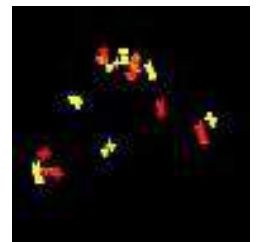




# **Mehr Eiweiß vom Grünland und Feldfutterbau Potenziale, Chancen und Risiken**

**57. Jahrestagung der AGGF**



## **Impressum**

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan  
Internet: [www.LfL.bayern.de](http://www.LfL.bayern.de)

Redaktion: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
Am Gereuth 4, 85354 Freising -Weihenstephan  
E-Mail: [Pflanzenbau@LfL.bayern.de](mailto:Pflanzenbau@LfL.bayern.de)  
Telefon: 08161 71-3650

1. Auflage: August 2013

Druck:

Schutzgebühr: 20,00 €

© LfL



# **Mehr Eiweiß vom Grünland und Feldfutterbau Potenziale, Chancen und Risiken**

**57. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für  
Grünland und Futterbau der Gesellschaft für  
Pflanzenbauwissenschaften e.V.  
in Triesdorf (Franken)  
vom 29. – 31. August 2013**



# Inhaltsverzeichnis

## Vorträge

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Leguminosen im Futterbau: Aktuelle und zukünftige Bedeutung sowie Forschungsbedarf.....</b>   | <b>9</b>  |
| R. Loges   |           |
| <b>Anbausituation kleinkörniger Leguminosen in Grünland und Feldfutterbau Bayerns.....</b>   | <b>21</b> |
| Hartmann, S.   |           |
| <b>Heimische Eiweißfuttermittel -Chancen und Grenzen .....</b>   | <b>27</b> |
| A. Heißenhuber und R. Schätzl  |           |
| <b>Welche Rolle spielt die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe für die Futterqualität von extensiv genutztem Grünland? .....</b>        | <b>40</b> |
| U. Petersen, T. From, N. Wrage-Mönnig, J. Isselstein   |           |
| <b>Beitrag ausgewählter Dauergrünlandtypen zur Eiweißversorgung der Wiederkäuer in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität .....</b> | <b>47</b> |
| H. Hochberg, D. Zopf, F. Schmidt   |           |
| <b>Leguminosen-basierte Grünlandwirtschaft als Beitrag zur Sicherung der Grundfuttererzeugung .....</b>                                      | <b>55</b> |
| M. Merten, M. Hoffstätter-Müncheberg, M. Kayser, J. Isselstein   |           |
| <b>Eiweißbereitstellung vom Grünland auf Betriebsebene .....</b>   | <b>62</b> |
| B. Köhler, M. Diepolder, S. Thurner, H. Spiekers   |           |
| <b>Entwicklung von neuen Effizienzparametern zur Charakterisierung von Milchproduktionssystemen .....</b>                                    | <b>70</b> |
| P. Thomet, B. Reidy  |           |
| <b>Erfahrungen mit dem NIRS-Online-Einsatz in der Gräserzüchtung und -prüfung (NOFUG) .....</b>  | <b>77</b> |
| Pfeiffer, G., Feuerstein, U. und Tillmann P.   |           |
| <b>Ersatz von Futterstroh durch Luzerne .....</b>  | <b>80</b> |
| K. David   |           |
| <b>Diasporenbank unter Pferde- und Rinderweiden im Vergleich .....</b>   | <b>86</b> |
| A. Schmitz, A.L. Schmidt, und J. Isselstein  |           |

## Posterbeiträge

### **Sektion: Eiweiß und Futterbau**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>V Versuchsergebnisse zum Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität auf die Rohproteinträge und Rohproteingehalte einer Weidelgraswiese.....</b> | <b>93</b> |
| M. Diepolder, S. Raschbacher   |           |
| <b>Nachsaat von Leguminosen zur Steigerung der Eiweißträge vom Grünland .....</b>  | <b>98</b> |
| M. Elsässer, S. Engel, U. Thumm  |           |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Catera und Fleetwood zwei neue Luzernesorten aus dem bayerischen Genpool.....</b>                | <b>102</b> |
| S. Hartmann, C. Böhm, S. Schulze  |            |
| <b>Leguminosenanteile im bayerischen Grünland.....</b>  | <b>105</b> |
| S. Heinz, F. Mayer, G. Kuhn   |            |
| <b>Steigerung der Anthracoseresistenz von Rotklee durch rekurrente Selektion .....</b>              | <b>111</b> |
| I. Jacob, Dr. S. Hartmann, Dr. F. X. Schubiger und PD Dr. C. Struck                                 |            |
| <b>Alternativen zu Mais im Futterbau – Aktuelle Ergebnisse von Feldversuchen in Gunstlagen.....</b> | <b>114</b> |
| A. Wosnitza, S. Hartmann  |            |

## **Sektion: Futterqualität und Pflanzenbestand**

|   |            |
|---|------------|
| <b>Einfluss organischer Dünger auf botanische Zusammensetzung und Futterinhaltsstoffe von Grünlandpflanzenbeständen eines Flussauenstandortes .....</b> | <b>121</b> |
| H. Alaid, H. Giebelhausen, H. Hochberg  |            |
| <b>Charakterisierung des Futterwertes von Sorten des Welschen Weidelgrases (Lolium multiflorum LAM.) in Landessortenversuchen .....</b>                 | <b>127</b> |
| J. Broscheit, L. Dittmann, S. Hartmann, Müller, J.  |            |
| <b>Root growth of ryegrass-white clover swards depends on sward age .....</b>   | <b>132</b> |
| S. Chen, R. Loges, F. Taube   |            |
| <b>Rohproteinerträge und –gehalte bayerischer Grünlandflächen .....</b>   | <b>136</b> |
| M. Diepolder, S. Raschbacher, S. Heinz, G. Kuhn   |            |
| <b>Der Einfluss von Region, Standort und Management auf das Auftreten von Problemunkräutern im Wirtschaftsgrünland.....</b>                             | <b>141</b> |
| V. Hammes, M. Eggers, M. Kayser, J. Isselstein  |            |
| <b>Grünlandmonitoring Bayern.....</b>   | <b>146</b> |
| S. Heinz, F. Mayer, G. Kuhn   |            |
| <b>Bewertung von Silagen mit erhöhter Essigsäurebildung - ist der DLG-Gärfutter schlüssel ausreichend? .....</b>  | <b>151</b> |
| C. Kalzendorf, K. Weiß  |            |
| <b>Rohproteinpotenzial verschiedener Dauergrünlandpflanzen-gesellschaften.....</b>  | <b>156</b> |
| F. Schmidt, K. Gödeke, H. Hochberg  |            |
| <b>Bedeutung der Grasnarbendichte und Schnitthäufigkeit für die Etablierung und Ausbreitung des Jakobskreuzkrauts.....</b>                              | <b>161</b> |
| M. Seither, K. King, S. Engel   |            |
| <b>Optimale N-Intensität auf dem Grünland: Funktionale Ableitungen auf Basis eines DLG-N-Steigerungsversuches .....</b>                                 | <b>164</b> |
| A. Techow, A. Herrmann, C. Kluß, C. Berendonk, M. Diepolder, M. Elsässer, B. Greiner, T. Kaiser, R. Neff, S. Raschbacher, W. Wurth, F. Taube            |            |

## **Sektion: Weide**

- Erste Ergebnisse einer Sortenprüfung bei Deutschem Weidelgras zur besonderen Eignung für Kurzrasenweiden in Bayern..... 169**  
S. Hartmann, T. Eckl, S. Lange, M. Probst
- Flächenleistung von Futterflächen und Kuhweiden in unterschiedlichen Regionen unter Bedingungen des ökologischen Landbaus ..... 176**  
E. Leisen
- Notwendige Änderungen der Methode zur Berechnung der Flächenleistung (kg Milch/ha und Jahr) von Grünland- und Ackerfutterflächen mit Schnitt oder Weidenutzung..... 181**  
E. Leisen, H. Spiekers, M. Diepolder
- Harnstoffgehalte in der Milch in Abhängigkeit von den Rohporteingehalten in Aufwüchsen bei Kurzrasenweide ..... 185**  
G. Plesch, M. Wittmann und H. Laser
- Einfluss des Weidemanagements auf den Leguminosenbestand von Pferdeweiden . 190**  
A. Schmitz und J. Isselstein

## **Sektion: Klimawandel**

- Treibhausgasemissionen nach Grünlandumbruch und Grünlanderneuerungsmaßnahmen ..... 196**  
T. Biegemann, R. Loges, F. Taube
- Energie- und Treibhausgasbilanz der Biogasproduktion in den drei Landschaftsräumen Schleswig-Holsteins ..... 200**  
S. Claus, F. Taube, A. Techow, R. Quackernack, B. Wienforth, K. Sieling, K. Dittert, M. Senbayram, N. Svoboda, D. Nickisch, H. Kage, A. Herrmann
- Regenerationsfähigkeit verschiedener Rasengräser nach Trockenstress- einwirkung ..... 205**  
D. Ebeling, J. Köhler, L. Breitsameter, J. Isselstein
- Der Einfluss simulierter Trockenperioden auf den Futterwert von Grünlandprodukten ..... 209**  
M. Hoffstätter-Müncheberg, M. Merten, M. Kayser, N. Wrage-Mönnig und J. Isselstein
- Effects of nitrogen supply and nitrogen form on intrinsic water-use efficiency in temperate, seminatural grasslands under rising atmospheric CO2 ..... 214**  
I. H. Köhler, A. Macdonald and H. Schnyder
- Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Futterproduktionssysteme auf Niedermoorstandorten in Schleswig-Holstein ..... 217**  
A. Poyda, T. Biegemann, F. Taube
- Wurzelmasse und C-Sequestrierung von Grünland: Einfluss der Phosphor- und Kaliumversorgung ..... 222**  
H. Schuch, F. Taube, P. Lausen, E. Techow, A. Herrmann

|  |            |
|--|------------|
| <b>Untersuchungen zur Sämlingsentwicklung unter simulierten Trockenstressbedingungen bei <i>Lolium perenne</i> .....</b>                                 | <b>227</b> |
| A. Schum, E. Wünsche   |            |
| <b>Drinking water intake of grazing steers – a role for environmental factors controlling canopy wetness? .....</b>                                      | <b>232</b> |
| L.Z. Sun, K. Auerswald and H. Schnyder   |            |
| <b>Erste Ergebnisse zur Erfassung der genetischen Diversität für das Merkmal „Trockenstresstoleranz“ bei Deutschem Weidelgras in Feldversuchen .....</b> | <b>235</b> |
| Wosnitza, A., Hartmann, S., Feuerstein, U., Luesink, W., Schulze, S. und Willner, E.   |            |

## **Sektion: Freie Themen**

|  |            |
|--|------------|
| <b>Einfluss der Aufwuchszusammensetzung und des Erntezeitpunktes in Mono- und Mischfermentation von Grünlandbiomasse zur Biogaserzeugung.....</b>    | <b>239</b> |
| D. Andrade, T. Barufke, S. Hartmann und A. Weber   |            |
| <b>Erfahrungen mit der VDLUFA-NIRS-Kalibrierung für Aufwüchse von extensiv bewirtschafteten Beständen .....</b>                                      | <b>243</b> |
| J. Bargholz, P. Tillmann   |            |
| <b>Erweiterung der „Hohenheim-Gülzower Serienauswertung“ um die Besonderheiten mehrjähriger Futterpflanzenversuche.....</b>                          | <b>245</b> |
| T. Eckl, S. Hartmann und H.-P. Piepho  |            |
| <b>Das Merkmal Ausdauer – Betrachtung der genetischen Drift in Populationen des Deutschen Weidelgrases und Entwicklung von Selektionshilfen.....</b> | <b>248</b> |
| L. Gerson, K. J. Dehmer, S. Hartmann, C. Kalzendorf  |            |
| <b>The allocation of assimilated carbon to shoot growth in natural grasslands .....</b>  | <b>252</b> |
| X.Y. Gong, G.D. Berone, M.G. Agnusdei, R.M. Rodríguez Palma, R. Schäufele, F.A. Lattanzi   |            |
| <b>Differenzierung der Jugendentwicklung bei Populationen von Wiesenschwingel und Deutschem Weidelgras.....</b>                                      | <b>257</b> |
| T. Lunenberg, S. Hartmann  |            |
| <b>Langjährige Untersuchungen zur Ökostabilität von Silomais auf einem nordostdeutschen Diluvialstandort .....</b>                                   | <b>261</b> |
| K. Schmalzer, F. Krüger und G. Barthelmes  |            |
| <b>„Qualifizierung von Landwirten für Naturschutzmaßnahmen“ – Ein Instrument zur Förderung der Biodiversität im Wirtschaftsgrünland? .....</b>       | <b>266</b> |
| H. G. Stroh, J. Penk, M. Horstkötter   |            |
| <b>Einfluss von Rinderurin auf die Isotopensignatur einer <i>Lolium-perenne-Trifolium-repens</i>-Mischung.....</b>                                   | <b>271</b> |
| B.Tonn, I. Porath, J. Isselstein   |            |
| <b>Phänologische Charakterisierung von Ökotypen des Deutschen Weidelgrases (<i>Lolium perenne</i> L.) in Schleswig-Holstein.....</b>                 | <b>277</b> |
| I. Ullmann, A. Herrmann, F. Taube  |            |



## Vorwort

Die 57. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland- und Futterbau (AGGF) der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. fand auf Einladung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft vom 29. bis 31. August 2013 in Triesdorf im mittelfränkischen Landkreis Ansbach statt.

Mit dem Schwerpunktthema „Mehr Eiweiß vom Grünland und Feldfutterbau: Potentiale, Chancen und Risiken“ wurde den aktuellen Diskussionen zur künftigen Eiweißversorgung der Wiederkäuer Rechnung getragen.

Plenarvorträge zur Bedeutung und zum Forschungsbedarf sowie zur Anbausituation der kleinkörnigen Leguminosen im Futterbau, aber auch den Chancen und Risiken dieser heimischen Eiweißfuttermittel führten in den Themenschwerpunkt ein. Weitere Kurzvorträge beleuchteten wichtige Aspekte wie die Bedeutung der botanischen Zusammensetzung der Grasnarbe in Abhängigkeit von Bewirtschaftungsintensität und Klimabedingungen sowie Einflussfaktoren auf der Betriebsebene. Zusätzlich wurden neue Erkenntnisse zu Effizienzparametern für Milchproduktionssysteme, zum NIRS-Einsatz in der Gräserzüchtung und -prüfung sowie den Einfluss verschiedener Weidetiere auf die Diasporenbank vorgestellt und diskutiert.

In einer Postersektion erfolgte zudem die Präsentation weiterer aktueller Ergebnisse aus Arbeiten der Grünland- und Futterbauforschung in den Kategorien:

- Eiweiß und Futterbau
- Futterqualität und Pflanzenbestand
- Weide
- Klimawandel
- Freie Themen

Insgesamt wurden über 50 wissenschaftliche Beiträge präsentiert. Die Kurzfassungen dieser Vorträge und Poster sind in diesem Band zusammengestellt. Die vorliegende Schrift mit ihren vielfältigen Beiträgen bietet somit eine gute Übersicht über die derzeitige Forschungstätigkeit im Bereich des Futterbaus und der Grünlandwirtschaft.

In einer halbtägigen Exkursion wurden Arbeitsschwerpunkte zum Grünland und Feldfutterbau sowie Klimawandel und nachwachsenden Rohstoffen auf dem Versuchsfeld vorgestellt. Ein Projekt zum Wiesenbrüterschutz rundete diesen Tag ab. Eine ganztägige Exkursion in der Region bot interessante Einblicke in eine Grünfuttertrocknungsanlage mit gentechnikfreier Kraftfutterherstellung und Luzerneballenproduktion, den Hopfenanbau im Spalter Land und einen Naturlandbetrieb, der u. a. mit Gelbvieh Mutterkuhhaltung betreibt.

Die Organisation und Durchführung der Tagung wäre ohne die vielfältig zuteil gewordene Hilfe nicht möglich gewesen. Allen Beteiligten im Organisationsteam und den Mitarbeitern des Landwirtschaftlichen Bildungszentrums Triesdorf sei daher für ihr großes Engagement ganz herzlich gedankt.

Jakob Opperer  
Präsident der  
Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Dr. Gerhard Riehl  
Leiter der Arbeitsgemeinschaft  
Grünland und Futterbau



# Leguminosen im Futterbau: Aktuelle und zukünftige Bedeutung sowie Forschungsbedarf

R. Loges

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland & Futterbau/ Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel  
[rloges@email.uni-kiel.de](mailto:rloges@email.uni-kiel.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Hohe Preise für Proteinfuttermittel und Stickstoffdünger haben in letzter Zeit das Interesse am Leguminosenanbau als kostengünstige Erzeugungsmöglichkeit für eigene proteinreiche Futtermittel geweckt. Zum Tragen kommt hier, dass Kleeartige und Körnerleguminosen über ihre Wurzelknöllchen in der Lage sind, sich selbst mit Luftstickstoff zu versorgen und somit im Gegensatz zu Mais, Ackergras und anderen Ackerkulturen keine zusätzliche N-Düngung benötigen. Besonders vor dem Hintergrund der langfristigen Verknappung der fossilen Energiereserven als wichtigster Rohstoff für die Erzeugung mineralischer Stickstoffdüngemittel stellt der Anbau von durch symbiotische N<sub>2</sub>-Fixierung Stickstoff selbstversorgenden Leguminosen nach ([12], [14], [7]) sowie [13] in vielen Bereichen der pflanzlichen Produktion eine Alternative dar. Zu nennen sind hier weißkleebasiertes Dauergrünland, Grobleguminosen in Reinsaat oder Gemenge für die Körnerproduktion bzw. alternativ für die Nutzung als Ganzpflanzensilage, hinzu kommt die Nutzung von Kleeartigen im Haupt- bzw. Zwischenfruchtfutterbau.

Trotz der genannten Vorteile ist die aktuelle Bedeutung des Leguminosenanbaus im Vergleich zur Getreide-, Raps- bzw. Maisproduktion vergleichsweise gering (Tab. 1) und hat sich in den letzten Jahren nur unwesentlich geändert. Gründe hierfür sind in den stabilen und hohen Natural- bzw. Energieerträgen im Getreide- Raps- bzw. Silomaisanbau sowie den derzeit noch moderaten Stickstoffdüngerpreisen zu sehen.

Tab. 1: Anteile Flächenumfang ausgewählter Produktionsverfahren in der Bundesrepublik Deutschland (basiert auf AMI, 2013)

| Produktionsverfahren              | Deutschland insgesamt | Ökologischer Landbau | Öko-Anteil |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|------------|
| Kleegras                          | 263.000 ha            | 90.000 ha            | 34,2 %     |
| Getreide-Körnerleguminosen-GPS    | 84.600 ha             | 11.500 ha            | 13,6 %     |
| Grobleguminosen zur Körnernutzung | 97.500 ha             | 25.500 ha            | 26,2 %     |
| Zum Vergleich:                    |                       |                      |            |
| Ackergras                         | 397.500 ha            | 32.000 ha            | 8,1 %      |
| Silomais + CCM                    | 2.028.800 ha          | 7.000 ha             | 0,3 %      |
| Getreide zur Körnernutzung        | 6.500.600 ha          | 294.000 ha           | 3,1 %      |
| Raps zur Körnernutzung            | 1.370.000 ha          | 5.800 ha             | 0,1 %      |
| Ackerland insgesamt               | 11.874.100ha          | 435.000 ha           | 3,7 %      |

Zur Zeit wird der Leguminosenanbau zu überproportional großen Anteilen von ökologisch bewirtschafteten Betrieben realisiert, auf denen Leguminosen aufgrund des Verbotes des Einsatzes mineralischer Stickstoffdüngemittel die bei weitem wichtigste N-Quelle darstellen.

Laut [4] wird die Konzentration der modernen Landwirtschaft auf sehr wenige intensive Kulturen von der Öffentlichkeit kritisch beäugt. Leguminosen könnten einen wichtigen Beitrag zur Auflockerung, der auch aus Pflanzenschutzsicht im Regelfall zu engen Fruchtfolgen, leisten [4]. Das [4] sieht in der Wiedereinführung des Leguminosenanbaus große ökologische und gesamtökonomische Potentiale. Dazu gehört die Erhöhung der biologischen Vielfalt der Agrarlandschaft und die Reduktion der Emission von Treibhausgasen. Die letztgenannte Klimafreundlichkeit beruht laut BMLEV, aus der Einsparung an CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch die für den Leguminosenanbau nicht erforderliche N-Düngerproduktion bzw. auf die durch Leguminosen hervorgerufene CO<sub>2</sub>-Bindung durch Humusanreicherung des Bodens. Die aufgezählten Gründe veranlassten das [4] zur Formulierung der sog. Eiweißstrategie, die den Anbau von Leguminosen in den nächsten Jahren maßgeblich vorantreiben soll.

Der hier vorliegende Beitrag soll an Hand von Beispielen Potentiale und Grenzen des Leguminosenanbaus auf Ackerflächen beleuchten. Der Schwerpunkt hierbei wird auf die Leguminosen des Futterbaus gelegt. Auf Grobleguminosen wird nur am Rande eingegangen.

### **Potentiale und Grenzen des Leguminosenanbaus**

Mit der Eiweißstrategie des [4] soll durch Forcierung des Anbaus von Körnerleguminosen versucht werden zur Schließung der sog. Eiweißlücke von sonst zu importierenden 3,6 Mill. Tonnen Proteinfuttermittel beizutragen. Laut [5] wurden 2012 in Deutschland mit Körnerleguminosen im Durchschnitt nur halb so hohe Kornerträge erzielt wie mit Getreide inklusive Körnermais (35 dt/ha im Vergleich zu 69,7 dt/ha). Die Erträge der Körnerleguminosen liegen dabei in etwa auf gleichem Niveau, wie die des gleichzeitig als Öl- und Eiweißpflanze fungierenden Körnerapses (36,9 dt/ha), der allerdings am Markt deutlich höhere Preise erzielt. Aufgrund der derzeit geringen Erträge misst [16] den Körnerleguminosen unter Deutschen Anbauverhältnissen nur ein vergleichsweise bescheidenes Potential in Bezug auf die Ausweitung ihrer Anbaufläche zu. Er gibt zu bedenken, dass bei zu den bundesdeutschen Körnerleguminosen gleichen Durchschnittserträgen in den Exportländern Soja mit deutlich geringeren Opportunitätskosten wesentlich kostengünstiger erzeugt werden kann. Hinzu kommt, dass an einigen Gunststandorten des Sojaanbaus oft sogar 2 Ernten je Anbaujahr möglich sind und kurzfristig noch kein erhöhter technischer Fortschritt im bundesdeutschen Körnerleguminosenanbau zu erkennen ist.

Laut [17] lassen sich Körnerleguminosen in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide mit vergleichsweise geringem Aufwand zur Nutzung als Ganzpflanzensilage anbauen. Es ergeben sich leicht silierbare Bestände, die aus dem Stand gehäxelt werden und die die Fläche zur Etablierung von Ackergras bzw. Klee gras optimal früh räumen oder oft sogar als Deckfrucht für diese dienen. Im Vergleich zu Mais weisen Körnerleguminosen basierte Ganzpflanzensilagen deutlich höhere Rohproteingehalte auf. Auf einigen Grenzstandorten des Maises, wie z.B. der Marsch, wären solche Körnerleguminosen eine Nutzungsalternative. Der große Nachteil von Getreide- bzw. Körnerleguminosen-Ganzpflanzensilagen im Vergleich zum Mais liegt neben meist deutlich geringeren Erträgen in den wesentlich niedrigeren Energiekonzentrationen. Die „Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe“ [2] weist Getreideganzpflanzensilagen bzw. Ackerbohnsensilagen vergleichsweise geringe Energiekonzentrationen im Bereich von 5,69-5,71 MJ NEL je kg TM zu, Gleichzeitig werden in der gleichen Literaturstelle die Anbaualternativen Klee gras (bei rechtzeitiger Ernte) mit 5,91 bis 6,30, Ackergras mit 6 bis 6,3 sowie Mais mit 6,3 bis 6,7 MJ NEL je kg TM bewertet. Die geringen Energiekonzentrationen sind trotz einiger produktionstechnischer Vorteile die Begründung der nur geringen Bedeutung des Anbaus von Körnerleguminosen für die Nutzung als Ganzpflanzensilagen.

Neben den eben erwähnt höheren Energiekonzentrationen weisen Klee grasbestände gegenüber Körnerleguminosen einige Vorteile auf.

Tab. 2: Potentielle Ertragsleistung, N<sub>2</sub>-Fixierung und Ernterückstände verschiedener ein- bis überjähriger Leguminosenbestände (Zusammenfassung von Versuchsergebnissen der CAU Kiel der Jahre 1994-2001, Versuchsstandorte Lindhof und Hohenschulen, Bodenart: lS, 45 bis 55 Bodenpunkte, durchschnittl. Jahrestemperatur 7,8 °C, Niederschlagsmittel 730 mm, a= geerntete Sprossmasse b= Körnertrag bei 0% Kornfeuchte [11])

| Bestandstyp  | Potentiell erntbare    | N <sub>2</sub> -Fixierung<br>(kg N/ha) | Ernterückstände             |                      |                              |
|--|------------------------|--|-----------------------------|----------------------|------------------------------|
|  | Biomasse<br>(dt TM/ha) |  | org. Substanz<br>(dt OM/ha) | N-Menge<br>(kg N/ha) | N-Konzentration<br>(% d. OM) |
| einjähr. futterbaulich genutztes Klee-<br>gras aus Blanksaat       | 50 – 70 <sup>a</sup>   | 100 – 200                              | 35 – 05                     | 75 – 110             | 1,4 – 2,4                    |
| überjähr. futterbaulich genutztes<br>Klee gras aus Untersaat       | 85 – 131 <sup>a</sup>  | 190 – 380                              | 40 – 65                     | 82 – 126             | 1,5 – 2,4                    |
| überjähr. futterbaulich genutztes<br>Klee gras aus Sommerblanksaat | 80 – 122 <sup>a</sup>  | 165 – 340                              | 42 – 68                     | 80 – 122             | 1,6 – 2,3                    |
| Erbsen (Körnernutzung)   | 27 – 55 <sup>b</sup>   | 80 – 220                               | 29 – 58                     | 60 – 101             | 1,6 – 1,9                    |
| Erbsen-Gersten-Gemenge (Körner-<br>nutzung)                        | 28 – 51 <sup>a</sup>   | 60 – 150                               | 30 – 55                     | 35 – 70              | 1,0 – 1,4                    |
| Erbsen-Gersten-Gemenge<br>(Silagenutzung)                          | 60 – 90 <sup>a</sup>   | 60 – 150                               | 14 – 23                     | 20 – 35              | 1,2 – 1,8                    |

Überjährige Klee grasbestände bilden deutlich mehr erntbare Biomasse, fixieren in der Regel mehr Luftstickstoff und hinterlassen mit ihren Ernterückstände deutlich mehr organische Masse und Stickstoff als Körnerleguminosen, dieses ist unabhängig davon, ob letztere als Reinsaat oder Gemenge angebaut werden (Tab. 2).

Gegenüber Acker grasbeständen zeichnen sich Futterleguminosen, wie Rotklee, Luzerne und Weißklee durch höhere Rohproteingehalte aus, dieses ergänzt die hohen Energiedichten des Maises in idealer Weise und führt in Kombination mit Mais zu einer optimalen Proteinausnutzung. Die Proteinabbaubarkeit von Weißklee ist mit der von rechtzeitig geernteten Weidel grasbeständen vergleichbar und als vergleichbar gering zu bewerten. Im Gegensatz zu früheren Angaben wird in der Literatur das Rohprotein von Rotklee als für den Wiederkäuer deutlich hochwertiger eingestuft [3]. Polyphenole und Chinone schützen das Protein von Rotklee vor einer zu raschen Verdauung im Pansen, so dass sehr große Teile davon „geschützt“ den Pansen passieren und in optimalem Zustand in den Dünndarm als den Ort der Proteinaufnahme des Rindes gelangen (Tab. 3) Einige Futterleguminosen wie Hornklee und Esparsette weisen ähnlich hochwertiges Protein auf. Bei diesen Arten zeichnen sich hohe Tanningehalte verantwortlich für den Proteinschutz.

Tab. 3: Vergleich verschiedener Leguminosenarten in Bezug auf Tanninäquivalente, in vitro-Abbauraten des Rohproteins sowie UDP-Gehalte (letztere bei einer Passagerate von 6%/h) (nach [3])

|            | Tanninäquivalent | XP Abbauraten in vitro, %/h | UDP, % <sup>1)</sup> |
|------------|------------------|-----------------------------|----------------------|
| Luzerne    | 0,0              | 23,7                        | 19,2                 |
| Weißklee   | 0,0              | 26,9                        | 17,5                 |
| Rotklee    | 0,0              | 15,0                        | 27,2                 |
| Hornklee   | 7,0              | 18,6                        | 23,0                 |
| Espartette | 14,6             | 5,4                         | 49,5                 |

Im Vergleich zu Gras aber auch zu Silomais, zeichnen sich Kleearten bzw. Luzerne durch hohe Gehalte an Kalzium- und Magnesium aus, so dass deren Einsatz auch zu einem Ausgleich der Mineralstoffgehalte in Futtermischungen beiträgt (siehe auch Tab. 4). Kalzium- und Magnesium werden im Abbauprozess im Pansen langsam und gleichmäßig aus dem sich abbaubaren Leguminosen freigesetzt, was zu einer Stabilisierung des Pansen-PH-Wertes besonders bei krafftutterintensiver Fütterung beiträgt.

Tab. 4: Mineralstoffgehalte ausgewählter Futterleguminosenarten im Vergleich zu Deutschem Weidelgras. (1. Schnitt 2010, Versuchsstandort Lindhof, unveröffentlicht)

| Art            | Calcium-Gehalt (gr/kg TM) | Phosphor-Gehalt (gr/kg TM) | Magnesium-Gehalt (gr/kg TM) | Kalium-Gehalt (gr/kg TM) |
|----------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Rotklee        | 14,87                     | 3,03                       | 3,03                        | 30,10                    |
| Espartette     | 9,17                      | 3,33                       | 2,07                        | 23,93                    |
| Schwedenklee   | 14,50                     | 4,30                       | 2,70                        | 36,07                    |
| Gelbklee       | 11,77                     | 3,83                       | 2,67                        | 34,87                    |
| Hornklee       | 11,30                     | 3,63                       | 2,27                        | 33,00                    |
| Luzerne        | 15,00                     | 3,50                       | 2,20                        | 30,30                    |
| Weißklee       | 14,23                     | 3,80                       | 2,23                        | 33,07                    |
| Dt. Weidelgras | 3,30                      | 2,50                       | 0,97                        | 21,53                    |

Gerade in Jahren mit ausgeprägter Frühjahrs- und Frühsommertrockenheit, die in den vergangenen Jahren relativ häufig aufgetreten sind, überraschen Luzerne und Rotklee gegenüber Gras über hohe Aufwuchsleistungen im zweiten und dritten Aufwuchs. Diese ist im Wesentlichen auf deren tiefgehendes Pfahlwurzelsystem zurückzuführen, welches es diesen Pflanzen ermöglicht, Wasser aus deutlich größeren Tiefen als Gras aufzunehmen [10]. Von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist natürlich gerade in Trockenphasen, dass Kleeartige durch ihre Symbiose mit Luftstickstoff bindenden Bakterien sich jederzeit gleichmäßig mit Stickstoff versorgen können, während bei ausgeprägter Trockenheit organische und mineralische N-Dünger von Grasbeständen nur eingeschränkt aufnehmbar sind bzw. bei zu warmer Witterung oberflächlich ausgebrachter Gülle nicht zu unterschätzende Ammonium-N-Ausgasungen auftreten können.

Viele Untersuchungen, so auch die von [6] zeigen, dass sich mit Leguminosenarten wie der Luzerne trotz niedrigerer Energiedichten hohe Milchleistungen erzielen lassen und so Futterleguminosenprotein als kostengünstiger Ersatz für Sojaextraktionsschrot dienen kann. Hohe Passageraten in Kombination mit vermutlich hoher Schmackhaftigkeit führten bei Milchkühen, in den an der LFL von [6] durchgeführten Fütterungsversuchen bei der mit Luzerne gefütterten Gruppe, zu deutlich gesteigerten TM- bzw leicht höheren NEL-Aufnahmen sowie zu leicht höheren Milchleistungen gegenüber der mit Grassilage gefütterten Gruppe. (Beiden Gruppen wurde über entsprechendes Kraftfutter eine leistungsgerechte Futtermischung sichergestellt)

Alles in allem stellt das eben Aufgezählte eine Reihe von Argumenten dar, die es lohnend machen, sich näher mit dem Kleeertragsanbau zu beschäftigen. Vor diesem Hintergrund ist die Erforschung des Anbaupotentials verschiedener Kleeertragsbestände seit Mitte der 90er Jahre einer der Forschungsschwerpunkte am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau -. In diesen Arbeiten wurden vor allem der Effekt der Leguminosen- bzw. Begleitgrasart, der Nutzungsart (Schnittnutzung, Beweidung, Gründüngung) sowie der Nutzungsdauer und der Ansaatmethode auf die Erfolgskenngrößen: Ertragsleistung, Futterqualität, Luftstickstoffbindeleistung sowie Vorfruchtwert unter schleswig-holsteinischen Anbaubedingungen umfassend untersucht.

Zur näheren Prüfung inwieweit der Kleeertragsanbau eine Anbaualternative in der Grundfutterproduktion darstellt, wurden an den Versuchstandorten Hohenschulen bzw. Karkendamm unterschiedlich intensiv mit N gedüngte Ackergrasbestände als Vergleichsvarianten geprüft. Ziel dabei war es, Landwirten, die beabsichtigen einen Teil ihrer Grundfutterproduktion über Kleeertrags abdecken, Vergleichsdaten für ihre Anbauplanung an die Hand zu geben. Im Folgenden wird das Anbaupotential von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat sowie im Gemenge mit Deutschem Weidelgras im Vergleich zu Dt. Weidelgras-Reinsaat, die alternativ 0, 100, 200, 300, 400 kg Stickstoff je Hektar und Jahr erhielten, besprochen.

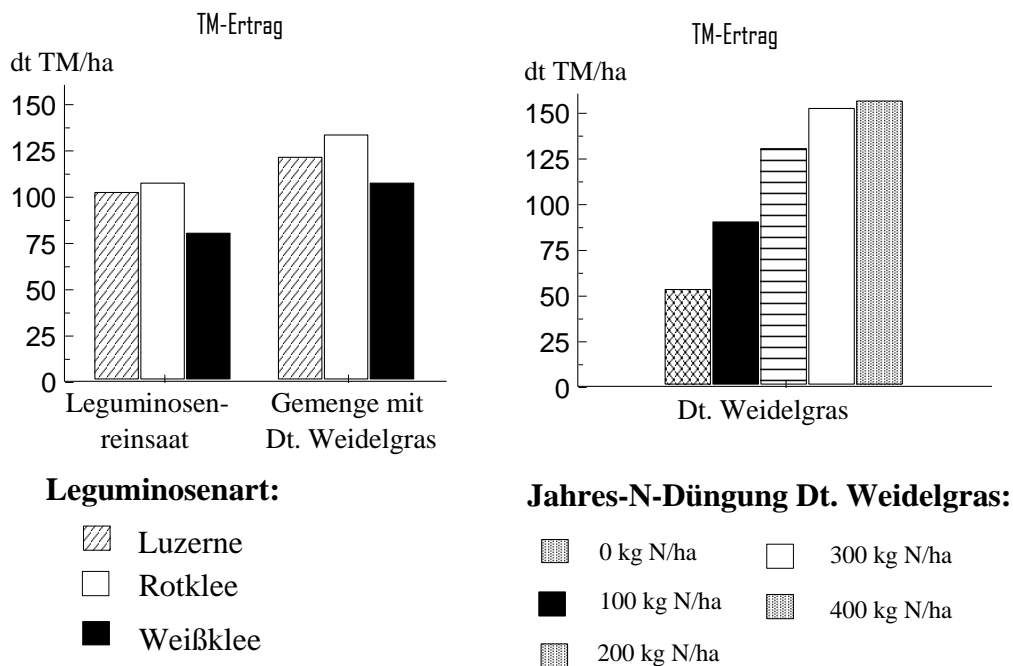


Abb. 1: Trockenmassenerträge von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat bzw. im Gemenge im Vergleich zu Erträgen von unterschiedlich gedüngten Dt. Weidelgras-Reinsaat.

Die dargestellten Daten entstammen aus einem zweijährigen Feldversuch auf dem Versuchsgut Hohenschulen (Bodenart: sandiger Lehm, 50-55 Bodenpunkte; Ø-Jahresniederschlag: 685 mm; Ø-Jahrestemperatur: 8,8°C) in dem jeweils Bestände im ersten Hauptnutzungsjahr (nach vorheriger etabliert als Augustblanksaat vergleichend geprüft wurden. Als Nutzungsregime wurde eine 4-

Schnittnutzung gewählt. Zu den Klee- und Luzernebeständen erfolgte keine zusätzliche N-Düngung. Die N-Düngung der Dt. Weidelgrasbestände erfolgte betont zum ersten Schnitt, wobei zum 1. Aufwuchs 35 %, zum 2. und 3. Aufwuchs jeweils 25 % und zum 4. Aufwuchs 15 % der oben genannten Jahres-N-Düngungsmenge appliziert wurden. Im Folgenden dargestellt sind jeweils die erhobenen Erträge und Futterqualitäten des ersten Hauptnutzungsjahres als Mittel der beiden Versuchsjahre. Bei der Einordnung des Ertragsniveaus ist zu berücksichtigen, dass es sich um Erträge von Versuchspartizellen handelt, auf denen das Erntegut verlustlos geborgen wurde. Die festgestellten Energie- und Rohproteingehalte beziehen sich auf trockenes unsiliertes Frischmaterial. Erträge und Qualitäten von Futterleguminosen/Gras-Gemengen können von Standort zu Standort variieren. Zur Einschätzung, ob der Anbau von Klee gras eine Alternative für den jeweiligen Standort darstellt, sind die festgestellten Erträge und Qualitäten mit denen der jeweiligen Dt. Weidelgras-Reinbestände ortsüblicher Düngungsintensität zu vergleichen.

Abb. 1 zeigt Trockenmassenerträge von Luzerne, Rotklee und Weißklee sowie deren Gemenge mit Deutschem Weidelgras im Vergleich zu Erträgen von unterschiedlich gedüngtem Dt. Weidelgras. Bestände mit Rotklee oder Luzerne zeigten sich in Bezug auf ihre Ertragsleistung Beständen mit Weißklee überlegen. Leguminosen/Gras-Gemenge wiesen höhere Erträge als Leguminosenreinsaat auf. Die Erträge der Leguminosen/Gras-Bestände entsprachen Ertragsleistungen von Dt. Weidelgrasreinsaat, die mit ca. 200-250 kg N/ha gedüngt wurden.

In Abb. 2 sind die Futterqualitätsparameter Rohproteingehalt sowie Nettoenergiekonzentration der betrachteten leguminosenbasierten Bestände solchen von unterschiedlich mit Stickstoff versorgten Dt. Weidelgrasbeständen gegenübergestellt. Die geprüften Leguminosenreinsaat wiesen im Durchschnitt Rohproteingehalte von 22 % auf. Die Proteingehalte dieser Bestände lagen deutlich über denen der Gemenge, die sich wiederum deutlich von denen aller geprüften Grasreinsaat abhoben. Es ist festzustellen, dass mit zunehmender N-Düngung der Grasreinsaat auch deren Rohproteingehalte zunehmen. Infolge der sehr hohen Erträge der Grasreinsaat in beiden Versuchsjahren ist der durchschnittliche Proteingehalt der Grasbestände als relativ gering zu bewerten, was darauf hindeutet, dass am Standort Hohenschulen eine Mineraldünger-N-Gabe von 400 kg N/ha als nicht zu hoch bezeichnet werden kann. In Bezug auf die Nettoenergiekonzentration weisen Bestände mit Weißklee die höchsten NEL-Gehalte aller Bestände auf. Bestände mit Luzerne oder Rotklee liegen im Energiegehalt deutlich unter den von Grasreinsaat erzielten Werten.



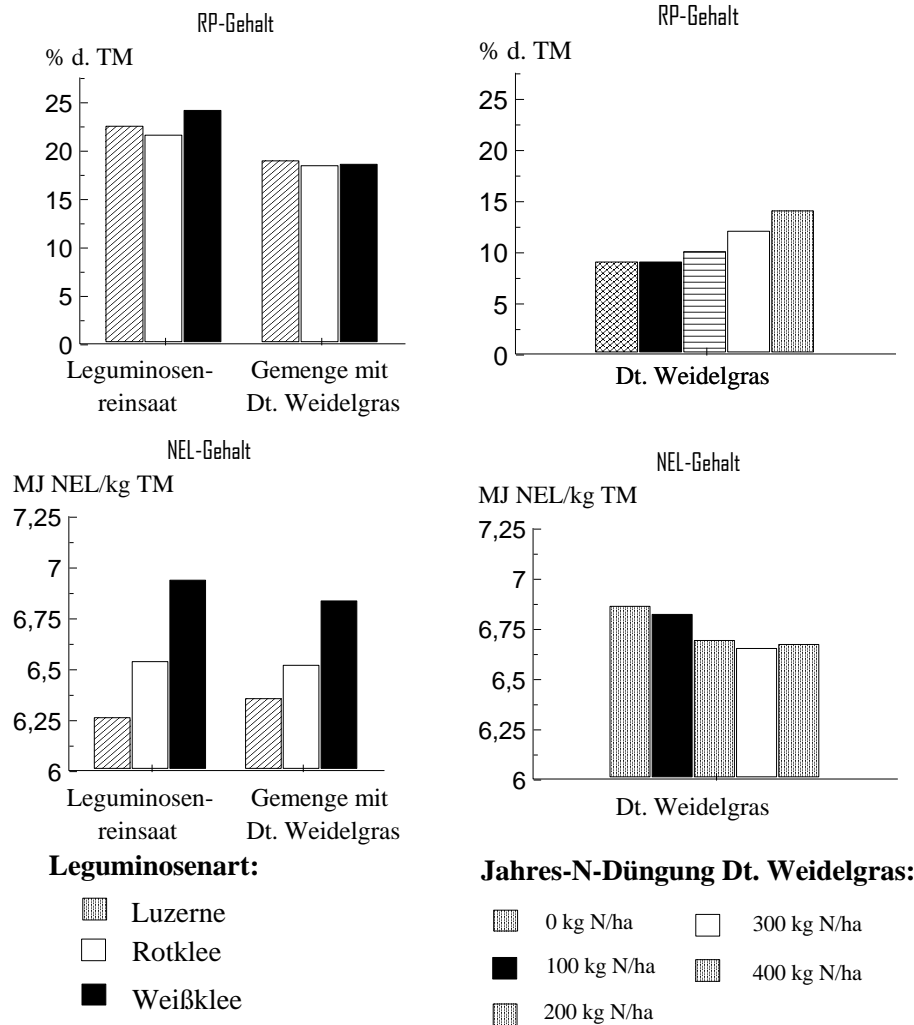


Abb. 2: Futterqualitätsparameter von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat bzw. im Gemenge im Vergleich zu unterschiedlich gedüngten Dt. Weidelgrass-Reinsaaten

Abb. 3 können vergleichend N- sowie Nettoenergie-Erträge von leguminosenbasierten Futterbaubeständen sowie Dt. Weidelgrassreinsaaten entnommen werden. Bestände mit Rotklee oder Luzerne zeigen sich in Bezug auf ihre N- sowie Energieertragsleistung Beständen mit Weißklee überlegen. Hohe N-Erträge sind stillvertretend für hohe Proteinerträge. Mit hohen Rotklee- bzw. Luzerneanteilen in der Saatmischung lassen sich deutlich höhere N-Erträge erzielen als mit intensiv gedüngten Grasreinsaaten. Zur Erreichung der N-Erträge der Bestände mit Weißklee müssen N-Düngungsmengen in einer Größenordnung von 400 kg N/ha zu Dt. Weidelgrass appliziert werden. Im Gegensatz dazu erreicht keiner der leguminosenbasierten Bestände das Energieertragsniveau von mit 200 kg N/ha gedüngten Grasbeständen. Das Energieertragsmaximum der Grasreinbestände lag in den Versuchsjahren 1997 und 1998 bei etwa 300 kg N/ha, während maximale Proteinerträge mindestens 400 kg N/ha Zudüngung erforderten.

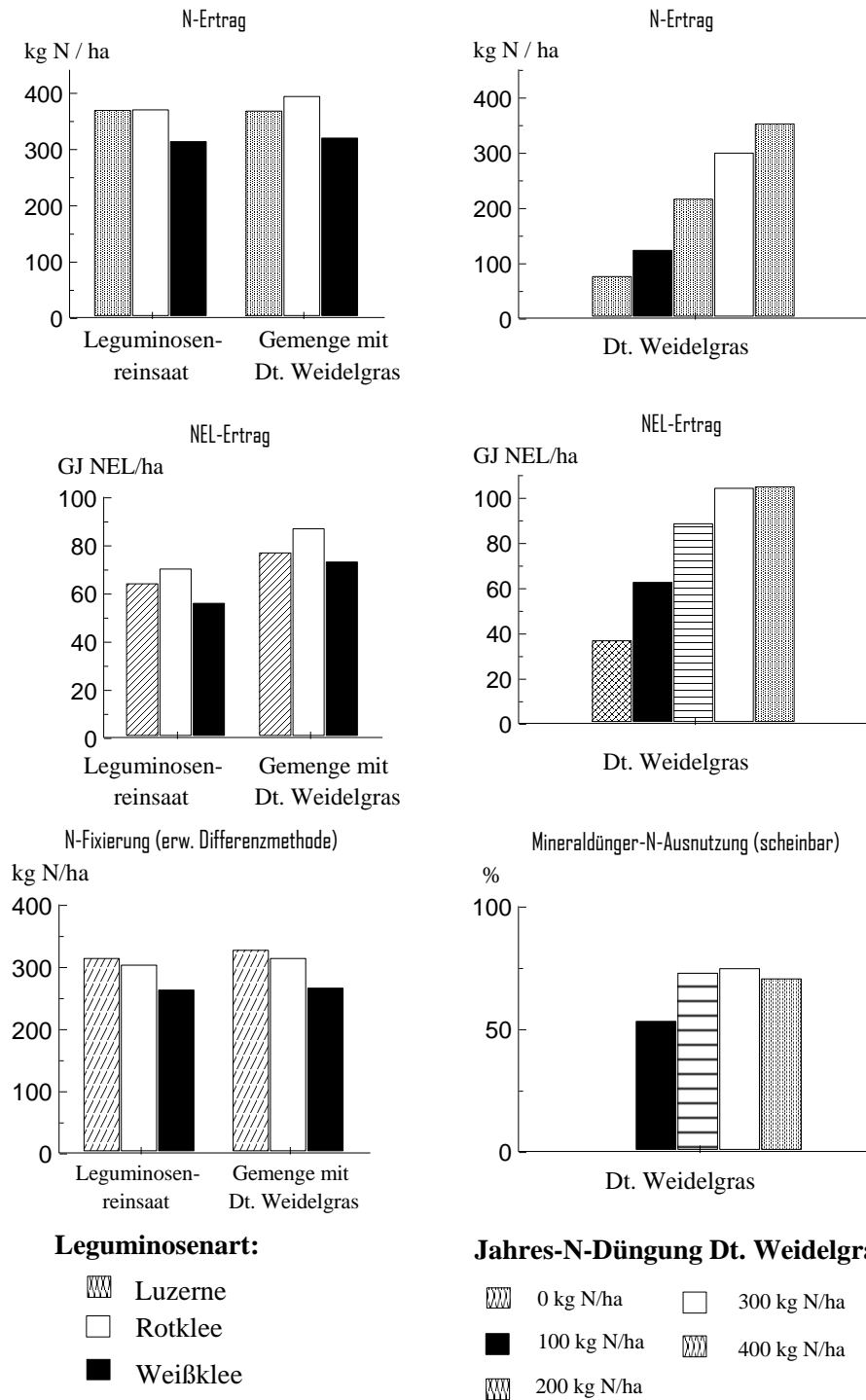


Abb. 3: N- bzw. Nettoenergieerträge von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat bzw. im Gemenge im Vergleich zu Erträgen von unterschiedlich gedüngten Dt. Weidelgras-Reinsaaten bzw. Luftstickstoff-Bindeleistung von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat sowie im Gemenge und scheinbare Mineraldünger-N-Ausnutzung verschieden gedüngter Dt. Weidelgras-Reinsaaten

Der untere Teil von Abb. 5 zeigt die Akkumulation von Luftstickstoff der leguminosenhaltigen Saatmischungen. Unabhängig davon, ob die Bestände als Reinsaat oder Gemenge mit Dt. Weidelgras angebaut wurden, weisen die Bestände mit Luzerne bzw. Rotklee N<sub>2</sub>-Fixierungsleistungen im Bereich von ca. 300 kg N ha<sup>-1</sup> auf. Diese fielen damit um ca. 40 kg höher aus als die vergleichbarer Weißkleebestände. Ebenfalls in Abb. 5 dargestellt ist die scheinbare Ausnutzung der zu den Dt.

Weidelgrasbeständen applizierten N-Düngermenge. Für die Berechnung wurde vom N-Ertrag der jeweils gedüngten Variante der N-Ertrag der ungedüngten abgezogen und die Differenz in Beziehung zum N-Düngereinsatz gesetzt. Während die mit 100 kg N ha gedüngte Variante nur eine N-Effizienz von 50 % aufwies, wurde bei den höher gedüngten Grasbeständen die mineralische Zudüngung zu 70 % direkt in N-Ertrag umgesetzt.

**Zwischenfazit 1:** Zur Erzeugung rohproteinreicher Grundfuttermittel bieten sich Leguminosenreinsaatensorten sowie deren Gemenge mit Weidelgräsern als Produktionsalternative zum Ackergrasanbau an.

Rotklee- und luzernehaltige Saatmischungen erzielen ohne zusätzliche N-Düngung Proteinerträge, die sonst nur mit sehr hoch gedüngten Ackergrasbeständen erreicht werden können.

Bezüglich der Energieerträge erzielen leguminosenbasierte Ackerfutterbaumischungen maximal 75 % des Ertragspotentials intensiv gedüngter Grasbestände, dieses bedeutet, dass zur Erzielung gleicher Nettoenergiemengen 25 % mehr Grundfutterfläche aufgewandt werden muss.

Unter Einbeziehung der Stickstoffdüngersparnis, der oben angeführten hohen wertvollen Kalzium- und Magnesiumgehalte bzw. der Hochwertigkeit des Proteins, stellen Rotklee- bzw. Luzernegras auf ackerfähigen Standorten eine interessante Produktionsalternative zu Ackergras in Betrieben mit maisbasierter Grundfütteration dar.

### **Umweltaspekte des Anbaus von Klee gras**

Neben hohen Rohproteingehalten und der Einsparung von Stickstoffdünger zeichnet sich Klee gras gegenüber Mais auch durch die mehrjährige Nutzbarkeit derselben Ansaat, dem geringeren Pflegeaufwand sowie dem höheren Potential in Bezug auf Bodenschutzaspekte, begründet durch eine geringere Erosionsanfälligkeit bzw. eine deutlich größere Humusbildung, aus. Laut den Anhangstabellen zur Cross-Compliance-Verordnung (z.B. [8]) zehrt Mais jährlich 560 kg Humuskohlenstoff je Hektar, während Klee gras und Ackergras dem Boden in jedem Hauptnutzungsjahr 600 kg humuswirksamen Kohlenstoff zuführt (Hierbei ist die jeweilige Rückführung des verfütterten Erntegutes in Form von Wirtschaftsdüngemitteln nicht mit eingerechnet). Der deutliche Unterschied zwischen den Anbaualternativen ist von großer Klimarelevanz, denn der Abbau von Humus führt zwangsläufig zur Freisetzung von klimarelevanten Kohlendioxid, während Humusaufbau durch Ackergras bzw. Klee gras im Ackerfutterbau bzw. Dauergrünland Kohlendioxid bindet. Dieser Aspekt wird in der Zukunft bei der umweltpolitischen Bewertung von Landnutzung eine immer stärkere Rolle spielen. Politik, Wissenschaft und Verbraucher diskutieren intensiv die CO<sub>2</sub>-Bilanz vieler Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände. International haben Supermarktketten begonnen auch Milch in Form des „Carbon-Footprint“ Klimarelevanzfaktoren zuzuweisen. Ein Beispiel stellt die englische Supermarktkette TESCO dar, die 1 Liter fettarme Frischmilch eine CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt von 1400 Gramm pro Liter zuweist. Wobei laut TESCO 75% des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes für die Produktion eines Liters Milch aus der Rohmilcherzeugung stammen. Die restlichen 25 % verursachen Molkereien und Handel. Das ist deutlich mehr als für andere Getränke wie Fruchtsaft oder Kaffee veranschlagt werden muß. Somit kommt der humusmehrenden Wirkung von Klee gras eine klimarelevante Bedeutung zu, die sich dadurch verstärkt, dass Klee gras sich selbst mit Stickstoff versorgt und keiner N-Düngung bedarf. 1 kg mineralischer Stickstoff schlägt in der CO<sub>2</sub>-Bilanz mit einer Freisetzung von rund 3 kg CO<sub>2</sub> bei der energieaufwändigen Herstellung zu Buche. Klee grasbestände können wie gezeigt klimaneutral mit ihren Wurzelknöllchen 200 – 350 kg ha<sup>-1</sup> Luftstickstoff in Rohprotein umsetzen. Eine Beispielberechnung zur Überlegenheit von mehrjährigem Klee gras gegenüber ertragsgleichem Ackergras in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz wurde von [15] im Rahmen der Tagung der AGGF 2009 präsentiert und soll hier nicht noch einmal wiederholt werden. Die Besonderheit der Studie von Taube war, dass neben der Herstellung der mineralischen N-Düngemittel auch im Feldversuch gemessene Lachgas-(N<sub>2</sub>O)-Emissionen in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten Berücksichtigung fanden. In diesen am vorhin beschriebenen Versuchsstandort Hohenschulen durchgeführten Versuchen wies Klee gras im 3-jährigen Durchschnitt jährliche N<sub>2</sub>O-Emissionen in einer

Größenordnung von 2,4 kg N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> auf, während diese Werte bei einem mit 360 kg N/ha gedüngten Ackergras bei ca. 9.9 kg N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> lagen.

### Herausforderungen im Kleegrasanbau

Die Konservierung von Kleegras gilt besonders bei unstabilen Witterungsverhältnissen als schwierig. Kleeartige verfügen über relativ leicht trocknende Blätter bei relativ schwer trocknenden Stängeln. Muss mehrfach gewendet werden sind hohe Bröckel- und Bergungsverluste vorprogrammiert [18].

Tab. 5: *pH-Wert, Milchsäure- bzw. Essigsäuregehalt, Anteil NH<sub>3</sub> am Gesamt-N sowie Gärverluste von Leguminosengrassilagen im Vergleich zu reiner Grassilage (Versuchsstandort Lindhof, 1998, im Mittel über 2 Aufwüchse und im Falle der Leguminosen-Bestände als Mittel über 4 verschiedene Mischungen mit einem durchschnittlichen Leguminosenanteil von 50%. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich)*

| Leguminosenart       | pH-Wert           | Milchsäure<br>(% d. TM) | Essigsäure<br>(% d. TM)% | NH <sub>3</sub> in %<br>vom Gesamt-N | Gärverlust<br>(%) |
|----------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Rotklee-Gras-Gemenge | 4.38 <sup>b</sup> | 9.4 <sup>a</sup>        | 1.5 <sup>a</sup>         | 16.4 <sup>b</sup>                    | 6.78 <sup>a</sup> |
| Luzerne-Gras-Gemenge | 4.80 <sup>a</sup> | 7.5 <sup>b</sup>        | 1.3 <sup>a</sup>         | 25.8 <sup>a</sup>                    | 7.79 <sup>b</sup> |
| 100% Dt. Weidelgras  | 4.4 <sup>c</sup>  | 6.3 <sup>c</sup>        | 0.8 <sup>c</sup>         | 12.3 <sup>c</sup>                    | 5.56 <sup>d</sup> |

Wird nicht mit Mähgutaufbereitern geerntet und aufgrund der genannten Bröckelverluste auf wiederholtes Zettwenden verzichtet, ist im Regelfall mit längeren Feldliegezeiten zu rechnen. Längere Feldliegezeiten führen zu großen Verlusten an leicht abbaubaren Kohlenhydraten, was die Silierfähigkeit von Kleegras zusätzlich erschwert. Aufgrund von im Vergleich zu Mais und Ackergras ohnehin niedrigen Gehalten an wasserlöslichen Kohlenhydraten und gleichzeitig hohen Gehalten an pH-Wert abpuffernden Rohprotein bzw. Mineralstoffen wird Kleegras als deutlich schwerer silierbar eingestuft. Dieses verdeutlichen auch die Ergebnisse des in Tab. 5 dargestellten Silierversuches von [9]. Nach 36stündiger Feldliegezeit wurden bei Leguminosen-Grasbeständen deutliche höhere Gärverluste als bei reinen Grasbeständen konstatiert. Besonders Luzerne zeigte sich als sehr schwer silierbar, die hohen Anteile von NH<sub>3</sub> am Gesamt-N deuten auf einen überproportional hohen Abbau des im Siliergut enthaltenen Rohproteins hin.

### Zwischenfazit 2:

Aus der Literatur ist bekannt, dass die Selbstversorgung mit Stickstoff durch hohen Verbrauch von Kohlenhydraten zu Mindererträgen von 20-25% gegenüber optimal versorgten Nichtleguminosen führt. Der 20-25% Mehrbedarf an Fläche zur Erzeugung der gleichen Futtermenge stellt eine große Herausforderung bei hohen Flächenpreisen dar.

Die Konservierung von Leguminosen gestaltet sich als besonders schwierig, der Grund sind gleichzeitig hohe Bergungs- wie auch Silierverluste. Hier sind innovative Verfahren gefragt.

### Forschungsbedarf

Aufgrund der vergleichsweise geringen Anbaubedeutung von fein- und grobkörnigen Leguminosen, setzen sich nur wenige Unternehmen und Institutionen mit der Optimierung der Produktionsverfahren dieser Pflanzen auseinander. Es geschieht deutlich weniger technischer Fortschritt als bei anderen Kulturarten, hier könnte die Eiweißstrategie Schützenhilfe leisten.

Der Entwicklung innovativer Konservierungsmethoden, evtl unter Einbeziehung von Unterdach-trocknung z.B. auf Basis von bisher nicht ausgenutzter Abwärme aus Biogasanlagen kommt meiner Ansicht nach große Bedeutung zu. Denn z.B. Luzerne kann nur bei optimaler Konservierung die Futterqualitäten zu erzielen, die in der Fütterung hochleistender Milchkühe verlangt werden. Zum

Forschungsbedarf im Komplex Konservierung gehören meiner Meinung nach auch etwaig geeignetere Silierhilfsmittel für Leguminosen.

Es fehlt meines Informationsstandes nach an geeigneten Energieschätzformeln für Getreide- bzw. Körnerleguminosen-Getreidegemenge-GPS. In dänischen Vergleichsversuchen (z.B. [www.Landsforsoegene.dk](http://www.Landsforsoegene.dk)) schneiden Ganzpflanzensilagen in der Energiebewertung relativ besser ab als in deutschen (allerdings erreicht auch dort GPS nicht die hohen Energiekonzentrationen des Silomaises).

In sommertrockenen Lagen wären Winterformen von Körnerleguminosen, die vereinzelt schon regional im Anbau sind von Interesse, da wie beim Wintergetreide auch hier sich mit einem früher entwickeltem Wurzelwerk Frühsommertrockenheitsphasen besser überbrücken ließen. Kahlfröste führten in allerdings Anbauversuchen mit aktuell zu gelassenen Wintererbsen auf dem Versuchsgut Lindhof in der Saison 2010/2011 zu Totalausfällen.

Sowohl die Silierfähigkeit als auch die Höhe der Luftstickstoffbindeleistung ist gegenläufig vom Kleeanteil am Gesamtbestand abhängig. Untersuchungen, die sich mit einer besseren Steuerung der Kleeanteile z.B. durch Variation der Begleitgrasart, der Saatmischung bzw. des Etablierungsverfahrens sowie der gezielten Ausbringung von Wirtschaftsdüngemitteln auseinander setzen, werden zu selten durchgeführt.

Zur Erarbeitung regionaler Anbauempfehlungen zu Klee gras fehlt es meiner Meinung nach derzeit an koordinierten Anbauversuchen, die die Einflüsse regional spezifische Steuergrößen (wie z.B. Witterung und Boden) unter sonst gleichen Bedingungen testen.

Auch um die Umweltwirkungen verschiedener Futterproduktionsverfahren wie. z.B. Humusbildung, etwaige Treibhausgasemissionen bzw. Nährstoffauswaschungen vergleichend zu testen, fehlt es meiner Ansicht nach an koordinierten regionalen Versuchsanstellungen.

## 2 Literatur

- [1] AGRARMARKT INFORMATIONSGESELLSCHAFT (AMI) (2013), Marktbilanz Öko-Landbau 2013. AMI, BONN (ISSN 1869-9499).
- [2] BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LFL) (2012): Gruber Tabelle zur Fütterung Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen 35. Auflage, [www.LfL.bayern.de](http://www.LfL.bayern.de).
- [3] BRODERICK, G.A., ALBRECHT, K.A. (1997): Ruminant in vitro degradation of protein in tannin-free and tannin containing forage legume species. *Crop Science* 37, 1884- 1891.
- [4] BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT und VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) (2012): Eiweißpflanzenstrategie des BMELV, Stand 27. November 2012, [www.bmelv.de](http://www.bmelv.de).
- [5] BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT und VERBRAUCHERSCHUTZ (BMELV) (2013): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2012. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup.
- [6] ETTLE, T., OBERMEIER A., WEINFURTNER, S., SPIEKERS, H. ( 2011): Luzernesilage im Austausch gegen Grassilage bei der Milchkuh. [www.LfL.bayern.de](http://www.LfL.bayern.de), Dokument 24972.
- [7] FUSTEC, J., LESUFFLEUR, F., MAHIEU, S., CLIQUET, J. B. (2010): Nitrogen rhizodeposition of legumes. *A review. Agronomy for Sustainable Development* 30, 57-66.
- [8] LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (LWK NRW) (2013): Cross-Compliance 2013, Informationen über die Einhaltung andersweitigen Verpflichtungen, CC-Infobroschüre, [www.landwirtschaftskammer.de](http://www.landwirtschaftskammer.de).
- [9] LOGES R., THAYSEN J., TAUBE F. (2002): Untersuchungen zur Silagequalität und Siliereignung von Rotklee und Luzerne sowie deren Gemenge mit Dt. Weidelgras. Mittei-

- lungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau. Bd. 3, Tagungsband der 46. Jahrestagung der AGFF in Rostock 268-276.
- [10] LOGES R., WESTPHAL D., TAUBE F. (2009): Ertragsleistung und Futterqualität von extensiv bewirtschafteten Leguminosen-Gras-Beständen im ökologischen Ackerfutterbau. *Pflanzenbauwissenschaften* 13 1. 37-48.
- [11] LOGES, R., WICHMANN, S., DREYMAN, S. TAUBE. F. (2002): Leguminosenanbau richtig machen. *bioland - Fachzeitschrift für den ökolog. Landbau*(1): pp. 14-15.
- [12] POSTGATE, J. (1978): Nitrogen Fixation. *Studies in Biology*, 92, E. Arnold (Publishers) Ltd., London.
- [13] RASMUSSEN, J., GYLFADÓTTIR, T. LOGES, R., ERIKSEN, J., HELGADÓTTIR Á. (2013): Spatial and temporal variation in N transfer in grass-white clover mixtures at three Northern European field sites. *Soil Biology and Biochemistry* 57, 654–662.
- [14] SMIL, V. (1999): Nitrogen in crop production. An account of global flows. *Global Biogeochemical Cycles* 13, 647-662.
- [15] TAUBE, F. (2009): Klimawandel und Futterbau. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*. Bd. 10, Tagungsband der 53. Jahrestagung der AGFF in Kleeve 7-24.
- [16] TAUBE, F. (2012): Der zukünftige Europäische Weg, ist nachhaltige Intensivierung möglich. *DLG-Kolloquium 2012: Nitratausträge aus der Landwirtschaft, Problem von gestern und Hypothek für morgen*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main 17-42.
- [17] WICHMANN S., LOGES R., TAUBE. F. (2005): Ertragsbildung und Qualitätsentwicklung von Körnerleguminosen zur Ganzpflanzennutzung in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide. *Pflanzenbauwissenschaften* 9, 61-74.
- [18] WYSS U. (2009): Der Nährwert ist wichtig. *Bauernzeitung (CH)* 31, S. 13.

# Anbausituation kleinkörniger Leguminosen in Grünland und Feldfutterbau Bayerns

Hartmann, S.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, IPZ4b, Am Gereuth 4, Freising  
[Stephan.Hartmann@LfL.Bayern.de](mailto:Stephan.Hartmann@LfL.Bayern.de)

## 1 Einleitung

Der Anbau von Klee gras zeigte sich in seinen Anbauzahlen über viele Jahre erstaunlich stabil. Einzige Abweichung hiervon war eine von InVeKoS (integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem) erfasste kurzfristige deutlich Zunahme der Flächen (20.000 ha) mit Code 321 (Klee- und Luzerne gras) mit Einführung des InVeKoS-Systems (1993⇒1994), die nach einem Fünfjahreszeitraum wieder weitgehend abgebaut war und die Flächen den Umfang der Jahre zuvor erreichten. Da im Zeitraum des Anstieges auch der Absatz von Feldfutterbaumischungen keine Sonderkonjunktur erfuhr (Befragung des Handels), liegt die Vermutung nahe, dass in diesem Zeitraum Grünland „vorsorglich“ eine Ackerkodierung erhielt, die nach fünf Jahren ohne Umbruch nicht mehr gehalten werden konnte. Eine Grafik hierzu wurde in diesem Beitrag nicht aufgenommen, da sie seit Jahren in allen Versuchsberichtsheften zu Sortenprüfungen bei Futterpflanzen in Bayern enthalten ist (z.B. <http://www.isip2.de/versuchsberichte/55513> [4]).

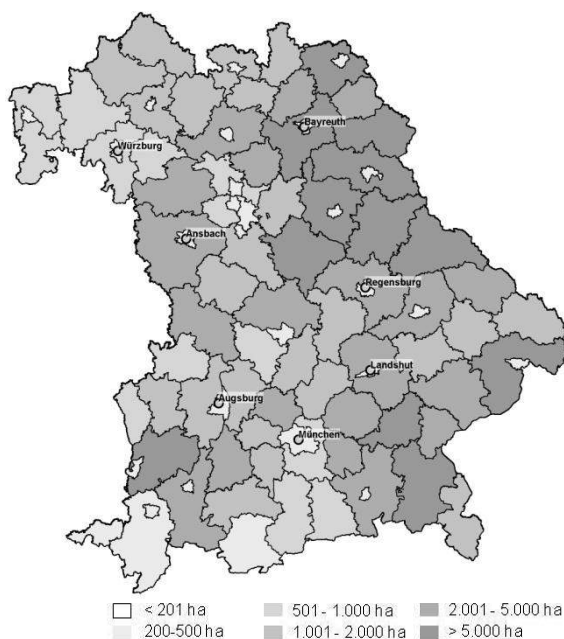


Abb. 1: Klee grasanbau in Bayern  
 (abs. ha/Landkreis; Datenbasis INVEKOS 2013)

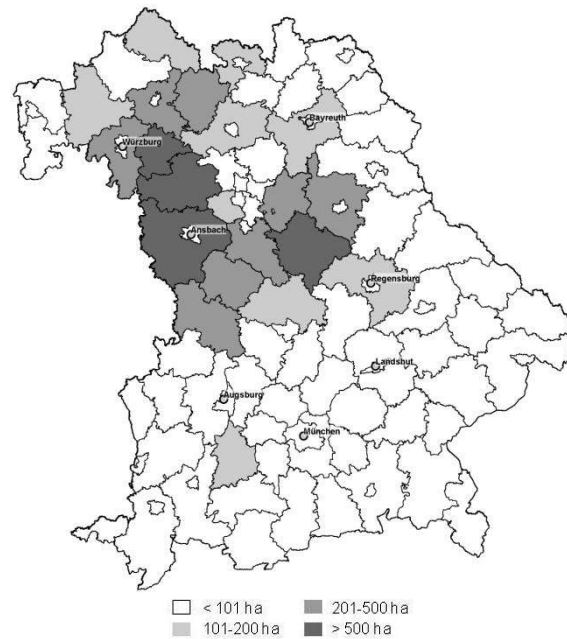


Abb. 2: Luzerneanbau in Bayern  
 (abs. ha/Landkreis; Datenbasis INVEKOS 2013)

Bezieht man diesen Umstand mit ein, verursacht der Rückgang der Grobfutterfresser eine stärkere relative Anbauabnahme bei Silomais als bei Klee gras. Aber auch die Biomassenachfrage der Biogasanlagen in den letzten Jahren führte wiederum zu einer geringeren relativen Ausdehnung bei Klee gras als bei Silomais. Vielmehr kam es zu einer Verschiebung innerhalb des Feldfutters von Klee gras zu Acker gras. Lag dieses noch vor 8 Jahren bei ca. 4-5% so erreicht es nun Anteile deutlich über 10% des Feldfutterbaus. Auch die Intensivierung und Verbesserung von Grünland führt zu einer tendenziellen Abnahme des Feldfutterbaus. Denn während Feldfutter stets in Konkurrenz zu anderen Ackerfrüchten steht, muss sich nicht umbruchfähiges Grünland dieser Alternative nicht stellen.

Anbaufördernde Akzente setzt in Bayern aktuell besonders der ökologische Landbau, so dass mittlerweile ca. ein Viertel des Klee gras in ökologisch wirtschaftenden Betrieben angebaut wird. Hier dient es traditionell als Stickstoffsammler in der Fruchtfolge und der Unkrautunterdrückung. In viehlosen ökologisch wirtschaftenden Betrieben gewinnt der Klee grasanbau in Kombination mit Biogasanlagen besondere pflanzenbauliche Vorteile, da sich so die Option auf eine stapelbare und vergleichsweise gezielt einsetzbare Stickstoffquelle - bei der etablierte Ausbringtechnik genutzt werden kann - eröffnet.

Aber auch die Rückbesinnung der Tierernährung auf Luzerne als hochwertiges Futtermittel und jüngere positive Ergebnisse zum Einsatz von Klee gras im Milchviebereich waren sicherlich förderlich ([7], [1], [5], [8]). Und nicht zu Letzt das Erosionskataster mit den sich daraus ableitenden Auflagen.

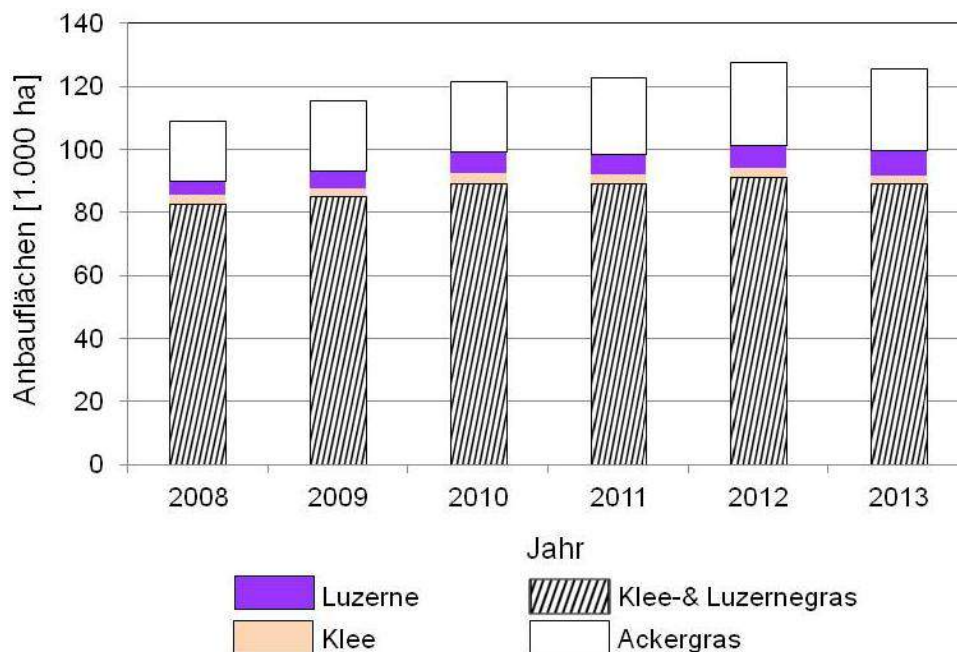


Abb. 3: Entwicklung des Anbaus Rotklee, Luzerne und Gräsern sowie ihren Gemengen von 2008 bis 2013 in Bayern (Daten: INVEKOS):

Abb. 3 zeigt die geschilderte Anbauentwicklung des Feldfutterbaus differenziert für den Reinanbau der beiden wichtigsten Leguminosen Rotklee und Luzerne in den letzten 6 Jahren. 2013 stehen 2.5170 ha Rotklee, 7.968 ha Luzerne, 89.315 ha Klee-bzw. Luzernegras und 26.119 ha Ackergras in Bayern im Feld. Hierbei ist der Reinanbau von Rotklee weitgehend stabil, während sich der Luzerneanbau in den letzten 6 Jahren fast verdoppelt hat. Auch die Nutzung ist unterschiedlich. Während der Reinanbau von Luzerne bis auf wenige Einzelflächen auf die Futterproduktion ausgerichtet ist, dient etwas mehr als einem Drittel der Rotklee fläche der Samenproduktion. Die Abb. 1 und 2 zeigen regionale Anbauswerpunkte für Klee- und Luzernegras sowie den Reinanbau von Luzerne. Luzerne hat ihren klaren Schwerpunkt in ihren trationellen Anbaugebieten Frankens. Der Klee gras-



anbau bildet Schwerpunkte in der Oberpfalz und den Mittelgebirgslagen. In diesen Lagen kann der erfolgreich betriebene Feldfutterbau den in Grenzlagen seiner Verbreitung öfters schlecht stehenden Silomaisbestände im Bereich Trockenmasse-Ertrag erreichen oder schlagen.

Es bleiben aber auch dort der im Vergleich zu Silomais weiterhin deutlich höhere Arbeitsaufwand und die ungünstigere Kostensituation pro MJ NEL für – aber auch die deutlich höheren Eiweißträge pro Hektar.

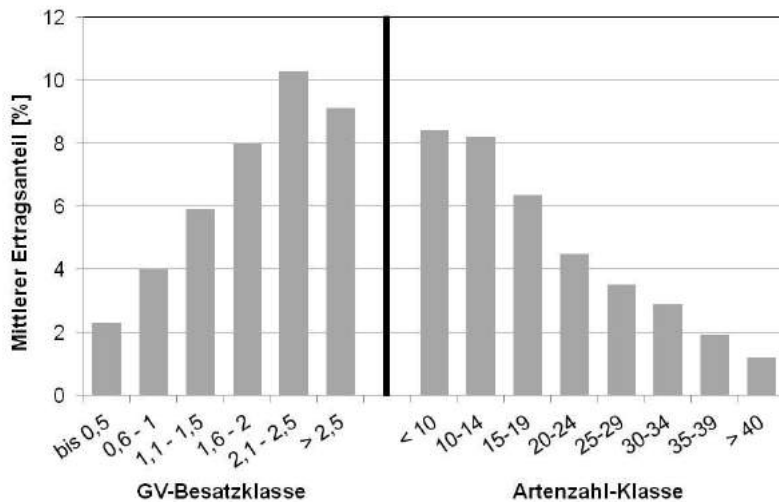


Abb.: 4: Mittlerer Ertragsanteil von Weißklee im Wirtschaftsgrünland Bayerns in Abhängigkeit von GV-Besatz und Artenzahl der untersuchten Bestände [6]

Weißklee findet auch im Feldfutterbau Verwendung jedoch deutlich nachrangig zu Rotklee und Luzerne. Seine Hauptbedeutung bezieht er aus der Alleinstellung als einzige ausdauernde Leguminose des intensiven Grünlandes. Abb. 4 zeigt die in einer breiten Erhebung gefundenen Anteile im bayerischen Wirtschaftsgrünland. Deutlich wird jeweils die gefundene Spanne von 1% bis etwa 10% der Ertragsanteile. Diese sind also noch in der deutlich überwiegenden Anzahl der bonitierten Flächen von ca. 15% bzw. 20% die im konventionellen bzw. ökologischen Landbau angestrebt werden entfernt. Als ein Grund hierfür wird eine im bayerischen Grünland oft unzureichende Versorgung mit Phosphat angesehen,

## 2 Verbräuche von Weißklee, Rotklee und Luzerne der letzten sechs Jahre

Nach eigenen Schätzungen - basierend auf dem Artenmuster der in Bayern beantragten Futterbaummischungen und der ausgewiesenen Feldfutterbaufläche - ergibt sich ein Bedarf von ca. 92 t/a (2008) bis 97 t/a (2012) Rotklee und etwa 75 t/a (2008) bis etwa 100 t/a (2012) Luzerne. Die größeren Steigerungen bei Luzerne erklären sich aus den größeren Flächengewinnen von Luzerne-Reinbeständen (in der Regel Futteranbau) gegenüber Rotklee-Reinbeständen, bei dem mehr als Drittel Vermehrungsflächen sind, deren Ansaatstärken pro ha deutlich niedriger liegen als beim Reinbeständen für den Futterbau. Auch ist der Anteil von Luzerne in Luzernegras in aller Regel deutlich höher als bei Klee gras für intensive Nutzung und Silierung.

Bei Nachsaat- wie auch Neuansaatmischungen finden sich häufig für die Komponente Weißklee Saatstärken von 2 kg/ha. Sein Gewichtsanteil in den Mischungen schwankt von etwa 5% bis ca. 10%. Daraus leitet sich aktuell überschlägig ein mittlerer jährlicher Bedarf für das Wirtschaftsgrünland von etwa 70 t/a in Bayern ab. Schätzungen im Bereich Grünland sind deutlich schwerer als für den Feldfutterbau, da die Flächenentwicklung im Gegensatz zum Feldfutterbau nur an Hand der

Entwicklung der in Bayern beantragten Mischungen geschätzt werden kann und Saatgut-Zu- wie auch Abflüsse nach und aus Bayern nicht erfasst sondern nur geschätzt werden können.

### 3 Vermehrung von kleinkörnigen Leguminosen in Bayern und Deutschland

Etwas mehr als ein Drittel der Rotkleevermehrungen Deutschland liegen in Bayern. Die Vermehrung anderer kleinkörniger Leguminosen findet nur in geringem Umfang statt. Ein wichtiger Grund hierfür ist die jeweilige Häufigkeit günstiger Erntebedingungen zur Samenreife der einzelnen Arten im Anbaugebiet. Tab. 1 zeigt die Flächenentwicklung der Vermehrungen kleinkörniger Leguminosen in Bayern.

Tab. 1: Vermehrungsflächen von Rotklee, Luzerne, Weißklee und anderen kleinkörnigen Leguminosen in Bayern (2008 - 2013)

| Art      | Jahr |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|
|          | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Rotklee  | 676  | 768  | 961  | 920  | 797  | 861  |
| Luzerne  | 92   | 43   | 59   | 45   | 52   | 98   |
| Weißklee | 0    | 0    | 14   | 27   | 23   | 16   |
| Andere*  | 20   | 17   | 1    | 0    | 0    | 11   |
| Gesamt   | 789  | 828  | 1034 | 991  | 872  | 987  |

\* Hornklee, Inkarnatklee, Esparsette

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass ca. die Hälfte der Rotkleevermehrungen in ökologisch wirtschaftenden Betrieben erfolgt und aktuell der seltene Sachverhalt zu beobachten ist, dass ökologisch erzeugtes Saatgut in konventionelle Mischungen eingemischt wird. Abb. 4 macht deutlich, dass die Flächenentwicklung der bayerischen Rotkleevermehrungen deutlich stabiler verlief als in Gesamtdeutschland.

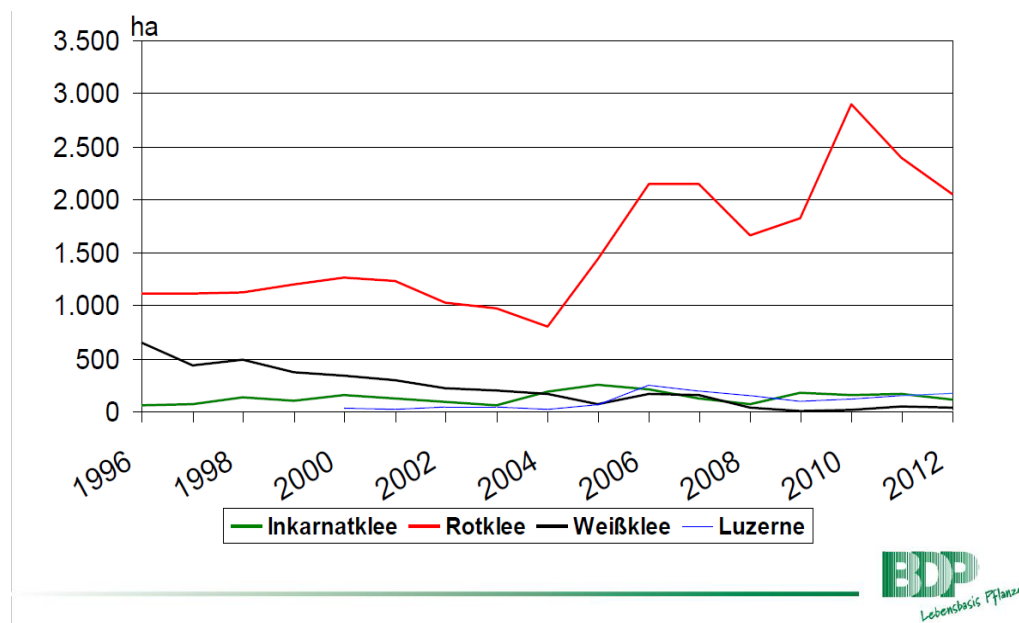


Abb. 4: Entwicklung der zur Feldbesichtigung angemeldeten Vermehrungsflächen bei wichtigen kleinkörnigen Leguminosen in Deutschland [3]

Schätzungen von Vertretern der deutschen Saatgutwirtschaft gehen zur eigenen Produktion von einer Importmenge von weitem ca. 500 t bei Rot- und Weißklee sowie etwas mehr als 300 t bei Luzerne aus. Auch wenn diese Schätzung aus dem Jahr 2010 stammt und von den wirtschaftlichen Jahreseffekten 2010 beeinflusst ist, gibt er doch eine Abschätzung zur Größenordnung des jährlichen Bedarfes und damit die Hoffnung weiter steigender Vermehrungsflächen in Bayern.

