbesserte auf der untersuchten Pferdeweide gegenüber der Nachweide mit Mutterkühen die Ertragsfähigkeit der Pflanzenbestände, so dass auf mechanische Weidepflege nicht verzichtet werden kann und betriebsabhängig auch mit der Nachweide von Pferdeweideresten durch Mutterkühe kombiniert werden sollte.

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass der Narbenverbiss der Pferde durch den Einsatz von Mutterkuhmist und Nachmahd gefördert wird. Nachmahd verbessert die Verteilung der Pferdekotstellen und drängt nicht gefressene Pflanzen wie großblättrige Ampferarten wirksamer zurück. Den Tieren steht dadurch mehr Weidefläche mit meist besserem Futter zur Verfügung.

Die Untersuchungen werden im Landwirtschaftsbetrieb GbR Dr. J. Lehmann, Neu Zittau weiter geführt und durch Tierbeobachtungen ergänzt.

**Literatur**

- ALAI, H. (2009): Organische Düngung und Pflegemanagement von Pferdeweiden. Humboldt-Universität zu Berlin, M.Sc.-Arbeit, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau.
- ANONYMUS (2011): F.A.O. STAT Pferdeanzahl, <http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>.
- GRUBER, R. (2002) : Pferde in Weidehaltung. Verlag Ulmer, Stuttgart.
- NINDEL, R. (2004): Botanische Veränderungen der Pflanzenbestände einer Pferdeweide in Abhängigkeit von Düngung und Weidepflege. Humboldt-Universität zu Berlin, B.Sc.-Arbeit, Fachgebiet Grünlandssysteme.
- SCHWEITZER, K. (2006): Standortbeschreibung der Versuchspartzen in Burig/Neu Zittau. Humboldt-Universität zu Berlin, Fachgebiet Bodenkunde und Standortlehre.
- RICHTER, K. (1988): Düngung des Graslandes. In: BREUNIG, W., MÄRTIN, B., WOJAHN, E. (Hrsg.): Futterproduktion. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, S. 167-181.

# Effekte von Beweidungsintensität und Grasnarbenstruktur auf Diversität und Abundanz von Heuschrecken (Orthoptera)

J. S. Jerrentrup, N. Wrage, J. Isselstein

Email: [sabrina.jerrentrup@agr.uni-goettingen.de](mailto:sabrina.jerrentrup@agr.uni-goettingen.de)

## Zusammenfassung

Das Weidemanagement ist ein bedeutender Faktor nicht nur für die floristische sondern auch für die faunistische Zusammensetzung von Weidesystemen. In einem Langzeitexperiment auf mäßig artenreichem Dauergrünland wurde das Weidemanagement im Sinne der Beweidungsintensität variiert und dessen Einfluss auf Heuschrecken (Orthoptera) untersucht. Artenreichtum und Abundanz wurden zwischen 2002 und 2004 und erneut in 2010 ermittelt. Daneben wurden Vegetationsaufnahmen und strukturelle Messungen der Grasnarbe durchgeführt. Sowohl Abundanz als auch Artenreichtum wurden durch die Beweidungsintensität beeinflusst. Die Ergebnisse werden weiterhin in Beziehung zu botanischer Diversität, Grasnarbenhöhe und -heterogenität diskutiert. Wir schließen aus den Beobachtungen, dass eine angepasste Beweidungsintensität besonders geeignet ist, vielfältige Heuschreckenvorkommen zu fördern.

## Einleitung

Freiwerdende intensiv genutzte Weideflächen bieten im Zuge der Extensivierung Möglichkeiten zur Förderung der Biodiversität. Besonders Rinder in niedriger Besatzstärke bieten sich hier an, da sie eine höhere, heterogene Grasnarbenstruktur schaffen können, von der auch faunistische Indikatoren wie beispielweise Heuschrecken profitieren (KRUESS und TSCHARNTKE, 2002; ROOK et al. 2004, WALLIS DE VRIES *et al.*, 2007; DUMONT *et al.*, 2009). Ziel dieser Untersuchung war daher, den langfristigen Einfluss der Beweidungsintensität auf Artenreichtum und Abundanz von Heuschrecken zu analysieren. Daneben wurden auch weitere Faktoren, wie Grasnarbenheterogenität, botanische Diversität und Grasanteil, in der Auswertung berücksichtigt.

## Material & Methoden

Das Experiment wurde auf mesophilem Grasland am Rande des Sollings, Niedersachsen, durchgeführt (für Produktivitäts- und Qualitätsmerkmale s. ISSELSTEIN et al. 2007). Der Versuch bestand aus einem dreifach replizierten, randomisierten Blockdesign mit ein ha großen Parzellen. Zwischen 2002 und 2004 bestand der Versuch aus zwei Intensitätsvarianten, eine dritte wurde 2005 eingeführt. Der Faktor Beweidungsintensität wurde an der Narbenhöhe orientiert (hohe Intensität: Zielhöhe 6 cm, mittlere: 12 cm, niedrige: 18 cm), die regelmäßig mit dem Rising-Plate-Meter gemessen wurde (SAHIN DEMIRBAG et al., 2009). Je nach Durchschnittshöhe wurden auf die Parzellen Fleckvieh-Rinder auf- oder abgetrieben (put and take-System).

Die Aufnahme von Artenreichtum und Abundanz der Heuschrecken wurde dreimal jährlich (Juli, August, September) auf drei 50 m-Transekten pro Parzelle mit einer Fangmethode (beschrieben in WALLIS DE VRIES et al., 2007) vorgenommen. Zur Auswertung wurden die Daten von Artenreichtum und Abundanz pro Jahr verwendet.

Für die Analyse des Jahres 2010 wurden der mittlere botanische Artenreichtum, sowie der Grasanteil aus den zweimal jährlich durchgeführten Vegetationsaufnahmen (zehn 1 m<sup>2</sup>-Dauerquadrate pro Parzelle) berechnet. Daneben wurde eine Höhenvermessung eines Transekts pro Parzelle mittels des sog. sward stick (BIRCHAM, 1981) in 100 Einzelmessungen vorgenommen, aus der Grasnarbenhöhe und horizontale Strukturheterogenität (Bereich der Höhenunterschiede) abgeleitet wurden.

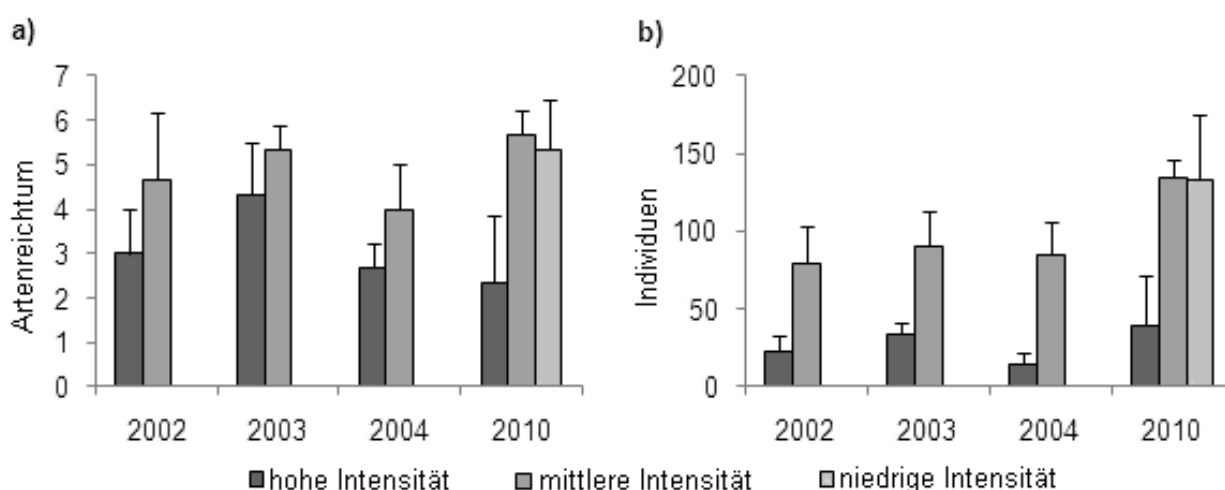
Die statistische Auswertung wurde mit einem gemischten Model durchgeführt, mit Beweidungsintensität und Jahr sowie deren Interaktion als festen Faktoren. Die Jahre wurden als Messwiederholungen behandelt. Für den Faktor Beweidungsintensität im Jahre 2010 fand eine One-Way ANOVA Verwendung. Weiterhin wurden für 2010 in zwei multiplen Regressionsmodellen der Einfluss von Grasnarbenhöhe und –heterogenität, sowie botanischem Artenreichtum und Grasanteil getestet.

## Ergebnisse & Diskussion

Insgesamt wurden neun Heuschreckenarten gefunden, häufigste Art war *Chorthippus albomarginatus*. Der Artenreichtum zeigte sich signifikant niedriger ( $P < 0,05$ ) auf der Variante mit höchster Beweidungsintensität (Abb. 1). Dieses traf auch für das Jahr 2010 zu, allerdings gab es hier keinen signifikanten Unterschied zwischen der mittleren und niedrigen Beweidungsintensität.

Ähnliches spiegelte sich auch in den Individuenzahlen wieder (Unterschied mittlere – niedrige Beweidungsintensität  $P < 0,001$ , kein signifikanter Unterschied zwischen niedriger und mittlerer Intensität in 2010).

Diese Ergebnisse zeigen, dass sich eine zu hohe Beweidungsintensität negativ auf Heuschreckendiversität und –abundanz auswirken und stimmen in diesem Zusammenhang mit Studien von WALLIS DE VRIES et al. (2010) und DUMONT et al. (2009) überein. Das höhere Vorkommen auf mittlerer und niedriger Beweidungsintensität erklärt sich weiterhin gut durch die Präferenz von Grasnarbenhöhen im Bereich von 10 - 20 cm, welches sowohl für die dominante Art *C. albomarginatus* als auch für eine weitere im Versuch aufgefundene Spezies, *C. parallelus*, gilt (GARDINER et al. 2002) und damit mit den Zielnarbenhöhen dieser Varianten zusammenpasst.



**Abb. 1:** a) Artenreichtum (Anzahl der Arten) und b) Abundanz (gezählte Individuen) von Heuschrecken bei unterschiedlicher Beweidungsintensität. Hohe und mittlere Beweidungsintensität seit 2002, niedrige seit 2005. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung. Statistische Unterschiede sind im Text genannt.

Der Heuschrecken-Artenreichtum in 2010 konnte in der multiplen Regression nicht durch die gegebenen Variablen erklärt werden (Tab. 1). Dahingegen zeigte sich das Modell für die Abundanz signifikant. Grasnarbenheterogenität, botanischer Artenreichtum und Grasanteil waren nicht signifikant, jedoch war die Grasnarbenhöhe positiv mit den Individuenzahlen korreliert (Tab. 1).

**Tab. 1:** Einfluss von Grasnarbenhöhe und –heterogenität (gemessen als Höhenbereich), botanischem Artenreichtum und Grasanteil auf Heuschrecken-Artenreichtum und –Abundanz. Abgebildet sind der ANOVA Fit der Regressionslinien (F), der Variationskoeffizient ( $R^2$ ) und die Variationskoeffizienten der einzelnen Variablen mit statistischen Signifikanzen.

	Artenreichtum	<i>P</i>	Abundanz	<i>P</i>
F	1.574	0.336	8.97	0.028
$R^2$	0.22		0.80	
Grasnarbenhöhe	0.36	0.116	10.68	0.005
Grasnarbenheterogenität	- 0.09	0.388	- 0.69	0.926
Bot. Artenreichtum	1.20	0.392	21.52	0.178
Grasanteil	0.08	0.547	0.96	0.620

Dies zeigt die besondere Bedeutung der Grasnarbenhöhe, was auch schon von BATÁRY et al. (2007) unterstrichen wurde und offensichtlich auch mit der Beweidungsintensität zusammenhängt (Korrelation Beweidungsintensität und Grasnarbenhöhe (Sward Stick)  $P < 0,05$ ).

### Schlussfolgerungen

Die Reduktion der Beweidungsintensität von 6 cm Zielnarbenhöhe auf 12 cm zeigte sich als geeignete Maßnahme, um arten- und individuenreiche Heuschreckenvorkommen zu fördern. Trotzdem kann aus dieser Studie geschlossen werden, dass es nicht nötig ist, die Zielnarbenhöhe auf 18 cm zu erhöhen und den damit gesteuerten Tierbesatz weiter zu verringern. Insgesamt scheint die Grasnarbenhöhe ein besserer Prädiktor für die Heuschreckenabundanz zu sein als Grasnarbenheterogenität, botanischer Artenreichtum und Grasanteil.

## Literatur

- BIRCHAM, J.S. (1981): Herbage growth and utilization under continuous management. Doktorarbeit, Universität Edinburgh, Großbritannien.
- DUMONT, B., FARRUGGIA, A., GAREL, J.-P., BACHELARD, P., BOITIER, E. und FRAIN, M. (2009): How does grazing intensity influence the diversity of plants and insects in a species-rich upland grassland on basalt soils? *Grass and Forage Science* 64, 92-105.
- BATÁRY, P., ORCI, K.M., BÁLDI, A., KLEIJN, D., KISBENEDEK, T. und ERDŐS, S. (2007): Effects of local and landscape scale and cattle grazing intensity on Orthoptera assemblages of the Hungarian Great Plain. *Basic and Applied Ecology* 8, 280-290.
- GARDINER, T., PYE, M., FIELD, R. und HILL, J. (2002): The influence of sward height and vegetation composition in determining the habitat preferences of three *Chorthippus* species (Orthoptera: Acrididae) in Chelmsford, Essex, UK. *Journal of Orthoptera Research* 11, 207-213.
- ISSELSTEIN, J., GRIFFITH, B.A., PRADEL, P. und VENERUS, S. (2007): Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 1. Nutritive value of herbage and livestock performance. *Grass and Forage Science* 62, 145-158.
- KRUESS, A. und TSCHARNTKE, T. (2002): Grazing intensity and the diversity of grasshoppers, butterflies and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology* 16, 1570-1580.
- ROOK, A.J., DUMONT, B., ISSELSTEIN, J., OSORO, K., WALLISDEVRIES, M.F., PARENTE, G., MILLS, J. (2004): Matching type of livestock to desired biodiversity outcomes in pastures – a review. *Biological Conservation* 119, 137–149.
- SAHIN DEMIRBAG, N., RÖVER, K.U., WRAGE, N., HOFMANN, M., ISSELSTEIN, J. (2009): Herbage growth rates on heterogeneous swards as influenced by sward-height classes. *Grass and Forage Science* 64, 12-18.
- WALLIS DE VRIES, M.F., PARKINSON, A.E., DULPHY, J.P., SAYER, M. und DIANA, E. (2007): Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 4. Effects on animal diversity. *Grass and Forage Science* 62, 185-197.



# Nachkommenvergleich von HF-Bullen unterschiedlicher Populationen in Weidebetrieben im Zeitraum 2010 – 2021

<sup>1</sup>Leisen, E., <sup>2</sup>König-v. Borstel, U. und <sup>3</sup>König. S.

<sup>1</sup>LWK NRW, Nevinghoff 40, 48147 Münster, edmund.leisen@LWK.NRW.de;

<sup>2</sup> Georg-August-Universität Göttingen, Dep. Nutztierwissenschaften, 37075 Göttingen,

<sup>3</sup> Universität Kassel, Abteilung Tierzucht, D- 37213 Witzenhausen

## Problemstellung

Die Zuchtwerte der auf Weidebetrieben in Deutschland mittels künstlicher Besamung eingesetzten Bullen basieren seit Jahrzehnten auf Töchterleistungen mit relativ wenig oder keinem Weidegang, aber vergleichsweise hohen Krafffuttereinsatz (High input system). Neuseeländische HF-Bullen dagegen sind speziell für die Anforderungen in Weidebetrieben (insbesondere geringer Krafffuttereinsatz) gezüchtet worden (Low input system). In mehreren Weideversuchen zeigte beim direkten Vergleich die neuseeländische Genetik Vorteile gegenüber der europäischen Genetik: Die Neuseeländer hatten eine bessere Fruchtbarkeit (Horan et al. 2004), eine bessere Flächeneffizienz (Thomet et al. 2010), eine bessere Wirtschaftlichkeit (McCarthy et al. 2007) und bei saisonaler Abkalbung auch eine bessere Stickstoffeffizienz (Ryan et al. 2010). Mit neuseeländischer Genetik sind deshalb Verbesserungen sowohl bei Gesundheit, Leistung, Wirtschaftlichkeit und Umwelt zu erwarten. Bevor eine allgemeine Empfehlung herausgegeben werden kann, müssen sich die Kühe neuseeländischer Herkunft allerdings noch langjährig unter unterschiedlichen Standort- und Haltungsbedingungen Mitteleuropas bewähren. Zu prüfen ist neben dem Populationsvergleich für eine Vielzahl von Merkmalen, unter anderem wie sich die Klauengesundheit dieser an die Weide angepassten Population unter den Stallbedingungen des Winterhalbjahres entwickelt.

## Folgende Hypothesen gilt es hierbei zu untersuchen:

1. Gezielt ausgesuchte HF-Bullen aus Zuchtprogrammen in Mitteleuropa und Nordamerika liefern für Weidehaltung angepasste Genetik, auch wenn sie im High input system aufgewachsen sind.
2. Für Betriebe mit viel Weidegang bietet der Einsatz von Holsteingenetik aus Neuseeland Vorteile im Vergleich zu den Bullen, deren Töchterleistungen in

Stallhaltungssystemen erbracht wurden. Neuseeländer HF-Kühe können für Weidebetriebe vorteilhaft sein.

3. Die Selektionsstrategie im Betrieb entscheidet über die angepasste Genetik. Der eingesetzte Bulle hat nur begrenzten Einfluss.

### **Material und Methoden**

Als Rasse wurden Holstein-Friesen (häufigste Rasse auf Öko-Betrieben in Norddeutschland) deutscher und neuseeländischer Herkunft gewählt. Der Vorteil für zukünftige Zuchtprogramme: Neuseeland hat eine sehr große Population. Die Zuchtverbände erstellten eine Liste der für die Prüfsysteme geeigneten Bullen mit ihren Zuchtwerten. Die notwendigen Daten (Stammdaten, Leistungsdaten, Gesundheitsdaten) werden beim VIT in einer Datenbank gespeichert und der Universität Göttingen, Departement für Nutztierwissenschaften, für genetisch statistische Analysen zur Verfügung gestellt.

In beteiligten Betrieben werden folgende Anpaarungen verglichen:

1. 20 % der Herde: Ausgewählte Bullen aus Neuseeland
2. 20 % der Herde: Ausgewählte Bullen aus den Zuchtprogrammen in Mitteleuropa
3. 60 % Bullen entsprechend den Vorstellungen des Landwirtes

### **Umfang der Untersuchungen**

**Anzahl teilnehmender Betriebe:** 50 Betriebe in Deutschland und Österreich

**Auswahl der Bullen:** 6 neuseeländische und 6 deutsche HF-Bullen.

**Zeitraumen: 2010 – 2021:** In die Untersuchungen mit einbezogen werden die F1- und die F2-Generation, letztere soll mindestens bis zur 3. Laktation begleitet werden: **Besamung 2010** → Kälber F1-Generation 2011 → Kühe F1-Generation 2014 → Kälber F2-Generation 2015 → Kühe F2-Generation 2018 in 1. Laktation → **Kühe F2-Generation in 3. Laktation bis 2021**

### **Erste Auswertungen**

Zum Einsatz kamen deutlich mehr neuseeländische als deutsche Bullen. Mehrere Betriebe wollten in größerem Umfang neuseeländische Bullen testen. In der F1-Generation ist bei den Neuseeländern mit 508 und bei den Deutschen mit 373 weiblichen Kälbern zu rechnen.