Tab. 2: *Saatgutvermehrung und geschätzter Import von Saatgut in die BRD für das Jahr 2010 [2]*

| Art      | Saatgutvermehrung<br>[ha] | Importiertes<br>Saatgut [t] |
|----------|---------------------------|-----------------------------|
| Rotklee  | 2010                      | 560                         |
| Weißklee | 12                        | 550                         |
| Luzerne  | 73                        | 340                         |

## 4 Aktionsprogramm "Heimische Eiweißfuttermittel"

Bekanntlich werden pflanzenbauliche Entwicklungen stark von Jahreseffekten überdeckt. Die bisherige Laufzeit von jetzt zweieinhalb Jahren ist also für eine Evaluierung sicher zu kurz, dennoch sollen ausgewählte sich abzeichnende Trends benannt werden.

- Im Vergleich zu dem Mittel der Jahre 2008-2010 nahm der Luzerneanbau um mehr als 40% zu.
- Den Landwirten wird zunehmend die oft ungünstige Zusammensetzung ihrer Grünlandbestände bewusst. Erkennbar wird dies am deutlich gestiegenen Saatgutabsatz bei Grünlandmischungen. Bei einem Vergleich der in Bayern beantragten Mischungen für Grünland, hat sich deren Absatz von etwa 1.000 t/a (Ø 2008/2009) auf ca. 1.500 t/a (Ø 2011/2012) erhöht.
- Die höheren Erträge aus dem Grünland üben einen Druck auf den Feldfutterbau aus, wenn es nicht gelingt die Rationsgestaltung in den Betrieben in Richtung höherer Anteile von Grünland und Klee gras zu verschieben. Gelingt dies nicht, wird lediglich Futterfläche für Marktfrüchte oder Biogassubstrat frei.
- Positive Akzente werden aktuell durch den ökologischen Landbau gesetzt. Es ist davon auszugehen, dass der Feldfutterbau von jeder weiteren Ausdehnung dieser Wirtschaftsweise profitieren wird.
- Eine Stärkung der heimischen Futterpflanzenproduktion unterstützt nicht zuletzt die Umsetzung des Aktionsprogramms, da sich durch die Preisentwicklung der Anbaualternativen die Fläche der Samenproduktion für Futterpflanzen in Europa etwa halbiert hat und sich nur langsam erholt.
- Bayern ist ein wichtiger Standort für die Vermehrung von Rotklee. Es sollte daher frühzeitig Vorsorge zur Vermeidung von Krankheitsgeschehnissen getroffen werden. Hierzu ist eine intensive züchterische Bearbeitung unabdingbar.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] BULANG, M., KLUTH, H., ENGELHARD, T., SPILKE, J. UND RODEHUTSCORD, M. (2006): Zum Einsatz von Luzernesilage bei Kühen mit hoher Milchleistung. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90, 89-102.
- [2] Feuerstein U. (2012): Züchtertreffen – Leguminosen 2012 - Feinsamige Leguminosen (pers. Mitteilung)

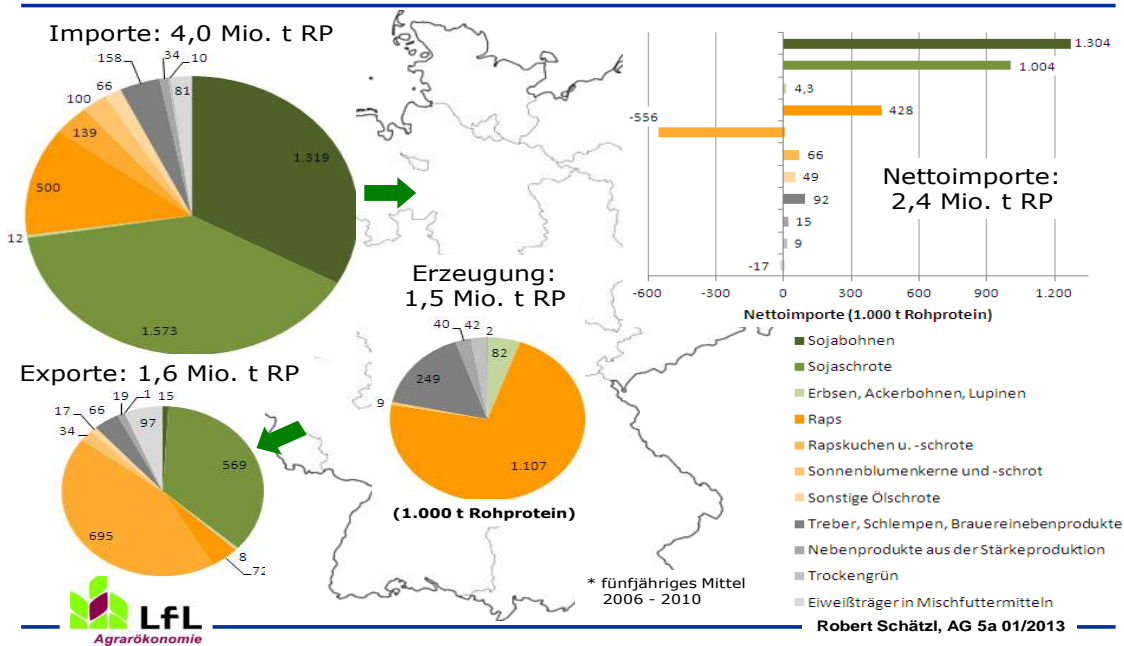
- 
- [3] HAMANN, M. (2012): Aktuelles aus der Wirtschaft, Tagungsband DLG 53. Tagung des DLG Ausschusses für Gräser, Klee und Zwischenfrüchte, Bonn, Herg.: DLG
- [4] HARTMANN, S. UND PROBST, M. (2011): Versuchsergebnisse aus Bayern 2010 - Ergebnisse aus Feldversuchen: Rotklee zweites Hauptnutzungsjahr, Herg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, S. 21
- [5] HOFFMANN, P., COMBS, D. UND CASLER, M. (1998): Performance of lactating dairy cows fed alfalfa silage or perennial ryegrass silage. *Journal of Dairy Science* 81, 162-168
- [6] KUHN, G., HEINZ, S. UND MAYER, F. (2011): Grünlandmonitoring Bayern - Ersterhebung der Vegetation 2002 – 2008; Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3/2011; Herg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft; ISSN 1611-4159
- [7] PRIES, M., VERHÜLSDONK, C., HOFFMANN, C., HÜNTING, K. UND MENKE A.: (2013) Einsatz von Stroh und unterschiedlichen Anteilen von Luzerneheu in der Fütterung von hochleistenden Milchkühen, Tagungsband Forum angewandte Forschung, Herg. DLG
- [8] THAYSEN, J. (2008): Ergebnisse des Futterkamper Versuches 2004 bis 2006 – Großes Interesse am Rotkleeergrasanbau. *Landpost* 20.09.2008, 27-28

# Heimische Eiweißfuttermittel -Chancen und Grenzen

A. Heißenhuber und R. Schätzl

TU München – Weihenstephan, Institut für Agrarökonomie

## Deutschland: Erzeugung von und Außenhandel mit Eiweißträgern



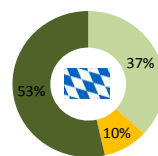
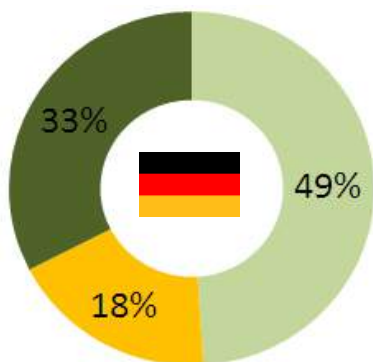
## Verfütterung der importierten Sojafuttermittel (Abschätzung)

### Deutschland\*:

4,8 Mio. t Sojaschrot  
2,3 Mio. t Rohprotein

### Bayern\*:

813.000 t Sojaschrot  
374.000 t Rohprotein



■ Rinder  
■ Schweine  
■ Geflügel

## Erzeugung von Eiweißfrüchten ausdehnen



### Ist-Situation:\*

|              | Anbauflächen<br>ha | Erträge |          | Erzeugungsmenge<br>t RP/Jahr |
|--------------|--------------------|---------|----------|------------------------------|
|              |                    | dt/ha   | dt RP/ha |                              |
| Futtererbsen | 44.800             | 29,5    | 6,1      | 27.300                       |
| Ackerbohnen  | 15.800             | 35,1    | 9,13     | 14.400                       |
| Süßlupinen   | 17.900             | 14,4    | 4,77     | 8.500                        |
| Sojabohnen   | 5.000              | 27,4    | 10,3     | 5.200                        |
| gesamt       | 83.500             |         | 6,6      | <b>55.000</b>                |

### Theoretisch mögliche Erzeugung:

11.834.000 ha \* 20 % \* 8,0 dt RP/ha = **1,89 Mio. t RP**

### Theoretisches Potential für Deutschland:

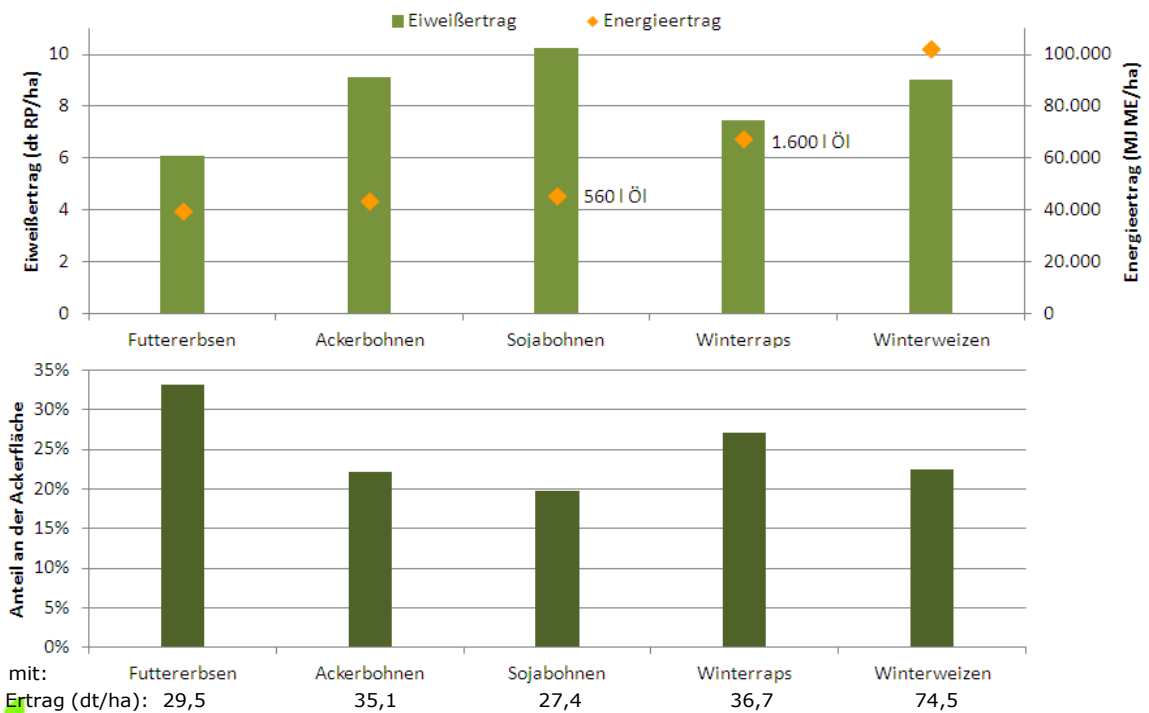
1,89 Mio. t RP – 55.000 t RP = **1,84 Mio. t RP**



\* mittlere Verhältnisse Deutschland 2007 – 2011, Anbauflächen auf 100 ha gerundet

5

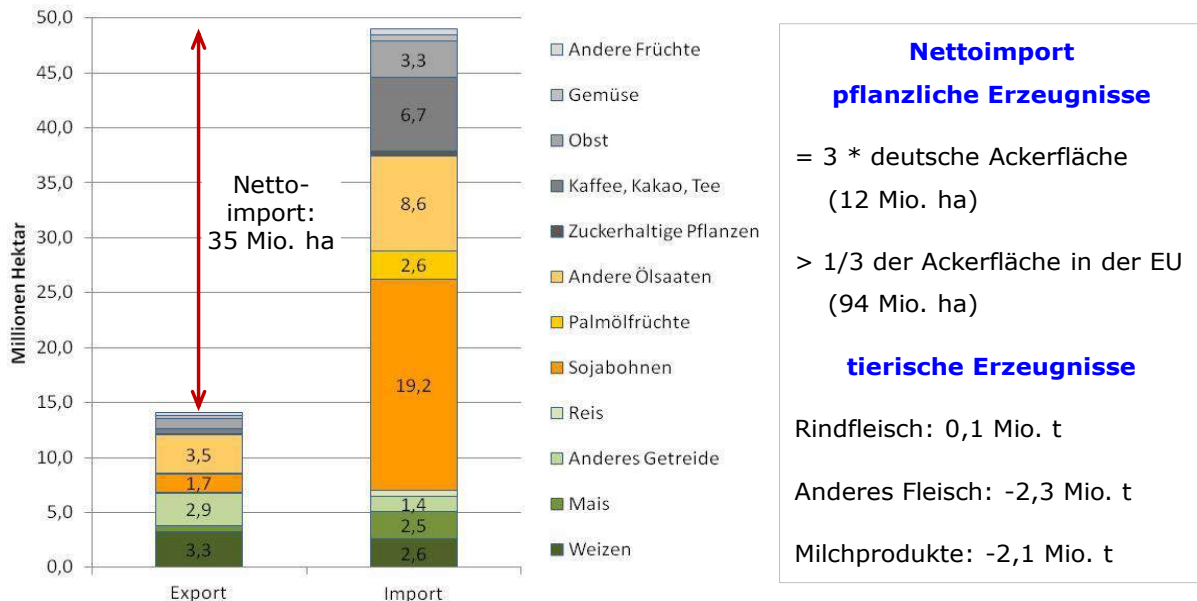
## Theoretischer Ackerflächenbedarf zum Schließen der Eiweißlücke



Verhältnisse in Deutschland: Ø Erträge 2007 – 2011, Ackerfläche 2011: 11,9 Mio. ha

6

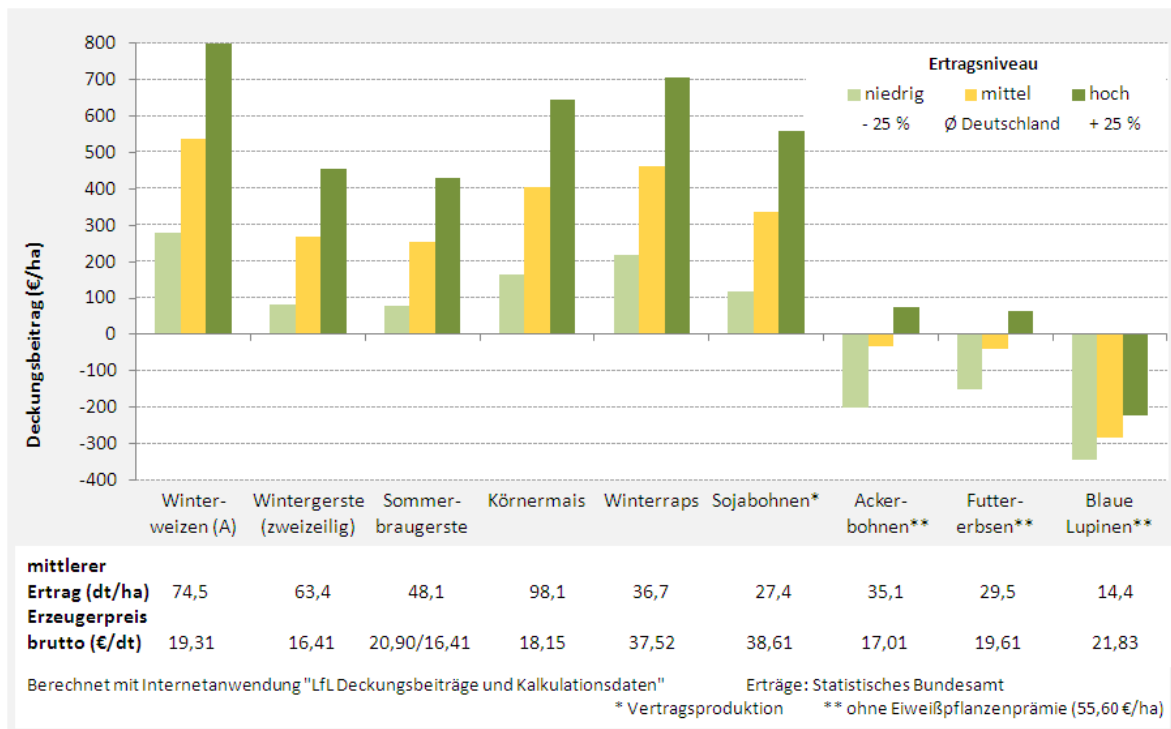
### Faktischer Import und Export von Ackerland (EU 2007/2008)



Quelle: von Witzke & Noleppa (2010), verändert



### Wirtschaftlichkeit von Mähdruschfrüchten 2007 bis 2011



## Ausgewählte Ansatzpunkte für mehr Eiweiß vom Grünland



- idealere Zusammensetzung der Bestände
- zeitige Nutzung
- bedarfsgerechte Düngung



- ausreichende Verdichtung im Silo
- genügender Vorschub bei der Entnahme
- Bereitung von Belüftungsheu
- Kurzrasenweide



- Futteruntersuchungen
- Ertragsermittlungen
- ökonomische Bewertungen
- Beratung
- Wissenstransfer

## Verarbeitete tierische Proteine füttern?

### Potentiale der Kategorie 3 (genusstaugliche Tiere):

- Mehle zur Düngung verwendet: **72.000 t RP**

#### Pro:

- Eiweißpotential
- Phosphor aus Knochen hoch verdaulich
- Aminosäureverhältnis passt gut in Rationen für Legehennen

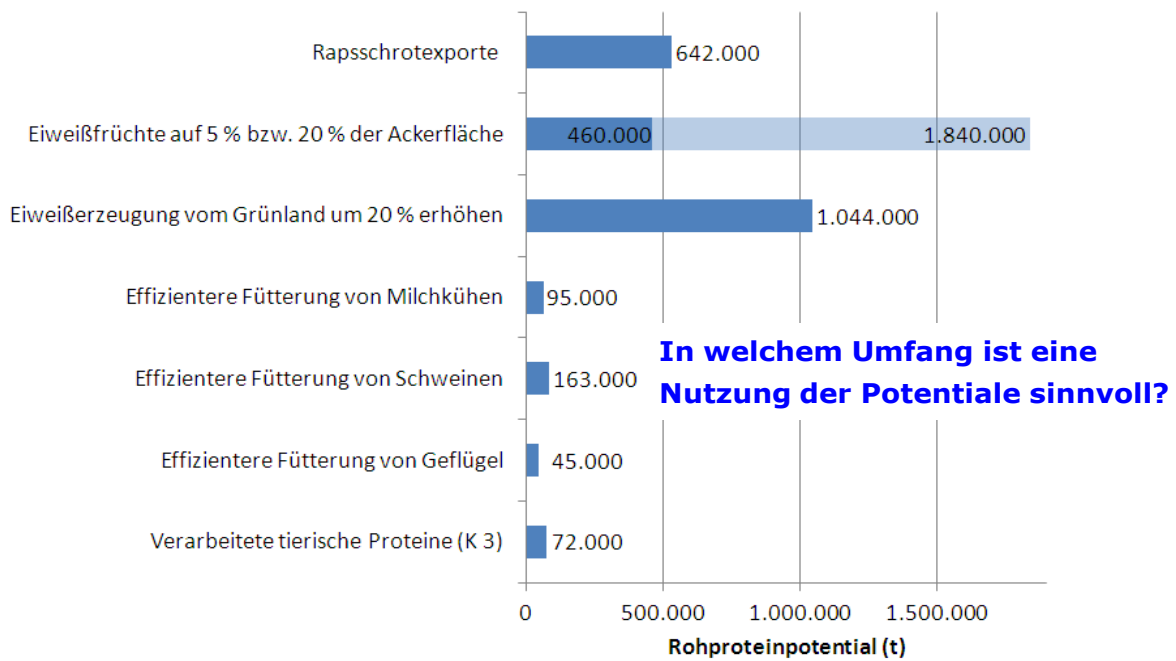


#### Contra:

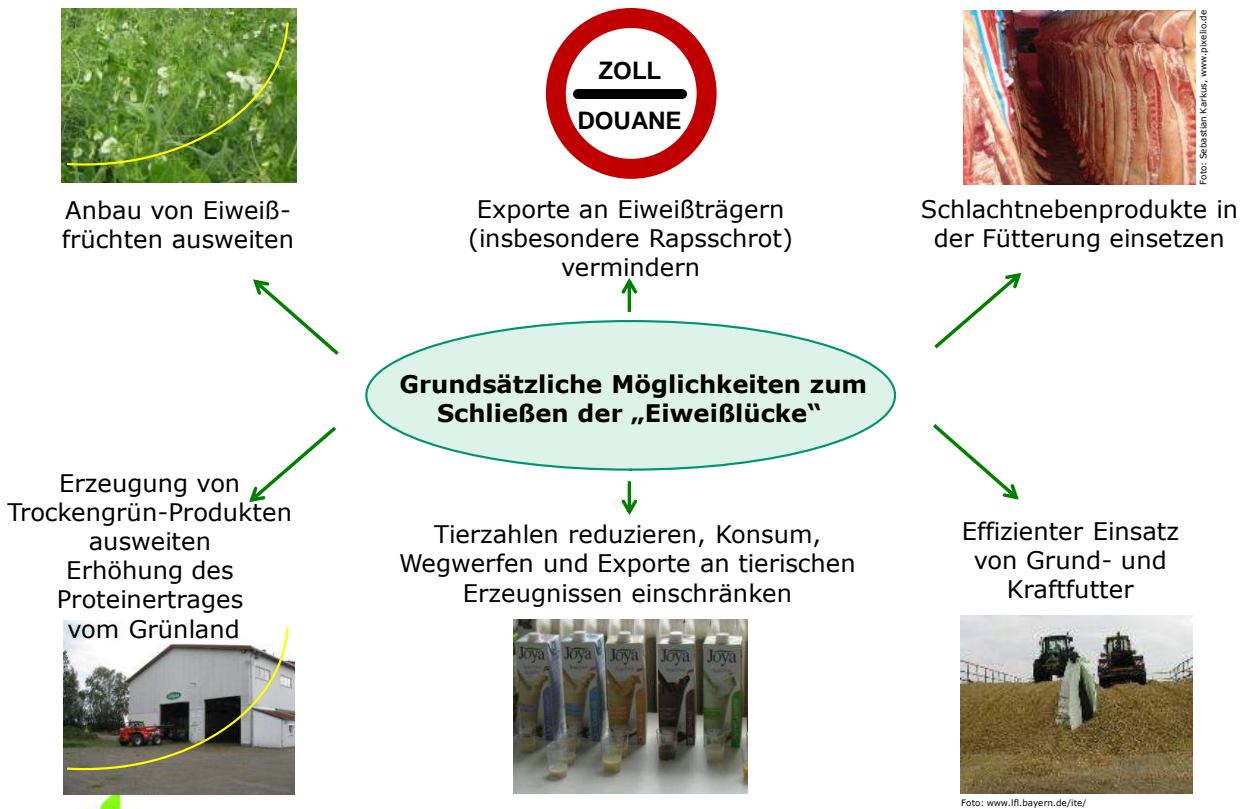
- nur geringe Rationsanteile möglich, um Phosphor zu nutzen
- stark schwankende Gehaltswerte
- eventuelle Trennung nach Tiergattungen über die gesamte Kette ist sehr aufwändig
- Akzeptanz bei Landwirten, Abnehmern, Handel und Verbrauchern?



## Theoretische Eiweißpotentiale für Deutschland



11



## Eine weitere Möglichkeit: Konsumverhalten verändern

**Vermeidbare Abfälle** von Fleisch- und Milchprodukten:

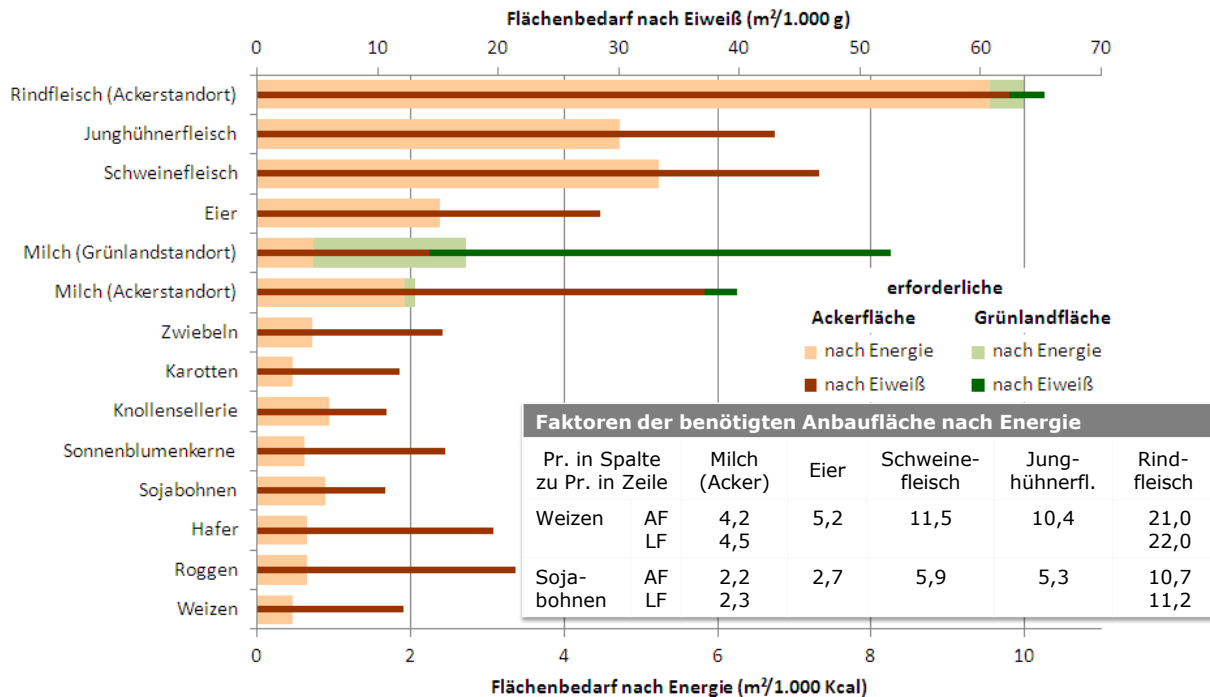
- bergen ein Potential von **160.000 t RP** im Futter



**Konsumeinschränkung** bei Fleisch- und Milchprodukten um ein Fünftel:

- spart **575.000 t RP** im Futter

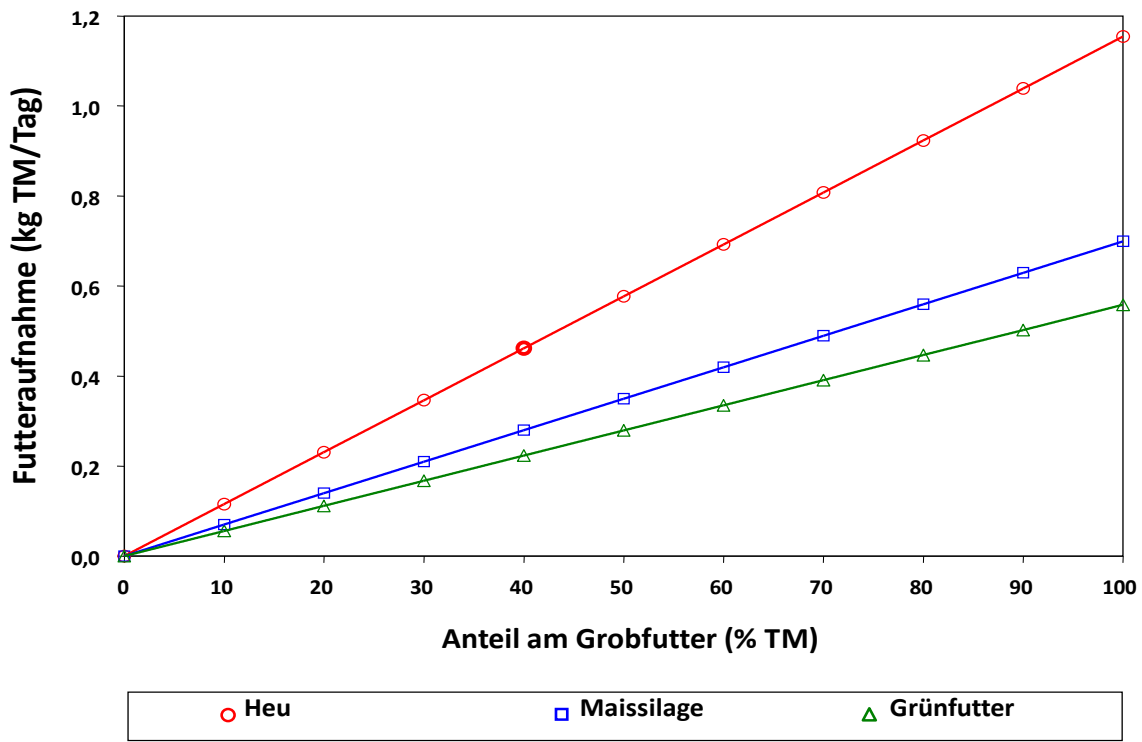
## Flächenbedarf von Lebensmitteln pro verzehrfähiger Energie und Eiweiß\*



\* Abschätzung für durchschnittliche bayerische Standortverhältnisse

Nebeneffekte

Futteraufnahme im Vergleich zu Grassilage

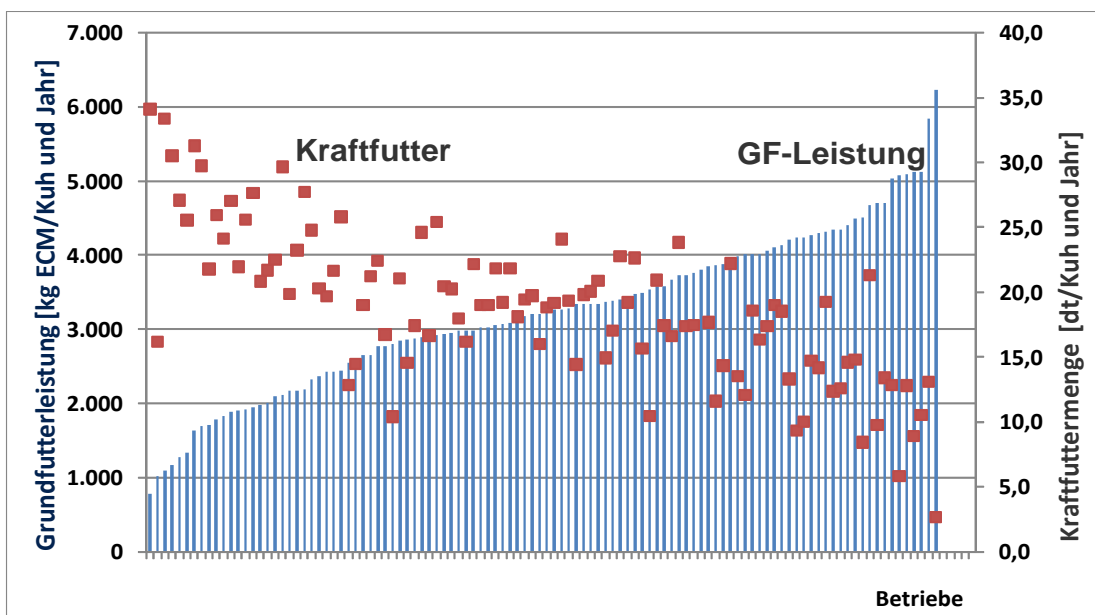


Quelle: DLG-Information 1/2006

Hubert Spiekers, Grub 07/2013

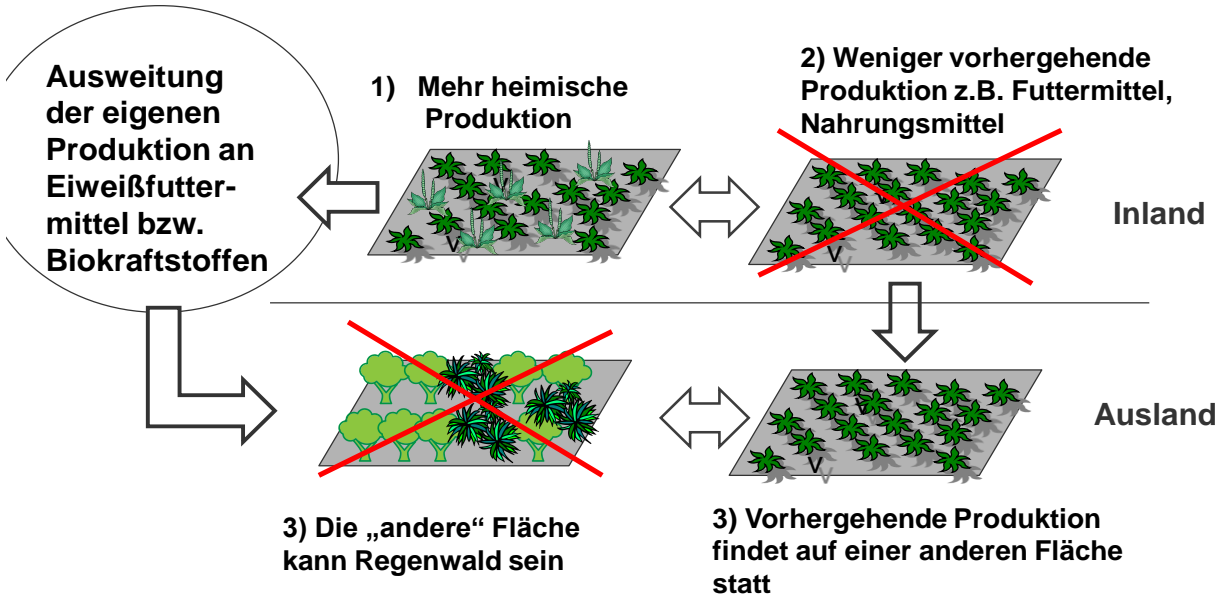


Grundfutterleistung und Kraffuttermenge von ausgewählten Betrieben

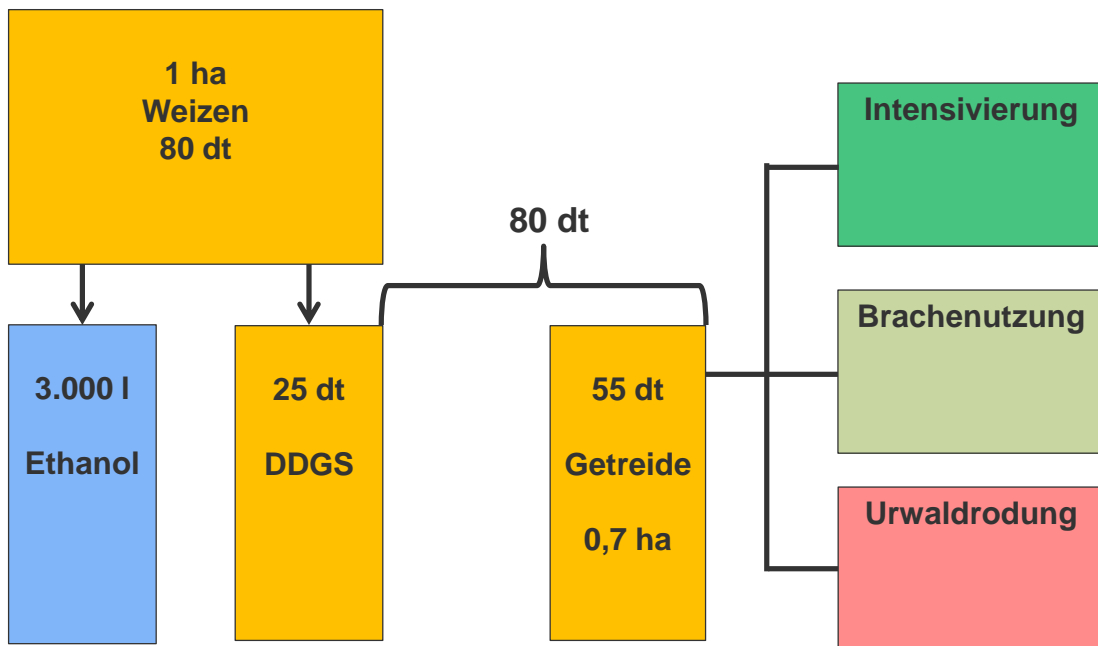


Quelle: eigene Darstellung nach Gottwald, 2009

## Schematische Darstellung einer indirekten Landnutzungsänderung

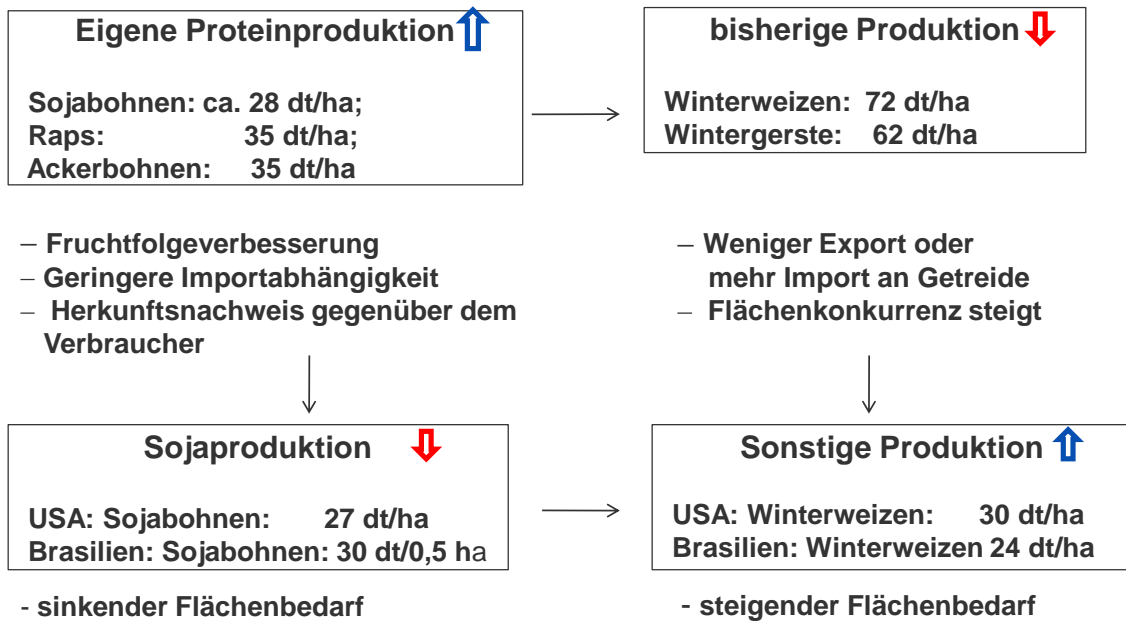


## Indirekte Landnutzungsänderung (ILUC)





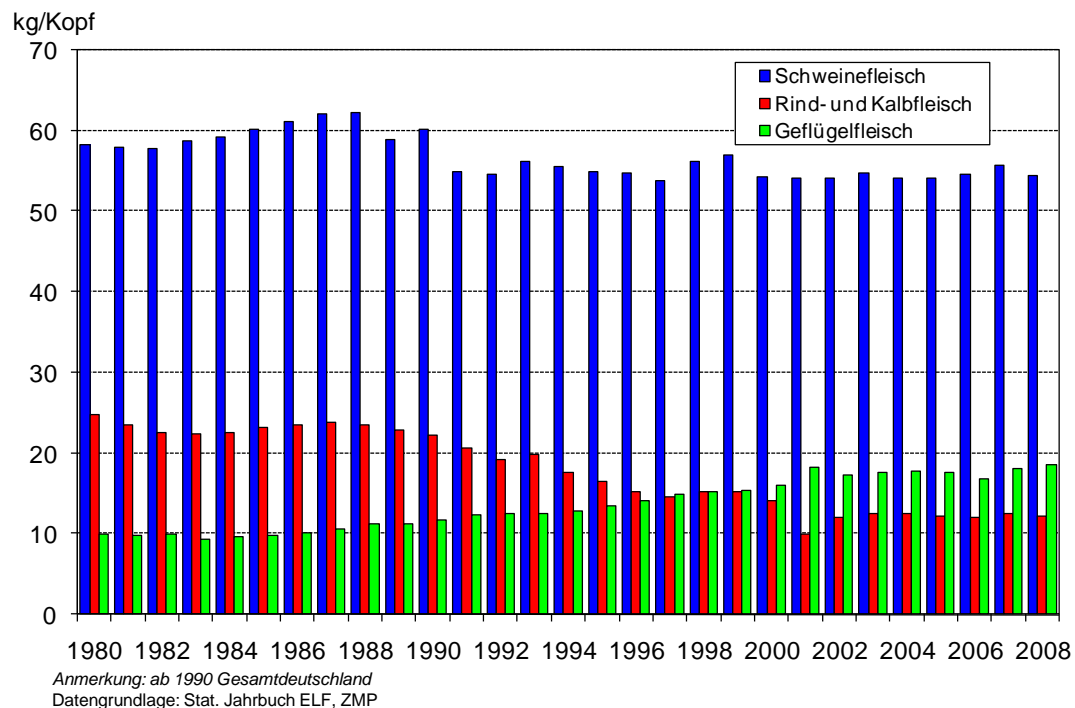
## Ausweitung heimischer Eiweißproduktion

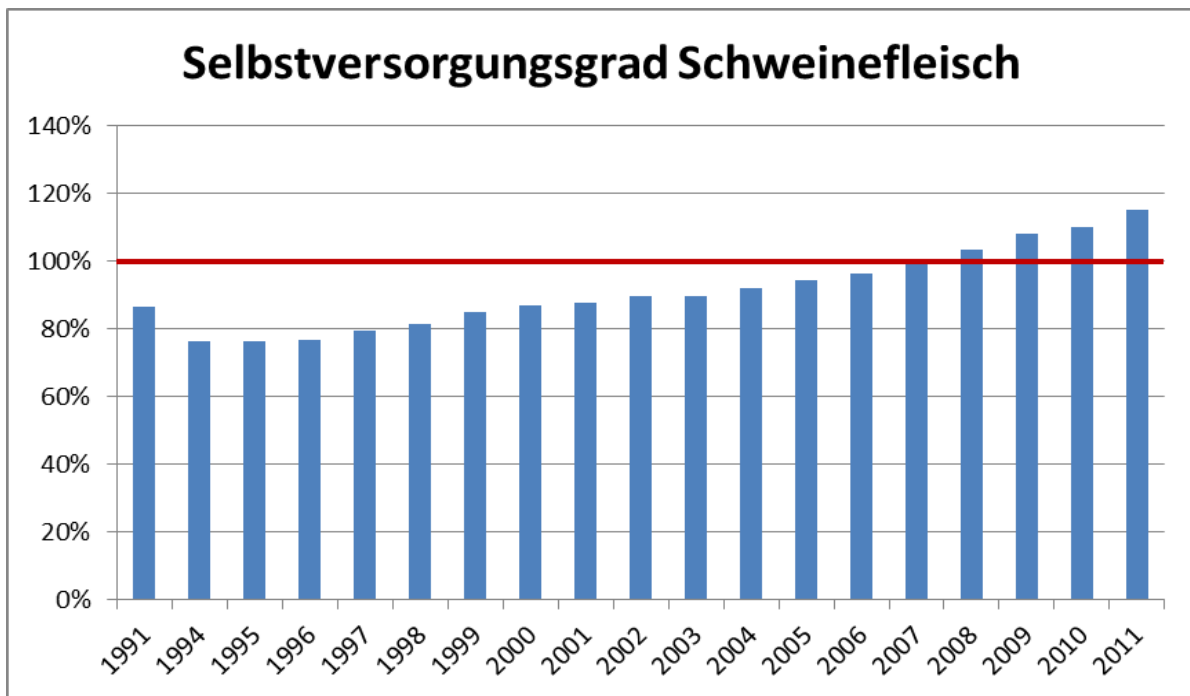


Quelle: eigene Darstellung nach ZMP versch. Jhrg., FAOStat 2010, USDA 2010



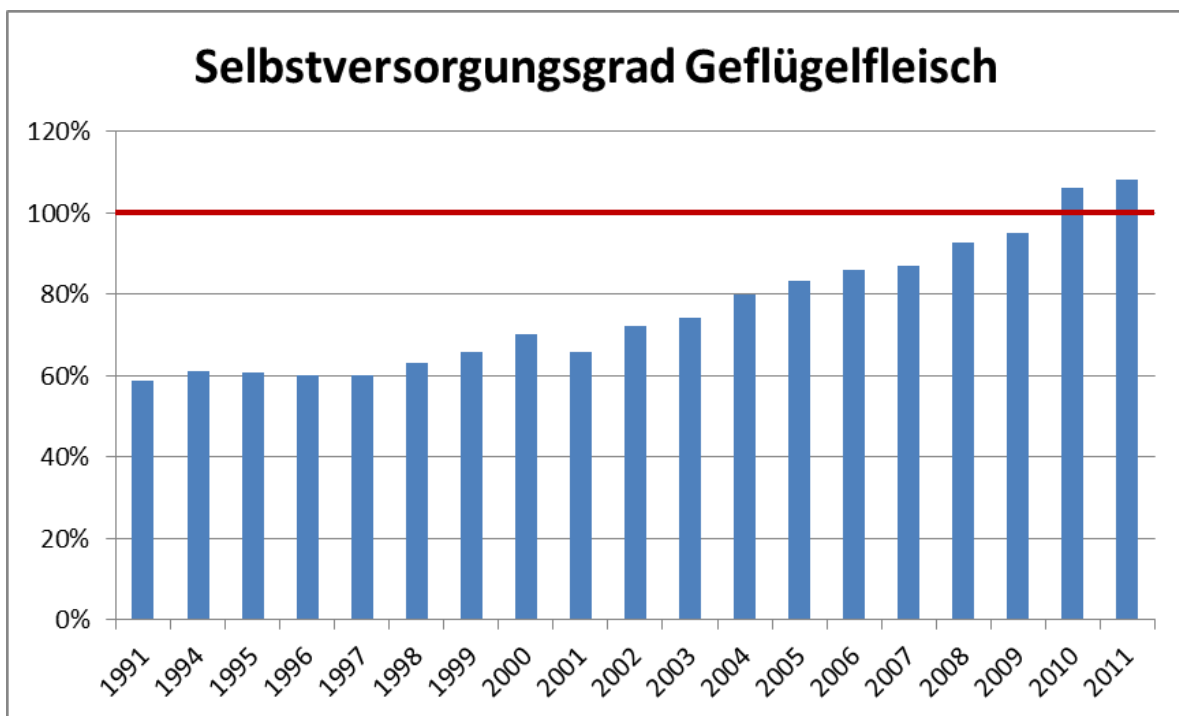
## Fleischverbrauch in Deutschland





Stand: 09.01.2013

Quelle: BMELV



Stand: 09.01.2013

Quelle: BMELV

## Getreideversorgung in Deutschland<sup>1)</sup>

| in 1.000 t                          | Deutschland   |               |               |                    |                    |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|
|                                     | 90/91         | 09/10         | 10/11         | 11/12 <sup>v</sup> | 12/13 <sup>s</sup> |
| <b>verwendbare Inlandserzeugung</b> | <b>37.580</b> | <b>49.628</b> | <b>43.971</b> | <b>41.921</b>      | <b>45.397</b>      |
| Einfuhr <sup>2)</sup>               | 6.126         | 10.641        | 12.894        | 12.286             | .                  |
| Ausfuhr <sup>2)</sup>               | 7.839         | 16.173        | 16.001        | 12.512             | .                  |
| Bestandsveränderung                 | + 2.815       | + 1.043       | - 2.839       | + 85               | .                  |
| <b>Inlandsverwendung</b>            | <b>33.052</b> | <b>43.053</b> | <b>43.703</b> | <b>41.610</b>      | <b>.</b>           |
| darunter                            |               |               |               |                    |                    |
| Futter                              | 19.997        | 25.728        | 25.821        | 24.051             | .                  |
| Ernährung                           | 7.458         | 9.596         | 10.095        | 9.746              | .                  |
| Industrie (o. Energie)              | 3.602         | 2.938         | 2.576         | 3.007              | .                  |
| Energetische Nutzung                | 0             | 2.556         | 3.077         | 2.696              | .                  |
| Saatgut                             | 1.075         | 1.018         | 1.000         | 1.017              | .                  |
| <b>Selbstversorgungsgrad in %</b>   | <b>113,7</b>  | <b>115,3</b>  | <b>100,6</b>  | <b>100,7</b>       | <b>.</b>           |

+/- = höherer / geringerer Bestand am Ende des Jahres

1) einschl. Körnermais

2) einschl. Getreideprodukte, umgerechnet in Getreidewert

Stand: 04.04.2013

## Grenzen

- **Flächenknappheit**
- **Indirekte Landnutzungsänderung**
- **Futterkosten**
- **Wirtschaftlichkeit des Anbaues von Leguminosen**

---

## Chancen

- **Anbau von Öl- und Eiweißfrüchten**
  - Zuchtfortschritte
  - Fruchtfolge
- **Effizienterer Einsatz von Grund- und Kraftfutter**
- **Cobs, Heißluftheu, UT-Heu**
  - wiederkäuergerechte Fütterung
  - Premiumprodukt
- **Exporte an Rapsschrot vermindern**
- **Reduzierung der Verluste, der Tierzahlen, des Konsums**
- **Schlachtnebenprodukte nutzen**




---

## Fazit (1)

- Deutschland ist in hohem Maße auf den Import von Eiweißfuttermitteln (Soja) angewiesen. Der Bedarf liegt bei rund **2,4 Mio. t Rohprotein** jährlich.
- Um verstärkt heimische Quellen an Futtereiweiß zu nutzen, sollte **in mehreren Bereichen** gleichzeitig angesetzt werden.
- In der Planung einer Strategie sind die **Nebeneffekte** der jeweils erforderlichen Maßnahmen zu berücksichtigen.
- Sehr große Rohproteinpotentiale bestehen im **Grünland**. Sie könnten vor allem über idealere Pflanzenbestände, eine stärker an den Bedarf angepasste Düngung, einen zeitigen Schnitt und eine verlustärmere Konservierung genutzt werden. Besonders artenreiche Bestände sollten allerdings von solchen Maßnahmen ausgenommen werden.
- Die inländische Verwendung des **Rapsschrotes** ist innerhalb der landwirtschaftlichen Erzeugung der am einfachsten zu realisierende Ansatzpunkt zur Verkleinerung der Eiweißlücke. Vor allem für Rinder sind Rapsschrot und Rapskuchen hochwertige Eiweißfuttermittel.



## Fazit (2)

---

- Eine **eiweißeffizientere Fütterung** von Rindern, Schweinen und von Geflügel sollte im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Möglichkeiten verfolgt werden.
- Die Ausdehnung der **Eiweißpflanzenerzeugung** findet ihre Grenzen in der oft unzureichenden Wettbewerbsfähigkeit und im zusätzlichen Flächenbedarf. Aktuell kommt sie vor allem für spezielle Verwertungsrichtungen und in Zukunft eventuell für Greeningflächen in Frage. Um die Wettbewerbskraft von Körnerleguminosen auf längere Sicht zu verbessern, bedarf es einem deutlich stärkeren Engagement in der Züchtung.
- Gegen eine Wiedezulassung von **verarbeiteten tierischen Proteinen** als Futtermittel sprechen insbesondere der hohe Aufwand für eine durchgängige Trennung nach Tierarten und eine vermutlich geringe Akzeptanz.
- Energie aus Biomasse steht in Konkurrenz zu einheimischer Futterproduktion
- Ausweitung der inländischen Tierhaltung führt zu erhöhtem Importbedarf
- Über ihr **Konsumverhalten** haben die Verbraucher großen Einfluss auf den (Eiweiß-)Futterbedarf.

# Welche Rolle spielt die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe für die Futterqualität von extensiv genutztem Grünland?

U. Petersen<sup>1,2)</sup>, T. From<sup>1)</sup>, N. Wrage-Mönnig<sup>1,3)</sup>, J. Isselstein<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Georg-August Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften,  
Institut für Graslandwissenschaften,

<sup>2)</sup>Thünen Institut für Biodiversität, Braunschweig

<sup>3)</sup>Hochschule Rhein-Waal, Fakultät Life Sciences, Kleve

[ute.petersen@ti.bund.de](mailto:ute.petersen@ti.bund.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Der Zusammenhang zwischen Biodiversität und für die Landwirtschaft bedeutenden Ökosystemfunktionen (u.a. Qualität, Produktivität, Stabilität) wurde in den letzten Jahrzehnten vermehrt diskutiert. Studien aus vorwiegend künstlich angelegten (Grünland)-Ökosystemen berichteten von einem positiven Einfluss der Biodiversität. Diese Systeme lassen sich am ehesten mit den kurzlebigen Pflanzenbeständen der Feldgraswirtschaft vergleichen, die in Bezug auf Futterqualität bereits züchterisch optimiert wurden.

Um die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf landwirtschaftlich genutztes Dauergrünland zu überprüfen, wurde im Jahr 2008 bei Neuhaus im Solling auf historisch altem Dauergrünland ein sogenanntes „Removal“-Experiment angelegt (GrassMan Experiment), bei dem die Grasnarbenkomposition und funktionelle Diversität mittels Herbiziden manipuliert wurde. Die Bewirtschaftungsintensität wurde über Schnittregime (1 Schnitt bzw. 3 Schnitte) und Düngung (ungedüngt bzw. 180-30-100 kg/ha N-P-K) variiert. Untersucht wurden ab Sommer 2008 Futterqualität und botanische Komposition der Bestände.

Hier präsentieren wir eine Gegenüberstellung der Futterqualität in den Jahren 2009 und 2012. Wir wollen überprüfen, ob der im Jahr 2009 gefundene Einfluss der Vegetation auf die Futterqualität [6] (Rohprotein XP, Rohzucker, XZ, neutral lösliche Fasern NDF und Säure lösliche Fasern ADF, Phosphor und Kalium-Gehalte) auch nach drei Jahren unter fortwährender Bewirtschaftung ohne Jäten der Vegetation noch nachweisbar ist.

## 2 Material und Methoden

Die Untersuchungsfläche, ein mäßig artenreiches Lolio-Cynosuretum, befindet sich in der Nähe von Neuhaus im Solling (51°44'53,0'' N, 9°32'42,6'' E) auf 490 m ü. NN. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 6.9 °C, der mittlere jährliche Niederschlag liegt bei 1031 mm (1961-1990, Deutscher Wetterdienst).

Die zwölf verschiedenen Behandlungsvarianten ergeben sich aus den Kombinationen der drei Hauptfaktoren Grasnarbentyp, Schnitthäufigkeit und Düngungsintensität (Tab. 1). Sie wurden sechs Mal repliziert, so dass es 72 15x15 m große Parzellen auf der Untersuchungsfläche gibt, die in einem Lateinischen Rechteck (6 Reihen à 12 Parzellen und 6 Blöcke) angeordnet sind.

Tab. 1: Faktoren und deren Abkürzungen im GrassMan Experiment. Die Namen einzelner Behandlungsvarianten ergeben sich aus einer Kombination der Stufenkürzel in der Reihenfolge Grasnarbe-Schnitthäufigkeit-Düngung, z.B. –Dic1NPK.

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

Die Vegetationszusammensetzung wurde zwei Mal jährlich (Anfang Mai und Anfang August) in je zwei 9 m<sup>2</sup> großen Aufnahmeflächen pro Parzelle mittels Ertragsanteilsschätzung nach [2] erfasst. Bei jeder Ernte wurden pro Parzelle zwei Mischproben für die Qualitätsbestimmung und Erfassung des Anteils toter Biomasse im Erntegut entnommen. Die Futterqualität des Bestandes wurde mittels Nahrotinfrarotspektroskopie (NIRS) der getrockneten und vermahlenden Mischproben für jede Parzelle bestimmt. Der Mineralstoffgehalt wurde photometrisch (Phosphor) bzw. spektrometrisch (Kalium) bestimmt.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mittels Varianzanalyse (ANOVA) und linearer Kontraste in linearen Modellen mit Block und Reihe als räumlichen Faktoren und Grasnarbentyp, Düngung und Schnitthäufigkeit als Hauptfaktoren mit dem Programm R (Version 2.12.2, R-project.org). Für eine multivariate Analyse der durch NIRS bestimmten Parameter verwendeten wir das Programm Canoco for Windows (Version 4.55). Analog zur ANOVA wurde beim sogenannten variance partitioning [1] berechnet, welcher Anteil der Variation in der Futterqualität sich a) durch die Bewirtschaftung (Schnitt und Düngung), b) die Vegetation (wahlweise Ertragsanteile aller mit mindestens 5 % Ertraganteil in 1/3 der Parzellen vorkommenden Arten oder Anteile funktioneller Gruppen, Artenzahl und Shannon-Index) und c) den Umwelteinflüssen erklären lässt (hier durch die Lage im Lateinischen Rechteck, Streu- und Moosbedeckung sowie Anteil abgestorbener Biomasse pro Probe repräsentiert). Zusätzlich wurden einzelne Variablen in einer direkten Ordination (Redundanzanalyse, RDA) mit Hilfe des Monte Carlo Permutationstests auf Signifikanz überprüft.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

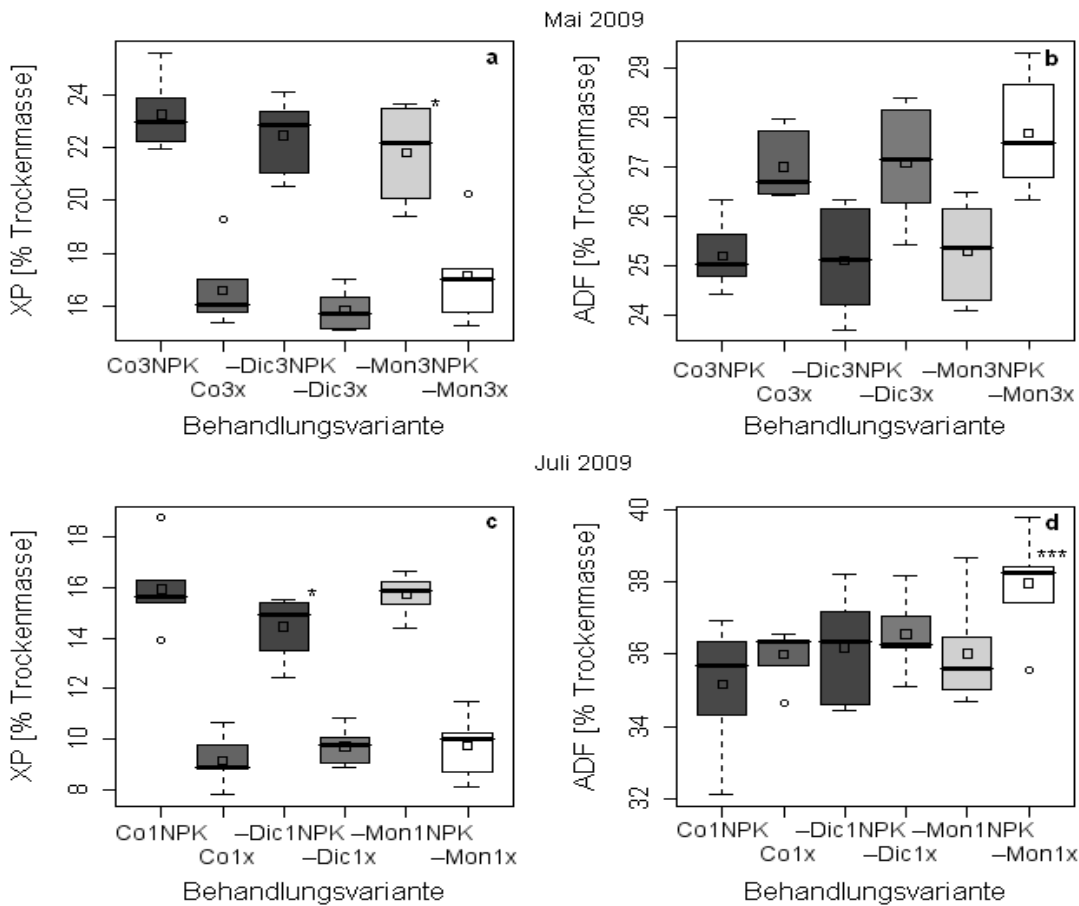


Abb. 1: Futterqualitätsparameter 2009 Mai (a, b: Dreischnittvariante) und Juli (c, d: Einschnittvariante) der ersten Aufwüchse in Abhängigkeit von Düngung und Grasnarbentyp,  $n=6$ . Sternchen geben signifikante Unterschiede zur Kontrollgrasnarbe Co der jeweiligen Düngungsstufe an.  $*P<0,05$ ,  $***P<0,001$ . Lineare Kontraste, Antwortvariable untransformiert, bei ADF Juli Varianzanalyse pro Düngungsstufe durchgeführt.

Im Jahr 2009 zeigte sich vor allem beim späten Schnitt im Juli ein gewisser Einfluss der Vegetationszusammensetzung. Die krautreichen -Mon-Grasnarben hatten in der ungedüngten Variante einen deutlich erhöhten ADF-Gehalt (Abb. 1d), in den grasreicheren -Dic-Narben war weniger Rohprotein vorhanden (Abb. 1c). Die grasreicheren Narben hatten zudem immer einen höheren NDF-Gehalt als die krautreichen (Daten nicht gezeigt). Verglichen mit der Wirkung des Düngers und der phänologischen Entwicklung (hier abgebildet durch die verschiedenen Erntezeitpunkte) waren diese Unterschiede jedoch gering.

Die Zusammensetzung der Grasnarbe deckte im Mai 2009 beim Gras:Kraut:Leguminosen-Verhältnis noch eine Spanne von 93:7:0 (-Dic1x) bis 39:52:9 (-Mon3x) ab. Im Mai 2012 hatten sich diese Extreme auf 78:22:0,1 (-Dic1NPK) bis 61:37:2 (-Mon3x) angenähert, wobei maßgebliche Unterschiede nicht mehr zwischen den einzelnen Grasnarbentypen, sondern zwischen den Bewirtschaftungsformen zu finden waren. So waren bei frühem und spätem Schnitt im Jahr 2012 gar keine Grasnarbeneffekte auf die vier untersuchten Qualitätsparameter nachzuweisen (teilweise dargestellt in Abb. 2).

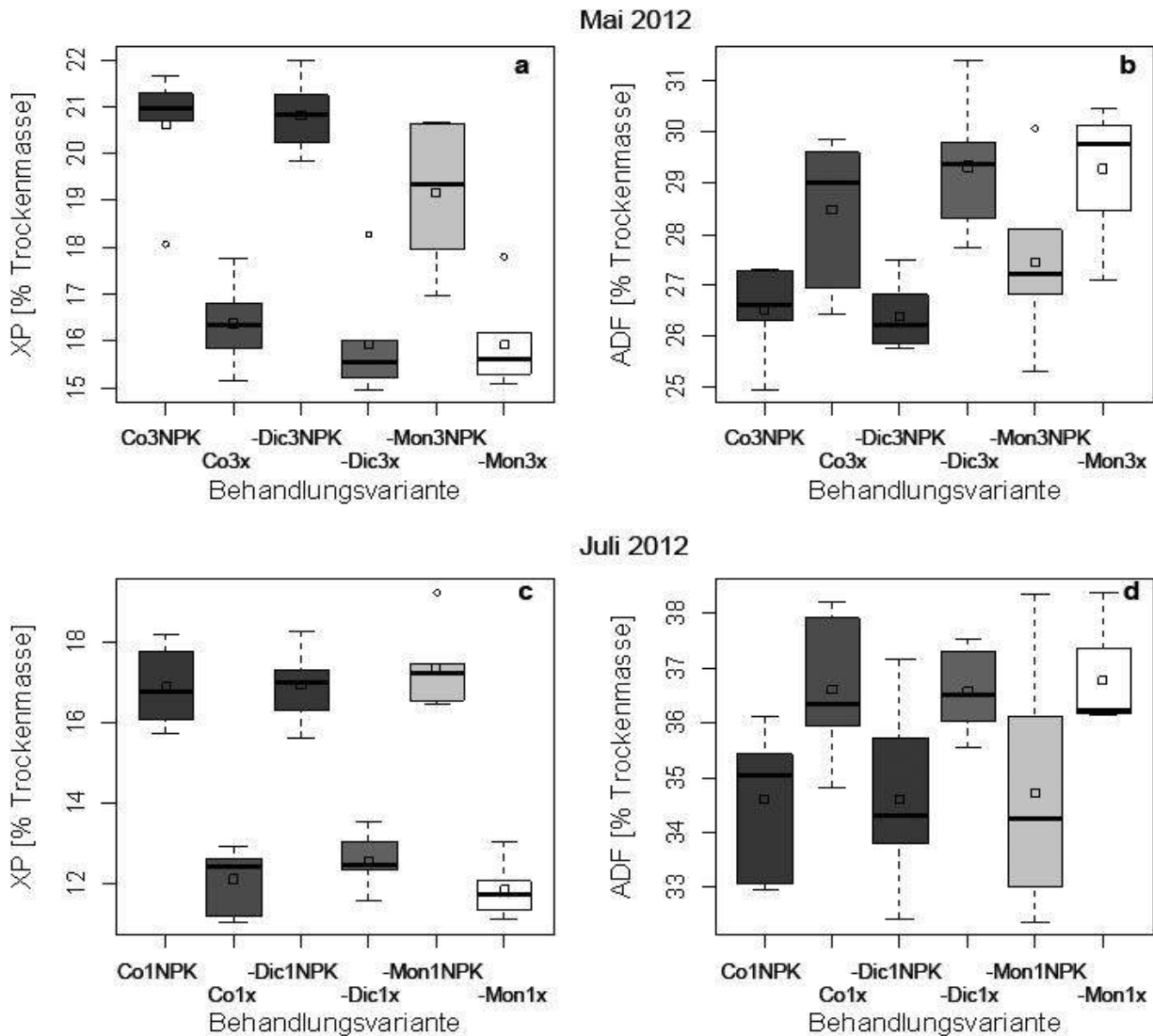


Abb. 2: Futterqualitätsparameter 2012 Mai (a, b: Dreischnittvariante) und Juli (c, d: Einschnittvariante) der ersten Aufwüchse in Abhängigkeit von Düngung und Grasnarbentyp,  $n=6$ . Es wurde kein signifikanter Effekt der Grasnarbe gefunden.

Betrachtet man die Wirkung der Vegetation auf alle Qualitätsparameter (Abb. 3 + 4), so ergibt sich ein ähnliches Bild. Der Hauptteil der Variation (65,8%) wurde 2009 (Abb. 3) bereits durch die erste Achse der RDA erklärt, in der sich die verschiedenen Fasergehalte durch unterschiedliche Schnittnutzungen widerspiegeln. Die Düngung sorgte für hohe XP-Gehalte, während die ungedüngten Parzellen höhere XZ Gehalte aufwiesen. Gerade einmal 8,6% der gesamten Variation konnte allein durch die Vegetationskomposition erklärt werden.

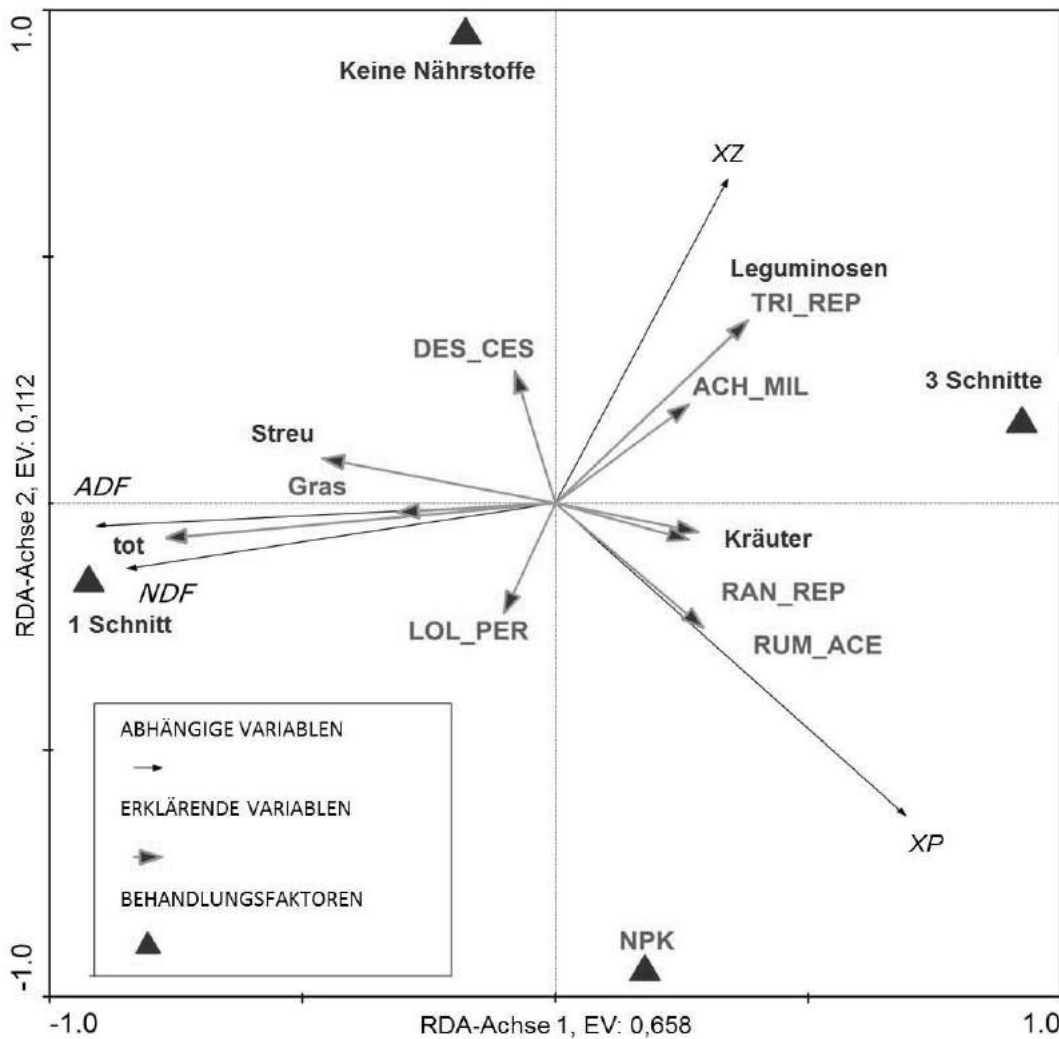


Abb. 3: Redundanzanalyse (RDA) mit Futterqualitäts-Parametern (Mittelwerte XP, XZ, ADF, NDF aller Ernten 2009, untransformiert) als abhängige Variablen und Grasnarbenkomposition (anstelle des Grasnarbentyps) und Behandlungsfaktoren (vgl. Tab. 1) als erklärende Variablen. Dargestellt sind die signifikanten Variablen mit einer Korrelation mit den ersten beiden Achsen  $< -0.2$  und  $> 0.2$ .

Abkürzungen der Artnamen: Ach\_mil: *Achillea millefolium*, Des\_ces: *Deschampsia cespitosa*, Lol\_per: *Lolium perenne*, Ran\_rep: *Ranunculus repens*, Rum\_ace: *Rumex acetosa*, Tri\_rep: *Trifolium repens*.

Erklärende Variablen: Gras/Kräuter/Leguminosen: Ertragsanteil in %, Streu: % Anteil der Streu an der Bodenbedeckung, tot: Anteil an toter Pflanzenmasse in der Mischprobe in %.

Bis zum Jahr 2012 hatte der Einfluss der Vegetation weiter abgenommen (Abb. 4). Der Erklärungsanteil der funktionellen Gruppen (Gras, Kraut, Leguminosen) lag bei gerade einmal 1,7%, die in die Analyse eingegangenen Arten erklärten immerhin noch 6,2%. Wenn allerdings der überragende Einfluss der Bewirtschaftung herausgerechnet wurde, erklärten nur noch der Ertragsanteil von *Holcus mollis* sowie die Streubedeckung einen signifikanten Teil der Restvarianz. Da eine Zu- oder Abnahme der übrigen dargestellten Arten und funktionellen Gruppen stark mit der Bewirtschaftung korreliert war (z.B. das Auftreten von *Trifolium repens* in den 3x-Varianten oder die stärkere Präsenz von *Lolium perenne* und *Poa pratensis* in den intensiven 3NPK-Varianten), wurde deren Einfluss überdeckt, sie waren nur marginal (als einzige erklärende Variable des Modells) signifikant. Dass die Vegetationskomposition stark durch die Bewirtschaftung beeinflusst wird, ist hinlänglich bekannt (z.B. [4]).

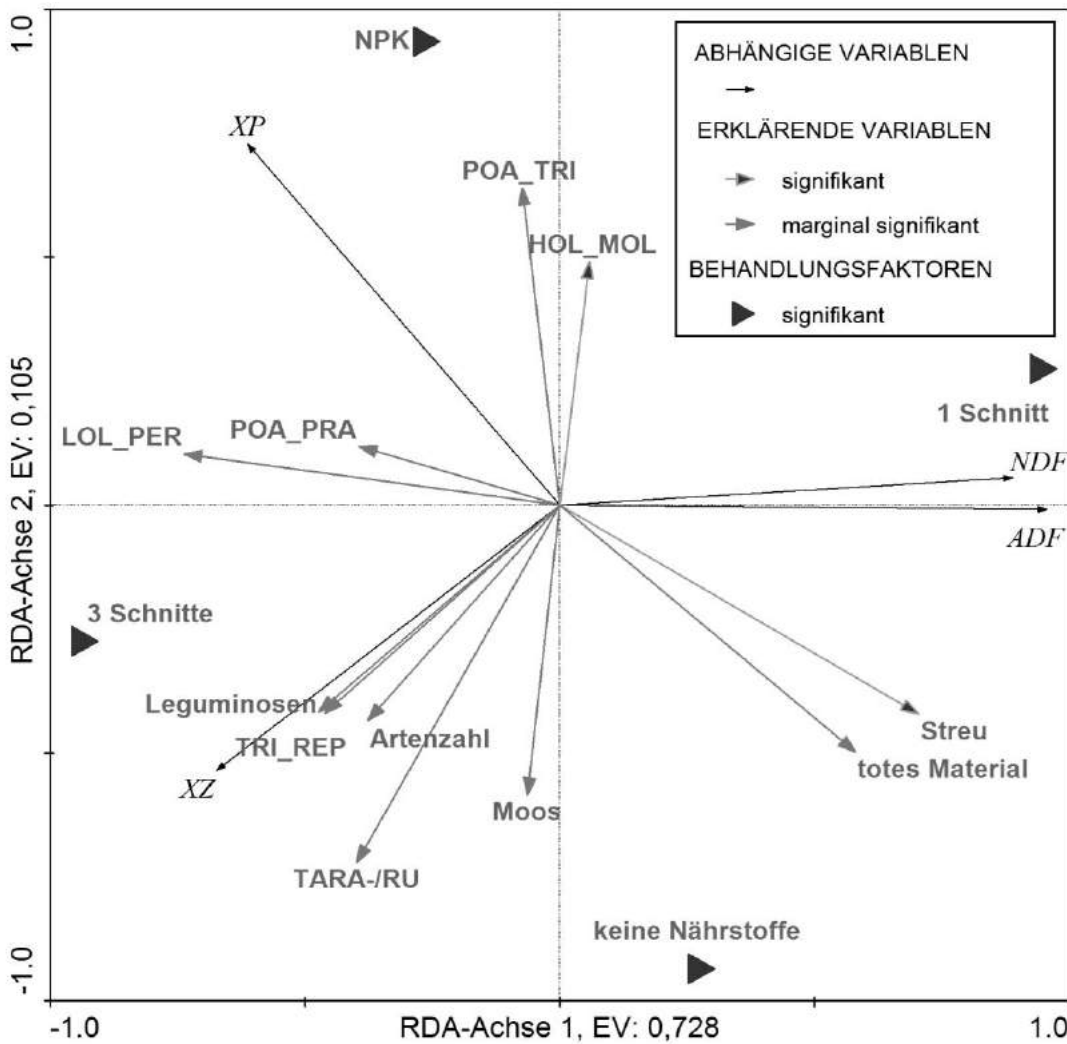


Abb. 4: RDA mit Futterqualitäts-Parametern (Mittelwerte XP, XZ, ADF, NDF aller Ernten 2012, untransformiert) als abhängige Variablen und Grasnarbenkomposition (anstelle des Grasnarbentyps) und Bewirtschaftungsvarianten (vgl. Tab.1) als erklärende Variablen. Dargestellt sind sowohl die signifikanten als auch die marginal signifikanten Variablen.

Abkürzungen der Artnamen: Hol\_mol: *Holcus mollis*, Lol\_per: *Lolium perenne*, Poa\_pra: *Poa pratensis*, Poa\_tri: *Poa trivialis*, Tara-/Ru: *Taraxacum Sectio ruderalia*, Tri\_rep: *Trifolium repens*. Erklärende Variablen: Artenzahl: Arten pro 9m<sup>2</sup>, Leguminosen: Ertragsanteil in %, Streu/Moos: % Anteil von Streu/Moos an der Bodenbedeckung, totes Material: Anteil an toter Pflanzenmasse in der Mischprobe in %.

Die Mineralstoffgehalte zeigten dagegen schon im ersten Versuchsjahr kaum eine Kopplung an den Grasnarbentyp (Tab. 2). Der P-Gehalt wurde maßgeblich vom Alter der Grasnarbe bestimmt, im Mai war der Gehalt mit 0,35% (2009) bzw. 0,38% (2012) etwa 0,1% höher als im Juli beider Jahre. Dass die Boden-Gehalte von Kalium einen starken Gradienten aufwiesen [5], spiegelte sich in den Pflanzengehalten wider (zwischen 1,2% und 1,8% im Jahr 2009, noch ungedüngt). Der Einfluss der Lage jeder Parzelle im Lateinischen Rechteck nahm aber durch die vierjährige regelmäßige Düngung ab, da nun nicht mehr alle, sondern nur noch die Hälfte der Parzellen in den oberen Reihen der Versuchsanlage niedrige K-Gehalte hatten. Da die jährliche P- und K-Düngung erst nach dem ers-

ten Schnitt Ende Mai erfolgte, ergab sich eine signifikante Interaktion zwischen Düngung und Nutzungszeitpunkt.

Tab. 2: Ergebnisse der ANOVA der P- und K-Gehalte der früh (Mai, alle Dreischnittvarianten) und spät (Juli, alle Einschnittvarianten) geernteten Pflanzen der Jahre 2009 und 2012.

| <b>P-Gehalte</b>              | <b>% Varianz erklärt 2009</b> | <b>P</b>  | <b>% Varianz erklärt 2012</b> | <b>P</b>  |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| Grasnarbe                     | 4,26                          | 0,004**   | 0,76                          | 0,397     |
| Nutzungszeitpunkt             | 63,19                         | <0,001*** | 59,44                         | <0,001*** |
| Düngung                       | 5,11                          | <0,001*** | 08,74                         | <0,001*** |
| Düngung x Nutzungszeitpunkt   | 1,78                          | 0,029*    | 4,38                          | 0,0017**  |
| <b>K-Gehalte</b>              | <b>% Varianz erklärt 2009</b> | <b>P</b>  | <b>% Varianz erklärt 2012</b> | <b>P</b>  |
| Block                         | 19,00                         | <0,001*** | 3,51                          | 0,010*    |
| Reihe                         | 26,15                         | <0,001*** | 5,27                          | <0,001*** |
| Grasnarbe                     | 2,88                          | 0,02*     | 0,08                          | 0,824     |
| Nutzungszeitpunkt             | 0,05                          | 0,71      | 3,50                          | <0,001*** |
| Düngung                       | 9,44                          | <0,001*** | 56,34                         | <0,001*** |
| Grasnarbe x Nutzungszeitpunkt | 3,16                          | 0,016*    | 0,89                          | 0,127     |
| Düngung x Nutzungszeitpunkt   | 20,25                         | <0,001*** | 19,45                         | <0,001*** |

## 4 Schlussfolgerung

Die botanische Zusammensetzung der Grasnarbe unseres mäßig artenreichen Dauergrünlands hatte verglichen mit der Bewirtschaftung (Düngung, Schnittregime, Erntezeitpunkt) nur einen sehr geringen Einfluss auf die Futterqualität. Selbst deutliche kompositionelle Unterschiede beeinflussten die Futterqualität kaum. Die Veränderung der Vegetation durch die vierjährige Bewirtschaftung nivellierte die Wirkung der Artkomposition vollständig.

## 5 Literatur

- [1] BORCARD, D., LEGENDRE, P., and DRAPEAU, P. (1992): Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73 (3): 1045-1055.
- [2] KLAPP, E. und STÄHLIN, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Stuttgart, Ulmer.
- [3] LIIRA, J. and ZOBEL, K. (2000): Vertical structure of a species-rich grassland canopy, treated with additional illumination, fertilization and mowing. *Plant Ecology*, 146: 185-195.
- [4] MITCHLEY, I.J. and WILLEMS, J.H. (1995): Vertical canopy structure of Dutch chalk grasslands in relation to their management. *Vegetatio*, 117: 17-27.
- [5] PETERSEN, U. (2012): Effects of agricultural management and manipulated plant species composition of permanent grassland on productivity and sward structure. Diss. Univ. Göttingen.
- [6] PETERSEN, U., WRAGE-MÖNNIG, N. and ISSELSTEIN, J. (2013): Effects of herbicide application to control sward composition in different management variants, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 9:155-165.



# Beitrag ausgewählter Dauergrünlandtypen zur Eiweißversorgung der Wiederkäuer in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität

H. Hochberg, D. Zopf, F. Schmidt

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Str. 98, 07743 Jena

## 1 Einleitung

Der Eiweißversorgung der Wiederkäuer aus dem Grundfutter kommt in der konventionellen Tierhaltung aus wirtschaftlichen Gründen eine besondere Bedeutung zu. In der ökologischen Tierhaltung ist es zudem vor allem die begrenzte Verfügbarkeit eiweißreicher Kraftfutterkomponenten, die das Protein aus dem Grundfutter so wertvoll macht.

Der Aufwuchs vom Dauergrünland ist eine der wesentlichsten Eiweißquellen für den Wiederkäuer. So bildet das Protein aus dem Grundfutter neben dem Mikrobenprotein die zweite Quelle für die Aminosäurenversorgung der Milchkuh. Damit kommt der Grundfutterqualität beim erreichten hohen Leistungsniveau in der Milchviehfütterung eine herausragende Bedeutung zu.