Mit 44 % bzw. 45 % war der Besamungserfolg (vorläufiges Ergebnis) bei beiden Populationen gleich. Wie erfolgreich die Besamungen waren, zeigt sich aber letztendlich erst, nachdem die Kälber geboren sind.

Anmerkung zum Sommer 2010: Die Besamungserfolge waren wahrscheinlich witterungsbedingt in diesem Sommer allgemein nicht besonders gut. Zu diesem Ergebnis kommen sowohl die Praktiker als auch die Besamungsstationen. Eine Rundfrage ergab: Betroffen davon waren nicht nur Weidebetriebe, sondern auch Betriebe mit fast ausschließlich Stallhaltung.

**Umfang von Besamungen und  
Anteil erfolgreicher Besamungen**

	<b>Neuseeländische Bullen</b>	<b>Deutsche Bullen</b>
<b>Anzahl Portionen im Einsatz</b>	<b>2031</b>	<b>1493</b>
<b>voraussichtliche Anzahl weiblicher Kälber (bei BSI von 2)</b>	<b>508</b>	<b>373</b>
<b>Anteil erfolgreicher Besamungen (1) (vorläufiges Ergebnis)</b>	<b>44%</b>	<b>45%</b>

**(1): tatsächlicher Anteil dürfte höher liegen, da bis jetzt noch nicht zu jeder Kuh eine Trächtigkeitsuntersuchungen vorliegt**

**Literatur:**

Horan B., Mee J.F., Rath M., O'Connor P. and Dillon P. (2004): The effect of strain of Holstein-Friesian cow and feed system on reproductive performance in seasonal-calving milk production systems. *Animal Science* 79, 453-467.

McCarthy S., Horan B., Dillon P., O'Connor P., Rath M. and Shalloo L. (2007): An economic comparison of three divergent strains of Holstein-Friesian dairy cows in various pasture-based milk production systems. *Journal of Dairy Science* 90, 1493-1505.

Ryan W., Hennessy D., Boland T. and Shalloo L. (2010): Nitrogen balances for three strains of dairy cows and contrasting intensive grassland systems. In: *Grassland in a changing world. 23th General Meeting of the European Grassland Federation, Kiel, 1067 – 1069.*

Thomet P., Piccard V., Schori F., Troxler J., Wanner M. and Kunz P. (2010): Efficiency of Swiss and New Zealand dairy breeds under grazing conditions on Swiss dairy farms. In: *Grassland in a changing world. 23th General Meeting of the European Grassland Federation, Kiel, 1018 – 1020.*

# **Wirtschaftlichkeit ökologischer Milchviehhaltung bei unterschiedlichem Weideumfang – 5-jährige Auswertung**

Leisen, E. und Rieger, T.

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Nevinghoff 40, 48147 Münster,  
edmund.leisen@LWK.NRW.de

## **Problemstellung**

Auf Öko-Betrieben haben Milchkühe fast durchweg Weidegang, je nach Betrieb allerdings in unterschiedlichem Umfang. Bei hofnah nur wenig Weide wird nur stundenweise ausgetrieben, andere Betriebe weiden Tag und Nacht. Um einen Rückgang von Weideumfang zu stoppen, müssen auch die wirtschaftlichen Vorteile aufgezeigt werden. Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit von Weidegang liegen bisher aber nur wenige vor, speziell im ökologischen Landbau fehlen sie.

## **Folgende Hypothese gilt es zu untersuchen:**

Viel Weidegang kann wirtschaftlich sein, auch wenn dabei die Milchleistung geringer ausfällt.

## **Material und Methoden**

Die nachfolgende Auswertung basiert auf der Datengrundlage von 50 norddeutschen Öko-Betrieben der Wirtschaftsjahre 2004/05 bis 2008/09. Die Verrechnung erfolgte auf der Basis von Buchführungsdaten und Einzelgesprächen mit Landwirten mit anschließend einheitlicher Betriebszweiganalyse. Unberücksichtigt blieben die Daten weiterer 17 Betriebe mit standort- (Moor) oder rassebedingt (Doppelnutzungskühe) niedriger Leistung. Ausgewertet wurden die Betriebe nach den Vorgaben der DLG-Betriebszweiganalyse (DLG, 2004), d.h. als Vollkostenrechnung unter Berücksichtigung der Faktorkosten für die betriebseigenen Produktionsfaktoren.

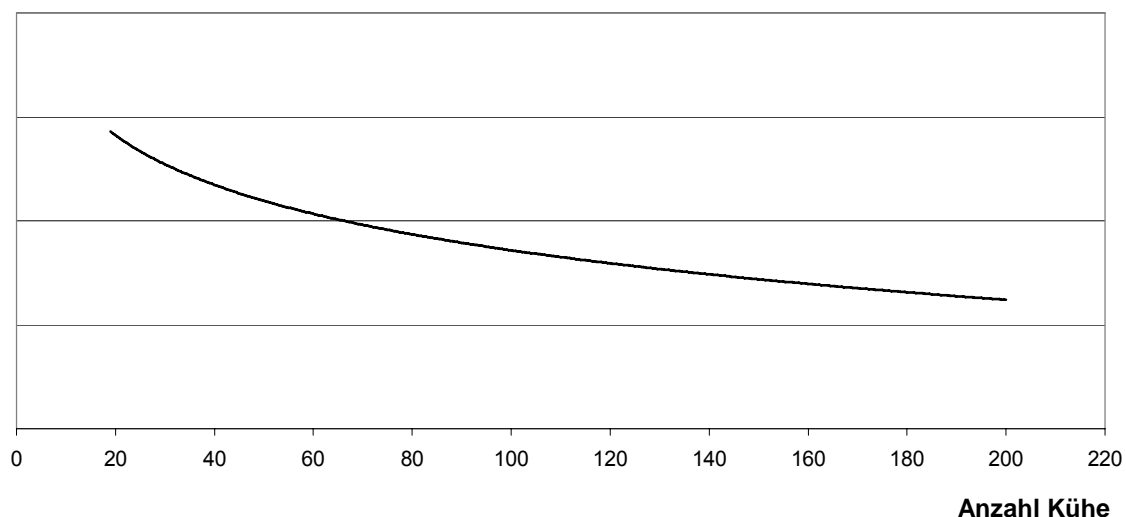
## **Parameter**

Daten zur Milchproduktion (Milchleistung, Fütterung), Arbeitswirtschaft, 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 und Diskussion

Die Einschätzung, für welchen Milchpreis Öko-Betriebe kostendeckend Milch erzeugen können, erfolgte anhand der Trendlinie nachfolgender Abbildung. Die Trendlinie ist eine mathematische Ableitung der Ergebnisse aller ausgewerteten Betriebe. Sie stellt somit lediglich die relativen Verhältnisse der Betriebe zueinander dar. Aus diesem Grund wurde auch auf die absolute Skalierung des langfristig kostendeckenden Milchpreises verzichtet, um nicht den falschen Eindruck generell erzielbarer Größenordnungen zu generieren. Betriebe unterhalb der Trendlinie erzeugen die Milch kostengünstiger als das Mittel der Betriebe bei vergleichbarer Herdengröße. **Anmerkung:** Ohne Berücksichtigung der Kostendegression bei steigender Kuhzahl ist die Auswertung mit einem systematischen Fehler behaftet, denn sowohl Weideumfang als auch Kraftfutteraufwand variieren mit der Herdengröße. Entsprechend wird beim Vergleich von Betrieben mit und ohne Weidegang auch in neueren Untersuchungen in den USA und den Niederlanden die Wirtschaftlichkeit bei gleicher Kuhzahl eingeschätzt (Plimlin A., 2008; Evers A. et al., 2008).

langfristiger  
kostendeckender  
Milchpreis  
(ct/kg FCM)



**Relation zwischen Kuhzahl und kostendeckendem Milchpreis**

Ein Vergleich von Betrieben mit unterschiedlichem Weideumfang zeigt: Betriebe mit mehr als 60 % Weideanteil in der Sommerration wirtschaften zu 72 % überdurchschnittlich gut trotz geringerer Kraftfuttergaben (im Vergleich zu Betrieben mit weniger als 40 % Weideanteil: 11,8 statt 19,8 dt/Kuh) und einer um 1054 kg ECM/Kuh niedrigeren Jahresmilchleistung (Tab.

1; weitere Einzelheiten zu Kosten und Leistungen siehe Tabelle 3 auf letzter Seite). Bei geringerem Weideumfang sind dagegen nur 42 bzw. 45 % der Betriebe überdurchschnittlich wirtschaftlich.

**Tab. 1: Anteil erfolgreicher Betriebe bei unterschiedlichem Weideumfang**  
nicht berücksichtigt: Betriebe mit standort- oder rassebedingt niedriger Leistung

		Weideumfang (1)		
		< 40 %	40 - 60 %	> 60 %
		<b>Anteil überdurchschnittlich erfolgreicher Betriebe (2)</b>		
		42%	45%	72%
		<b>Mittelwerte 5- jähriger Auswertung</b>		
Milchleistung	[kg ECM/Kuh]	7467	6960	6413
Krafftuttermenge (3)	[dt E III/Kuh]	19,8	15,1	11,8
Krafftuttermenge (3)	[kg KF/kg ECM]	0,265	0,217	0,184
Anzahl Betriebe		16	18	16

(1) Anteil Weide an Gesamtration in den Monaten Mai - Oktober

(2) überdurchschnittlich erfolgreiche Betriebe erzeugen die Milch bei gleicher Kuhzahl kostengünstiger

(3) incl. energiereichem Safffutter

Der Vorteil der Weide liegt vor allem darin, dass die Erzeugung der gleichen Energiemenge nur etwa halb so viel kostet wie die Erzeugung von Grassilage: speziell im Öko-Landbau sind es 12,8 statt 26,6 ct/10 MJ NEL (Betriebszweigauswertung NRW 2008/2009, aus Datenschutzgründen unveröffentlicht). Bezogen auf die Milchmenge haben Betriebe mit viel Weidegang deshalb trotz geringerer Milchleistung und weniger Kühen keine höheren Produktionskosten und kein schlechteres kalkulatorisches Betriebszweigergebnis als größere Betriebe mit vorwiegend Stallfütterung (Tab. 2). Einer näheren Untersuchung bedürfen die höheren Produktionskosten und das schlechtere kalkulatorische Betriebszweigergebnis der Betriebe mit mittlerem Weideumfang.

**Tab. 2: Kosten und Betriebszweigergebnis bei unterschiedlichem Weideumfang**  
nicht berücksichtigt: Betriebe mit standort- oder rassebedingt niedriger Leistung

		Weideumfang (1)		
		< 40 %	40 - 60 %	> 60 %
		<b>Mittelwerte 5- jähriger Auswertung</b>		
Milchkühe	[ø St.]	81	58	59
Summe Leistungen	[ct/kg ECM]	49,2	50,5	49,5
Summe Produktionskosten	[ct/kg ECM]	50,2	54,2	50,5
kalk. Betriebszweigergebnis	[ct/kg ECM]	-1,0	-3,7	-1,1
Anzahl Betriebe		16	18	16

(1) Anteil Weide an Gesamtration in den Monaten Mai - Oktober

Neuere Untersuchungen in den USA (Plimlin A., 2008) und den Niederlanden (Evers A. et al., 2008; Holshof G. et al., 2010) zeigen ebenfalls die wirtschaftlichen Vorteile von Weidegang, hier unter konventionellen Bedingungen.

### **FAZIT und Ausblick**

Eine 5-jährige Auswertung von 50 Öko-Milchviehbetrieben in Norddeutschland mit unterschiedlichem Weideumfang zeigte: Bei gleicher Kuhzahl sind Betriebe mit viel Weidegang zu 72 % überdurchschnittlich wirtschaftlich, ansonsten nur zu 42 – 45 % und dass, obwohl Betriebe mit viel Weidegang eine um 1054 kg ECM/Kuh niedrigere Jahresmilchleistung haben. Betriebe mit weniger Kühen können bei viel Weidegang deshalb genau so wirtschaftlich sein wie solche mit mehr Kühen aber wenig Weidegang. Betriebe die viel weiden können sollten deshalb aus ökonomischer Sicht diese Art der Milchviehhaltung voll nutzen. Einer näheren Untersuchung bedürfen die höheren Produktionskosten bei mittlerem Weideumfang. Im Zentrum zukünftiger Untersuchungen sollte auf breiterer Datenbasis der Vergleich von Betrieben gleicher Größenordnung hinsichtlich ihrer relativen Futterkosten bei viel und wenig Weidegang sein.

**Tab.3: Auswertung nach Weideumfang 2004/05 bis 2008/09**

nicht berücksichtigt: Betriebe mit standort- oder rassebedingt niedriger Leistung

		Weideumfang (1)		
		< 40 %	40 - 60 %	> 60 %
Anzahl Betriebe (ohne Besonderheiten)		16	18	16
Milchkühe	[ø St.]	81	58	59
Milchleistung	[kg ECM/Kuh]	7467	6960	6.413
Milchverkauf	[ct/kg ECM]	40,3	39,9	39,5
<b>Summe Leistungen</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>49,2</b>	<b>50,5</b>	<b>49,5</b>
Krafffutter	[ct/kg ECM]	7,8	7,0	6,0
Krafffuttermenge (incl. energiereichem Saffutter)	[dt E III/Kuh]	19,8	15,1	11,8
Krafffuttermenge (incl. energiereichem Saffutter)	[kg E III/kg ECM]	0,265	0,217	0,184
Saffutter	[ct/kg ECM]	1,1	1,1	0,9
Grobfutter	[ct/kg ECM]	11,9	13,1	12,4
Faktorkosten Grundfutter	[ct/kg ECM]	3,7	4,5	4,7
Futterkosten	[ct/kg ECM]	24,1	25,3	23,5
Tierarzt, Medikamente, Besamung, Sperma	[ct/kg ECM]	1,9	1,8	1,5
<b>Summe Direktkosten</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>29,2</b>	<b>30,4</b>	<b>28,1</b>
<b>Direktkostenfreie Leistung</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>20,0</b>	<b>20,1</b>	<b>21,4</b>
Lohnansatz	[ct/kg ECM]	6,4	9,2	8,3
Maschinenunterhaltung	[ct/kg ECM]	1,1	1,3	1,1
Treib- und Schmierstoffe	[ct/kg ECM]	0,7	0,7	0,5
AfA Maschinen, Betriebsvorrichtungen	[ct/kg ECM]	1,2	1,2	0,9
<b>Summe Arbeitserledigung</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>12,7</b>	<b>15,3</b>	<b>13,8</b>
<b>Summe Kosten für Milchlieferrechte</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>2,9</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>
<b>Summe Gebäudekosten</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>3,8</b>	<b>4,1</b>	<b>3,7</b>
Summe sonstige Gemeinkosten	[ct/kg ECM]	1,7	2,0	2,4
<b>Summe Gemeinkosten</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>21,1</b>	<b>23,9</b>	<b>22,4</b>
<b>Summe Produktionskosten</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>50,2</b>	<b>54,2</b>	<b>50,5</b>
<b>Kalkulatorisches Betriebszweigergebnis</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>-1,0</b>	<b>-3,7</b>	<b>-1,1</b>
davon Faktorkosten	[ct/kg ECM]	13,7	17,5	16,7
<b>Gewinnbeitrag</b>	<b>[ct/kg ECM]</b>	<b>10,5</b>	<b>11,7</b>	<b>14,6</b>
<b>Anteil überdurchschnittlich erfolgreicher Betriebe (oberhalb Trendlinie für langfristigen Milchpreis) (2)</b>				
<b>Mittel von 5 Wirtschaftsjahren</b>	<b>[Anteil der Betriebe]</b>	<b>42%</b>	<b>45%</b>	<b>72%</b>
<b>2008/2009</b>		<b>33%</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>

(1) Anteil Weide an Gesamtration in den Monaten Mai bis Oktober

(2) überdurchschnittlich erfolgreiche Betriebe erzeugen die Milch bei gleicher Kuhzahl kostengünstiger

**Literatur:**

DLG (2004): DIE BETRIEBSZWEIGABRECHNUNG. EIN LEITFADEN FÜR DIE PRAXIS. ARBEITEN DER DLG, BAND 197, 2. VOLLSTÄNDIG ÜBERARBEITETE NEUAUFLAGE.

PFLIMLIN A. (2008): LA FILIÈRE LAITIÈRE AUX ÉTATS-UNIS. DOSSIER ECONOMIE DE L'ÉLEVAGE NO378B. INSTITUT DE L'ÉLEVAGE, PARIS

HOLFSHOF G., HAAN M.H.A. DE (2010): GRASSLAND MANAGEMENT ON THE 'LOW COST FARM': AN OVERVIEW OF AN EIGHT-YEAR PERIOD. IN: GRASSLAND IN A CHANGING WORLD. 23TH GENERAL MEETING OF THE EUROPEAN GRASSLAND FEDERATION, KIEL, 112 – 114

EVERS A., HAAN M. DE, POL-VAN DASSELAR A.V.D., PHILIPSEN B. (2008): WEIDEN ONDER MOEILIJKE OMSTANDIGHEDEN. RAPPORT 147. ANIMAL SCIENCES GROUP VAN WAGENINGEN UR



# Futterwirtschaftliche Situation im Naturschutzgebiet Güstrow-Bockhorst bei Beginn einer ganzjährigen extensiven Beweidung

Renate Schönfeld – Bockholt\*, Matthias Dietze\*\*, Andreas Franke\*\*\*

\* Neu-Roggentiner Str. 58a, 18184 Roggentin, R.Schoenfeld-Bockholt@gmx.de

\*\* Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern.; Dorfplatz 1; 18276 Gülzow

\*\*\* Schnepfenweg 10; 49377 Vechta

## Einleitung und Problemstellung

Das Naturschutzgebiet Bockhorst befindet sich in Mecklenburg-Vorpommern, 3,5 km nordöstlich von Güstrow (JESCHKE et al. 2003). Es wurde 1992 gegründet, ist 64 ha groß und hat vorher nie eine intensive landwirtschaftliche Nutzung erlebt, da es früher im Deutschen Reich Truppenübungsplatz und danach in der DDR Panzerübungsgelände der Sowjetarmee war. Es enthält schützenswerte an nährstoffarme Sand- und Moorböden verschiedener Wasserstufen angepasste Grünlandgesellschaften mit bewundernswerter Artenvielfalt (225) und zahlreichen geschützten Pflanzenarten, die aber seit Beginn der extensiven landwirtschaftlichen Nutzung durch Beweidung schon rückläufig sind (CÖSTER et al., 1996, Schoenfeld-Bockholt et al., 2010). Trotz völligen Verzichts auf Düngung haben die mittlere Stickstoffzahl, die mittlere Futterwertzahl und die mittlere Mahdverträglichkeitszahl bereits zugenommen.

Im Jahre 2002 begann auf 50 ha die ganzjährige Beweidung durch Rinder und Pferde mit Wildcharakter, 8 bis 18 Heck - Rinder und 5 bis 7 Konik - Pferde weideten seitdem im Standweideverfahren. Die Besatzstärke von 0,3 bis 0,5 Großvieheinheiten je ha lässt eine großzügige Selektion des angebotenen Futters zu. Trotzdem gab es im Winter Tierverluste, insbesondere bei jüngeren Jungbullen von Heck - Rindern. Die Maßnahmen mit dem Ziel der Entstehung einer halboffenen Weidelandschaft sind von ehemaligen Studenten und Lehrkräften der AUF - Fakultät der Universität Rostock begleitet worden.