Eine unzureichende Versorgung mit Eiweiß wirkt sich negativ auf Fruchtbarkeit und Milchleistung, bei Aufzucht- und Mastrinder auf Zuwachsleistung und Muskelansatz aus. Andererseits hat eine Überversorgung der Tiere mit Eiweiß eine Belastung des Eiweißstoffwechsels, vor allem der Leber, zur Folge.

Die Biomasse vom Dauergrünland kann auch als Substrat für die Biogasversorgung dienen. Nach [1] und [4] ist mit einer Biogasausbeute für Protein von 700 bis 900 L kg<sup>-1</sup> organische Substanz zu rechnen.

Das Dauergrünland gliedert sich entsprechend der Standort-/Pflanzenbestands- und Nutzungsdifferenzierung in drei Funktionstypen: produktives Grünland, Extensiv- und Biotopgrünland. Jeder dieser Funktionstypen repräsentiert jeweils eine Vielzahl an Pflanzenbestandstypen, die große Unterschiede in den Qualitätskriterien, wie z.B. Rohproteingehalt, aufweisen. Mit den folgenden Ergebnissen soll ein Beitrag zu differenzierten Betrachtung des Gehaltes an Rohprotein (XP) und des am Dünndarm nutzbarem Rohprotein (nXP) der Aufwüchse von ausgewählten Dauergrünland-Pflanzenbestandstypen geleistet werden.

## 2 Methode

Betrachtet werden der Rohproteingehalt (XP) und die kalkulatorische Größe nutzbares Rohprotein (nXP) von Pflanzenbestandstypen, die einerseits kennzeichnend für die einzelnen Funktionstypen des Dauergrünlandes sind und andererseits die wichtigsten Grünlandgebiete Deutschlands prägen.

## 3 Ergebnisse

Am Beispiel einer Mähweide (Wiesenschwingel/ Lieschgrastyp) wird die Entwicklung des Rohproteingehaltes im ersten Aufwuchs in Abhängigkeit vom phänologischen Entwicklungsstadium der bestandsprägenden Arten in Abb. 1 verdeutlicht.

Vom Beginn des Schossens (BBCH 30) bis zum Beginn des Ähren-/ Rispschiebens (BBCH 53) ist ein kontinuierlicher Rückgang des XP-Gehaltes von 26 auf 16 % i.d.TS zu verzeichnen. Zu Beginn des Schossens bis zum phänologischen Entwicklungsstadium des Fühlens des ersten Halmkno-

tens sind sehr hohe XP-Gehalte von deutlich über 20 % i.d.TS kennzeichnend. Der aus tierernährungsphysiologischer Sicht angestrebte Optimalbereich von 18 bis 14 % XP i.d.TS beginnt mit Erreichen des Entwicklungsstadiums „2. Halmknoten fühlbar“ bis „letztes Blatt (Fahnenblatt) voll entwickelt; Blatthäutchen des Fahnenblattes gerade sichtbar“. Am Ende des Makrostadiums „Ähren-/Rispen-schwellen“ (BBCH 47 Blattscheide des Fahnenblattes öffnet sich) wird bereits die 16 %-Schwelle unterschritten.

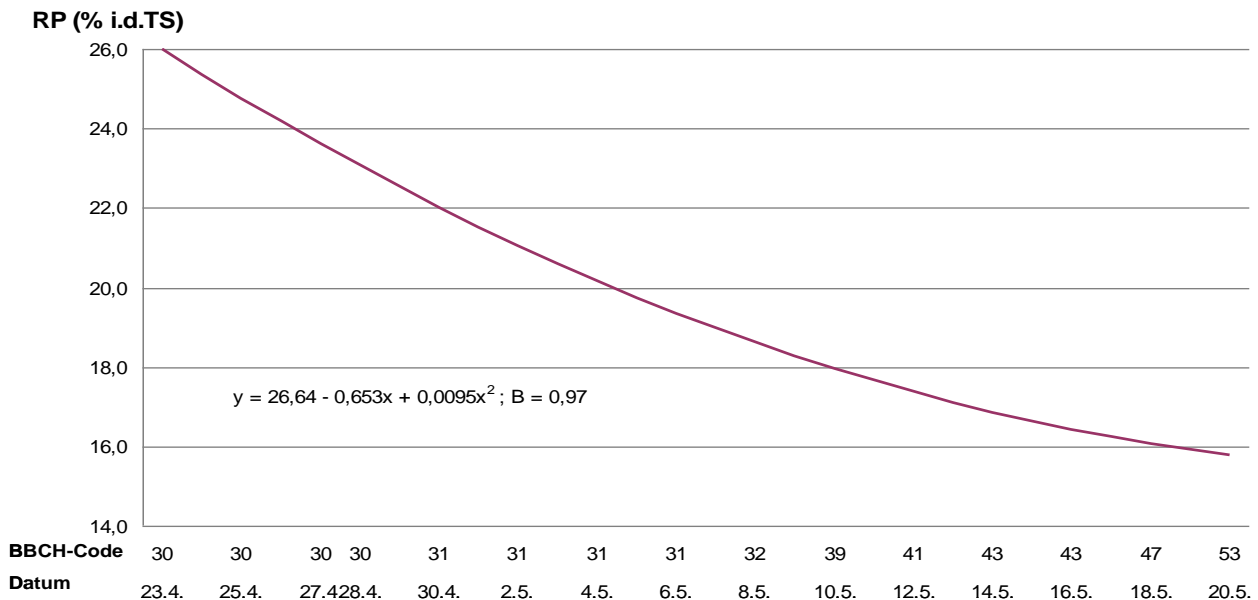


Abb. 1: Rohproteingehalt (XP% i.d.TS) einer Mähweide (Wiesenschwingel/ Lieschgrastyp) im ersten Aufwuchs in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium der bestandsprägenden Arten (BBCH-Code) - Oberweißbach 2007.

Die Pflanzenbestandstypen des produktiven Dauergrünlandes reagieren je nach Pflanzenbestand und Standort unterschiedlich auf den jeweils gewählten Nutzungstermin des ersten Aufwuchses (Tab. 1).

Bei einem der Frühweide entsprechenden Erntetermin bewegen sich die XP-Gehalte zwischen 16 und 26 % i.d.TS. Der Zielbereich für Rohprotein von 14...18 % XP i.d.TS wird damit auf allen untersuchten Standorten erreicht. Überhöhte XP-Gehalte von ca. 20 % i.d.TS sind nur auf den Weidelgras-Weißkleeweiden Nordost (Niedermoor, Talsand) wie auch auf der Goldhaferwiese im Mittelgebirge zu verzeichnen. Diese Bestände befinden sich noch im Makrostadium des Schossens.

Bei Nutzung zu Beginn bis Ende der Mähreife (BBCH 39...51) ist gegenüber der sehr frühen Mahd generell ein deutlicher Rückgang im XP-Gehalt festzustellen, der besonders stark bei der Typischen Glatthaferwiese ausfällt.

Die Ausnutzung des Standortpotentials, d.h., eine gezielt spätere Nutzung (Makrostadium Ähren-/Rispen-schieben bis Beginn Blüte) geht mit einem weiteren, starken Rückgang des Rohproteingehaltes einher. Die Mahd Ende Mai/ Anfang Juni führt dazu, dass der XP-Gehalt der Weidelgrasweide Nordost, der Weidelgras-Weißkleeweide Süd und der Flachlandmähwiesen (Wiesenfuchsschwanz- und Glatthaferwiese) unter 13 % i.d.TS abfällt. Demgegenüber weist die Bergwiese (Goldhaferwiese) am 22. Mai noch einen optimalen Rohproteingehalt auf.

Das nutzbare Rohprotein (nXP) liegt bei Frühschnitt auf allen Standorten, ausgenommen in Nordwest, im Bereich von 14...16 % i.d.TS. Damit kann der Anspruch laktierender Milchkühe erfüllt werden. Aus der Mahd in der optimalen Nutzungszeitspanne (BBCH 39...51) resultieren kalkulierte nXP-Gehalte von 13...15% i.d.TS. Der Schnitt des ersten Aufwuchses in der generativen Entwicklungsphase korrespondiert mit nXP-Werten von 11...14 % i.d.TS, so dass dieses Grundfutter die Ansprüche der Altmelker und Trockensteher sowie die der Mutterkühe erfüllt.

Für die Weidelgras-Weißkleeweiden Nordost ergeben sich mit 13...15 % nXP i.d.TS eine höhere Konzentration im Vergleich zur Weidelgrasweide Nordost und der hochertragreichen Weidelgras-Weißkleeweide im Allgäu (12...14% nXP i.d.TS). Die Flachlandwiesen (Wiesenfuchsschwanz- und Glatthaferwiese) liefern nur bei früher Nutzung nXP-Werte von 14...15 % i.d.TS, während die Mahd der Bergwiesen im Mai optimale nXP-Gehalte gewährleistet.

Tab. 1: Gehalte an Rohprotein (XP) und nutzbarem Rohprotein (nXP) im ersten Aufwuchs ausgewählter Pflanzenbestandstypen des produktiven Dauergrünlandes in Abhängigkeit vom Nutzungssystem.

| Naturraum   | Kriterium   | ME       | Nutzungsvariante |        |        |
|---|-------------|----------|------------------|--------|--------|
|   |             |          | 1                | 2      | 3      |
| <b><i>Lolio-Cynosuretum</i></b> (Weidelgras-Weißkleeweiden) |             |          |                  |        |        |
| Nordwest-Ammerland  | Erntetermin | Datum    | 06.05.           | 24.05. | 06.06. |
|   | BBCH        | Code     | 43-45            | 49-51  | 55-59  |
|   | N-Düngung   | kg N/ha  | 80               | 100    | 80     |
|   | XP          | % i.d.TS | 15,6             | 14,2   | 9,0    |
|   | nXP         | % i.d.TS | 13,3             | 13,8   | 11,7   |
| Nordost-Niedermoor  | Erntetermin | Datum    | 06.05.           | 08.05. | 17.05. |
|   | BBCH        | Code     | 39-41            | 43-47  | 49-53  |
|   | N-Düngung   | kg N/ha  | 60               | 60     | 50     |
|   | XP          | % i.d.TS | 20,1             | 19,0   | 15,3   |
|   | nXP         | % i.d.TS | 14,5             | 14,3   | 13,4   |
| Nordost-Talsand   | Erntetermin | Datum    | 04.05.           | 08.05. | 16.05. |
|   | BBCH        | Code     | 39-41            | 43-45  | 47-55  |
|   | N-Düngung   | kg N/ha  | 70               | 70     | 60     |
|   | XP          | % i.d.TS | 20,1             | 18,1   | 13,7   |
|   | nXP         | % i.d.TS | 14,9             | 14,4   | 13,5   |
| Süd-Allgäu  | Erntetermin | Datum    | 02.05.           | 13.05. | 23.05. |
|   | BBCH        | Code     | 39-41            | 47-51  | 59-61  |
|   | N-Düngung   | kg N/ha  | 60               | 60     | 40     |
|   | XP          | % i.d.TS | 16,4             | 13,9   | 10,9   |
|   | nXP         | % i.d.TS | 14,4             | 13,2   | 12,1   |
| <b><i>Alopecuretum</i></b> (Wiesenfuchsschwanzwiese)        |             |          |                  |        |        |
| Flussaue-Überschwemmungsgebiet                              | Erntetermin | Datum    | 09.05.           | 21.05. | 30.05. |
|   | BBCH        | Code     | 49-51            | 57-59  | 65-69  |
|   | N-Düngung   | kg N/ha  | 60               | 60     | 60     |
|   | XP          | % i.d.TS | 18,8             | 13,1   | 12,5   |
|   | nXP         | % i.d.TS | 13,7             | 11,5   | 11,1   |
| <b><i>Arrhenatheretum</i></b> (Typische Glatthaferwiese)    |             |          |                  |        |        |
| Muschelkalk-bergländer                                      | Erntetermin | Datum    | 04.05.           | 07.05. | 17.05. |
|   | BBCH        | Code     | 33-39            | 43-51  | 53-59  |
|   | N-Düngung   | kg N/ha  | 60               | 60     | 50     |
|   | XP          | % i.d.TS | 18,0             | 16,2   | 12,9   |
|   | nXP         | % i.d.TS | 14,7             | 14,2   | 13,1   |
| <b><i>Trisetetum</i></b> (Goldhaferwiese)                   |             |          |                  |        |        |
| Mittelgebirge-Schiefer                                      | Erntetermin | Datum    | 08.05.           | 12.05. | 22.05. |
|   | BBCH        | Code     | 32-37            | 39-49  | 51-56  |
|   | N-Düngung   | kg N/ha  | 70               | 70     | 60     |
|   | XP          | % i.d.TS | 22,7             | 21,0   | 16,0   |
|   | nXP         | % i.d.TS | 15,7             | 15,1   | 14,0   |

Eine Verzögerung des Erntetermines im ersten Aufwuchs in das Makrostadium „Blüte“, d.h. Mahd erst in Juni, hat einen dramatischen Rückgang des XP-Gehaltes auf Werte deutlich unter 10 % i.d.TS zur Folge (Abb. 2).

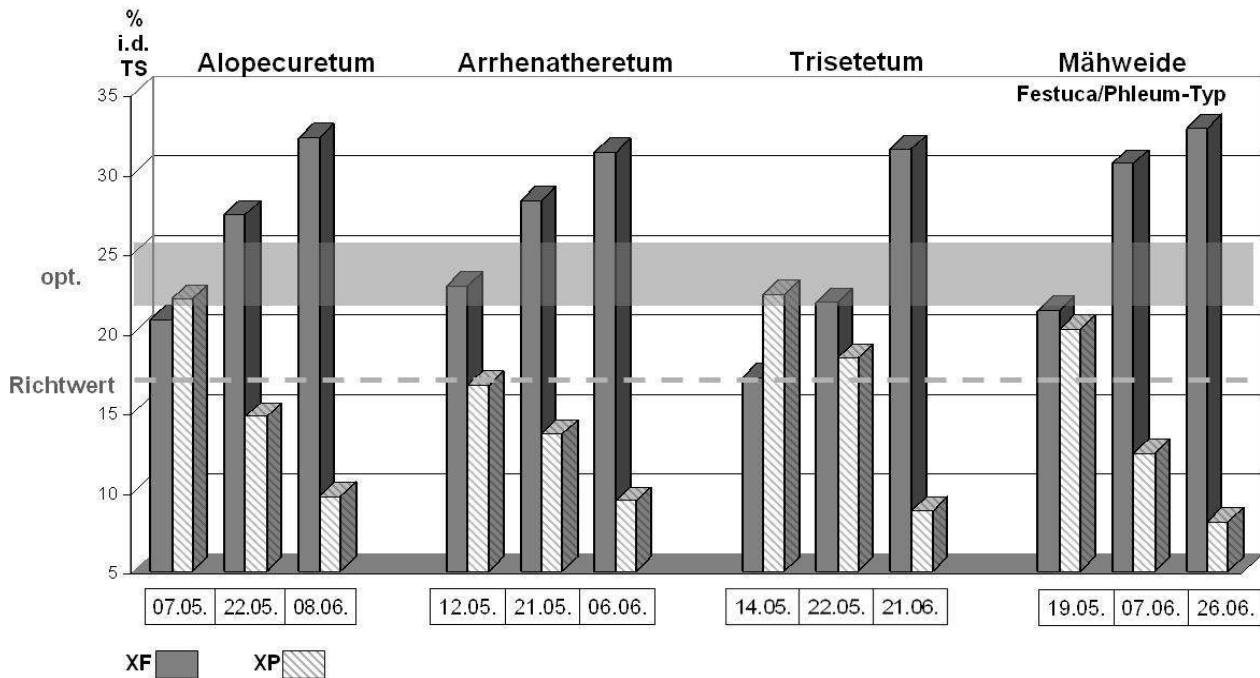


Abb. 2: Rohfaser- (XF) und Rohproteingehalte (XP) ausgewählter Pflanzenbestandstypen des produktiven Dauergrünlandes in Abhängigkeit vom Nutzungstermin im ersten Aufwuchs [2].

Die Flachlandmähwiesentypen - *Alopecuretum* und *Arrhenatheretum* - erreichen bereits in der ersten Junidekade derartig niedrige Werte. Die Bergwiesentypen - *Trisetetum* und Mähweide - haben in der letzten Junidekade erst dieses Niveau zu verzeichnen. Julimahd, wie in Extensivierungsprogrammen vorgeschrieben, bewirkt nur noch marginale weitere Verschlechterungen. Für das Extensiv-/Biotopgrünland sind generell niedrige XP-Gehalte kennzeichnend.

Der Einfluss der Düngermenge an Phosphat bzw. Kalium bei jeweils entzugsorientierter Düngung des Komplementärnährstoffes sowie ökonomisch optimaler N-Düngung auf den XP-Gehalt ausgewählter Pflanzenbestandstypen geht aus Tab. 2 hervor.

Tab. 2: XP-Gehalte ausgewählter Pflanzenbestandstypen im ersten Aufwuchs in Abhängigkeit der P- bzw. K-Düngung.

| Pflanzenbestandstyp | XP (% i.d.TS) im I. Aufwuchs |            |            |           |            |            |
|---------------------|------------------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|                     | P-Düngung                    |            |            | K-Düngung |            |            |
|                     | ohne                         | 0,5 Entzug | 1,0 Entzug | ohne      | 0,7 Entzug | 1,0 Entzug |
| Alopecuretum        | 17,5                         | 17,3       | 16,7       | 18,9      | 18,0       | 16,7       |
| Arrhenatheretum     | 13,8                         | 13,6       | 13,6       | 13,1      | 12,6       | 13,3       |
| Trisetetum          | 17,0                         | 16,7       | 16,5       | 21,1      | 16,6       | 16,5       |

Die Höhe der P-Düngung hat bei allen drei Pflanzenbestandstypen keinen nennenswerten Einfluss auf die XP-Gehalte der ersten Aufwüchse.

Der Verzicht auf K-Düngung übt einen deutlichen Einfluss auf die XP-Gehalte, vor allem beim *Trisetetum* aus. Das ist auf dem Schieferverwitterungsboden mit sehr geringem Nachlieferungsver-

mögen an Kalium auf die daraus resultierende, signifikante Ertragsdepression zurückzuführen. Zwischen den K-Düngungsstufen 0,7-Entzug und 1,0-Entzug bestehen nur tendentielle Unterschiede im XP-Gehalt des Aufwuchses.

Für das Extensiv-/Biotopgrünland sind generell niedrige XP-Gehalte kennzeichnend. Aus Abb. 3 geht hervor, dass die repräsentativen Pflanzenbestandstypen der Mittelgebirgsstandorte bereits zum optimalen Schnitzeitpunkt des ersten Aufwuchses deutlich unter 16% XP i.d.TS aufweisen.

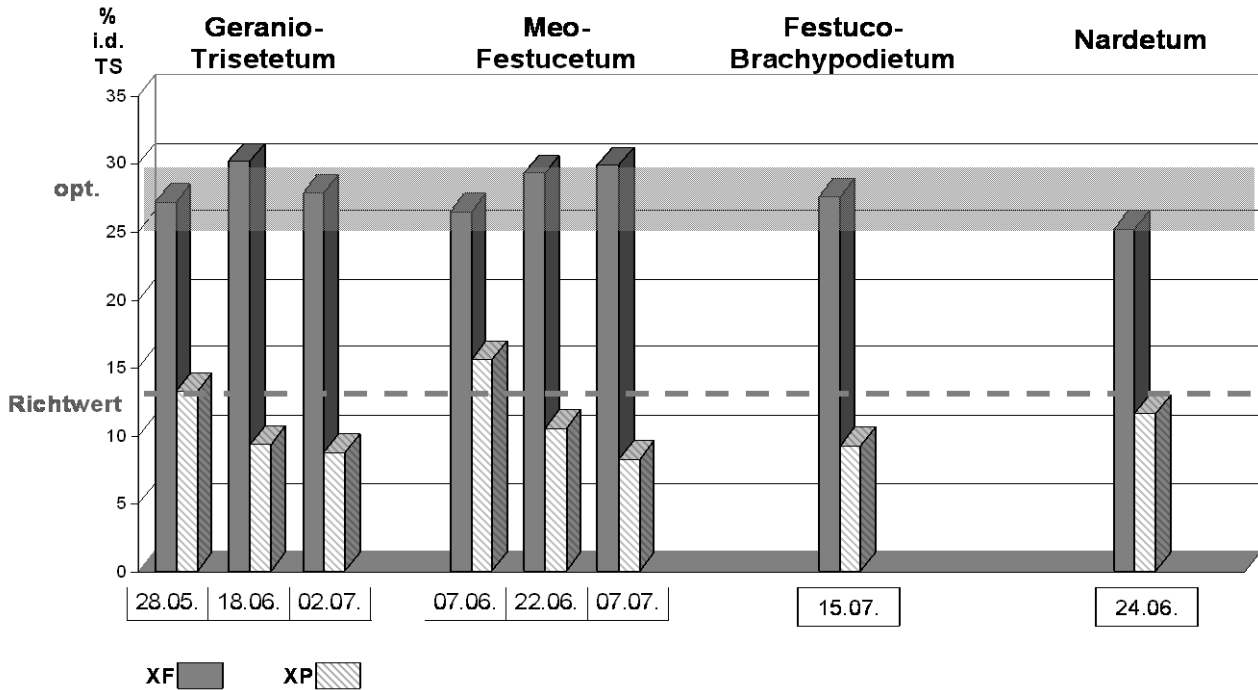


Abb. 3: Rohfaser- (XF) und Rohproteingehalt (XP) ausgewählter Pflanzenbestandstypen des Extensiv-/ Biotopgrünlandes in Abhängigkeit vom Nutzungstermin im ersten Aufwuchs [3]

Die Bergwiesentypen - *Geranio-Trisetetum* und *Meo-Festucetum* - liegen zu Beginn der Nutzung bei 14...15 % XP i.d.TS und erreichen damit den Richtwert für Aufzuchtrinder und Mutterkühe. Der Magerrasentyp *Festuco-Brachypodietum* weicht zum Nutzungszeitpunkt einen XP-Gehalt von 8 % XP i.d.TS auf. Das *Nardetum* erreicht zur Mahd in der letzten Junidekade mit 14% i.d.TS einen XP-Gehalt, den zu diesem Zeitpunkt kein anderer Pflanzenbestandstyp in dieser Höhe aufweist.

Die Pflanzenbestandstypen des Feucht-/Nassgrünlandes können bei bestandserhaltender extensiven Bewirtschaftung nur einen geringen Beitrag zur Eiweißversorgung der Wiederkäuer leisten, wie aus Tab. 3 hervorgeht.

Tab. 3: Rohproteingehalte ausgewählter Pflanzenbestandstypen des Feucht-/ Nassgrünlandes bei bestandserhaltender Bewirtschaftung.

| Pflanzenbestandstyp   | Aufwuchs | TM-Ertrag<br>(dt/ha) | Rohprotein<br>(% i.d.TS) |
|---|----------|----------------------|--------------------------|
| Phalaridetum arrundinaceae<br>(Rohrglanzgrasröhricht)                         | I.       | 85                   | 8                        |
|   | II.      | 69                   | 11                       |
| Caricetum rostrateal<br>(Schnabelseggenried)                                  | I.       | 62                   | 8                        |
| Angelocosylvestris-Cirsietum oleracei<br>(Waldengelwurz-Kohldistelwechtwiese) | I.       | 44                   | 13                       |
| Molinietum caeruleae<br>(Pfeifengras-Streuwechtwiese)                         | I.       | 23                   | 9                        |

Mit Ausnahme des zweiten Aufwuchses vom Rohrglanzgrasröhricht und der Waldengelwurz-Kohldistelwechtwiese liegen die XP-Gehalte dieser Wiesentypen deutlich unter 10% i.d.TS und unterschreiten damit wesentlich den Zielkorridor aus ernährungsphysiologischer Sicht für den Einsatz beim Wiederkäuer.

Auf der Weide kann selbst bei extensiver Wirtschaftsweise den Tieren stets eiweißreiches Futter mit hoher Energiedichte und ernährungsphysiologisch günstigem Rohfasergehalt angeboten werden, wie die Ergebnisse auf einer Mähstandweide im Thüringer Schiefergebirge zeigen (Tab.4).

Tab. 4: Weidefutterqualität einer *Festuca rubra*-*Agrostis tenuis*-Gesellschaft unter den Bedingungen einer extensiven Mähstandweide im Mittelgebirge.

| Untersuchungs-<br>zeitraum | 3.1 Parameter    |              |             |                       |
|----------------------------|------------------|--------------|-------------|-----------------------|
|                            | Rfa<br>(%i.d.TS) | RP (%i.d.TS) | ELOS (%)    | Energie (MJ NEL/kgTS) |
| Mai                        | 20,8             | 21,6         | 71,8        | 6,46                  |
| Juni                       | 26,5             | 18,7         | 59,8        | 5,44                  |
| Juli                       | 25,9             | 16,0         | 55,9        | 5,37                  |
| August                     | 23,4             | 21,5         | 64,8        | 5,76                  |
| September                  | 23,7             | 19,2         | 67,3        | 5,69                  |
| Oktober                    | 20,2             | 22,9         | 69,1        | 6,14                  |
| <b>Mittel</b>              | <b>23,4</b>      | <b>20,0</b>  | <b>64,8</b> | <b>5,81</b>           |

## 4 Schlussfolgerungen

- Mit dem Nutzungszeitpunkt wird der entscheidende Einfluss auf den Rohproteingehalt des Grünlandaufwuchses ausgeübt. Standort und Pflanzenbestand wirken dabei stark differenzierend.
- Bei Nutzung des Dauergrünlandes in der vegetativen Phase, d.h., vor dem Herausschieben der Blütenstände bei den bestandesprägenden Arten, kann bereits der größte Teil des Proteinbedarfes der Milchkuhe gedeckt werden.
- In der Fleischrinder-(Mutterkuh-)haltung kann bei Nutzung der Aufwüchse des Dauergrünlandes im Übergang in die generative Phase der Eiweißbedarf über das Grundfutter realisiert werden.
- Bei einer ökonomisch optimalen Stickstoffdüngung, d.h., bei einem Differentialertrag von 12 kg TM/kg N und Einhaltung der qualitätsorientierten Nutzungszeitspanne sind keinen überhöhten

Rohproteingehalte in der Biomasse des Dauergrünlandes zu erwarten und es ist eine hohe N-Effizienz gegeben.

- Extensiv-/ Biotopgrünland, genutzt als Wiese, kann nur einen geringen Beitrag zur Eiweißversorgung der Wiederkäuer leisten, weil bei bestandserhaltender Nutzung die XP-Gehalte meist unter 9 % i.d.TS liegen.

## 5 Literatur

- [1] BASERGA, U. (1998): Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen. FAT-Berichte 512, 1-11.
- [2] HOCHBERG, H. und ZOPF, D. (2010a): Ertragsfähigkeit und Futterqualität ausgewählter Dauergrünlandtypen in Abhängigkeit von Düngungs- und Nutzungsintensität. Kongressband Pflanzliche Produktion VDLUFA-Schrift.-reihe 66, 169-175.
- [3] HOCHBERG, H. UND ZOPF, D. (2010b): Möglichkeiten der Nutzung und Verwertung von Extensivgrünland. Kongressband Workshop VDLUFA-Schrift.-reihe 66, 107-115.
- [4] WEILAND, P. (2003): Biologie der Biogaserzeugung. ZNR Biogastagung, Bad Sassendorf-Ostinghausen, 02.04. 2003 [http://biogas-infoboard.de/pdf/Biologie\\_der\\_Biogaserzeugung.pdf](http://biogas-infoboard.de/pdf/Biologie_der_Biogaserzeugung.pdf).



# Leguminosen-basierte Grünlandwirtschaft als Beitrag zur Sicherung der Grundfuttererzeugung

M. Merten, M. Hoffstätter-Müncheberg, M. Kayser, J. Isselstein

Georg-August-Universität Göttingen,  
Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abt. Graslandwissenschaft,  
Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,  
[maria.merten@agr.uni-goettingen.de](mailto:maria.merten@agr.uni-goettingen.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Grünland bildet die agronomische Basis der Wiederkäuer- und Pferdehaltung [8]. Leguminosen können hier als eiweißreiche Futterpflanzen und durch ihre Stickstoff fixierende Wirkung [10] zum Wert des Grünlandes beitragen. Die sich im Zuge des globalen Klimawandels ändernden Umweltbedingungen haben einen großen Einfluss auf die Pflanzenbestände des Grünlands. Steigende Lufttemperaturen und CO<sub>2</sub>-Gehalte können vorteilhaft für das Leguminosenwachstum sein, da diese generell ein höheres Temperaturoptimum haben als Gräser [13]. Die am häufigsten im Grünland verwendete Leguminosenart ist der Weißklee (*Trifolium repens*) ([6], [12]). Da Weißklee einen hohen Wasserbedarf hat, kann prognostiziert werden, dass die sich ändernden Niederschlagsbedingungen, mit häufigerem Trockenstress im Sommerhalbjahr [1], negativ auf das Kleewachstum auswirken [2]. Dies war der Anlass, die Leistung alternativer Futterleguminosen unter Trockenstressbedingungen zu prüfen. Dabei wird angenommen, dass es Futterleguminosen gibt, die auf Grund einer erhöhten agronomischen Wassernutzungseffizienz und morphologischer Anpassungsmechanismen negative Auswirkungen des Klimawandels unter stickstofflimitierten Bedingungen kompensieren können ([14], [15]). Im Vordergrund stehen dabei Leguminosenarten, die bisher in der praktischen Grünlandwirtschaft nur eine sehr geringe Rolle spielen [9] wie *Lotus corniculatus* (Hornklee), *Lotus uliginosus* (Sumpfklee), *Medicago falcata* (Sichelluzerne), *Medicago lupulina* (Gelbklee) und *Onobrychis viciifolia* (Esparsette).

## 2 Material und Methoden

Es werden 6 Leguminosenarten (*Lotus corniculatus*, *Lotus uliginosus*, *Medicago falcata*, *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, *Onobrychis viciifolia*) im Reinbestand und in Mischung mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) sowohl in einem vierjährigen Feldexperiment als auch begleitend in einem Gewächshausversuch angebaut.

Das Feldexperiment wird an zwei Standorten in Niedersachsen (subatlantisch (Standort Oldenburg) bis subkontinental (Standort Göttingen)) durchgeführt. Es wird ein Faktor ‚Trockenstress‘ eingeführt mit den Stufen ‚Überdachung‘ und ‚unbehandelte Kontrolle‘. Die Bodenarten am Versuchsstandort Göttingen sind Lehme bis tonige Lehme mit einer nutzbaren Feldkapazität von 30 mm/dm. Am Versuchsstandort Oldenburg mit eher schwach schluffigen Sandböden, liegt eine nutzbare Feldkapazität von 24 mm/dm vor. Für durchschnittlich 35 Tage (Variante ‚Überdachung‘), jeweils im Frühjahr und im Sommer, erhalten die Pflanzen keinerlei Wasserzufuhr, so dass der volumetrische Bodenwassergehalt abfällt.

Die Bodenwassergehalte der oberen 12 cm wurden am Standort Oldenburg mittels Time Domain Reflectometry (TDR)-Technik 14-täglich ermittelt und lagen in Parzellen der unbehandelten Kon-

trolle während der Stressphasen im Jahr 2011 bei durchschnittlich 18 % und in 2012 bei 15 %. In den Parzellen mit Überdachung wurden durchschnittliche Werte von 7,5 % in 2011 und 6,8 % in 2012 ermittelt. Dauer und Intensität des Trockenstresses bestimmen, wie sich die Pflanzen physiologisch verändern. So ist beispielsweise die Wassernutzungseffizienz der Leguminosen unter Trockenstress in der Regel vermindert ([3], [4], [5], [7]).

Drei Mal je Jahr wird durch Beerntung der oberirdische Biomasseertrag erfasst. An Teilproben des Erntegutes werden morphologische Untersuchungen vorgenommen (Untersuchung des Blatt/Stängelverhältnisses) und durch Nahinfrarotspektroskopie die Futterqualität untersucht. Kontinuierlich erfasst werden Pflanzenwuchshöhe, Lufttemperatur, Luftfeuchte und Nährstoffgehalte im Oberboden.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Erträge der Leguminosen nach der zweiten Trockenstressphase in den beiden Jahren 2011 und 2012, wie in den Tab. 1 und 2 dargestellt, zeigen deutliche standortbedingte Unterschiede. Trockenstress hat in der Regel keinen signifikanten Einfluss auf den Ertrag, bis auf 2011 am Standort Göttingen. Weißklee (*T. repens*) hat einen hohen Wasserbedarf, erleidet aber unter starkem Trockenstress, nur im zweiten Versuchsjahr am Standort mit mehr sandigen Böden (Oldenburg) und mit relativ geringer nutzbarer Feldkapazität einen erheblichen Ertragseinbruch. Ist der Boden lehmhaltiger, wie am Versuchsstandort Göttingen, kann *T. repens* den erlittenen Trockenstress gut kompensieren, erzeugt aber insgesamt mit und ohne Stress weniger Biomasse als *O. viciifolia*, *L. corniculatus*, *M. falcata* und *M. lupulina*. Erheblich andere Ergebnisse zeigen die untersuchten Leguminosen am Standort Oldenburg. Bis auf *L. corniculatus*, der ein großes Ertragspotential (auch unter Trockenstress) aufweist, stellen die betrachteten Leguminosen an diesem Standort aus rein ertraglicher Sicht kaum eine Alternative zu *T. repens* dar. Im Versuch wurde festgestellt, dass *L. corniculatus* in der Lage ist, sehr früh in der Vegetationsperiode mit der Biomassebildung zu beginnen und auf Trockenstress mit einem verstärkten Wurzelwachstum und der Ausbildung größerer Blätter im Verhältnis zum Stängel zu reagieren, was sich jedoch nicht statistisch absichern lässt. Diese Formen der Kompensation könnten zur Klärung der guten Ertragsergebnisse beitragen. Die Höhe der Niederschläge während der Stressphase war in den beiden Jahren und für die Standorte unterschiedlich. Am Standort Oldenburg fiel während der zweiten Trockenstressphase in 2012 Ø 3,4 mm Regen pro Tag, dagegen nur Ø 0,78 mm pro Tag in 2011. Am Standort Göttingen lag der durchschnittliche Niederschlag auf den unüberdachten Kontroll-Parzellen während der zweiten Stressphase sowohl in 2011 als auch 2012 bei ca. 2,5 mm pro Tag. Dies mag dazu beigetragen haben, dass die Erträge auf dem wenig Wasser speichernden Standort Oldenburg gegenüber den Erträgen am Standort Göttingen erst in 2012 deutlich einbrachen.

*L. uliginosus* (Sumpfklee) muss als Sonderfall betrachtet werden. In den ersten zwei Jahren nach Anlage der Bestände konnten an beiden Standorten noch gute Erträge nachgewiesen werden, die in den folgenden Erntejahren allerdings deutlich zurück gingen, teilweise war keinerlei Ertrag mehr messbar.

Tab. 1: Trockenmasseertrag der 6 Leguminosen in Reinkultur an den Standorten Göttingen und Oldenburg im Jahr 2011. Gezeigt werden die Mittelwerte nach der zweiten Trockenstressphase. Statistik (F-Wert, P-Wert, l.s.d. 5%) mittels Varianzanalyse (ANOVA).

| Leguminose                   | Mittelwerte Trockenmassen 2011 [kg ha <sup>-1</sup> ] |          |                |          |
|------------------------------|---|----------|----------------|----------|
|                              | Göttingen   |          | Oldenburg      |          |
|                              | kein Stress   | Stress   | kein Stress    | Stress   |
| <i>Lotus corniculatus</i>    | 4803  | 4108     | 5584           | 7584     |
| <i>Lotus uliginosus</i>      | 4839  | 2800     | 2538           | 1286     |
| <i>Medicago lupulina</i>     | 4610  | 2884     | 280            | 326      |
| <i>Medicago falcata</i>      | 390   | 1220     | 108            | 105      |
| <i>Onobrychis viciifolia</i> | 5398  | 4042     | 386            | 304      |
| <i>Trifolium repens</i>      | 2708  | 2124     | 1596           | 1775     |
| Statistik                    | <i>F</i> -Wert  | <i>P</i> | <i>F</i> -Wert | <i>P</i> |
| Stress ( <i>S</i> )          | 5,03  | 0,032    | 0,38           | 0,542    |
| Leguminose ( <i>L</i> )      | 8,42  | <0,001   | 69,24          | <0,001   |
| <i>S x L</i>                 | 1,03  | 0,414    | 3,14           | 0,019    |
| <i>l.s.d. (S x L)</i>        | 2063,6  |          | 1196,7         |          |

Tab. 2: Trockenmasseertrag der 6 Leguminosen in Reinkultur an den Standorten Göttingen und Oldenburg im Jahr 2012. Gezeigt werden die Mittelwerte nach der zweiten Trockenstressphase. Statistik (F-Wert, P-Wert, l.s.d. 5%) mittels Varianzanalyse (ANOVA).

| Leguminose                   | Mittelwerte Trockenmassen 2012 [kg ha <sup>-1</sup> ] |          |                |          |
|------------------------------|---|----------|----------------|----------|
|                              | Göttingen   |          | Oldenburg      |          |
|                              | kein Stress   | Stress   | kein Stress    | Stress   |
| <i>Lotus corniculatus</i>    | 2876  | 3910     | 1196           | 2676     |
| <i>Lotus uliginosus</i>      | 151   | 108      | 10             | 0        |
| <i>Medicago lupulina</i>     | 3940  | 3313     | 730            | 70       |
| <i>Medicago falcata</i>      | 1324  | 1099     | 51             | 43       |
| <i>Onobrychis viciifolia</i> | 4204  | 4414     | 234            | 225      |
| <i>Trifolium repens</i>      | 2199  | 3521     | 1182           | 289      |
| Statistik                    | <i>F</i> -Wert  | <i>P</i> | <i>F</i> -Wert | <i>P</i> |
| Stress ( <i>S</i> )          | 0,65  | 0,426    | 0,02           | 0,883    |
| Leguminose ( <i>L</i> )      | 14,2  | <0,001   | 27,99          | <0,001   |
| <i>S x L</i>                 | 0,79  | 0,562    | 9,11           | <0,001   |
| <i>l.s.d. (S x L)</i>        | 1721,1  |          | 557,8          |          |

In Mischungen mit *L. perenne* hängt die Konkurrenzkraft der Leguminosen ebenfalls stark vom Standort und damit dem vorherrschenden Wasserregime ab (Abb. 1 und 2). Am Standort Göttingen können die Leguminosen gute Erträge entwickeln, teilweise den Graspартner darin sogar übertreffen (*L. corniculatus*, *M. falcata* und *O. viciifolia*).

Am Standort Oldenburg können lediglich *L. corniculatus* und *T. repens* nennenswerte Erträge in Mischungen mit *L. perenne* erbringen, wobei *L. corniculatus* den Graspартner sowohl unter Stress als auch unter Kontrollbedingungen übertrifft. *M. falcata*, *M. lupulina* und *O. viciifolia* besitzen ab dem zweiten Hauptnutzungsjahr keinerlei Konkurrenzkraft gegenüber dem Graspартner, so dass sie keinen Ertrag mehr aufbauen.

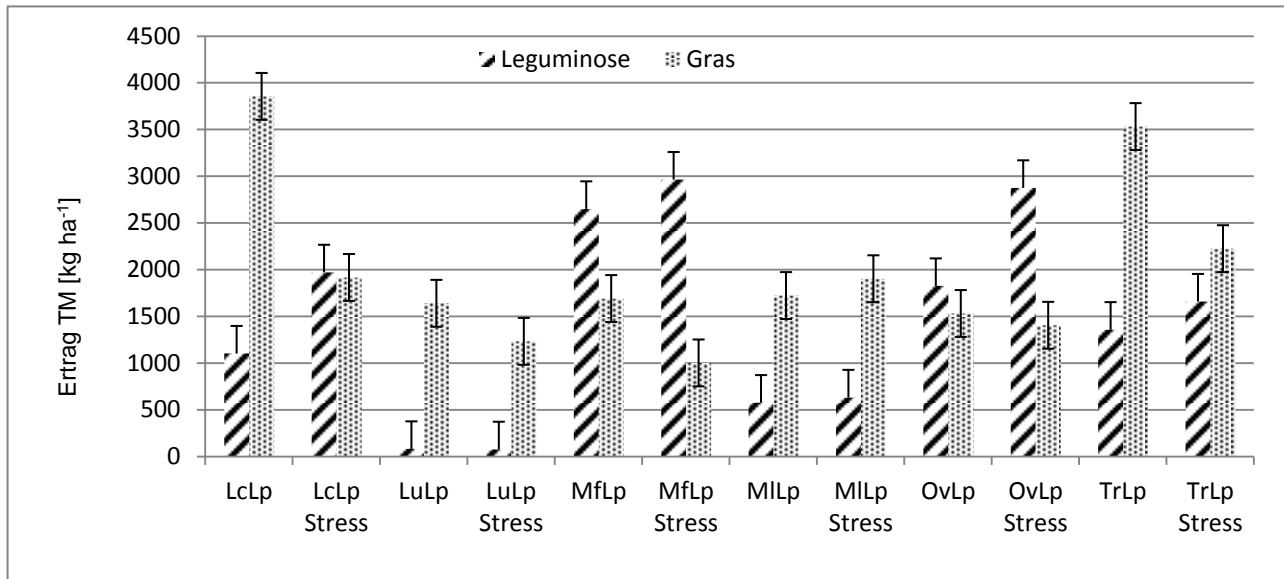


Abb. 1: Trockenmasseertrag der 6 Leguminosen in Mischung mit *Lolium perenne* (*Lotus corniculatus* - LcLp, *Lotus uliginosus* - LuLp, *Medicago falcata* - MfLp, *Medicago lupulina* - MlLp, *Onobrychis viciifolia* - OvLp, *Trifolium repens* - TrLp) am Standort Göttingen im Jahr 2012. Gezeigt werden die Mittelwerte und Standardfehler nach der zweiten Trockenstressphase.

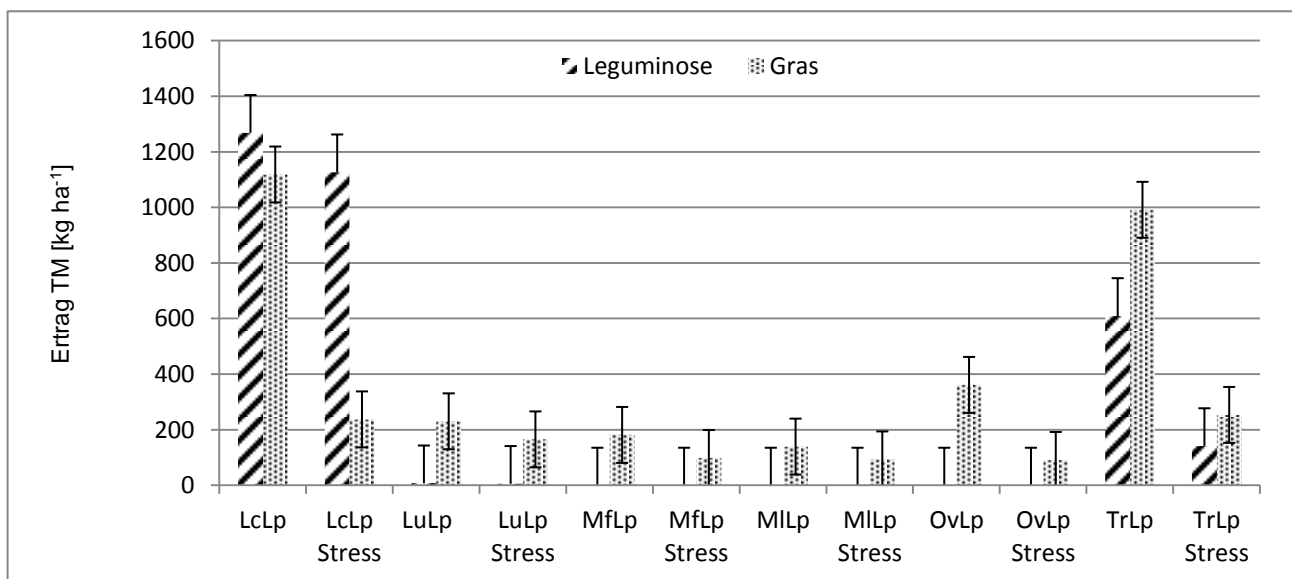


Abb. 2: Trockenmasseertrag der 6 Leguminosen in Mischung mit *Lolium perenne* (*Lotus corniculatus* - LcLp, *Lotus uliginosus* - LuLp, *Medicago falcata* - MfLp, *Medicago lupulina* - MlLp, *Onobrychis viciifolia* - OvLp, *Trifolium repens* - TrLp) am Standort Oldenburg im Jahr 2012. Gezeigt werden die Mittelwerte und Standardfehler nach der zweiten Trockenstressphase.

Das agronomische Potential von Leguminosen wird auch durch die Futterqualität bestimmt. Werden die Pflanzen Trockenstress ausgesetzt, ändern sich die pflanzenphysiologischen Prozesse und die Qualitätsparameter Rohproteingehalt (XP), organische neutral lösliche Faser (oNDF) und organische säurelösliche Faser (oADF) können Standort, Leguminose und Stress bedingte Unterschiede zeigen (Tab. 3 und 4). Sowohl NDF- als auch ADF-Gehalte liegen am Standort Oldenburg leicht unter den Ergebnissen des Erntematerials, das vom Standort Göttingen untersucht wurde. Die Le-

gummosen unterscheiden sich an beiden Standorten hoch signifikant in allen drei untersuchten Qualitätsparametern, allerdings unterschiedlich je nach Standort. (Wechselwirkung Standort und Leguminosenart,  $P < 0,001$ ). Trockenstress wirkt sich nur auf XP signifikant aus; die Gehalte an Rohprotein sind unter Stress geringer. Die Reaktion der Bestände auf Trockenstress ist an beiden Standorten gleich (Wechselwirkung Standort und Stress, nicht signifikant). Die Leguminosenarten reagieren in ihren ADF-Gehalten deutlich unterschiedlich auf den Faktor Stress.

Tab. 3: Rohproteingehalte (XP in %), organische neutral lösliche Faser (oNDF in %) und organische säurelösliche Faser (oADF in %) der 6 Leguminosen am Standort Göttingen nach der zweiten Trockenstressphase in 2011. Bestandteilbestimmung durch Nahinfrarotspektroskopie. Statistik (F-Wert, P-Wert, l.s.d. 5%) mittels Varianzanalyse (ANOVA).

| Leguminose                   | kein Stress | Stress | kein Stress | Stress | kein Stress | Stress |
|------------------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                              | XP          | XP     | oNDF        | oNDF   | oADF        | oADF   |
| <i>Lotus corniculatus</i>    | 19,8        | 20,1   | 46,3        | 41,5   | 38,2        | 34,5   |
| <i>Lotus uliginosus</i>      | 21,3        | 20,6   | 39,6        | 37,5   | 36,9        | 35,8   |
| <i>Medicago falcata</i>      | 26,3        | 23,3   | 47,1        | 44,8   | 36,0        | 34,8   |
| <i>Medicago lupulina</i>     | 26,1        | 23,3   | 37,0        | 41,4   | 26,6        | 31,5   |
| <i>Onobrychis viciifolia</i> | 15,1        | 14,4   | 43,3        | 42,8   | 39,7        | 39,8   |
| <i>Trifolium repens</i>      | 22,4        | 17,9   | 39,1        | 39,4   | 30,6        | 32,9   |
| Statistik                    | F-Wert      | P      | F-Wert      | P      | F-Wert      | P      |
| Stress (S)                   | 11,47       | 0,002  | 0,37        | 0,548  | 0,44        | 0,514  |
| Leguminose (L)               | 29,37       | <0,001 | 5,59        | 0,001  | 14,71       | <0,001 |
| L x S                        | 1,82        | 0,140  | 1,86        | 0,133  | 3,29        | 0,018  |
| l.s.d. (L x S)               | 2,795       |        | 5,293       |        | 3,988       |        |

Tab. 4: Rohproteingehalte (XP in %), organische neutral lösliche Faser (oNDF in %) und organische säurelösliche Faser (oADF in %) der 6 Leguminosen am Standort Oldenburg nach der zweiten Trockenstressphase in 2011. Bestandteilbestimmung durch Nahinfrarotspektroskopie. Statistik (F-Wert, P-Wert, l.s.d. 5%) mittels Varianzanalyse (ANOVA).

| Leguminose                   | kein Stress | Stress | kein Stress | Stress | kein Stress | Stress |
|------------------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
|                              | XP          | XP     | oNDF        | oNDF   | oADF        | oADF   |
| <i>Lotus corniculatus</i>    | 18,7        | 18,2   | 45,0        | 42,3   | 40,0        | 37,0   |
| <i>Lotus uliginosus</i>      | 23,1        | 21,5   | 34,4        | 32,2   | 34,6        | 33,1   |
| <i>Medicago falcata</i>      | 21,0        | 18,9   | 43,8        | 42,6   | 33,1        | 32,5   |
| <i>Medicago lupulina</i>     | 14,2        | 13,2   | 39,5        | 37,6   | 26,2        | 25,4   |
| <i>Onobrychis viciifolia</i> | 13,4        | 11,0   | 31,5        | 31,3   | 32,1        | 30,5   |
| <i>Trifolium repens</i>      | 28,1        | 22,2   | 33,3        | 35,3   | 27,0        | 30,5   |
| Statistik                    | F-Wert      | P      | F-Wert      | P      | F-Wert      | P      |
| Stress (S)                   | 13,99       | <0,001 | 2,75        | 0,108  | 2,21        | 0,148  |
| Leguminose (L)               | 50          | <0,001 | 80,38       | <0,001 | 88,2        | <0,001 |
| L x S                        | 2,11        | 0,093  | 2,06        | 0,099  | 5,86        | <0,001 |
| l.s.d. (L x S)               | 2,843       |        | 2,407       |        | 1,866       |        |

Das Wachstum der Pflanzen wird durch Trockenstress gehemmt und daher ist das Vegetationsstadium der gestressten Pflanzen weniger weit fortgeschritten [4]. Die Leguminosen zeigen unter Stress zum Teil und gerade am Standort Oldenburg geringere NDF- und ADF-Gehalte, was sich allerdings

nicht statistisch absichern lässt. Diese Tendenz lässt sich möglicherweise mit einer weniger ausgeprägten Entwicklung der faserhaltigen Pflanzenbestandteile bei den gestressten Pflanzen erklären. Der generell niedrigere Rohprotein-Gehalt unter Trockenstressbedingungen entspricht den Erwartungen [11], da hier die Stickstoffaufnahme der Pflanzen durch das verlangsamte Wachstum noch nicht so weit fortgeschritten sein könnte wie bei den Kontrollpflanzen.

## 4 Schlussfolgerungen

Die Erträge der Leguminosen zeigen nach einer Trockenstressphase deutlich standortbedingte Unterschiede. Weißklee (*Trifolium repens*) kann in Reinkultur aber auch in Mischung mit *L. perenne* an Standorten mit sandigen Böden bei langem und starkem Trockenstress mit starken Einbrüchen im Ertrag reagieren. Unter diesen Bedingungen könnte *Lotus corniculatus* eine Alternative darstellen. Für Standorte mit lehmigen Böden erwiesen sich auch *Onobrychis viciifolia* und *Medicago falcata* als potentielle Alternativen. Die Werte der Futterqualitätsparameter Rohproteingehalte (XP), organische neutral lösliche Faser (NDF) und organische säurelösliche Faser (ADF) sind unter Trockenstress geringer, was sich jedoch nur für XP statistisch absichern lässt. Deutliche Unterschiede bestehen allerdings zwischen den Leguminosenarten, deren Gehalte an XP, ADF und NDF auch zwischen den Standorten variieren. Grundsätzlich bedingen niedrigere ADF- und NDF-Werte eine bessere Verdaulichkeit der Pflanzen und in dieser Hinsicht zeigen vor allem *Trifolium repens* und *Medicago lupulina* im Vergleich zu den anderen Leguminosen gute Werte.

## 5 Literatur

- [1] ALCAMO, J., MORENO, J.M., NOVÁKY, B., BINDI, M., COROBOV, R., DEVOY, R.J.N., GIANNAKOPOULOS, C., MARTIN, E., OLESEN, J.E. AND SHVIDENKO A. (2007): Europe. Climate Change (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.
- [2] EHLERS, W. (1996): Wasser in Boden und Pflanze: Dynamik des Wasserhaushalts als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag. Ulmer, Stuttgart.
- [3] EHLERS, W. UND GOSS, M. (2003): Water dynamics in plant production. CAB International, Wallingford, UK.
- [4] FAROOQ, M., WAHID, A., KOBAYASHI, N., FUJITA, D. UND BASRA, S. M. A. (2009): Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 185-212.
- [5] FOULDS, W. (1978): Response to soil moisture supply in three leguminous species I. Growth, reproduction and mortality. *New Phytol.* 80, 535-545.
- [6] HOPKINS, A., WILKINS, R. (2006): Temperate grassland: key developments in the last century and future perspectives. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 144, 503-523.
- [7] LUCERO, D. W., GRIEU, P., GUCKER, A. (2000): Water deficit and plant competition effects on growth and water-use efficiency of white clover (*Trifolium repens*, L.) and ryegrass (*Lolium perenne*, L.). *Plant and Soil* 227: 1-15
- [8] NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG (2011): Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2011. Niedersachsen.

- [9] ROCHON, J. J., DOYLE, C. J., GREEF, J. M., HOPKINS, A., MOLLE, G., SITZIA, M., SCHOLEFIELD, D. UND SMITH, C. J. (2004): Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science* 59, 197-214.
- [10] SCHNOTZ, G. (1995): Stickstoff-Fixierungsvermögen mehrjähriger Leguminosen des Dauergrünlands. Dissertation, Universität Hohenheim, 128 S.
- [11] SHAEFFER, C. C., PETERSON, P. R., HALL, M. H. UND STORDAHL, J. B. (1992): Drought effects on Yield and Quality of Perennial Grasses in the North Central United States. *Journal of Production and Agriculture* 5 (4), 556-561.
- [12] SÖLTER, U., HOPKINS, A., SITZIA, M., GOBY, J. P. AND GREEF, J. M. (2007): Seasonal changes in herbage mass and nutritive value of a range of grazed legume swards under Mediterranean and cool temperate conditions. *Grass and Forage Science* 62, 372-388.
- [13] SOUSSANA, J. F. UND LÜSCHER, A. (2007): Temperate grasslands and global atmospheric change: a review. *Grass and Forage Science* 62, 127–134.
- [14] SOUSSANA, J.F. UND TALLEC, T. (2010): Can we understand and predict the regulation of biological N<sub>2</sub> fixation in grassland ecosystems? *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 88, 197-213.
- [15] TAUBE, F., WACHENDORF, M., GREEF, J. M. UND WULFES, R. (1997): Perspektiven semi-intensiver Produktionssysteme in Milchvieh-/Futterbauregionen Norddeutschlands. *Berichte über Landwirtschaft* 75, 586-603.

# Eiweißbereitstellung vom Grünland auf Betriebsebene

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

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

<sup>1)</sup>Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, D-85586 Poing-Grub

<sup>2)</sup>Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, D-85354 Freising

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

[brigitte.koehler@LfL.bayern.de](mailto:brigitte.koehler@LfL.bayern.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Das betriebseigene Grobfutter liefert den größten Anteil des in Milchviehbetrieben benötigten Rohproteins. Insbesondere in Regionen mit intensiver Milcherzeugung basiert die Fütterung der Kühe überwiegend auf Grasprodukten [14]. Für einen Milchviehbetrieb ist es entscheidend, wie viel qualitativ hochwertiges Grobfutter „frei Trog“ zur Fütterung angeboten wird [15]. Mit dem heutigen Leistungsniveau der Milchkühe steigen zudem die Anforderungen an den Proteinbedarf in Menge und Qualität an [13]. Die Bewertung der Grasprodukte erfolgt nach dem nutzbaren Rohprotein (nXP) und der ruminalen Stickstoffbilanz (RNB) [6]. Voraussetzungen zur verstärkten Versorgung der Milchkuh mit nXP und die Gewährleistung der RNB vom Grünland sind entsprechende Gehalte und Erträge an Rohprotein (XP) sowie ausreichende Gehalte an umsetzbarer Energie (ME) und hohe Anteile an unabbaubarem Rohprotein (UDP).

Für die Gewinnung hoher Rohproteinerträge vom Grünland sind neben einer optimalen Bestandeszusammensetzung, die Balance zwischen richtigem Schnitzeitpunkt und hohen TM-Erträgen entscheidend. Auf die nXP-Werte hat die Konservierung über den ME-Gehalt und den UDP-Anteil maßgeblichen Einfluß [5]. So sind bei der Silierung Anwelkgeschwindigkeit und TM-Gehalt entscheidende Faktoren.

Mit den Zielen der „Bayerischen Eiweißstrategie“, zugekaufte Eiweißfuttermittel einzusparen und das Eiweißpotenzial des Grünlandes optimal zu nutzen, gewinnen die Ansätze einer verbesserten Grünlandbewirtschaftung unter dem Aspekt eines verstärkten Einsatzes des Grobfuttereiweißes in der Milchviehfütterung erheblich an Bedeutung. Dies erfordert eine gezielte Steuerung der Futterproduktion. Ansatzpunkte hierfür sind die Quantifizierung der Futterströme und eine Umsetzung der gesetzten Ziele über ein praxisnahes Controlling vom „Feld bis zum Trog“ [9]. In dem vorliegenden Beitrag werden die Rohproteinflüsse an fünf Futterbaubetrieben in Bayern auf Betriebsebene aufgezeigt und damit die Eiweißpotenziale vom Grünland zum Erntezeitpunkt beleuchtet. Es werden je nach Standort und Nutzungsintensität die TM-Erträge und Eiweißkonzentrationen entsprechend der Siliertermine beurteilt, um auf diese Weise praxisbezogene Rückschlüsse auf optimale Rohproteinerträge und nXP-Bereitstellung ziehen zu können.



## 2 Material und Methoden

### Projekt- und Betriebscharakteristik

Im Projekt „Effiziente Futterwirtschaft und Nährstoffflüsse in Futterbaubetrieben“ wurde eine Gesamtanalyse der Grobfutterwirtschaft auf Betriebsebene an fünf Lehr-, Versuchs- und Fachzentren (LVFZ) der LfL in Bayern durchgeführt (Abb. 1). Dabei wurde im dem vierjährigen Projekt gezielt die Bereitstellung von Eiweiß aus Grobfutter auf Betriebsebene untersucht.

Je nach Standort und Betriebsstruktur nimmt das Grünland einen Anteil von 37 % bis zu 100 % an der Grobfutterfläche der LVFZ ein (Tab. 1). Die Milchviehbetriebe liegen auf einem Leistungsniveau von 8.000 bis 10.000 kg Milch/Kuh und Jahr.



Abb. 1: Standorte der Betriebe der LfL (LVFZ) in Bayern

Bei den Grünlandflächen handelt es sich weitgehend um intensiv genutztes Wirtschaftsgrünland mit Nutzungsintensitäten von drei bis fünf Schnitten. Auf ausgewählten repräsentativen Grünlandschlägen der Betriebe wurden die Wiesen unter Anwendung der Ertragsanteil(EA)-Schätzung nach [8] in den Jahren 2009 und 2011, jeweils vor dem ersten Schnitt erfasst und dabei nach Wiesentypen [16] kategorisiert.

Tab. 1: Standortkennzahlen und Grünlandbewirtschaftung der untersuchten Betriebe in Bayern

| Betriebe      | Agrargebiete           | Höhe<br>m über<br>NN | Nieder-<br>schläge <sup>1)</sup><br>mm | Grün-<br>land-<br>flächen <sup>2)</sup><br>% | Schnitte<br>n | N-Düngung <sup>3)</sup><br>(kg gesamt-N/ha) |      |      |
|---------------|------------------------|----------------------|--|--|---------------|---|------|------|
|               |                        |                      |  |  |               | ges.  | org. | min. |
| Spitalhof     | Alpenvorland           | 730                  | 1.180                                  | 100  | 4-5           | 200   | 152  | 48   |
| Grub          | Tertiäres Hügelland    | 525                  | 992                                    | 45   | 4-5           | 287   | 123  | 164  |
| Achselschwang | Voralpines Hügelland   | 586                  | 1.010                                  | 64   | 4-5           | 263   | 218  | 45   |
| Hübschenried  |                        | 653                  |  |  |               | 85  | 56   | 29   |
| Almesbach     | Ostbayr. Mittelgebirge | 417                  | 750                                    | 37   | 3-4           | 281   | 150  | 131  |

<sup>1)</sup>Niederschläge im vierjährigen Mittel (2009-2012), <sup>2)</sup>Grünlandfläche in Prozent der Grobfutterfläche je Betrieb, <sup>3)</sup>N-Düngung im vierjährigen Mittel als Gesamt-N (keine Abzüge von Ausbringungsverlusten)

### Datenerhebung

Zur Erfassung der Rohproteinflüsse wurden über die gesamten Grünlandflächen der Betriebe zu allen praxisüblichen Silageernten die TM-Erträge mittels Wiegen sowie die Futterqualitäten über eine begleitende Probenahme über den vierjährigen Zeitraum von 2009-2012 erhoben. Die Wiegen erfolgten an der Fuhrwerkswaage über die gesamten Erntemengen und zu jedem Schnitt. Die einzelnen Probenahmen erfolgten dabei von jedem Fuhrwerk. Aus dem Probenpool wurde Material zur TM-Bestimmung und zur Qualitätsanalyse vom Anwelkgut (XP, nXP, RNB und Energie (MJ NEL)) entnommen. Die Häufigkeit der TM-Bestimmung wurde auf Schlagebene i.d.R. mit vier Proben je ha und die Qualitätsanalysen auf Siloebene (3 Proben je Silo) festgelegt. Die Rohproteinanalysen wurden mittels NIRS (Nahinfrarot-Spektroskopie)-Technik durchgeführt, die Bewertung von nXP und RNB wurde beim Ausgangsmaterial (Grasanwelkgut) entsprechend den Gleichungen der [6] vorgenommen. Die Eiweiß- und Energiegehalte auf Jahresebene wurden nach den TM-Erträgen je Schnitt gewichtet. Die Bewertung der Eiweißbereitstellung auf Betriebsebene erfolgte vom Ausgangsmaterial zur Ableitung möglicher Maßnahmen aus Sicht der Grünlandbewirtschaftung.

tung. Die weitere Betrachtung von Proteinveränderungen durch die Konservierung wird in diesem Beitrag nicht thematisiert. In Bezug auf TM-Verluste bei Silagen sei auf [10] verwiesen.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

#### Grünlandbestände

Bei den Pflanzenbeständen der jeweiligen Standorte handelt es sich um intensiv genutztes Wirtschaftsgrünland, mit hohen Gräser-EA von 80-90 % (Abb. 2). Dabei bildeten im Wesentlichen die Gräser „*Alopecurus pratensis*“ (Wiesenfuchsschwanz), „*Lolium perenne*“ (Dt. Weidelgras) und „*Poa trivialis*“ (Gemeine Risppe) die Hauptbestandbildner (HBB). An den Standorten mit hoher Nutzungsintensität (vier bis fünf Schnitte) nahm überwiegend der Wiesenfuchsschwanz den Platz als Hauptbestandbildner ein. Dagegen war am Standort Almesbach mit drei bis vier Schnitten das Dt. Weidelgras als HBB vertreten. Eine zunehmende Etablierung des Wiesenfuchsschwanzes im EA der Wiesenbestände wurde ebenfalls im bayernweiten Grünlandmonitoring festgestellt [11]. Bei allen Betrieben nahm die Gemeine Risppe bereits den zweit- bis dritthöchsten EA bei den Gräsern ein. Diese ist in Bezug auf einen ertragsmindernden Effekt [7] bei der Beurteilung der Ertragspotenziale zu beachten. Das Wirtschaftsgrünland der Standorte Spitalhof, Grub und Achselchwang (mit dem Nebenstandort Hübschenried) kann überwiegend in den Wiesentyp „Wiesenfuchsschwanzwiese“ (> 25 % EA „*Alopecurus pratensis*“) und der Standort Almesbach in „gräserreiche Wiese“ (keine Einzelgrasart > 25 %) eingestuft werden.

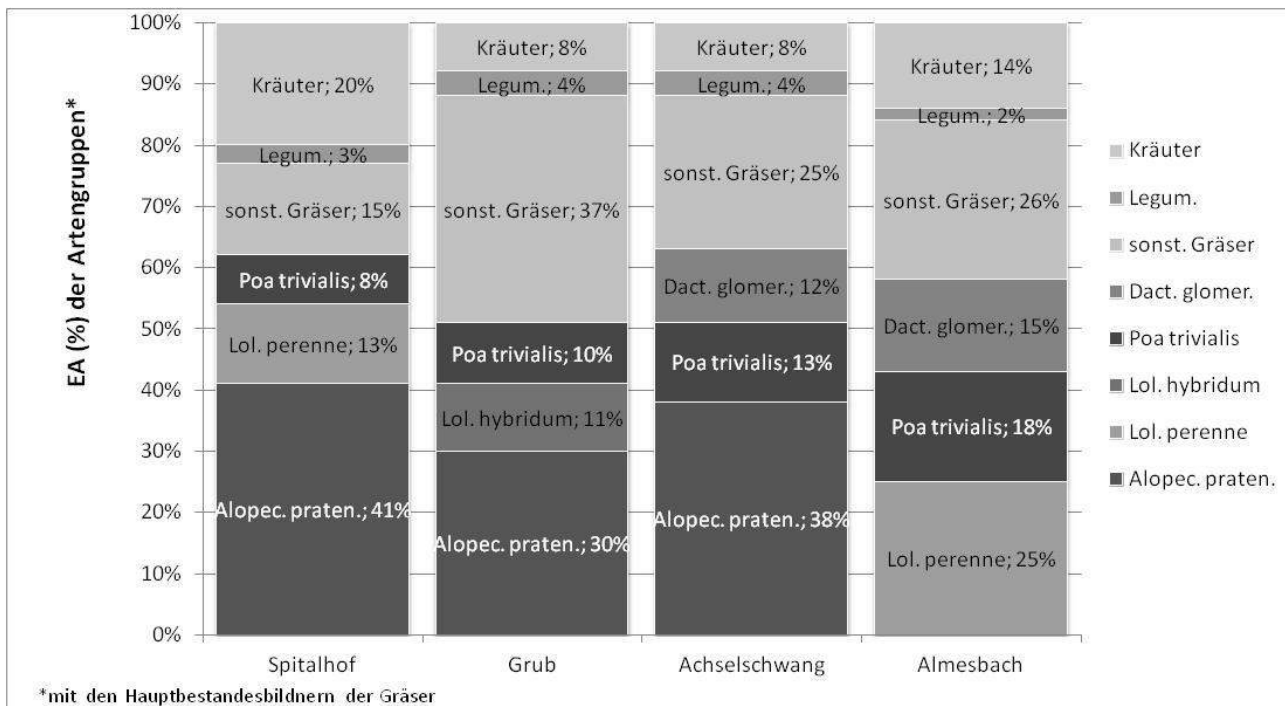


Abb. 2: Betriebspezifische Charakterisierung des Wirtschaftsgrünlandes aus einer repräsentativen Bestandaufnahme ausgewählter Schläge mittels der EA-Schätzung (Artengruppen und Gräser mit den höchsten EA) je Standort.

### Futterqualitäten auf Betriebsebene

Zur Beurteilung der Grobfutterqualitäten auf Betriebsebene wurden die Analysen der Eiweiß- und Energiegehalte vom Ausgangsmaterial herangezogen. Im vierjährigen Mittel lagen die Rohproteingehalte je nach Betriebsstandort im Bereich von 160 bis 171 g XP/kg TM (Tab. 2). Somit entsprechen die erzielten Rohproteingehalte im Mittel den Ansprüchen an eine grobfutterbasierte und leistungsorientierte Milchviehfütterung [4]. Bei Betrachtung der Rohproteingehalte je Jahr über den vierjährigen Zeitraum, sind für die Betriebe mehr Jahreseffekte festzustellen als durch die Einflussfaktoren wie Standort oder Bewirtschaftung zu erwarten wäre (siehe Abb. 3). Im Jahr 2011 ergaben sich über die Standorte hinweg durch Witterungsbedingungen deutlich geringere mittlere Rohproteingehalte. Die Gründe dafür lagen vermutlich in einer geringeren Stickstoffmobilisierung aufgrund von Trockenheit vor dem ersten Schnitt sowie geringeren Rohproteingehalten in den Folgeaufwüchsen aufgrund hoher Masseerträge („Verdünnungseffekt“).

Tab. 2: Futterqualitätskennzahlen (XP, nXP und RNB sowie Energie-Gehalte) vom Grünland auf Betriebsebene je Betrieb im vierjährigen Mittel von 2009-2012 (gewichtet nach TM-Ertrag je Schnitt), Analysen beim Anwelkgut.

|               | XP-Gehalt | nXP-Gehalt<br>g/kg TM | RNB | Energie<br>MJ NEL/kg TM |
|---------------|-----------|-----------------------|-----|-------------------------|
| Spitalhof     | 166       | 139                   | 4,4 | 6,2                     |
| Grub          | 171       | 136                   | 5,7 | 6,0                     |
| Achselschwang | 164       | 136                   | 4,5 | 6,1                     |
| Hübschenried  | 160       | 135                   | 3,9 | 6,1                     |
| Almesbach     | 167       | 135                   | 5,2 | 6,0                     |

Der Vergleich der Rohproteingehalte aus den vierjährigen Daten der fünf Betriebsstandorte mit den Ergebnissen aus dem bayernweiten Ertrags- und Nährstoffmonitoring auf bayerischen Grünlandflächen zeigt, dass sich bei den Nutzungsintensitäten mit vier bis fünf Schnitten eine sehr gute Übereinstimmung im mittleren Rohproteingehalt ergab [2].

Die ermittelten nXP-Gehalte im Ausgangsmaterial lagen im Bereich von 135 bis 139 g/kg TM. Der starke Einfluss der Konservierung ist hierbei noch zu beachten, um die Empfehlung für gute Silagen mit Werten > 135 g nXP/kg TM [4] einzuhalten. Bei den Energiegehalten zeigten sich im vierjährigen Mittel zwischen den Betrieben durchaus unterschiedliche Niveaus, deren mittlere Werte im Bereich von 6,0 bis 6,2 MJ NEL/kg TM lagen. Um die Zielsetzung hoher Grobfutterleistung in der Milchviehfütterung zu erreichen, sind höhere Qualitätsanforderungen mit über 6,1 MJ NEL/kg TM in der Silage zu stellen. Mögliche Ansätze hierfür sind neben der Einhaltung des richtigen Schnittzeitpunkts, die Grünlandbewirtschaftung immer mit Blick auf eine optimale Bestandeszusammensetzung zu führen. Dafür können bestimmte Pflegemaßnahmen (z.B. Nachsaaten) durchgeführt werden.

### Rohproteinerträge auf Betriebsebene

Die Rohproteinerträge des Grünlandes zeigten bei der insgesamt hohen Nutzungsintensität zwischen den Jahren am Einzelstandort und zwischen den Standorten deutliche Unterschiede in ihrer Höhe (Abb. 3). Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass auf den Eiweißertrag einer Fläche zahlreiche Faktoren wie Schnittzeitpunkt, Massenwachstumsbedingungen und dabei insbesondere die aktuelle Witterung und die Nährstoffversorgung einen Einfluss haben.

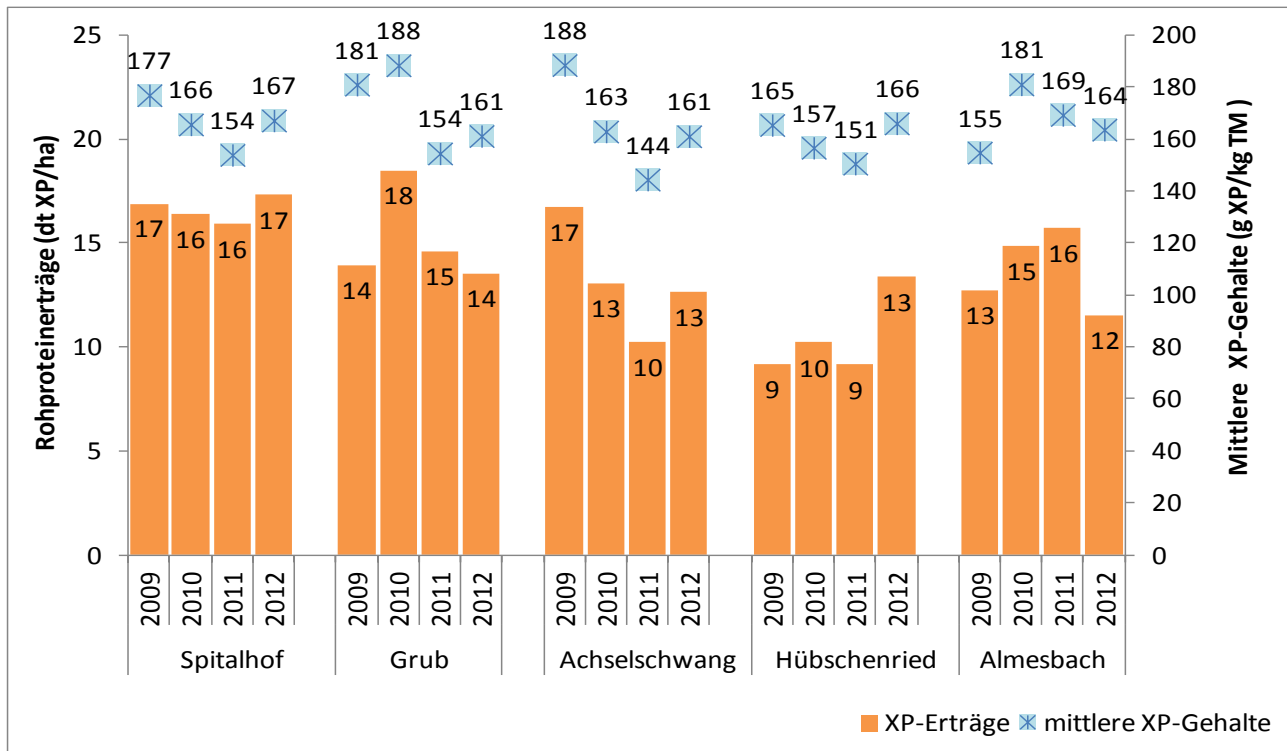


Abb. 3: Rohproteinерträge (dt XP/ha und Jahr; Säulen) und mittlere nach TM-Ertrag gewichtete XP-Gehalte (g XP/kg TM, Punkte) je Jahr vom Grünland auf Betriebsebene bei vier bis fünf Schnitten (Spitalhof, Grub, Achselschwang und Hübschenried) sowie bei drei bis vier Schnitten (Almesbach)

Am Standort Spitalhof wurden über die Jahre die konstantesten und höchsten Rohproteinерträge mit 17 dt XP/ha erzielt. Am Versuchsbetrieb Grub lagen die durchschnittlichen Rohproteinерträge bei 15 dt XP/ha. Die deutlich höheren Erträge von 18 dt XP/ha im Jahr 2010 kamen durch das Zusammenwirken hoher Massenerträge mit relativ hohen Rohproteingehalten bei den Folgeschnitten v. a. beim dritten und vierten Schnitt zustande. Im Jahr 2012 ist der Rückgang der Erträge auf 14 dt XP/ha wiederum in Verbindung mit einer verringerten Schnittintensität auf vier Schnitte und den damit verbundenen späten letzten Schnitt mit stark reduziertem Rohproteingehalt zu sehen. Am Standort Achselschwang traten im Rohproteinерtrag deutliche Schwankungen zwischen den Jahren von 10-17 dt XP/ha auf. Die witterungsbedingt niedrigeren Rohproteingehalte im Jahr 2011 machten sich am Standort Achselschwang durch den gleichzeitig geringen Massenertrag mit 10 dt XP/ha deutlich bemerkbar. Das Eiweißpotenzial des extensiv bewirtschafteten Grünlandstandortes Hübschenried, der gleichbleibend bei hoher Schnittintensität (fünf Schnitte) genutzt wurde, lag im Durchschnitt der Jahre bei 10 dt XP/ha. Der erhöhte Ertrag im Jahr 2012 ist wiederum im Zusammenhang mit einer erhöhten N-Düngung ausgewählter Schläge zu sehen. Am Standort Almesbach wurden bei der Drei- bis Vierschnittnutzung im Durchschnitt 14 dt XP/ha erzielt. Bei den hohen Nutzungsintensitäten von vier bis fünf Schnitten nahmen beim Rohproteinерtrag die Folgeaufwüchse durchaus hohe Anteile ein (Tab. 3).

Tab. 3: Mittlere Rohproteinträge im vierjährigen Mittel (2009-2012) sowie prozentualer Anteil des jeweiligen Schnittes am Rohproteintrag

| Betrieb       | XP-Ertrag<br>dt XP/ha | Schnitte (%) |    |    |    |    |
|---------------|-----------------------|--------------|----|----|----|----|
|               |                       | 1            | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Spitalhof     | 17                    | 30           | 19 | 19 | 20 | 12 |
| Grub          | 15                    | 26           | 27 | 21 | 22 | 4  |
| Achselschwang | 13                    | 27           | 19 | 18 | 18 | 17 |
| Hübschenried  | 10                    | 30           | 20 | 17 | 18 | 15 |
| Almesbach     | 14                    | 38           | 28 | 22 | 11 | -  |

Mit dem Blick auf eine grünlandbasierte optimale Grobfutter- sowie Eiweißversorgung für die Milchviehfütterung sind im Mittel auf Betriebsebene den Leistungsanforderungen entsprechende Eiweißgehalte erzielt worden. Die großen Schwankungen traten vor allem durch Jahreseffekte auf, die stärker witterungsbedingt waren oder zum Teil direkt einen Einfluss auf den Erntetermin und somit auf den richtigen Schnittzeitpunkt hatten. Weitere Versuchsergebnisse ([3], [2]) zeigen auf, dass der Einfluss der N-Düngung auf die Rohproteinergehalte bei einer entzugsorientierten Düngung relativ gering ist. Ein deutlicher Einfluss auf den Rohproteintrag, bei Betrachtung auf Betriebsebene über alle Schnitte, ist im TM-Ertrag zu sehen, während der mittlere XP-Gehalt keine Beziehung zum mittleren XP-Ertrag aufwies (s. Abb. 4-5).

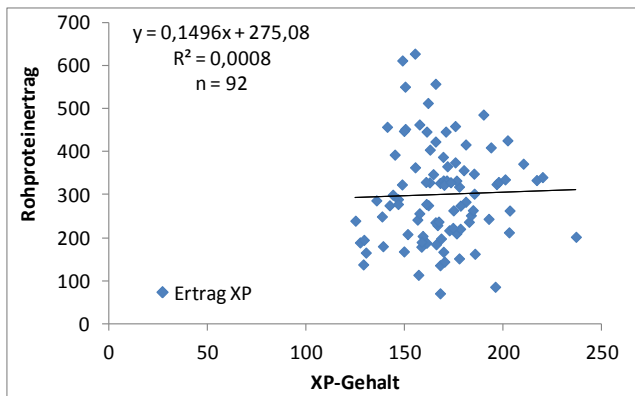


Abb. 4: Regression XP-Ertrag zu XP-Gehalt über alle Standorte, Jahre und Schnitte

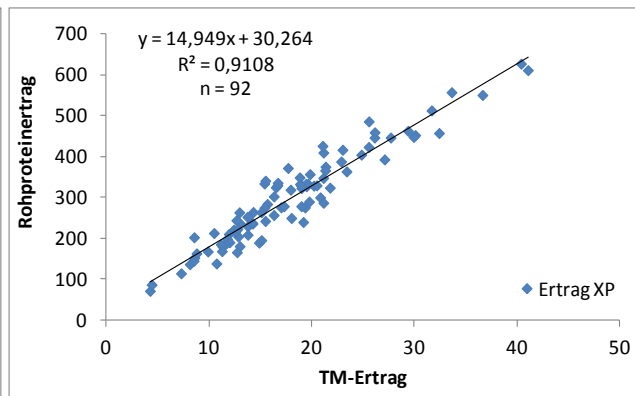


Abb. 5: Regression XP-Ertrag zu TM-Ertrag über alle Standorte, Jahre und Schnitte

Jedoch ist die Ausrichtung der Grünlandbewirtschaftung auf optimale TM-Erträge nur unter der Einhaltung des optimalen Schnittzeitpunktes zu sehen, da dies nach wie vor die größte Stellschraube in Bezug auf hohe Grobfutterqualitäten ist. Im Regelfall wurde dies an allen Standorten durch frühe Mahdtermine zum ersten Schnitt sowie für die Folgeschnitte mit Mahdabständen zwischen vier und sechs Wochen eingehalten. Eine Ableitung pflanzenbaulicher Maßnahmen für eine effiziente und nachhaltige Grünlandbewirtschaftung ist in erster Linie im Erhalt einer optimalen Bestandeszusammensetzung sowie in der Durchführung entsprechender Pflegemaßnahmen, z.B. Nachsaaten zu sehen. Die vorwiegend festgestellten HBB wie Wiesenfuchsschwanz und Gemeine Risppe und die geringen Anteile des Dt. Weidelgrases zeigen auf, dass eine dem Standort entsprechende, zum Teil auch schlagdifferenzierte Grünlandbewirtschaftung wieder mehr Aufmerksamkeit zu widmen ist. Bei EA der Gemeinen Risppe von > 15 % sollten bereits Pflegemaßnahmen zur Bekämpfung der Gemeinen Risppe verstärkt im Blickfeld des Landwirts sein [12]. Mit der Umsetzung

einer ertrags- wie qualitätsorientierten Erfassung des Grünlandes ist die Basis für eine effiziente und nachhaltige Nutzung gegeben.

Wie bereits eingangs erläutert sind die Aspekte einer bedarfs- und leistungsorientierten Grobfutterversorgung für das Milchvieh unter der Bewertung der nXP-Bereitstellung zu sehen. Hierbei sind aber zusätzlich zu den diskutierten pflanzenbaulichen Maßnahmen für optimale Rohproteinträge, weitere Kriterien wie der Einfluss der Konservierung beim Gras und somit die Wirkung auf den ME-Gehalt und die UDP-Anteile zur Optimierung der nXP-Versorgung zu berücksichtigen. Die Auswertungen zu den TM-Verlusten im Silo [10] und die Möglichkeiten zur Optimierung der Proteinqualität [5] zeigen, dass hier ein weiterer wesentlicher Ansatzpunkt liegt.