## Material und Methoden

Die von Rindern und Pferden beweidete Teilfläche wurde 2004 (DIETZE et al., 2006) an 210 im Raster von 50 m Abstand angelegten 25 m<sup>2</sup> kleinen Teilflächen vegetationskundig aufgenommen. Nahrungspräferenzen sind durch Tierbeobachtungen und Höhenmessungen unter Beweidung erfasst (Tab. 1), sowie Futterproben mit gleichzeitiger GPS - gestützter

Registrierung der Positionen gewonnen worden. Die Analyse der Futterproben erfolgte nach bewährten Labor-Methoden im Rahmen einer Diplomarbeit (FRANKE, 2006).

## Ergebnisse und Diskussion

### Ergebnisse der Messung der Futtervorräte im Jahresverlauf

Ab Mitte April ist eine Zunahme der Wuchshöhen und größerer Futterüberschuss (Abb. 1) zu erkennen; bis Ende August erreichen die Pflanzenbestände der einzeln ausgewiesenen Cluster bzw. Dominanzgesellschaften ihre größten Höhen. Ein Umdenken von den Wuchshöhen in Futterangebot je ha ist möglich, wenn man annimmt, dass 10 cm Wuchshöhe jeweils etwa 10 dt Trockenmasse je Hektar entsprechen. Bei der gewählten Besatzstärke von 0,3 bis 0,5 Großvieheinheiten je ha sind ganzjährig, sogar im Winter, ausreichende Futtervorräte vorhanden. Insgesamt variieren diese auf Teilflächen zwischen 10 und 110 dt Trockenmasse je ha.

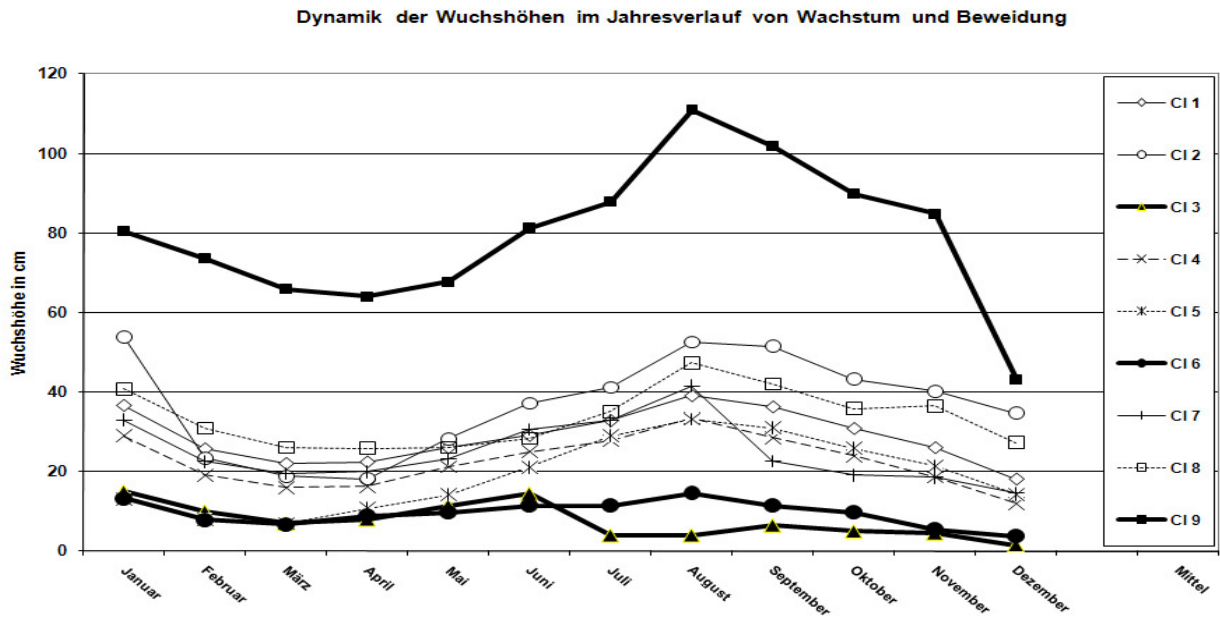
**Tab. 1:** Frequentierung der 50 ha großen Standweide durch Rinder und Pferde (DG = Deckungsgrad; FWZ = Futterwertzahl; FZ = Feuchtezahl)

	<b>Cluster Dominanzgesellschaft</b>	<b>Fläche (ha)</b>	<b>mittlerer DG %</b>	<b>mittlere Artenzahl</b>	<b>FWZ</b>	<b>FZ</b>	<b>Fressen %</b>	<b>Ruhen %</b>
1	Rohr-Glanzgras Sumpf-Reitgras	8	18,1 12,7	18,7	2,2	8	5	3
2	Blaugrüne Segge Sumpf-Segge	1,25	70,0 19,0	3,2	2,1	6,8	1	0
3	Rasen-Schmiele Schilf	0,25	80,0 5,0	10,0	2,8	7,2	0	2
4	Land-Reitgras Rot-Schwingel Rot-Straußgras	17,75	30,5 13,3 6,3	19,7	3	5,9	34	38
5	Knaulgras Rot-Straußgras	2	25,0 14,4	16,8	4,6	5,6	5	3
6	Rot-Schwingel Rot-Straußgras	11,25	16,8 16,7	21,0	3,7	5,5	34	36
7	Land-Reitgras Rot-Schwingel	5,25	67,1 5,5	11,7	2,2	5,7	10	10
8	Sumpf-Reitgras Schilf	5,25	31,9 8,1	21,9	1,7	7,8	9	8
9	Schilf Rohr-Glanzgras	1,25	78,0 5,2	2,0	2,0	9,6	1	0

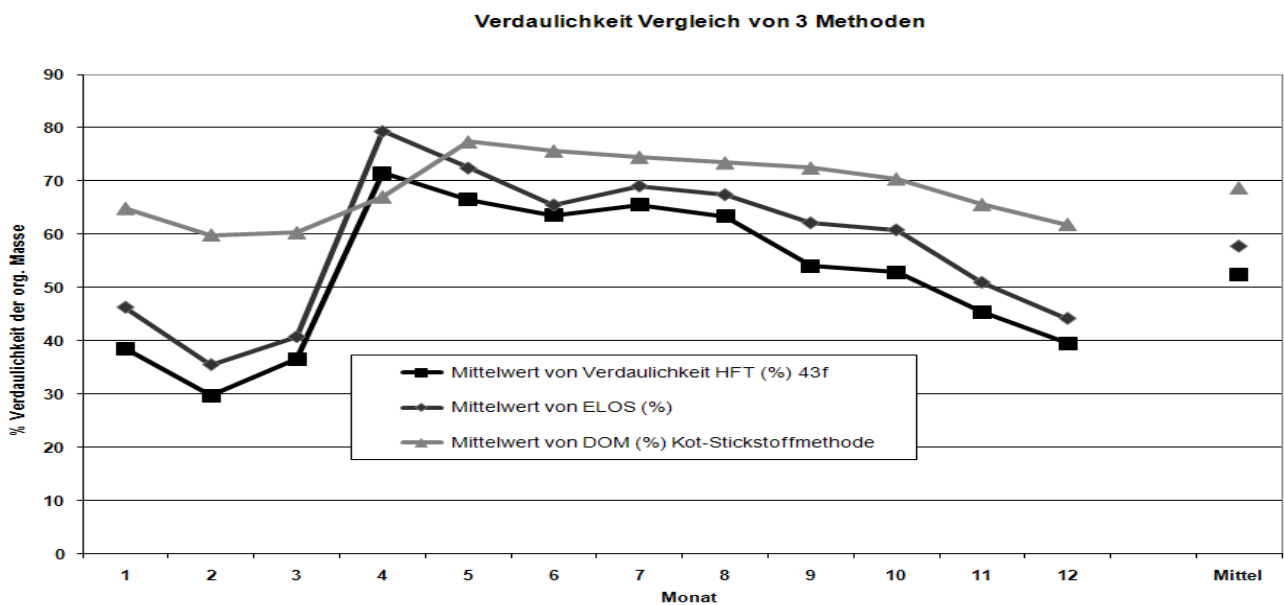
### Ergebnisse der Analyse der Futterqualität für Rinder und Pferde

Pferde und Rinder benötigen für eine ausreichende Ernährung die in Tab. 2 angegebenen Parameter der Futterqualität. Die Mittelwerte der Analysen von jeweils 4 bis 14 monatlichen Futterproben werden in Abb. 2, 3 und 4 dargestellt. Trotz sehr geringer Futterwertzahlen

standen im Sommerhalbjahr von April bis Oktober ausreichende Futterqualitäten für mittlere Leistungen bzw. mittlere Gewichtszunahmen zur Verfügung, dagegen erreichte das Winterfutter von Dezember bis März hohe Defizite im Vergleich zu Bedarfsnormen. Das Winterfutter stammte ja im Fall unserer Standweide im Gegensatz zu einer landwirtschaftlich gut organisierten Winterweide schon aus dem ersten Aufwuchs, enthielt keine wintergrünen Pflanzenarten und der Anteil von abgestorbenem Gewebe betrug im Extrem von Monat Januar bis Monat März > 90%.



**Abb.1:** Dynamik der Wuchshöhen in 9 Clustern bzw. 9 Dominanzgesellschaften



**Abb. 2:** Jahresverlauf der Mittelwerte der Verdaulichkeit des Futters nach 3 Schätzmethode

Dabei wurden extreme Qualitäts-Defizite im Monat Februar erreicht, wobei die Werte sogar weit unterhalb von Getreidestroh lagen. Dass die abgestorbenen Blätter teilweise schon in Fäulnis übergegangen waren, wird durch große Differenzen zwischen 2 Methoden der Futterwertbestimmung bestätigt, da die Methode von STEINGASS & MENKE (1986) mit Pansensaft (lebende Bakterien) und die Methode von FRIEDEL (1990) mit Cellulase (einem Enzym) arbeitet. Die Verdauung wird bei lebenden Pansenbakterien wie auch bei lebenden Tieren im Gegensatz zur enzymatischen Verdauung durch Befall des Futters mit Pilzen oder Fäulnisbakterien stark beeinträchtigt.