## 4 Schlussfolgerungen

Für den Futterbaubetrieb sind möglichst hohe Rohproteinträge eine wichtige Zielgröße, um eine optimale Eiweißversorgung aus dem Grobfutter für Milch- und Jungvieh bereitzustellen, Anzustreben sind hohe und stabile TM-Erträge frei Trog, die hinsichtlich der Futterwerte den Orientierungswerten der Fütterung [4] entsprechen. Die Auswertungen auf Basis der Ertrags- und Qualitätserfassungen auf Betriebsebene zeigen auf, dass hohe Rohproteinträge von mehreren Faktoren der Grünlandwirtschaft abhängen. Entscheidende Größen sind neben einer optimalen Bestandeszusammensetzung, die Balance zwischen richtigen Schnittzeitpunkt und hohen TM-Erträgen. Auf Basis dieser Ertragsinformation mit einem begleitenden Qualitätscontrolling „bis zum Trog“ kann eine effiziente und nachhaltige Nutzung des Grünlandes unter den Aspekten einer qualitätsorientierten Futtergewinnung erfolgen.

## 5 Literatur

- [1] DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S., (2011): Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität – Güllegaben und Nutzungshäufigkeit – bei einem Standort im Sllgäuer Alpenvorland. Gülle 11 – Gülle und Gärrestdüngung auf Grünland, Tagungsband der internationalen Tagung im Kloster Reute, Hsg. Elsäßer, Diepolder, Huguenin-Elie, Pötsch, Nußbaum, Messner, LAZBW Baden-Württemberg, 81-85.
- [2] DIEPOLDER, M., RASCHBACHER, S., HEINZ, S. und KUHN, G (2013): Erträge, Nährstoffgehalte und Pflanzenbestände bayerischer Grünlandflächen. In: Tagungsband Agrarforschung hat Zukunft – Wissenschaftstagung der LfL, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, LfL-Schriftenreihe 04/2013, Freising, S. 185-194, ISSN 1611-4159.
- [3] DIEPOLDER, M. und SCHRÖPEL, R. (2002): Ergebnisse eines Stickstoffsteigerungsversuches auf einer weidelgrasreichen Wiese im Allgäuer Alpenvorland. Schule und Beratung, 4/2002, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- [4] DLG (2011): Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. Frankfurt/Main: DLG-Verlag, 416 Seiten.
- [5] EDMUNDS, B., SPIEKERS, H., SÜDEKUM, K., NUSSBAUM, H., SCHWARZ, F.J. and BENNETT, R. (2013): Effect of extent and rate of wilting on nitrogen components of grass silages. Grass and Forage Science, im Druck (doi: 10.1111/gfs.12013).
- [6] GfE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder - Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, DLG-Verlag Frankfurt a.M. ISBN 3-7690-0591-0.
- [7] HARTMANN, S., HOCHBERG, H., RIEHL, G. and WURTH, W. (2011): Measuring the loss of dry matter yield effected by Rough stalked meadow grass (*Poa trivialis*). In: Grassland

- farming and land management systems in mountainous regions, European Grassland Federation Raumberg-Gumpenstein 2011. Grassland Science in Europe, Vol. 16, p. 241-243.
- [8] KLAPP, E. und STÄHLIN, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes, Ulmer-Verlag, Stuttgart, 122 Seiten.
- [9] KÖHLER, B., DIEPOLDER, M., THURNER, S. und SPIEKERS, H. (2013a): Effiziente Futterwirtschaft auf Betriebsebene. In: Tagungsband Agrarforschung hat Zukunft - Wissenschaftstagung der LfL, Schriftenreihe 04/2013, S. 203-212, ISSN 1611-4159.
- [10] KÖHLER, B.; DIEPOLDER, M.; OSTERTAG, J.; THURNER, S. and SPIEKERS, H. (2013b): Dry matter losses of grass, lucerne and maize silages in bunker silos. Agricultural and Food Science, special issue of the XVI International Silage Conference in Hämeenlinna, Finland, Vol. 22 No.1, 2013, p. 145-150, ISSN 1795-1895.
- [11] KUHN, G., HEINZ, S. und MAYER, F. (2011): Grünlandmonitoring Bayern. Ersterhebung der Vegetation 2002-2008. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, LfL-Schriftenreihe 03/2011, ISSN 1611-4159.
- [12] SAUTER, J., LATSCH, R. und PÖLLINGER, A. (2013): Eindämmung der Gemeinen Risppe. Lücken führen zum Erfolg. Hrg: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. Art Bericht 763 März 2013. ISSN 1661-7568
- [13] SCHUBA, J. und SÜDEKUM, K. (2012): Pansengeschützte Aminosäuren in der Milchkuhfütterung unter besonderer Berücksichtigung von Methionin und Lysin. In: Übersichten Tierernährung 40 Heft 2, DLG Verlag e.V., Frankfurt a.M., 113-149.
- [14] SPIEKERS, H., ETTLE, T., MOOSMEYER, M. und STEINBERGER, S. (2011): Effiziente Nutzung von Weide und Grünfütterkonservaten mit Milchkühen. In Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 12, 55. Jahrestagung der AGGF in Oldenburg 2011, ISBN: 978-3-00-035393-2, 53-62.
- [15] SPIEKERS, H. und KÖHLER, 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, 91-98.
- [16] WENDLAND, M., DIEPOLDER, M. und CAPRIEL, P. (2011): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland - Gelbes Heft 09. Unveränderte Auflage 2011, LfL-Information, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.



# Entwicklung von neuen Effizienzparametern zur Charakterisierung von Milchproduktionssystemen

P. Thomet, B. Reidy

Hochschule für Agrar-, Forst und Lebensmittelwissenschaften (HAFL),  
3052 Bern-Zollikofen  
[peter.thomet@bfh.ch](mailto:peter.thomet@bfh.ch)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Die global stark wachsenden Wohlstandsgesellschaften führen zu einer zunehmenden Verknappung der natürlichen Ressourcen. Eine effiziente Nutzung dieser begrenzten Ressourcen wird deshalb auch im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Produktion zu einem zunehmend wichtigen Faktor. Vor diesem Hintergrund kann die in den letzten Jahrzehnten stattgefundene Intensivierung der Milchproduktion hin zu Mais und Kraftfutter basierter Fütterung kritisch hinterfragt werden. Die Steigerung der Jahresmilchleistung pro Kuh und die Vergrößerung der Milchmenge pro Betrieb haben wesentlich zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Milchproduktion beigetragen. Die Konkurrenz um die limitierten Ackerflächen führt aber zu einer Verteuerung der Futtermittel und konkurrenziert zunehmend auch die Produktion von Ackerprodukten für die menschliche Ernährung. Unter den erwarteten zukünftigen Rahmenbedingungen stellt sich deshalb die Frage, ob die Jahresmilchleistung in kg ECM pro Kuh ein hinreichendes Kriterium ist, um die Effizienz von Milchproduktionssystemen zu beurteilen. Auf Basis einer Analyse von 18 spezialisierten Betrieben aus dem Schweizer Mittelland sollen im vorliegenden Beitrag deshalb neue Kenngrößen entwickelt werden, die für die Beurteilung der Effizienz von Milchproduktionssystemen verwendet werden können (Abb. 1).

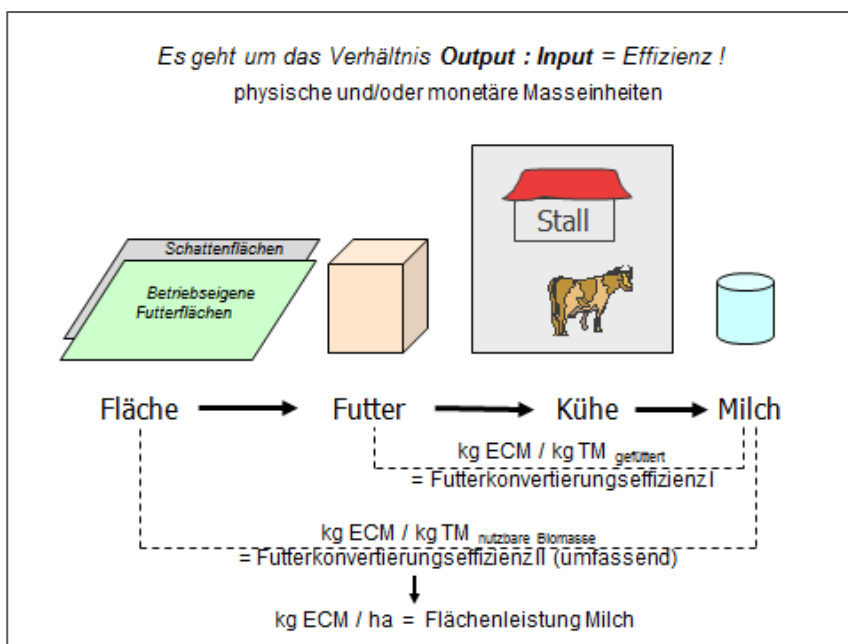


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Unternehmens Milchproduktion. Milchkuh und der Stallplatz sind übliche, aber nicht hinreichende Bezugsgrößen.



## 2 Material und Methoden

Die untersuchten 18 Milchproduktionsbetriebe liegen alle im Schweizer Mittelland. Die Standortverhältnissen sind vergleichbar. Die Wachstumsbedingungen für Wiesenfutter und Mais sind mit Jahresniederschlägen zwischen 1'000-1'200 mm günstig. Sämtliche Betriebe sind professionell geführt und verfügen über eine solide Datenbasis.

Die Datenerhebung erfolgte mittels Fragebogen. Nähere Angaben zur anschliessenden Berechnung von Kennzahlen werden in Tab. 1 gemacht.

*Tab. 1: Angaben zu den Begriffen, Erhebungen und Berechnungenizienz-Analyse von spezialisierten Milchviehbetrieben, CH-Mittelland, Produktionsjahr 2011.*

|  |  |
|--|--|
| Raufutter                              | Futter von Wiesen und Weiden, Ganzpflanzenmais, Ganzpflanzengetreide   |
| Grundfutter                            | Raufutter inkl. Zuckerrübenschnitzel und/oder Biertreber   |
| Kraffutter                             | Futter mit erhöhtem Energiegehalt und/oder Proteingehalt; unterschieden wurde zwischen Proteinträgern, Energieträgern, Leistungsfutter, Getreidemischung, CCM  |
|  | Futterkartoffeln und Futterrüben wurden als Kraffutter eingestuft  |
| ECM                                    | Energiekorrigierte Milch kg ECM = $(0.038 * \%RL + 0.024 * \%RP + 0.816) * \text{kg Jahresmenge} / 3.14$   |
| Milchmenge (t ECM)                     | Verkaufte Milch + Kälbermilch (Aufzucht, Tränker, Mast) + Milch für den Haushalt, umgerechnet auf kg ECM aufgrund der Milchgehalte der verkauften Milch  |
| Viehbestand                            | Anhand der offiziellen Tierverkehrsdatenbank können folgende Parameter genau angegeben werden: mittlere Kuhzahl, Kälberkategorien (Aufzucht, Tränker, Mast), Jungviehanteil an Ri GVE und übrige rauffutterverzehrende GVE, Anzahl Erstlaktierende, Anzahl Abgangskühe   |
| Jahresration der Milchviehherde (t TM) | TM-Menge und Zusammensetzung berechnet aufgrund der Winter- und Sommerfütterungspläne für die laktierenden und trockenstehende Kühe sowie den Angaben zur Dauer der betreffenden Perioden<br>Berechnung der Energiekonzentration in der Jahresration (MJ NEL/kg TM) aufgrund standardisierter NEL-Gehalte der verschiedenen Futterarten: Weide 6.5, Grünfütterung 6.2, Grassilage 5.8, Dürrfutter inkl. Ökoheu 5.3, Maissilage 6.5, Zuckerrübenschnitzel 7.3, Futterkartoffeln und Futterrüben 7.6, Energieträger 8.5, Milchviehfutter 8.2, Proteinträger 7.9, Getreidemischung & CCM 8.2<br>Kontrolliert und angepasst mittels Vergleich des Jahres-Energiebedarfs der Milchkuhherde in MJ NEL (y) mit dem Energieangebot in der Jahresration; $y = 0.310 * \text{kg LG}^{0.75} * 1.24 * 365 * \text{Anzahl Milchkühe} + \text{kg ECM} * 3.14$ . Der Koeffizient 0.310 basiert auf den Angaben von [1]. Der Faktor 1.24 bedeutet eine 24 %-ige Erhöhung des Erhaltungsbedarfes für das wachsende Kalb und die Gewichtsveränderungen nach den Ergebnissen von [7]. |
| Jahresleistung Kühe (kg ECM/365 Tage)  | Produzierte Milchmenge dividiert durch mittlere Anzahl Milchkühe; dieser Wert liegt in der Regel einiges tiefer als die auf 305 Tage standardisierte Laktationsleistung der Zuchtverbände  |
| Mittleres Lebendgewicht Kühe (kg/Kuh)  | Schätzwert des Landwirtes; zum Teil lagen auch mehrmalige Messergebnisse von Wägungen aller Kühe vor; das Gewicht der Schlachtkühe diente  |

ebenfalls als Anhaltspunkt.

|   |  |
|---|--|
| Grundfutterfläche<br>RGVE (ha)          | Hauptfutterfläche (ha) + Zwischenfutter (1/3 der Fläche angerechnet) – Fläche der Extensiv-Wiesen (1/3 der Fläche angerechnet) - verkauftes Raufutter (100 dt FM = 1 ha) = Grundfutterfläche für die gesamten raufutterverzehrenden Grossvieheinheiten RGVE  |
| Grundfutterfläche für<br>Milchkühe (ha) | Grundfutterfläche RGVE * %-Kuhanteil an RGVE = Grundfutterfläche Milchkühe (ha)  |
| Schattenfläche                          | Für zugekauftes Grundfutter und Kraftfutter wurde aufgrund der TM-Mengen je ein Flächenbedarf angenommen. Folgende TM-Erträge wurden zur Berechnung der Flächen angenommen: <i>Dürrfutter und Grassilage 10 t, Zuckerrübenschnitzel 100 dt, Ganzpflanzenmais 160 dt, Kartoffeln &amp; Futterrüben 120 dt, Proteinträger 40 t, Milchviehfutter 55 dt, Energieträger/Getreide/CCM 70 dt,</i> |
| Nahrungseffizienz                       | Folgende Angaben dienen für die Berechnung:<br><i>1 kg Milch 2.74 MJ; 1 kg Schlachtgewicht 9.34 MJ [6]</i>   |

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die 18 untersuchten spezialisierten Betriebe können aufgrund ihrer Fütterungsart den vier folgenden Milchproduktionssystemen zugeteilt werden: (1) Grünfütterung im Stall während dem Sommerhalbjahr und Dürrfutter im Winter (Grün), (2) saisonale Vollweide mit Blockabkalbung Ende Winter ohne jegliche Ergänzungsfütterung zur Weide im Sommer (Weide), (3) Teilweide mit Silage als Ergänzungsfütterung während des Sommers (W & M) und (4) TMR im Stall verbunden mit Auslaufweide (M & KF; Tab. 2).

Tab. 2: *Fütterung und Milchleistung der Kühe in den vier untersuchten Milchproduktionssystemen Bezugsjahr 2011; Grün = silofreie Betriebe mit Grünfütterung im Sommer und Dürrfutter im Winter, Weide = 100 % Weide im Sommer; W & M = Weide und Maissilage im Sommer, M & KF = Ganzjahres-Stallfütterung mit viel Maissilage und Kraftfuttereinsatz*

|  | Grün<br>n=5 | Weide<br>n=5 | W & M<br>n=4 | M & KF<br>n=4 |
|--|-------------|--------------|--------------|---------------|
| Jahresration Milchvieherde (t TM/Jahr)         | 298         | 255          | 307          | 506           |
| <i>Zusammensetzung der TM-Jahresration (%)</i> |             |              |              |               |
| Weide  | 7           | <b>59</b>    | <b>23</b>    | 7             |
| Grünfütterung, Grünmais                        | <b>31</b>   | -            | -            | -             |
| Dürrfutter                                     | <b>33</b>   | <b>21</b>    | 10           | 9             |
| Ganzpflanzenmais                               | 8           | 7            | <b>27</b>    | <b>38</b>     |
| Grassilage                                     | -           | 10           | <b>20</b>    | <b>19</b>     |
| Zuckerrübenschnitzel, Biertreber               | 3           | 1            | 4            | 7             |
| Kraftfutter                                    | 18          | 2            | 16           | <b>20</b>     |
| NEL-Gehalt Jahresration (MJ/kg TM)             | 6.2         | 6.1          | 6.4          | 6.6           |
| Kraftfuttereinsatz (g TM/kg ECM)               | 135         | 13           | 103          | 170           |

|                                     |       |       |       |       |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Milchleistung (kg ECM/Kuh/365 Tage) | 7'630 | 6'085 | 7'887 | 8'871 |
| Lebendgewicht der Kühe (kg)         | 673   | 547   | 689   | 715   |

Die Unterschiede in der Jahresmilchleistung zwischen den untersuchten Systemen sind zum Teil erheblich. Die Differenz zwischen den beiden am weitesten spezialisierten Systeme „Weide“ und „M & KF“ beträgt knapp 3'000 kg Jahresmilchleistung. Im Folgenden soll anhand dieser beiden Systeme gezeigt werden, dass die Jahresmilchleistung pro Kuh ein wenig aussagekräftig Kriterium ist, um die Effizienz und Leistungsfähigkeit von Milchproduktionssystemen zu beurteilen.

Die Betriebe in der Gruppe „M & KF“ verfolgen alle eine Wachstumsstrategie. In den Projektbetrieben waren in dieser Gruppe die Milchproduktionsmengen sowie die Milchleistung der Kühe am höchsten (Tab. 2 u. Tab. 3). Der Kraftfuttereinsatz belief sich im Mittel auf 170 g TM bzw. 193 g FM pro kg ECM. Er war damit rund 13-mal höher als im Mittel der Gruppe „Weide“. Zwei Betriebe der Gruppe „Weide“ setzten überhaupt kein Kraftfutter ein. Sie verwendeten ausschliesslich Futter von Wiesen und Weiden. Alle fünf Betriebe bevorzugten für ihr System einen kleineren Kuhtyp und passten ihre Kuhgenetik im Verlaufe der Jahre an, indem sie Neuseeland Holstein und/oder Jersey Genetik einsetzten. In einem mehrjährigen Kuhtypen-Versuch in der Schweiz war die Effizienz (kg ECM/kg LG<sub>met</sub>) der NZ-Holsteinkühe 19 % höher als jene der Fleckvieh- und Braunvieh-Vergleichstiere [4].

Die Futterkonvertierungseffizienz (kg ECM/10 MJ NEL<sub>Jahresration</sub>) der vier untersuchten Milchproduktionssysteme auf Basis der Jahresration der Kuhherde schwankt zwischen 1.78 und 1.88 Kilogramm energiekorrigierte Milch pro 10 MJ NEL Futterenergie (Tab. 3). Die Unterschiede sind relativ gering. In den berechneten Werten ist der Aufwand für die Remontierung der Herde noch nicht eingeschlossen. Die Aufzucht bzw. die Erneuerung der Herde gilt es aber bei einer erweiterten und umfassenden Systemanalyse aus zwei Gründen ebenfalls in die Effizienzüberlegungen einzubeziehen: Erstens ist die Remontierungsrate der Hochleistungsherden tendenziell höher und zweitens werden in diesem System oft grossrahmige Kühe bevorzugt. Der Energieaufwand für die Aufzucht grossrahmiger Kühe ist höher als jener von kleinen und leichteren Kühen mit vergleichbarer Futterkonvertierungseffizienz [5]. Das zu bildende gesamte Herdengewicht (kg Lebendgewicht) von kleineren und leichteren Kühen ist geringer, auch wenn es mehr Kühe braucht, um eine gegebene Milchmenge zu erzeugen. Der TM bzw. Energiebedarf für den Erhaltungsbedarf bzw. die Bildung der Herde ist für das System "M & KF" deshalb deutlich höher als für das "Weide"- System. Dieser Aspekt wird meistens übersehen, wenn es um den Vergleich von Milchproduktionssystemen geht. In der vorliegenden Untersuchung wird die Herdenremontierung erst in einer späteren Auswertung miteinbezogen.

Die Werte in Tab. 3 machen deutlich, dass die Jahresleistung von Kühen als Massstab für die wahre Produktivität des Systems nicht tauglich ist, wenn nicht nach dem Lebendgewicht der Kühe und der Fütterungsintensität korrigiert wird. Aufgrund des erhöhten Energiebedarfes von schwereren Kühen ist mindestens die Korrektur bzw. Standardisierung der Jahresleistung nach Gewicht unbedingt erforderlich, wenn es um die Effizienz geht. Die auf eine 600 kg schwere Kuh standardisierten „echten“ Leistungen sehen für die vier Systeme wie folgt aus (kg ECM/Kuh/Jahr): System „Grün“ 6'813 kg, System „Weide“ 6'903 kg, System „W & M“ 6'874 kg, System „M & KF“ 7'465 kg.

Die Jahresmilchleistung der Kühe wird bei Systemvergleichen oft in direkten Zusammenhang mit den gesamten Gebäudekosten für einen Milchviehbetrieb gebracht. Man dividiert die Gebäudekosten durch die Anzahl Kuhplätze und spricht dann von den sogenannten Stallplatzkosten. Diese sind bestimmend für die Zucht- und Fütterungsintensität, wenn man wie folgt argumentiert: Je höher die Jahresleistung pro Kuh, desto tiefer der Stallplatzbedarf bzw. die Stallplatzkosten. Unsere Ergebnisse zur Futterkonvertierungseffizienz zeigen jedoch auf, dass diese Sichtweise zu kurz greift. Die relativ geringen Unterschiede in der Futterkonvertierungseffizienz, wie sie zwischen den

vier untersuchten Milchproduktionssysteme aufgezeigt werden konnten, bedeuten, dass sich der Raumbedarf für die Futter- und später für die Hofdüngerlagerung ebenfalls viel weniger unterscheiden, als aufgrund der Jahresmilchleistung angenommen werden kann. Deshalb darf bei Systemvergleichen nur ein Teil der Gebäudekosten, die Liege- und Fressplätze, auf die Anzahl Kühe bezogen werden.

Tab. 3: Effizienzparameter der vier untersuchten Milchproduktionssysteme Bezugsjahr 2011, Grün = silofreie Betriebe mit Grünfütterung im Sommer und Dürrfutter im Winter, Weide = 100 % Weide im Sommer, W & M = Weide und Maissilage im Sommer, M & KF = Ganzjahres-Stallfütterung mit viel Maissilage und Kraftfuttereinsatz.

|  | Grün<br>n=5   | Weide<br>n=5  | W & M<br>n=4  | M & KF<br>n=4 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Produzierte Milchmenge (t ECM/Jahr)          | 333           | 282           | 356           | 627           |
| Jahresration Milchvieherde (t TM/Jahr)       | 298           | 255           | 307           | 506           |
| Futterkonvertierungseffizienz (kg ECM/kg TM) | 1.12          | 1.09          | 1.16          | 1.24          |
| (kg ECM/10 MJ NEL)                           | <b>1.80</b>   | <b>1.78</b>   | <b>1.80</b>   | <b>1.88</b>   |
| Grundfutterfläche für Kuhherde (ha)          | 22.2          | 21.3          | 19.8          | 27.7          |
| ...davon Schattenfläche für Kraftfutter (%)  | <b>25.1</b>   | <b>2.2</b>    | <b>30.2</b>   | <b>44.3</b>   |
| Futterfläche für die Kühe total (ha)         | 30            | 22            | 28            | 49            |
| Netto-Flächenleistung Milch (kg ECM/ha)      | <b>11'227</b> | <b>13'024</b> | <b>12'724</b> | <b>13'014</b> |
| <i>Effizienz der Nahrungsproduktion</i>      |               |               |               |               |
| Total produzierte Nahrungsenergie (GJ)       | 948           | 801           | 1'016         | 1'778         |
| ...davon Schlachtausbeute Abgangskühe (%)    | 3.7           | 3.5           | 3.9           | 3.4           |
| Futter-Energie total (GJ NEL)                | 1'850         | 1'558         | 1'971         | 2'034         |
| Nahrungsenergie/Futterenergie (%)            | 51.3          | 50.6          | 51.5          | 51.4          |
| Produzierte Nahrungsenergie (GJ/ha/Jahr)     | 32.0          | 37.0          | 36.3          | 36.9          |
| Produziertes Protein (kg/ha/Jahr)            | 379           | 450           | 418           | 439           |

Im System „Weide“ wird das Grünfutter im Zustand mit dem höchst möglichen Milchproduktionspotential genutzt. Trotzdem ist die erreichbare Milchleistung auf der Weide bei vergleichbarer Energiekonzentration des aufgenommenen Futters signifikant tiefer als im „M & KF“ System mit einer TMR-Fütterung. Der Unterschied betrug in einem häufig zitierten Vergleichsversuch von [3] rund 15 kg Milch (29 versus 44 kg/Kuh/Tag). Die Differenz kann zum grössten Teil durch den tieferen Verzehr auf der Weide erklärt werden (19 versus 24 kg TM/Kuh/Tag). Nicht die gut 50% höhere Milchleistung der Stalltiere ist deshalb für die Beurteilung der Effizienz relevant, sondern die Futterkonvertierungseffizienz. Im zitierten Versuch ist sie auf 1 kg TM der Ration bezogen. Der Energiegehalt der Futterarten war während der Versuchsphase (Hochlaktation) vergleichbar. Die Vollweidekühe wiesen eine Futterkonvertierungseffizienz von 1.52 ECM/kg TM gegenüber 1.83 kg der TMR-Tiere auf. Bezogen auf die Ganzjahresration und mit Berücksichtigung der Galtzeit dürfte dieser Unterschied aber wesentlich geringer ausfallen.

Die Futterkonvertierungseffizienz ( $\text{kg ECM/kg TM}_{\text{Jahresration}}$  oder  $\text{kg ECM/10 MJ NEL}_{\text{Jahresration}}$ ) erfasst nur die Konvertierung des von der Herde verzehrten Futters zu Milch. Sie erlaubt noch keine Aussage zur Effizienz bzw. physischen Leistungsfähigkeit des gesamten Systems. Für eine solche umfassende Futterkonvertierungseffizienz II ist der Bezug des Milch-Outputs des Systems zur potentiell nutzbaren Biomasse bzw. Futterenergieregie erforderlich. Auf dieser Ebene spielt die potentiell nutzbare Futterenergie (Masse \* NEL-Gehalt) bzw. die Verluste an TM und NEL im Verlauf des Nutzungs- und Produktionsprozesses eine grosse Rolle. Die Weide- und Konservierungsverluste lassen sich nur mit sehr grossem Aufwand messen. Im hier vorgestellten Systemvergleich kann zum Prozessschritt von den Brutto-Felderträgen bis zum verzehrten Futter deshalb keine Aussage gemacht werden. Hingegen ist es möglich, die Effizienz und Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems pauschal zu quantifizieren, indem man die gesamte produzierte Milchmenge ins Verhältnis zur gesamten benötigten Futterfläche setzt ( $\text{kg ECM/ha Futterfläche}$ ). In dieser Betrachtung sind die Verluste von den Bruttoerträgen bis zum verzehrten Futter ebenfalls miteinbezogen

Sowohl die produzierte Milchmenge wie auch die betriebseigene Grundfutterfläche lassen sich relativ zuverlässig erfassen. Schwieriger wird es mit den betriebsfremden Futtermitteln, die zugekauft werden. Konsequenterweise muss diesen im Rahmen einer Effizienzanalyse auch eine Fläche zugewiesen werden. Die bei betriebswirtschaftlichen Vergleichen von Milchviehbetrieben übliche Grösse Milchleistung je Hektare Hauptfutterfläche ( $\text{kg Milch/ha HFF}$ ) ist in diesem Zusammenhang irreführend. Sie berücksichtigt die für die Produktion des zugekauften Futters notwendige Fläche nicht. Die ausserhalb des Betriebes für die Produktion des Kraftfutters benötigte Fläche muss deshalb zwingend ebenfalls berücksichtigt werden, wenn die Effizienz von Systemen verglichen wird. Wir schlagen vor, diese betriebsfremde Fläche „Schattenfläche“ zu nennen. Der Systemvergleich in Tab. 3 zeigt, dass die untersuchten Hochleistungsbetriebe einen Schattenflächen-Anteil (de facto Ackerlandanteil) von 44 % aufweisen, während es bei den Vollweidebetrieben nur 2 % sind.

Mit Ausnahme des Systems „Grün“ weisen alle Produktionssysteme vergleichbare Flächenleistungen auf (Tab. 3). Dies erstaunt vor allem angesichts der Tatsache, dass im Schweizer Mittelland Maiserträge um 160-180 dt TM/ha erzielt werden. Der scheinbare Ertragsvorteil von Mais relativiert sich, wenn man die für die Ausschöpfung des Milchproduktionspotenzials einer Silomaisfütterung notwendige Schattenfläche für den Anbau von Proteinträgern zum Rationsausgleich berücksichtigt. Da der Anbau von Körnerleguminosen mit deutlich geringeren Ertragsleistungen pro Hektare verbunden ist (ca. 40-50 dt/ha), reduziert die Berücksichtigung der Schattenfläche die Flächenleistung des Systems „M & KF“ deutlich. Hinzu kommt, dass die Fütterung im „M & KF“ System fast ausschliesslich auf konserviertem Grundfutter basiert. Die Herstellung von konserviertem Futter ist mit relativ hohen Gehalts- und TS-Verlusten verbunden. In Systemen mit einem hohen Anteil an konserviertem Grundfutter wirkt sich dies negativ auf die Flächenleistung aus. Im Unterscheid dazu wird im System „Weide“ ein möglichst grosser Anteil der gewachsenen Biomasse direkt auf der Weide genutzt. Der Einsatz von konserviertem Futter wird minimiert und beschränkt sich auf die Winterfütterung. Um den Verzehr auf die Weide zu maximieren bzw. Weideverluste zu minimieren, wird in professionell geführten Weidesystemen ein möglichst hoher Viehbesatz angestrebt. Sämtliche zu einem bestimmten Zeitpunkt nutzbare Biomasse soll von der Herde aufgenommen werden. Damit dies gelingt, ist Futterkonkurrenz zwischen den Kühen nötig. Bezogen auf die Milchproduktion ( $\text{kg ECM}$ ) gilt dabei folgender quantifizierbarer Zusammenhang: 8 % individueller Leistungsverlust pro Kuh = 20 % Mehrleistung pro Hektare [2]. Der Zielkonflikt zwischen individueller Leistung und System- bzw. Flächenleistung zeigt nochmals deutlich, dass die Jahresmilchleistung bei der Beurteilung der Effizienz nur beschränkt Sinn macht. Für die Beurteilung von unterschiedlichen Milchproduktionssystemen ist sie ungeeignet.

## 4 Schlussfolgerungen

Trotz grossen Unterschieden in den Jahresmilchleistungen unterscheiden sich die untersuchten Milchproduktionssysteme in Bezug auf die Futterkonvertierungseffizienz und die Nettoflächenleistung nur gering. Zur Beurteilung der Effizienz von unterschiedlichen Milchproduktionssystemen ist die Aussagekraft der Jahresmilchleistung von Kühen deshalb gering. Eine differenziertere Beurteilung ist anhand der Futterkonvertierungseffizienz (kg ECM/kg  $TM_{\text{Jahresration}}$ ) und der Nettoflächenleistung (kg ECM/ha Futterfläche) möglich. Zur Ermittlung der realisierten Flächenleistung Milch sind die betriebsfremden Produktionsflächen für das zugekaufte Futter (=Schattenfläche), insbesondere des Kraftfutters, ebenfalls in die Berechnungen einzubeziehen.

## 5 Literatur

- [1] GRUBER, L., SUSENBETH, A., SCHWARZ, F.J., FISCHER, B., SPIKERS, H., STEINGAß, H., MEYER, U., CHASSOT, A., JILGT, T. und OBERMAIER O. (2007): Bewertung des NEL-Systems und Schätzung des Energiebedarfs von Milchkühen auf der Basis von umfangreichen Fütterungsversuchen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. VDLUFA-Schriftenreihe 63, Kongressband 2007, 1-22.
- [2] MC CARTHY, B., DELABY, L., PIERCE, M., JOURNOT, F. and HORAN, B. (2011): Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production systems. *Animal* 5, 784–794.
- [3] KOLVER E.S. and MULLER L.D. (1998): Performance and nutrient intake of high producing holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 81, 1403-1411.
- [4] PICCAND, V., CUTULLIC, E., MEIER, S., SCHORI, F. KUNZ, SCHORI; ROCHE, J. R. and THOMET, P. (2013): Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. *J. Dairy Sci.* (in press).
- [5] THOMET P. und STEIGER BURGOS, M. (2007): Kuhtyp für die graslandbasierte Milchproduktion. *Agrarforschung* 14 (9): 412-417.
- [6] WILKINSON, J.-M. (2011): Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal* 5, 1014–1022.
- [7] WÜEST, A. (1995): Aufwand und Ertragsverhältnisse von Holstein, Jersey und Simmentaler Fleckvieh. Diss. ETH, Nr. 11133, Zürich.

# **Erfahrungen mit dem NIRS-Online-Einsatz in der Gräserzüchtung und -prüfung (NOFUG)**

Pfeiffer, G.<sup>1)</sup>, Feuerstein, U.<sup>2)</sup> und Tillmann P.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>VDLUFA Qualitätssicherung NIRS GmbH, Teichstr. 35, 34130 Kassel

<sup>2)</sup>Euro Grass Breeding GmbH & Co. KG, Steimker Weg 7, 27330 Asendorf

## **1 Einleitung und Problemstellung**

2007 wurde NOFUG (NIRS Online Forage User Group) als ein internationaler Arbeitskreis gegründet, um ein tragfähiges europäisches Netzwerk zur Weiterentwicklung der NIRS Online Technologie aufzubauen. Im gleichen Jahr wurde die Betreuung und Pflege der Kalibration auf die VDLUFA Qualitätssicherung NIRS GmbH übertragen. Die Mitglieder des Arbeitskreises stammen aus Norwegen, Dänemark, Schweden, Frankreich, Niederlande, Tschechien und Deutschland.

Züchterische Selektion wird an Tausenden von Zuchtstämmen betrieben, wobei konventionelle Analyseverfahren ungeeignet sind, sehr große Probenaufkommen zeitnah zu bewältigen. Für diese Applikation hat sich die NIRS (Nahinfrarot-Spektroskopie) als geeignete Methode etabliert und hat sich zusätzlich aus dem Labor auf das Feld verlagert. Durch die Entwicklung robuster Diodenarray-Spektrometer, die nicht nur vibrationsresistent, sondern auch spritzwassergeschützt sind, können Messung und Auswertung direkt auf dem Erntegerät stattfinden und so die Effizienz bei der Sortenselektion enorm erhöhen.

## **2 Material und Methoden**

Es wurde eine NIRS-Kalibrierung entwickelt zur direkten Messung des Trockenmassegehaltes in Futterpflanzen (Gras und Klee) auf dem Erntegerät. Die gesamte Datensatz umfasst bereits mehrere Jahrgänge (2007-2012) an Proben aus verschiedenen europäischen Ländern (s. o.). Sie ist nutzbar für die Geräte von Fa. Carl Zeiss der Modelle Corona 128, 256 und Plus, wurde aber auch erfolgreich mit Polytec-Spektrometern eingesetzt.

Zusätzlich zur Trockenmasse wurden auch Kalibrierungen zur Online-Bestimmung von Rohprotein, Rohfaser, Rohfett, Zucker (WSC), NDFom, ADFom, Gasbildung und Cellulase erstellt, die experimentell bereits in der Praxis bei den NOFUG-Mitgliedern eingesetzt werden.

Die Bestimmung der Trockenmasse wird direkt bei den NOFUG-Mitgliedern durchgeführt. Nach beendeter Ernte werden Spektren und Analysenwerte an die VDLUFA Qualitätssicherung NIRS GmbH gesandt und verarbeitet. So kann die Kalibrierung jedes Jahr weiterentwickelt und verbessert werden.

Enthalten sind im Datensatz diverse Arten der Gattungen Lolium, Festuca, Poa, Trifolium und verschiedene Hybriden.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die aktuelle Kalibrierung beinhaltet 990 Spektren mit referenzanalytisch ermittelten Trockenmassegehalten aus den Ländern Dänemark, Deutschland, Frankreich, Niederlande, Norwegen und Schweden (Abb. 1). Der kalibrierte Bereich rangiert von 8 bis 44% Trockenmasse.

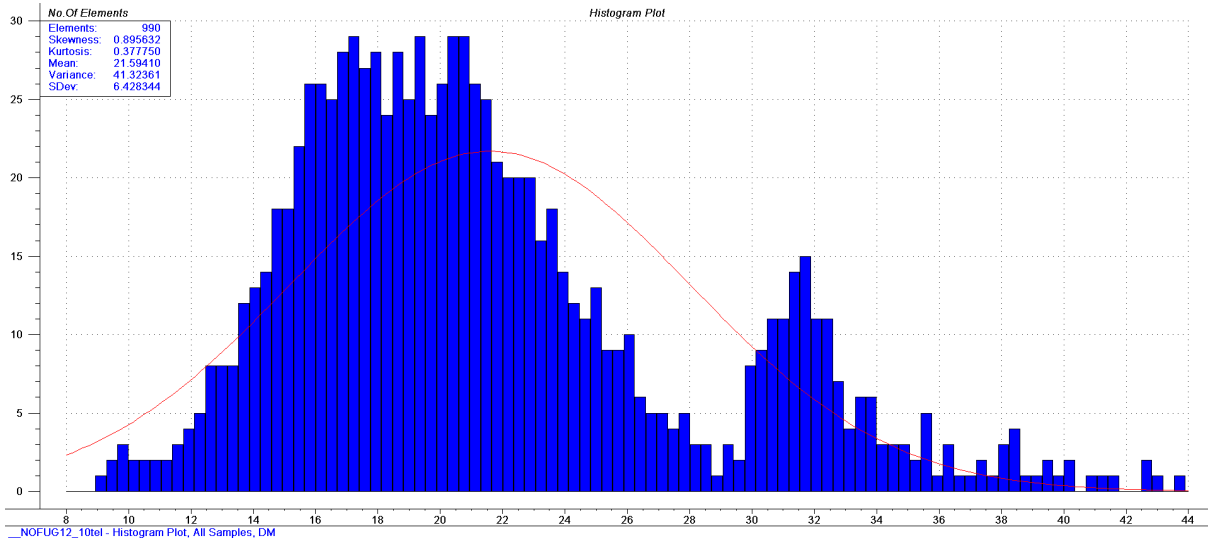


Abb. 1: Verteilung der Trockenmassegehalte im Kalibrationsdatensatz

Abbildung 2 zeigt eine graphische Darstellung der Kreuzvalidierung und maßgebliche Präzisionsparameter wie Korrelation [0,96], Bestimmtheitsmaß/R<sup>2</sup> [0,92] und SEP (Standard Error of Prediction) [1,71]. Der Bias beträgt 0,002 und die Neigung (Slope) liegt bei 0,93. Die Faktorenzahl in der Regressionsgleichung beträgt 5.

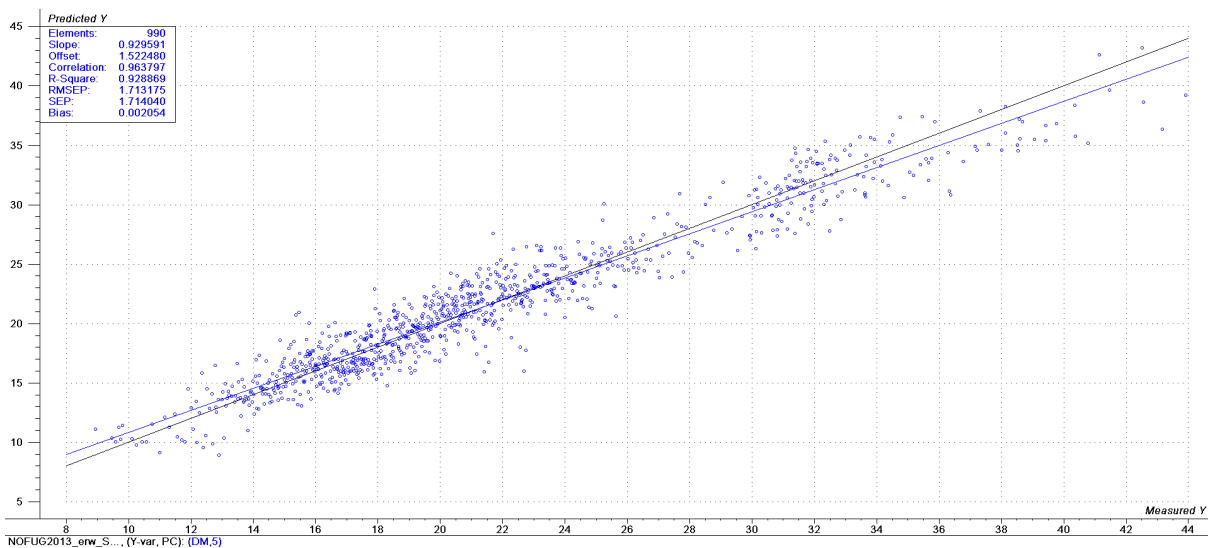


Abb. 2: Ergebnis der Kreuzvalidierung im Kalibrationsdatensatz (Referenzanalyse versus NIRS)

### 4 Schlussfolgerungen

Die erreichte Präzision zur Trockenmassebestimmung kann als gut bezeichnet werden. Problematisch sind manche Grasarten, sehr hohe Trockenmassegehalte und spätere Schnitte. Hier besteht noch Optimierungsbedarf. Für die Qualitätsparameter Rohprotein, Rohfaser, Rohfett, Zucker (WSC), NDFom, ADFom, Gasbildung und Cellulase muss die Datenbasis noch erweitert werden. Erste Praxiseinsätze zeigen, dass ein Einsatz als Screening-Methode vielversprechend erscheint.



## 5 Literatur

- [1] PARK, R.S; AGNEW, R.E; GORDON, F.J; STEEN, R.W.J (1998): Use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) on undried samples of grass silage to predict chemical composition and digestibility parameters. *Animal Feed Science and Technology*, Band 72, Ausgaben 1–2, Mai 1998, Seite 155–167.
- [2] SHENK, J. S. UND WESTERHAUS, M. O. (1991): Use of near infrared Population Definition, Sample Selection, and Calibration Procedures for Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Crop Science*, Band 31, Nr. 2, Seiten 469-474.

# Ersatz von Futterstroh durch Luzerne

K. David

Ökologesch Landwirtschaftsberodung, Oekozer Pafendall,  
4, rue Vauban, L-2663 Luxembourg  
[katharina.david@oeko.lu](mailto:katharina.david@oeko.lu)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Rund 70% der in der Europäischen Union (EU) eingesetzten Eiweißfuttermittel werden importiert (vor allem Soja), was einer Anbaufläche von 20 Millionen ha und 10% der europäischen Ackerfläche entspricht [1]. Dem gegenüber spielt der Anbau in der EU selbst nur noch eine untergeordnete Rolle (3% der Ackerflächen, [2]). Dieses Missverhältnis wird aus verschiedenen Gründen kritisch gesehen: Zum einen sieht man die Versorgungssicherheit gefährdet, auch aufgrund europäischer Vorgaben hinsichtlich der Toleranz von nicht zugelassenem GVO-Material [16] und zum anderen werden ökologische Argumente wie der massive Einsatz von Glyphosaten beim Anbau gentechnisch verändertem Soja [18] sowie die Rodung von Regenwald zwecks Sojaanbau [19] und der Verlust von Leguminosen als wertvolles Glied der Fruchtfolge aufgeführt [20].

Am Fallbeispiel der Luzerne wird im nachfolgenden Bericht aufgezeigt, wie eine Futterleguminose den Einsatz von importiertem Eiweißkonzentrat in einem Milchviehbetrieb reduzieren kann.

## 2 Material und Methoden

### Betriebsbeschreibung

Der Betrieb ist einer von 9 konventionell wirtschaftenden Pilotbetrieben, in denen der Einsatz heimischer Eiweißpflanzen unter Praxisbedingungen untersucht wird. Er liegt im Westen Luxemburgs (450 m ü NN) auf Sand- und Schiefer-Verwitterungsböden und hat 1100 mm Jahresniederschlag (kaum Sommertrockenheit) und eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9,3°C.

### Flächenausstattung und –nutzung

Insgesamt werden 141 ha bewirtschaftet; 94 ha Ackerland, 43 ha Dauergrünland und 4 ha Feldgemüse. Auf dem Acker angebaut werden: 27 ha Silomais (teilweise für eine Biogasgemeinschaftsanlage), 30 ha Winterfutterweizen und 37 ha Feldfutter, davon 17 ha Luzernegras mit Knautgras als Graspartner. Luzernegras wird seit 2005 angebaut, insgesamt 4 Jahre mit jährlich 4 Schnitten genutzt und kommt 1x jährlich zur Blüte. Es wird nach Winterweizen eingesät und dient als Vorfrucht für Mais. Der 1. Schnitt wird gehäckselt und in Rundballen siliert. Die weiteren Schnitte werden gemeinsam mit der Grünlandernte in einem Fahrsilo einsiliert.

### Körnerleguminosen versus Luzerne

2011 sind erstmalig Sommererbsen gedroschen worden. Allerdings ist diese Kultur für den Betriebsleiter zum einen wegen des Anbaurisikos wenig interessant und zum anderen wird der Anbau von Körnerleguminosen, die empfindlich auf Gülledüngung reagieren, durch die hohe Viehbesatzdichte (1,9 GV/ ha) begrenzt [7]. Dem Betrieb fehlt die notwendige Gülleausgleichsfläche, da laut luxemburgischer Düngeverordnung ausnahmslos und schlagbezogen maximal 170 kg Norg/ ha (entspricht 40 m<sup>3</sup> Rindergülle) ausgebracht werden dürfen. Anders als Körnerleguminosen reagiert Luzernegras positiv auf eine Güllestargabe im Frühjahr von rund 20 m<sup>3</sup> /ha, da so die Anlaufphase

der Knöllchenbakterien, für deren optimale Aktivität (Stickstoffassimilationsrate) Temperaturen von 15-25°C tagsüber und 10-20°C nachts erreicht sein müssen, überbrückt werden kann ([12], [6]). Der Graspartner profitiert von dem direkt zu Vegetationsbeginn verfügbaren Stickstoff (20 m<sup>3</sup> Rindergülle = 40 kg N verfügbar) und die Luzerne wird mit Phosphor (20 m<sup>3</sup> Rindergülle = 34 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) und Kali (20 m<sup>3</sup> Rindergülle = 92 kg K<sub>2</sub>O/ha) versorgt [14].

### **Viehbestand**

Gehalten werden 65 Milchkühe (Schwarz-Bunt Holstein) und 56 Mutterkühe (Limousin), deren Nachzucht im Betrieb gemästet wird. Der Zuchtbetrieb verkauft Zuchttiere und Embryonen. Konzentrierte Proteinfuttermittel werden ausschließlich in der Milchviehherde eingesetzt, deren Milchleistung (8.300 kg ECM) überdurchschnittlich hoch ist (Durchschnitt in Luxemburg 7.861 kg ECM, [3]). Seit 2011 wird mit einem Melkroboter gemolken.

### **Milchviehration**

Gefüttert wird eine Total-Misch-Ration (einphasige TMR) bestehend aus 55% Mais-, 45% Grassilage und 1 kg Gerstenstroh/ Tier und Tag. Kraftfutter wird am Melkroboter gegeben, wobei jedes Tier täglich 1,5 kg eines energiebetonten (7 MJ NEL, 20% XP) Kraftfutters (a) und zusätzlich je nach Leistung ein eiweißbetontes Kraftfutter (b) (6,8 MJ NEL, 40% XP) erhält.

*Tab. 1: Leistungsklassen für den Einsatz von Kraftfutter (b)*

| Milchleistung in l/ Tag | Kraftfuttereinsatz in kg/ Tag |
|-------------------------|-------------------------------|
| < 22                    | 1,5                           |
| < 28                    | 4,5                           |
| < 35                    | 5,5                           |
| > 42                    | 6,5                           |

### **Beratungsempfehlung: Luzerne in die Milchviehration**

Die Beratung erfolgte im Juni 2012, die Auswertung im Februar 2013. Die Luzernesilage wurde bisher in der Mutterkuh- und Jungrinderfütterung eingesetzt. Jedoch ist sowohl die Qualität als auch die Quantität der vorhandenen Grassilage ausreichend, um die Luzerne stattdessen in der Milchviehration einzusetzen. Empfohlen wurde die Luzerne (3 kg / Tier und Tag) anstelle des Gerstenstrohs (1 kg / Tier und Tag) in die TMR aufzunehmen und darüber hinaus ad libitum Luzerneheu anzubieten. Gründe hierfür sind, dass sich Luzerne nicht nur durch eine gute Strukturwirkung sondern anders als Futterstroh auch durch hohe Rohproteingehalte auszeichnet und aus wirtschaftlicher Sicht eine Substitution des zugekauften Strohs durch die betriebseigene Luzerne nahe liegt. Luzerneheu enthält zudem mehr pansenstabiles Rohprotein (UDP= undegradable protein, 38 % vom Rohprotein) als Luzernesilage (27 % UDP vom Rohprotein, [15]) und strukturwirksame Rohfaser [9].

Des Weiteren wurde die Aufwandmenge des Kraftfutters (a) um 0,2 kg auf 1,3 kg/ Tier und Tag und die des Kraftfutters (b) in der Leistungsgruppe von 28 bis 35 l Tagesmelk, in der sich die meisten Tiere befinden, um 1 kg auf 3,5 kg/ Tier und Tag reduziert.

### **Datenerfassung und Auswertung**

Die Datenerfassung erfolgte im Zeitraum Juni 2012 bis Februar 2013. Die Wiederkauaktivität wurde mit Hilfe eines am Hals angebrachten Sensors erfasst, der über ein integriertes Mikrofon die Geräusche registriert, die beim Hochwürgen des Futterbreis entstehen. Des Weiteren wurden Futtermittelanalyse angefertigt und die Daten der Milchleistungsprüfung (MLP) sowie des Melkroboters herangezogen. Ausgewertet wurden diese hinsichtlich der mit der Rationsumstellung einhergehenden Effekte auf die Milchleistung, -inhaltsstoffe, die Wiederkauaktivität und die Kraftfutthereffizienz.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zur Wirkung von Luzerne in der Milchviehfütterung entsprechen den in der einschlägigen Literatur (siehe unten) beschriebenen Werten. Sie bieten damit eine relativ sichere Datengrundlage um verlässliche Aussagen formulieren zu können.

#### Futteranalysen

Ausgewählte Parameter des Analyseberichts von Luzernesilage und Luzerneheu sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 2: Analysebericht von Luzernesilage/ -heu

|              | Luzernesilage | Luzerneheu |
|--------------|---------------|------------|
| Rohprotein % | 19,2          | 9,4        |
| MJ NEL       | 5,8           | 5,3        |
| Rohfaser %   | 28            | 30         |

Während die Silage die Erwartungen erfüllt, liegen die Rohproteingehalte des Heus deutlich unter den Literaturangaben ([4]; [15]). Grund hierfür sind vor allem die hohen Bröckelverluste, die auch beim optischen Vergleich der Konservate festgestellt wurden (deutlich weniger Blätter am Stängel beim Heu als bei der Silage) und trotz angemessener Fahrgeschwindigkeit (8 km/h) sowie Wenden im Tau nicht vermieden werden konnten. Eine Heutrocknungsanlage steht nicht zur Verfügung, und auch im Sommer gibt es kaum ausreichende Zeitfenster, sodass zukünftig für diesen Betrieb eher die Produktion von Heulagen in Frage kommt, allerdings liegen hierfür anders als für Heu noch keine Daten zum Einfluss auf die Proteinqualität vor.

#### Milchleistung und -inhaltsstoffe

Die Milchleistung ist nach dem reduzierten Einsatz des Kraftfutters und dem Ersatz des Futterstrohs durch Luzerne auf dem Niveau von 8.300 l geblieben, während sich die Inhaltsstoffe teilweise deutlich verbessert haben. Der Fettgehalt ist um durchschnittlich 0,25% auf 4,15% gestiegen, der Eiweißgehalt um durchschnittlich 0,05% auf 3,35%. Wie bereits in einigen Fütterungsversuchen nachgewiesen, wirkt sich der Einsatz von Luzerne, insbesondere wegen der in der Regel ansteigenden Strukturgehalte in der Ration, positiv auf den Milchfettgehalt aus ([5], [17]). Durch die Substitution von 1 kg Gerstenstroh (Rohfasergehalt: 38 %, [4]) durch 3 kg Luzernesilage und der zusätzlichen Aufnahme von durchschnittlich 1 kg Luzerneheu/ Tier und Tag stieg der Rohfaseraufnahme von 38 g auf 116 g Rohfaser/Tier und Tag. Unter Berücksichtigung der futtermittelspezifischen Strukturparameter (0,8 für Luzernesilage /-Heumischung (Silage; 0,75, Heu; 1) und 1,5 für Stroh) enthält die Ration nach der Umstellung rund 25 % mehr strukturwirksame Rohfasern (708 g gegenüber 570 g; [9]).

Es gibt keinen Hinweis darauf, dass der Milcheiweißgehalt durch Luzernefütterung beeinflusst wird, sodass der beobachtete Anstieg um 0,05 % nicht auf die Rationsumstellung zurückgeführt werden kann.

Anders verhält es sich mit den durchschnittlichen Harnstoffwerten in der Milch, die von 230 auf 310 mg/ l gestiegen sind. Offensichtlich hat die Luzerne die Ruminale Stickstoffbilanz (RNB) erhöht und zu einem Eiweißüberschuss geführt, der durch entsprechend energiereiche Futterkomponenten ausgeglichen werden sollte [11].

#### Wiederkautätigkeit

Die Luzernefütterung führt, aufgrund des höheren Strukturanteils in der Ration (siehe oben), zu einem beachtlichen Anstieg der Wiederkäueraktivität (von durchschnittlich 400 auf 480 Minuten/ Tag). Auffällig sind die starken einzeltierbezogenen Abweichungen (von 160 bis 680 Minuten/

Tag), die bereits in speziellen Untersuchungen festgestellt wurden und insbesondere bei Fütterungsversuchen mit wenigen Versuchstieren zu berücksichtigen sind [14]. Eine eindeutige Aussage darüber, ob sich die gestiegene Wiederkauaktivität positiv auf die Tiergesundheit ausgewirkt hat, kann nicht getroffen werden. Dennoch soll erwähnt sein, dass sich eine ausgeprägte Wiederkauaktivität aufgrund der damit einhergehenden Speichelproduktion positiv auf das Pansenmilieu auswirkt [8].

### Kraftfuttermittel-effizienz

Vor der Beratung lag die Kraftfuttermittel-effizienz im Durchschnitt bei 285 g Konzentrat / kg Milch und damit über dem Sollwert von < 270 g [10].

Durch die Substitution des Futterstrohs mit Luzerne konnte der Kraftfuturaufwand um rund 10 % reduziert und gleichzeitig das Milchleistungsniveau gehalten werden. Damit erhöht sich die mittlere Kraftfuttermittel-effizienz, die in der nachstehenden Abbildung dargestellt ist.

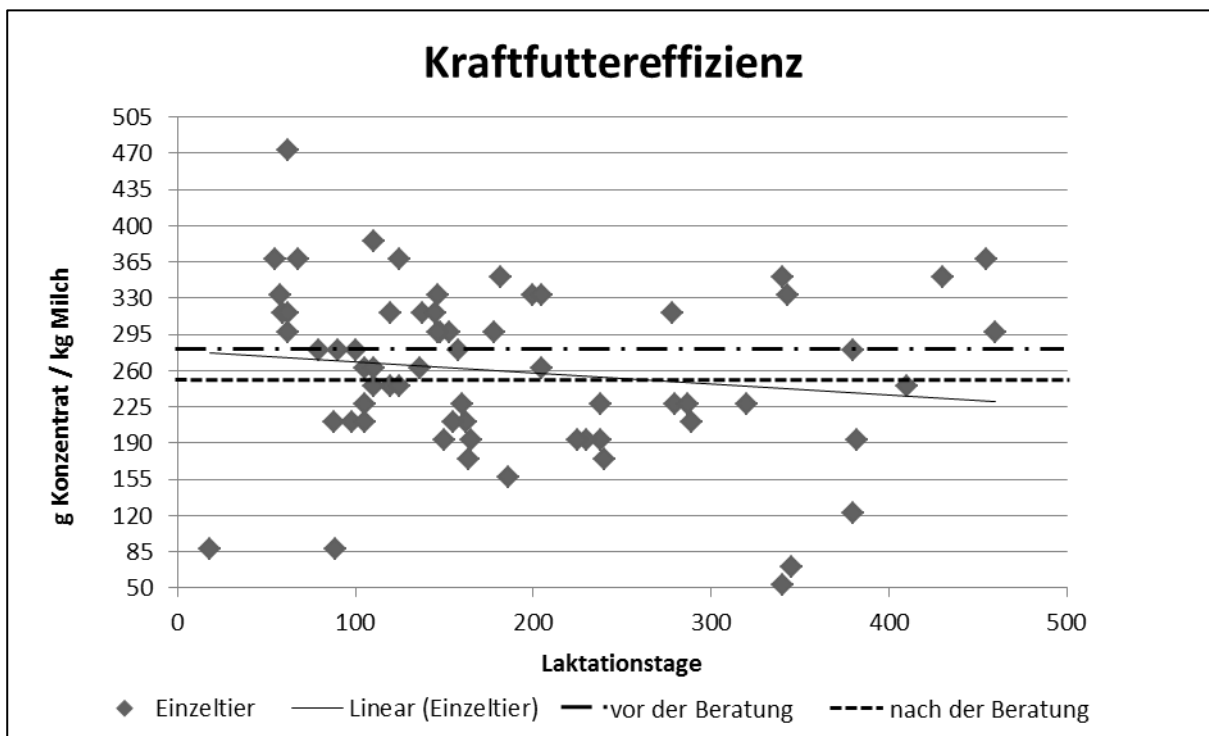


Abb. 1: Entwicklung der Kraftfuttermittel-effizienz im Zeitraum Juni 2012 bis Februar 2013

Die durchschnittliche Kraftfuttermittel-effizienz steigerte sich nach der Beratung: von 285 g Konzentrat/kg Milch auf 259 g. Mit Blick auf die erhöhte RNB ist davon auszugehen, dass der Zusatz energiereicher Futterkomponenten die Milchleistung und damit die Effizienz der eingesetzten Proteinkonzentrate steigern könnte [11].

### Wirtschaftlichkeit der Umstellung

Bei einem Mischpreis von 43 €/ dt Kraftfutter und einer jährlichen Milchproduktion von 540.000 l ergibt sich für diesen Betrieb aufgrund der oben beschriebenen Effizienzsteigerung eine Futterkostenersparnis von 3.483 €/ Jahr. Hinzukommt die um insgesamt 3.375 €/ Jahr höhere Vergütung der Milch durch die gestiegenen Fettgehalte (+ 2,5 Cent Fettkorrektur / 1% Fett), die auf den insgesamt höheren Strukturgehalt in der Ration zurückzuführen sind. Die erhöhten Eiweißgehalte werden an dieser Stelle nicht berücksichtigt, da sie, wie bereits beschrieben, nicht der zusätzlichen Luzernefütterung zugerechnet werden können. Insgesamt ergibt sich für den Betrieb ein wirtschaftlicher Mehrwert von 6.858 €/ Jahr.

Zu beachten sind jedoch die Opportunitätskosten, die in der fachlichen und politischen Diskussion hinsichtlich des Einsatzes heimischer Eiweißträger berücksichtigt werden müssen. Diese Kosten dürfen, mit Blick auf die ökologischen und gesellschaftlichen Leistungen, die der landwirtschaftli-

che Betrieb durch Grünlandbewirtschaftung, Ackerfutteranbau und die Viehhaltung erbringt, nicht allein dem Betrieb zu Lasten fallen. Damit Grünlandbewirtschaftung und Ackerfutteranbau als wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen Landwirtschaft auch zukünftig für die betriebliche Praxis relevant bleiben ist es entscheidend, dass durch politische Maßnahmen eine gerechte Entlohnung aller erbrachten Leistungen sichergestellt wird.

### **Umsetzung der Beratung**

Welche Bewirtschaftungs- und Konservierungsformen vorzuziehen sind darf nicht allein anhand von Versuchsdaten und Literaturangaben entschieden werden, sondern muss sich vielmehr an der individuellen Situation und betrieblichen Praxis orientieren. Gleiches gilt für die spezielle Fütterungsberatung, da effiziente und ausgeglichene Rationen nur anhand korrekter Analysewerte zu gestalten sind. Für die Akzeptanz und damit den Erfolg der gesamtbetrieblichen Beratung ist die Betrachtung sowohl harter Faktoren wie Standort, Viehbesatzdichte als auch weicher Faktoren z.B. Erfahrung und Neigung des Betriebsleiters entscheidend.

## **4 Schlussfolgerungen**

Bei der Bewertung heimischer Eiweißpflanzen als Alternative zu importierten Futtermitteln darf nicht allein der Anbau von Körnerleguminosen betrachtet werden. Futterleguminosen können insbesondere in der Wiederkäuerernährung den Einsatz konzentrierter Eiweißfuttermittel reduzieren oder zumindest deren Effizienz steigern. Zudem fördern sie eine wiederkäuergerechte Fütterung und können bei fachgerechter Bewirtschaftung und effizientem innerbetrieblichem Einsatz die Kosten der Milchproduktion verringern.

## **5 Literatur**

- [1] BESTE, A. und BOEDDINGHAUS, R. (2011): Der Eiweißmangel in der EU: Wie lässt sich das seit langem bestehende Problem lösen? Eine Studie im Auftrag von Martin Häusling, MDEP.
- [2] BMELV (2012): Förderung des Anbaus von Leguminosen in Deutschland und Europa, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Alexander Süßmair, Dr. Kirsten Tackmann, Karin Binder, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE, Drucksache 17/9635, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- [3] CONVIS (2013): CONVIS Milchleistungs- und Qualitätsprüfung, aktueller MLP-Jahresabschluss 2012, <http://www.convis.lu/abteilung/milchrinder/milchleistungspruefung/milchleistungspruefung.html>, Stand 20.06.2013.
- [4] DLG (1997): DLG-Futterwerttabelle für Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag.
- [5] ENGELHARD, T. (2007): Milchinhaltsstoffe durch Fütterung beeinflussen- Möglichkeiten, Nutzen und Risiken, LLFG Sachsen-Anhalt, Vortragsveranstaltung für Landwirte und Haustierärzte zu dem Thema, "Mastitis - Brennpunktthema in Milchviehbeständen Sachsen-Anhalts", Magdeburg, 04. Oktober 2007.
- [6] FRAME, J., CHARLTON, J.F.L. and LAIDLAW, A.S. (1998): Temperate forage legumes. Centre for Agricultural Bioscience International, New York.
- [7] FRIEDEL, K., PIETSCH, G. und FREYER, B. (2003): Stickstoffversorgung optimieren, Ernte Zeitschrift für Landwirtschaft und Ökologie, Ausgabe 5/2003, S. 30-31

- [8] GASTEINER, J., FALLAST, M., ROSENKRANZ, S., HÄUSLER, J., SCHNEIDER, K., GUGGENBERGER und REVIEWED, T. (2008): Möglichkeiten zur Messung des pH-Wertes im Pansen, 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 9.-10. April 2008, 27-32
- [9] HOFFMANN, M. (1990): Tierfütterung (2. Ausg.). Dt. Landwirtschaftsverlag Berlin.
- [10] HOFMANN, G. und DORFNER, G. (2013): Schule und Beratung, Fachinformationen aus der Landwirtschaftsverwaltung in Bayern, Heft 1/2013, S. 42-47
- [11] JILG, T. (2006): Rapsprodukte in der Rinderfütterung, Veredelungsproduktion, Erschienen 3/4/2006, S. 24-47.
- [12] LfL (2008): Feldfutterbau - Klee, Klee gras, Luzerne, Luzernegräser, Gräser. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
- [13] LWK NRW (2012): Hinweise zum Einsatz von Wirtschaftsdüngern, organischen und organisch-mineralischen Düngern, Ratgeber 2012, <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/basisinfos/wirtschaftsduenger-pdf.pdf>, Stand 20.06.2013.
- [14] RICHTER, U. (2010): Quantifizierung der Fress- und Wiederkäuaktivitäten von Milchkühen, Dissertation Universität Kassel.
- [15] SCHOLZ, H. und ENGELHARD, T. (2012): Ergebnisse aus Futterwertuntersuchungen von Luzerne konservaten und Fütterungsversuchen in der LLFG Iden, Hochschule Anhalt
- [16] STÖCKINGER, B. und SCHÄTZL, R. (2012): Strategien zur Erhöhung des Anteils von heimischen Eiweißfuttermitteln in der Nutztierfütterung, GIL Jahrestagung 2012, S. 291-294
- [17] TRAUTWEIN, J., SÜDEKUM, K.-H., STEINGAB, H., DUSEL, G., KOCH, C., ROMBERG, F. und LANDFRIED, K. (2012): Vergleichende Bewertung von Milchviehrationen auf Basis von Luzerne-, Gras- und Maissilagen: Futteraufnahme, Milchleistung und Milchinhaltsstoffe, 124. VDLUFA-KONGRESS Kurzfassung der Referate, S. 192.
- [18] ARANGO ISAZA, L.M. (2009): Impact of glyphosate application to transgenic Roundup Ready® soybean on horizontal gene transfer of the EPSPS gene to *Bradyrhizobium japonicum* and on the root-associated bacterial community, Dissertation, Universität München
- [19] LASCHEFSKI, K. (2002): Geographische Evaluierungen des Forest Stewardship Council, Nachhaltige Entwicklung durch Forstwirtschaft in Amazonien?, Dissertation, Universität Heidelberg.
- [20] PAESCHKE, R. (2012): Eiweißstrategie für Niedersachsen. Überlegungen und Ansatzpunkte für wettbewerbsfähige heimische Eiweißpflanzen, Tagung: Eiweißstrategie - Potentiale einheimischer Rohstoffe als Proteinquellen für Mensch und Tier, NieKE - Landesinitiative Ernährungswirtschaft in Zusammenarbeit mit dem Facharbeitskreis Forschung, 10.06.2012 Osnabrück.

# Diasporenbank unter Pferde- und Rinderweiden im Vergleich

A. Schmitz, A.L. Schmidt, und J. Isselstein

Georg-August Universität Göttingen, DNPW, Abteilung Graslandwissenschaft  
von-Siebold Str. 8, 37075 Göttingen  
[Anja.Schmitz@agr.uni-goettingen.de](mailto:Anja.Schmitz@agr.uni-goettingen.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Der negative Effekt intensiver Grünlandnutzung auf Ausprägung und Artenreichtum der Diasporenbanken ist bekannt [1], [5]). Nährstoffverfügbarkeit der Böden, Nutzungsfrequenz und Pflegemaßnahmen sind entscheidende Faktoren für Zusammensetzung und Umfang der Diasporenbank des Bodens. Zunehmende Nutzungsintensität und Intensivierung des Düngeregimes wirken sich nachteilig auf die Langlebigkeit der Diasporen aus [2] und induzieren eine Verschiebung der „gespeicherten“ Arten von unter nährstoffärmeren Bedingungen etablierten Arten hin zu nährstoffliebenden Arten.

Für Pferdeweiden der Praxis sind aufgrund abweichender Ansprüche an die Nutzung und den Futterwert ein weniger ausgeprägtes Dünge- und Pflegeregime als auf Rinderweiden zu beobachten. Pferde etablieren auf ihren Weiden aufgrund lokal konzentrierter Exkrementabgabe und selektiver Defoliation Fraß- und Geilstellen mit starkem Kontrast in Vegetation und Boden-nährstoffverfügbarkeit. Auf extensiven Pferdeweiden können geringe Nährstoffverfügbarkeit und ausgeprägte Heterogenität hohe Artenvielfalt der rezenten Vegetation induzieren. Pferde prägen die Grasnarbe stärker als Rinder durch tiefen Verbiss und Vertritt. Zu hoher Besatz führt unter Pferdebeweidung mitunter zu Narbendegradation [8]. Trittsiegel und offene Bodenstellen ermöglichen dann ein Auflaufen von Arten aus dem Vorrat keimfähiger Diasporen im Boden, - wertvoller wie unerwünschter Arten. Unterschiedliches Flächenmanagement, ausgeprägte lokale Heterogenität in Vegetation sowie Nährstoffverfügbarkeit lassen in Abhängigkeit von Nutzungsintensität und Pflegeregime Unterschiede in Ausprägung und Umfang der Diasporenbank von Pferde- und Rinderweiden erwarten.

Daher wird untersucht inwiefern sich Pferde- und Rinderweiden (1) sowie deren Fraß- und Geilstellen (2) in Nährstoffverfügbarkeit und Zusammensetzung der Diasporenbank in Abhängigkeit vom Management unterscheiden.

## 2 Material und Methoden

Im Herbst 2012 wurden Bodenproben von Pferde- und Rinderweiden des südlichen Teils des Bergischen Lands (NRW) zur Untersuchungen der Diasporenbank gewonnen. Einem genesteten Triplettdesign folgend wurden hierfür 30 Weiden an 10 Standorten gewählt. Die drei Weiden eines Standortes liegen im Umkreis von 1.5 km und sind dabei vergleichbar hinsichtlich Höhe, Inklination und Bodenart. Sie unterscheiden sich jedoch in Management und Nutzungsintensität. Je Standort wurden eine Pferdestandweide, eine Pferdeumtriebsweide und eine Rinderweide gewählt. Über den gesamten Datensatz zeigt sich ein Nutzungsintensitätsgradient von sehr extensiv (94 GV-Weidetage/ha) bis sehr intensiv (1509 GV-Weidetage/ha). Alle untersuchten Weiden unterliegen seit mindestens 5 Jahren demselben Management. Je Weide wurden zwei Subplots (Radius 2 m, 12.6 m<sup>2</sup>), je eines stark befressenen Bereichs und eines gemiedenen Bereichs mit hoher Grasnarbe



gezielt ausgewählt. Von jedem Subplot wurden 45 Proben der oberen Bodenschicht (0-10 cm) mittels eines halboffenen Bohrstocks gezogen. Jede Probe wurde jeweils in zwei vertikale Segmente von 0-5 cm und 5-10 cm geteilt. Daraus wurden je Segment Mischproben von mindestens 500ml Boden gewonnen.

Die geographischen Koordinaten eines jeden Subplots wurden per Garmin Handgerät erfasst. Je Subplot wurden 500ml-Proben der oberen 10 Bodenzentimeter zur Analyse auf pflanzenverfügbare Bodennährstoffe und pH-Wert gezogen. Managementparameter wurden durch Befragung der Landwirte ermittelt.

Zur Verbesserung des Keimungserfolges wurde eine Stratifikation durchgeführt. Diese erfolgte über mindestens 7 Wochen bei 3°C in Dunkelheit in einem Klimaschrank. Der Methode von [9] folgend wurden je Diasporenprobe 500ml Boden mittels vorsichtigen Waschens durch 3 Siebe (4.5 mm, 3.5mm, 0.121 mm) um Ton und Schluffanteile des Bodens reduziert, bis ein Substrat aus Sand und Diasporen vorlag. Zum Keimen wurden das Substrat in einer feinen Schicht auf eine mit einem Wärmeflies, darüber einer 3,5cm hohen Schicht entkeimter Pflanzerde und einer 3-4mm feinen Schicht Quarzsand vorbereiteten Pflanzschale ausgebracht. Die Keimung erfolgte unter standardisierten Gewächshausbedingungen.

Auflaufende Keimlinge wurden regelmäßig ([7] und[4]) bestimmt und gezählt. Sicher identifizierte Keimlinge wurden aus der Pflanzschale entfernt. Noch nicht zu bestimmende Pflanzen wurden ausgetopft und zu einem späteren Zeitpunkt nach vegetativen Merkmalen bestimmt. Die Pflanzschalen wurden insgesamt 9 Wochen Gewächshausbedingungen ausgesetzt. Bereits nach sieben Wochen kam es zu keiner nennenswerten weiteren Keimung.

Multivariate statistische Auswertung erfolgte mit CANOCO4.5. Arten, die in weniger als 4 Proben vorkamen wurden von der multivariaten Analyse ausgeschlossen. Keimlingsdaten wurden wurzeltransformiert, seltene Arten heruntergewichtet. Eine den Hauptanalysen vorangehende DCA ermittelte die Länge des Hauptgradienten bei 2.439 woraufhin im weiteren lineare Ordinationsmethoden (RDA) gewählt wurden. Einzelne Effekte der Umwelt und Managementparameter auf die Artenkomposition wurden anhand einer RDA mit forward selection aller erfassten Umwelt- und Managementvariablen ermittelt.

In einer Varianzpartitionierung wurden mittels mehrerer aufeinander abfolgenden partiellen Ordinationen die relativen Anteile der Variablen an der Varianz im Artenraum erfasst. Um räumlicher Autokorrelation vorzubeugen wurden geographische Koordinaten bei jeder Analyse als Kovariablen verwendet.

Sørensen's Koeffizient wurde als Ähnlichkeitsmaß für die Segmente (0-5, 5-10cm) jedes einzelnen Subplots sowie die Subplots (befressen, gemieden) jeder Weide berechnet.

Anhand von Kovarianzanalysen (ANCOVA) wurden Anzahl der Keimlinge, Artenanzahl und Anteile funktionaler Gruppen (Gras, Kraut, Leguminosen) und High Nature Value (HNV)-Indikatorarten [6], bodenchemische Parameter (P2O5, K2O) und Sørensen's Koeffizienten unter Verwendung geographischer Koordinaten als Kovariablen auf signifikante Unterschiede zwischen Pferdestand-, Pferdeumtriebs- und Rinderweiden und den Bereichen (befressen, gemieden) getestet. Signifikante Effekte wurden auf Varianzheterogenität getestet (Tukey's test) und im Falle verletzter Voraussetzungen mit nichtparametrischen Verfahren (Friedman's ANOVA) geprüft. Die univariate Statistik erfolgte in STATISTICA 10.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden in 120 Samples 77 Arten bestimmt und 14362 Individuen gezählt. *Plantago major*, *Juncus bufonius*, *Sagina procumbens*, *Poa annua*, *Poa trivialis*, *Ranunculus repens* und *Agrostis capillaris* dominierten die Diasporenbank mit gut 2/3 des keimfähigen Saatgutes .

Die Kovarianzanalyse der pflanzenverfügbaren Bodennährstoffgehalte zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Nutzungsvarianten. Auch hinsichtlich der Unterschiede in der Bo-

dennährstoffkonzentration zwischen befressenen und gemiedenen Bereich zeigten sowohl Pferde- als auch Rinderweiden signifikant höhere Konzentrationen auf gemiedenen als auf befressenen Subplots. Die Annahmen, dass Rinderweiden besser nährstoffversorgt seien, aber Pferde eine ausgeprägtere Nährstoffumlagerung induzieren, kann für die Flächen dieser Untersuchung nicht signifikant bestätigt werden, - wenn auch Pferdeweiden tendenziell deutlichere Unterschiede zwischen befressenem und gemiedenem Bereich zeigten.

Für die Diasporenproben von Pferdeweiden wurden sowohl eine signifikant höhere Anzahl gekeimter Pflanzen als auch Anzahl an Arten beobachtet als für solche von Rinderweiden (Tab. 1). Besonders Kräuter und HNV-Indikatorarten waren signifikant häufiger. Dies geht einher mit den auf Pferdeweiden beobachteten höheren Abundanz von Kräutern in der rezenten Vegetation ([3], [8]). Hinsichtlich der Abundanz von Gräsern und Leguminosen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Nutzungsvarianten festgestellt werden.

Für den Aufnahmebereich (Subplot: befressen, gemieden) wurden in der ANCoVA trotz bestehender Unterschiede in der Nährstoffverfügbarkeit keine signifikanten Effekte auf Anzahl aufgelaufener Individuen und Abundanz funktionaler Gruppen festgestellt (Tab.1). Auch der jeweils zwischen befressenem und gemiedenem Subplot berechnete Sørensen Koeffizient unterschied sich nicht signifikant zwischen Pferde- und Rinderweiden.

Die erwartete und in der Vegetationsstruktur von Pferdeweiden beobachtete Heterogenität zwischen befressenen und gemiedenen Bereichen kann somit für die Ausprägung der Diasporenbank nicht bestätigt werden.

Tab.1: Ergebnisse der Kovarianzanalyse. Gezeigt werden die Mittelwerte der aufgelaufenen Individuen (Ind.), Artenzahl (AZ), Individuen der funktionalen Gruppen Gräser (G), Kräuter (K), Leguminosen (Leg.), HNV-Indikatorarten (HNV) und der Sørensen Koeffizienten der Segmente und der Subplots, sowie die jeweiligen Effekte der Managementvarianten (PS, PU, R), der Subplots (befressen, gemieden) und der Bodensegmente (0-5, 5-10)

|                            | Subplot   | Segment | Ind.  | AZ   | G    | K     | Leg | HNV  | Sørensen-Subplot | Sørensen-Fläche |
|----------------------------|-----------|---------|-------|------|------|-------|-----|------|------------------|-----------------|
| PS                         | befressen | 0-5     | 188,6 | 15,7 | 44,8 | 136,0 | 2,8 | 11,3 | 0,759            | 0,688           |
|                            |           | 5-10    | 54,1  | 12,6 | 15,5 | 32,3  | 3,0 | 2,1  |                  |                 |
|                            | gemieden  | 0-5     | 241,2 | 17,9 | 42,0 | 145,4 | 1,9 | 9,6  | 0,748            |                 |
|                            |           | 5-10    | 97,0  | 13,8 | 22,7 | 49,2  | 1,7 | 3,5  |                  |                 |
| PU                         | befressen | 0-5     | 162,4 | 17,1 | 28,5 | 119,2 | 3,6 | 9,1  | 0,827            | 0,697           |
|                            |           | 5-10    | 55,3  | 12,2 | 6,8  | 34,9  | 2,1 | 3,4  |                  |                 |
|                            | gemieden  | 0-5     | 122,7 | 13,6 | 28,8 | 87,7  | 1,2 | 6,3  | 0,705            |                 |
|                            |           | 5-10    | 67,2  | 12,2 | 18,6 | 41,7  | 1,8 | 4,3  |                  |                 |
| R                          | befressen | 0-5     | 110,4 | 15,3 | 28,9 | 62,5  | 2,5 | 3,5  | 0,812            | 0,670           |
|                            |           | 5-10    | 34,3  | 10,5 | 9,3  | 19,6  | 1,9 | 0,7  |                  |                 |
|                            | gemieden  | 0-5     | 125,6 | 13,7 | 36,9 | 78,5  | 2,4 | 3,2  | 0,720            |                 |
|                            |           | 5-10    | 47,6  | 11,2 | 12,9 | 25,3  | 3,3 | 1,3  |                  |                 |
| Management                 |           |         | ***   | **   | -    | **    | -   | **   | **               | -               |
| Subplot                    |           |         | -     | -    | -    | -     | -   | -    | ***              | -               |
| Segment                    |           |         | ***   | ***  | ***  | ***   | -   | ***  | -                | -               |
| Management*Subplot         |           |         | -     | -    | -    | -     | -   | -    | -                | -               |
| Management*Subplot*Segment |           |         | -     | -    | -    | -     | -   | -    | -                | -               |

Signifikanzniveaus werden gezeigt als: \* p=0.05; \*\* p=0.01; \*\*\* p=0.001

Wie erwartet unterschieden sich die Bodensegmente hochsignifikant hinsichtlich aufgelaufener Individuen, Artenzahl und Abundanz funktionaler Gruppen. In der tieferen Bodenschicht lagen in allen Nutzungsvarianten erheblich weniger keimfähige Diasporen vor. Dies wird durch die zeitlich

begrenzte Keimfähigkeit der meisten Grünlandarten erklärt ([2], [5]). Auch der jeweils zwischen befressenem und gemiedenem Bereich berechnete Sørensen Koeffizient unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den Managementvarianten.

Die multivariate Analyse stützt diese Beobachtungen (Tab. 2). In der Varianzpartitionierung erklärt die Managementvariante signifikant ( $p = 0.01$ ) die Artenkomposition, wenn auch nur 2% der Gesamtvarianz im Datensatz (Tab. 2). Der Subplot als Variable für befressenen und gemiedenen Bereich (short, tall) erklärt hingegen auch nach Ausschluss der eng mit dem Gradienten des gemiedenen Bereiches korrelierten Nährstoffverfügbarkeit als Kovariable nur 0,6% der Gesamtvarianz. Auf Subplotebene wird der signifikante Effekt des Bodensegmentes auch für die Artzusammensetzung bestätigt.

Einen erheblich größeren und jeweils hochsignifikanten ( $p = 0.002$ ) Effekt als das jeweilige Management und die Zuordnung zum befressenem oder gemiedenen Bereich haben jedoch die Bodennährstoffverfügbarkeit, die Nutzungsintensität und vor allem das Pflegeregime. Allein regelmäßige Verwendung von Herbiziden erklärt 6% der Varianz, zusammen erklären sie fast 20% der Varianz im Diasporendatensatz.

Letztlich weist trotz der vergleichsweise kleinen und homogenen Untersuchungsregion der signifikante Effekt des Standortes (spatial error) auf einen starken Einfluss des lokalen Artenpools auf die Zusammensetzung der Diasporenbank hin.

Tab. 2: *Ergebnistabelle der Varianzpartitionierung des Diasporendatensatzes. Partielle RDA's der Variablengruppen unter Verwendung der weiteren Variablengruppen als Kovariablen.*

| Gesamtvarianz RDA: 1.000 |                            |            |       |                    |
|--------------------------|----------------------------|------------|-------|--------------------|
| Variablen                | Kovariablen                | Eigenvalue | p     | % an Gesamtvarianz |
| M, SP, Sl, LS, N, NI, Pf | Spe                        | 0.349      | 0.002 | 34,9 %             |
| M                        | SP, Sl, LS, N, NI, Pf, Spe | 0.02       | 0.014 | 2 %                |
| SP                       | M, Sl, LS, N, NI, Pf, Spe  | 0.006      | 0.48  | 0.6 %              |
| Sl                       | M, SP, LS, N, NI, Pf, Spe  | 0.041      | 0.002 | 4.1 %              |
| LS                       | N, NI, Pf, Spe, M, SP, Sl  | 0.03       | 0.01  | 3 %                |
| N                        | M, SP, Sl, LS, NI, Pf, Spe | 0.066      | 0.002 | 6.6 %              |
| NI                       | M, SP, Sl, LS, N, Pf, Spe  | 0.03       | 0.002 | 3 %                |
| Pf                       | M, SP, Sl, LS, N, NI, Spe  | 0.103      | 0.002 | 10.3 %             |
| Spatial error            | M, SP, Sl, LS, N, NI, Pf   | 0.041      | 0.001 | 4.1 %              |

M = Management (PS, PU, R); SP = Subplot (befressen, gemieden), Sl = Bodensegment, LS = lokaler Standort (pH, Höhe), N = Nährstoffverfügbarkeit (P2O5, K2O), NI = Nutzungsintensität (GV-Weidetage), Pf = Pflegeregime (Herbizid, Schleppen, Nachmahd, Düngung); Spe = Raum (Longitude, Latitude).

In der RDA-Grafik (Abb. 1) ist der durch die Managementvarianten erklärte Artenraum dargestellt. Die meisten Arten erreichen auf Pferdeweiden höhere Abundanz und sind daher enger mit den nominal skalierten Gradienten von Pferdestand- und Pferdeumtriebsweiden als Rinderweiden korreliert.

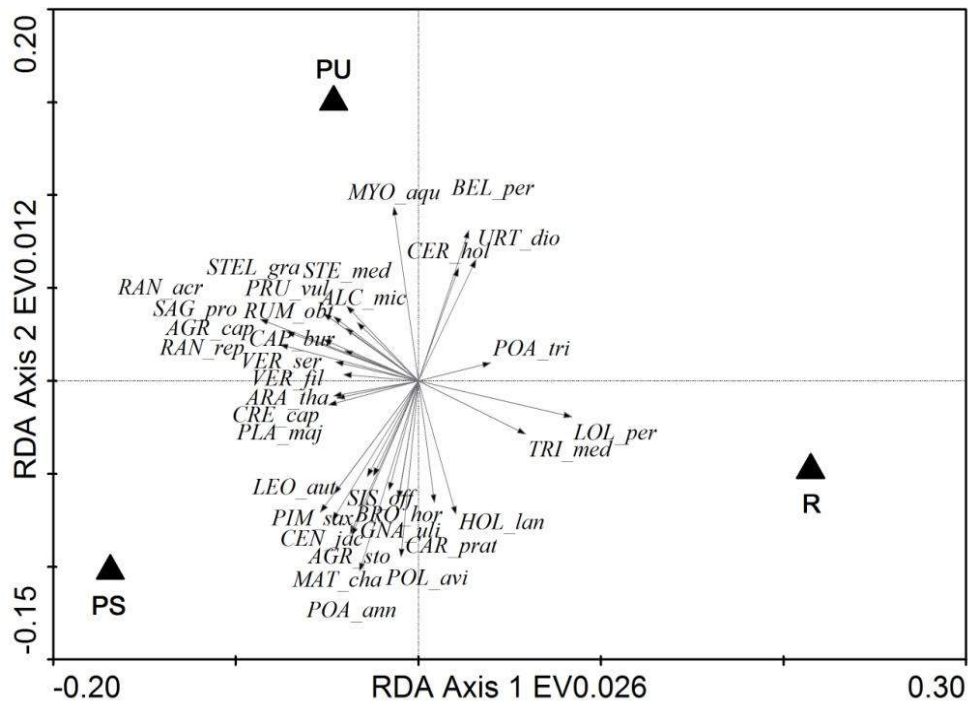


Abb. 1: Direkte Gradientenanalyse (RDA) der Diasporendaten. Dargestellt sind die 35 im von den drei nominalskalierten Managementvarianten PS, PU und R ( $p = 0.01$ ) aufgestellten Ordinationsraum am besten erklärten Arten

Zeigerarten extensiver Nutzung wie *Leontodon autumnalis*, *Centaurea jacea*, *Bromus hordeaceus* korrelieren mit dem Gradienten der Pferdestandweiden, andererseits finden sich hier aber auch Störungszeiger wie *Poa annua* oder *Plantago major*. Mit Pferdeumtriebsweiden korrelieren vermehrt stickstoffliebende Arten wie *Rumex obtusifolius*, *Urtica dioica* und *Capsella bursa pastoris*. Lediglich *Lolium perenne*, *Trifolium medium* und *Poa trivialis* erreichen auf Rinderweiden höhere Abundanz.

Die Abb. 2 zeigt den geringen Effekt des befressenen und gemiedenen Bereichs (nominalskaliert), sowie die signifikanten Gradienten der Nutzungsintensität und des Kaliumgehaltes. Der eng mit Kalium korrelierte Gradient von Phosphor ist aufgrund geteilter Varianz mit Kalium nicht signifikant.

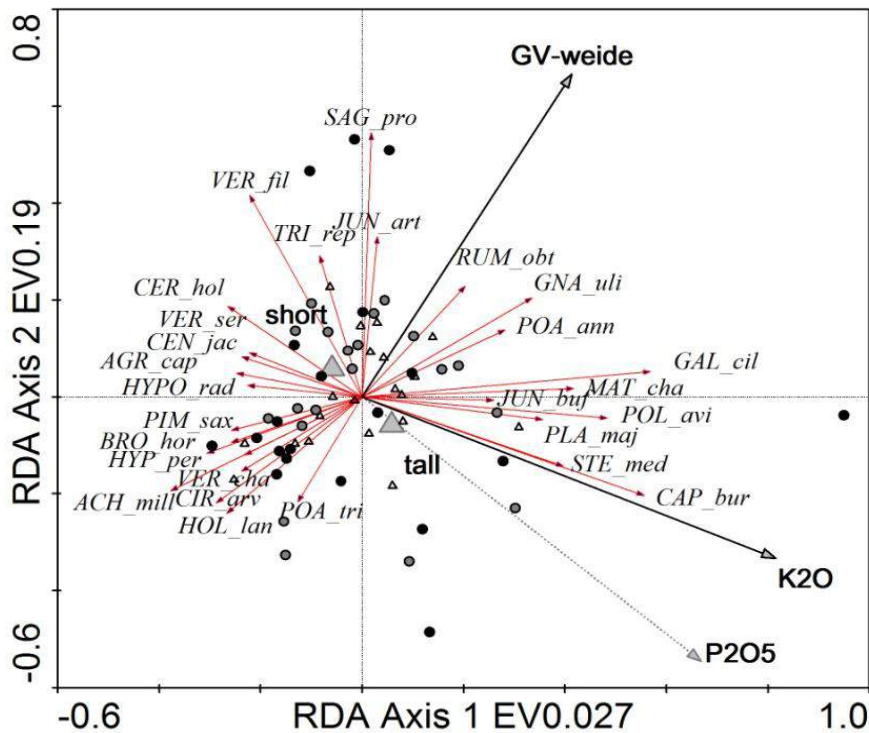


Abb. 2: Direkte Gradientenanalyse (RDA) der Diasporendaten. Dargestellt sind die 30 am besten vom Modell erklärten Arten sowie die jeweiligen Samples (PS: schwarzer Kreis, PU: grauer Kreis, R: kleines Dreieck) im von den Variablen GV-Weidetage ( $p = 0.002$ ), K2O ( $p = 0.002$ ), P2O5 (n.s.) und Subplot (short = befressen, tall = gemieden; n.s.) aufgestellten Ordinationsraum

Die relativ homogene und zu den Hauptgradienten unspezifische Anordnung der Samples im Raum weist auf die im Vergleich zur Nutzungsintensität und Nährstoffverfügbarkeit geringe Bedeutung der Nutzungsvariante für die Artenkomposition hin. Mit dem Gradienten der Nutzungsintensität sind Störungszeiger wie *Sagina procumbens* oder *Poa annua* korreliert. Aber auch *Rumex obtusifolius* zeigt höhere Abundanz unter höherer Nutzungsintensität. Magerkeitszeiger wie *Hypericum perforatum*, *Hypochaeris radicata*, *Centaurea jacea* oder *Bromus hordeaceus* sind negativ mit den Gradienten der Nährstoffverfügbarkeit und der Nutzungsintensität korreliert. Auch *Cirsium arvense* und *Holcus lanatus* zeigen höhere Abundanz mit abnehmender Nutzungsintensität. Bei extensiver Beweidung kommen diese Arten zur Blüte und etablieren sich in der Diasporenbank. Hingegen positiv mit dem Gradienten von K2O korreliert sind stickstoffliebende Arten wie *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris* oder auch *Plantago major*. Dies bestätigt eine Verschiebung der Zusammensetzung der Diasporenbank mit zunehmender Nutzungsintensität und Nährstoffverfügbarkeit zu nährstoffliebenden und ruderalen Arten ([10]; [2]). Im Falle einer Narbenverletzung unter zu hoher Nutzungsintensität könnten diese Lichtkeimer bei hoher Abundanz in der Diasporenbank eine Verunkrautung der Grasnarbe bedingen, denn ähnliche Zusammenhänge von Nährstoffen und Nutzungsintensität wurden bereits in Untersuchungen zur rezenten Vegetation von Pferdeweiden erkannt [8].

Derzeit wird die rezente Vegetation der Subplots floristisch kartiert. In weiteren Analysen wird diese mit der den Diasporendaten der Weiden verglichen um die Bedeutung der Diasporenbank für die rezente Vegetation prüfen zu können.

## 4 Schlussfolgerungen

Die Diasporenbank der untersuchten Pferdeweiden ist im Vergleich zu den Rinderweiden hinsichtlich Artenanzahl und Umfang keimfähigen Saatgutes reichhaltiger ausgestattet, während sich die Artenkomposition nicht grundlegend unterscheidet. Entscheidender als die Frage nach dem Weidetier und der Heterogenität in der Vegetationsstruktur scheint für die Artenkomposition der Diasporenbank die Frage nach der Nutzungsintensität, dem Pflegemanagement und der Nährstoffverfügbarkeit der Fläche zu sein.

## 5 Danksagung

Für die Unterstützung von Anja Schmitz im Rahmen des Promotionsstipendienprogrammes danken wir der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. Frau Dr. Renee Bekker sei herzlich gedankt für ihre hilfreichen Tipps zur Stratifikation. Besonderer Dank gilt auch Ina Spiegel für methodische Tipps und Hans-Georg Stroh für die Hilfe bei der Pflanzenbestimmung, sowie den Technischen Mitarbeitern des DNPW. Ganz besonders danken wir aber den Landwirten für die Möglichkeit unsere Untersuchungen auf ihren Flächen durchführen zu dürfen.

## 6 Literatur

- [1] BAKKER, J.P. and BERENDSE, F. (1999): Constraints in the restoration of ecological diversity in grassland and heathland communities. *Trends of Ecology and Evolution* 14, 63-68.
- [2] BEKKER, R., VERWEIJ, G., SMITH, R., REINE, R., BAKKER, J.P. and SCHNEIDER, S. (1997): Soil seed banks in European grasslands: does land use affect regeneration perspectives? *Journal of Applied Ecology* 34, 1293-1310.
- [3] FLEURANCE, G., DUMONT, B. and FARRUGGIA, A. (2010): How does stocking rate influence biodiversity in a hill-range pasture continuously grazed by horses? *Grassland Science in Europe* 15, 1043-1045.
- [4] HANF, M. (1999): *Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen*. München, Wien, Zürich.
- [5] KALAMEES, R. and ZOBEL, M. (2002): The Role of the Seed Bank in Gap Regeneration in a Calcareous Grassland Community. *Ecology* 83, 1017-1025.
- [6] MATZDORF B., REUTTER M. und HÜBNER C. (2010): *Bewertung der Ökosystemdienstleistungen von HNV-Grünland (HighNature Value Grassland)*. Institut für Sozioökonomie Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg, 71 pp.
- [7] MULLER, F. M. (1978): *Seedlings of the North-Western European Lowland. A flora of seedlings*. Boston, Wageningen.
- [8] SCHMITZ, A. and ISSELSTEIN, J. (2013): Effects of management on vegetation structure in horse pastures. *Grassland Science in Europe*. 18, 394-396.
- [9] TER HEERDT, G.N.J., VERWEIJ G.L., BEKKER, R.M. and BAKKER, J.P. (1996): An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Funkional Ecology* 10, 144-151.
- [10] WELLSTEIN, C., OTTE, A. and WALDHARDT, R. (2007): Seed bank diversity in mesic grasslands in relation to vegetation type, management and site conditions. *Journal of Vegetation Science* 18, 153-162.

# Versuchsergebnisse zum Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität auf die Rohproteinерträge und Rohproteingehalte einer Weidelgraswiese

M. Diepolder, S. Raschbacher

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Freising, Institut für Ökologischen Landbau,  
Bodenkultur und Ressourcenschutz  
[Michael.Diepolder@LfL.bayern.de](mailto:Michael.Diepolder@LfL.bayern.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Mehr Eiweiß vom Grünland ist die stärkste Stellschraube zur Erhöhung der heimischen Eiweißbereitstellung und damit zum bundesweit erklärten Ziel, den Import von Soja aus Übersee zu reduzieren. Basis hierfür ist eine standortangepasste optimale Grünlandbewirtschaftung.

Änderungen in der Bewirtschaftungsintensität (Schnittzeitpunkt, Nutzungshäufigkeit, Düngungsintensität) können prinzipiell Veränderungen im Pflanzenbestand, der Jahreserträge (TM-, RP-, NEL-Erträge) und der Futterqualität bewirken.

Anhand zehnjähriger Daten eines Grünlandversuches im Allgäuer Alpenvorland, bei dem ausschließlich Gülle in unterschiedlichen Jahresmengen eingesetzt und die Parzellen drei-, vier und fünfmal pro Jahr beerntet werden, geht dieser Beitrag speziell der Frage nach, inwieweit sich die Rohproteinерträge und Rohproteingehalte verändern lassen.

## 2 Material und Methoden

Der Versuch befindet sich im Allgäuer Alpenvorland am Standort Spitalhof/Kempton (730 m ü. NN, Ø Jahresniederschlag 1290 mm, Ø Jahrestemperatur 7,0 °C, Bodenart Parabraunerde aus schluffigem Lehm, Grünlandzahl 58). In 0-10 cm Tiefe liegen vor: Humusgehalt 8,2 % bei C/N von 9,3:1; pH 5,4; Phosphat-/Kaligehalte in Gehaltsklasse B bzw. in C). Leitgras am Standort ist natives Deutsches Weidelgras.

| Variante | Schnitte | Güllegaben            | Schnitt- und Düngungstermine |      |       |            |       |      |            |        |      |            |   |       |            |  |  |
|----------|----------|-----------------------|------------------------------|------|-------|------------|-------|------|------------|--------|------|------------|---|-------|------------|--|--|
|          |          |                       | 1. Schnitt                   |      |       | 2. Schnitt |       |      | 3. Schnitt |        |      | 4. Schnitt |   |       | 5. Schnitt |  |  |
|          |          |                       | März                         | Mai  |       | Juni       |       | Juli |            | August |      | September  |   |       |            |  |  |
| 1        | 3        | 2 x 20 m <sup>3</sup> | ■                            |      |       | 5.6.       |       |      |            | 5.8.   | ■    |            |   | 30.9. |            |  |  |
| 2        |          | 3 x 20 m <sup>3</sup> | ■                            |      |       | 5.6.       | ■     |      |            | 5.8.   | ■    |            |   | 30.9. |            |  |  |
| 3        | 4        | 2 x 20 m <sup>3</sup> | ■                            |      | 12.5. |            | 20.6. | ■    |            |        | 5.8. |            |   | 30.9. |            |  |  |
| 4        |          | 3 x 20 m <sup>3</sup> | ■                            |      | 12.5. | ■          | 20.6. |      |            | 5.8.   | ■    |            |   | 30.9. |            |  |  |
| 5        |          | 4 x 20 m <sup>3</sup> | ■                            |      | 12.5. | ■          | 20.6. | ■    |            |        | 5.8. |            |   | 30.9. |            |  |  |
| 6        | 5        | 3 x 20 m <sup>3</sup> | ■                            | 2.5. |       | 3.6.       | ■     |      | 8.7.       |        |      | 14.8.      | ■ | 30.9. |            |  |  |
| 7        |          | 4 x 20 m <sup>3</sup> | ■                            | 2.5. | ■     | 3.6.       | ■     |      | 8.7.       | ■      |      | 14.8.      |   | 30.9. |            |  |  |

Durchschnittswerte der eingesetzten verdünnten Gülle: 4,2 % TS; 3,0 % organische Substanz, pH 7,4; Nährstoffgehalte (kg/m<sup>3</sup>): 2,22 N; 1,04 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 2,62 K<sub>2</sub>O

Abb.1: Versuchsvarianten mit Düngungs- und Schnittterminen

Geprüft werden 7 Varianten in vierfacher Wiederholung. Durch Modifikation von Schnittfrequenz und Häufigkeit der Güllegaben pro Jahr – eingesetzt wird ausschließlich dünne Gülle mit ca. 4,2 % TS - ergeben sich unterschiedliche Stufen der Bewirtschaftungsintensität (siehe Abb. 1). Bestimmt werden Artenzahl und Artenanteil im ersten Aufwuchs, daraus wird die mittlere Futterwertzahl abgeleitet. Im Erntegut werden Frischmasse-Ertrag, TS-, Rohprotein-, Rohfaser- und Rohaschegehalt gemessen. Die Energiekonzentration wird aus den Rohnährstoffen berechnet. Die statistische Auswertung des hier dargestellten zehnjährigen Datenmaterials (1999 – 2008) erfolgte mittels SAS (SNK-Test bei  $\alpha = 0,05$ ).

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Der Focus dieses Beitrags richtet sich auf das Rohprotein (XP-Erträge und -konzentrationen), jedoch zeigt Tab. 1 noch weitere wichtige Ertrags- und Qualitätsparameter des Versuchs auf. Die zehnjährigen Ertragsmittel bewegten sich bei den Varianten bei der Trockenmasse in einem Bereich von 97,2 dt TM/ha bis 116,5 dt TM/ha. Eine Erhöhung der Nutzungsintensität ohne Anpassung der Düngung führte zu Mindererträgen an Trockenmasse. Dies geht aus Tab. 1 und 2 beim Vergleich der jeweils gleich gedüngten Varianten, also 1 mit 3, 2 mit 4 und 6 sowie 5 mit 7 hervor. Dabei fiel der TM-Ertrag um ca. 4-9 dt TM/ha ab.

Beim Rohprotein (XP) bewegten sich die Hektarerträge der sieben Varianten in einem Bereich von 1292 kg XP/ha bis 1951 kg XP/ha.



Tab. 1: Varianten und Jahresmittelwerte der wichtigsten Ertrags- und Qualitätsparameter (Mittel 1999-2008)

| Variante | Schmitte/a<br>Güllegaben<br>á 20 m <sup>3</sup> /ha | Erträge       |       |                        |       |                            |             | N-<br>Saldo<br><br>(kg<br>N/ha) | Futterqualitätsparameter<br>(gewichtete Jahresmittel) |                                 |                               |            |      |      |   |
|----------|---|---------------|-------|------------------------|-------|----------------------------|-------------|---------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|------------|------|------|---|
|          |   | TM<br>(dt/ha) |       | Energie<br>(MJ NEL/ha) |       | Roh-<br>protein<br>(kg/ha) |             |                                 | Roh-<br>faser<br>(g/kg<br>TM)                         | Roh-<br>protein<br>(g/kg<br>TM) | Energie<br>(MJ NEL<br>/kg TM) |            |      |      |   |
| 1        | 3   | 2             | 104,7 | bc                     | 64225 | cd                         | <b>1292</b> | e                               | -112  | 245                             | a                             | <b>124</b> | c    | 6,13 | c |
| 2        |   | 3             | 114,9 | a                      | 69818 | abc                        | <b>1422</b> | d                               | -86   | 249                             | a                             | <b>124</b> | c    | 6,07 | c |
| 3        | 2   | 97,2          | c     | 61623                  | d     | <b>1489</b>                | d           | -141                            | 216   | cd                              | <b>153</b>                    | b          | 6,35 | b    |   |
| 4        | 4   | 3             | 105,8 | bc                     | 66708 | bcd                        | <b>1617</b> | c                               | -119  | 221                             | bc                            | <b>153</b> | b    | 6,31 | b |
| 5        | 4   | 116,5         | a     | 72860                  | a     | <b>1792</b>                | b           | -103                            | 226   | b                               | <b>154</b>                    | b          | 6,26 | b    |   |
| 6        | 5   | 3             | 99,9  | c                      | 64955 | cd                         | <b>1789</b> | b                               | -150  | 200                             | e                             | <b>179</b> | a    | 6,50 | a |
| 7        |   | 4             | 112,7 | ab                     | 71483 | ab                         | <b>1951</b> | a                               | -123  | 212                             | d                             | <b>173</b> | a    | 6,34 | b |

Tab. 2: Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität auf TM-Ertrag, XP-Gehalt und XP-Ertrag; hier bezogen auf Variante 1 (= 100 %)

| Variante | TM-Ertrag | XP-Gehalt | XP-Ertrag |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1        | 100       | 100       | 100       |
| 2        | 110       | 100       | 110       |
| 3        | 93        | 123       | 115       |
| 4        | 101       | 123       | 125       |
| 5        | 111       | 124       | 139       |
| 6        | 95        | 144       | 138       |
| 7        | 108       | 140       | 151       |

Die Daten in Tab. 1 belegen, dass auch langjährig durchaus hohe Erträge bei Verzicht auf mineralische Düngung zu erzielen sind. Allerdings wurde durch die insgesamt mehr oder weniger stark unterbilanzierte Düngung, insbesondere durch den Verzicht auf mineralischen Stickstoffdünger, das natürliche Ertragspotenzial des Standorts nicht ausgeschöpft. Dieses liegt am Versuchsstandort Spitalhof durchschnittlich bei rund 130-140 kg TM/ha bzw. 2000-2300 kg XP/ha [1].

Anders als beim TM-Ertrag stiegen für den Fall, dass die Nutzungsintensität erhöht, jedoch die Düngung beibehalten wurde, die XP-Gehalte und die XP-Erträge. Die XP-Erträge nahmen kontinuierlich von der „extensivsten“ Variante (1) zur „intensivsten“ (7) hin zu. Bei letzterer lag der TM-Ertrag gegenüber der Variante 1 nur um knapp 8 % höher, der Rohproteinерtrag jedoch um 51 % (Tab. 2).

Die Steigerung des Gülleeinsatzes bewirkte pro Gabe (20 m<sup>3</sup>/ha) einen Mehrertrag von durchschnittlich 10,6 dt/ha an Trockenmasse sowie rund 150 kg XP/ha. Damit kann als ein wesentliches Ergebnis des Versuchs festgestellt werden, dass die Nährstoffe der dünnen Gülle (4,2 % TS) sehr gut ausgenutzt wurden, die Stickstoffwirkung der Gülle entsprach annähernd der von Mineraldünger am gleichen Standort ([2], [3]).

Tab. 3: XP-Gehalt einzelner Aufwüchse und deren prozentualer Anteil am XP-Jahresertrag

| Variante | XP-Gehalt (g XP/kg TM)<br>Aufwuchs |     |     |     |     | Anteil (%) am XP-Jahresertrag<br>Aufwuchs |    |    |    |    |
|----------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|----|
|          | 1                                  | 2   | 3   | 4   | 5   | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  |
| 1        | 103                                | 130 | 172 | -   | -   | 44  | 29 | 27 | -  | -  |
| 2        | 102                                | 129 | 175 | -   | -   | 42  | 30 | 28 | -  | -  |
| 3        | 144                                | 142 | 162 | 181 | -   | 32  | 21 | 25 | 22 | -  |
| 4        | 144                                | 140 | 165 | 182 | -   | 32  | 23 | 21 | 24 | -  |
| 5        | 145                                | 141 | 163 | 182 | -   | 30  | 22 | 24 | 24 | -  |
| 6        | 186                                | 156 | 169 | 191 | 201 | 23  | 18 | 18 | 20 | 21 |
| 7        | 180                                | 151 | 165 | 184 | 202 | 22  | 20 | 18 | 22 | 19 |

Für die Sicherung einer optimalen Qualität des geernteten Futters (140-180 g XP/kg TM sowie Energiedichte > 6,1 MJ NEL/kg TM) war ein früher erster Schnitt in der ersten Maidekade und damit verbunden eine Nutzungshäufigkeit von vier- bis fünf Schnitten pro Jahr notwendig.

Der Schnittzeitpunkt bzw. die Nutzungshäufigkeit erwiesen sich für den Rohproteingehalt (Tab. 1, 2, 3) und weitere Qualitätsparameter (Tab. 1) als wesentlich entscheidender als die Höhe der Düngung. Erkennbar ist in Tab. 1 zudem bei der Betrachtung der Rohfasergehalte im Futter die Tendenz, dass innerhalb einer gegebenen Schnittfrequenz eine ansteigende (N-) Düngung den Bestand etwas mehr „antrieb“, also etwas schneller altern ließ.

Dass mit zunehmender (N-)Düngung kein Anstieg der Rohproteingehalte (Tab. 1-3) zu erkennen ist, lässt vermuten, dass für den Bestand der Stickstoff knapper Faktor war und daher vordringlich in Ertrag umgesetzt wurde.

Während in Tab. 1 die XP-Gehalte ertragsanteilig als gewichtete Jahresmittel angegeben sind, zeigt Tab. 3 die durchschnittlichen Werte der einzelnen Aufwüchse. Auffallend sind bei den Dreischnittvarianten (Var. 1 und 2) gerade beim ersten, Anfang Juni genommenen Aufwuchs, der einen Anteil von über 40 % am gesamten XP-Ertrag hatte, die mit knapp über 100 g XP/kg TM sehr niedrigen Proteinkonzentrationen.

[2], [3] beobachteten zudem bei diesen beiden „Extensivvarianten“, dass mit dieser Bewirtschaftungsintensität auf diesem Standort im Allgäuer Alpenvorland, ganz im Gegensatz zu den Varianten 4-7, stabile und aus produktionstechnischer Sicht hochwertige Pflanzenbestände mit Weidelgrasanteilen von über 60 % und Futterwertzahlen von ca. 7,2 nach [4] nicht gehalten werden konnten. In abgeschwächter Form traf dies auch für Variante 3 mit viermaliger Nutzung, jedoch nur zwei Güllegaben zu.

Vergleicht man die XP-Konzentrationen der einzelnen Aufwüchse in Tab. 1 und 3 mit einem optimalen Korridor von 140-180 g XP/kg TM in der Rationsgestaltung für hochleistende Milchkühe [5], so zeigen sich gerade bei den Herbstaufwüchsen der Fünfschnittvarianten (6,7) auch Werte, welche deutlich über dem Optimum liegen.

Im Vergleich zu den bayerischen Faustzahlen zur Düngung [6], wo für Drei-, Vier- und Fünfschnittwiesen mittlere XP-Gehalte von 138, 170 und 176 g XP/kg TM veranschlagt werden, liegen die mittleren XP-Konzentrationen der Versuchsvarianten von 124 g XP/kg TM bei dreimaliger Nutzung bzw. 153-154 g XP bei viermaliger Nutzung unterhalb, dagegen Gehalte von 173-179 g XP/kg TM bei fünf jährlichen Schnitten im Bereich der Faustzahlen.

## 4 Fazit

Mit unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität (3-5 Nutzungen; 2-4 Güllegaben) wurden auf dem Versuchstandort im Allgäuer Alpenvorland im zehnjährigen Mittel Spannweiten von 1290 bis 1950 Kilogramm Rohprotein (XP) pro Hektar und Jahr sowie Spannweiten bei den XP-Gehalten von 124

bis 173 kg XP/kg TM im gewogenen Jahresmittel bzw. 102 bis 202 g XP/kg TM im Jahresverlauf erzielt. Eine Erhöhung der Schnitffrequenz war der maßgebliche Faktor, um die Rohproteingehalte zu erhöhen. Bei gegebenem Schnittregime wurde mit zunehmender Düngungsintensität Gülle-N als limitierender Faktor im Versuch (stark negativer N-Saldo) in TM- bzw. XP-Ertrag umgesetzt, während die Konzentrationen an XP in den einzelnen Aufwüchsen von der Düngungshöhe unbeeinflusst blieb.

## 5 Literatur

- [1] DIEPOLDER, M. und SCHRÖPEL, R. (2002): Ergebnisse eines Stickstoffsteigerungsversuches auf einer weidelgrasreichen Wiese im Allgäuer Alpenvorland. Schule und Beratung, Heft 4/02, IV-3-7. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- [2] DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S. (2010): Leistungsfähiges Grünland und Verzicht auf mineralische Düngung – sind hohe Erträge und Futterqualitäten möglich? Schule und Beratung, Heft 3-4/10, III-13-19, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- [3] DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S. (2011): Effekte unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität – Güllegaben und Nutzungshäufigkeit – bei einem Standort im Allgäuer Alpenvorland. In: Tagungsband Internationale Tagung „Gülle 11 – Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, 81-85, Hsg. Elsässer, Diepolder, Huguenin-Eli, Pötsch, Nußbaum, Meßner, Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg.
- [4] KLAPP, E., BOEKER, P., KÖNIG, F. und STÄHLIN, A. (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. Hannover (Verlag Schaper). Das Grünland 5, 2 S.
- [5] TECHOW, A., HERRMANN, A., KLUB, C, BERENDONC, C., DIEPOLDER, M., ELSÄSSER, M., GREINER, B., KAISER, T., RASCHBACHER, S. , WURTH, W. und TAUBE, F. (2013): Optimale N-Intesität auf dem Grünland: Funktionale Ableitungen auf Basis eines DLF-N-Steigerungsversuches. Siehe Beitrag im vorliegenden Tagungsband.
- [6] WENDLAND, M., DIEPOLDER, M. und CAPRIEL, P. (2012): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland - Gelbes Heft. 10. unveränderte Auflage 2012, LfL-Information, Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.

# Nachsaat von Leguminosen zur Steigerung der Eiweißerträge vom Grünland

M. Elsäßer<sup>1)</sup>, S. Engel<sup>1)</sup>, U. Thumm<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Landwirtschaftliches Zentrum (LAZBW), Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf

<sup>2)</sup>Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fruwirthstr. 23,  
70593 Stuttgart,

[Martin.Elsaesser@lazbw.bwl.de](mailto:Martin.Elsaesser@lazbw.bwl.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Die meisten Verbraucher in Deutschland wünschen sich eine nachhaltige Nahrungsmittelproduktion ohne den Einsatz von gentechnisch veränderten Organismen. Dem widerspricht die Deckung eines wesentlichen Anteils des Futtermittelbedarfs in der EU über Import-Futtermittel.

Für die Milchviehhaltung bietet sich daher eine verstärkte Nutzung des Protein-erzeugungspotenzials des Grünlandes an [1]. Neben dem Entwicklungsstadium der Aufwüchse zum Nutzungszeitpunkt nehmen die Leguminosenanteile wesentlichen Einfluss auf die Proteinerträge von Grünlandflächen. Durch die Stickstoffbindung der Leguminosen steht gleichzeitig eine vom Einsatz fossiler Energie unabhängige Stickstoffquelle zur Verfügung. Aus diesen Gründen hat sich die Landesregierung von Baden-Württemberg zum Ziel gesetzt, die heimische Eiweißproduktion zu steigern und fördert im Rahmen der „Eiweißinitiative Baden-Württemberg“ Anbauversuche zum Leguminoseneinsatz auf Acker und Grünland. Nach einer Abschätzung kann für Baden-Württemberg mit einem Eiweißpotential von ca. 800.000 Tonnen Eiweiß aus Grünland und Feldfutter gerechnet werden [2].

Das LAZBW Aulendorf hat sich gemeinsam mit der Universität Hohenheim zum Ziel gesetzt, im Rahmen der Eiweißinitiative die Möglichkeiten zur Steigerung der Proteinerträge vom Grünland durch Nachsaaten zu untersuchen. In Feldversuchen werden die Auswirkungen verschiedener Leguminosennachsaaten auf Bestandeszusammensetzung, Eiweißgehalte und Erträge über mehrere Jahre erfasst.

## 2 Material und Methoden

In Oberschwaben und auf der Schwäbischen Alb wurden 2012 Parzellenversuche und Praxisversuche bei Landwirten auf Dauergrünlandflächen angelegt.

In den Exaktversuchen (Blockanlage, Parzellengröße 10m<sup>2</sup>, 3 Wiederholungen) werden die in Tab. 1 dargestellten Varianten an den Standorten Aulendorf und Oberer Lindenhof (bei Würtingen) geprüft. Zur Vorbereitung und Vereinheitlichung der Ausgangsbestände wurde vor der Ansaat vorhandenen Leguminosen und Kräuter durch Herbizideinsatz beseitigt. Durch eine Zinkenegge wurden Lücken in den Beständen geschaffen. Die Ansaat erfolgte mit einer Parzellendrillmaschine mit Doppelscheibenscharen.

Tab. 1: *Versuchsvarianten Exaktversuche*

| Faktor                    | Faktorstufe   |
|---------------------------|---|
| Nachsaatart und Saatmenge | Null: Kontrolle ohne Nachsaat<br>WKL6: Weißklee 6 kg/ha<br>WKL15: Weißklee 15 kg/ha<br>RKL10: Rotklee 10 kg/ha<br>RKL20: Rotklee 20 kg/ha<br>LUZ10: Luzerne 10 kg/ha<br>LUZ20: Luzerne 20 kg/ha |
| Nachsaatzeitpunkt         | früh: Oberschwaben 19.06.2012, Schwäbische Alb 04.07.2012<br>spät: Oberschwaben 23.08.2012, Schwäbische Alb 27.08.2012  |

In Praxisversuchen auf landwirtschaftlichen Flächen (jeweils 5 Versuchsflächen in Oberschwaben und auf der Schwäbischen Alb) wurden in Streifenanlagen (2 Wiederholungen) verschiedenen Vorbehandlungen geprüft, auf die Variation von Saatstärke und Saatzeitpunkt wurde hier verzichtet (Tab. 2). Die Ansaaten erfolgte hier mit einem „Vredo“-Nachsaatgerät nach dem 2. Schnitt (Mitte Juni bis Mitte Juli).

Tab. 2: *Versuchsvarianten Praxisversuche*

| Faktor                    | Faktorstufe  |
|---------------------------|--|
| Behandlung                | ohne (Kontrolle)<br>Nachsaat<br>Egge und Nachsaat<br>Herbizid und Nachsaat |
| Nachsaatart und Saatmenge | Weißklee 10 kg/ha<br>Rotklee 20 kg/ha<br>Luzerne 20 kg/ha                  |

Zur Kontrolle des Nachsaaterfolgs wurde 2012 eine Auflaufbonitur durchgeführt. Es wurde das in Tab. 3 dargestellte Bewertungsschema zugrunde gelegt.

Ab 2013 erfolgt neben der Bonitur der Pflanzenbestände auch eine Ertragerfassung und eine Qualitätsanalyse der Aufwüchse.

Tab. 3: *Bewertungsschema Nachsaaterfolg*

|   |            |  |
|---|------------|--|
| 0 | ohne       | Nullparzelle (ohne Nachsaat)                                     |
| 1 | fehlend    | keine Keimpflanzen erkennbar                                     |
| 2 | gering     | einige Keimpflanzen erkennbar                                    |
| 3 | mittel     | mehrere Keimpflanzen erkennbar                                   |
| 4 | stark      | vereinzelte Reihen mit Keimpflanzen erkennbar                    |
| 5 | sehr stark | mehrere nebeneinander liegende Reihen mit Keimpflanzen erkennbar |

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Bisher stehen die Ergebnisse der Auflaufbonitur aus dem Ansaatjahr zur Verfügung. Die Boniturdaten der Exaktversuche sind in Abb. 1 dargestellt.

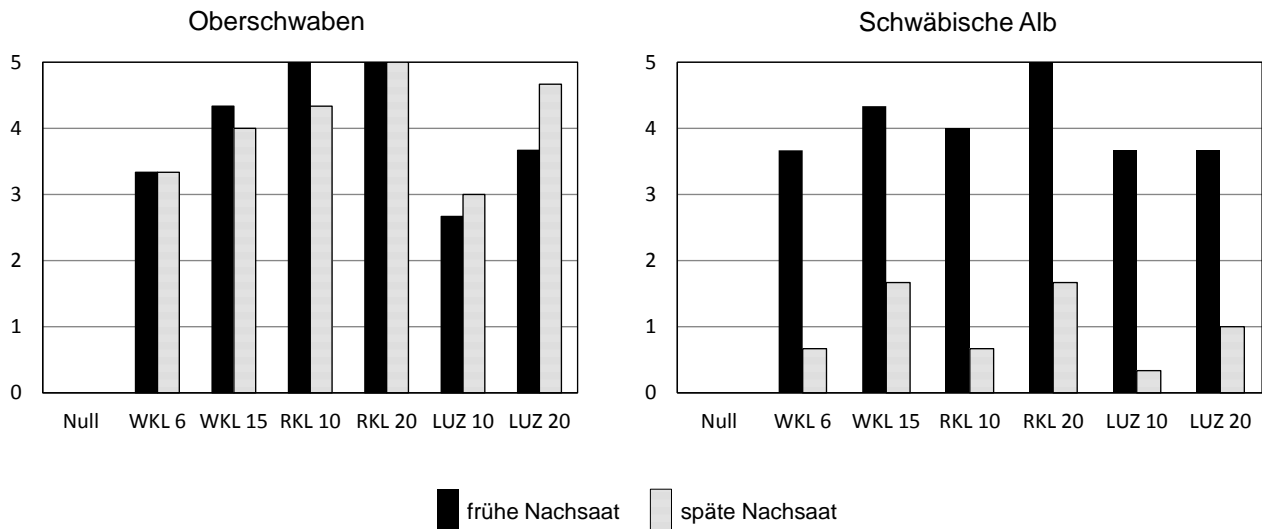


Abb. 1: Auflaufbonituren der nachgesäten Leguminosen in den Exaktversuchen an den Standorten Oberschwaben und Schwäbische Alb.

Der frühe Nachsaattermin ermöglichte an beiden Standorten einen guten Nachsaaterfolg, während bei später Nachsaat am Standort Schwäbische Alb nur noch ein geringe bis fehlende Etablierung zu beobachten war. Eine erhöhte Saatmenge führte, abgesehen von der frühen Luzernenachsaat auf der Schwäbische Alb, stets zu einer größeren Keimpflanzendichte. Insbesondere Rotklee erwies sich als konkurrenzstark und erreichte die höchsten Boniturnoten, während Weißklee und Luzerne sich nicht ganz so gut etablieren konnten. Am Standort Oberschwaben erreichte Luzerne bei der späten Ansaat als einzige Art eine höhere Keimpflanzendichte als beim frühen Termin.

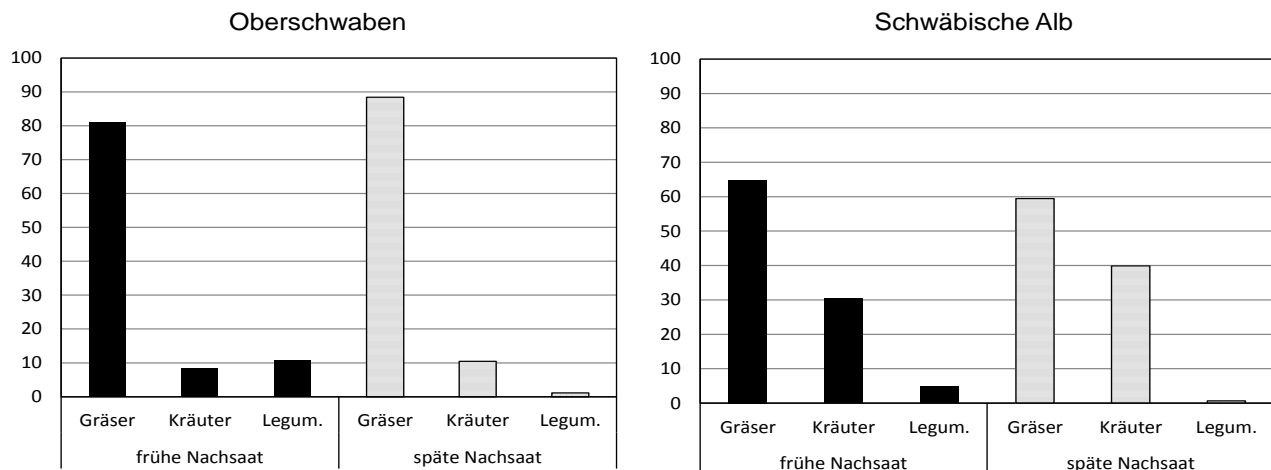


Abb. 2: Ertragsanteile (%) der Artengruppen (Exaktversuche, Mittel der Saatvarianten) an den Standorten Oberschwaben (18.09.2012) und Schwäbische Alb (22.10.2012).

Die Ertragsanteile der nachgesäten Leguminosen blieben, unabhängig vom Etablierungserfolg, sowohl in den grasreichen Beständen am Standort Oberschwaben wie auch in den kräuterreicheren Beständen auf der Schwäbischen Alb im Ansaatjahr relativ gering (Abb. 2).

Die in Praxisversuchen geprüften Vorbehandlungsmaßnahmen beeinflussten den Ansaaterfolg im Ansaatjahr unerwartet wenig (Abb. 3). Die durch die Vorbehandlungen geschaffenen Lücken fördern die Jungpflanzenentwicklung nicht wesentlich. Allerdings waren große Unterschiede zwischen den Versuchsflächen zu beobachten. Während an einzelnen Standorten der Nachsaaterfolg völlig ausblieb, war an anderen durchaus ein Einfluss der Vorbehandlungen erkennbar. Der in den

Exaktversuchen beobachtete Etablierungsvorteil von Rotklee ist hier nicht mehr eindeutig nachweisbar. Insbesondere am Standort Schwäbische Alb kann der Weißklee zum Teil bessere Boniturwerte als die anderen Arten erzielen.

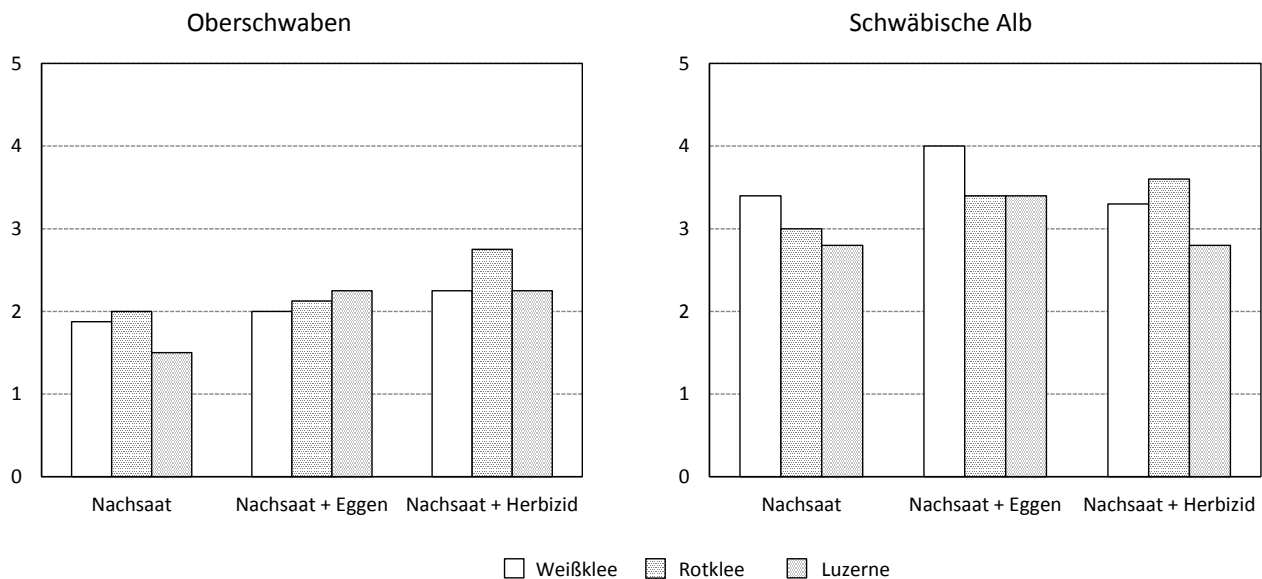


Abb. 3: Auflafbonitur in den Praxisversuchen (Mittel der 5 Versuchsflächen pro Standort)

## 4 Schlussfolgerungen

Zukünftig wird es immer wichtiger werden, das Potenzial der Leguminosen für die Proteinerzeugung auf dem Grünland zu nutzen. Daher werden in den nächsten Jahren Bestrebungen die Leguminosenanteile im Grünland zu steigern an Bedeutung gewinnen. Inwieweit das durch Nachsaaten erreicht werden kann, ist aus den ersten Ergebnissen im Ansaatjahr noch nicht abschließend zu beurteilen. Es zeigen sich jedoch Möglichkeiten auch bisher kaum für Nachsaaten eingesetzte Arten wie Rotklee und Luzerne erfolgreich zu etablieren. Diese Arten könnten im Hinblick auf ihre Ertragsleistung, obwohl die verfügbaren Sorten im Dauergrünland nur eine begrenzte Persistenz zeigen, bei regelmäßigen Nachsaaten den Proteinertrag nachhaltig steigern.

## 5 Literatur

- [1] BUCHGRABER, K. (2001): Eiweißersatz aus dem Grünlandfutter. Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten, Jahrestagung 2001 in Wolfpassing, 147-148.
- [2] ENGEL, S., ELSÄßER, M. und THUMM, U. (2013): Protein vom Grünland - Potenziale nutzen. Landinfo 1/2013, 9-14.

# Catera und Fleetwood zwei neue Luzernesorten aus dem bayerischen Genpool

S. Hartmann<sup>1)</sup>, C. Böhm<sup>2)</sup>, S. Schulze<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, IPZ4b, Am Gereuth 4, 85354 Freising

<sup>2)</sup>Saatzucht Steinach GmbH & Co KG, Wittelsbacherstraße 15, 94377 Steinach

[Stephan.hartmann@lfl.bayern.de](mailto:Stephan.hartmann@lfl.bayern.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Im Bereich der Rinderfütterung wird zunehmend wieder der hohe Wert von Luzerne wahrgenommen oder in der Praxis diskutiert. Für die Fütterung besonders im Hochleistungsbereich sind hohe Anteile (dünndarm-) verdaulichen Rohproteins vorteilhaft. Jede Erhöhung der Gehalte an Rohprotein bei gleichem physiologischem Alter der Pflanze verbessert bei entsprechendem Trockenmasseertrag den Ertrag an Rohprotein pro Hektar. Dieser Trockenmasseertrag kann nicht direkt aus den Wertprüfungsdaten abgelesen werden, da wie allgemein bekannt ist, der Rohproteingehalt vor dem Knospenstadium (25% RP) zur Blüte (19% RP) deutlich abnimmt [1].

Sorten die bei gleichem physiologischem Alter geringere Rohproteingehalte aber höhere Trockenmasseerträgen aufweisen, müssten also zur Erzielung vergleichbarer Futterqualitäten früher geschnitten werden, womit sich deren Ertragsvorsprung deutlich relativiert.

Die Ausrichtung der Produktion auf hohe Rohproteingehalte in den Aufwüchsen erhöht den Druck die Schnittfrequenz zu erhöhen und damit in Folge die Nutzungsdauer zu verkürzen, da die Zeiten zur Reservestoffeinlagerung geringer ausfallen. Höhere Rohproteingehalte ermöglichen bei gegebenem Entwicklungsstadium daher auch längere Zeiten zur Reservestoffeinlagerung und unterstützen die Wirtschaftlichkeit des Anbaus durch die größere Chance auf längere Anbauzeiträume.

Auf Grund dieser Sachverhalte wurde an der LfL bei der Bearbeitung des bayerischen Genpools schon langjährig neben der Verbesserung der Resistenzeigenschaften auf hohe Rohproteingehalte geachtet. Die Sorte Kiliana (Zulassung 1982-2002) stand bereits für diese Ausrichtung.

Züchterischer Ansatz ist hierbei die Selektion auf Blattreichtum und -größe sowie Feinstängeligkeit, da es als einfacher angesehen wird die Zahl und Ausprägung von Pflanzenorganen zu variieren, als deren Inhaltsstoffe.

2005 wurden Stämme an die Saatzucht Steinach abgegeben, von dieser auf Homogenität selektiert und November 2006 in das Zulassungsverfahren gegeben.



## 2 Ergebnisse

### Fleetwood - Blatt- und Eiweißreich

In Tab. 1 ist die Rohproteintrags-Berechnung aus den WP-Jahren 2009 – 2011 dargestellt [2]. Ist der Vergleich zur Wettbewerbssorte für Fleetwood günstig (besitzt Fleetwood also eine bessere Merkmalsausprägung) so ist das Tabellenfeld grün, fällt der Vergleich für Fleetwood ungünstig aus ist das Feld rot gefüllt.

Tab 1: Rohproteintrags-Berechnung 2. Schnitt anhand Wertprüfungsergebnisse 2009 - 2011

|                  | 2009                         | 2010        | 2011        | 2009-2011   | 2009                      | 2010         | 2011         | 2009-2011    | 2009                          | 2010        | 2011        | 2009-2011   |
|------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                  | Trockenmasse dt/ha Schnitt 2 |             |             |             | Rohprotein in % Schnitt 2 |              |              |              | Rohprotein in dt/ha Schnitt 2 |             |             |             |
| <b>Fleetwood</b> | <b>30,4</b>                  | <b>40,7</b> | <b>37,0</b> | <b>36,4</b> | <b>23,29</b>              | <b>22,37</b> | <b>22,09</b> | <b>22,61</b> | <b>7,08</b>                   | <b>9,10</b> | <b>8,17</b> | <b>8,23</b> |
| Fee              | 31,2                         | 39,1        | 35,7        | 35,6        | 22,38                     | 21,17        | 20,83        | 21,49        | 6,98                          | 8,28        | 7,44        | 7,65        |
| Sanditi          | 32,9                         | 43,2        | 39,5        | 38,9        | 22,25                     | 20,52        | 20,57        | 21,13        | 7,32                          | 8,86        | 8,13        | 8,22        |
| Daphne           | 30,6                         | 40,9        | 37,3        | 36,6        | 23,03                     | 21,19        | 20,53        | 21,64        | 7,05                          | 8,67        | 7,66        | 7,92        |
| Fiesta           | 29,0                         | 39,0        | 35,6        | 34,9        | 22,88                     | 21,35        | 20,84        | 21,74        | 6,64                          | 8,33        | 7,42        | 7,59        |
| Plato            | 30,4                         | 38,2        | 35,4        | 34,9        | 23,10                     | 21,13        | 21,53        | 21,92        | 7,02                          | 8,07        | 7,62        | 7,65        |
| Verko            | 30,3                         | 41,6        | 37,0        | 36,7        | 23,29                     | 20,98        | 20,96        | 21,77        | 7,06                          | 8,73        | 7,76        | 7,99        |
| Durschn. VRS     | 32,1                         | 41,1        | 39,5        | 37,2        | 22,32                     | 20,84        | 20,70        | 21,31        | 7,16                          | 8,57        | 8,18        | 7,93        |
| min              | 29,0                         | 38,2        | 35,4        | 34,9        | 22,25                     | 20,52        | 20,53        | 21,13        | 6,64                          | 8,07        | 7,42        | 7,59        |
| max              | 32,9                         | 43,2        | 39,5        | 38,9        | 23,29                     | 22,37        | 22,09        | 22,61        | 7,32                          | 9,10        | 8,17        | 8,23        |

Der prozentuale Rohproteingehalt in der Trockenmasse des 2. Schnittes weist Fleetwood über alle Prüffahre als leistungsstärksten Kandidaten aus. Die Differenzierung ist stark genug, um im Rohproteintrag je ha den anderen Sorten überlegen und Sanditi gleichgestellt zu sein.

Die höheren Trockenmasseerträge bei Sanditi und Daphne werden also mit geringeren Rohproteingehalten erreicht.

Die Bestätigung der Ergebnisse finden sich in den Tab. 2 bis 4 wieder. Es wurden Proben der internen Luzerneversuche (Tab. 2) vom Standort Steinach zur Futterqualitätsuntersuchung an die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU), gegeben. Die Proben aller getätigten Schnitte gingen in die Untersuchung ein. Die Ergebnisse bestätigen den vorteilhaften Rohproteingehalt von Fleetwood (Tab. 3).

Tab 2: Trockenmasse [dt/ha]

|                  | Trockenmasse (dt/ha) |                  |                  |                                  |                  |                  |                  |                  |                  |                                  |                                       |
|------------------|----------------------|------------------|------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
|                  | Schnitt 2 - 2010     | Schnitt 3 - 2010 | Schnitt 4 - 2010 | Durchschnitt aller Schnitte 2010 | Schnitt 1 - 2011 | Schnitt 2 - 2011 | Schnitt 3 - 2011 | Schnitt 4 - 2011 | Schnitt 5 - 2011 | Durchschnitt aller Schnitte 2011 | Durchschnitt aller Schnitte und Jahre |
| <b>Fleetwood</b> | <b>18,3</b>          | <b>17,1</b>      | <b>8,7</b>       | <b>14,7</b>                      | <b>16,8</b>      | <b>22,2</b>      | <b>11,9</b>      | <b>11,2</b>      | <b>6,2</b>       | <b>13,6</b>                      | <b>14,1</b>                           |
| Daphne           | 17,9                 | 17,5             | 9,2              | 14,9                             | 16,7             | 22,8             | 13,2             | 11,7             | 5,6              | 14,2                             | 14,4                                  |
| Sanditi          | 21,3                 | 17,6             | 7,8              | 15,6                             | 16,2             | 20,9             | 12,1             | 9,7              | 5,6              | 12,9                             | 13,9                                  |

Tab 3: Rohproteingehalt [kg/dt TM]

|                  | Rohprotein (kg/dt TM) |                  |                  |                                  |                  |                  |                  |                  |                  |                                  |                                       |
|------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
|                  | Schnitt 2 - 2010      | Schnitt 3 - 2010 | Schnitt 4 - 2010 | Durchschnitt aller Schnitte 2010 | Schnitt 1 - 2011 | Schnitt 2 - 2011 | Schnitt 3 - 2011 | Schnitt 4 - 2011 | Schnitt 5 - 2011 | Durchschnitt aller Schnitte 2011 | Durchschnitt aller Schnitte und Jahre |
| <b>Fleetwood</b> | <b>20,6</b>           | <b>24,2</b>      | <b>22,4</b>      | <b>22,4</b>                      | <b>22,7</b>      | <b>21,4</b>      | <b>25,9</b>      | <b>23,8</b>      | <b>27,8</b>      | <b>24,3</b>                      | <b>23,6</b>                           |
| Daphne           | 18,3                  | 22,5             | 21,0             | 20,6                             | 20,4             | 20,3             | 23,8             | 20,9             | 26,4             | 22,4                             | 21,7                                  |
| Sanditi          | 18,3                  | 22,7             | 21,2             | 20,7                             | 19,9             | 21,4             | 24,6             | 22,4             | 27,2             | 23,1                             | 22,2                                  |

Desweiteren findet hier die Aussage von [3] über die gegenläufige Korrelation von Trockenmasseertrag und Rohproteingehalt zum 1. Schnitt eine weitere Bestätigung.

Die im Trockenmasseertrag erster Schnitt um eine Note höher eingestufteten Sorten Daphne und Sanditi erreichen einen beträchtlich geringeren Rohproteintrag/ha. Die Differenz beläuft sich auf beachtliche 4 bzw 6 dt/ha im ersten Schnitt 2011 (Tab. 4). Fleetwood erreicht damit die aktuell höchste vergebene Note 7 im Rohproteingehalt.

Tab. 4: Rohproteinерtrag [dt/ha]

|           | Rohprotein (dt/ha) |                  |                  |                                  |                  |                  |                  |                  |                  |                                  |                                       |
|-----------|--------------------|------------------|------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
|           | Schnitt 2 - 2010   | Schnitt 3 - 2010 | Schnitt 4 - 2010 | Durchschnitt aller Schnitte 2010 | Schnitt 1 - 2011 | Schnitt 2 - 2011 | Schnitt 3 - 2011 | Schnitt 4 - 2011 | Schnitt 5 - 2011 | Durchschnitt aller Schnitte 2011 | Durchschnitt aller Schnitte und Jahre |
| Fleetwood | 37,8               | 41,4             | 19,6             | 33,0                             | 38,0             | 47,5             | 30,8             | 26,6             | 17,2             | 33,2                             | 33,2                                  |
| Daphne    | 32,7               | 39,3             | 19,4             | 30,6                             | 34,1             | 46,2             | 31,4             | 24,4             | 17,5             | 31,7                             | 31,3                                  |
| Sanditi   | 38,9               | 39,9             | 16,6             | 32,3                             | 32,1             | 44,7             | 29,6             | 21,8             | 15,3             | 29,8                             | 30,9                                  |

### Catera – gesund und standfest

Dass der bayerische Genpool trotz der deutlichen Ausrichtung auf hohe Rohproteingehalte genetisch breit aufgestellt ist, zeigt die Sorte Catera.

Bei Luzerne unterscheidet sich der Futterwert von Stängel und Blättern deutlich. Bei hoher Standfestigkeit ist also mit einer stärkeren Lignifizierung des Stängels zu rechnen. Die Verdaulichkeitsuntersuchungen von AQU weisen hier für Catera – bei dennoch guter Einstufung beim Merkmal Standfestigkeit - im Vergleich günstige Werte aus.

Daneben zeigt sich Catera im Rahmen der Wertprüfung bei den wichtigen Luzernekrankheiten weniger anfällig als vergleichbare Sorten des zugelassenen Sortimentes. So erreicht Sie bei Anfälligkeit gegenüber *Verticillium* und *Pseudeopeziza* 0,5 bzw. 0,8 Noten bessere Boniturergebnisse gegenüber Daphne. Bei Kleekrebs und LuzerneWelke schneidet sie gegenüber Sanditi 0,8 bzw. 1,0 Noten besser ab.

Neben guten agronomischen Eigenschaften überzeugt Catera durch einen sehr guten Samenansatz. In ersten Vermehrungen wurden Saatguterträge von bis zu 400 kg/ha erzielt. Derartige Erträge sind für Deutschland ungewöhnlich und lassen auf eine rasche Verfügbarkeit in der Praxis hoffen.

## 3 Literatur

- [1] ANONYMUS: (2011): LG-Futterwerttabellen. Wiederkäuer, 8., erweiterte und überarbeitete Auflage., Hrg. Dokumentationsstelle Universität Hohenheim, DLG-Verlag GmbH, ISBN: 3769006119
- [2] BUNDESSORTENAMT (2011): Beschreibende Sortenliste, Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. S. 29ff.
- [3] VERONESI, F.; BRUMMER, E.C. UND HUYGHE, C. (2010): Alfalfa. In Fodder Crops and Amenity Grasses. Series: Handbook of Plant Breeding; Boller, B., Posselt, U.K., Veronesi, F., Eds.; Springer: New York, Volume 5, pp. 395–437.

# Leguminosenanteile im bayerischen Grünland

S. Heinz, F. Mayer, G. Kuhn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Lange Point 12, 85354 Freising;

[sabine.heinz@lfl.bayern.de](mailto:sabine.heinz@lfl.bayern.de)

## Einleitung und Problemstellung

Grünland erfüllt unterschiedliche Funktionen. Für die Landwirtschaft steht die Produktion von hochwertigem Futter für die Erzeugung von Milch und Fleisch an erster Stelle. Daneben prägt Grünland das Bild der Kulturlandschaft und trägt zur Identifikation mit der Landschaft („Heimat“) und zum Erholungswert (Tourismus) bei [9]. Für Pflanzen und Tiere ist das Grünland ein wichtiger Lebensraum. Die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes hat einen wesentlichen Einfluss auf die Menge und Qualität des erzeugten Futters [10]. Gräser bilden den Hauptertragsanteil im Grünland, Kräuter erhöhen die Nutzungselastizität und den Mineralstoffgehalt des Aufwuchses und verbessern Schmackhaftigkeit und Verdaulichkeit [3]. Durch die Bindung von Luftstickstoff verbessern Leguminosen die Stickstoffversorgung des Bestandes. [3] geben als Zielwert ein Verhältnis von 70 % Gräsern, 15 % Kräutern und 15 % Leguminosen an. Daneben wird ein Futterwert von 6 bzw. 6,5 bis 8 ([11], [4]) als Ziel genannt.

## 2 Material und Methoden

Im Rahmen des Grünlandmonitoring Bayern wurden bei der Ersterhebung von 2002 bis 2008 insgesamt 6108 Wirtschaftsgrünlandflächen unterschiedlicher Nutzungen (Wiesen, Weiden, Almen) und Intensitäten vegetationskundlich untersucht [7]. Die Flächen wurden mit einem Bodenmagneten markiert und die Koordinaten aufgezeichnet, um das Wiederfinden zu ermöglichen. Von 2009 bis 2012 wurden ca. 2485 Flächen zum zweiten Mal erhoben. Für Vergleiche zwischen Ersterhebung (GLM1) und Wiederholung (GLM2) werden nur die Flächen verglichen, auf denen zwei Aufnahmen durchgeführt wurden (N=2485).

Für die Vegetationsaufnahme wurde in einem repräsentativen Teil des Bestandes eine kreisförmige Fläche von 25 m<sup>2</sup> ausgewählt und eine Liste aller vorkommenden Gefäßpflanzen-Arten erstellt. Nach der Methode von [5] wurde dann der Ertragsanteil jeder Art in Prozent sowie der Heuertrag (in dt/ha) des gesamten Bestandes geschätzt. Die Nomenklatur folgt weitgehend [12]. Entsprechend der Familienzugehörigkeit wurden die Arten den landwirtschaftlich relevanten Artengruppen 'Gräser' (G, Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae), 'Leguminosen' (L, Fabaceae) und 'Kräuter' (K, alle anderen Familien) zugeordnet. Da aus landwirtschaftlicher Sicht Süß- (G, Poaceae) und Sauergräsern eine ganz unterschiedliche Bedeutung zukommt, wurden die Sauergräser (Gs, Cyperaceae, Juncaceae) meist als eigene Gruppe untersucht. Für jede Vegetationsaufnahme wurde gewichtet nach dem Anteil der Arten am Ertrag Ellenberg-Zeigerwerte [2] sowie der Futterwert [1] berechnet. Weiterhin wurden Gruppen landwirtschaftlich besonders interessanter Arten gebildet. Einerseits wurden Arten, die oft zur Nachsaat empfohlen werden, zur Gruppe „erwünschte Arten“ mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*), Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*) und Weiß-Klee (*Trifolium repens*) zusammengefasst. Andererseits wurden Gräser und Kräuter, deren Nutzen auf Grund ihres

geringen Futterwertes oder ihrer Wachstumseigenschaften meist als gering eingeschätzt wird, die aber sehr häufig im Wirtschaftsgrünland vorkommen, von uns als „unerwünschte Arten“ zu einer Gruppe zusammengestellt. Dazu gehören Wiesen-Löwenzahn (*Taraxacum officinale*-Gruppe), Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*), Stumpfbblätteriger (*Rumex obtusifolius*) und Krauser Ampfer (*R. crispus*), Kriech-Quecke (*Elymus repens*) und Weiche Trespe (*Bromus hordeaceus*).

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Auf den Flächen des Grünlandmonitoring Bayern setzte sich der Ertrag durchschnittlich aus 73,1 % Gräsern (71,3 % Süßgräser), 19,5 % Kräutern und 7,4 % Leguminosen zusammen (Tab.1).

Die höchsten Ertragsanteile im Durchschnitt aller untersuchten Flächen erreichte der Wiesen-Fuchsschwanz (12,3 %; *Alopecurus pratensis*). Unter den Leguminosen kommt der Weiß-Klee (*Trifolium repens*) am häufigsten (76,9 % der Flächen und mit den höchsten durchschnittlichen Ertragsanteilen 5,6 % des Ertrages) vor. Besonders in den Grünlandgebieten im Moränengürtel erreicht Weiß-Klee hohe Ertragsanteile. Nur etwa auf der Hälfte der Flächen findet sich Rot-Klee (*T. pratense*, mittlerer Ertragsanteil 1,3 %).

Der Datensatz des Grünlandmonitoring Bayern ermöglicht es die untersuchten Flächen nach ihren Eigenschaften, z.B. nach dem Anteil von Gräsern, Kräutern und Leguminosen zu gruppieren. Nur 39 % der Flächen weisen einen Leguminosenanteil zwischen 5 und 25 % des Ertrages auf (Abb. 1). Wendet man das Ziel „70:15:15“ für die Verteilung des Ertrages auf die verschiedenen Artengruppen an, so befinden sich knapp 41 % der Flächen im Bereich eines Gräseranteils von 60 bis 80 % (Abb. 1). Weitere 35 % der Flächen haben einen Gräseranteil  $\geq 80$  %. Einen Kräuteranteil zwischen 5 und 25 % weisen 57 % der untersuchten Flächen auf. Alle drei Bedingungen – also Gräseranteil 60 bis 80 % und Kräuter- und Leguminosenanteil jeweils 5 bis 25 % - erfüllen gleichzeitig nur 1008 (entspricht 16,5 %) der untersuchten Flächen. Wird ein engerer Bereich für den Anteil von Kräutern und Leguminosen von 10 % bis 20 % Ertragsanteil verwendet, um den Zielbereich exakter zu treffen, bleiben nur 301 Flächen (4,9 %), die den Zielvorgaben entsprechen.

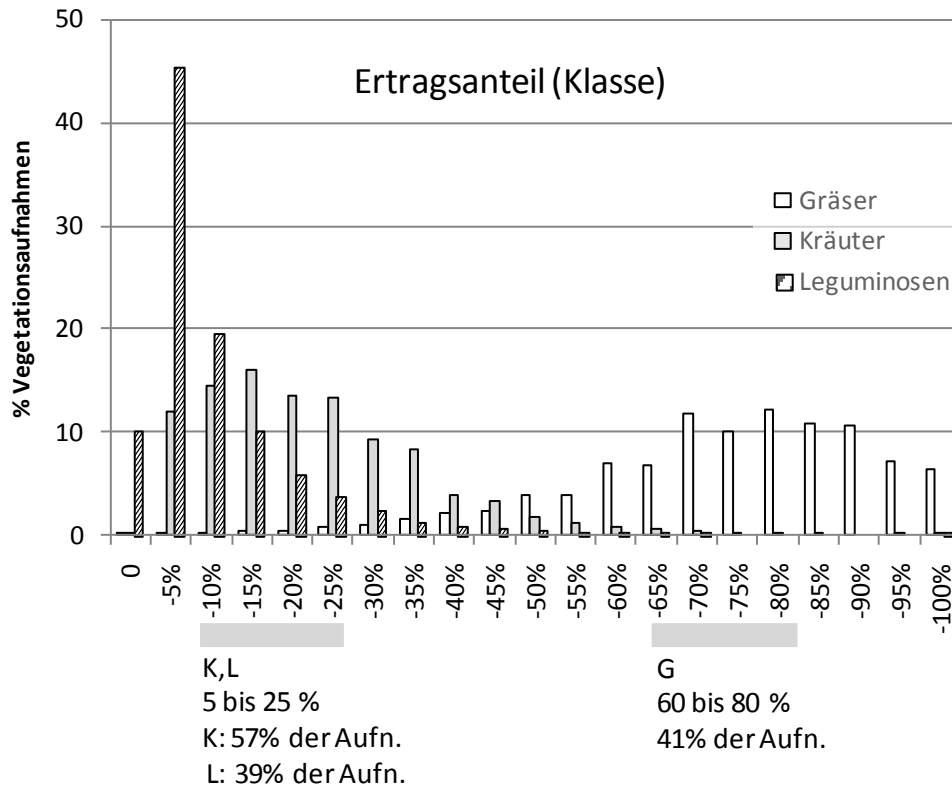


Abb. 1: Verteilung der Grünlandflächen in Ertragsklassen von Gräsern (G), Kräutern (K) und Leguminosen (L). Zielbereiche für die Pflanzengruppen sind mit grauen Balken gekennzeichnet und der Zielbereich sowie der Anteil der Aufnahmen in diesem Bereich unter der Graphik angegeben. (Sauergräser nicht dargestellt. Klasseneinteilung: z.B. -10 % entspricht Ertragsanteilen von 5 % bis 10 %.)

Die Verteilung der Flächen in Ertragsklassen zeigt, dass vor allem der geringe Anteil der Leguminosen, die den Schwerpunkt bei einem Ertragsanteil bis 5 % haben, und auch der zu hohe Gräseranteil vieler Flächen für die Abweichungen vom Ziel „70:15:15“ verantwortlich sind. Das Verhältnis von Gräser- und Leguminosenanteil hängt stark von der Stickstoffversorgung des Grünlandes ab. Der Ertrag der Gräser nimmt auf Kosten der Leguminosen bei einer reichlichen Stickstoffversorgung zu, ohne dass der Gesamtertrag sich verändert ([6], [8]). Das Verhältnis von Gräsern und Leguminosen am Ertrag im ersten Durchgang des Grünlandmonitorings könnte auf den sehr grasreichen Flächen auf eine Überversorgung mit Stickstoff hindeuten. Eine Verminderung der Stickstoff-Düngung im Grünland könnte zu einer Zunahme der Leguminosen am Ertrag beitragen, ohne den Gesamtertrag zu verringern.

Im Vergleich ähneln sich die Gruppen in den Standortfaktoren wie der Höhe und auch Temperatur- und Feuchtezahl stark, unterscheiden sich jedoch Nutzungsintensität und Bestandszusammensetzung (Tab. 1).

Tab. 1: Standort-, Bestandes- und Nutzungseigenschaften der Flächen des Grünlandmonitoring Bayern (GLM) insgesamt und der Flächen mit einem Gruppenanteil von etwa 70:15:15 Gräser, Kräuter, Leguminosen (GKL 70:15:15), einem Futterwert größer 7,5 (Fuw >7,5) bzw. einer Artenzahl (Az) von mehr als 24 Arten auf 25 m<sup>2</sup> in Kombination mit einem einem hohen Futterwert (Fuw >7).

|   | GLM         | GKL<br>70:15:15 | Fuw >7,5         | Az >24 &<br>Fuw >7          |
|---|-------------|-----------------|------------------|-----------------------------|
| N Aufnahmen/ % der Flächen                  | 6108 / 100% | 1008 / 16,5%    | 2599 / 42,6%     | 432 / 7,1%                  |
| Höhe ü NN (m)                               | 488,4       | 529,1           | 499,8            | 471,1                       |
| GV/ha (Betrieb)                             | 1,3         | 1,4             | 1,5              | 1,1                         |
| Heuertrag (dt/ha)                           | 69,0        | 73,0            | 76,6             | 66,3                        |
| Artenzahl                                   | 19,4        | 18,7            | 15,9             | 27,6                        |
| Süßgräser %                                 | 71,3        | 71,8            | 78,4             | 71,7                        |
| Kräuter %                                   | 19,5        | 15,5            | 11,9             | 20,9                        |
| Leguminosen%                                | 7,4         | 12,4            | 9,7              | 7,3                         |
| Futterwert                                  | 7,1         | 7,5             | 8,0              | 7,4                         |
| Stickstoffzahl                              | 6,4         | 6,6             | 6,8              | 6,4                         |
| Temperaturzahl                              | 5,8         | 5,9             | 6,1              | 5,6                         |
| Feuchtezahl                                 | 5,6         | 5,5             | 5,4              | 5,5                         |
| unerw. Arten (% Ertrag)                     | 15,6        | 16,2            | 15,9             | 10,1                        |
| erw. Arten (% Ertrag)                       | 17,8        | 26,1            | 28,5             | 16,7                        |
| <i>Hauptbestandsbildner (% der Flächen)</i> |             |                 |                  |                             |
| Wiesen-Fuchsschwanz                         | 21,0        | 21,6            | 19,2             | 29,2                        |
| Bastard-Weidelgras                          | 11,9        | 15,9            | 21,2             | 7,6                         |
| Deutsches Weidelgras.                       | 11,1        | 19,7            | 19,9             | 12,5                        |
| Knäuelgras                                  | 8,2         | 10,1            | 10,9             | 11,1                        |
| Glatthafer                                  | 5,9         | 3,2             | 4,3              | 10,9                        |
| weitere                                     |             |                 | Weiß-Klee<br>7,0 | Wiesen-<br>Schwingel<br>8,1 |
| <i>AUM-Maßnahmen (% der Flächen)</i>        |             |                 |                  |                             |
| kein AUM                                    | 24,5        | 25,9            | 33               | 11,6                        |
| kein fld. CP                                | 33,6        | 27,8            | 37,3             | 31,0                        |
| kein fld. CP und MD                         | 18,0        | 22,8            | 16,0             | 27,8                        |
| Ökolandbau                                  | 6,1         | 8,8             | 5,0              | 11,8                        |

AUM – Agrarumweltmaßnahmen, fld. CP – flächendeckender, chemischer Pflanzenschutz, MD - Mineraldüngung

Die Flächen des Grünlandmonitorings, die in der Verteilung der Gruppen Gräser, Kräuter und Leguminosen etwa dem Verhältnis 70:15:15 entsprechen, weisen einen höheren geschätzten Heuertrag (73 dt/ha) und auch einen höheren Futterwert (7,5) als der Durchschnitt aller Flächen auf (Tab. 1). Der Wiesen-Fuchsschwanz ist auch hier der häufigste Hauptbestandsbildner, jedoch ist der Anteil der Flächen, die durch Deutsches und Bastard-Weidelgras dominiert werden, größer als im Durchschnitt aller Flächen des Grünlandmonitorings. Wiesen, die der geforderten Bestandeszusammensetzung entsprechen, finden sich in allen bayerischen Naturräumen, kommen aber besonders häufig im Moränengürtel und im westlichen Teil des Hügellandes vor.

Der Vergleich der Ersterhebung mit der Wiederholung zeigt im Durchschnitt nur geringe Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung. Die mittlere Gesamtdeckung und der mittlere geschätzte Heuertrag der Flächen unterschieden sich zwischen erstem und zweitem Durchgang genauso wenig wie die mittlere Artenzahl. Durchschnittlich wurden auf den 2485 zweimal aufgenomme-

nen Flächen jeweils etwa 20 Arten / 25 m<sup>2</sup> gefunden. Durchschnittlich erreichten die Gräser in jeder Vegetationsaufnahme 72 %, Kräuter 20,3% bzw. 18,8 % und Leguminosen 7,8% bzw. 9,2 % des Ertrages in der Ersterhebung bzw. der Wiederholung. Im Vergleich zum ersten Durchgang zeigt sich eine deutliche Zunahme des Leguminosenanteils um 1,4 Prozent-Punkte bei gleichzeitigem Rückgang des Kräuteranteils (1,5 Prozent-Punkte).

## 4 Schlussfolgerungen

Die Verteilung von Gräsern, Kräutern und Leguminosen in Ertragsklassen im bayerischen Grünland deutet im Vergleich zum Zielwert von 15 % Leguminosen auf einen zu geringen Anteil von Leguminosen und einen zu hohen Anteil von Gräsern hin. Ziel der standortgerechten Nutzung ist unter anderem eine Abstimmung der Düngung auf die Nutzungsintensität. Da das Verhältnis von Gräser- zu Leguminosenanteil wesentlich von der Stickstoffversorgung abhängt, könnte bei den sehr grasreichen Beständen eine Stickstoffübersorgung vorliegen. Eine geringere Stickstoffversorgung könnte hier den Leguminosenanteil erhöhen und den Futterwert u.U. verbessern, ohne den Ertrag zu verringern.

## 5 Literatur

- [1] BRIEMLE, G., NITSCHKE, S. und NITSCHKE, L. (2002): Nutzungswertzahlen für Gefäßpflanzen des Grünlandes, Bonn (Bundesamt für Naturschutz). Schriftenreihe für Vegetationskunde 38: 203-225.
- [2] ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. und WERNER, W. (2003): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII. Datenbank, Göttingen (Goltze): 1 CD ROM.
- [3] ELSÄSSER, M., NEFF, R., TAUBE, F., RIEHL, F., JÄNICKE, H. und BOCKHOLT, K. (2009/2010a): Trends von Nord bis Süd. dlz spezial, Grünlandpraxis für Profis (3. Auflage), 6-11.
- [4] ELSÄSSER, M., STROTMANN, K. und BOCKHOLT, K. (2009/2010b): Grünland einfach beurteilen. dlz spezial, Grünlandpraxis für Profis (3. Auflage): 25-26.
- [5] KLAPP, E. und STÄHLIN, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Stuttgart (Ulmer): 122 S.
- [6] KOBLET, R. und SCHWENDIMANN, F. (1976): Über die langfristigen Auswirkungen differenzierter Düngung und Schnitthäufigkeit auf die Leistung und den Aufbau einer feuchten Fromentalwiese. Schweizerische landwirtschaftliche Forschung 15, 85-94.
- [7] KUHN, G., HEINZ, S. und MAYER, F. (2011): Grünlandmonitoring Bayern. Ersterhebung der Vegetation 2002-2008. LfL-Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3, 161 S.
- [8] NEFF, R. (2001): Nachhaltige Bestandslenkung durch Düngung und Nutzung als Basis für hohe Grundfutterqualität. BAL Bericht 7. Alpenländisches Expertenforum: Bestandesführung und Unkrautregulierung im Grünland, Schwerpunkt Ampfer, 21-24.
- [9] OPPERMANN, R. und BRIEMLE, G. (2009): Artenreiche Wiesen und Weiden, Umfang und Bedeutung für Baden-Württemberg. In: SCHREIBER, K.F.; BRAUCKMANN, H.J.; BROLL, G.; KREBS, S. und POSCHLOD, P. (Hrsg.): Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. - Heidelberg (Verlag regionalkultur) - Naturschutz-Spektrum-Themen 97: 49-62.

- [10] RESCH, R. (2007): Neue Futterwerttabellen für den Alpenraum. - 34. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 19.-20. April 2007: 61-75.
- [11] SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2002): KULAP und Grünlandvegetation. Auswirkungen des Agrarumweltprogramms „Umweltgerechte Landwirtschaft“, Teil KULAP I, auf die Grünlandvegetation in Sachsen. - Dresden - Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Heft 12 – 7. Jahrgang: 101 S.
- [12] WISSKIRCHEN, R. und HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Stuttgart. Ulmer: 765 S.



# Steigerung der Anthracoseresistenz von Rotklee durch rekurrente Selektion

I. Jacob<sup>1)</sup>, Dr. S. Hartmann<sup>1)</sup>, Dr. F. X. Schubiger<sup>2)</sup> und PD Dr. C. Struck<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Lange Point 12, 85354 Freising, Deutschland

<sup>2)</sup>Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191,  
8046 Zürich, Schweiz

<sup>3)</sup>Universität Rostock, Agrar- und umweltwissenschaftliche Fakultät, Professur Phytomedizin,  
Satower Str. 48, 18059 Rostock, Deutschland  
Irene.Jacob@LfL.bayern.de

## 1 Einleitung und Problemstellung

Anthracnose (*Colletotrichum trifolii*) hat in den letzten Jahren als Krankheit an Rotklee an Bedeutung gewonnen. Diese Pilzkrankheit kann zu einem erheblichen Verlust von Rotkleepflanzen in Rein- und Mischbeständen mit Gräsern führen. Falls es zu einem vermehrten Auftreten dieser Krankheit auf landwirtschaftlich genutzten Flächen kommt, wäre der Einsatz von Sorten mit einer hohen Resistenz ein vielversprechender Ansatz, um die Grundfuttermittellieferung, aber auch die Stickstoffversorgung v. a. ökologisch wirtschaftender, viehloser Betriebe abzusichern. Durch die Züchtung von resistenten Sorten spielt die Krankheit bei Rotklee in den USA nur noch eine untergeordnete Rolle [3].

In der vorliegenden Untersuchung sollte geprüft werden, ob die Methode der rekurrenten Selektion für eine Anhebung des Resistenzniveaus von Rotkleepopulationen genutzt werden kann.

## 2 Material und Methoden

Für die Massenauslese auf das Merkmal "Anthracoseresistenz" bildete der Gewächshausresistenztest nach der Methode von [2], modifiziert nach [1] die Grundlage. Nach Ablauf dieser Prüfung wurden von sechs ausgewählten Rotkleesorten überlebende Teilpopulationen (je 96 Pflanzen) ins Freiland gepflanzt. Die Bestäubung erfolgte sortenrein unter Isolierzelten durch den Einsatz von Hummelvölkern.

Nach der Ernte der Nachkommenschaften wurden jeweils 540 Pflanzen in vier Wiederholungen zusammen mit der Elternpopulation auf ihre Anthracoseresistenz im Gewächshaustest untersucht. Nach Beendigung der Prüfung wurden erneut Pflanzen der überlebenden Teilpopulationen sortenrein vermehrt und die Nachkommen im Resistenztest geprüft.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SAS 9.2.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse nach zwei Zyklen der rekurrenten Selektion zeigen, dass bei allen ausgewählten Sorten eine Verbesserung der Resistenz erreicht werden konnte (Abb. 1). Im Mittel wurde die Anthracoseresistenz um 17 bzw. 26 Prozentpunkte nach dem ersten bzw. zweiten Zyklus im Vergleich zur Elternpopulation verbessert.

Bei der Sorte Pavo, deren Ausgangspopulation bereits eine hohe Resistenz (84 % überlebende Pflanzen) aufwies, wurde nur noch eine tendenzielle Verbesserung beobachtet. Auch ist beim zweiten Zyklus keine Resistenzzunahme mehr festzustellen (93 % überlebende Pflanzen in der ersten bzw. zweiten Nachkommenschaft). Bei den übrigen geprüften Sorten, deren Ausgangsresistenz deutlich unter der von Pavo lag, wurde eine signifikante Anhebung des Resistenzniveaus erreicht. Der über beide Zyklen höchste Resistenzzuwachs wurde bei Lucrum erfasst (41 Prozentpunkte). Auch bei Kvarta wurde eine Anhebung des Resistenzniveaus um insgesamt 40 Prozentpunkte erzielt.

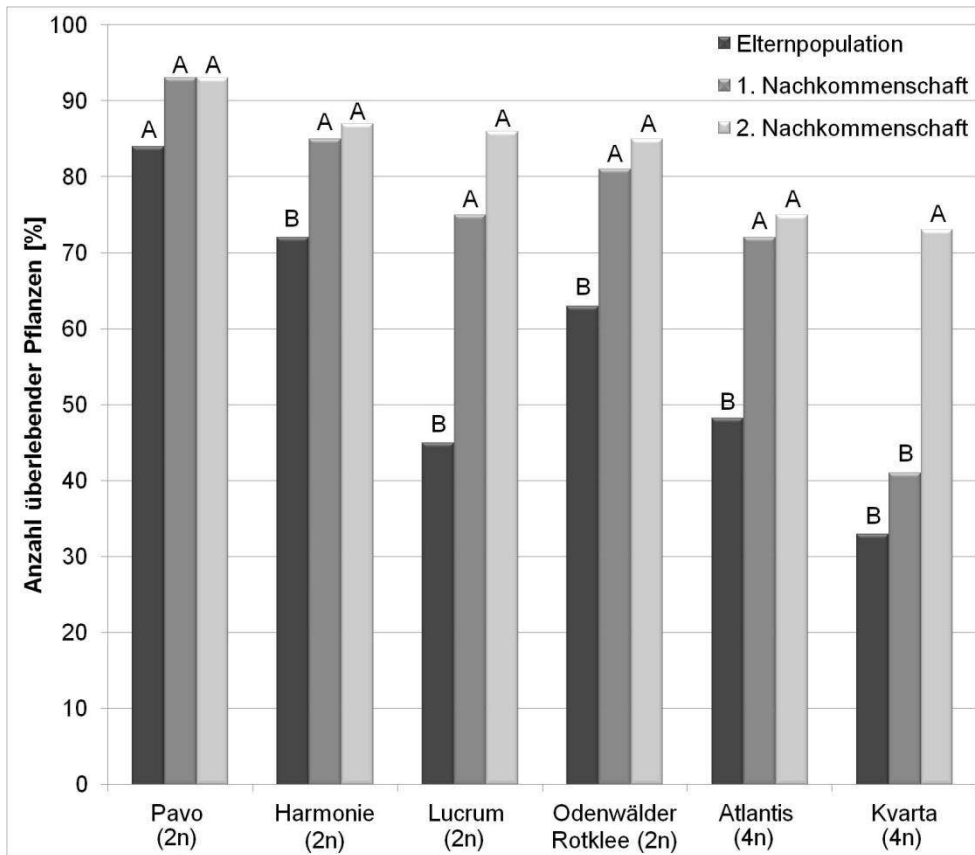


Abb. 1: Anzahl überlebender Pflanzen nach zwei Zyklen rekurrenter Selektion. 2n = diploid, 4n = tetraploid. Mittelwertvergleich verschiedener Generationen innerhalb der Selektionspopulation, gleiche Buchstaben zeigen nicht-signifikante Unterschiede, Simulate-Test,  $p < 0,05$ .