Die so ernährten Weidetiere nehmen im Winter nicht nur extrem ab, sondern sie können auch durch das verdorbene Futter erkranken und sogar verenden (Botulismus).

Die Kot-Stickstoff-Methode für Rinder reagiert natürlich auch nicht negativ auf verpilztes oder von Fäulnisbakterien befallenes Futter, da der Futterwert nur aus dem Stickstoffgehalt des Kotes hergeleitet wird, so dass deren Aussagewert im Winter ebenfalls sehr fraglich ist. Für die Beurteilung der Qualität des Weidefutters im Sommerhalbjahr ist diese Methode (Kot-Stickstoff) dagegen am besten. Mit ihrer Hilfe kann man den Futterwert der selektiv gefressenen Pflanzenteile sehr gut bestimmen. Futterproben entsprechend dem Angebot dagegen enthalten ganze Pflanzen, die in dieser Zusammensetzung aber nicht gefressen worden sind. Pferde können bei Weidegang viel besser selektieren als Rinder, was besonders für deren Ernährung im Winter von Vorteil sein dürfte.

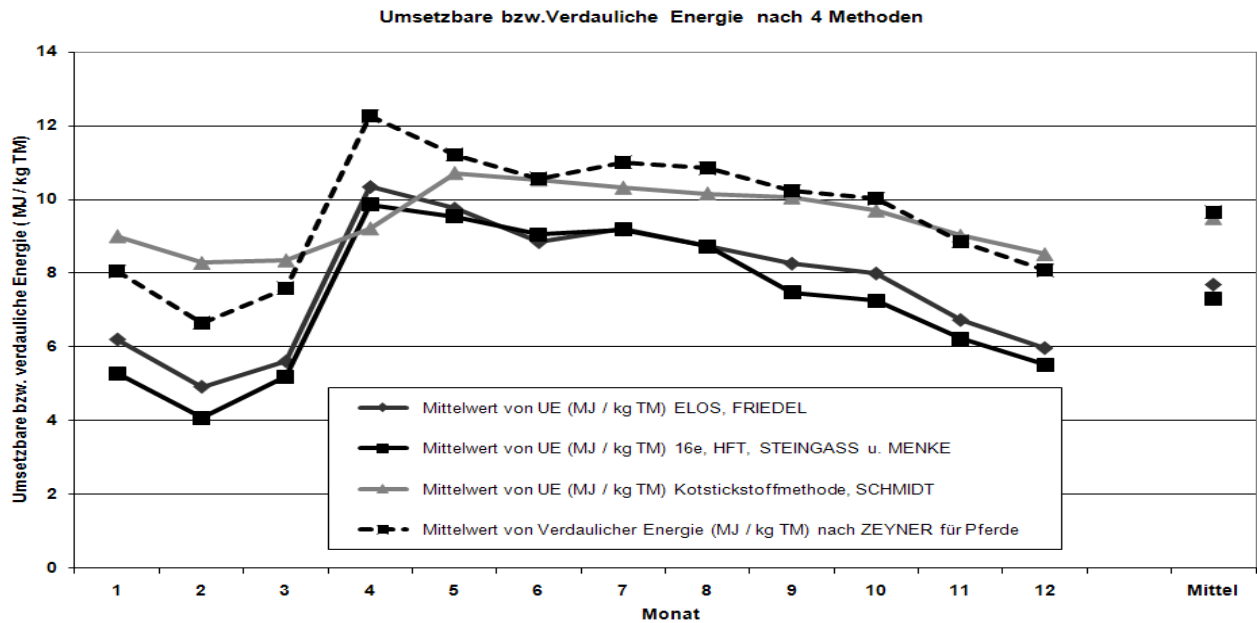
Vergleicht man die Futterenergie-Situation für die im Naturschutzgebiet Bockhorst im Standweideverfahren gehaltenen Jungbullen verschiedenen Alters mit der Situation der Konik - Pferde, so kommt man zu dem Ergebnis, dass die Qualität des Winterfutters für die Pferde weit weniger dramatisch war. Je jünger die Jungbullen sind (<1Jahr), desto höher sind ihre Anforderungen an die Futterqualität. So kann man auch die zahlreichen Todesfälle bei jüngeren Jungbullen und den besonders schlechten Zustand der jüngeren Jungbullen erklären, während alle Pferde den Winter in relativ gutem Futterzustand mit einer beachtlichen Vermehrungsrate überlebten.

### **Schlussfolgerungen**

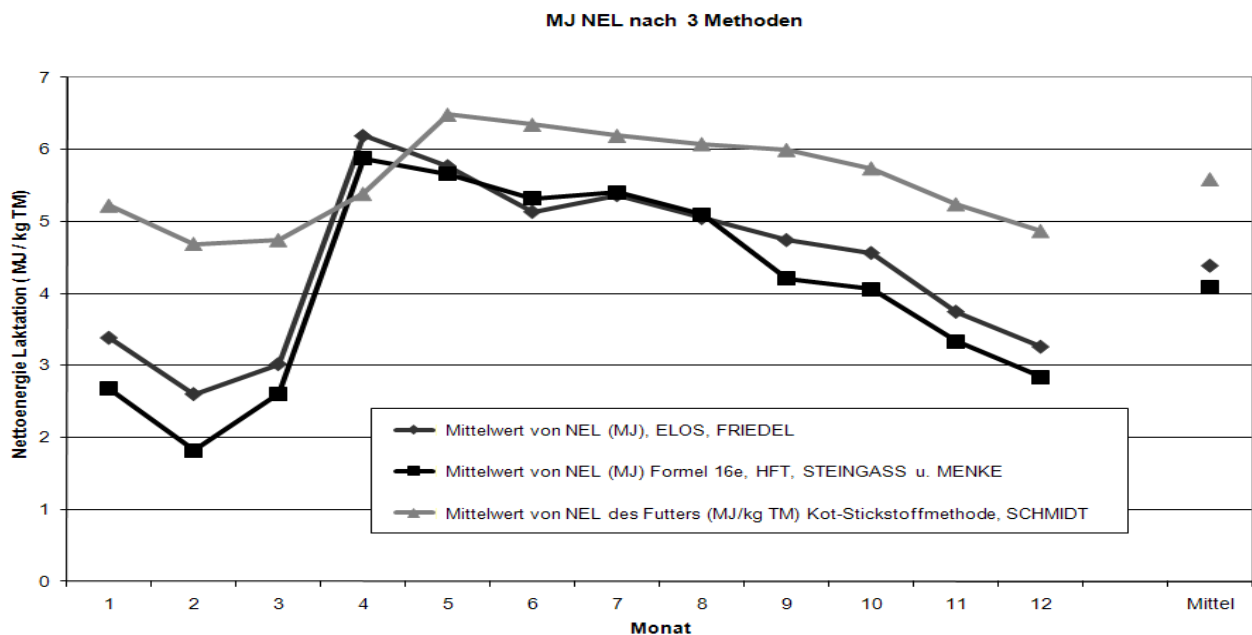
Trotz sehr niedriger Futterwertzahlen waren Futtermvorräte und Futterqualität im Sommerhalbjahr für Rinder und Pferde völlig ausreichend, im Winterhalbjahr reichte die Futterqualität für Rinder jedoch nicht für das Überleben anspruchsvoller Weiderinder.

Ordnungsgemäße Nutztierhaltung nach landwirtschaftlichen Prinzipien und winterliche Standweide von Rindern ohne Zufütterung in Naturschutzgebieten widersprechen sich.

Deshalb müssen auf Teilflächen entweder die landwirtschaftlichen Prinzipien einer Nutztierhaltung oder die Naturschutzziele eine Vorrangstellung bekommen.



**Abb. 3:** Jahresverlauf der Mittelwerte der umsetzbaren Energie des Futters für Rinder und Pferde



**Abb. 4:** Jahresverlauf der Mittelwerte der Nettoenergie Laktation des Futters für Rinder

Da Tierverluste zu vermeiden sind und Tierquälerei nicht erlaubt ist, muss bei Winter-Freilandhaltung von Rindern eine Zufütterung mit unverdorbenem Futter (Heu, Stroh, Heulage) erfolgen.

Die Zufütterung muss auf Flächen stattfinden, auf denen die Tiere entsprechend ihrer Bedürfnisse optimal betreut werden können (außer Zufütterung auch Parasitenprophylaxe und Tränke) und auf denen die Naturschutzziele aufgehoben sind.

**Tab. 2:** Anforderungen an die Futterqualität für Pferde und Rinder nach KIRCHGESSNER (2004)

Tierart/Futtermittel	Rohprotein (g/kg TM)	Verdaulichkeit der organischen Masse (%)	Umsetzbare bzw. verd. Energie (MJ /kg TM)	NEL für Milchrinder (MJ / kg TM)
Mastbullen	150 – 110	70 - 80	12 -10	
Milchrinder Erhaltung	90	50	8	4,8
+ 10 bzw. 20 kg Milch	120 -135	60 - 70	9 -10	5,6 - 6,0
Pferde Erhaltung	50 (30)	50	6-7	
+ leichte Arbeit	60 (35)	60	8-9	

## Literatur

- CÖSTER, I., DEGEN, B. & V. THIELE (1996): Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet Bockhorst (Stadt Güstrow). - unveröffentlicht, Auftraggeber: Staatliches Amt für Umwelt und Natur Rostock.
- DIETZE, M., DITTMANN, L. & R. BOCKHOLT (2006): Beurteilung des Systems der halboffenen Weidelandschaft aus landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Sicht. - Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., Band 18, S. 24 – 29.
- FRANKE, A. (2006): Futterqualität im Naturschutzgebiet Güstrow – Bockhorst im Rahmen ganzjähriger Beweidung mit Heckrindern und Konikpferden. - Diplomarbeit an der Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock.
- FRIEDEL, K. (1990): Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfutter mit Hilfe einer Cellulasemethode. - Wiss. Z. Uni Rostock, Nat. Reihe, S.78-86.
- JESCHKE, L., LENSCHOW, U. & H. ZIMMERMANN (2003): Die Naturschutzgebiete in Mecklenburg - Vorpommern. - Hrsg. Umweltministerium von Mecklenburg - Vorpommern, Schwerin, Demmler - Verlag.
- KIRCHGESSNER, M. (2004): Tierernährung. - DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt / Main.
- SCHMIDT, L., WEISSBACH, F., HOPPE, T. & S. KUHLA (1999): Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoff- Methode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum

Nachweis der selektiven Futteraufnahme auf der Weide. - Landbauforschung Völkenrode Heft 3/1999, S. 123 – 135.