## 4 Schlussfolgerungen

Die hier dargestellten Ergebnisse zeigen, dass sich durch das Verfahren der rekurrenten Selektion die Anthracnoseresistenz von Rotkleepopulationen bereits nach einem Zyklus verbessern lässt. Für einen abgesicherten Züchterfolg ist es jedoch empfehlenswert, mindestens zwei Zyklen durchzuführen. Bei der Sorte Pavo, die bereits zu Beginn eine höhere Anthracnoseresistenz aufwies, war nur eine graduelle Zunahme zu beobachten. Ausgangspopulationen mit einer niedrigen Resistenz konnten bereits nach einer (Lucrum) bzw. zwei Zyklen (Kvarta) ein gutes Resistenzniveau (über 70 % überlebender Pflanzen) erreichen. In weiterführenden Untersuchungen soll ermittelt werden, inwieweit sich die Resistenz der ausgewählten Populationen durch weitere Zyklen des Verfahrens steigern lässt.

Die Förderung des Vorhabens erfolgte aus Mitteln des BÖLN unter dem FKZ 2806OE161.

## 5 Literatur

- [1] JACOB I., HARTMANN S., SCHUBIGER F.X. and STRUCK C. (2010): Genetic diversity of red clover varieties listed in Germany concerning the resistance to Southern Anthracnose. In: Grassland in a changing world. Grassland Science in Europe, Volume 15, 344-346.
- [2] SCHUBIGER F.X., STRECKEISEN P. and BOLLER B. (2003): Resistance to Southern Anthracnose (*Colletotrichum trifolii*) in Cultivars of Red Clover (*Trifolium pratense*). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 39 (Special Issue), 309-312.
- [3] TAYLOR N. L. (ed.) (1985): Clover science and technology. Amer. Soc. Agron. Madison, WI.

# Alternativen zu Mais im Futterbau – Aktuelle Ergebnisse von Feldversuchen in Gunstlagen

A. Wosnitza, S. Hartmann

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Am Gereuth 4, 85354 Freising,  
[Andrea.Wosnitza@lfl.bayern.de](mailto:Andrea.Wosnitza@lfl.bayern.de), [Stephan.Hartmann@lfl.bayern.de](mailto:Stephan.Hartmann@lfl.bayern.de)

## 1 Einleitung

Mais ist in Bayern neben Weizen die meist angebaute Ackerkultur [1]. Aufgrund der im niederbayerischen Landkreis Passau vorherrschenden günstigen Boden-Klima-Bedingungen ist Silomais dort die meist favorisierte Feldfrucht. In der Vergangenheit wurde er auf Grund seiner Selbstverträglichkeit dort in sehr engen Fruchtfolgen bis hin zur mehrjährigen Monokultur angebaut. Seit die Region im Einwanderungsgebiet des Westlichen Maiswurzelbohrers (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) liegt, ist dies problematisch. Durch den Quarantänestatus des Schädling hat sein Auftreten nicht nur mögliche Ertragseinbußen zur Folge sondern erzwingt auch die Einleitung von Ausrottungs- und Eingrenzungsmaßnahmen ([2], [3]). Dazu gehören neben dem Einsatz von Insektiziden, der Ausbringung natürlicher Feinde und soweit vorhanden, der Anbau von Sorten mit möglichst hoher Toleranz gegenüber diesem Schädling, auch die Einhaltung von Fruchtfolgen mit einem Mindestanteil anderer Kulturen. Je nach Produktionsausrichtung kann eine Einschränkung des Maisanbaues für die betroffenen Betriebe ökonomische Schäden und Benachteiligungen nach sich ziehen. Es galt diese zu quantifizieren.

Für die möglichen Alternativen Feldfutterbau (Futtergräser im Rein- und Gemengeanbau, Klee-grasmischungen), *Sorghum*-Arten (Sudangräser/Hirsen) und Getreide-Ganzpflanzensilage (GPS) lagen jedoch aus den bayerischen Befallsgebieten nicht genügend Daten für exakte Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit vor.

## 2 Material und Methoden

In 2009 wurden an den Standorten Rotthalmünster, Kirchham und Eggfling in Niederbayern, Landkreis Passau, im Bodenklimaraum 116 („Gäu, Donau- und Inntal“, Tab. 1) Feldversuche zum direkten Vergleichsanbau angelegt. Die einzelnen Standorte wurden so ausgewählt, dass sich ihre Böden geologisch unterschieden, um damit die Bodenvariation im Befallsgebiet hinreichend abzudecken. Es handelte sich um Blockanlagen mit vier Wiederholungen. Die Parzellengröße betrug für alle Kulturen 10 m<sup>2</sup>. Die Stufe „Intensität“ der Gräser-Mischungen war hierbei nur teilrandomisiert, da die „extensiven“ Varianten auf Grund des Erntemanagements an die Versuchsanlage angehängt werden mussten. Mit den „überjährigen Mischungen“ wurde ebenso verfahren. Bis auf die „mehrjährigen“ Klee-gräser rotierten alle anderen Kulturen im Anbau in den einzelnen Versuchsjahren.

**Gräser- und Kleegrasmischungen:** Das Sortiment umfasste 15 verschiedene Versuchsglieder (Tab. 2), die z.T. in zwei Schnitt-Intensitäten geprüft wurden. Die Intensität „intensiv“ umfasste fünf Schnitte pro Jahr, „extensiv“ war auf vier Schnitte pro Jahr ausgerichtet. Die fünfschnittigen Varianten sollte qualitativ hochwertiges Grobfutter erzeugen. Die vierschnittigen Varianten waren stärker auf Quantität als auf Qualität ausgerichtet, um die Möglichkeiten einer kostengünstigen Pro-

duktion für eine Verwertung der Aufwüchse in einer Biogasanlage ausloten zu können [6]. Um die Bedeutung standortangepasster Mischungen für den produktionstechnischen Erfolg in diesem Anbaubereich zu quantifizieren wurden bewusst auch regional nicht empfohlene Mischungen des Qualitätssegmentes in die Prüfungen mit einbezogen.

Die Versuchsglieder 6, 7 und 8 sind sogenannte „überjährige Mischungen“, d.h. die Beerntung erfolgt im Ansaat- und ersten Hauptnutzungsjahr, danach erfolgt ein Umbruch der Parzellen.

Tab. 1: Standortparameter

| Standort                                      | Rotthalmünster                   | Kirchham              | Egglfing           |
|---|----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Höhe (über NN)                                | 360 m                            | 335 m                 | 322 m              |
| langj. Mittel Niederschlag                    | 800-850 mm                       | 800-900 mm            | 800-900 mm         |
| Mittl. Tagestemperatur                        | 7-8°C                            | 8°C                   | 8°C                |
| Bodenart                                      | sL4D                             | SL6Alg                | sL4A1              |
| Bodenzahl                                     | 70                               | 36                    | 60                 |
| Ackerzahl                                     | 68                               | 36                    | 59                 |
| Geologie                                      | Tertiäres Hügelland              | Innterrassen-schotter | Flusssandsedimente |
| Klassenbeschrieb                              | Parabraunerde aus diluvialen Löß | Braunerde             | Aueboden           |
| pH-Wert (Okt. '09)                            | 6,7                              | 6,7                   | 7,2                |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g Boden) | 14                               | 54                    | 23                 |
| K <sub>2</sub> O (mg/100g Boden)              | 12                               | 27                    | 7                  |

Tab. 2: Übersicht der angebauten Gräser- und Kleegrasmischungen und deren Artenanteile

| Vgl | Mischungsbezeichnung                       | Bezug          | Artenzusammensetzung und %-Anteile |    |    |    |     |     |     |    |    |     |     |     |     | Saatstärke<br>kg/ha |      |
|-----|--|----------------|------------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|---------------------|------|
|     |  |                | WD                                 | WB | WV | WL | WSC | FEL | WRP | KL | GL | ROT | RKL | WKL | LUZ |                     |      |
| 1   | FM 3-K                                     | BQSM           |                                    |    |    | 22 | 41  |     |     |    |    | 15  |     | 7   | 4   | 11                  | 27,0 |
| 2   | FM 4-K                                     | BQSM           | 30                                 |    |    | 15 | 37  |     |     |    |    |     |     | 11  | 7   |                     | 27,0 |
| 3   | FM 4                                       | BQSM           | 19                                 |    |    | 15 | 33  |     |     |    |    |     |     | 22  | 11  |                     | 27,0 |
| 4   | A3   | EVA II Ref [2] | 43                                 | 26 | 31 |    |     |     |     |    |    |     |     |     |     |                     | 35,0 |
| 5   | A3 mit Klee                                | EVA II Ref [2] | 29                                 | 20 | 20 |    |     |     |     |    |    |     |     | 31  |     |                     | 35,0 |
| 6   | FE 1                                       | BQSM           |                                    |    |    | 19 | 43  |     |     |    |    |     |     | 38  |     |                     | 21,0 |
| 7   | FE 3-K                                     | BQSM           |                                    | 46 | 51 |    |     |     |     |    |    |     |     | 3   |     |                     | 36,0 |
| 8   | FM 2                                       | BQSM           |                                    |    |    | 10 | 20  |     |     |    |    |     |     |     |     | 70                  | 30,0 |
| 9   | Agravit 040R                               | Advanta        | 75                                 |    |    |    |     |     |     |    |    |     |     | 15  | 10  |                     | 32,5 |
| 10  | MG8 Standard                               | Freudenberger  |                                    |    |    | 17 | 50  |     | 10  |    |    |     | 10  | 7   | 7   |                     | 30,0 |
| 11  | Country 2052                               | DSV            | 30                                 | 10 | 10 | 10 | 20  | 20  |     |    |    |     |     |     |     |                     | 35,0 |
| 12  | Landgreen KG 550                           | BSV            | 43                                 |    |    | 15 | 14  |     | 6   | 6  |    |     |     | 4   | 7   | 5                   | 30,0 |
| 13  | Intensivmischung Kleegras                  | Andreae        | 30                                 |    |    | 23 | 20  |     |     |    |    |     |     | 20  | 8   |                     | 30,0 |
| 14  | Tetrafix intensiv m. Klee                  | Stroetmann     | 60                                 |    |    |    |     | 30  |     |    |    |     |     | 5   | 5   |                     | 40,0 |
| 15  | Mehrfähr. Kleegras m. Luzerne High Quality | Dehner         | 10                                 |    |    | 15 | 10  | 45  |     |    |    | 5   |     | 5   |     | 10                  | 30,0 |

**Abkürzungen:** WD Deutsches Weidelgras WB Bastardweidelgras WV Welsches Weidelgras WSC Wiesenschwingel FEL Festulium WRP Wiesenrispe  
 WL Wiesenlieschgras GL Glatthafer KL Knautgras ROT Rotschwingel RKL Rotklee WKL Weißklee LUZ Luzerne  
 BQSM Bayerisches Qualitätssaatgutmischung EVA II Ref Saatgutreferenz aus FNR-Projekt EVA II Wdh Wiederholung Vgl Versuchsglied

Die in den übrigen Mischungen verwendeten Sorten sind neben Ertrag auch auf hinreichend Ausdauer hin ausgewählt, da deren Beerntung im Ansaatjahr sowie im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr erfolgte. Die Versuchsglieder 1 bis 15 wurden „intensiv“ (5 Schnitte/a) geschnitten, Versuchsglieder 1 bis 5 wurden ergänzend für eine „extensive“ Nutzung (4 Schnitte/a) zusätzlich an die Anlage angehängt. Die Aussaat erfolgte unter die Deckfrucht Hafer (70 kg/ha), um im Ansaatjahr die Ertragsersparnis auf ca. 80 % eines Hauptnutzungsjahres ansetzen zu können ([4], [5]). In Tab. 2 sind die verschiedenen Artenanteile der einzelnen Mischungen aufgeführt.

**Silomais:** In Absprache mit der Arbeitsgruppe Pflanzenbausysteme und Züchtungsforschung bei Körner- und Silomais (IPZ 4a) der LfL wurden die Sorten Torres (S250), ES Bombastic (S240) und

PR 39 F 58 (S260) ausgewählt, da sie über eine hohe regionale Anbauakzeptanz verfügten und zugleich unterschiedliche Reifegruppen abgedeckt wurden.

**Sorghum-Arten:** In Absprache mit der heutigen Arbeitsgruppe Biomasse (IPZ 4c) wurden vier verschiedene *Sorghum*-Sorten (Mithril, Inka (jeweils *S. sudanense* × *S. bicolor*), Sucrosorgo 506, Branco (jeweils *S. bicolor*) und zwei Artenmischungen (Energimischung (*S. sudanense* × *S. bicolor*), Sorghum spezial (div. *Sorghum*-Arten) ausgewählt, die zum Zeitpunkt des Projektbeginns für den Anbau im süddeutschen Raum empfohlen wurden bzw. in Vorversuchen vielversprechende Ergebnisse gezeigt hatten [11].

**Getreide-Ganzpflanzensilage (GPS):** In Absprache mit der heutigen Arbeitsgruppe Biomasse (IPZ 4c) und der Arbeitsgruppe Pflanzenbausysteme bei Getreide (IPZ 2a) wurden schließlich die drei Arten Winterweizen (WW), Wintertriticale (TIW) und Winterroggen (WR) ausgewählt, da diese sich in vorangegangenen Versuchen als besonders massewüchsig herausgestellt hatten [8]. Je Art wurden zwei Sorten getestet (WW: Akrotos, Inspiration; TIW: Benetto, Trisol; WR: Visello, Balistic). Die TM-Erträge wurden bei GPS nur zweijährig getestet, da schon ausreichend regionales Datenmaterial zu dieser Kultur vorhanden war. In 2010 wurde die Wintertriticale-Sorte „Trisol“ als Versuchsglied 4 getestet, weil die ursprünglich geplante Sorte kurzfristig als Saatgut nicht zur Verfügung stand. In 2011 wurde „Trisol“ gegen die bewährte Sorte „Massimo“ ausgetauscht.

Für den Zeitpunkt des ersten Schnittes der Gräser-Mischungen gab es zwei Vorgaben: Die vielschnittigen Varianten sollten zu Beginn Ähren- bzw. Rispschieben (BBCH 51), die extensiv gehaltenen Varianten zum Ende Ähren- bzw. Rispschieben (BBCH 59) geerntet werden. Die Folgeschnitte wurden diesem Schnittregime angepasst.

Die Aussaat des Getreide-GPS fand 2009 Ende Oktober statt, in 2010 Anfang Oktober. Der Zeitpunkt der Ernte wurde für die GPS-Varianten zur Mitte der Milchreife (BBCH 73-75) festgesetzt.

Die Saat des Silomais fand in den Versuchsjahren immer um den 20. April statt. Der geeignete Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) war für die Ernte bestimmend und daher fand diese im Zeitraum von Ende September bis Anfang Oktober statt.

Als wärmeliebende Kultur wurden die *Sorghum*-Arten mit Anfang Juni spät gesät. Dieser Saatzeitpunkt sollte auch auf eine mögliche Kombination mit der Vorkultur Getreide-GPS abgestimmt sein [9].

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Ein Vergleich des TM-Ertrages der getesteten Kulturarten über die drei Versuchsjahre und Standorte ist in Abb. 1 dargestellt. Silomais zeigt relativ konstante TM-Erträge mit gleichzeitig geringer Streuung der Werte über die Jahre und Orte. Die restlichen Kulturen liegen von den Ergebnissen unter den Werten von Silomais, und zeigen eine mehr oder weniger starke Streuung innerhalb der einzelnen Standorte oder Jahre.

#### Nettoenergie-Laktation (NEL)

**Silomais:** Die getesteten Sorten erreichten von allen getesteten Kulturen die höchsten NEL-Werte, die zwar innerhalb der einzelnen Standorte variierten aber über die Versuchsjahre auf ähnlich hohem Niveau blieben (6,86 bis 7,33 MJ NEL/kg TM, Abb. 2).

**Sorghum:** Auch hier variierten die NEL-Werte sehr wenig an den einzelnen Standorten und über alle Versuchsjahre. Die Werte reichten von 5,32 bis 5,55 MJ NEL/kg TM.

**Getreide-GPS:** Diese Varianten wurden im Vergleichsanbau zweijährig geprüft. Für 2010 stehen keine Ergebnisse der Laboruntersuchungen zur Verfügung, da das Pflanzenmaterial nach der TS-

Bestimmung versehentlich entsorgt wurde. In 2011 waren höhere NEL-Werte erreicht worden als die der *Sorghum*-Arten. Die Werte lagen mit 5,53 bis 5,85 MJ NEL/kg TM aber niedriger als bei Silomais.

**Futtergräser und deren Gemenge:** Hier ist zwischen den intensiven, fünffach geschnittenen Varianten und den extensiven, vierfach geschnittenen und quantitativen Varianten zu unterscheiden. Die Futtergräser und deren Gemenge erreichten die zweithöchsten NEL-Werte von allen getesteten Kulturen. Sie lagen in der Höhe zwischen den Werten des Silomais und der Getreide-GPS-Varianten.

Die NEL-Werte der Futtergräser waren im Ansaatjahr 2009 allgemein niedriger als in den Folgejahren, wobei sie auch innerhalb der Standorte starke Unterschiede aufwiesen. In Rotthalmünster und Kirchham konnten nur Werte bis 5,67 MJ NEL/kg TM erreicht werden, in Eggfling dagegen lagen sie mit 6,58 MJ/kg TM sogar um 1 MJ/kg TM höher. Die niedrigeren NEL-Werte lassen sich durch die unterschiedliche Pflanzensammensetzung an den Standorten erklären. In Rotthalmünster und Kirchham waren die Bestände sehr reich an Leguminosen, in Eggfling sank dieser Anteil bis Jahresende leicht ab, was durch den dort stark nachmineralisierenden Boden zu erklären ist. Die Spanne der Werte aller Standorte in 2009 reichten für die intensiv geschnittenen Varianten von 5,63 bis 6,58 MJ NEL/kg TM und für die extensiv geschnittenen Varianten von 5,51 bis 6,53 MJ NEL/kg TM.

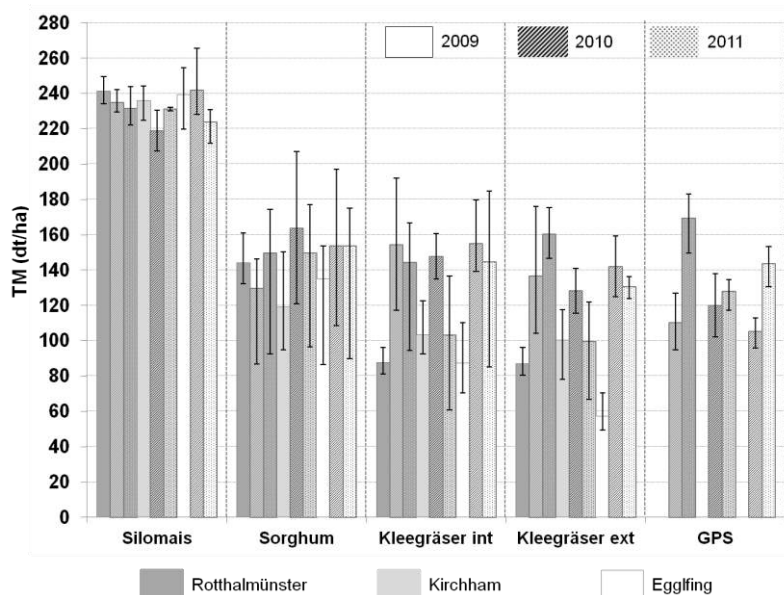


Abb. 1: Durchschnittliche TM-Erträge der geprüften Kulturen und deren Streuung (Range) über Versuchsstandorte und Jahre.

Im ersten Hauptnutzungsjahr 2010 waren die Schwankungen der Energiewerte dagegen nicht sehr ausgeprägt und sie lagen allgemein auf höherem Niveau als im Vorjahr. Die NEL-Werte bewegten sich in den intensiven Varianten von 6,36 bis 6,66 MJ NEL/kg TM, in den extensiven Varianten von 5,93 bis 6,45 MJ NEL/kg TM.

Im zweiten Hauptnutzungsjahr 2011 sanken die NEL-Werte leicht ab. Da es sich bei den Futtergräsern um eine mehrjährige Kultur handelt, zeigen Witterungseinflüsse (z.B. Auswinterung durch Kahlfröste), Bodeneinflüsse, Schädigungen durch Tiere und Unkrautdruck bei diesen Kulturen einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss und spiegeln sich in einer Veränderung der Pflanzensammensetzung wieder, was wiederum Auswirkungen auf die Energiedichte zur Folge hatte. In 2011 gab es nur leichte Schwankungen der NEL-Werte zwischen den Orten in den intensiven Vari-

anten, es wurden Werte von 5,89 bis 5,93 MJ NEL/kg TM erreicht, die extensiven Varianten erzielten Werte von 5,46 bis 5,94 MJ NEL/kg TM.

**Rohproteingehalte**

**Futtergräser und deren Gemenge:** Die Rohproteingehalte der Futtergräser und deren Gemenge waren im Vergleich zu den anderen Kulturen am höchsten. In 2009 konnten bei den intensiven Varianten sehr hohe Werte erreicht werden, sie beschrieben eine Spanne von 16,75 % bis 21,56 % bezogen auf die TM. Die extensiven Varianten lagen mit 14,06 % bis 19,57 % in TM unter diesen Werten (Abb. 2).

2010 konnten die hohen Rohproteingehalte des Vorjahres nicht mehr erreicht werden. Die intensiven Varianten hatten Gehalte von 15,10 % bis 16,71 %, die extensiven von 12,15 % bis 14,84 %. Am Standort Rothalmünster blieb der hohe Anteil der Leguminosen im Vergleich zum Vorjahr konstant, wobei an den Standorten Kirchham und Eggfing ein mehr oder weniger langsamer Rückgang dieser Pflanzen zu erkennen war, der sich auch in niedrigeren Proteingehalten niederschlug. 2011 konnte ein ähnlicher Verlauf der Kurven wie 2010 festgestellt werden, allerdings mit leicht erhöhten Werten. Diese reichten bei den intensiven Varianten von 16,39 % bis 17,51 % und von 13,41 % bis 14,51 % bei den extensiven. Die Varianten am Standort Eggfing, inzwischen alle reine Gräserbestände, lagen an letzter Stelle.

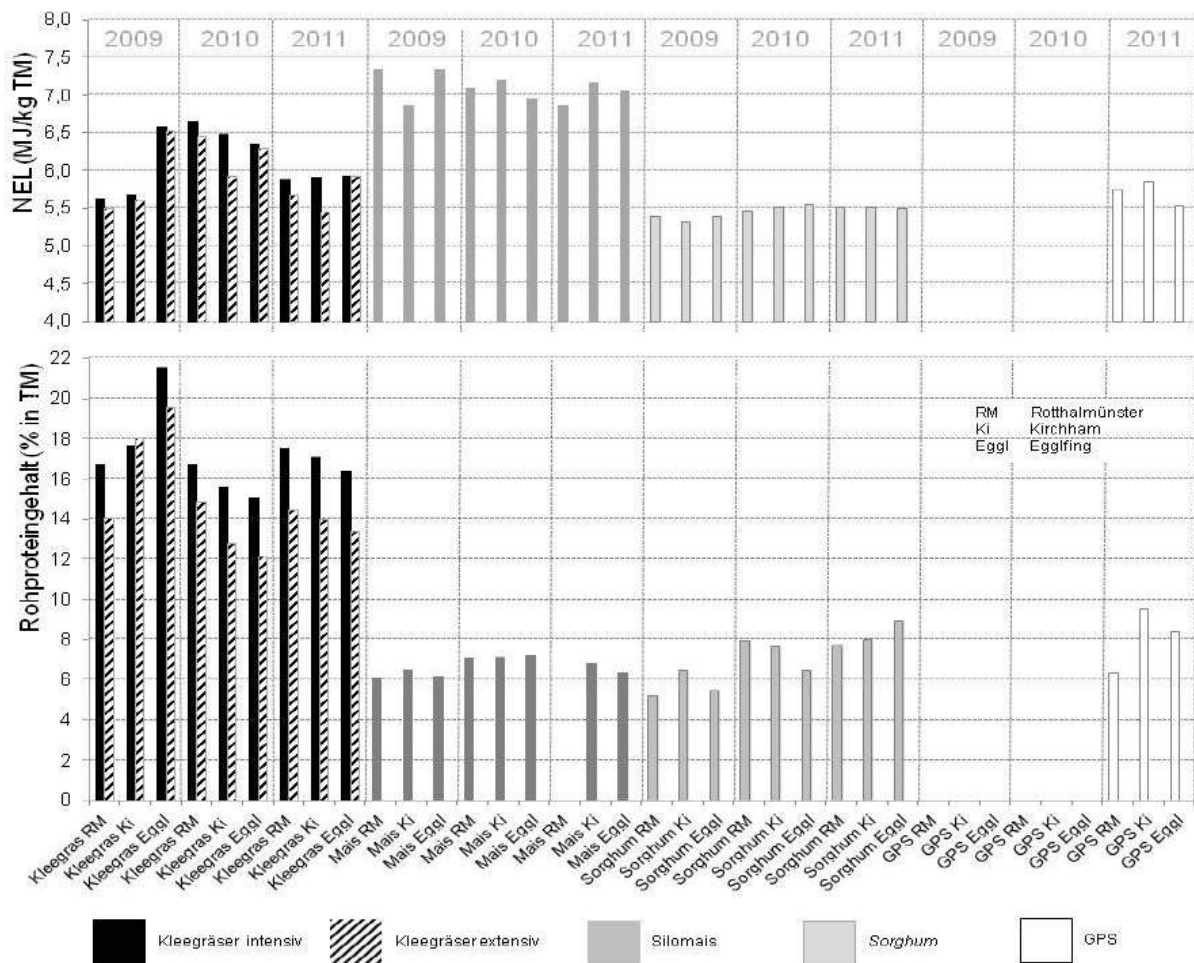


Abb. 2: Darstellung der Nettoenergie Laktation (MJ/kg TM) und des Rohproteingehaltes (% in TM) der getesteten Kulturen über Versuchsstandorte und –jahre.



**Silomais** erreichte nur ca. ein Drittel des Proteingehaltes, den die Futtergräser enthielten. 2009 betrug die Spanne der Proteingehalte 6,12 % bis 6,46 %, 2010 reichte sie von 7,06 % bis 7,23 % und 2011 lag sie zwischen 6,37 % und 6,82 %. Die Werte variieren zwischen den drei Sorten nur schwach. Vom Standort Rotthalmünster sind aus dem letzten Versuchsjahr keine Laborwerte zu den Rohproteingehalten vorhanden.

**Sorghum:** Diese Varianten erzielten ähnlich hohe Proteingehalte wie der Silomais. Die Werte lagen 2009 zwischen 5,19 % und 6,47 %, in 2010 erreichten sie 6,42 % bis zu 7,96 % und in 2011 konnten Proteingehalte von 7,66 % bis 8,93 % erzielt werden. Die Streuung der Werte ist allerdings stärker als bei Silomais.

**Getreide-GPS:** Wie schon bei den NEL-Ergebnissen erwähnt, liegen für diese Varianten nur Werte für 2011 vor. Sie bewegten sich im Bereich von Silomais und den *Sorghum*-Arten. Es wurden Proteingehalte von 6,32 % bis 9,53 % der TM erreicht.

Detaillierte Ergebnisse zu allen Einzelvarianten sind im Tagungsband zur Internationalen Fachtagung zum Forschungsprogramm zur Bekämpfung des Westlichen Maiswurzelbohrers, 2012, veröffentlicht.

## 4 Zusammenfassung

Es wurden aktuelle regionalspezifische Daten zu Ertrag und Qualität von alternativen Futterpflanzen zu Silomais in einer bayerischen Gunstlage des Silomaisanbaus über einen Versuchszeitraum von drei Jahren untersucht. Dabei wurden regional empfohlene Silomaisorten mit Futtergräsern und Klee gras gemengen, *Sorghum*-Arten (Sudangräser und Hirsen) sowie Getreide-Ganzpflanzensilagen verglichen. Die Silomaisvarianten erzielten über den Versuchszeitraum mit ca. 230 dt/ha die höchsten und konstantesten Trockenmasse-Erträge (TM) bei gleichzeitig geringer Streuung der Einzelwerte. Die TM-Erträge der *Sorghum*-Arten lagen ca. 30 – 50 dt/ha unter den Erträgen von Silomais. Zudem schwankten die Sudangräser und Hirsen sehr stark in den Erträgen und es konnten bei fast allen Varianten mit Werten weit unter 28 % keine silierfähigen Trockensubstanz-Gehalte bis zur Ernte erreicht werden. Die Klee gräser erzielten TM-Erträge auf dem Niveau von *Sorghum* jedoch auf deutlich stabilerem Niveau. In Verbindung mit gut silierbaren Trockensubstanz-Gehalten dienen sie als hochqualitative und etablierte Alternativen zu Mais für die Silage. Die Getreide-Ganzpflanzensilagen erzielten Erträge bis zu 78 % verglichen zu Silomais. Einzelne angepasste Sorten oder Mischungen der Alternativkulturen reichten bis ca. 80 % an den Ertrag des Silomais heran. Die Werte der Netto-Energie-Laktation (NEL) zeigten, dass Silomais von allen getesteten Kulturen die höchsten NEL-Werte erreichte, gefolgt von den Futtergräsern und deren Gemengen und den Getreide-GPS-Varianten, wobei es für GPS nur einjährige Ergebnisse gab. Die niedrigsten NEL-Werte zeigten die *Sorghum*-Arten. Beim Vergleich der Rohproteingehalte waren die Futtergräser den anderen Kulturen weit überlegen. Silomais, die *Sorghum*- und die Getreide-GPS-Varianten hatten Rohproteingehalte, die etwa im Bereich der Hälfte der Werte der Futtergräser lagen.

## 5 Schlussfolgerungen

An den Standort angepasstes Klee gras stellt in Gunstlagen des Maises für den Futterbau bei Fruchtfolgeauflagen als ergänzende Alternative zu Silomais eine gute Lösung vor GPS und *Sorghum* dar. Parallele Versuche der LfL zeigen, dass eine Kombination von Getreide-GPS und Klee gräsern möglicherweise noch günstiger gewesen wären [8].

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2012): Bayerischer Agrarbericht 2012.
- [2] BOEGEL, C., (2012): Westlicher Maiswurzelbohrer - Biologie und Bekämpfung, <http://www.lfl.bayern.de/ips/pflanzengesundheit/27664/index.php>, 18.02.2013, 12:03.
- [3] BUNDESMINISTERIUMS DER JUSTIZ (2008): Verordnung zur Bekämpfung des Westlichen Maiswurzelbohrers (MaiswBekV), <http://www.gesetze-im-internet.de/maiswbekv/index.html>.
- [4] KELLER, E. R., HANUS, H. UND HEYLAND, K.-U. (1997): Handbuch des Pflanzenbaus 1, Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion, Stuttgart (Hohenheim), Ulmer, S, 566/590.
- [5] HARTMANN, S., GEHRING, K. UND ZELLNER, M. (2006): Pflanzliche Erzeugung, Grundlagen des Acker- und Pflanzenbaus der guten fachlichen Praxis, der Verfahrenstechnik - Produktions- und Verfahrenstechnik der Kulturpflanzen - Dauergrünland - Sonderkulturen - Nachwachsende Rohstoffe - Ökologischer Landbau – Feldversuchswesen - Naturschutz und Landschaftspflege; Hrsg. BLV Buchverlag, 12. Auflage, 2006, Seite 729-731.
- [6] HARTMANN, S., DIEPOLDER, M. UND LICHTI, F. (2011): Grünland als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern Nr. 1-12/2011, Hrsg. ALB Bayern e.V..
- [7] HARTMANN, S., HOFMANN, D., LICHTI, F. UND GEHRING, K. (2011): Weidelgras-Untersaaten in Wintergetreide zur GPS-Nutzung als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern Nr. 1-16/2011, Hrsg. ALB Bayern e.V..
- [8] STICKSEL, E. (2010): Wintergetreide zur Erzeugung von Ganzpflanzensilage als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern, Nr. I –2/2010, Hrsg. ALB Bayern e.V..
- [9] STICKSEL, E., SALZEDER, G., EDER, J. UND AIGNER, A. (2010): Zweikulturnutzungssystem (ZKNS) im Vergleich zu herkömmlichen Anbauverfahren. In: Biogas Forum Nr. 1-10/2010, Hrsg. ALB Bayern e.V..
- [10] TAGUNGSBAND ZUR INTERNATIONALEN FACHTAGUNG ZUM FORSCHUNGSPROGRAMM ZUR BEKÄMPFUNG DES WESTLICHEN MAISWURZELBOHRERS, 14.-16.11.2012 Berlin und Endbericht (in press).
- [11] ZEISE, K. UND FRITZ, M. (2011): Sorghum als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern Nr. I –1/2011, Hrsg. ALB Bayern e.V.

## 7 Danksagung

Wir danken der HLS Rothalmünster für die logistische Unterstützung des Projektes. Die Förderung des Forschungsvorhabens erfolgte aus Mitteln des StMELF (FKZ A/09/01).

# **Einfluss organischer Dünger auf botanische Zusammensetzung und Futterinhaltsstoffe von Grünlandpflanzenbeständen eines Flussauestandortes**

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

<sup>2)</sup>Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Grünland und Futterbau, 99869  
Wandersleben, Bahnhofstr. 1a  
[hossam.alaid@hu-berlin.de](mailto:hossam.alaid@hu-berlin.de)  
[hermann.giebelhausen@agrar.hu-berlin.de](mailto:hermann.giebelhausen@agrar.hu-berlin.de)  
[h.hochberg@wadersleben.tll.de](mailto:h.hochberg@wadersleben.tll.de)

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Der Nährstoffersatz der Wiesen erfolgt in Ökobetrieben oft im Herbst durch wirtschaftseigene Dünger. Auf Standorten mit Hochwassergefahr dürfen diese aus Verwertungs- und Umweltschutzgründen erst im Frühjahr ausgebracht werden. Das kann dazu führen, dass Festmist bis zu seiner Umsetzung die Pflanzen längere Zeit bedeckt und damit sowohl ihre botanische Zusammensetzung als auch ihre Futterinhaltsstoffe für den Einsatz als Futtermittel beeinflusst. Da die Wirkung verschiedener organischer Dünger auf Flussaue-Grünland wenig untersucht ist, wurde im Frühjahr Jahr 2010 in einem Ökobetrieb der Spree-Flussaue bei Berlin ein Freilandexperiment angelegt. Daraus werden dreijährige Ergebnisse zur Wirkung organischer Dünger bei Frühjahrsanwendung auf die botanische Zusammensetzung und ausgewählte Futterinhaltsstoffe der Primäraufwüchse der Grünlandbestände in Abhängigkeit von Nutzungsfrequenz sowie Düngerart und -menge vorgestellt.

## **2 Material und Methoden**

Als Versuchsstandort wurde eine Grünlandfläche in einem Ökobetrieb der Spree-Flussaue, 40 km südöstlich Berlins im Land Brandenburg gewählt. Die Fläche wird seit 1990/1991 als extensive Mutterkuh-Mähstandweide genutzt. Der Boden der Versuchsfläche ist sandig bis humos und insgesamt sehr heterogen [4]. Er wird vom Wasserstand der Spree beeinflusst und es besteht Hochwassergefahr. Die pH-Werte des Bodens liegen im Bereich von 5,0 bis 5,5. Am Standort beträgt die Jahresmitteltemperatur 9,4°C und im langjährigen Mittel fallen 577 mm Niederschlag [1]. Die Niederschläge der Versuchsjahre 2010 und 2011 lagen mit 602 mm bzw. 677 mm deutlich über und im Jahr 2012 mit 534 mm unter dem langjährigen Normalwert. Nach sehr hohen Niederschlägen im November und Dezember 2010 führte die Spree Hochwasser, so dass die Fläche von Mitte Dezember 2010 bis Mitte März 2011 überschwemmt war. Demgegenüber herrschte im Jahr 2012 Frühjahrstrockenheit.

Im Frühjahr 2010 erfolgte die Einrichtung des Parzellenversuches als zweifaktorielle Spaltanlage [(A/B)-Block] mit vier Wiederholungen und einer Ernteparzellengröße von 15 m<sup>2</sup>. Die Versuchsfaktoren und -stufen sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Versuchsfaktoren und -stufen des Grünlandversuches zum Einsatz organischer Dünger in Abhängigkeit von Nutzungsfrequenz sowie Düngerart und -menge in der Spree-Flussaue

| Faktor             | Faktorstufen   |  |
|--------------------|----------------|--|
| A Nutzungsfrequenz | a <sub>1</sub> | 3 Schnitte/Jahr                                  |
|                    | a <sub>2</sub> | 4 Schnitte/Jahr                                  |
| B Düngung          | b <sub>1</sub> | ohne organische Düngung, Kontrolle               |
|                    | b <sub>2</sub> | mit organischer Düngung, Mutterkuhmist 0,5 DE/ha |
|                    | b <sub>3</sub> | mit organischer Düngung, Pferdemist 0,5 DE/ha    |
|                    | b <sub>4</sub> | mit organischer Düngung, Gärrest 0,5 DE/ha       |
|                    | b <sub>5</sub> | mit organischer Düngung, Mutterkuhmist 1,4 DE/ha |
|                    | b <sub>6</sub> | mit organischer Düngung, Pferdemist 1,4 DE/ha    |
|                    | b <sub>7</sub> | mit organischer Düngung, Gärrest 1,4 DE/ha       |

Nach Biopark-Düngeverordnung entsprechen 0,5 Düngungseinheiten (DE) 40 kg N/ha und die Höchstmenge von 1,4 DE = 112 kg N/ha. Der eingesetzte Mutterkuh- und Pferdedung kommt aus dem Bio-Grünlandbetrieb Lehmann GbR. Der Gärrest wurde aus einer Biogasanlage mit Vergärung von Milchviehgülle bezogen. Vor der Düngerausbringung erfolgte eine Analyse ihrer Inhaltsstoffe. Nach ihrem N<sub>t</sub>-Gehalt wurden die N-Düngermengen errechnet und jährlich in einer Gabe Anfang April ausgebracht. Zu Versuchsbeginn 2010 bestand die Grünlandnarbe vorrangig aus *Alopecurus pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., *Poa pratensis* L., sowie aus *Taraxacum officinale* L., *Achillea millefolium* L. und *Rumex acetosa* L., so dass der Grünlandpflanzenbestand als Wiesenfuchschwanzwiese (*Alopecuretum*) trockener Ausprägung angesprochen werden kann. Die botanische Zusammensetzung der Bestände wurde vor jeder Nutzung nach der Methode von KLAPP/STÄHLIN erfasst und die Parzellen mit dem Motormäher geerntet. Aus der Erntefrischmasse jeder Parzelle wurden Proben zur TS-Bestimmung (Trocknung bei 60 °C bis zur Massekonstanz) entnommen und nach ihrer Vermahlung (1-mm-Sieb) mit dem NIRS-Verfahren (NIR-Messgerät Perten DA 7200) auf die Futterinhaltsstoffe Rohasche und Rohprotein untersucht.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

#### Botanische Zusammensetzung

Bei 3-Schnittnutzung dominierten in den Primäraufwüchsen des 1. Versuchsjahres 2010 *Dactylis glomerata* (ca. 40 % EA), gefolgt von *Poa pratensis*, *Alopecurus pratensis*, *Festuca arundinacea* sowie *Achillea millefolium* und *Taraxacum officinale* (Abb. 1).

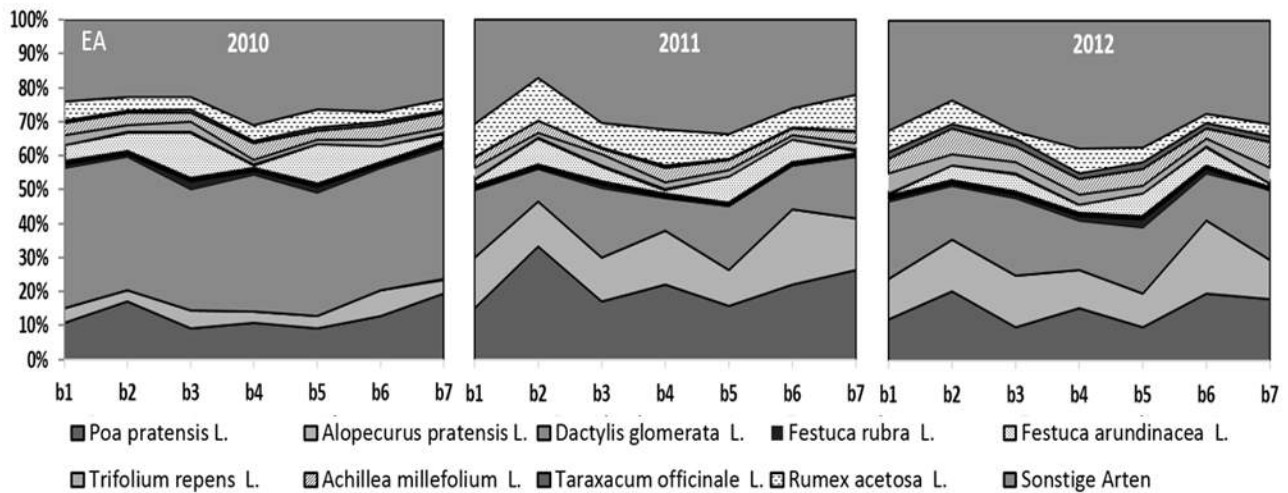


Abb. 1: Ertragsanteile (EA) wichtiger Pflanzenarten im Primäraufwuchs von Flussaue-Grünland in Abhängigkeit des Einsatzes verschiedener organischer Dünger. 3 Schnitte, Burig 2010 - 2012

Dabei war *Poa pratensis* vor allem in den mit Mutterkuhmist (40 kg N/ha; b<sub>2</sub>) gedüngten Parzellen sowie in den Beständen mit Gärreisteinsatz (112 kg N/ha; b<sub>7</sub>) stärker vertreten, während sich *Festuca arundinacea* in den Düngungsstufen mit Pferdemist (40kg N/ha; b<sub>3</sub>) und mit Mutterkuhmist (112 kg N/ha; b<sub>5</sub>) besser entwickelte. Nach dem Hochwasser im Winter 2010/2011 breiteten sich in den Bestandeslücken des weniger überflutungstoleranten *Dactylis glomerata* insbesondere *Poa pratensis*, *Alopecurus pratensis* und *Rumex acetosa* aus. Diese Entwicklung zeigte sich erneut deutlicher in den Parzellen mit Mutterkuhmist-Düngung (40 kg N/ha; b<sub>2</sub>) sowie in der Variante mit Gärreisteinsatz (112 kg N/ha; b<sub>7</sub>). Im Jahr 2012 mit zeitweiliger Frühjahrstrockenheit stiegen vielfach die *Dactylis*-Ertragsanteile wieder an und die von *Poa pratensis* sanken. *Alopecurus pratensis* behauptete sich in allen Beständen, wobei eine besondere Förderung des Grases in den Parzellen mit hoher Pferdemistgabe (112 kg N/ha; b<sub>6</sub>) zu verzeichnen war. Nach der Hochwassersituation im Winter 2010/11 trat im Jahr 2012 bei den dreischnittig genutzten Beständen offenbar eine Phase der Stabilisierung ein, indem sich die präsenten Arten wie *Festuca rubra*, *Trifolium repens* und *Achillea millefolium* ausbreiteten und so mit zur Zurückdrängung von *Rumex acetosa* beitrugen. Ab dem Jahr 2011 nahmen in den Düngevarianten „Pferdemist (40kg/ha; b<sub>3</sub>)“, „Gärrest (40kg/ha; b<sub>4</sub>)“ sowie „Mutterkuhmist (112 kg N/ha; b<sub>5</sub>)“ innerhalb der Fraktion „Sonstige Arten“ die Ertragsanteile von *Holcus lanatus* L. und *Ranunculus repens* L. erheblich zu. Das frühblühende Gras *Holcus lanatus* L. [3] gelangte durch den Übergang von der vorherigen Mähstand-weidenutzung (bis 2009) zur dreimaligen Mahd mit späterer Erstnutzung zur Ausreife und erhöhte seine Präsenz im Bestand. Um ungünstige Einflüsse durch *Holcus lanatus* auf Zusammensetzung und Nutzungseignung der Grünlandbestände zu vermeiden, ist bei 3-Schnittnutzung die Mahd des 1. Aufwuchses unter Beachtung des Wiesenbrüterschutzes vor Mitte Juni durchzuführen.

Während sich bei 4-Schnittnutzung im Jahr 2010 die meisten Pflanzenarten in den untersuchten Varianten in ihren Ertragsanteilen ausgewogen präsentierten, traten nach dem Hochwasser 2010/2011 im 2. Versuchsjahr oft ähnliche Bestandsveränderungen wie bei der 3-Schnittnutzung ein (Abb. 2).

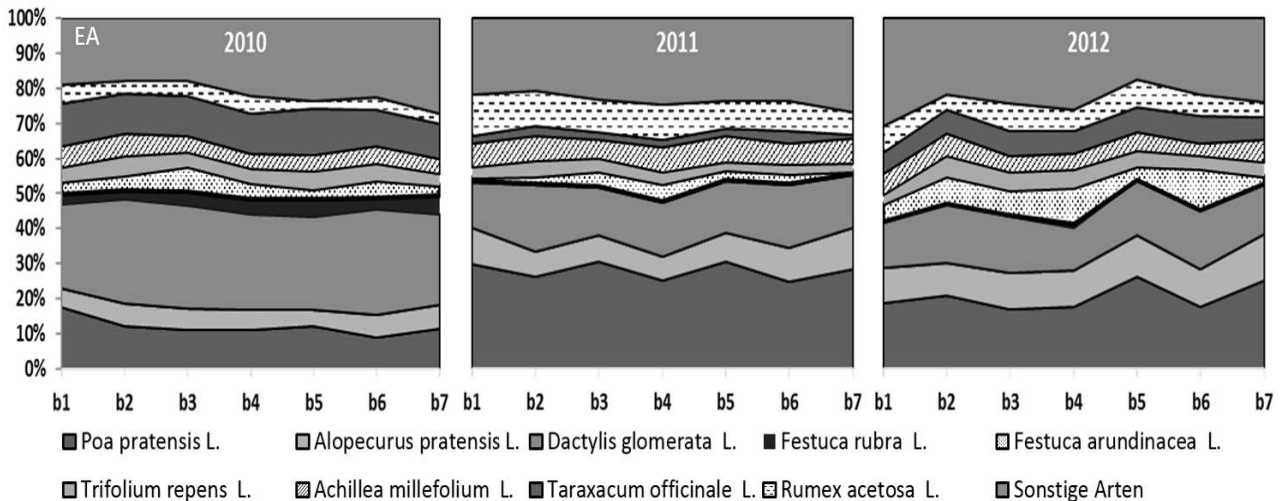


Abb. 2: Ertragsanteile (EA) wichtiger Pflanzenarten im Primäraufwuchs von Flussaue-Grünland in Abhängigkeit des Einsatzes verschiedener organischer Dünger. 4 Schnitte, Burig 2010 – 2012.

Nach dem Wegfall der Dominanz von *Dactylis glomerata* verdoppelte *Poa pratensis* von 2010 zu 2011 ihre Ertragsanteile, ebenso nahmen die Anteile von *Alopecurus pratensis* leicht zu. Auch wurden 2011 die Arten *Ranunculus repens*, *Achillea millefolium* und besonders *Rumex acetosa* gestärkt, was vielfach mit einer Verdrängung von *Trifolium repens*, *Festuca rubra* und *Taraxacum officinale* verbunden war. Für das Versuchsjahr 2012 kann abgeleitet werden, dass *Poa pratensis* in den Düngervarianten mit 112 kg N/ha höhere Ertragsanteile erreichte als in den Stufen mit 40 kg N/ha und in den ungedüngten Parzellen. Während die Ertragsanteile der Leguminosen bei drei-schnittiger Nutzung oft nur 5 % betragen, erreichten sie bei 4-Schnittnutzung infolge besserer Lichtverhältnisse durch zeitigere Erstnutzung und, besonders in den Düngervarianten mit nur 40 kg N/ha, häufig Anteile bis 10 %. Ab 2012 wanderte wieder mehr *Taraxacum officinale* in alle Pflanzenbestände mit vierschnittiger Nutzung ein. Im Hinblick auf die Begrenzung der Anteile von *Holcus lanatus* im Wirtschaftsgrünland ist 4-Schnittnutzung bei Frühjahrsanwendung organischer Dünger (N-Äquivalent 40 bis 112 kg N/ha/Jahr) gegenüber einer 3-Schnittnutzung im Vorteil.

### Ausgewählte Futterqualitätsparameter

Bei Dreischchnittnutzung und zunehmender (N-)Menge wurden durch die eingesetzten organischen Dünger die TS-Gehalte in der Erntemasse der Primaäraufwüchse gesenkt und die Rohasche- und Rohproteingehalte erhöht (Tab. 2). Die in der Biomasse mit Düngung erreichten Rohproteingehalte zwischen 74 und 114 g/kg TM erfüllen die Anforderungen von Pferden und Mutterkühen, jedoch nicht die von Kühen mit hoher Milchleistung. Auch bei Vierschnittnutzung sanken mit erhöhtem Düngereinsatz in der Tendenz die TS-Gehalte und die Rohaschegehalte nahmen zu.

Die RP-Gehalte der Frühjahrsaufwüchse waren bei 4- gegenüber 3-Schnittnutzung infolge ihrer zeitigeren Nutzung erhöht, dennoch nahmen sie aufgrund unterschiedlicher N-Verfügbarkeit nicht in allen Düngervarianten mit steigenden Düngergaben zu.

Tab. 2: Inhaltsstoffe von Primäraufwüchsen von Flussaue-Grünlandbeständen in Abhängigkeit vom Nutzungsfrequenz und Einsatz verschiedener organischer Dünger. Burig 2010 – 2012

| Faktor A         | Faktor B       | TS-Gehalt [g/kg FM] |      |      | Rohasche [g/kg TM] |      |      | Rohprotein [g/kg TM] |       |       |
|------------------|----------------|---------------------|------|------|--------------------|------|------|----------------------|-------|-------|
|                  |                | 2010                | 2011 | 2012 | 2010               | 2011 | 2012 | 2010                 | 2011  | 2012  |
| 3-Schnittnutzung | b <sub>1</sub> | 330                 | 246  | 262  | 74,9               | 78,6 | 63,7 | 91,7                 | 84,9  | 78,3  |
|                  | b <sub>2</sub> | 317                 | 282  | 240  | 77,1               | 73,8 | 60,2 | 89,9                 | 74,0  | 79,4  |
|                  | b <sub>3</sub> | 341                 | 276  | 264  | 82,8               | 80,5 | 60,7 | 94,1                 | 77,1  | 70,2  |
|                  | b <sub>4</sub> | 357                 | 242  | 244  | 79,5               | 76,1 | 63,1 | 86,8                 | 83,7  | 83,6  |
|                  | b <sub>5</sub> | 284                 | 239  | 222  | 84,5               | 78,4 | 68,7 | 114,3                | 95,8  | 91,3  |
|                  | b <sub>6</sub> | 309                 | 268  | 280  | 79,2               | 79,3 | 67,3 | 89,0                 | 101,4 | 76,5  |
|                  | b <sub>7</sub> | 262                 | 300  | 230  | 84,4               | 83,8 | 67,8 | 101,7                | 77,8  | 79,8  |
| 4-Schnittnutzung | b <sub>1</sub> | 186                 | 311  | 309  | 102,7              | 74,7 | 84,5 | 170,8                | 115,4 | 110,2 |
|                  | b <sub>2</sub> | 147                 | 202  | 215  | 89,6               | 63,4 | 74,8 | 161,2                | 128,8 | 112,9 |
|                  | b <sub>3</sub> | 171                 | 255  | 247  | 94,0               | 67,9 | 78,0 | 174,3                | 138,7 | 99,2  |
|                  | b <sub>4</sub> | 187                 | 245  | 219  | 96,3               | 67,8 | 81,2 | 165,5                | 142,9 | 113,1 |
|                  | b <sub>5</sub> | 144                 | 251  | 231  | 98,7               | 71,8 | 80,8 | 171,7                | 127,0 | 102,5 |
|                  | b <sub>6</sub> | 145                 | 224  | 240  | 93,0               | 69,0 | 82,1 | 167,6                | 120,0 | 119,9 |
|                  | b <sub>7</sub> | 141                 | 260  | 228  | 93,6               | 73,4 | 90,1 | 194,3                | 144,3 | 119,2 |

Dies kann mit noch nicht ausreichendem N-Angebot aus den Düngern bei Frühjahrsanwendung sowie auch mit begrenzten oder noch nicht verfügbaren N-Ressourcen aus dem Bodenpool im Zusammenhang stehen. Die Frühjahrstrockenheit 2012 führte dazu, dass die Rohproteingehalte aller Primäraufwüchse gegenüber den Vorjahren meist deutlich geringer waren und damit der Wachstumsfaktor Wasser für Flussauestandorte großen Einfluss auf die Qualitäts- und Ertragsbildungsprozesse der Grünlandpflanzenbestände hat.

## 4 Schlussfolgerungen

Im Frühjahr in der Spree-Flussaue zu Grünland eingesetzte organische Dünger bewirkten nach drei Jahren erste Bestandsveränderungen. Als Folge eines Hochwassers im Winter 2010/2011 sanken in den Primäraufwüchsen 2011 die Ertragsanteile von *Dactylis glomerata* in den Pflanzenbeständen und es stiegen die Anteile von *Poa pratensis*, *Alopecurus pratensis* und diverser Kräuter. Der Einsatz von Mutterkuh- und Pferdemit sowie von Gärresten (N-Äquivalent von je 40 bzw. 112 kg N/ha) trug zur Stabilisierung der Bestandsentwicklung nach dem Hochwasserereignis bei. Eindeutige Vor- oder Nachteile der untersuchten Dungarten und -mengen auf die Bestandszusammensetzung lassen sich aus den bisher ausgewerteten Daten (nur Primäraufwüchse) noch nicht ableiten. Die Rohproteingehalte der Frühjahrsaufwüchse bei 4-Schnittnutzung lagen deutlich über den RP-Gehalten der 3-Schnittnutzung und tragen eher zur Verbesserung der Proteinversorgung von Wiederkäuern und Pferden bei. Die Dynamik der Nährstofffreisetzung aus organischen Düngern sowie ihre Verwertung durch Grünlandpflanzenbestände sollte weiter untersucht werden, um ohne Umweltrisiken wertvolle Futtermittel für landwirtschaftliche Nutztier und alternative Verwertungsrichtungen bereitzustellen.

## 5 Literatur

- [1] ANONYMUS (2013): Witterungsdaten der Jahre 2010-2012 für die Klimastation Berlin-Köpenick. Elektronische Mitteilung, Deutscher Wetterdienst Offenbach.
- [2] ELSÄBER, M. (2011): Düngung von Biogasgärresten unterschiedlicher Herkunft und ihre Auswirkung auf Erträge und Pflanzenbestände von Dauergrünland. In: Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland. Internationale Tagung am 17. + 18.10. 2011 in Kloster Reute. ELSÄBER, M., et al. (Hrsg.), S. 102-105. LAZ BW, Grünlandwirtschaft Aulendorf.
- [3] PETERSEN, A. (1981): Die Gräser als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide und Acker. Akademie-Verlag, Berlin.
- [4] SCHWEITZER, K. (2006): Standortbeschreibung der Versuchspartzellen in Burig/Neu Zittau. Schriftliche Mitteilung. Fachgebiet Bodenkunde und Standortlehre, Humboldt-Universität zu Berlin.



# Charakterisierung des Futterwertes von Sorten des Welschen Weidelgrases (*Lolium multiflorum* LAM.) in Landessortenversuchen

J. Broscheit<sup>1)</sup>, L. Dittmann, S. Hartmann, Müller, J.

<sup>1)</sup>Arbeitsgruppe Grünland u. Futterbauwissenschaften, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock  
[julian.broscheit@uni-rostock.de](mailto:julian.broscheit@uni-rostock.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Obgleich das Welsche Weidelgras (*Lolium multiflorum* LAM.) zu den wirtschaftlich bedeutendsten Futtergräsern zählt [3] und als Graskomponente den über- und mehrjährigen Ackerfutterbau dominiert, gibt es wenige aktuelle Untersuchungen zum Futterwert dieser Art. Augenscheinlich wird mit dem Welschen Weidelgras grundsätzlich eine hohe Futterqualität in Verbindung gebracht [1], was Qualitätsuntersuchungen weniger dringlich erscheinen lässt. Allerdings mehren sich in der Praxis Befunde über unzureichende Gehalte an Rohprotein und tendenziell enttäuschende Energiekonzentrationen, vor allem in den frühen Sommeraufwüchsen.

Anhand von Daten aus bayrischen Landessortenversuchen soll daher den Fragen nachgegangen werden i) ob sich ein aufwuchstypisches Qualitätsmuster ausmachen lässt, ii) ob Sortenunterschiede in der Ausprägung von Qualitätsmerkmalen festzustellen sind und iii) welchen Einfluss der Prüfumwelt in diesem Zusammenhang zukommt. Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen sollen im Folgenden vorgestellt und Schlussfolgerungen für das Prüfwesen sowie für den praktischen Feldfutterbau mit *Lolium multiflorum* LAM. gezogen werden.

## 2 Material und Methoden

Die Grundlage für die statistische Auswertung der qualitätsbestimmenden Eigenschaften des Welschen Weidelgrases bilden Datenerhebungen aus den Landessortenversuchen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. Es wurden diejenigen Sorten für die Analyse ausgewählt, die über einen Zeitraum von 8 Jahren und damit unter möglichst unterschiedlichen Umweltkonstellationen zum Anbau gelangten. Das analysierte Datenmaterial entstammt den einzelnen Aufwüchsen zweier Standorte (Tab. 1).

Tab. 1: Versuchsdesign des Sorten- und Standortvergleiches

| Faktoren        | Stufen des Faktors  |               |              |            |               |              |                |
|-----------------|---|---------------|--------------|------------|---------------|--------------|----------------|
| Sorte / Ploidie | Abys<br>2n  | Avensyl<br>2n | Lemtal<br>2n | Orxy<br>2n | Prestyl<br>2n | Taurus<br>4n | Zarastro<br>2n |
| Orte            | 2 (Osterseeon und Steinach)                                   |               |              |            |               |              |                |
| Jahre           | 8 (2003 - 2010; jeweils unterschieden nach dem 1. und 2. HNJ) |               |              |            |               |              |                |
| Schnitte        | Anzahl jeweils realisierter Schnitte pro Vegetationsperiode   |               |              |            |               |              |                |
| Prüfmerkmale    | XF, XP, Verhältnis XF-XP, Ertrag (TM dt/ha), Energie (MJ NEL) |               |              |            |               |              |                |

Die beiden Prüfstandorte unterscheiden sich hauptsächlich in der Menge des langjährigen Niederschlages (Jahresmittel 2003 - 2010 in Osterseeon 1004 mm und in Steinach 846 mm).

Der Gehalt an Rohnährstoffen wurde nasschemisch (erweiterte Weenderanalyse; Verfahren im Detail in den jeweiligen Berichten zu den Versuchen) ermittelt. Die varianzanalytische Verrechnung der Prüfmerkmale erfolgte mit dem Statistikpaket SPSS. Die Orts- und Jahreseffekte sind in den Varianzmodellen zu einem Faktor ‚Umwelt‘ aggregiert worden. Das angepasste Modell umfasst neben den Haupteffekten der Prüfmerkmale ‚Sorte‘ und ‚Schnitt‘ auch die Wechselwirkungen ‚Sorte x Umwelt‘, ‚Sorte x Schnitt‘ und ‚Umwelt x Schnitt‘.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Wie die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigen (siehe Tab. 2), üben sowohl der Prüfparameter „Umwelt“, als auch der „Schnitt“ in beiden geprüften Hauptnutzungsjahren einen hoch signifikanten Einfluss auf die Qualitätsparameter des Welschen Weidelgrases aus. Durch Sortenunterschiede bedingte Signifikanzen können vor allem im zweiten Hauptnutzungsjahr beobachtet werden, in dem sich die Bestandstruktur etwas differenzierter darstellt. Im ersten Hauptnutzungsjahr werden lediglich der Gehalt an Rohprotein sowie der erzielbare Ertrag an Trockenmasse (dt/ha) signifikant durch den Genotyp beeinflusst. Dieser Befund wäre durch einen ertragsabhängigen Verdünnungseffekt der XP-Konzentration bei nivellierter N-Düngung innerhalb des Prüfsortiments erklärbar. Autoren, die im Gegensatz zu dieser Untersuchung sowie der von [5] auch im ersten Nutzungsjahr Sortendifferenzen in der Energiekonzentration bei *Lolium multiflorum* LAM. feststellten, arbeiteten mit stärker divergierendem Zuchtmaterial. Sie führten diesen Befund im Wesentlichen auf unterschiedliche Zeitpunkte des Ährenschiebens zurück [2]. Die hier geprüften Sorten weichen hingegen lediglich um fünf Tage im Zeitpunkt ihres Ährenschiebens voneinander ab. [2] konnten zudem keine sortenspezifischen Unterschiede im Lignifizierungsgrad der generativen Triebe unterschiedlicher Genotypen des Welschen Weidelgrases ausmachen.

Tab. 2: Ergebnisse der Varianzanalyse ausgewählter Prüfmerkmale – Haupteffekte

| Varianzursache<br>Nutzungsjahr | Sorte      |           | Schnitt   |           | Umwelt    |           |
|--------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                | 1. HNJ     | 2. HNJ    | 1. HNJ    | 2. HNJ    | 1. HNJ    | 2. HNJ    |
| TME (dt/ha)                    | 0,000 ***  | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** |
| EK (MJ NEL/kg<br>T)            | 0,580 n.s. | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** |
| XF (% TM)                      | 0,392 n.s. | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** |
| XP (% TM)                      | 0,000 ***  | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** |
| XF/XP-Ratio                    | 0,170 n.s. | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** | 0,000 *** |

( $p < 0.05^*$ ,  $p < 0.01^{**}$ ,  $p < 0.001^{***}$ , n.s. – nicht signifikant)

Bei der Auswertung des Einflusses von Interaktionen auf die getesteten Qualitätsparameter (Tab. 3) wird ersichtlich, dass sich vor allem die Wechselwirkung aus „Schnitt“ und „Umwelt“ in beiden Hauptnutzungsjahren signifikant auf die Qualitätseigenschaften des Welschen Weidelgrases auswirkten. Die Wechselwirkungen von Genotyp und Umwelt hingegen sind, mit Ausnahme des Rohproteingehaltes im ersten Hauptnutzungsjahr, lediglich im zweiten Nutzungsjahr markant. Auch [4] berichten von gering ausgeprägter Genotyp-Umwelt-Wechselwirkung einjähriger Bestände des Welschen Weidelgrases. Offenbar kann von einer generalisierbar geringen Umweltabhängigkeit der Ausprägung sortentypischer Qualitätsmuster dieser Art in der ersten Vegetationsperiode ausgegangen werden.

Tab. 3: Ergebnisse der Varianzanalyse ausgewählter Prüfmerkmale – Wechselwirkungen

| Varianzursache   | Sorte x Schnitt |            | Sorte x Umwelt |           | Schnitt x Umwelt |           |
|------------------|-----------------|------------|----------------|-----------|------------------|-----------|
|                  | 1. HNJ          | 2. HNJ     | 1. HNJ         | 2. HNJ    | 1. HNJ           | 2. HNJ    |
| TME (dt/ha)      | 0,010 **        | 0,000 ***  | 0,077 n.s.     | 0,000 *** | 0,000 ***        | 0,000 *** |
| EK (MJ NEL/kg T) | 0,448 n.s.      | 0,069 n.s. | 0,626 n.s.     | 0,007 **  | 0,000 ***        | 0,000 *** |
| XF (% TM)        | 0,033 *         | 0,564 n.s. | 0,840 n.s.     | 0,049 *   | 0,000 ***        | 0,000 *** |
| XP (% TM)        | 0,001 ***       | 0,059 n.s. | 0,048 *        | 0,000 *** | 0,000 ***        | 0,000 *** |
| XF/XP-Ratio      | 0,037 *         | 0,108 n.s. | 0,241 n.s.     | 0,002 **  | 0,000 ***        | 0,000 *** |

( $p < 0.05^*$ ,  $p < 0.01^{**}$ ,  $p < 0.001^{***}$ , n.s. – nicht signifikant)

Die Interaktion „Sorte“ x „Schnitt“ war im Hinblick auf die Beeinflussung der Prüfmerkmale von geringerer Bedeutung. Demnach bietet die Sortenwahl wenig Spielraum für die gezielte Qualitätsbeeinflussung bestimmter Aufwüchse.

Anhand der Boxplotdarstellung (Abb. 1) wird die ausgeprägte Aufwuchsspezifität der Rohfaser- und Rohproteingehalte im Mittel der Prüfsorten ersichtlich. Dieser Befund entspricht den Erfahrungen des praktischen Feldfutterbaus und ist dennoch in dieser deutlichen Ausprägung insofern bemerkenswert, als dass die definierten und damit vereinheitlichenden Vorgaben zum Schnittzeitpunkt und zur Höhe der N-Düngung in den Richtlinien der Versuchsdurchführung dies nicht unbedingt erwarten ließen.

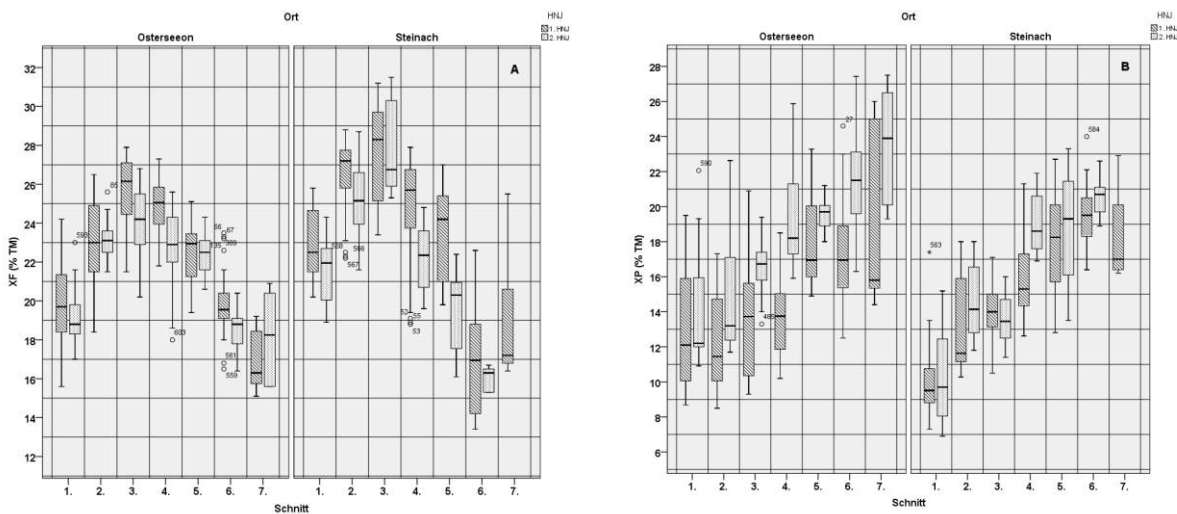


Abb.1: Rohfaser- (A) bzw. Rohproteingehalte (B) in den Aufwuchsabfolgen beider Prüfstandorte differenziert nach Hauptnutzungsjahren (Angaben in % T; Boxplot: Spanne = Tukey's Angelpunkte, Median = Linie in der Box, Boxenlänge = Interquartilsabstand)

Im Falle des Rohfasergehaltes ist ein genereller Anstieg vom 1. bis zum 3. Schnitt zu erkennen (siehe Abb. 2). Dabei unterscheiden sich die durchschnittlichen Gehalte der beiden Prüforte und der beiden Nutzungsjahre deutlich. Nach Absolvierung des 3. Schnittes sinkt der Rohfasergehalt mit jedem weiteren Nachwuchs bis unter das Niveau des Primäraufwuchses.

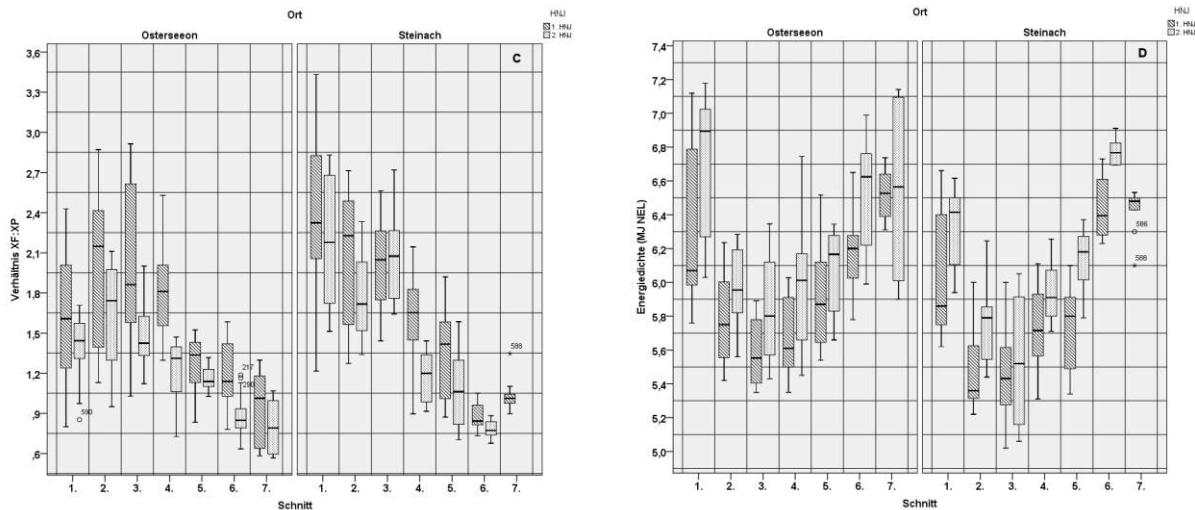


Abb. 2: Verhältnis von Rohfaser zu Rohprotein (C) und Energiegehalt (D; MJ NEL / kg T) der beiden geprüften Standorte, differenziert nach Aufwüchsen und Hauptnutzungsjahren (Boxplot: Spanne = Tukey's Angelpunkte, Median = Linie in der Box, Boxenlänge = Interquartilsabstand)

Bei Betrachtung des Rohproteingehaltes wird ein ansteigender Trend mit fortlaufender Schnittnutzung ersichtlich. Die durchschnittlichen XP-Gehalte der Aufwüchse des Standortes Osterseeon liegen in allen Schnitten über dem Steinacher Niveau.

Die Darstellung des Verhältnisses von Rohfaser zu Rohprotein in der jährlichen Aufwuchsabfolge (Abb. 2, links) kann als Proxy für die Triebstruktur, also den jeweiligen Anteilen generativer und vegetativer Triebe an der Aufwuchsbiomasse, angesehen werden. Höhere Werte spiegeln dabei tendenziell einen hohen Anteil an generativen Trieben wieder. Bei guter Wasserverfügbarkeit verzeichnet das XF/XP-Verhältnis einen kontinuierlichen Abfall im Verlauf der saisonalen Aufwuchsabfolge. Unter Trockenstress können allerdings auch der zweite und insbesondere der dritte Aufwuchs hohe XF/XP-Ratios aufweisen. Die Energiedichte (Abb. 2, rechts) zeigt in den Nachwüchsen erwartungsgemäß einen gegenläufigen Trend, wobei der Primäraufwuchs eine Sonderstellung einnimmt: Trotz hohen Anteils generativer Triebe schlägt sich dies nicht in geringeren Energiegehalten nieder. Das kann als Ausdruck der hohen Verdaulichkeit der Zellwandbestandteile des ersten Aufwuchses interpretiert werden.

Bei allen getesteten Qualitätsparametern (XF, XP, XF:XP und Energiegehalt) sind Unterschiede zwischen den beiden Hauptnutzungsjahren und den Prüforten ersichtlich.

## 4 Schlussfolgerungen

Die Untersuchung zeigt, dass sich beim Welschen Weidelgras deutlich aufwuchsspezifische Qualitätsmuster ergeben, die in Abhängigkeit vom Standort und dem Nutzungsjahr variieren.

Bei geringer physiologischer Streubreite innerhalb eines zu prüfenden Sortiments von Welschem Weidelgras sind die Unterschiede im Gehalt an Rohfaser sowie in der Energiekonzentration oft geringer als die Schätzfehler der angewandten Methoden zur Qualitätsbestimmung, was insbesondere auf die Primäraufwüchse des ersten Hauptnutzungsjahres zutrifft. Sinnvoller als zum ersten Aufwuchs erscheint daher beim Sortimentsscreening die Integration von Qualitätsprüfungen in den Sommeraufwüchsen, auch wenn die Unterschiede zu diesem Zeitpunkt weniger die spezifische Futterqualität eines Pflanzenkompartiments widerspiegeln, sondern vielmehr Ausdruck variierender Anteile generativer und vegetativer Triebe sind. Über die Selektion von Genotypen, die unter Stressbedingungen weniger stark zur Reduktion vegetativer Triebe neigen, könnte züchterisch am ehesten Einfluß auf die Verbesserung des Futterwertes von *Lolium multiflorum* genommen werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung geben auch Anlaß zum Überdenken der bisherigen Schnittre-gime. Aus Sicht eines verbesserten Qualitätsmanagements hätten die Aufwüchse 2 und 3 sogar noch früher erfolgen können, um dem Abfall des Proteingehaltes entgegen zu wirken.

## 5 Literatur

- [1] HANNAWAY, D., FRANSEN, S., CROPPER, J., TEEL, M., CHANEY, M. and GRIGGS, T. (1999): Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum* LAM.). Oregon State University PNW 501, 1-20.
- [2] HIDES, D.H., LOVATT, J. A. and HAYWARD, M.V. (1983): Influence of stage of maturity on the nutritive value of Italian ryegrasses. *Grass and Forage Science* (38) 33-38
- [3] LENUWEIT, U. and GHARADJEDAGHI, B. (2002): Biologische Basisdaten zu *Lolium perenne* L., *Lolium multiflorum*, *Festuca pratensis* und *Trifolium repens*. Texte 08/02., 1-153.
- [4] REDFEARN, D.D., VENUTO, B.C., PITMAN, W.D., ALISON, M.W. and WARD, J.D. (2002): Cultivar and Environment Effects on Annual Ryegrass Forage Yield, Yield Distribution, and Nutritive Value. *Crop Science* (42) 2049–2054
- [5] VALENTE, M.E., BORREANI, G., PEIRETTI, P.G. and TABACCO, E. (2000): Codified Morphological Stage for Predicting Digestibility of Italian Ryegrass during the Spring Cycle. *Agronomy Journal* (92), 967–973

# Root growth of ryegrass-white clover swards depends on sward age

S. Chen, R. Loges, F. Taube

University of Kiel, Institute for Crop Science and Plant Breeding, 24118 Kiel, Germany  
[schen@gfo.uni-kiel.de](mailto:schen@gfo.uni-kiel.de)

## 1 Introduction

How the root system, the quantity as well as quality, differs among sward ages seldom received attention. It was assumed that the root system of older sward is likely to be more efficient, whereas better rooting characteristics of resown sward was expected either to perform a better yield in dry years or to have greater uptake / growth hence reducing nitrate leaching; but direct observation among sward ages is scant. Earlier study found that the sward age has close relation in soil N availability in leys, which gives rise to difficulty in distinguishing sward age effect from the effect of N where fertilizer is added. The specialty in ryegrass-clover swards is that N addition will decrease the proportion of clover, who inherently had no response in terms of SRL, root production and root C/N ratio, which are all lower compared with that of perennial ryegrass [3], hence the effect of sward age and N would be confounded by the alternation in sward composition. After renovation of grassland, applying organic N manure not only improved sward establishment and root standing biomass but also increase soil total C and total N compared with mineral fertilizer. On the other hand, grasslands treated with slurry are also associated with increased respiration as well as fastened SOM mineralization involving the C/N and SRL [5], indicating the contribution of improved root standing biomass to long-term C sequestration is limited due to alternation in the root quality.

Interaction of sward age and fertilizer (if exists) may alter the sward composition which drives the C and N cycle in grasslands in an indirect way and the quantity and quality (*e.g.* chemical and morphological traits) of roots in a direct way, hence being a driving factor altering decomposition in the litter-soil continuum. In present work, we tested how root growth pattern (quantitative and qualitative parameters) responses to different sward ages and slurry level in concern with sward composition.

## 2 Material and methods

Two years' field experiment was performed in managed perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) – white clover (*Trifolium repens* L.) swards (4 defoliation per year) nearby Kiel to investigate effect of sward age (1-, 2-, 5-years' old sward and permanent grassland control, referred as Y1, Y2, Y5 and PG then) and cattle slurry (0 or 240 kg N ha<sup>-1</sup>y<sup>-1</sup>, referred as N0 and N1 then) on root growth. Total root production was estimated by accumulative root biomass in 4 sequential ingrowth core sets [1] in all swards with special concern of specific root length (SRL, m g<sup>-1</sup>) and root *in-season* turnover which was calculated as difference between BNPP and retained root biomass in a long-term ingrowth-core in Y1 and Y5 to evaluating fine root lifespan. Belowground biomass (BGB) as well as sward composition (classified into grass, clover and herbs) were observed at each defoliation day. Results was first examined in respect to sward age, slurry and sampling dates in three-way ANOVA; while no interaction of sampling date with other factors the annual weighted means of parameters were compared in two-way ANOVA. Experimental year was considered as random effect

in models. To estimate the effect of sward composition, ANCOVA was performed with the above-ground white clover proportion (CP) as covariable.

Tab. 1: Belowground biomass (BGB) and annual root production (BNPP) among the four ages of sward treated without (N0) or with (N1) slurry.

|                            |    | Y1              | Y2              | Y5              | PG              |
|----------------------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| BGB ( $\text{g m}^{-2}$ )  |    | 427 $\pm$ 28 B  | 518 $\pm$ 27 B  | 599 $\pm$ 21 A  | 621 $\pm$ 24 A  |
| BNPP ( $\text{g m}^{-2}$ ) | N0 | 575 $\pm$ 52 bA | 403 $\pm$ 27 bB | 312 $\pm$ 31 bB | 368 $\pm$ 21 aB |
|                            | N1 | 630 $\pm$ 60 aA | 571 $\pm$ 87 aA | 416 $\pm$ 38 aC | 433 $\pm$ 50 aB |

Different capital letters showed significant difference between rows at  $\alpha$  level of 0.05. Mean $\pm$ 1 SE, n=12.

Different lower-case letters showed significant difference among columns at  $\alpha$  level of 0.05.

Tab. 2: Comparison of three-way ANOVA and ANCOVA with the aboveground white clover proportion (CP) as covariable in assessing the fixed effect of sward age (Y), slurry (N) and sampling date (D) on root production ( $\text{g m}^{-2}$ ) at each defoliation.

|                         | ANOVA |         |           | ANCOVA                  |         |           |          |
|-------------------------|-------|---------|-----------|-------------------------|---------|-----------|----------|
|                         | numDF | F value | P - value | numDF                   | F value | P - value |          |
| Y                       | 1     | 41.2    | 0.0014    | Y                       | 1       | 27.0      | 0.0035   |
| N                       | 1     | 9.95    | 0.0103    | N                       | 1       | 0.461     | 0.513    |
| D                       | 3     | 33.0    | < 0.0001  | D                       | 3       | 30.0      | < 0.0001 |
| Y $\times$ N            | 1     | 0.457   | 0.514     | Y $\times$ N            | 1       | 0.491     | 0.499    |
| Y $\times$ D            | 3     | 2.53    | 0.0659    | Y $\times$ D            | 3       | 2.11      | 0.109    |
| N $\times$ D            | 3     | 0.125   | 0.9443    | N $\times$ D            | 3       | 0.158     | 0.924    |
| Y $\times$ N $\times$ D | 3     | 0.888   | 0.452     | Y $\times$ N $\times$ D | 3       | 0.811     | 0.493    |
|                         |       |         |           | CP                      | 1       | 31.8      | < 0.0001 |

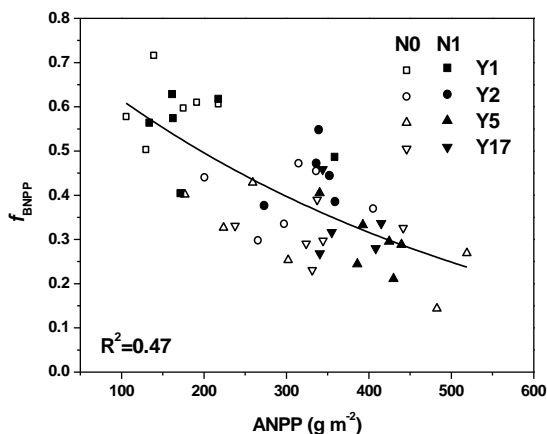


Fig. 1: Herbage production (ANPP) and fraction of root production in total production ( $f_{\text{BNPP}}$ ) at silage cut.

### 3 Results and discussion

Root mortality and morphological regulation indicated by SRL and N concentration differed with sward age

When comparing the SRL of new roots between Y5 with Y1 at each defoliation date, it was comparable and is not affected by either slurry or clover proportion (CP). Effect of slurry and CP was significant on root C/N and N concentration, sward components other than clover (mostly perennial

ryegrass) in Y5 had a significant higher root N concentration during the last defoliation interval as well as a significant lower SRL of retained root, indicating that in Y5N1 there's a larger proportion of finest lateral roots of the ryegrass roots had undergone turnover due to the improved N concentration. The SRL in vegetative regrowths was significantly higher than that at the silage cut. Among the three vegetative regrowths, ryegrass component of Y5 had a higher SRL during late summer when suffering drought, therefore it is indicated that the older ryegrass could more efficiently regulate its SRL when facing with low resource availability.