SCHÖNFELD-BOCKHOLT, R., DIETZE, M., DITTMANN, L. u. A. FRANKE (2010): Vegetationskundige, ökologische u. futterwirtschaftliche Bewertung im Naturschutzgebiet Güstrow – Bockhorst. - Arch. Freunde Naturgeschichte Mecklenburgs XLIX-2010, S. 143 - 154

STEINGASS, H. & MENKE, K. H. (1986): Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse, II. Regressionsgleichungen. - Universität Hohenheim, Übers. Tierernährung 15, S. 59-94.

ZEYNER, A. (2005): In LAUK, H.D. (2005): Pferdeheilkunde. - Proceedings Equine Nutrition Conference, October 2005, Hannover, DLG-Verlag.

# Einfluss der Beweidungsintensität auf die Tierleistung und die Entwicklung der pflanzlichen Diversität auf einer Rinderstandweide

N. Wrage<sup>1,\*</sup>, K.-U. Röver<sup>2</sup>, N. Sahin-Demirbag<sup>3</sup>, M. Hofmann<sup>4</sup>, J. Isselstein<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37077 Göttingen

<sup>2</sup> Landwirtschaftsamt Leinefelde-Worbis, Lisztstraße 2, 37327 Leinefelde-Worbis

<sup>3</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Diskapi, Ankara, Türkei

<sup>4</sup> Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Landbewirtschaftung und Nachhaltigkeit, Team Systembewertung, Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt

\*neue Adresse: Hochschule Rhein-Waal, Department für Life Sciences, Agrarwissenschaft, Landwehr 4, 47533 Kleve; nicole.wrage@hsrw.eu

## Einleitung und Problemstellung

Grünland spielt weltweit eine zentrale Rolle für die Erhaltung der Artenvielfalt (WHITE et al., 2000). Hier kann auch mesotrophes Grünland in den gemäßigten Breiten einen wichtigen Beitrag leisten (ROOK et al., 2004). In den letzten 50 Jahren ist der Anteil von artenreichem Grünland jedoch sowohl in der Europäischen Union als auch weltweit durch Intensivierung der Bewirtschaftung oder Nutzungsaufgabe zurückgegangen (ROOK et al., 2004; WHITE et al., 2000).

Um artenreiches Grünland zu erhalten oder wiederherzustellen, wurden verschiedene Ansätze entwickelt (BERENDSE et al., 1992; PAVLU et al., 2007; PYKÄLÄ, 2003). Unter europäischen Verhältnissen ist eine beständige landwirtschaftliche Nutzung essentiell (POSCHLOD und SCHUMACHER, 1998). Insbesondere Beweidung wird oft als Managementmöglichkeit gesehen, da die Tiere selektiv Futter aufnehmen, Nährstoffe umverteilen und Trittstellen kreieren (DUMONT et al., 2007a; ROOK et al., 2004). So beeinflussen die Tiere die strukturelle Komplexität der Weide, insbesondere die Stabilität, Größe und Verschiedenartigkeit kleinräumiger Muster (TALLOWIN et al., 2005). Dies kann zu einer Zunahme der Phytodiversität führen (PAVLU et al., 2007; PYKÄLÄ, 2003). Andererseits können die Tiere durch die selektive Beweidung aber auch Futter aufnehmen, das eine bessere Qualität hat als die mittlere Qualität des Futterangebots auf der Weide (DUMONT et al., 2007a; GARCIA et al., 2003). Wenn der Weidedruck nicht zu hoch ist, kann so auch weniger produktives Grünland effizient landwirtschaftlich genutzt werden (DUMONT et al., 2007b; ISSELSTEIN et al., 2007).



Um eine weitere Reduzierung der Fläche artenreichen Grünlands zu verhindern, müssen Wege gefunden werden, die die Erhaltung der Diversität mit effizienter landwirtschaftlicher Produktion verbinden (ISSELSTEIN et al., 2005). Dabei wird aufgrund sinkender Tierzahlen in Europa die Frage nach einer Bewirtschaftung der Flächen mit möglichst wenigen Tieren lauter. In diesem Beitrag untersuchen wir daher die Auswirkung von drei Beweidungsintensitäten (moderat, gering, sehr gering) auf die Leistung von Rindern sowie die Entwicklung der botanischen Diversität auf einer Standweide im Solling seit 2002. Dabei gehen wir davon aus, dass a) bei moderater Besatzstärke die Nettoweideleistung pro Fläche höher ist, b) die Leistung pro Tier jedoch bei den niedrigeren Besatzstärken höher ist und c) sich sowohl die moderate als auch die sehr geringe Besatzstärke negativ auf die Entwicklung der botanischen Diversität auswirken.

### **Material und Methoden**

Das Experiment wurde auf mäßig artenreichem, mesotrophen Grünland (*Lolio-Cynosuretum*) in Relliehausen, Solling, als randomisierter Blockversuch mit je drei Wiederholungen durchgeführt (ISSELSTEIN et al., 2007; SAHIN DEMIRBAG et al., 2009). Im Jahr 2002 wurden drei Beweidungsintensitäten mit Fleckviehrindern etabliert (Parzellengröße 1 ha): a) moderate Besatzstärke (MC) mit einer Zielnarbenhöhe (gemessen als compressedwardheight, CSH) von 6 cm, b) geringe Besatzstärke (LC) mit einer Zielnarbenhöhe von 12 cm, und c) seit 2005 eine sehr geringe Besatzstärke (VLC) mit einer Zielnarbenhöhe von 18 cm. Bis 2005 wurde letztere Behandlung mit Deutschen Angusrindern bewirtschaftet, die Zielnarbenhöhe war 12 cm. Bis einschliesslich 2004 wurden alle Flächen mit Ochsen beweidet, danach für ein Jahr mit Färsen und anschließend mit trächtigen Mutterkühen. Die CSH wurde mindestens alle 14 Tage nach der Methode von CASTLE(1976) gemessen und die Tierzahlen pro Fläche entsprechend angepasst.

Die Gewichtszunahmen der Tiere wurden mittels einer an die Tränke gekoppelten automatischen Wägeeinrichtung, die im Rotationsprinzip für Tiere jeweils einer Behandlung eines Blocks zugänglich war, erhoben. Zusätzlich wurden alle Tiere beim Auf- und Abtrieb manuell gewogen. Die Berechnung der Nettoweideleistung erfolgte nach BAKER(2004) unter Berücksichtigung des Erhaltungsbedarfs sowie des Energiebedarfs für die Bewegung der Tiere auf der Fläche, die täglichen Gewichtszunahmen und –wo angemessen– den wachsenden Fötus.

Die botanische Zusammensetzung und der Deckungsgrad der Arten wurden im Mai jeden Jahres in zehn Dauerquadraten pro Fläche (á 1 m<sup>2</sup>) erhoben. Die mittlere Artenzahl pro Quadratmeter und der Shannon-Diversitätsindex wurden berechnet (Magurran, 2004).

Die statistische Auswertung erfolgte mit Statistica 9.0. Unterschiede zwischen Behandlungen ( $\alpha = 0.05$ ) wurden mit ANOVA mit Messwiederholung getestet (Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung, Levene's Test für Varianzhomogenität). Bei der Berechnung von Mittelwerten über alle Jahre sind für die botanischen Angaben Daten von 2002 bis einschließlich 2010 berücksichtigt, bei den Tierdaten solche von 2002 bis einschließlich 2009.

## Ergebnisse und Diskussion

Wie erwartet, war die Nettoweideleistung pro Fläche bei den Behandlungen mit mehr Tieren höher (Tab. 1). Im Mittel über alle Jahre lag diese für MC, LC und VLC bei 44000, 23415 bzw. 19565 MJ ME ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Hierbei war der Effekt der Behandlung sowie des Jahres signifikant (jeweils  $P < 0,001$ ). Es gab eine signifikante Wechselwirkung zwischen Behandlung und Jahr ( $P = 0,003$ ).

Betrachtet man jedoch die mittlere tägliche Gewichtszunahme pro Tier, so waren die Verhältnisse anders (Tab. 1). Über alle Jahre gemittelt betragen die täglichen Zunahmen pro Tier 0,748 kg (MC), 0,791 kg (LC) bzw. 0,859 kg (VLC). Für die Jahre von 2006 bis 2009, in denen mit trächtigen Mutterkühen in den drei Besatzstärken beweidet wurde, waren die Unterschiede zwischen den Mittelwerten noch deutlicher: die täglichen Zunahmen pro Tier betragen dann 0,735 kg (MC), 0,786 kg (LC) und 0,899 kg (VLC). Aufgrund hoher Standardabweichungen waren die Unterschiede zwischen den Behandlungen aber nur marginal signifikant ( $P = 0,048$ ; hierbei wurde nur das Jahr 2005, für das die Datengrundlage für die Berechnung der Gewichtszunahmen aufgrund weniger häufiger Messungen schlechter war, nicht berücksichtigt). Es gab einen signifikanten Einfluss des Jahres ( $P < 0,001$ ), aber keine Wechselwirkung zwischen Behandlung und Jahr ( $P = 0,205$ ).

Diese Ergebnisse sind im Einklang mit unseren Erwartungen und der Literatur. Bei reduzierter Besatzdichte ist zwar die Effizienz der Nutzung des Futterangebots reduziert (geringere Nettoweideleistung pro Hektar), andererseits ist aber die Futteraufnahme pro Tier und damit die tägliche Zunahme pro Tier höher (MAYNE et al., 2000). Bei einem höheren Futterangebot können die Tiere außerdem besser selektieren, so dass das aufgenommene Futter von höherer Qualität ist als bei stärkerer Konkurrenz der Tiere um das Futter (DUMONT et al., 2007a; KLAPP, 1971; MAYNE et al., 2000; PHILLIPS, 2002). Eine höhere Leistung pro Fläche geht also –wie hier bestätigt– zu Lasten der individuellen Tierleistung (JONES und SANDLAND, 1974).

Wie waren nun die Auswirkungen der Beweidung auf die Entwicklung der botanischen Diversität, hier als mittlere Artenzahl und Shannon-Diversitätsindex gezeigt (Tab. 1)?

**Tab. 1:** Mittlere tägliche Gewichtszunahmen pro Tier, Nettoweideleistung pro Hektar und Jahr, mittlere Artenzahl pro m<sup>2</sup> sowie Shannon-Diversitätsindex für Behandlungen mit unterschiedlicher Beweidungsintensität (MC: moderat, LC: gering, VLC: sehr gering). Gezeigt werden Mittelwerte und Standardabweichungen. Die Variante VLC wurde bis 2005 mit der gleichen Besatzdichte wie LC beweidet, allerdings mit einer anderen Rasse. Für weitere Erläuterungen siehe Text.

	2002	2006	2009
<b>Nettoweideleistung [MJ ME ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>			
MC	59154 ± 5840	47369 ± 7100	47249 ± 1911
LC	34572 ± 1274	28608 ± 2321	19951 ± 700
VLC	33035 ± 4009	18018 ± 475	13956 ± 108
<b>Mittlere Gewichtszunahmen [kg Tier<sup>-1</sup> Tag<sup>-1</sup>]</b>			
MC	0,912 ± 0,211	0,518 ± 0,218	0,651 ± 0,083
LC	1,029 ± 0,120	0,615 ± 0,074	0,860 ± 0,272
VLC	1,061 ± 0,077	0,907 ± 0,165	0,802 ± 0,211
<b>Mittlere Artenzahl [m<sup>-2</sup>]</b>			
MC	12 ± 1	12 ± 2	11 ± 3
LC	12 ± 1	11 ± 3	10 ± 3
VLC	12 ± 1	12 ± 3	9 ± 4
<b>Shannon-Diversitätsindex</b>			
MC	1,94 ± 0,20	1,80 ± 0,33	1,82 ± 0,25
LC	1,92 ± 0,24	1,80 ± 0,28	1,74 ± 0,39
VLC	1,78 ± 0,27	1,80 ± 0,27	1,63 ± 0,49

Die mittlere Artenzahl betrug im Mittel über alle Jahre 11,3 (MC), 10,9 (LC) bzw. 10,6 (VLC) Arten m<sup>-2</sup>. Es gab signifikante Unterschiede in der mittleren Artenzahl zwischen den Jahren ( $P < 0,001$ ), aber nicht zwischen den Beweidungsbehandlungen ( $P = 0,400$ ). Die Interaktion zwischen Jahr und Behandlung war signifikant ( $P < 0,001$ ). Auch im Shannon-Diversitätsindex ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungen ( $P = 0,382$ ). Er betrug im Mittel über alle Jahre 1,7 (MC), 1,8 (LC) und 1,7 (VLC). Das Jahr als Messwiederholungsfaktor sowie die Interaktion zwischen Jahr und Behandlung waren signifikant (jeweils  $P < 0,001$ ).

Der fehlende Effekt der Beweidungsbehandlungen auf die Entwicklung der botanischen Diversität auch neun Jahre nach Umstellung der Beweidung entspricht den Ergebnissen anderer Studien, wo ebenfalls beobachtet wurde, dass die botanische Zusammensetzung nach einer Umstellung des Managements nur langsam reagiert (HEJCMAN et al., 2010; MARRIOTT et al., 2009). Bisher lassen sich keine Hinweise finden, die unsere Hypothese, dass sich sowohl die moderate als auch die sehr geringe Besatzstärke negativ auf die Entwicklung der botanischen Diversität auswirken, stützen. Die geringste Besatzdichte scheint auszureichen, um zumindest über den Beobachtungszeitraum hinweg die Entwicklung der Diversität nicht nachteilig zu beeinflussen. Die Anteile einzelner Arten am Deckungsgrad änderten sich allerdings. So stieg der Anteil an *Dactyli sglomerata* mit abnehmender Besatzdichte, während der von *Phleum pratense* abnahm. Hier bleibt abzuwarten, inwieweit sich die Beweidung im Laufe der Zeit auf die botanische Entwicklung und damit auch die Futterqualität auswirken wird.

### Schlussfolgerungen

Die Beweidung mit geringsten Besatzstärken hat über den Versuchszeitraum von neun Jahren die geringsten jährlichen Nettoweideleistungen pro Hektar erbracht, aber zu den höchsten täglichen Zuwächsen der Tiere geführt. Ein negativer Effekt auf die botanische Zusammensetzung war bisher nicht messbar. Inwieweit durch eine solch extensive Beweidung die Erhaltung der botanischen Diversität mit lohnender Tierhaltung nachhaltig kombiniert werden kann, bleibt abzuwarten.

### Literatur

- BAKER, R.D. (2004): Estimating herbage intake from animal performance, in: PENNING, P. D. (Ed.), *Herbage Intake Handbook*, British Grassland Society, Reading. pp. 95-120.
- BERENDSE, F., OOMES, M.J.M., ALTENA, H.J. und ELBERSE, W.T. (1992): Experiments on the restoration of species-rich meadows in The Netherlands. *Biological Conservation* 62, 59-65.
- CASTLE, M.E. (1976): A simple disc instrument for estimating herbage yield. *Journal of the British Grassland Society* 31, 37-40.
- DUMONT, B., ROOK, A.J., CORAN, C. und RÖVER, K.-U. (2007a): Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 2. Diet selection. *Grass and Forage Science* 62, 159-171.
- DUMONT, B., GAREL, J.P., GINANE, C., DECUQ, F., FARRUGGIA, A., PRADEL, P., RIGOLOT, C. und PETIT, M. (2007b): Effect of cattle grazing a species-rich mountain pasture under different stocking rates on the dynamics of diet selection and sward structure. *Animal* 1, 1042-1052.
- GARCIA, F., CARRÈRE, P., SOUSSANA, J.-F. und BAUMONT, R. (2003): The ability of sheep at different stocking rates to maintain the quality and quantity of their diet during the grazing season. *The Journal of Agricultural Science* 140, 113-124.

- HEJCMAN, M., SCHELLBERG, J. und PAVLŮ, V. (2010): Long-term effects of cutting frequency and liming on soil chemical properties, biomass production and plant species composition of *Lolio-Cynosuretum* grassland after the cessation of fertilizer application. *Applied Vegetation Science* 13, 257-269.
- ISSELSTEIN, J., JEANGROS, B. und PAVLU, V. (2005): Agronomic aspects of extensive grassland farming and biodiversity management, in: LILLAK, R., VIIRALT, R., LINKE, A. und GEHERMAN, V. (Eds.), *Integrating Efficient Grassland Farming and Biodiversity*, 13th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation, Grassland Science in Europe, Tartu, Estonia. pp. 427-430.
- ISSELSTEIN, J., GRIFFITH, B.A., PRADEL, P. und VENERUS, S. (2007): Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 1. Nutritive value of herbage and livestock performance. *Grass and Forage Science* 62, 145-158.
- JONES, R.J. und SANDLAND, R.L. (1974): The relation between animal gain and stocking rate: Derivation of the relation from the results of grazing trials. *The Journal of Agricultural Science* 83, 335-342.
- KLAPP, E. (1971): *Wiesen und Weiden. Eine Grünlandlehre* Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- MAGURRAN, A.E. (2004): *Measuring biological diversity* Blackwell, Oxford, UK.
- MARRIOTT, C.A., HOOD, K., FISHER, J.M. und PAKEMAN, R.J. (2009): Long-term impacts of extensive grazing and abandonment on the species composition, richness, diversity and productivity of agricultural grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 134, 190-200.
- MAYNE, C.S., WRIGHT, I.A. und FISHER, G.E.J. (2000): Grassland management under grazing and animal response, in: HOPKINS, A. (Ed.), *Grass - Its production and utilization*, Blackwell Science Ltd., Oxford. pp. 247-291.
- PAVLU, V., HEJCMAN, M., PAVLU, L. und GAISLER, J. (2007): Restoration of grazing management and its effect on vegetation in an upland grassland. *Applied Vegetation Science* 10, 375-382.
- PHILLIPS, C. (2002): Nutritional behaviour, in: PHILLIPS, C. (Ed.), *Cattle behaviour and welfare*, Blackwell Science Ltd., Oxford. pp. 123-151.
- POSCHLOD, P. und SCHUMACHER, W. (1998): Rückgang von Pflanzen und Pflanzengesellschaften des Grünlandes - Gefährdungsursachen und Handlungsbedarf. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 29, 83-99.
- PYKÄLÄ, J. (2003): Effects of restoration with cattle grazing on plant species composition and richness of semi-natural grasslands. *Biodiversity and Conservation* 12, 2211-2226.
- ROOK, A.J., DUMONT, B., ISSELSTEIN, J., OSORO, K., WALLISDEVRIES, M.F., PARENTE, G. und MILLS, J. (2004): Matching type of livestock to desired biodiversity outcomes in pastures - a review. *Biological Conservation* 119, 137-150.
- SAHIN DEMIRBAG, N., RÖVER, K.-U., WRAGE, N., HOFMANN, M. und ISSELSTEIN, J. (2009): Herbage growth rates on heterogeneous swards as influenced by sward-height classes. *Grass and Forage Science* 64, 12-18.
- TALLOWIN, J., ROOK, A.J. und RUTTER, S.M. (2005): Impact of grazing management on biodiversity of grasslands. *Animal Science* 81, 193-198.
- WHITE, R.P., MURRAY, S. und ROHWEDER, M. (2000): *Pilot analysis of global ecosystems - Grassland ecosystems* World Resources Institute, Washington D.C.