BGB accumulation in relation with sward age

Interestingly, the in-season root turnover rate in Y1 and Y5, had no relation with either slurry or sward composition. Therefore, the unchanged in-season root turnover in the ryegrass component in Y5N1 compared with Y5N0 has two indications: (1) it was a trade-off between the amount of turned over C and N: more N was lost in Y5N1 compared with Y5N0 especially in late growing season when suffering mortality; and (2) decomposition of root necromass could thus be promoted regarding to that the higher N loss mainly commenced in late growing season when microbial activity was more competitive. When such indications about root growth pattern from Y5 was extrapolated to PG, the root C/N ratio, N concentration, root fraction ( $f_{\text{BNPP}}$ ) and sward composition were all considered. Y5 and PG showed consistent pattern on all the above parameters: lower C/N ratio throughout growing season, and higher root N concentration as well as lower  $f_{\text{BNPP}}$  of the ryegrass component during late growing season were found in Y5 and PG.

On the sward level, slurry improved BNPP in all swards but was attributed to an effect on reducing the CP who had a smaller root system. BGB was not excessively accumulated as sward ages, which should be explained by the faster decay of root necromass stimulated by ryegrass. The allocation pattern (Fig.1) also suggested that older swards are prone to have a relatively smaller root system and this effect is over the effect of N. Albeit the sward age's effect is only beyond effect of N by the silage cut, however, since the root production till silage cut already counted 40% total BNPP and not affected by N, its impact on the annual budget is substantial. The allocation pattern varying with sward ages, may be caused by both the higher N availability in older sward as well as the more sensitive root system. The slow-down root-C accumulation was also verified by the fact that the SOM restoration to a large extent commenced in Y1 and Y2; differences of SOC between Y5 and PG was negligible in a parallel experiment [4]. Therefore, we suggest that although the CP was suggested to have a faster root turnover than ryegrass as well as a low C/N ratio [2] which appeared adverse for root-C retaining in soil, however, white clover also gives smaller priming effect and such effect accentuated more as sward aging due to that the mortality of ryegrass becomes more sensitive in older sward.

## 4 Conclusion

Our results highlighted the stimulated root mortality and degradation of old root litter/particulate organic matter (i.e. an enlarged labile C pool) brought by slurry gradually became beyond its initial effect in increasing C influx to soil as sward ages. To main the clover proportion may especially favour root-C residence in long-term low-input system besides its advantage in fixation of N.

## 5 Literature

- [1] CHEN, S. M., LOGES, R., BIEGEMANN, T. and TAUBE, F. (2012): A study of ingrowth-core sampling frequency in managed European grassland. *Grassland Science in Europe* 17, 598-600.



- 
- [2] DE NEERGAARD, A. and GORISSEN, A. (2004): Carbon allocation to roots, rhizodeposits and soil after pulse labelling: a comparison of white clover (*Trifolium repens* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Biology and Fertility of Soils* 39, 228-234.
- [3] JONGEN, M., JONES, M.B., HEBEISEN, T., BLUM, H. and HENDREY, G. (1995): The effects of elevated CO<sub>2</sub> concentrations on the root growth of *Lolium perenne* and *Trifolium repens* grown in a FACE\* system. *Global Change Biology* 1, 361-371.
- [4] LINSLER, D., GEISSELER, D., LOGES, R. TAUBE, F. and LUDWIG B. (2013): Temporal dynamics of soil organic matter composition and aggregate distribution. *Soil and Tillage Research* 126, 90-99.
- [5] PERSONENI, E. AND LOISEAU, P. (2004): How does the nature of living and dead roots affect the residence time of carbon in the root litter continuum? *Plant and Soil*, 267, 129-141.

# Rohproteinerträge und –gehalte bayerischer Grünlandflächen

M. Diepolder, S. Raschbacher, S. Heinz, G. Kuhn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und  
Ressourcenschutz  
[Michael.Diepolder@LfL.bayern.de](mailto:Michael.Diepolder@LfL.bayern.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Während bei Marktfrüchten die in der Praxis erzielten Erträge und Qualitäten relativ gut bekannt sind, trifft dies für Grünlandflächen bislang weitaus weniger zu. Daher basieren für pflanzenbauliche und ökonomische Kalkulationen wichtige Faustzahlen meist auf Schätzwerten oder Daten von Feldversuchen. Letztere können allerdings nur an vergleichsweise wenigen Standorten durchgeführt werden.

Ziel des seit 2009 durchgeführten Ertrags- und Nährstoffmonitorings auf bayerischen Grünlandflächen ist es daher, Erträge, Futterqualitäten und Nährstoffentzüge von Praxisflächen in Abhängigkeit von deren Nutzungsintensität und Pflanzenbestandszusammensetzung zu quantifizieren. Damit soll zukünftig eine breitere Datenbasis für die Validierung von Faustzahlen (Biomasse-, Rohproteinpotenzial, Düngbedarfsermittlung, Nährstoffbilanzierung nach Düngeverordnung) geschaffen werden.

In diesem Beitrag werden mittels manueller Schnittproben gewonnene vierjährige Ergebnisse (2009-2012) zu Rohproteinerträgen und Rohproteingehalten bayerischer Grünlandflächen mit zwei bis fünf Schnittnutzungen vorgestellt.

## 2 Material und Methoden

Auf 120 Grünlandschlägen mit praxisüblicher Bewirtschaftung wurden seit 2009 alle Aufwüchse beprobt. In einer zweiten Projektphase (2012-2014) kamen weitere 30 Flächen hinzu, so dass seit 2012 insgesamt 150 Flächen untersucht werden. Die Flächen wurden nach Nutzungsintensität, Pflanzenbestand und räumlicher Verteilung aus dem Datenbestand des „Grünlandmonitoring Bayern“ [5] gezielt ausgewählt.

Auf den ausgewählten Flächen werden mittels genau definierter Schnittproben ( $7 \times 1 \text{ m}^2$  pro Schlag, Abgrenzung der Fläche durch tragbare Rahmen, Schnitt mit elektrischer Rasenkantenschere mit Höhenbegrenzung, Schnitthöhe 5-6 cm, Schnittzeitpunkt max. 2-3 Tage vor der Beerntung durch den Landwirt) die Frisch- und Trockenmasse-Erträge aller Aufwüchse sowie deren Nährstoffgehalte (N, P, K, Mg, Ca, S, Na, Zn) bestimmt; der Rohproteingehalt (XP) wird standardgemäß aus dem N-Gehalt durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25 abgeleitet. Aus den Trockenmasse-Erträgen (TM) und Mineralstoffgehalten werden für jede Fläche der jährliche TM-Ertrag pro Hektar bzw. die entsprechenden Nährstoffabfuhr ermittelt.

Die für diesen Beitrag analysierten Daten der Jahre 2009-2012 wurden auf Plausibilität geprüft und unvollständige Datensätze von der Auswertung ausgeschlossen. Die in Tabelle 1 aufgeführten XP-Gehalte sind als gewichtete Mittel, also unter Einbeziehung der Ertragsanteile einzelner Schnitte am Jahresertrag ausgewiesen. Um die Ergebnisse mit den offiziellen bayerischen Faustzahlen zur Düngbedarfsermittlung [6] vergleichen zu können, wurden weiterhin die aus den Schnittproben ermittelten TM-Erträge auf Nettowerte umgerechnet und die Netto-Erträge bzw. -abfuhr an Nähr-

stoffen (hier N-Ertrag  $\times 6,25 =$  XP-Ertrag) bestimmt. In diese Umrechnung flossen neuere Erkenntnisse aus Arbeiten von KÖHLER et al. (2012) ein, welche die Beziehung zwischen den mittels o.g. Schnittproben gewonnenen TM-Erträgen  $_{\text{Brutto}}$  und den vor der Silierung an der Fuhrwerkswage ermittelten TM-Erträgen  $_{\text{Netto}}$  beschreiben. Ebenfalls wurde berücksichtigt, dass bei den bayerischen Faustzahlen Standard Netto-Werte bei vorwiegender Silagenutzung (Heuanteil max. 20 %) unterstellt sind. Der Datensatz wurde statistisch verrechnet (Statistikpaket SAS, Art der Varianzanalyse: PROC GLM, SNK-Test mit Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha = 0,05$ ). Unterschiedliche Buchstaben in Tab. 1 bedeuten bei den aufgeführten Parametern signifikante Unterschiede zwischen den Nutzungsintensitätsstufen.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Nach den bayerischen Faustzahlen [6] steigen mit zunehmender Schnittintensität sowohl die TM-Erträge als auch die XP-Gehalte und damit die N- bzw. XP-Erträge an. Wie aus Tab. 1 hervorgeht, wird dieser Trend anhand der untersuchten Praxisflächen bestätigt; bei allen dargestellten Parametern unterschieden sich die Mittelwerte der vier Schnittintensitätsstufen voneinander signifikant.

Tab. 1: Netto-Erträge (TM in dt TM/ha; N und XP in kg/ha) und mittlere XP-Gehalte (in g/kg TM) bei unterschiedlicher Schnittintensität – Vergleich zwischen bayerischen Faustzahlen und Praxisflächen (Mittel 2009-2012, s: Standardabweichung; c.v.: Variationskoeffizient)

|                  |                                | Schnitte pro Jahr |               |               |               |
|------------------|--------------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
|                  |                                | 2                 | 3             | 4             | 5             |
| Anzahl (n)*      |                                | 39                | 60            | 101           | 79            |
| <b>TM-Ertrag</b> | Faustzahl                      | 55                | 75            | 90            | 110           |
|                  | $\bar{\sigma}_{\text{Praxis}}$ | <b>50 D</b>       | <b>84 C</b>   | <b>107 B</b>  | <b>116 A</b>  |
|                  | s                              | 16                | 19            | 23            | 28            |
|                  | c.v.                           | 0,32              | 0,23          | 0,21          | 0,24          |
| <b>N-Ertrag</b>  | Faustzahl                      | 100               | 165           | 245           | 310           |
|                  | $\bar{\sigma}_{\text{Praxis}}$ | <b>105 D</b>      | <b>189 C</b>  | <b>279 B</b>  | <b>320 A</b>  |
|                  | s                              | 37                | 49            | 60            | 73            |
|                  | c.v.                           | 0,35              | 0,26          | 0,22          | 0,23          |
| <b>XP-Ertrag</b> | Faustzahl                      | 625               | 1031          | 1531          | 1938          |
|                  | $\bar{\sigma}_{\text{Praxis}}$ | <b>659 D</b>      | <b>1179 C</b> | <b>1741 B</b> | <b>2001 A</b> |
|                  | s                              | 231               | 306           | 377           | 456           |
|                  | c.v.                           | 0,35              | 0,26          | 0,22          | 0,23          |
| <b>XP-Gehalt</b> | Faustzahl                      | 114               | 138           | 170           | 176           |
|                  | $\bar{\sigma}_{\text{Praxis}}$ | <b>133 D</b>      | <b>141 C</b>  | <b>163 B</b>  | <b>174 A</b>  |
|                  | s                              | 25,2              | 19,3          | 14,8          | 19,0          |
|                  | c.v.                           | 0,19              | 0,14          | 0,09          | 0,11          |

\* (n) bedeutet hier die Anzahl der vollständigen Schnittproben in den vier Jahren 2009-2012; so lagen z.B. bei den Vierschnittwiesen 101 vollständige Ertragserfassungen im Untersuchungszeitraum vor.

Erwartungsgemäß streuten die Einzelwerte teilweise erheblich um die Mittelwerte, was anhand der in Tab. 1 angegebenen Standardabweichungen (s) ersichtlich ist. Bezieht man diese auf die jeweiligen Mittelwerte, so zeigt sich anhand der Variationskoeffizienten (c.v.), dass die Rohproteingehalte

eine weitaus geringere Variation aufwiesen als die TM- und N/XP-Erträge. In Bezug auf die einzelnen Nutzungsintensitätsstufen waren die Variationskoeffizienten bei den Vierschnittwiesen am niedrigsten, dagegen bei den Zweischnittwiesen am höchsten. Die starken Schwankungen lassen die Folgerung zu, dass Durchschnittswerte und damit Faustzahlen zur Ableitung von Düngungsempfehlungen bzw. zur Erstellung von Flächenbilanzen nur unvollkommen die tatsächlichen Verhältnisse eines Einzelbetriebs widerspiegeln können. Daher erscheint es sinnvoll und berechtigt, Faustzahlen mittels (einfacher) Korrekturfaktoren anpassen zu können. Dies ist bei der Berechnung der Düngung [6] sowie der Deckungsbeiträge im Grünland [4] prinzipiell schon jetzt möglich. Gegenstand künftiger Untersuchungen wird es sein, solche Korrekturfaktoren weiter zu validieren und ggf. noch zu erweitern.

Tab. 2: *Relativwerte der Praxisflächen (in %) im Vergleich zu den Faustzahlen\* (= 100 %)*

|             | Schnitte pro Jahr |     |     |     |
|-------------|-------------------|-----|-----|-----|
|             | 2                 | 3   | 4   | 5   |
| TM-Ertrag   | 91                | 112 | 119 | 105 |
| XP/N-Ertrag | 105               | 114 | 114 | 103 |
| XP-Gehalt   | 117               | 102 | 96  | 99  |

\* Nach WENDLAND et al. (2012)

Die Durchschnittswerte der Praxisflächen zeigen insgesamt eine relativ gute Übereinstimmung mit den bayerischen Faustzahlen (Tab. 2), wobei die Praxiswerte überwiegend über den Faustzahlen lagen. Mit Ausnahme der Zweischnittwiesen bewegten sich vor allem die mittleren Rohproteingehalte der Praxisflächen sehr nahe an den Faustzahlen. Die größte Abweichung von fast 20 % bestand beim TM-Ertrag bei Grünlandbeständen mit vier Schnitten pro Jahr.

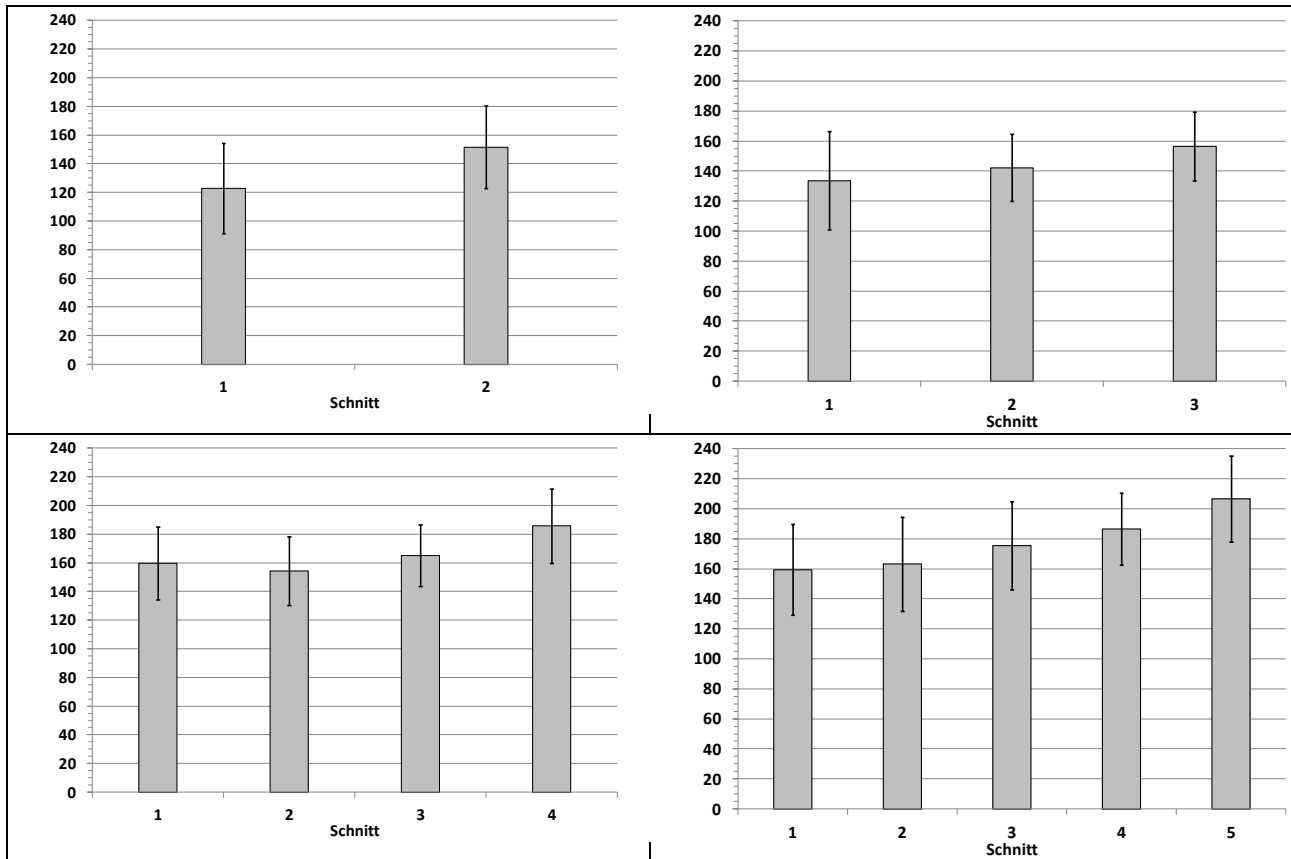


Abb.1: Rohproteingehalte (in g/kg TM) der einzelnen Aufwüchse (Mittelwert; +/- s) bei unterschiedlicher Schnittintensität (zu n: siehe Tab. 1).

Ergänzend zu Tab. 1, wo die XP-Gehalte der Aufwüchse eines Futterjahres zu einem gewichteten Mittelwert zusammengefasst sind, zeigt Abb. 1 die Entwicklung der XP-Gehalte im Jahresverlauf. Ersichtlich ist, dass die XP-Gehalte der Schnitte im Jahresverlauf i.d.R. ansteigen. Konzentrationen von 160 g XP/kg TM im Aufwuchs und darüber wurden im Mittel nur bei Beständen mit vier- bzw. fünfmaliger Nutzung pro Jahr erzielt.

Vergleicht man die Gruppe von Grünlandbeständen mit vier Nutzungen pro Jahr mit den anderen Intensitätsstufen und gibt die Unterschiede in Prozent an (Tab. 3), so fällt u.a. auf, dass sich die Mittelwerte der Vierschnittwiesen sehr deutlich von den Mittelwerten der Dreischnitt- und Zweischnittwiesen abhoben. Eine Erhöhung der Nutzungsintensität von vier auf fünf Schnitte zeigte dagegen wesentlich geringere Effekte. Dieser Sachverhalt trifft insbesondere für den XP-Ertrag und nicht ganz so ausgeprägt für den TM-Ertrag sowie den XP-Gehalt zu.

Tab. 3: Vergleich der mittlereren Netto-Erträge, Netto-XP/N-Abfahren und XP-Gehalte in Relation zur Vierschnittnutzung (in %).

|             | Schnitte pro Jahr |    |            |     |
|-------------|-------------------|----|------------|-----|
|             | 2                 | 3  | 4          | 5   |
| TM-Ertrag   | 47                | 79 | <b>100</b> | 108 |
| XP/N-Ertrag | 38                | 68 | <b>100</b> | 115 |
| XP-Gehalt   | 82                | 87 | <b>100</b> | 107 |

## 4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Insgesamt besteht auf der Basis des bisherigen Datensatzes (2009-2012) eine relativ gute Übereinstimmung zwischen den in Praxisflächen gefundenen Durchschnittswerten und den in der bayerischen landwirtschaftlichen Beratung verwendeten, nach Intensitätsstufen unterteilten Faustzahlen. Während von Wirtschaftsgrünland mit drei Nutzungen pro Jahr und Hektar durchschnittlich rund 1180 kg Rohprotein netto geerntet wurden, erreichte der Rohproteinertrag bei den Vier- und Fünfschnittweisen eine Höhe von durchschnittlich 1740 bzw. 2000 kg XP/ha. Hohe Streuungen um die Mittelwerte weisen darauf hin, dass es sinnvoll und berechtigt ist, Faustzahlen mittels Korrekturfaktoren anpassen zu können.

Für den Zeitraum 2012-2014 umfasst das Ertrags- und Nährstoffmonitoring rund 150 Flächen. Dabei ist geplant, bei künftigen Auswertungen mit einem größeren Datensatz auch zu untersuchen, ob und inwieweit sich Unterschiede zwischen unterschiedlichen Wiesentypen, Regionen und Düngungsniveaus ableiten lassen. Da die Drei- und Vierschnittwiesen schätzungsweise rund drei Viertel der bayerischen Grünlandfläche ausmachen [2], ist eine differenzierte Auswertung hier besonders wichtig.

## 5 Literatur

- [1] DIEPOLDER, M. (2006): Aspekte der Grünlandnutzung in Bayern. In: Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 31 „Gräser und Grasland“, 93-110, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- [2] HARTMANN, S., DIEPOLDER, M. und LICHTI, F. (2011): Grünland für die Biogasanlage. Bayern Biogasforum I - 12/2011, ALB Bayern e. V., Freising.
- [3] KÖHLER, B., THURNER, ST., DIEPOLDER, M. und SPIEKERS, H., (2012): Ertragsermittlung vom Grünland mittels manueller Schnittprobe. In: VDLUFA-Schriftenreihe Bd. 68, Kongressband 2012 Passau, 375-379, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- [4] KUBITZA, P. und SCHÄTZL, R., (2012): Jahresbericht 2012 des Instituts für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, LfL; <https://www.stmelf.bayern.de/idb/>.
- [5] KUHN, G., HEINZ, S. und MAYER, F., (2011): Grünlandmonitoring Bayern – Ersterhebung der Vegetation 2002-2008. Schriftenreihe 3/2011 der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- [6] WENDLAND, M., DIEPOLDER, M. und CAPRIEL, P., (2012): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland - Gelbes Heft. 10. unveränderte Auflage 2012, LfL-Information, Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.

# Der Einfluss von Region, Standort und Management auf das Auftreten von Problemunkräutern im Wirtschaftsgrünland

V. Hammes<sup>1)</sup>, M. Eggers<sup>1)</sup>, M. Kayser<sup>1)</sup>, J. Isselstein<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department für Nutzpflanzenwissenschaften (DNPW), Universität Göttingen, Außenstelle Vechta, Driverstraße 22, 49377 Vechta

<sup>2)</sup>DNPW, Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen  
vhammes@uni-goettingen.de

## 1 Einleitung und Problemstellung

Kräuter kommen in unterschiedlicher Abundanz, Frequenz und Artenzusammensetzung im Grünland vor. Wie die Artenzusammensetzung hängt auch ihr Auftreten von verschiedenen Faktoren ab. Unterschiede in den Standortbedingungen und den Bewirtschaftungsformen sind solche Einflussfaktoren. Die Auswirkungen dieser Faktoren auf Kräuter in der landwirtschaftlichen Nutzfläche wurden bereits mehrfach untersucht (vgl. [7], [6], [5], [3], [2]).

Im Grünland werden viele Kräuter bei angemessenem Vorkommen als Bei- und nicht als Unkräuter angesehen. Sie wirken sich in vielerlei Weise positiv auf die Stabilität der Grünlandnarbe und den Futterwert aus (z.B. [4]). Als Problemunkräuter werden sie nur dann wahrgenommen, wenn sie mit sehr hoher Frequenz auftreten. Bei einigen Arten wird allerdings jegliches Aufkommen als problematisch angesehen, da eine weitere Ausbreitung befürchtet werden muss (z.B. *Rumex*-Arten).

Der vorliegende Beitrag befasst sich neben dem Einfluss von Bewirtschaftungs- und Standorteigenschaften vor allem auch mit den Auswirkungen von Region und Betriebsstruktur auf das Auftreten von Problemunkräutern im Wirtschaftsgrünland im Norddeutschen Tiefland. Dabei sollen die Wechselwirkungen dieses komplexen Wirkungsgefüges genauer betrachtet werden. Ein besonderes Augenmerk wird auf Unterschiede zwischen vier Modellregionen gelegt. Die Zusammenhänge werden anhand von standardisierten Befragungsdaten untersucht und charakterisiert, sodass der Status quo der Grünlandnutzung in der Norddeutschen Tiefebene und die Folgen auf die Unkrautzusammensetzung dargestellt werden können.

Aus den Ergebnissen dieser Studie soll ein besseres Verständnis über den Zusammenhang zwischen den Faktoren, die das Auftreten von Problemunkräutern bestimmen, gewonnen werden. Die Erkenntnisse können dabei helfen, das Grünlandmanagement regions-, standort- und betriebspezifisch einzuschätzen und gegebenenfalls Probleme aufzuzeigen.

## 2 Material und Methoden

Innerhalb des Projektes „Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland“ wurde eine ausführliche Betriebsbefragung von jeweils 20 Grünlandwirten/innen in vier Regionen Norddeutschlands durchgeführt (Landkreis Diepholz, Landkreis Uelzen, Region Fläming, Landkreis Oder-Spree). Die Modellregionen liegen auf einem West-Ost-Gradienten, der sich vom westlichen Niedersachsen bis an die polnische Grenze erstreckt. Die Befragung erfolgte mittels eines standardisierten Fragebogens und erfasste Parameter der Betriebsstruktur, der Art und Intensität der Bewirtschaftung der Grünlandflächen sowie die Meinung der Landwirte zu Themen wie Klimawandel, Naturschutz und ihre Einschätzung aktueller Problembereiche im Betrieb. Ein wichtiger Aspekt war das Auftreten von Problemunkräutern. Die befragten Personen hatten die Möglichkeit für sich als

wichtig erachtete Problemunkräuter des Grünlandes in eine fünfstufige Skala einzutragen. Die Angaben der Landwirte/innen wurden für jeden Betrieb ausgewertet und gewichtet, sodass häufig auftretende Unkräuter (Nennung an 1. Stelle, Zahlenwert: 5) einen höheren Zahlenwert bei diesem Betrieb erhielten. Die gewichteten Daten wurden anschließend wie Vegetationstabellen behandelt mit dem Betrieb auf Aufnahmeebene. Wenn nur der Gattungsname angegeben wurde, erfolgte eine Zusammenfassung aller vorkommenden Arten dieser Gattung, die durch Gattungsname + spec. bezeichnet wurde. Eine kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) mit den auftretenden Unkräutern als abhängigen Variablen und den Betriebsparametern als erklärenden Variablen erfolgte mit dem Programm *PC-Ord 6*. Hierbei wurde das gewichtete Vorkommen der Unkräuter auf den befragten Betrieben als „main matrix“ und die Standorts- und Bewirtschaftungsparameter als „second matrix“ verwendet. Der Artenraum wird nur von den genannten Unkräutern aufgespannt. Die Grafiken wurden ebenfalls mit *PC-Ord* erstellt (Pflanzennamen nach EPPO-Code). Die Lage der Modellregionen geht hier allein über einen Kontinentalitätsfaktor (geographischer Länge) in die Berechnungen ein.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Mittelwerte der Bewirtschaftungs- und Standortfaktoren zeigen deutliche Unterschiede zwischen den Betrieben in den Modellregionen.

*Tab. 1: Betriebs- Bewirtschaftungs- und Standort- und regionale Faktoren von Betrieben der vier Modellregionen (Mittelwerte, n=80, Befragungsdaten). LNF=Landwirtschaftliche Nutzfläche (ha), GL = Grünland (ha), Schnitt = Schnitte/Jahr (Wiesen + Mähweiden), Bew = Beweidungen/Jahr (Mähweiden + Weiden), NDGm = kg N/ha\*Jahr mineralische Düngung, NDGo = kg N/ha\*Jahr organische Düngung, mNN = Höhenangabe, GV = Großvieheinheiten/ha, Kont = Grad der Kontinentalität: geographische Länge).*

| Modellregion      | LNF<br>[ha] | GL<br>[ha] | Schnitt<br>[n] | Bew<br>[n] | NDGm<br>[kgN/ha*a] | NDGo<br>[kgN/ha*a] | mNN<br>[m] | GV<br>[GV/ha] | Kont<br>[°] |
|-------------------|-------------|------------|----------------|------------|--------------------|--------------------|------------|---------------|-------------|
| <b>Diepholz</b>   | 105,1       | 29,0       | 4,6            | 0,9        | 105,0              | 135,4              | 41,0       | 1,6           | 8,6         |
| <b>Uelzen</b>     | 124,5       | 31,3       | 2,7            | 1,3        | 105,5              | 92,0               | 57,1       | 1,2           | 10,6        |
| <b>Fläming</b>    | 1289,5      | 210,9      | 2,9            | 1,4        | 50,3               | 40,0               | 72,6       | 0,4           | 12,5        |
| <b>Oder-Spree</b> | 577,5       | 147,0      | 2,5            | 1,3        | 28,4               | 25,7               | 52,1       | 0,6           | 14,1        |

Das Auftreten der Problemunkräuter, welches durch die Lage der Arten im Ordinationsdiagramm (Abb. 1a + 1b) dargestellt ist, folgt einem Muster. Während im Landkreis Diepholz eine häufigere Schnittnutzung und hohe Stickstoffeinträge pro Hektar, insbesondere durch organische Düngung, zu verzeichnen sind, sind in den östlichen Regionen Weidenutzung, geringe Düngemengen und weniger Großvieheinheiten pro Hektar vorherrschend (Abb. 1b). Unter Beweidung treten andere als problematisch angesehene Kräuter auf als unter Schnittnutzung (Abb. 1a). Menge und Form der Stickstoffdüngung (mineralisch oder organisch) wirken sich ebenfalls auf das Auftreten von bestimmten Problemunkräutern aus (Abb. 1b). Nährstoffliebende Arten (z.B. Rumex-Arten, *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*) werden eher in den Modellregionen mit höherer N-Düngung und Schnittnutzung zum Problem. Feuchteliebende Arten (z.B. *Juncus*- und *Carex*-Arten) treten als Problemunkräuter häufiger in der Region Fläming und im Landkreis Oder-Spree auf. Offensichtlich ist der Anteil von Feuchtgrünland, das noch für eine, wenn auch extensive landwirtschaftliche Produktion genutzt wird, in den östlichen Regionen höher. Die befragten Landwirte/innen im Fläming und im Landkreis Oder-Spree beschrieben auch häufig eine zunehmende Beeinträchtigung der Bewirtschaftung durch Überflutungsereignisse.



Der Grad der Kontinentalität kann in angestellten Berechnungen (CCA) für eine Reihe von Klimafaktoren (wie Temperaturregime, Jahresniederschlagsmengen, Länge der Vegetationsperiode, Auftreten von Dürren oder Überschwemmungen) stehen, die sich auf das Vorkommen von Unkräutern auswirken können (vgl. Peters und Gerowitt, 2012). Das Auftreten von Unkräutern, die als problematisch angesehen werden, unterscheidet sich möglicherweise auch zwischen ökologisch wirtschaftenden und konventionellen Betrieben. Die von der generellen Ausrichtung der Betriebe in Diepholz abweichenden Betriebe P15 und P20 (Abb. 1a und 1b) wirtschaften nach ökologischen Grundsätzen. Neben den untersuchten Faktoren spielt bei ökologisch wirtschaftenden Betriebsleitern für die Bewertung einer Art als Problemunkraut möglicherweise auch eine andere Einstellung zur Umwelt eine Rolle.

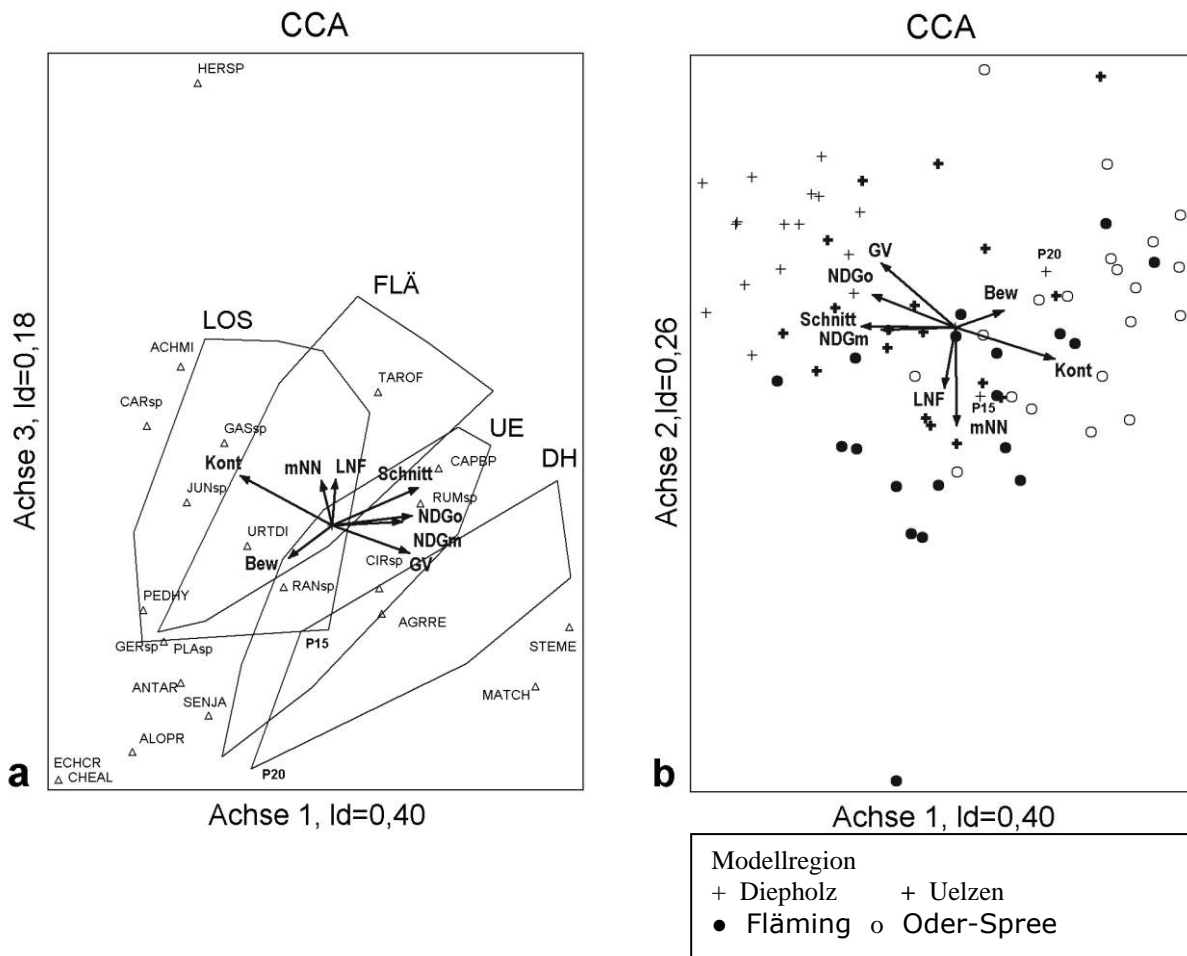


Abb. 1a und 1b: Kanonische Korrespondenzanalyse des Auftretens von Problemunkräutern. Arten als abhängige und Betriebsparameter als erklärender Variablen. Id = Eigenwerte der Achsen. P15 & P20: ökologisch wirtschaftende Betriebe (CCA: p-Werte der Arten-Umweltfaktoren Korrelationen sowie der Eigenwerte der Achsen < 0,05). DH = LK Diepholz, UE = LK Uelzen, FLÄ = Region Fläming, LOS = LK Oder-Spree. Pflanzennamen nach EPPO-Code. Arten: RUMsp=*Rumex*-Arten, CAPBP=*Capsella bursa-pastoris*, TAROF=*Taraxacum officinale*, STEME=*Stellaria media*, AGRRE=*Agropyron (Elymus) repens*, MATCH=*Matricaria recutita*, CIRsp=*Cirsium*-Arten, JUNCsp=*Juncus*-Arten, URTDI=*Urtica dioica*, RANsp=*Ranunculus*-Arten, SENJA=*Senecio jacobaea*, CHEAL=*Chenopodium album*, ECHCR=*Echinochloa crus-galli*, ALOPR=*Alopecurus pratensis*, ACHMI=*Achillea millefolium*, CARsp=*Carex*-Arten, PEDHY=*Petasites hybridus*, HERSP=*Heracleum sphondylium*, GALsp=*Galinsoga*-Arten, GERSp=*Geranium*-Arten, PLAsp=*Plantago*-Arten.

Den Ergebnissen der Befragung ist nicht zu entnehmen, wie hoch der Anteil der als problematisch angesehen Kräuter ist und wie weit Ertrag und Qualität davon beeinträchtigt werden. Dennoch liegt dem Auftreten von Problemunkräutern in der Regel eine instabile Grünlandnarbe infolge von unangepasster Nutzung zu Grunde. Eine langfristig angepasste, betriebsspezifische Bewirtschaftung in Bezug auf Stickstoffdüngung, Schnitt, Beweidung sowie Pflegemanagement ist auf vielen Betrieben anscheinend nicht gewährleistet.

Gründe dafür können systemimmanent sein oder auf mangelndem Wissen bzw. Aufmerksamkeit für das Grünland im Betriebsgeschehen generell liegen. Bei langfristig regelmäßig hohen Güllegaben und bei extensiver Beweidung auf Feuchtgrünland ist das Auftreten von, zum Beispiel, *Rumex* bzw. *Juncus* Arten nur bei besonderer Pflege zu vermeiden. Gerade bei Betrieben, die extensive Tierhaltung betreiben, belastet der Pflegeaufwand den wirtschaftlichen Erfolg zusätzlich.

Ziel eines besser angepassten Managements wäre es nicht, das Auftreten von Unkräutern komplett zu verhindern, sondern ein angemessenes Vorkommen im Grünland zu erreichen.

Dies funktioniert nur, wenn man die Zusammenhänge aller Faktoren, die sich auf das Auftreten von Unkräutern auswirken, betrachtet. Nach den Auswertungen der Befragungsdaten wird deutlich, dass viele Grünlandbetriebe Problemunkräuter aufweisen. Weitere Forschung für ein angepasstes Grünlandmanagement, die nicht nur die Schlagebene betrachtet, sondern auch die Betriebsstruktur und Region berücksichtigt sowie die Weitergabe der Erkenntnisse in die Praxis gewährleistet, ist daher von wirtschaftlichem und naturschutzfachlichem Interesse.

## 4 Schlussfolgerungen

Die Meinung der befragten Landwirte/innen bezüglich auftretender Problemunkräuter unterscheidet sich zwischen den Modellregionen, den verschiedenen Bewirtschaftungsformen und den Betriebsstrukturen. Je nach Region, Bewirtschaftungsform und Betriebsstruktur wurden von befragten Landwirten andere in ihrem Betrieb auftretende Problemunkräuter genannt. Das Wirkungsgeflecht der dargestellten Parameter ist komplex.

Ziel von weiteren Untersuchungen könnte sein, die wirkenden Faktoren auf Betriebsebene noch genauer zu untersuchen, um ein spezifischeres Management für Grünlandbetriebe zu entwickeln.

Weiterhin können aus den Ergebnissen dieser Studie Informationen darüber gewonnen werden, wie sich die Zusammensetzung von Problemunkräutern in Zukunft unter sich ändernden klimatischen Bedingungen bei bestimmten Bewirtschaftungsformen des Grünlandes entwickeln könnte.

## 5 Danksagung

Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). (Förderkennzeichen: 033L029). Projektverwaltung: Projektträger Jülich (PTJ).

## 6 Literatur

- [1] PETERS, K. and GEROWITT, B. (2012): How might climate change alter the interactions between weeds and crops? 25<sup>th</sup> German Conference on Weed Biology and Weed Control. Braunschweig, Germany
- [2] CIRUJEDA, A. et al. (2011): Remarkable changes of weed species in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. *Agronomy for Sustainable Development* 31, 275–288.
- [3] HANZLIK, K. and GEROWITT, B. (2011): The importance of climate, site and management on weed vegetation in oilseed rape in Germany. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 141, 321-333.

- 
- [4] JANSSEN, B. und BODGÁN, A. (2010): Landwirtschaftliche Flächen an ökologischen Landbau verpachten – Fragen und Antworten. EkoConnect – Internationales Zentrum für den ökologischen Landbau Mittel- und Osteuropas e.V.
- [5] BÖHM et al. (2003): Strategien zur Regulierung von Wurzelunkräutern im ökologischen Landbau“. Landbauforschung Völkenrode – Sonderheft 255 „, 29-34.
- [6] ANDREASEN, C et al. (1991): Soil properties affecting the distribution of 37 weed species in Danish fields. Weed research 323-331.
- [7] SALONEN, J. and ERVIO, L.-R. (1987): The emergence of weeds in the field. *Annales Agriculturae Fenniae* 20, 292-303.

# Grünlandmonitoring Bayern

S. Heinz, F. Mayer, G. Kuhn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Lange Point 12, 85354 Freising;

[sabine.heinz@lfl.bayern.de](mailto:sabine.heinz@lfl.bayern.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Grünland stellt mit ca. 33 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Bayern eine der wichtigsten Nutzungsformen dar. Es dient in erster Linie der Produktion von Futter und damit der Erzeugung von Milch und Fleisch. Daneben trägt es zum Schutz von Boden und Grundwasser bei, ist ein wichtiger Lebensraum für Pflanzen und Tiere und prägt das Landschaftsbild wesentlich ([6]; vgl. auch [2]). Mit einem Maximum von 89 Pflanzenarten auf einem Quadratmeter gehört extensives Grünland zu den artenreichsten Biototypen im weltweiten Vergleich [7]. In Mitteleuropa haben über 400 Pflanzenarten ihren Verbreitungsschwerpunkt in Grünlandgesellschaften [4]. Die Nutzung beeinflusst die Zusammensetzung des Bestandes im Wirtschaftsgrünland wesentlich. Art und Häufigkeit der Nutzung nehmen direkt Einfluss auf die Nährstoffversorgung, Entwicklungsphasen und Artenzusammensetzung. Durch die vielfältigen Wechselbeziehungen im Bestand beeinflussen Nutzungseingriffe das Artengefüge in unterschiedlichster Weise und können neben den gewünschten auch andere Effekte haben, z.B. eine Zunahme unerwünschter Arten.

Aufgrund vielfältiger Änderungen in Politik, Ökonomie und Technik unterliegt das Grünland einem ständigen Wandel. Dieser war in der Vergangenheit beispielsweise durch verbesserte Landtechnik und synthetische Dünger ausgelöst worden, in Gegenwart und Zukunft wird er stärker beeinflusst durch politische Änderungen wie EU-Osterweiterung, Weltmarktpreise oder Förder-Maßnahmen und nicht zuletzt durch klimatische Veränderungen.

Ziel des Grünlandmonitorings ist die Erfassung der Zusammensetzung der Vegetation und die Beobachtung ihrer zeitlichen Entwicklung. Zusammenhänge zwischen Standort, Nutzung und Artenzahl- und zusammensetzung, aber auch räumliche Muster können so dargestellt werden. Es bietet die Möglichkeit den Einfluss von Klimaänderung und Nutzungswandel auf die Artenzusammensetzung oder die Bestandesänderung von seltenen aber auch invasiven Arten oder Problemarten zu untersuchen.

## 2 Material und Methoden

Im Rahmen des Grünlandmonitoring Bayern wurden bei der Ersterhebung von 2002 bis 2008 insgesamt 6108 Wirtschaftsgrünlandflächen unterschiedlicher Nutzungen (Wiesen, Weiden, Almen) und Intensitäten vegetationskundlich untersucht [5]. Im Durchschnitt wurde eine Vegetationsaufnahme je 185 ha Grünlandfläche in Bayern durchgeführt. Die Flächen wurden mit einem Bodenmagneten markiert und die Koordinaten aufgezeichnet, um das Wiederfinden zu ermöglichen. Von 2009 bis 2012 wurden 2485 Flächen zum zweiten Mal erhoben.

Für die Vegetationsaufnahme wurde in einem repräsentativen Teil des Bestandes eine kreisförmige Fläche von 25 m<sup>2</sup> ausgewählt und eine Liste aller vorkommenden Gefäßpflanzen-Arten erstellt. Nach der Methode von [3] wurde dann der Ertragsanteil jeder Art in Prozent sowie der Heuertrag

(in dt/ha) des gesamten Bestandes geschätzt. Die Nomenklatur folgt weitgehend [8]. Entsprechend der Familienzugehörigkeit wurden die Arten den landwirtschaftlich relevanten Artengruppen 'Gräser' (G, Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae), 'Leguminosen' (L, Fabaceae) und 'Kräuter' (K, alle anderen Familien) zugeordnet. Da aus landwirtschaftlicher Sicht Süß- (G, Poaceae) und Sauergräsern eine ganz unterschiedliche Bedeutung zukommt, wurden die Sauergräser (Gs, Cyperaceae, Juncaceae) meist als eigene Gruppe untersucht. Für jede Vegetationsaufnahme wurde gewichtet nach dem Anteil der Arten am Ertrag Ellenberg-Zeigerwerte (ELLENBERG et al., 2003) sowie der Futterwert (Briemle et al., 2002) berechnet. Weiterhin wurden Gruppen landwirtschaftlich besonders interessanter Arten gebildet. Einerseits wurden Arten, die oft zur Nachsaat empfohlen werden, zur Gruppe „erwünschte Arten“ mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*), Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*) und Weiß-Klee (*Trifolium repens*) zusammengefasst. Andererseits wurden Gräser und Kräuter, deren Nutzen auf Grund ihres geringen Futterwertes oder ihrer Wachstumseigenschaften meist als gering eingeschätzt wird, die aber sehr häufig im Wirtschaftsgrünland vorkommen, von uns als „unerwünschte Arten“ zu einer Gruppe zusammengestellt. Dazu gehören Wiesen-Löwenzahn (*Taraxacum officinale*-Gruppe), Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*), Stumpfblättriger (*Rumex obtusifolius*) und Krauser Ampfer (*R. crispus*), Kriech-Quecke (*Elymus repens*) und Weiche Trespe (*Bromus hordeaceus*).

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Durchschnittlich wurden bei der Ersterhebung 19,4 ( $\pm 7$ ) Arten in jeder Vegetationsaufnahme (25 m<sup>2</sup>) gefunden, wobei es jedoch große Unterschiede zwischen den Flächen gab (Abb. 1). Etwa 20 % der Vegetationsaufnahmen wiesen mehr als 24 Arten auf und können als relativ artenreich bezeichnet werden (Abb. 1). Die Verteilung der Aufnahmen in die Artenzahlklassen ähnelt stark den Ergebnissen einer Rastererhebung auf 900 Probeflächen im Grünland Baden-Württembergs, wo ebenfalls rund 20 % artenreichen Grünlandes (>25 Arten auf 25 m<sup>2</sup>) gefunden wurden [6].

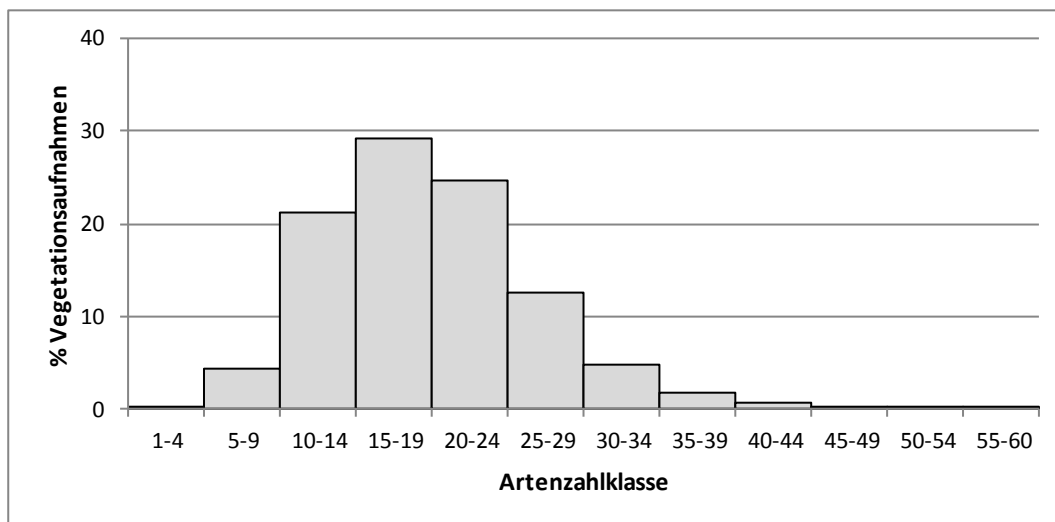


Abb. 1: Verteilung der Vegetationsaufnahmen auf Artenzahlklassen.

Insgesamt wurden 800 verschiedene Pflanzenarten gefunden. Von den gefundenen Arten stehen 222 auf der Bayerischen Roten Liste [1].

Die höchsten Ertragsanteile im Durchschnitt aller untersuchten Flächen erreichten der Wiesen-Fuchsschwanz (12,3 %; *Alopecurus pratensis*), das Gewöhnliche Rispengras (8,7 %; *Poa trivialis*) und das Knäuelgras (7,8 %, *Dactylis glomerata*). Erst an fünfter Stelle folgte das Deutsche Weidelgras (7,5 %, *Lolium perenne*). Durchschnittlich erreichten die Gräser in jeder Vegetationsaufnahme 73 %, Kräuter 20 % und Leguminosen 7 % des Ertrages. Sauergräser kamen in ca. 13 % der Vegetationsaufnahmen vor, erreichten aber nur in 6 % der Flächen Ertragsanteile über 5 %. Durch-

schnittlich wird ein hoher Futterwert erreicht. Nur neun Arten kamen sehr häufig vor (in mehr als 50 % der Vegetationsaufnahmen). Die am häufigsten gefundene Art im Grünland war der Wiesen-Löwenzahn (*Taraxacum officinale*-Gruppe), der in 87 % der Flächen gefunden wurde, danach folgten das Gewöhnliche Rispengras (*Poa trivialis*), das Knäuelgras (*Dactylis glomerata*) und der Weiß-Klee (*Trifolium repens*).

Auf Grund der großen Standortunterschiede in Bayern zeigten sich deutliche regionale Unterschiede im Pflanzenbestand. Die räumlichen Unterschiede in der Artenzahl stellt Abb. 2 dar. Vor allem der Naturraum Alpen unterschied sich in der Bestandszusammensetzung auf Grund seiner speziellen Standortbedingungen und Nutzung von den anderen Naturräumen und zeigte den größten Artenreichtum ( $\bar{O}$  29,4 Arten/25 m<sup>2</sup>). Auch die nördlichen Naturräume - Spessart-Rhön, Fränkisch-Schwäbische Alb und Keuper-Lias-Land - zeigten überdurchschnittliche Artenzahlen (Abb. 2).

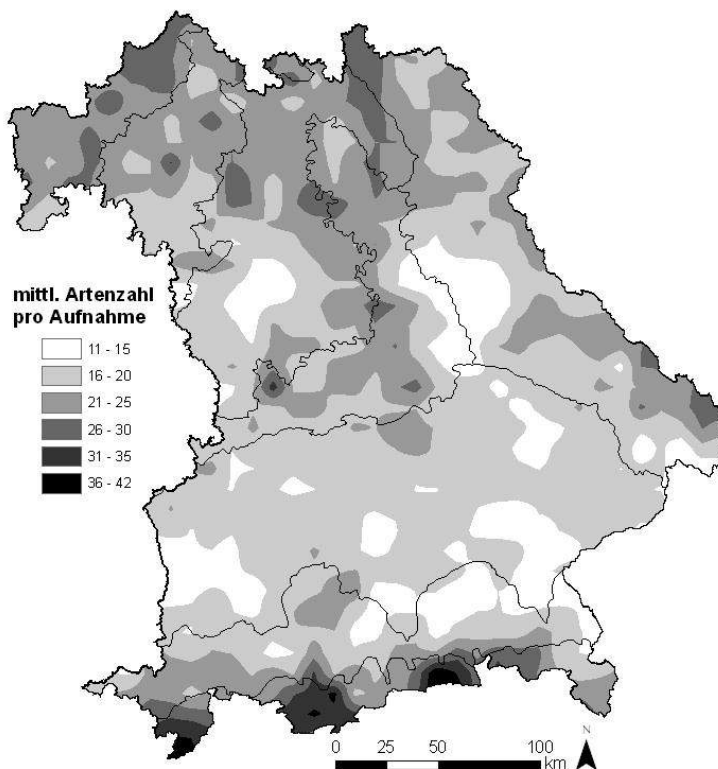


Abb. 2: Räumliche Verteilung der mittleren Artenzahlen pro Aufnahme im bayerischen Grünland.

Standortbedingungen und Nutzung beeinflussen sich dabei gegenseitig, so dass eine Unterscheidung in Ursache und Wirkung teilweise nicht möglich ist. Der Nutzung, und hier vor allem der Nutzungsintensität, kommt allerdings eine entscheidende Bedeutung für die Bestandeszusammensetzung und damit die Produktivität einer Fläche zu. Die Nutzungsintensität wirkt sich auf den Flächen des Grünlandmonitoring Bayern deutlich auf die Artenzahl, die Gruppenanteile von Gräsern, Kräutern und Leguminosen und auch auf den Ertragsanteil unerwünschter Arten aus. Die Annahme, dass die Steigerung der Intensität den Ertrag und den Futterwert in jedem Fall steigert, ist allerdings etwas zu kurz gegriffen, denn auch der Anteil an unerwünschten Arten wie dem Gewöhnlichen Rispengras (*Poa trivialis*), dem Stumpfblättrigen (*Rumex obtusifolius*) und dem Krausen Ampfer (*R. crispus*) steigen mit zunehmender Nutzungsintensität (Tab. 1).

Tab. 1: Mittlere Artenzahl und Anteil erwünschter und unerwünschter Arten bei unterschiedlicher Nutzungsintensität (GV-Besatzklassen).

| GV-Klasse        | <=0,5       | 0,6-1        | 1,1-1,5      | 1,6-2        | 2,1-2,5      | >=2,6        |
|------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Artenzahl        | 23.9 ±(8.2) | 21.5 ±(6.9)  | 19.2 ±(6.3)  | 16.5 ±(5.6)  | 13.9 ±(4.1)  | 14.1 ±(5.3)  |
| Ertraganteil (%) |             |              |              |              |              |              |
| erwünschte       | 8.4 ±(12.1) | 13.6 ±(15.4) | 19.8 ±(18.6) | 23.3 ±(19.6) | 27.9 ±(19.6) | 25.5 ±(20.1) |
| unerwünschte     | 9.3 ±(12.2) | 13.4 ±(13.2) | 16 ±(13.2)   | 19.2 ±(13.3) | 21.4 ±(14.3) | 19.3 ±(14.5) |

Im Vergleich der Flächen mit unterschiedlichen Agrarumweltmaßnahmen zeigte sich ein Zusammenhang zwischen Maßnahmenumfang und der Artenzahl im Vergleich zu Flächen ohne Auflagen. Weitreichende Maßnahmen führten zu verringerten Erträgen und höheren Artenzahlen, während sich Maßnahmen mit geringen Bewirtschaftungseinschränkungen kaum auswirkten (Abb. 3). Flächenbezogene Maßnahmen wie Schnittzeitpunktauflagen oder Düngeverzicht zeigten nach den Almflächen und den Vertragsnaturschutzflächen die höchsten Artenzahlen. Der Verzicht auf flächendeckenden Pflanzenschutz führte nur zu einem geringen Anstieg der Artenzahl.

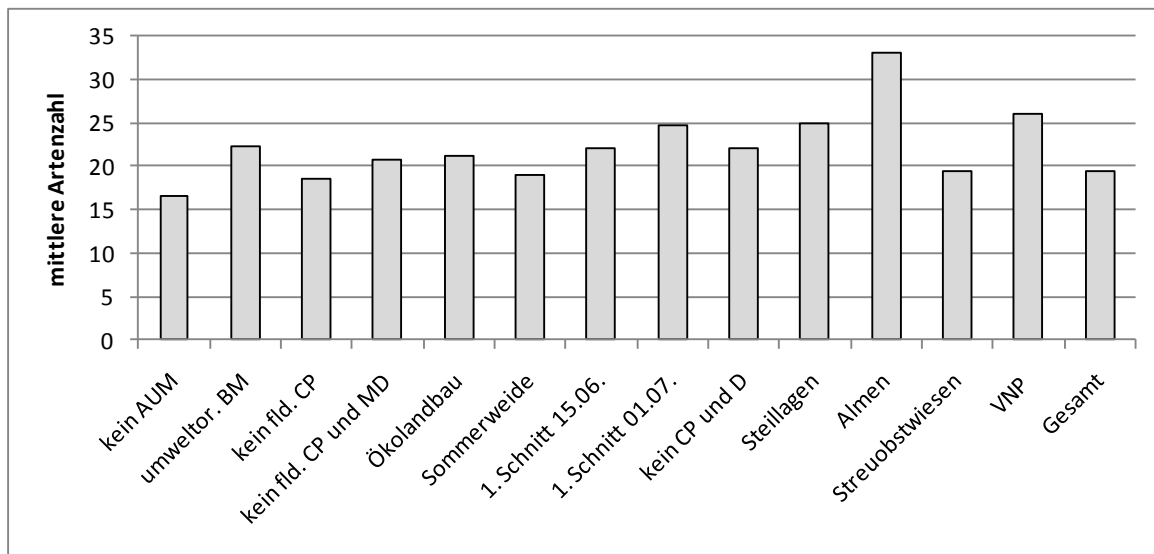


Abb. 3: Mittlere Artenzahl bei verschiedenen Agrarumweltmaßnahmen. umweltor. BM – umweltorientiertes Betriebsmanagement, fld. CP – flächendeckender Pflanzenschutz, MD – Mineraldüngung, D – Düngung, VNP – Vertragsnaturschutz.

## 4 Schlussfolgerungen

Das Grünlandmonitoring Bayern bietet die Möglichkeit Veränderungen in der Grünlandvegetation zu beobachten und räumlich zu quantifizieren. Veränderungen in der Zusammensetzung des Grünlandbestandes können so erfasst werden. Im Rahmen der ersten Wiederholung fand eine Evaluierung der Agrarumweltmaßnahmen statt, die einen Erhalt bzw. die Zunahme der Artenzahl auf Flächen mit Agrarumweltmaßnahmen zeigte.

Der Anteil von 20 % artenreichem Wirtschaftsgrünland belegt die große Bedeutung des Grünlandes zum Erhalt der Biodiversität und betont die Verantwortung der Landwirtschaft.

## 5 Literatur

- [1] BAYLFU, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (HRSG.) (2003): Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. Augsburg, Schriftenreihe 165: 372 S.
- [2] BAYSTMELF, BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (HRSG.) (2008A): Das Kulturlandschaftsprogramm (KULAP), Herzstück bayerischer Agrarpolitik. München, 31 S.
- [3] KLAPP, E. und STÄHLIN, A. (1936): Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes. Stuttgart (Ulmer), 122 S.
- [4] KORNECK D. und SUKOPP H. (1988): Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz. Schriftenreihe für Vegetationskunde 19, 210 S.
- [5] KUHN, G.; HEINZ, S. und MAYER, F. (2011): Grünlandmonitoring Bayern, Ersterhebung der Vegetation 2002-2008. LfL-Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3, 161 S.
- [6] OPPERMAN, R. und BRIEMLE, G. (2009): Artenreiche Wiesen und Weiden, Umfang und Bedeutung für Baden-Württemberg. In: SCHREIBER, K.F., BRAUCKMANN, H.J., BROLL, G., KREBS, S. und POSCHLOD, P. (Hrsg.): Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft. 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. Heidelberg (verlag regionalkultur), Naturschutz-Spektrum-Themen 97, 49-62.
- [7] WILSON, J. B.; PEET, R. K.; DENGLER, J. and PÄRTEL, M. (2012): Plant species richness: the world records. *Journal of Vegetation Science* 23, 796-802.
- [8] WISSKIRCHEN, R. und HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Stuttgart. Ulmer: 765 S.



# Bewertung von Silagen mit erhöhter Essigsäurebildung - ist der DLG-Gärfutterschlüssel ausreichend?

C. Kalzendorf<sup>1)</sup>, K. Weiß<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Fachbereich Grünland und Futterbau der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg

<sup>2)</sup>Gemeinschaftslabor Analytik der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät,

Humboldt Universität zu Berlin

[christine.kalzendorf@lwk-niedersachsen.de](mailto:christine.kalzendorf@lwk-niedersachsen.de)

[kirsten.weiss@agrar.hu-berlin.de](mailto:kirsten.weiss@agrar.hu-berlin.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Essigsäure in Silagen kann im Wesentlichen infolge unterschiedlicher mikrobieller Aktivitäten gebildet werden:

Einerseits ist ein erhöhter Essigsäuregehalt das Ergebnis von Fehlgärungen in nitrathaltigem Siliergut durch Buttersäurebildner. Andererseits entsteht Essigsäure aber auch durch heterofermentative Milchsäurebakterien bei Anwesenheit von *L. buchneri*-Species. In beiden Fällen sind Essigsäurewerte von über 3,0 % in der Trockenmasse möglich.

Für die Beratungspraxis ist es demzufolge schwierig, vor allem erhöhte Essigsäuregehalte in Silagen zu interpretieren.

Die unten vorgestellten Versuche wurden ursprünglich nicht wegen der Essigsäurebildung und der Klärung ihrer Herkünfte angelegt. Das Ziel bestand darin, für die Beratungspraxis aktuelle Daten zur Wirkung von Siliermitteln bei schwierigen Vergärbarkeitsbedingungen zu liefern. Die Ergebnisse dieser Versuche fielen jedoch insbesondere aufgrund der überdurchschnittlich hohen Essigsäuregehalte ganz anders aus als erwartet. Da diese Versuchsserie in die oben aufgeführte Problematik einzuordnen ist, soll sie an dieser Stelle mit dem vollständigen Datenmaterial vorgestellt werden.

## 2 Material und Methoden

Aus drei Praxisbetrieben mit unterschiedlicher regionaler Herkunft wurde schwach angewelktes Gras zum ersten Aufwuchs des Jahres 2012 als Probenmaterial entnommen. Nach dem Häckseln dieser Grasproben wurde das Siliergut gründlich gemischt und je nach Prüfvariante mit den entsprechenden Silierzusätzen beimpft. Das so behandelte Futter wurde anschließend schichtweise in 1 Liter Weckgläser gebracht. Das Verschließen der Weckgläser erfolgte durch das Auflegen des Glasdeckels mit Gummiring und jeweils vier Klammern. Tab. 1 gibt einen Überblick über die Varianten der Laborsilierungsversuche.

Tab. 1: Varianten des Laborsilierungsversuches

| Nr. | Variante                                  | Dosierung  |
|-----|---|------------|
| 1   | Kontrolle                                 |            |
| 2   | MSB-homofermentativ                       | 5 g/ t SG* |
| 3   | MSB-heterofermentativ                     | 1 g/ t SG* |
| 4   | MSB-Mischung: homo- und heterofermentativ | 1 g/ t SG* |
| 5   | Siliersalz                                | 3 l/t SG*  |

\*: Siliergut

Die Silierbehältnisse lagerten für 90 Tage bei konstanter Temperatur von 22 ° C. Nach der Entnahme und dem Mischen des Gärfutters wurden Proben für die Gärqualitätsuntersuchung und für den Test zur aeroben Stabilität genommen. Die Untersuchung der Silagen erfolgte gemäß dem DLG-Bewertungsschlüssels von 2006 zunächst an der LUFA Nord-West und später an der Humboldt-Universität zu Berlin.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 2 sind die Vergärbarkeitsdaten von den drei Futtermaterialien aufgeführt. Hierbei handelte es sich aus dem Blickwinkel des Vergärbarkeitskoeffizienten VK [4] in zwei Fällen um mittelschwer vergärbare Erntegut und in einem Fall um leicht vergärbare Siliergut. Jedoch berücksichtigt der Vergärbarkeitskoeffizient nicht den Nitratgehalt des Ausgangsmaterials. Das Siliergut aus allen Versuchen ist mit Nitratgehalten unter 1g Nitrat/ kg TM als nitratfrei und demzufolge als schwer vergärbare einzustufen ([6], [1] und [2]).

Tab. 2: Vergärbarkeitsdaten der drei Grasmischbestände aus der Praxis (1. Schnitt 2012)

| Kenngroße                 | Einheit       | Gras -Detern | Gras -Wardenburg | Gras -Wischhafen |
|---------------------------|---------------|--------------|------------------|------------------|
| TS                        | %             | 23,0         | 29,1             | 28,9             |
| Rohprotein                | % i.d. TM     | 15,1         | 16,5             | 15,7             |
| Rohfaser                  | % i.d. TM     | 22,3         | 26,0             | 23,3             |
| ADF om                    | % i.d. TM     | 27,0         | 30,0             | 26,2             |
| NDF om                    | % i.d. TM     | 44,6         | 51,5             | 45,5             |
| Gasbildung                | ml/ 200 mg TM | 54           | 47,9             | 52,9             |
| Zucker                    | % i.d. TM     | 17,0         | 10,3             | 15,6             |
| Rohfett                   | % i.d. TM     | 3,1          | 3,0              | 3,1              |
| Rohasche                  | % i.d. TM     | 9,5          | 9,2              | 9,8              |
| Sand                      | % i.d. TM     | 2,5          | 2,2              | 2,8              |
| ME-Rind                   | MJ/ kg TM     | 10,7         | 10,1             | 10,7             |
| NEL                       | MJ/ kg TM     | 6,5          | 6,0              | 6,5              |
| nRP                       | g/kg TM       | 140          | 136              | 141              |
| RNB                       |               | 1,8          | 4,6              | 2,6              |
| Nitrat                    | g/kg          | 0,603        | 0,627            | 0,341            |
| Pufferkapazität           | gMS/100g      | 7,0          | 6,4              | 5,7              |
| Z/PK                      |               | 2,4          | 1,6              | 2,7              |
| Vergärbarkeitskoeffizient |               | 42,4         | 42,0             | 51               |

Trotz der schwierigen Vergärbarkeitsbedingungen waren die Silagen, unabhängig vom Siliermittelzusatz, buttersäurefrei. Es wurden aber in allen Varianten hohe bis sehr hohe Essigsäuregehalte analysiert (i.d.R. über 2,5 bis 9,0 % ES i.d. TM), wie aus den Einzelergebnissen in Tab. 3 bis 5 hervorgeht. Zwischen der Kontrolle und den Siliermittelvarianten gab es in Bezug auf die

Gärqualität, gemessen an Butter- und Essigsäure, nur geringe Unterschiede. Erwartungsgemäß waren alle Silagen aufgrund des hohen Essigsäuregehaltes im Prüfzeitraum von 10 Tagen aerob stabil.

Es ergab sich somit die Frage, ob die erhöhten Essigsäuregehalte vorrangig auf Fehlgärungsprozesse oder eher auf Aktivitäten heterofermentativer Milchsäurebakterien zurückzuführen sind. Die bis zu diesem Zeitpunkt vorliegenden LUFA-Daten konnten im Rahmen der Gärqualitätsbewertung gemäß dem DLG-Schlüssel 2006 keine hinreichenden Informationen liefern.

Vor dem Hintergrund wurden die Rückstellproben der Silagen einer umfangreichen Gäranalytik durch die Humboldt- Universität zu Berlin unterzogen, in der außer den Gärsäuren auch der Ammoniakgehalt und wesentliche Alkohole inklusive dem 1,2-Propandiol erfasst wurden.

Hierbei fielen in den Silagen insbesondere die hohen Propandiolgehalte mit Werten von über 1,0 % i.d. TM auf. Selbst in der Kontrollvariante konnten diese Konzentrationen nachgewiesen werden. Die Propandiolgehalte sind Beleg für die Aktivität von heterofermentativen Milchsäurebakterien des *L. buchneri*-Typs [5]. Da es sich um nitratfreies Ausgangsmaterial handelt, können Essigsäuregehalte mit Werten über 3,0 % in TM nicht aus Fehlgärungsprozessen stammen ([6] und [7]). Daraus kann geschlossen werden, dass die erzielten Gärqualitäten sehr wahrscheinlich im Zusammenhang mit einem hohen Besatz an epiphytischen Milchsäurebakterien heterofermentativer Art stehen. Sie dominierten nachweislich den Gärprozess und überlagerten damit die Effekte der applizierten Silierringmittel.

Tab. 3: Gärqualitätsdaten des Silierversuches mit Grasbestand aus Detern

| Variante   | TM <sub>k</sub> | pH-  | MS   | ES   | PS   | BS ** | Methanol | Ethanol | 1,2-Propandiol | % NH <sub>3</sub> -N in Nges. | GV         |
|------------|-----------------|------|------|------|------|-------|----------|---------|----------------|-------------------------------|------------|
|            | %               | Wert |      |      |      |       |          |         |                |                               | % i. d. TM |
| Kontrolle  | 23,6            | 4,27 | 3,90 | 7,67 | 0,57 | 0,00  | 0,10     | 1,29    | 1,98           | 10,30                         | 9,9        |
|            | 23,7            | 4,28 | 3,89 | 7,61 | 0,61 | 0,00  | 0,16     | 1,29    | 1,74           | 9,70                          | 10,0       |
|            | 23,5            | 4,27 | 4,15 | 7,60 | 0,61 | 0,00  | 0,18     | 1,31    | 1,47           | 10,30                         | 9,7        |
| MWs        | 23,6            | 4,3  | 4,0  | 7,6  | 0,6  | 0,0   | 0,1      | 1,3     | 1,7            | 10,1                          | 9,9        |
|            | 0,06            | 0,00 | 0,12 | 0,03 | 0,02 | 0,00  | 0,03     | 0,01    | 0,21           | 0,28                          | 0,12       |
| MSB ho     | 24,2            | 3,94 | 8,92 | 3,17 | 0,00 | 0,00  | 0,13     | 0,70    | 1,06           | 9,05                          | 5,8        |
|            | 24,1            | 3,93 | 8,45 | 2,94 | 0,00 | 0,00  | 0,11     | 0,68    | 0,95           | 9,10                          | 6,2        |
|            | 24,1            | 3,95 | 8,42 | 2,62 | 0,00 | 0,00  | 0,11     | 0,60    | 0,87           | 9,60                          | 6,2        |
| MWs        | 24,1            | 3,9  | 8,6  | 2,9  | 0,0  | 0,0   | 0,1      | 0,7     | 1,0            | 9,3                           | 6,1        |
|            | 0,04            | 0,01 | 0,23 | 0,22 | 0,00 | 0,00  | 0,01     | 0,04    | 0,08           | 0,25                          | 0,19       |
| MSB he     | 22,4            | 4,22 | 4,36 | 4,85 | 0,30 | 0,00  | 0,08     | 0,80    | 0,88           | 10,80                         | 10,6       |
|            | 22,3            | 4,21 | 4,87 | 4,75 | 0,29 | 0,00  | 0,09     | 0,82    | 0,80           | 10,80                         | 10,6       |
|            | 22,5            | 4,25 | 4,85 | 5,50 | 0,30 | 0,00  | 0,08     | 0,86    | 1,10           | 10,50                         | 10,3       |
| MWs        | 22,4            | 4,2  | 4,7  | 5,0  | 0,3  | 0,0   | 0,1      | 0,8     | 0,9            | 10,7                          | 10,5       |
|            | 0,09            | 0,02 | 0,24 | 0,33 | 0,01 | 0,00  | 0,00     | 0,02    | 0,13           | 0,14                          | 0,14       |
| MSB ho/ he | 0,00            |      |      |      |      |       |          |         |                |                               |            |
|            | 23,2            | 4,35 | 4,40 | 5,22 | 0,00 | 0,00  | 0,09     | 0,88    | 5,65           | 10,00                         | 9,2        |
|            | 24,0            | 4,33 | 4,49 | 6,97 | 0,00 | 0,00  | 0,12     | 1,13    | 7,61           | 9,20                          | 8,8        |
|            | 24,5            | 4,34 | 4,22 | 6,75 | 0,00 | 0,00  | 0,12     | 1,12    | 7,26           | 8,70                          | 8,9        |
| MWs        | 23,9            | 4,3  | 4,4  | 6,3  | 0,0  | 0,0   | 0,1      | 1,0     | 6,8            | 9,3                           | 9,0        |
|            | 0,53            | 0,01 | 0,11 | 0,78 | 0,00 | 0,00  | 0,01     | 0,12    | 0,85           | 0,54                          | 0,17       |
| S.-Salz*   | 23,9            | 4,35 | 4,67 | 6,09 | 0,26 | 0,00  | 0,19     | 0,82    | 1,54           | 8,20                          | 8,8        |
|            | 24,0            | 4,38 | 5,31 | 6,08 | 0,20 | 0,00  | 0,22     | 0,74    | 2,05           | 8,40                          | 7,8        |
|            | 24,1            | 4,35 | 4,18 | 4,63 | 0,07 | 0,00  | 0,18     | 0,62    | 1,69           | 7,40                          | 7,6        |
| MWs        | 24,0            | 4,4  | 4,7  | 5,6  | 0,2  | 0,0   | 0,2      | 0,7     | 1,8            | 8,0                           | 8,1        |
|            | 0,09            | 0,01 | 0,46 | 0,69 | 0,08 | 0,00  | 0,02     | 0,08    | 0,21           | 0,43                          | 0,52       |

Tab. 4: Gärqualitätsdaten des Silierversuches mit Grasbestand aus Wardenburg

| Variante   | TM <sub>k</sub> | pH-        | MS         | ES         | PS         | BS **      | Methanol   | Ethanol    | 1,2-Propandiol | % NH <sub>3</sub> -N in Nges. | GV         |
|------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|-------------------------------|------------|
|            | %               | Wert       |            |            |            |            |            |            |                |                               | % i. d. TM |
| Kontrolle  | 29,6            | 4,21       | 6,91       | 2,51       | 0,00       | 0,04       | 0,07       | 0,56       | 1,07           | 12,30                         | 5,2        |
|            | 29,5            | 4,21       | 5,59       | 2,56       | 0,00       | 0,04       | 0,08       | 0,62       | 1,10           | 12,55                         | 5,2        |
|            | 29,5            | 4,22       | 5,63       | 2,33       | 0,00       | 0,04       | 0,06       | 0,55       | 0,97           | 12,47                         | 5,2        |
| <b>MW</b>  | <b>29,5</b>     | <b>4,2</b> | <b>6,0</b> | <b>2,5</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,1</b> | <b>0,6</b> | <b>1,0</b>     | <b>12,4</b>                   | <b>5,2</b> |
| s          | 0,05            | 0,00       | 0,61       | 0,10       | 0,00       | 0,00       | 0,01       | 0,03       | 0,06           | 0,10                          | 0,00       |
| MSB ho     | 29,9            | 4,18       | 7,58       | 1,98       | 0,00       | 0,03       | 0,06       | 0,49       | 0,71           | 12,80                         | 4,9        |
|            | 29,8            | 4,18       | 7,75       | 2,02       | 0,00       | 0,03       | 0,06       | 0,48       | 0,76           | 12,70                         | 5,0        |
|            | 29,6            | 4,16       | 5,96       | 2,36       | 0,00       | 0,04       | 0,06       | 0,56       | 0,73           | 13,00                         | 5,0        |
| <b>MW</b>  | <b>29,8</b>     | <b>4,2</b> | <b>7,1</b> | <b>2,1</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,1</b> | <b>0,5</b> | <b>0,7</b>     | <b>12,8</b>                   | <b>5,0</b> |
| s          | 0,14            | 0,01       | 0,81       | 0,17       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,03       | 0,02           | 0,12                          | 0,05       |
| MSB he     | 29,5            | 4,27       | 6,12       | 2,49       | 0,00       | 0,04       | 0,06       | 0,71       | 1,27           | 12,80                         | 5,5        |
|            | 29,5            | 4,28       | 6,94       | 2,34       | 0,00       | 0,04       | 0,07       | 0,67       | 1,13           | 13,40                         | 5,3        |
|            | 29,7            | 4,29       | 5,91       | 2,24       | 0,00       | 0,16       | 0,06       | 0,66       | 1,12           | 10,91                         | 5,4        |
| <b>MW</b>  | <b>29,6</b>     | <b>4,3</b> | <b>6,3</b> | <b>2,4</b> | <b>0,0</b> | <b>0,1</b> | <b>0,1</b> | <b>0,7</b> | <b>1,2</b>     | <b>12,4</b>                   | <b>5,4</b> |
| s          | 0,11            | 0,01       | 0,44       | 0,10       | 0,00       | 0,06       | 0,00       | 0,02       | 0,07           | 1,06                          | 0,08       |
| MSB ho/ he | 29,0            | 4,40       | 3,64       | 2,46       | 0,00       | 0,03       | 0,02       | 0,51       | 1,92           | 10,97                         | 6,4        |
|            | 28,8            | 4,39       | 3,73       | 2,12       | 0,00       | 0,02       | 0,05       | 0,46       | 1,69           | 11,70                         | 6,3        |
|            | 29,1            | 4,37       | 4,70       | 2,24       | 0,00       | 0,02       | 0,05       | 0,47       | 1,80           | 12,10                         | 6,4        |
| <b>MW</b>  | <b>29,0</b>     | <b>4,4</b> | <b>4,0</b> | <b>2,3</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,5</b> | <b>1,8</b>     | <b>11,6</b>                   | <b>6,4</b> |
| s          | 0,13            | 0,01       | 0,48       | 0,14       | 0,00       | 0,00       | 0,01       | 0,02       | 0,09           | 0,47                          | 0,05       |
| S.-Salz    | 28,9            | 4,52       | 3,28       | 2,18       | 0,00       | 0,02       | 0,07       | 0,23       | 1,45           | 9,30                          | 6,2        |
|            | 29,2            | 4,51       | 4,73       | 2,60       | 0,00       | 0,02       | 0,08       | 0,30       | 1,81           | 10,90                         | 5,9        |
|            | 29,4            | 4,48       | 3,23       | 2,90       | 0,00       | 0,03       | 0,11       | 0,36       | 1,85           | 8,20                          | 6,0        |
| <b>MW</b>  | <b>29,2</b>     | <b>4,5</b> | <b>3,7</b> | <b>2,6</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,1</b> | <b>0,3</b> | <b>1,7</b>     | <b>9,5</b>                    | <b>6,0</b> |
| s          | 0,22            | 0,02       | 0,69       | 0,30       | 0,00       | 0,01       | 0,01       | 0,05       | 0,18           | 1,11                          | 0,12       |

Tab. 5: Gärqualitätsdaten des Silierversuches mit Grasbestand aus Wischhafen

| Variante   | TM <sub>k</sub> | pH-        | MS         | ES         | PS         | BS **      | Methanol   | Ethanol    | 1,2-Propandiol | % NH <sub>3</sub> -N in Nges. | GV         |
|------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|-------------------------------|------------|
|            | %               | Wert       |            |            |            |            |            |            |                |                               | % i. d. TM |
| Kontrolle  | 28,7            | 4,24       | 3,85       | 3,60       | 0,00       | 0,00       | 0,11       | 0,68       | 2,61           | 9,67                          | 6,8        |
|            | 28,7            | 4,24       | 5,28       | 3,72       | 0,00       | 0,00       | 0,10       | 0,66       | 2,91           | 9,68                          | 6,9        |
|            | 28,7            | 4,24       | 3,97       | 3,54       | 0,00       | 0,00       | 0,10       | 0,66       | 2,71           | 8,80                          | 6,8        |
| <b>MW</b>  | <b>28,7</b>     | <b>4,2</b> | <b>4,4</b> | <b>3,6</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,1</b> | <b>0,7</b> | <b>2,7</b>     | <b>9,4</b>                    | <b>6,8</b> |
| s          | 0,01            | 0,00       | 0,65       | 0,07       | 0,00       | 0,00       | 0,01       | 0,01       | 0,12           | 0,41                          | 0,05       |
| MSB ho     | 28,8            | 3,92       | 6,35       | 1,47       | 0,00       | 0,00       | 0,09       | 0,42       | 0,16           | 6,11                          | 5,1        |
|            | 28,8            | 3,97       | 8,12       | 1,42       | 0,00       | 0,00       | 0,09       | 0,41       | 0,07           | 7,63                          | 5,2        |
|            | 28,9            | 3,94       | 7,83       | 1,71       | 0,00       | 0,00       | 0,10       | 0,49       | 0,19           | 7,20                          | 5,0        |
| <b>MW</b>  | <b>28,8</b>     | <b>3,9</b> | <b>7,4</b> | <b>1,5</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,1</b> | <b>0,4</b> | <b>0,1</b>     | <b>7,0</b>                    | <b>5,1</b> |
| s          | 0,06            | 0,02       | 0,78       | 0,13       | 0,00       | 0,00       | 0,01       | 0,04       | 0,05           | 0,64                          | 0,08       |
| MSB he     | 28,6            | 4,28       | 4,11       | 3,74       | 0,00       | 0,00       | 0,10       | 0,81       | 3,11           | 9,18                          | 7,5        |
|            | 28,5            | 4,27       | 3,72       | 3,56       | 0,00       | 0,00       | 0,10       | 0,74       | 2,89           | 9,40                          | 7,4        |
|            | 28,7            | 4,27       | 4,34       | 3,90       | 0,00       | 0,00       | 0,10       | 0,80       | 3,26           | 9,19                          | 7,4        |
| <b>MW</b>  | <b>28,6</b>     | <b>4,3</b> | <b>4,1</b> | <b>3,7</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,1</b> | <b>0,8</b> | <b>3,1</b>     | <b>9,3</b>                    | <b>7,4</b> |
| s          | 0,09            | 0,00       | 0,25       | 0,14       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,03       | 0,15           | 0,10                          | 0,05       |
| MSB ho/ he | 28,5            | 3,95       | 7,21       | 2,61       | 0,00       | 0,00       | 0,08       | 0,44       | 2,24           | 8,48                          | 6,3        |
|            | 28,9            | 3,82       | 7,88       | 2,42       | 0,00       | 0,00       | 0,08       | 0,50       | 0,58           | 7,99                          | 5,8        |
|            | 28,6            | 3,95       | 7,15       | 2,49       | 0,00       | 0,00       | 0,09       | 0,50       | 1,90           | 8,10                          | 6,3        |
| <b>MW</b>  | <b>28,7</b>     | <b>3,9</b> | <b>7,4</b> | <b>2,5</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,1</b> | <b>0,5</b> | <b>1,6</b>     | <b>8,2</b>                    | <b>6,1</b> |
| s          | 0,14            | 0,06       | 0,33       | 0,08       | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,03       | 0,72           | 0,21                          | 0,24       |
| S.-Salz    | 27,9            | 4,32       | 4,32       | 2,55       | 0,00       | 0,00       | 0,08       | 0,20       | 2,26           | 7,80                          | 7,0        |
|            | 27,9            | 4,30       | 4,35       | 2,40       | 0,00       | 0,00       | 0,08       | 0,19       | 2,04           | 7,80                          | 7,0        |
|            | 27,9            | 4,33       | 4,57       | 2,47       | 0,00       | 0,00       | 0,07       | 0,16       | 2,32           | 8,90                          | 7,3        |
| <b>MW</b>  | <b>27,9</b>     | <b>4,3</b> | <b>4,4</b> | <b>2,5</b> | <b>0,0</b> | <b>0,0</b> | <b>0,1</b> | <b>0,2</b> | <b>2,2</b>     | <b>8,2</b>                    | <b>7,1</b> |
| s          | 0,01            | 0,01       | 0,11       | 0,06       | 0,00       | 0,00       | 0,01       | 0,02       | 0,12           | 0,52                          | 0,14       |

## 4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Unter optimalen siliertechnischen Bedingungen wie bei Laborsilievierversuchen kann die Buttersäuregärung trotz schwer bis mittelschwer silierbarer Vergärbarkeitsbedingungen des Siliergutes vermieden werden.
- Die Silierung wurde in allen Varianten und unabhängig der Herkunft des Siliergutes sehr wahrscheinlich durch einen hohen Keimbefall an epiphytischen heterofermentativen Milchsäurebakterien beeinflusst. Erwartete Effekte der Siliermittel hinsichtlich der Verbesserung der Silagequalität waren allein durch das Gärproduktmuster und die Bewertung der Gärqualität mittels DLG-Schlüssel nicht nachzuweisen.
- Die Herkunft der Essigsäure in Silagen lässt sich auf Grundlage der herkömmlichen Gärqualitätsuntersuchung nicht eindeutig klären. Der 1,2-Propandiolgehalt kann hierzu wesentliche Hinweise geben [8] und damit der Beratungsarbeit in der Praxis dienlich sein.
- Bei buttersäurefreien Silagen mit 1,2 Propandiol und Essigsäure > 3,0 % in TM sollte unabhängig vom Zusatz heterofermentativer Milchsäurebakterien kein Abzug für erhöhte Essigsäuregehalte vorgenommen werden.
- Für eine sichere und umfassende Bewertung der Gärqualität wäre es daher wünschenswert, künftig den 1,2-Propandiolgehalt mit zu analysieren und zu bewerten.

## 5 Literatur

- [1] KAISER, E. and WEISS, K. (2002): A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. Proc. XIII. International Silage Conference, Ayr, Schottland; pp. 344 – 358.
- [2] KAISER, E. und WEISS, K. (2007): Nitratgehalte im Grünfutter – Bedeutung für Gärqualität und siliertechnische Maßnahmen. Übersichten zur Tierernährung, 35, 1, S. 13 – 30.
- [3] KAISER, E. and WEISS, K. (2005): A new system for the evaluation of the fermentation quality of silages. In: Proc. XX: International Grassland Congress, Dublin, Ireland, 26.6. – 01.07.2005, p.476.
- [4] SCHMIDT, L., WEISSBACH, F., WERNECKE, K. D. und HEIN, E. (1971): Erarbeitung von Parametern für die Vorhersage und Steuerung des Gärungsverlaufes bei der Grünfuttersilierung zur Sicherung einer hohen Silagequalität. Forschungsbericht, Rostock
- [5] OUDE-ELFERINK, S. J. W. H., KROONEMAN, J., GOTTSCHAL, J. C., SPOELSTRA, S.F., FABER, F. and DRIEHUIS, F. (2001): Anaerobic degradation of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. Appl. Environm. Microbiol. 67 (1), 125-132.
- [6] WEISS, K. (2000): Gärungsverlauf und Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter. Dissertation, Berlin, Humboldt-Universität
- [7] WEISS, K. (2003): Gärproduktmuster in Silagen in Abhängigkeit von den Gärungsbedingungen, Proc. 115. VDLUFA- Kongress, 5.-18. 9. 2003, Saarbrücken, S. 97 – 98
- [8] WEISS, K. KIRSTEN, R. KRAUSE (2011): Evaluierung des DLG-Schlüssels 2006 für Silagen mit heterofermentativer Milchsäuregärung (*Lactobacillus buchneri*- Typ). Proc. VDLUFA- Kongress, 13. - 16. 09. 2011, Speyer, Kongreßband VDLUFA-Schriftenreihe 67, Tierische Produktion und Futtermittel; S. 601-607.

# Rohproteinpotenzial verschiedener Dauergrünlandpflanzengesellschaften

F. Schmidt, K. Gödeke, H. Hochberg

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Straße 98, 07743 Jena  
[florian.schmidt@tl.thueringen.de](mailto:florian.schmidt@tl.thueringen.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Im Rahmen des FNR-Drittmittelprojektes „GNUT-Biogas“ (FKZ 2007509, Laufzeit 2010 bis 2014) werden acht produktive Dauergrünlandpflanzengesellschaften in Hinblick auf die Optimierung der Biomassebereitstellung für die Biogasproduktion untersucht. Ziel ist es, Strategien zu erarbeiten, die zum Schutz und Erhalt des Dauergrünlands durch Nutzung beitragen.

Dauergrünlandaufwüchse stellen neben einer wichtigen Rohproteinquelle für die Wiederkäuerfütterung auch eine alternative bzw. ergänzende Substratquelle für die Biogasproduktion dar. Literaturangaben geben eine Biogasausbeute für Protein zwischen 700 und 900 L kg<sup>-1</sup> organische Trockensubstanz an, bei einer Methanausbeute von 71 bis 75 % ([1] und [5]). Somit scheint die Beachtung von Rohproteingehalt und -ertrag nicht nur für die Milchviehfütterung sondern auch für die Biogasproduktion wichtig zu sein.

Es werden hier sieben der untersuchten Dauergrünlandpflanzengesellschaften bzgl. Trockenmasseerträge, Rohproteingehalte und Rohproteinerträge bei unterschiedlichen Bewirtschaftungsvarianten dargestellt.

## 2 Material und Methoden

Die betrachteten Dauergrünlandpflanzengesellschaften repräsentieren wichtige Futteranbauggebiete Deutschlands und werden mit vier verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten untersucht. Bei den hier dargestellten Dauergrünlandpflanzengesellschaften handelt es sich um jeweils eine Weidelgras-Weißkleeweide in Niedersachsen und Bayern (Allgäu), zwei Weidelgras-Weißkleeweiden in Brandenburg (auf Niedermoor und Talsand), eine Wiesenfuchsschwanzwiese in Sachsen sowie eine Glatthaferwiese und eine Goldhaferwiese in Thüringen.

Die vier Bewirtschaftungsvarianten können wie folgt charakterisiert werden:

- (1) standorttypische Intensität (Futter für Milchvieh) – nachhaltig optimal
- (2) Qualitätsfutterbereitstellung mit reduzierter N-Düngung
- (3) Nutzung des Standortpotenzials
- (4) Bestandespflege.

Die Bewirtschaftungsvarianten unterscheiden sich sowohl in Schnitzeitpunkt, Schnitthäufigkeit sowie Düngung. Eine genaue Beschreibung der Dauergrünlandpflanzengesellschaften, der Bewirtschaftungsvarianten sowie der Versuchsdurchführung befinden sich bei ([3] und [4]). Zur besseren Unterscheidung der verschiedenen Intensitäten der vier Bewirtschaftungsvarianten sind zusätzlich in Tab. 1 die applizierten Stickstoffmengen sowie die mittlere Anzahl der geernteten Aufwüchse in den Versuchsjahren 2010 bis 2012 aufgelistet, wobei nur Aufwüchse mit einem Trockenmasseertrag größer oder gleich 10 dt ha<sup>-1</sup> eingerechnet wurden.

### **3 Ergebnisse und Diskussion**

Die Dauergrünlandpflanzengesellschaften erreichten im Mittel der drei Versuchsjahre Rohprotein-erträge zwischen 10,0 und 24,2 dt ha<sup>-1</sup> in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsvariante (Tab. 1). Dabei hatten die Weidelgras-Weißkleeweiden und die Wiesenfuchsschwanzwiese die höchsten, die Goldhafer- und die Glatthaferwiese die niedrigsten Rohprotein-erträge.

Tab. 1: Trockenmasseerträge, gewichtete Rohproteingehalte sowie Rohproteinerträge im Grünget, jeweils mit Spannweite, sieben unterschiedlicher Dauergrünlandstandorte bei vier verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten in den Versuchsjahren 2010 bis 2012

| Variante                          | N-Düngung<br>[kg ha <sup>-1</sup> ] | mittlere<br>Aufwuchs-<br>anzahl* | Trockenmasse-<br>ertrag<br>[dt ha <sup>-1</sup> ] | Rohprotein-<br>gehalt<br>[% in der TM] | Rohprotein-<br>ertrag**<br>[dt ha <sup>-1</sup> ] |                           |  |   |    |  |
|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|--|---|---------------------------|--|---|----|--|
| Niedersachsen                     |                                     |                                  |   |  |   |                           |  |   |    |  |
| Weidelgras-Weißkleeerde           | 1                                   | 280                              | 4   | <b>117,4</b> (102,7 - 132,6)           | <b>14,4</b> (13,5 - 15,5)                         | <b>16,8</b> (13,9 - 18,6) |  |   | a  |  |
|                                   | 2                                   | 220                              | 3,3   | <b>107,0</b> (89,5 - 129,1)            | <b>14,1</b> (11,9 - 15,9)                         | <b>15,2</b> (10,7 - 20,5) |  |   | a  |  |
|                                   | 3                                   | 180                              | 3   | <b>106,0</b> (80,9 - 129,2)            | <b>10,9</b> (9,9 - 12,3)                          | <b>11,6</b> (8,4 - 13,5)  |  |   | b  |  |
|                                   | 4                                   | 220                              | 3,3   | <b>93,6</b> (74,5 - 119,3)             | <b>12,3</b> (11,0 - 13,4)                         | <b>11,6</b> (8,8 - 16,0)  |  |   | b  |  |
|                                   | Brandenburg (Niedermoor)            |                                  |   |  |   |                           |  |   |    |  |
|                                   | 1                                   | 180                              | 4   | <b>128,9</b> (115,9 - 141,4)           | <b>16,2</b> (14,8 - 17,9)                         | <b>20,9</b> (18,1 - 23,9) |  |   | a  |  |
|                                   | 2                                   | 130                              | 4   | <b>118,6</b> (95,3 - 143,0)            | <b>16,1</b> (15,3 - 17,9)                         | <b>19,1</b> (14,8 - 21,9) |  |   | ab |  |
|                                   | 3                                   | 110                              | 3,7   | <b>120,7</b> (98,0 - 140,3)            | <b>14,5</b> (12,8 - 16,9)                         | <b>17,6</b> (12,6 - 21,1) |  |   | b  |  |
|                                   | 4                                   | 130                              | 3   | <b>133,7</b> (115,9 - 168,5)           | <b>12,9</b> (11,7 - 14,2)                         | <b>17,3</b> (14,4 - 21,7) |  |   | b  |  |
|                                   | Brandenburg (Talsand)               |                                  |   |  |   |                           |  |   |    |  |
|                                   | 1                                   | 200                              | 3,7   | <b>115,1</b> (95,2 - 128,1)            | <b>15,3</b> (14,2 - 16,0)                         | <b>17,6</b> (14,9 - 20,2) |  |   | a  |  |
|                                   | 2                                   | 150                              | 3,7   | <b>103,0</b> (96,1 - 113,0)            | <b>15,6</b> (14,3 - 17,0)                         | <b>16,1</b> (13,7 - 19,1) |  |   | a  |  |
|                                   | 3                                   | 130                              | 3,4   | <b>106,9</b> (84,1 - 130,8)            | <b>13,0</b> (11,7 - 14,7)                         | <b>14,0</b> (10,6 - 19,2) |  |   | b  |  |
|                                   | 4                                   | 150                              | 2,7   | <b>119,1</b> (78,6 - 140,2)            | <b>11,8</b> (9,7 - 13,3)                          | <b>13,9</b> (10,3 - 17,8) |  |   | b  |  |
|                                   | Bayern (Allgäu)                     |                                  |   |  |   |                           |  |   |    |  |
|                                   | 1                                   | 300                              | 5   | <b>147,1</b> (132,9 - 166,1)           | <b>16,5</b> (14,8 - 18,9)                         | <b>24,2</b> (22,0 - 26,9) |  |   | a  |  |
| 2                                 | 220                                 | 4                                | <b>138,2</b> (116,5 - 165,7)                      | <b>15,3</b> (13,7 - 17,4)              | <b>21,0</b> (18,7 - 22,9)                         |                           |  | b |    |  |
| 3                                 | 200                                 | 4                                | <b>145,8</b> (131,7 - 167,7)                      | <b>14,3</b> (12,9 - 16,5)              | <b>20,7</b> (17,8 - 23,3)                         |                           |  | b |    |  |
| 4                                 | 180                                 | 4                                | <b>119,3</b> (106,3 - 137,1)                      | <b>16,4</b> (15,3 - 18,4)              | <b>19,5</b> (17,7 - 20,9)                         |                           |  | c |    |  |
| Wiesenfuchsschwanzwiese (Sachsen) |                                     |                                  |   |  |   |                           |  |   |    |  |
| Flachland- und Bergwiesen         | 1                                   | 210                              | 3,7   | <b>92,1</b> (68,5 - 110,2)             | <b>18,3</b> (17,5 - 19,3)                         | <b>16,8</b> (12,8 - 19,3) |  |   | a  |  |
|                                   | 2                                   | 120                              | 3,7   | <b>83,4</b> (60,0 - 107,5)             | <b>17,0</b> (16,4 - 18,4)                         | <b>14,2</b> (10,3 - 17,7) |  |   | ab |  |
|                                   | 3                                   | 120                              | 3   | <b>81,5</b> (73,2 - 90,6)              | <b>14,9</b> (13,3 - 15,7)                         | <b>12,1</b> (9,8 - 14,1)  |  |   | b  |  |
|                                   | 4                                   | 120                              | 2,7   | <b>92,7</b> (76,0 - 114,5)             | <b>13,3</b> (11,7 - 15,9)                         | <b>12,4</b> (9,0 - 15,5)  |  |   | b  |  |
|                                   | Glatthaferwiese (Thüringen)         |                                  |   |  |   |                           |  |   |    |  |
|                                   | 1                                   | 180                              | 3,3   | <b>81,2</b> (66,7 - 108,0)             | <b>15,7</b> (14,8 - 17,2)                         | <b>12,7</b> (10,5 - 16,2) |  |   | a  |  |
|                                   | 2                                   | 130                              | 3,3   | <b>70,2</b> (57,3 - 81,3)              | <b>14,7</b> (14,1 - 15,0)                         | <b>10,3</b> (8,2 - 12,0)  |  |   | b  |  |
|                                   | 3                                   | 110                              | 2,7   | <b>75,9</b> (56,2 - 103,5)             | <b>13,1</b> (12,3 - 13,7)                         | <b>10,0</b> (7,0 - 14,2)  |  |   | b  |  |
|                                   | 4                                   | 130                              | 2,3   | <b>86,9</b> (68,2 - 117,6)             | <b>12,0</b> (10,7 - 14,1)                         | <b>10,3</b> (8,4 - 12,8)  |  |   | b  |  |
|                                   | Goldhaferwiese (Thüringen)          |                                  |   |  |   |                           |  |   |    |  |
|                                   | 1                                   | 200                              | 3,7   | <b>79,3</b> (70,6 - 94,1)              | <b>17,9</b> (16,6 - 19,1)                         | <b>14,2</b> (11,7 - 17,7) |  |   | a  |  |
|                                   | 2                                   | 150                              | 3,7   | <b>74,2</b> (62,7 - 88,0)              | <b>19,2</b> (18,5 - 19,7)                         | <b>14,2</b> (12,4 - 16,5) |  |   | a  |  |
| 3                                 | 130                                 | 3                                | <b>80,1</b> (66,1 - 95,5)                         | <b>15,5</b> (13,3 - 17,0)              | <b>12,3</b> (10,7 - 14,4)                         |                           |  | b |    |  |
| 4                                 | 150                                 | 2,7                              | <b>75,7</b> (50,3 - 99,2)                         | <b>14,3</b> (12,4 - 15,8)              | <b>10,8</b> (7,3 - 13,5)                          |                           |  | c |    |  |

\* Aufwüchse  $\geq 10$  dt ha<sup>-1</sup> TM

\*\* unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede ( $\alpha \leq 0,05$ ) im Rohproteinertrag innerhalb der Dauergrünlandpflanzengesellschaften



Grund für die hohen Rohproteinträge sind hohe Trockenmasseerträge und/oder hohe Rohproteinergehalte. Die niedrigen Rohproteinträge der Glatthaferwiese können mit ausgeprägter Frühjahrestrockenheit in zwei von drei Versuchsjahren und den daraus folgenden Aufwuchsausfällen begründet werden. Unter den Bewirtschaftungsvarianten konnten bei den ersten beiden Varianten, entsprechend der Zielstellung, die höchsten Rohproteinträge ermittelt werden, was sowohl an den hohen Trockenmasseerträgen als auch an den hohen Rohproteingehalten lag und durch die hohe Stickstoffdüngung und die hohe Schnitthäufigkeit begründbar ist. Zwischen den Bewirtschaftungsvarianten 1 und 2 konnten trotz der reduzierten Düngung bei Bewirtschaftungsvariante 2 aber annähernd gleichem Schnittregime, nur signifikante Unterschiede bei der Weidelgras-Weißkleeweide in Bayern (Allgäu) und der Goldhaferwiese in Thüringen ermittelt werden, während bei den anderen Dauergrünlandpflanzengesellschaften zwischen diesen beiden Bewirtschaftungsvarianten keine oder nur tendenzielle Unterschiede vorhanden waren. Eine Reduktion der Düngung und/oder der Schnitthäufigkeit mit einer Verschiebung der Schnittzeitpunkte (Bewirtschaftungsvarianten 3 und 4) führte nicht unbedingt zu niedrigeren Trockenmasseerträgen, allerdings durch niedrigere Rohproteinergehalte zu teils niedrigeren Rohproteinträgen, die zu signifikanten Unterschieden zwischen der Bewirtschaftungsvariante 1 und den Bewirtschaftungsvarianten 3 und 4 führten. Die Bewirtschaftungsvarianten 3 und 4 unterschieden sich allerdings nur bei der Weidelgras-Weißkleeweide in Bayern (Allgäu) sowie der Glatthaferwiese in Thüringen signifikant voneinander.

Der von [2] genannte optimale Rohproteinergehalt von 16,0 % Rohprotein in der Trockenmasse konnte im Mittel der ersten beiden Bewirtschaftungsvarianten bei der Goldhaferwiese, der Wiesenfuchsschwanzwiese sowie den Weidelgras-Weißkleeweide in Brandenburg (Niedermoor) und Bayern (Allgäu) eingehalten werden, wobei hier die Spannweiten in den einzelnen Versuchsjahren sehr unterschiedlich waren. Besonders die ersten beiden Aufwüchse der ersten beiden Bewirtschaftungsvarianten erreichten bzw. überschritten den Optimumbereich. Ausnahmen bildeten hier lediglich die Weidelgras-Weißkleeweiden in Niedersachsen und in Bayern (Allgäu), wo mit zunehmendem Aufwuchs die Rohproteinergehalte tendenziell zunahmten und das Optimum zum Teil erreicht werden konnte, während bei den anderen Dauergrünlandpflanzengesellschaften die Rohproteinergehalte mit zunehmendem Aufwuchs unter das Optimum absanken. Die Dauergrünlandpflanzengesellschaften erreichten bei den Bewirtschaftungsvarianten 3 und 4 größtenteils nicht mehr den Optimalbereich für Rohprotein. Hier bildeten die 1. Aufwüchse der Bewirtschaftungsvariante 4, infolge der sehr frühen Ernte mit sehr hohen Rohproteingehalten, die Ausnahme (nicht bei der Wiesenfuchsschwanzwiese, da hier spätere Ernte 1. Aufwuchs bei der Bewirtschaftungsvariante 4).

Die mit dem Rohprotein abgefahrene Stickstoffmenge lag mit Ausnahme der Weidelgras-Weißkleeweide in Niedersachsen bei allen anderen Dauergrünlandpflanzengesellschaften und Bewirtschaftungsvarianten im Mittel der drei Versuchsjahre teils erheblich über der mit der Düngung zugeführten Stickstoffmenge, wobei besonders die Weidelgras-Weißkleeweiden in Bayern (Allgäu) und Brandenburg, sowie die Wiesenfuchsschwanzwiese stark negative Stickstoffsalden aufwiesen. Bei der Weidelgras-Weißkleeweide in Niedersachsen lagen die Stickstoffsalden im Mittel der Bewirtschaftungsvarianten leicht im positiven Bereich.

## 4 Schlussfolgerungen

Hohe Rohproteinträge werden hauptsächlich durch hohe Trockenmasseerträge bedingt, wobei ein höherer Rohproteinergehalt einen niedrigeren Trockenmasseertrag in einem gewissen Umfang ausgleichen kann. Die Bewirtschaftungsvarianten mit höchster Stickstoffdüngung und höchster Schnitthäufigkeit haben innerhalb der Dauergrünlandpflanzengesellschaften die höchsten Rohproteinträge. Trotz hoher Stickstoffdüngung kommt es bei den meisten Dauergrünlandpflanzengesellschaften zu negativen Stickstoffsalden, selbst bei höchster Stickstoffdüngungsintensität.

## 5 Danksagung

Das Projekt GNUT-Biogas wird durch das BMELV über die FNR (FKZ 2200-7509) gefördert. Großer Dank gilt den beteiligten Projektpartnern: Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB), BioenergieBeratungBornim (B<sup>3</sup>), Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LKW NI), Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Deutscher Grünlandverband (DGV) und Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

## 6 Literatur

- [1] BASERGA, U. (1998): Landwirtschaftliche Co-Vergärungs-Biogasanlagen. *FAT-Berichte* 512, 1-11.
- [2] HOCHBERG, H. und ZOPF, D. (2002): Ertragsfähigkeit und Futterqualität ausgewählter Dauergrünlandtypen. In: Kongressband 2010 „Abhängigkeit von Düngungs- und Nutzungsintensität, in Landschaftselement oder Rohstofflieferant – zur Multifunktionalität des Grünlandes“, *VDLUFA Schriftenreihe Band 66/2010*, 169-175.
- [3] SCHMIDT, F., GÖDEKE, K. und HOCHBERG, H. (2012a): Optimierung der nachhaltigen Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen für die Biogasproduktion. Mitteilung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 13, 140-144.
- [4] SCHMIDT, F., GÖDEKE, K. und HOCHBERG, H. (2012b): Optimierung der nachhaltigen Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen - GNUT-Biogas. In: Kongressband 2012 „Nachhaltigkeitsindikatoren für die Landwirtschaft: Bestimmung und Eignung“, *VDLUFA Schriftenreihe Band 68/2012*, 519-524.
- [5] WEILAND, P. (2003): Biologie der Biogaserzeugung. ZNR Biogastagung, Bad Sassendorf-Ostinghausen, 02.04.2003; [http://biogas-infoboard.de/pdf/Biologie\\_der\\_Biogaserzeugung.pdf](http://biogas-infoboard.de/pdf/Biologie_der_Biogaserzeugung.pdf).

# Bedeutung der Grasnarbendichte und Schnitthäufigkeit für die Etablierung und Ausbreitung des Jakobskreuzkrauts

M. Seither, K. King, S. Engel

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft,  
Wild und Fischerei (LAZBW), Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf;  
[melanie.seither@lazbw.bwl.de](mailto:melanie.seither@lazbw.bwl.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Das Jakobskreuzkraut (*Senecio jacobaea*) ist aufgrund verschiedener enthaltener Pyrrolizidin-Alkaloide wie Jacobin und Senecionin, die ihre Wirksamkeit auch in Heu und Silage nicht verlieren, sehr giftig. So führen auch über längere Zeit aufgenommene kleinere Mengen Jakobskreuzkraut beim Weidetier zu Vergiftungserscheinungen, Leberschädigungen und Tod ([1]; [6]; [2]). Jakobskreuzkraut kommt auf wenig genutzten Standorten wie z. B. Straßenrändern und Bahndämmen, aber auch in extensiv bis wenig intensiv bewirtschaftetem Grünland vor [2]. In Deutschland und angrenzenden Ländern ist eine zunehmende Ausbreitung des Jakobskreuzkrauts zu beobachten (u. a. [5]).

Zur effektiven Bekämpfung ist ein besseres Verständnis der Bewirtschaftungsfaktoren, die das Aufkommen des Jakobskreuzkrauts fördern, notwendig. Die Beobachtungsstudie von [6] deutete auf eine höhere Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Jakobskreuzkraut in Grünland geringer Nutzungsintensität und Stickstoffdüngung hin. Im 2010 angelegten Versuch (Dr. Bettina Tonn) wurde daher die Bedeutung der Grasnarbendichte (dichter Bestand oder offener Boden) und der Schnitthäufigkeit (zwei oder vier Schnitte) auf die Etablierung und Ausbreitung von Jakobskreuzkraut untersucht.

## 2 Material und Methoden

Bei der Versuchsfläche handelt es sich um intensiv genutztes (vier bis fünf Schnitte jährlich), von Gräsern dominiertes Dauergrünland in Aulendorf (Baden-Württemberg; 47° 95'91 N, 9° 64'36 O; 553 m ü. NN: Niederschlag 902 mm und Temperatur 7.6 °C: Jahresdurchschnittswerte von 1961-1990, DEUTSCHER WETTERDIENST). Der Boden ist eine Parabraunerde, die Bodenart ein stark leh-miger Sand. Die Kalkversorgung des Bodens ist sehr hoch (pH:  $6.8 \pm 0.4$ ; CaCl<sub>2</sub>-Suspension), die Grundnährstoffversorgung liegt im anzustrebenden Bereich (in mg 100 g<sup>-1</sup> Boden:  $15.3 \pm 7.3$  P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;  $15.6 \pm 10.5$  K<sub>2</sub>O;  $7.4 \pm 1.1$  Mg; jeweils Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung in 2012; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und K<sub>2</sub>O: CAL-Extrakt; Mg: CaCl<sub>2</sub>-Extrakt).

Im Versuch wurden die Faktoren Grasnarbendichte und Schnitthäufigkeit (vier bzw. zwei Schnitte) variiert. Grasnarbenlücken wurden durch die Applikation des Totalherbizids Roundup (Wirkstoff Glyphosat) in vier Streifen von je 15 cm Breite je Fläche geschaffen. Innerhalb dieser Streifen (mit oder ohne offenen Boden) wurden je 150 Jakobskreuzkraut-Samen eingesät und jährlich im Frühjahr und Sommer (März bzw. Juli/August) die Anzahl Jakobskreuzkraut-Pflanzen, die Anzahl ihrer grünen Blätter und der Rosettendurchmesser, letztere als Hinweis auf die Vitalität bzw. Ausbreitung der Pflanzen im Bestand, erhoben. Die vier Varianten (2 Schnitthäufigkeiten x 2 Bestandesdichten) mit einer Parzellengröße von 6 m<sup>2</sup> wurden vier Mal wiederholt in Blöcken angelegt. Die statistische

Auswertung erfolgte mit einem univariaten gemischten Modell für die Varianten mit Lücken, da sich nur bei diesen Jakobskreuzkraut etablierte. Dabei ging die Schnitthäufigkeit als Faktor und der Block als zufälliger Faktor ein.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Übereinstimmend mit den Beobachtungen von [6], konnte sich Jakobskreuzkraut nur bei denjenigen Varianten etablieren, bei denen vor der Ansaat Lücken geschaffen wurden.

Höhere Schnitthäufigkeit führte zu einer höheren Anzahl Jakobskreuzkrautpflanzen im Sommer 2011 ( $P = 0.043$ ) und im Frühjahr 2012 (Abb. 1), häufigere „Lichtstellung“ des Lichtkeimers [7] fördert diesen offensichtlich. Bei vier im Vergleich zu zwei Schnitten wurden 2012 außerdem eine höhere Anzahl grüner Blätter und größere Rosettendurchmesser (Abb. 1) der Jakobskreuzkrautpflanzen gemessen. Dies ist dadurch zu erklären, dass es bei den eigentlich zweijährigen Pflanzen durch einen Schnitt vor der Samenreife zu einem Neuaustrieb kommt, wodurch die Rosette immer größer wird [4]. In einer Untersuchung mit verschiedenen Schnittzeitpunkten deutete sich an, dass die Regenerationsfähigkeit von Jakobskreuzkraut bei einem späten Schnitt (wenn erste Pflanzen bereits verblüht sind) zwar erniedrigt ist, jedoch zu diesem Zeitpunkt schon keimfähige Samen gebildet wurden [3].

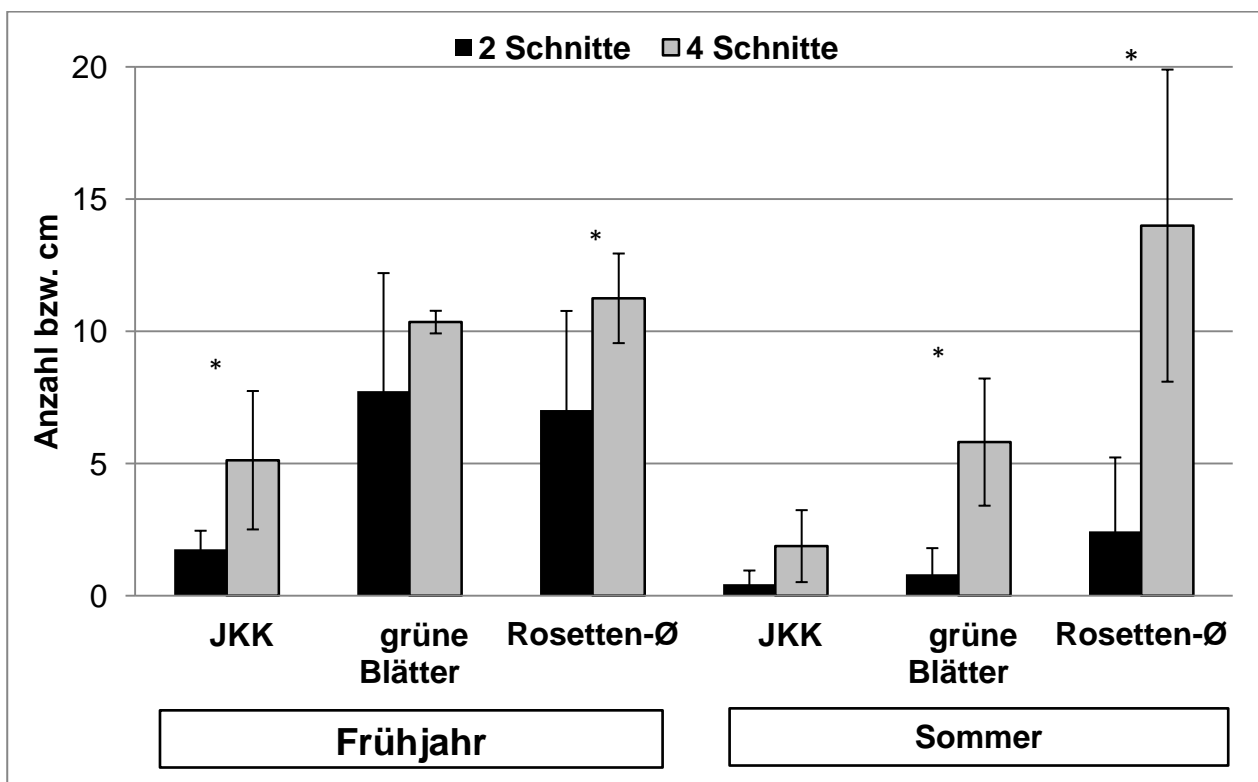


Abb. 1: Anzahl Jakobskreuzkraut-Pflanzen und grüner Blätter sowie Rosetten-Durchmesser bei zwei- bzw. vier-Schnitt-Nutzung im Frühjahr und Sommer 2012. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten sind durch \* ( $P \leq 0.05$ ) symbolisiert.

### 4 Schlussfolgerungen

Die Etablierung von Jakobskreuzkraut kann durch eine dichte Grasnarbe vermieden werden. Schnitt kann zwar eine Versamung verhindern, eine nachhaltige Bekämpfung erfolgt jedoch durch Ausreißen oder Ausgraben der flachwurzelnenden Pflanzen.

## 5 Literatur

- [1] CLINIPHARM/CLINTOX (2013): <http://www.vetpharm.uzh.ch>. Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, Zürich, Schweiz (25.06.2013).
- [2] CAMERON, E. (1935): A Study of the Natural Control of Ragwort (*Senecio jacobaea* L.). *Journal of Ecology* 23, 265-322.
- [3] EISELE, N., TONN, B., PEKRUN, C. and ELSÄSSER, M. (2011): Influence of different cutting dates on regrowth and achene germination capacity of *Senecio jacobaea*. *Grassland Science in Europe* 16: 196-198.
- [4] HARPER, J. L. and WOOD, W. A. (1957): *Senecio jacobaea* L.. *Journal of Ecology* 45: 617-637.
- [5] SÖCHTING, H.-P. (2010): Jakobs-Kreuzkraut (*Senecio jacobaea*) – Erkennung und Bekämpfungsmöglichkeiten im Grünland.
- [6] SUTER, M., SIEGRIST-MAAG, S., CONNOLLY J. and LÜSCHER, A. (2007): Can the occurrence of *Senecio jacobaea* be influenced by management practice? *Weed Research* 47, 262–269.
- [7] VAN DER MEIJDEN, E. and VAN DER WAALS-KOOI, R. E. (1979): The population ecology of *Senecio jacobaea* in a sand dune system. I. Reproductive strategy and the biennial habit. *Journal of Ecology* 67: 131-153.

# Optimale N-Intensität auf dem Grünland: Funktionale Ableitungen auf Basis eines DLG-N-Steigerungsversuches

A. Techow<sup>1,3)</sup>, A. Herrmann<sup>1)</sup>, C. Kluß<sup>1)</sup>, C. Berendonk<sup>2)</sup>, M. Diepolder<sup>3)</sup>, M. Elsässer<sup>4)</sup>, B. Greiner<sup>5)</sup>, T. Kaiser<sup>6)</sup>, R. Neff<sup>6)</sup>, S. Raschbacher<sup>3)</sup>, W. Wurth<sup>4)</sup>, F. Taube<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Grünland u. Futterbau/Ökol. Landbau, 24118 Kiel,

<sup>2)</sup>Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 47533 Kleve

<sup>3)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 85354 Freising

<sup>4)</sup>Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg, 88326 Aulendorf

<sup>5)</sup>Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, 06406 Bernburg

<sup>6)</sup>Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, 36251 Bad Hersfeld

## 1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ist im Zuge der Intensivierung der Milchproduktion ein Trend zu Stallhaltung, Schnittnutzung des Grünlandes und Steigerung des Silomaisanteils in der Ration zu beobachten. Angesichts hoher Kosten für Eiweißkonzentrate sollte Grünland als Eiweißquelle stärker genutzt werden, wie in der Eiweißstrategie gefordert. In der Rationsgestaltung für hochleistende Milchkühe wird ein Rohprotein (XP)-Gehalt von 14-18% als optimal angenommen [5]. Hohe XP-Gehalte von Grünlandaufwüchsen können bei einem hohen Anteil an Nicht-Protein-N, moderater Energiedichte und alleiniger Verfütterung problematisch sein [3]. Bei relevanten Maisanteilen in der Ration ist jedoch zu hinterfragen, ob ein maximaler XP-Gehalt von 18% gerechtfertigt ist und ob nicht auch die N-Düngeempfehlung überdacht werden müsste, die bislang meist nur die Schnittzahl und das Ertragspotential, jedoch nicht die Rationsgestaltung berücksichtigt. Ziel der Untersuchung war es daher, auf Basis eines deutschlandweiten Standortnetzes mit gleicher Versuchsanordnung die optimale N-Intensität von schnittgenutztem Intensivgrünland unter Berücksichtigung pflanzen- und tierbezogener Kriterien abzuleiten. Darüber hinaus sollte der Einfluß der Wahl der Produktionsfunktion analysiert werden, welche bekanntermaßen die optimale N-Düngemenge beeinflusst [1].

## 2 Material und Methoden

Die Untersuchungen basieren auf einem 3-jährigen Feldversuch, der 2009 an 5 Standorten (Aulendorf, Baden-Württemberg; Eichhof, Hessen; Iden, Sachsen-Anhalt; Riswick, Nordrhein-Westfalen; Spitalhof, Bayern) als einfaktorielle Blockanlage mit 4 Wiederholungen etabliert wurde. Die N-Düngung wurde in 6 Behandlungsstufen variiert (0-Gras ohne Weißklee, 0-Gras mit Weißklee, 120, 240, 360, 480 kg N ha<sup>-1</sup>), appliziert als KAS. Eine Null-N-Grasvariante sollte kleefrei gehalten werden, in den restlichen Varianten wurden zu Versuchsbeginn bzw. während des ersten Versuchsjahres 3 kg ha<sup>-1</sup> Weißklee (Sorte Milkanova) nachgesät, um die potentielle Weißkleeleistung am Standort zu erfassen. Die N-Düngung wurde strategisch auf vier Aufwüchse aufgeteilt, im Fall extrem wüchsiger Jahre/Standorte, konnte ein weiterer ungedüngter Herbstaufwuchs geerntet werden. Die Bestände wiesen ein Alter von mindestens vier Jahren auf. Deutsches Weidelgras war mit Anteilen von über 60% an allen Standorten Hauptbestandbildner; eine Ausnahme bildete Aulendorf (24%). Als Kriterien zur Ableitung des optimalen N-Inputs (Mineraldüngung + N-Fixierung) wur-

den drei TM-Produktionsfunktionen (Linear-plus-Plateau, Quadratisch-plus-Plateau mit Grenzertrag 10 kg TM (kg N-Input)<sup>-1</sup>, exponentielle Funktion mit Grenzertrag 10 kg TM (kg N-Input)<sup>-1</sup>) geprüft. Als tierbezogener Indikator wurde der XP-Gehalt verwendet und ein Bereich von 14-18 % als optimal angenommen [5]. Weiterhin wurde die N-Aufnahmeeffizienz (N-Ertrag/N-Input) als pflanzen- aber auch umweltrelevanter Indikator mit einem Zielwert von 1, entsprechend einem N-Bilanzsaldo von 0, herangezogen. Die N-Fixierung wurde nach [4] als Funktion von TM-Ertrag, Kleeanteil und Bodenart ermittelt. Futterqualitätsparameter wurden mittels NIRS geschätzt und die ruminale N-Bilanz nach GfE berechnet. Die Statistische Auswertung der Beziehungen zwischen N-Input und den Indikatorwerten erfolgte dahingehend, dass in einem ersten Schritt die Funktionsparameter für jede Ort-Jahr-Block Kombination geschätzt wurden und in einem zweiten Schritt diese Funktionsparameter einer Varianzanalyse unterzogen wurden, wobei der Ort als fix und das Jahr als random angenommen wurde.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Jahres-TM-Erträge zeigten ein relativ ähnliches Niveau, lediglich am Spitalhof wurden mit bis zu 15 t TM ha<sup>-1</sup> höhere und in Iden mit 10 t TM ha<sup>-1</sup> etwas geringere Erträge realisiert. Mit allen drei Funktionstypen konnte der TM-Ertrag zufriedenstellend (R<sup>2</sup> > 0.6) quantifiziert werden, anhand der Residuen und statistischer Kenngrößen (R<sup>2</sup>, RMSE) konnte jedoch kein Funktionstyp favorisiert werden. Der N-Ertrag stieg an allen Standorten zunächst erwartungsgemäß linear an, bevor bei einem N-Input von 350 bis über 400 kg N ha<sup>-1</sup> (Tab. 1) ein Plateau erreicht wurde. Entsprechend nahm die N-Aufnahmeeffizienz nahezu linear ab (nicht dargestellt).

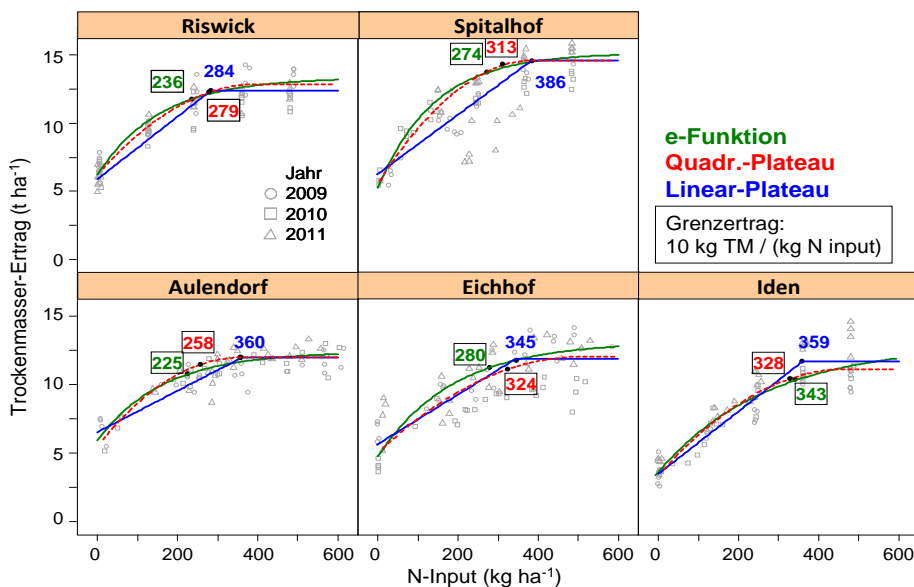


Abb. 1: TM-Produktionsfunktionen und abgeleiteter optimaler N-Input (kg N ha<sup>-1</sup>) der Standorte.

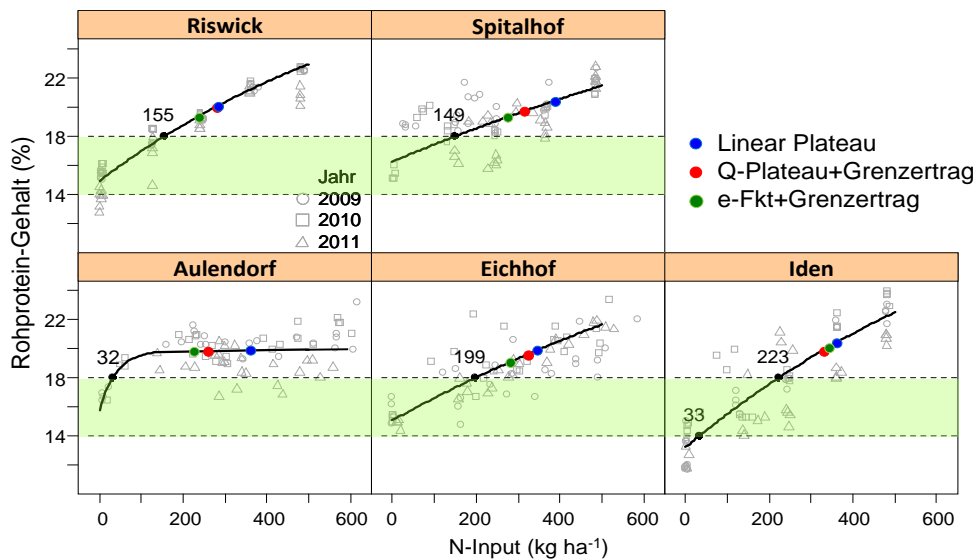


Abb. 2: Mittlerer jährlicher Rohproteingehalt (Zielwert: 18%) und optimaler N-Input ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) der Standorte, sowie N-Optima der TM-Produktionsfunktionen.

Der XP-Gehalt zeigte einen starken Anstieg mit steigendem N-Input und erreichte im gewichteten Jahresmittel Werte von bis zu 22% (Abb. 2). Eine Ausnahme bildet Aulendorf, bedingt durch hohe Kleeanteile auch in den höher gedüngten Varianten. Der Zielkorridor von 14-18% XP kann nur bei stark reduziertem N-Input eingehalten werden. Für die Quadr.-Plateau-Funktion würde dies in Ertragsverlusten von 15-52% resultieren. Im Extremfall müsste die N-Düngung komplett unterlassen werden, was mit hoher Wahrscheinlichkeit unerwünschte Veränderungen der Bestandeszusammensetzung zur Folge hätte.

Für eine zusammenfassende erste Bewertung ist zunächst festzuhalten, dass für den Indikator TM-Produktion der optimale N-Input je nach Funktionstyp zwischen 225 und 386  $\text{kg N ha}^{-1}$  variierte, wobei eine Rangierung e-Fkt. < Quadr.-Plateau-Fkt. < Linear-Plateau-Fkt. erkennbar war (Tab. 1). Eine Ausschöpfung des N-Ertragspotentials bzw. eine ausgeglichene N-Bilanz hingegen wird erst bei deutlich höherem N-Input erreicht. Im Gegensatz dazu erfordern die Ansprüche des Wiederkäuers eine beträchtliche Reduktion der N-Intensität. Laut GfE ist eine ruminale N-Bilanz (RNB) von 50 in der Gesamtration tolerierbar. Bei mittleren Grundfuturaufnahmen von 13  $\text{kg TM Tag}^{-1}$  und alleiniger Grundfütterversorgung über Grassilage mit geringen XP-Gehalten, wie im Bsp. Grassilage 1 (Tab. 2), kann ein Wert von 50 eingehalten werden. Bei Grassilagen mit XP-Gehalten deutlich über 18%, wie beispielsweise Silage 3 oder auch Silage 4 mit 24% XP, kann dieser Wert nicht eingehalten werden und resultiert in gesteigerter N-Ausscheidung und reduzierter N-Verwertungseffizienz. Die Situation ist anders zu bewerten, wenn Grassilage nicht allein verfüttert wird, sondern in Kombination mit Mais-silage. Hierzu ist in Tab. 2 dargestellt, bei welchem Mischungsverhältnis von Gras- zu Maissilage ruminale N-Bilanzwerte von 0 erreicht werden können. Bei Grassilagen mit 16% XP ist ein Maisanteil von 30% in der Ration ausreichend, um die RNB auszugleichen. Eine solche Grassilage könnte aber auch problemlos alleine verfüttert werden. Bei entsprechend höherem Maisanteil, wie für viele norddeutsche Milchviehbetriebe typisch, können auch Grassilagen mit 20 oder 24% im Hinblick auf die ruminale N-Bilanz ausgeglichen werden.



Tab. 1: Optimaler N-Input ( $\text{kg N ha}^{-1}$ , mineralisch+N-Fixierung) in Abhängigkeit des verwendeten Indikators und Standortes.

|   | Riswick | Spitalhof | Aulendorf | Eichhof | Iden |
|---|---------|-----------|-----------|---------|------|
| TM-Ertrag                                 | 284     | 386       | 360       | 345     | 359  |
| Linear-Plateau                            |         |           |           |         |      |
| TM-Ertrag                                 | 236     | 274       | 225       | 280     | 343  |
| e-Fkt+Grenzertrag                         |         |           |           |         |      |
| TM-Ertrag, Quadr.-<br>Plateau+Grenzertrag | 279     | 313       | 258       | 324     | 328  |
| N-Ertrag                                  | 354     | 388       | 348       | 427     | 424  |
| Linear-Plateau                            |         |           |           |         |      |
| N-Aufnahmeeffizienz<br>(Zielwert 1)       | 418     | 451       | 374       | 349     | 331  |
| XP-Gehalt (Zielwert<br>18%)               | 155     | 149       | 32        | 199     | 223  |

Die Eignung des XP-Gehaltes als Indikator für eine optimale N-Intensität ist folglich abhängig von der Rationsgestaltung. Bei hohen Grassilageanteilen und nur geringem Kraftfuttereinsatz ist ein Grenzwert von 18% gerechtfertigt. Bei geringen Grassilageanteilen in Kombination mit hohen Anteilen von Maissilage und Kraftfutter können jedoch auch höhere XP-Gehalte des Grases nahezu unbegrenzt ausgeglichen werden. Die Eiweißproduktion vom Grünland bei Verfügbarkeit von Mais ist folglich zu bestätigen. Das TM-Ertragspotential kann bei einem XP-Gehalt von ca. 20% ausgeschöpft werden. Zur Ermittlung des optimalen N-Düngebedarfs muss die N-Fixierungsleistung berücksichtigt werden, welche in Abhängigkeit von N-Düngungsvariante, Standort und Jahr zwischen 0 und  $305 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$  variierte. Unterstellt man, dass das TM-Ertragspotential ausgeschöpft werden soll, da Grassilage in Kombination mit Maissilage verfüttert wird, ist eine der TM-Produktionsfunktionen als Kriterium anzuwenden. Da sich die Funktionen in der Anpassungsgüte nicht unterschieden, wurde in den folgenden Berechnungen die Quadr.-Plateau-Funktion verwendet, deren N-Optima zwischen denen der Linear-Plateau- und e-Funktion lagen. Bei optimalem N-Input zwischen 258 (Aulendorf) und  $328 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Iden) und einer entsprechenden N-Fixierung zwischen 0 (Riswick) und  $184 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Aulendorf), ergeben sich somit optimale N-Düngemengen von 74 (Aulendorf) bis  $322 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Iden). Die Düngeempfehlungen der Officialberatung treffen für den Standort Spitalhof zu, während sie für Riswick und Aulendorf zu hoch und für Iden zu gering sind. Insbesondere bei Grünlandaufwüchsen mit hohen XP-Gehalten ist es dann von grosser Bedeutung, die Effizienz des Siliermanagements zu steigern, um die Proteinqualität zu erhalten. Eine entscheidende Maßnahme ist die Erzielung eines ausreichenden Anwelkgrades des Grüngutes, da mit steigenden TS-Gehalten der Proteinabbau durch pflanzeneigene Proteasen sowie Mikroorganismen sinkt [6]. Eine weitere Stellschraube im Hinblick auf die Proteinqualität ist die Feldliegezeit. Neuere Untersuchungen belegen, dass durch kurze Feldliegezeiten der UDP-Anteil im Protein gesteigert sowie der Nicht-Protein-Anteil signifikant gesenkt werden kann [2].

Tab. 2.: Ruminale N-Bilanz (RNB) von Grassilagen mit variierenden XP-Gehalten und Mischungen von Gras/Maissilagen mit einer Ziel-RNB von 0. ME: Energiedichte ( $\text{MJ ME (kg TM)}^{-1}$ ), XP: Rohproteingehalt (%), UDXP: UDP-Anteil am XP (%), nXP: nutzbares XP ( $\text{g (kg TM)}^{-1}$ ), RNB ( $\text{g (kg TM)}^{-1}$ ).

|              | Mischung    | ME   | XP  | UDXP in XP | nXP | RNB  |
|--------------|-------------|------|-----|------------|-----|------|
| Grassilage 1 |             | 10.5 | 160 | 15         | 134 | 4.1  |
| Grassilage 2 |             | 10.5 | 180 | 15         | 137 | 6.8  |
| Grassilage 3 |             | 10.5 | 200 | 15         | 140 | 9.6  |
| Grassilage 4 |             | 10.5 | 240 | 15         | 146 | 15.0 |
| Maissilage   |             | 11.0 | 70  | 25         | 134 | -9.8 |
| GS1:MS       | 0.70 : 0.30 |      |     |            |     | -0.1 |
| GS2:MS       | 0.58 : 0.42 |      |     |            |     | 0.0  |
| GS3:MS       | 0.50 : 0.50 |      |     |            |     | -0.1 |
| GS4:MS       | 0.35 : 0.65 |      |     |            |     | 0.3  |

## 4 Schlussfolgerungen

Die optimale N-Düngemenge variiert erheblich in Abhängigkeit des verwendeten Indikators. Bei entsprechender Rationsgestaltung sind hohe XP-Gehalte von schnittgenutztem Dauergrünland weitgehend unproblematisch, d.h. das Ertragspotential kann ausgeschöpft werden. Die hohen Grünlandanteile an der landwirtschaftlichen Nutzfläche stellen somit ein erhebliches Potential für die N-Versorgung im Rahmen der Eiweißstrategie dar. Entsprechend besteht Bedarf zur Weiterentwicklung der N-Düngeempfehlungen - insbesondere erscheint eine stärkere Differenzierung nach Ertragspotential, Nutzungsform und Rationsgestaltung erforderlich, sowie eine stärkere Berücksichtigung der N-Fixierung. Effizienzreserven im Siliermanagement sind auszuschöpfen zum Erhalt der Proteinqualität.

## 5 Literatur

- [1] CERRATO, M.E. and BLACKMER, A.M. (1990): Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 82, 138-143.
- [2] EDMUNDS, B., SPIEKERS, H., SÜDEKUM, K.-H., NUSSBAUM, H., SCHWARZ, F.J. and BENNETT, R. (2012): Effect of extent and rate of wilting on nitrogen components of grass silage. *Grass and Forage Science* doi: 10.1111/gfs.12013.
- [3] GIVENS, D.I. and RULQUIN, H. (2004): Utilisation by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. *Animal Feed Science and Technology* 114, 1-18.
- [4] HØGH-JENSEN, H., LOGES, R., JØRGENSEN, F.V., VINTHER, F.P. and JENSEN, E.S. (2004): An empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. *Agricultural Systems* 82, 181-194.
- [5] PACHECO, D. and WAGHORN, G.C. (2008): Dietary nitrogen – definitions, digestion, excretion and consequences of excess for grazing ruminants. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 70, 107-116.
- [6] VERBIC, J., Orskov, E.R., ZGAJNAR, J., CHEN, X.B. and ZNIDARSIC-PONGRAC, V. (1999): The effect of method of forage preservation on the protein degradability and microbial protein synthesis in the rumen. *Animal Feed Science and Technology* 82, 195-212.

# Erste Ergebnisse einer Sortenprüfung bei Deutschem Weidelgras zur besonderen Eignung für Kurzrasenweiden in Bayern

S. Hartmann, T. Eckl, S. Lange, M. Probst

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, IPZ4b, Am Gereuth 4, 85354 Freising,  
[stephan.hartmann@lfl.bayern.de](mailto:stephan.hartmann@lfl.bayern.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Ausgehend von der Schweiz ist die Weide in Form der sogenannten „Kurzrasenweide“ [5] wieder in den Fokus der Praxis gerückt.

Im Vergleich zu anderen Themen der Produktionstechnik (z.B. [3], [4]) wurden bisher Fragestellungen zum Saatguteinsatz nur wenig bzw. nicht systematisch bearbeitet ([2], [1]). Versuchsergebnisse zur gezielten Sortenwahl fanden sich darunter gar nicht. Dem Interesse der Praxis nachkommend, finden sich in der Werbung der einschlägigen Saatgutfirmen als „optimal“ beworbene Mischungen. Leistungsbelege hierfür sucht man jedoch vergeblich.

Um den Nachfragen der Praxis mit einem fundierten Beratungsangebot für die wichtigste Art neben der Wiesenrispe beantworten zu können, wurde die im Folgenden dargestellte Sortenprüfung angelegt.

Auf Grund der begrenzten Versuchskapazitäten sollte - neben der konkreten Prüfung der im Versuch stehenden Sorten - aus den Ergebnissen auch ein Sortenprofil für die Sorteneignung zur Kurzrasenweide aus dem bereits bestehenden differenzierten Sortenprüfsystem abgeleitet werden, da nicht jedem neuen (oder wiederentdecktem) Einsatzzweck mit einer Erweiterung des Prüfsystems begegnet werden kann.

## 2 Material und Methoden

Im Rahmen des Versuches wurden 2010 49 Sorten von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) an drei Standorten (Gars am Inn, Soyen und Fridolfing) mit jeweils 9 Wiederholungen in Form lateinischer Quadrate angelegt. Die Breitsaat erfolgte in Soyen und Gars Ende April. Fridolfing wurde Ende Juni gesät. Die Breitsaat erfolgte mit einer Saatstärke von 10 g/m<sup>2</sup>. Die Parzellengröße betrug 2,25 m<sup>2</sup>. Die Wiederholungen waren durch 1,75 m breite Wege (Ansaatmischung: 15 kg/ha BQSM WN-D, ergänzt um 15 kg/ha Wiesenrispe Lato; ausgebracht in Reihensaat) voneinander getrennt. Die Versuchsanlage jedes Standortes war eigenständig randomisiert. Die Versuchsflächen wurden im Anlagejahr von der Beweidung ausgeschlossen, mineralisch gedüngt und mit einem Rasenmäher soweit nötig gemäht. Damit konnte zu Versuchsbeginn eine geschlossene, weitgehend einheitliche Grasnarbe geschaffen werden. Dieser erfolgte durch das Entfernen der Ausgrenzung und dem Auftrieb der Kühe im April 2011.

### **Folgende Sorten wurden geprüft:**

Aberavon, Alligator, Arabella, Arolus, Arsenal, Artesia, Arvella, Arvicola, Aubisque, Barata, Bargala, Barpasto, Bree, Cheops, Dexter 1, Elgon, Eurostar, Feeder, Fornido, Foxtrot, Herbal, Herbie, Honroso, Indicus 1, Intrada, Ivana, Kabota, Kubus, Lacerta, Licampo, Lipresso, Maritim, Misouri, Montando, Montova, Navarra, Niata, Picaro, Pionero, Premium, Probat, Proton, Recolta, Respect, Rodrigo, Salamandra, Sambin, Sponsor, Stratos.

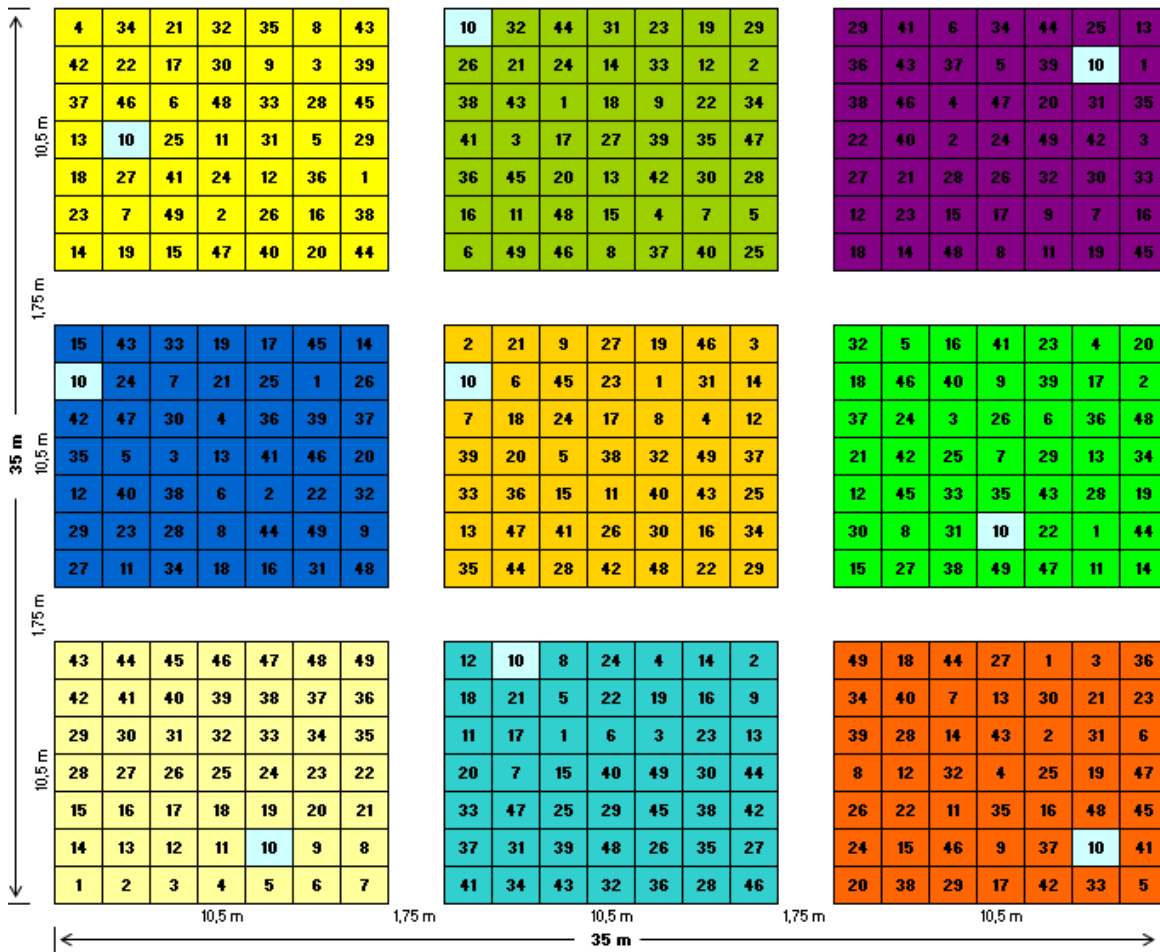


Abb. 1: Anlageschema des Versuches am Standort Gars am Inn; Versuchsglied 10 verdeutlicht die Randomisierung

Tab. 2: Folgende Sichtbonituren wurden im Rahmen des Versuchsvorhabens erhoben:

| Merkmal   | Jahr       |      |      |       |
|---|------------|------|------|-------|
|   | 2010       | 2011 | 2012 | 2013* |
| Mängel nach Aufgang                                   | [Note 1-9] | X    |      |       |
| Mängel nach Winter                                    | [Note 1-9] |      | X    | X     |
| Anteil Weidelgras nach dem Auftrieb                   | [%]        |      | X    | X     |
| Lückigkeit nach dem Auftrieb                          | [%]        |      | X    | X     |
| Anteil Unkräuter in % nach dem Auftrieb               | [%]        |      | X    | X     |
| Anteil Kuhfladen in % nach dem Auftrieb               | [%]        |      | X    | X     |
| Narbendichte nach dem Auftrieb                        | [%]        |      | X    |       |
| Anteil Weidelgras in der 2. Vegetationshälfte (~Juli) | [%]        |      | X    | X     |
| Lückigkeit in % in der 2. Vegetationshälfte (~Juli)   | [%]        |      | X    | X     |
| Anteil Unkräuter in der 2. Vegetationshälfte (~Juli)  | [%]        |      | X    | X     |
| Anteil Kuhfladen in der 2. Vegetationshälfte (~Juli)  | [%]        |      | X    | X     |
| Narbendichte in der 2. Vegetationshälfte (~Juli)      | [%]        |      | X    | X     |
| Anteil Weidelgras vor Winter (~November)              | [%]        | X    |      | X     |
| Lückigkeit in % vor Winter (~November)                | [%]        | X    |      | X     |
| Anteil Unkräuter vor Winter (~November)               | [%]        | X    |      | X     |
| Anteil Kuhfladen vor Winter (~November)               | [%]        | X    |      | X     |
| Mängel vor Winter (~November)                         | [Note 1-9] |      | X    | X     |

\* Stand: 25.07.2013

Folgende Sorteneigenschaften – entnommen der beschreibenden Sortenliste 2011 [7] bzw. den Angaben der veröffentlichten Zulassung der jeweiligen Sorte - wurden auf einen möglichen Zusammenhang mit den eigenen Felderhebungen geprüft:

Ploidie, Reifegruppe, Wuchshöhe in der Anfangsentwicklung, Wuchshöhe in der Vollentwicklung, Massenbildung im Anfang, Massenbildung im Nachwuchs\*, Neigung zu Auswinterung, Anfälligkeit für Rost, Ausdauer, Narbendichte, Trockenmasseertrag Gesamt, Trockenmasseertrag 1. Schnitt, Trockenmasseertrag weitere Schnitte.

\* Da diese Merkmale nur bis 2007 in der Beschreibenden Sortenliste ausgewiesen wurde, wurden die Daten soweit verfügbar dieser Publikation des BSA [6] entnommen (daher sind für einige Sorten keine Werte verfügbar).

Die statistische Verrechnung erfolgte mit SAS (Enterprise edition Version 9.2). Es wurde die Prozedur GLM verwendet.

### 3 Ergebnisse

Auf Grund des Termins der Drucklegung des Tagungsbandes werden für diese erste Zwischenauswertung die verwendeten Hilfsmerkmale jeweils auf das Zielmerkmal „Anteil Weidelgras in % November 2012“ bezogen. Verwendet wurde der SNK-Test. Mittelwerte mit demselben Buchstaben sind nicht signifikant verschieden.

Tab. 1: *Narbendichte - Anteil Weidelgras November 2012*

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | Narbendichte |
|-----------------|------------|----|--------------|
| A               | 79.032     | 45 | 6            |
| B               | 69.295     | 93 | 5            |
| C               | 61.383     | 9  | 4            |

**Narbendichte** ist wie zu erwarten eine wichtige Eigenschaft für die Eignung zum Einsatz im System der Kurzrasenweide.

Tab. 2: *Ploidie - Anteil Weidelgras November 2012*

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | Ploidie |
|-----------------|------------|----|---------|
| A               | 77.7265    | 78 | 2n      |
| B               | 65.0821    | 69 | 4n      |

**Ploidie und Narbendichte** sind in der Regel immer noch sehr stark ko-korrelierende Merkmale. Um diese Effekte in der Auswertung zu trennen, wurden kombinierte Gruppierungsmerkmale erstellt (siehe z.B. Tab. 3). Deren Auswertung zeigt zumindest für die Gruppe der geprüften Sorten ebenfalls eine klare Reihung von di- und tetraploiden Sorten.

Tab. 3: *Ploidie & Narbendichte - Anteil Weidelgras November 2012*

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | Ploidie&Narbendichte |
|-----------------|------------|----|----------------------|
| A               | 79.0321    | 45 | 2n6                  |
| B               | 75.9461    | 33 | 2n5                  |
| C               | 65.6370    | 60 | 4n5                  |
| D               | 61.3827    | 9  | 4n4                  |

Diploide Sorten schneiden auch bei gleicher Einstufung der Narbendichte besser ab als tetraploide Sorten.

Tab. 4: Reifegruppe - Anteil Weidelgras November 2012

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | Reifegruppe |
|-----------------|------------|----|-------------|
| A               | 74.543     | 18 | 8           |
| A               | 73.586     | 33 | 7           |
| A               | 73.444     | 6  | 3           |
| A               | 71.881     | 30 | 5           |
| A               | 71.037     | 6  | 9           |
| A               | 70.346     | 9  | 2           |
| A               | 70.326     | 15 | 6           |
| A               | 70.275     | 21 | 1           |
| B               | 66.235     | 9  | 4           |

Der Weidelgrasanteil im Versuch zeigt sich weitgehend unabhängig von der **Reifegruppe** der Sorten. Der einzelne knapp signifikant gewordene Unterschied erklärt sich aus dem Umstand, dass die Reifegruppe 4 mit tetraploiden Sorten vertreten war und diese eben allgemein schlecht abschneiden.

Tab. 5: Wuchshöhe in der Anfangsentwicklung - Anteil Weidelgras November 2012

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | Wuchshöhe in der Anfangsentwicklung |
|-----------------|------------|----|-------------------------------------|
| A               | 75.365     | 60 | 5                                   |
| A               | 74.259     | 6  | 4                                   |
| B A             | 72.537     | 12 | 7                                   |
| B               | 70.049     | 57 | 6                                   |
| C               | 60.222     | 12 | 8                                   |

Das Merkmal **Wuchshöhe in der Anfangsentwicklung** zeigt deutlich erkennbar signifikante Unterschiede wie auch eine Gruppierung von hohen und niedrigen Einstufungen.

Sorten mit einer großen Wuchshöhe in der Anfangsentwicklung sind im Nachteil.

Tab. 6: Wuchshöhe in der Vollentwicklung - Anteil Weidelgras November 2012

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | Wuchshöhe in der Vollentwicklung |
|-----------------|------------|----|----------------------------------|
| A               | 77.380     | 24 | 5                                |
| A               | 75.460     | 42 | 6                                |
| B               | 69.308     | 57 | 7                                |
| B               | 68.926     | 6  | 9                                |
| C               | 64.599     | 18 | 8                                |

Dieser Trend eines Nachteils von großen Wuchshöhen wird bei der Betrachtung der **Wuchshöhe in der Vollentwicklung** noch klarer bestätigt.

Der abweichende Wert der Gruppe mit der Einstufung 8 erklärt sich wieder aus einer einseitigen Ploidiebesetzung.

Verrechnungen getrennt nach Ploidie zeigen den gleichen Trend auf.

Tab. 7: Neigung zur Auswinterung - Anteil Weidelgras November 2012

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | Neigung zur Auswinterung |
|-----------------|------------|----|--------------------------|
| A               | 75.6498    | 66 | 5                        |
| B               | 68.6475    | 81 | 4                        |

Die Auswertung des Merkmals **Neigung zur Auswinterung** zeigt hingegen ein ebenso sehr deutlich absicherbares wie unerwartetes Ergebnis.

Sorten mit höherer Einstufung schneiden in der aktuellen Auswertung des Versuches deutlich besser ab.

Tab. 8: Eignung für Höhenlagen in Bayern („Ausdauer“) - Anteil Weidelgras November 2012

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | Ausdauer |
|-----------------|------------|----|----------|
| A               | 72.556     | 9  | 5        |
| A               | 72.092     | 51 | 7        |
| A               | 71.778     | 6  | 4        |
| A               | 71.519     | 81 | 6        |

Für die Einstufung **Eignung für Höhenlagen in Bayern** wird kein signifikanter Einfluss auf den Weidelgrasanteil im laufenden Versuchsvorhaben ausgewiesen.

Tab. 9: Anfälligkeit für Rost - Anteil Weidelgras November 2012

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | Anfälligkeit für Rost |
|-----------------|------------|----|-----------------------|
| A               | 80.617     | 18 | 6                     |
| B               | 74.948     | 51 | 5                     |
| C               | 68.400     | 72 | 4                     |
| D               | 59.185     | 6  | 3                     |

Die Auswertung des Zusammenhangs zwischen Weidelgrasanteil in % und der **Anfälligkeit für Rost** zeigt ebenfalls eine klare Gruppierung des BSA-Merkmals, unterlegt mit einer Rangierung der Sorten von geringer nach hoher Anfälligkeit. Die gegenläufige Reihung der Merkmale muss noch näher untersucht werden, z.B. inwieweit hohe Rostanfälligkeit und Herkunft diesen Eindruck erzeugen, dass Sorten mit hoher Rostanfälligkeit am günstigsten abschneiden.

Tab. 10: TM-Ertrag Gesamt - Anteil Weidelgras November 2012 (diploide Sorten)

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | TM Gesamt |
|-----------------|------------|----|-----------|
| A               | 80.000     | 3  | 7         |
| A               | 78.092     | 63 | 6         |
| B               | 75.241     | 12 | 5         |

Während bei den diploiden Sorten hohe unter Schnittnutzung ermittelte **Trockenmassegesamtleistungen** (TM-Ertrag Gesamt) auch günstig für die Kurzrasenweide zu sein scheint, sind bei den tetraploiden Sorten keine Unterschiede feststellbar.

Tab. 11: TM-Ertrag Gesamt - Anteil Weidelgras November 2012 (tetraploide Sorten)

| SNK Gruppierung | Mittelwert | N  | TM Gesamt |
|-----------------|------------|----|-----------|
| A               | 65.3617    | 51 | 6         |
| A               | 65.2901    | 18 | 7         |



Die Einstufungen des BSA für die Ertragsleistung im ersten Schnitt wie auch für die Folgeschnitte (nicht dargestellt) zeigen keinen klaren Trend bzw. sind nicht signifikant.

## 4 Fazit

Eine abschließende Aussage ist mit der vorgestellten Datenbasis noch nicht sinnvoll. Jedoch können folgende Aussagen bereits jetzt getroffen werden:

- Nach Möglichkeit sollte aktuell bei der Anlage von Kurzrasenweiden auf tetraploide Sorten verzichtet werden.
- Hohe Narbendichte ist ein wichtiges Merkmal für die Sortenwahl in diesem Bereich.
- Anfälligkeit für Rost ist zumindest nicht nachteilig für den Einsatz im Bereich Kurzrasenweide.
- Aussagen zur Bedeutung der Ausdauerleistung von Sorten unter Schnittnutzung für Kurzrasenweiden lassen sich auf Grund der kurzen Laufzeit noch nicht machen.

## 5 Literatur

- [1] ROPPERT, V. und GRUNDLER, T. (2009): Vergleich verschiedener Weideansaatmischungen hinsichtlich Wuchsverhalten und Beliebtheit für Milchkühe auf einer Kurzrasenweide, Tagungsband der Internationalen Weidetagung 2009 LfL-Schriftenreihe ISSN 1611-4159, 2009/8, S. 48-50.
- [2] STARZ, W., PFISTER, R. und STEINWIDDER, A. (2007): Einfluss der Grünlandnachsaat bei Kurzrasenweide 2007, Link: [http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index2.php?no\\_html=1&option=com\\_fodok&task=download&publ\\_id=2908](http://www.raumberg-gumpenstein.at/c/index2.php?no_html=1&option=com_fodok&task=download&publ_id=2908)  
Dargestellt werden verschiedene Arten keine Sorten.
- [3] STARZ, W., STEINWIDDER, A., PFISTER, R. und ROHRER, H. (2010): Ergebnisse zur Kurzrasenweidehaltung im Vergleich zur Schnittnutzung, Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, 5 – 18 ISBN: 978-3-902559-50-0 S. 6-17.
- [4] STEINBERGER, S., RAUCH, P. und SPIEKERS, H. (2009): Vollweide mit Winterkalbung – Erfahrungen aus Bayern, Tagungsband der Internationalen Weidetagung 2009 LfL-Schriftenreihe ISSN 1611-4159, 2009/8, S. 42-47.
- [5] THOMET, P., HADORN, M., JANS, F., TROXLER, J., PERLER, O. und MEILI, E. (1999): Kurzrasenweide – Intensivstandweide. Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus (AGFF) Merkblatt, 2. Auflage, FAL Zürich-Reckenholz.
- [6] BUNDESSORTENAMT (2007): Beschreibende Sortenliste, Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. S. 29ff.
- [7] BUNDESSORTENAMT (2011): Beschreibende Sortenliste, Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. S. 29ff.

# Flächenleistung von Futterflächen und Kuhweiden in unterschiedlichen Regionen unter Bedingungen des ökologischen Landbaus

E. Leisen

Landwirtschaftskammer NRW  
[edmund.leisen@lwk.nrw.de](mailto:edmund.leisen@lwk.nrw.de)

## 1 Problematik

Die Ertragsleistung der Fläche entscheidet über die langfristige Konkurrenzfähigkeit des Standortes und darüber, welche Pachtpreise gerechtfertigt sind. Das gleiche gilt für den Vergleich verschiedener Nutzungsarten (Weide im Vergleich zu Schnittnutzung).

## 2 Fragestellungen

Welche Ertragsleistung bringen unterschiedliche Standorte (Region, Bodengüte)?

Welche Flächenleistung bringen Kuhweiden im Vergleich zu den übrigen Grobfutterflächen des Betriebes?

## 3 Material und Methoden

### Datenumfang

Grobfutterfläche des Gesamtbetriebes: 2004 – 2010, 149 Betriebe

Kuhweiden: 2011, 28 Betriebe; 2012: 8 Betriebe

### Berechnungen

**Energieertrag Grobfutterfläche** (MJ NEL/ha): (Energiebedarf des Betriebes abzüglich Energiezufuhr über Kraft- und Saffutter)/ ha Raufutterfläche

- Energiebedarf des Betriebes (MJ NEL/Betrieb): Energiebedarf Kühe + Energiebedarf für Aufzucht + Energiebedarf für sonstige Tiere
- Energiebedarf Aufzuchttiere (MJ NEL/Tier): berechnet über Erstkalbealter
- Grobfutterfläche (ha/Betrieb): Grünland + Anbauumfang an Klee gras, Silomais, Getreide zur Silageerzeugung, Zwischenfrüchte (letzteres entsprechend Flächenleistung im Vergleich zur Klee grashauptfrucht), Naturschutzfläche entsprechend Flächenleistung (geschätzt anhand Viehbesatz, erzeugter Ballen oder Ladewagen); für Zu- und Verkauf an Grundfutter wurde eine Korrektur vorgenommen
- nicht berücksichtigt: Betriebe mit mehr als 10 % Naturschutzfläche

**Milchleistung Grobfutterfläche** (kg Milch/ha): nach anteiliger Zuordnung der Energiezufuhr: Milch aus Grobfutter = Gesamtmilch x Energieanteil aus Grobfutter in der Ration

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### Energieertrag in unterschiedlichen Regionen

Abb. 1 zeigt für die einzelnen Regionen den Energieertrag im Vergleich zu Grünland- und Ackerzahlen. Mit etwa 50.000 MJ NEL/ha wurden die höchsten Erträge in den Niederlanden erzielt (längere Vegetationszeit), nach Osten und Norden hin fielen die Erträge ab. Im nördlichen Niedersachsen lagen sie selbst bei hohen Grünlandzahlen meist relativ niedrig, vor allem auf alten Marschböden. Betriebe in Mittelgebirgslagen lagen meist unter 30.000 MJ NEL/ha. Begrenzend wirkte hier in erster Linie die Vegetationszeit. Die Grünland- und Ackerzahlen hatten zumindest im Mittel nur wenig Einfluss auf den Energieertrag. Entscheidend war bei den grünland- oder klee grasreichen Betrieben eine gute Wasserversorgung der Standorte über Niederschläge oder Grundwasseranschluss sowie die Vegetationsdauer.

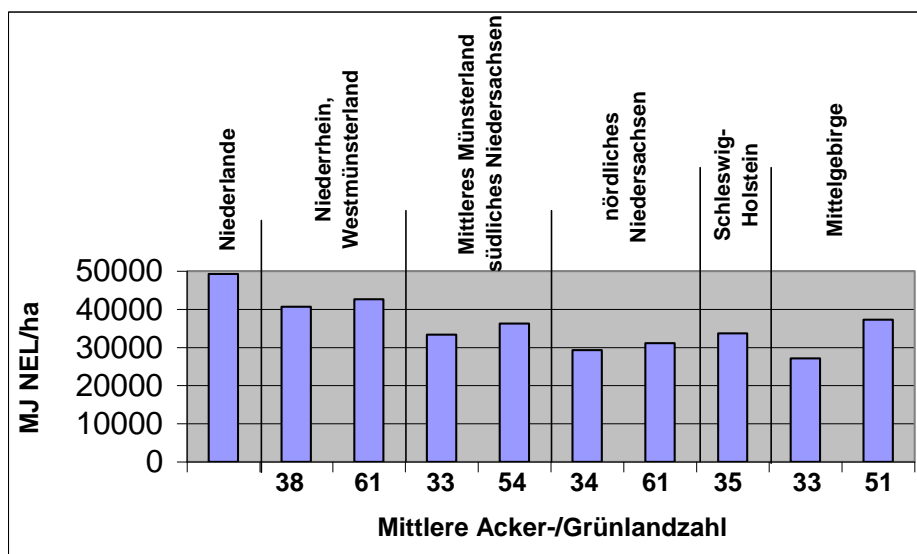


Abb. 1: Energieertrag (MJ NEL/ha) unterschiedlicher Regionen, Erntejahr 2004 – 2010

### Flächenleistung von Kuhweiden (zu 70 % Kurzrasenweide)

Im Trockenjahr 2011 wurden auf Kuhweiden je nach Region zwischen 3131 und 8476 kg ECM/ha an Milchleistung erzielt (Abb. 2), unter besseren Bedingungen sind auch bis zu über 11.000 kg ECM/ha möglich (Tab. 1 und 3). Zum Vergleich: Auf Standorten mit hohen Jahresniederschlägen (bessere Wasserversorgung: 1.000 bis 1.800 mm) wurden auf Öko-Betrieben in Bayern zwischen 6.000 und 12.000 kg ECM/ha erzielt [1]. Auf konventionellen Betrieben in der Schweiz und in Irland waren es 11.000 bis 14.000 kg ECM/ha [2].

Auf Marsch und Lehmböden in Niederungen gab es auf den Kuhweiden gegenüber dem mehrjährigen einzelbetrieblichen Mittel einen Mehrertrag von 24 %. Der Vergleich mit dem feuchteren Folgejahr 2012 zeigt: Auf schwereren Böden sind die trockenen Jahre die besseren. Ganz anders auf Sandböden: Hier lag die Leistung um 12 % niedriger als im mehrjährigen Mittel. Sie waren allerdings immer noch produktiver als die Schnittflächen: nach Auskunft der Landwirte 40 – 50 % Einbußen. Der Vergleich mit dem feuchteren Jahr 2012 zeigt: Feuchte Jahre sind auf leichten Böden die besseren Jahre (Tab. 2). In Mittelgebirgslagen gab es je nach Wasserversorgung und Bodenart entweder in 2011 oder in 2012 die höhere Leistung (Tab. 3).

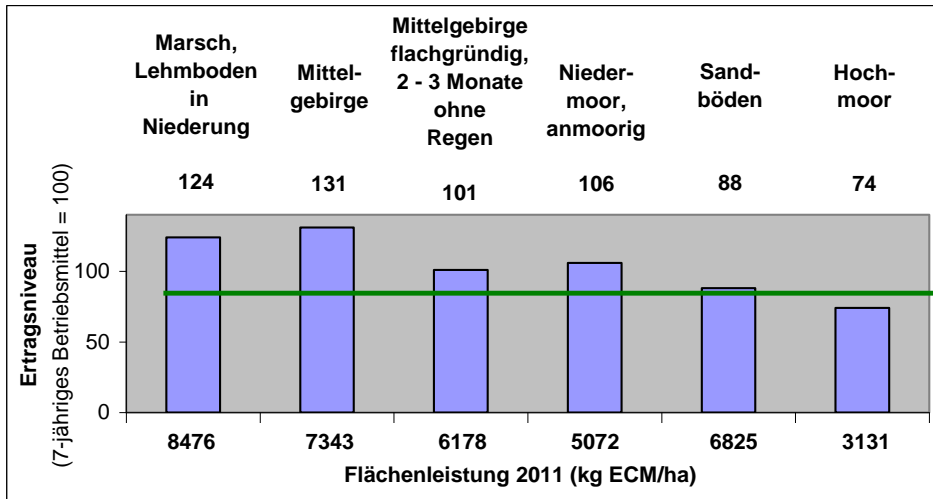


Abb. 2: Flächenleistung von Kuhweiden 2011 (Trockenjahr)

Tab. 1: Flächenleistung von Kuhweiden in Niederungslagen 2011 und 2012 in 2 Betrieben mit schweren Böden

wöchentliche Datenerfassung

| Standort/<br>Jahr  | Fütterung                  |   |                | Milch         |               | Flächenleistung |                         |                                     |
|--|----------------------------|---|----------------|---------------|---------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|
|  | Kraft-<br>futter<br>dt/Kuh | Weideanteil<br>% Energie in<br>Sommerration | Weide-<br>tage | Lakt.<br>Tage | kg<br>ECM/Kuh | kg<br>ECM/ha    | MJ<br>NEL/ha<br>absolut | MJ NEL/ha<br>relativ<br>(2011 =100) |
| Grünland, 50 % lehm.Ton, 50 % Mergelrücken, ca. 45 er Boden, ca. 800 mm Niederschlag       |                            |   |                |               |               |                 |                         |                                     |
| 2011: im Sommer durchgehendes Wachstum   |                            |   |                |               |               |                 |                         |                                     |
| 2011   | 1,9                        | 61  | 271            | 195           | 20            | 11506           | 59976                   |                                     |
| 2012   | 2,2                        | 55  | 207            | 168           | 18            | 9218            | 47784                   | <b>80</b>                           |
| Klee gras, 4-6 j., Lehm Boden, 50er Boden, ca. 750 mm Niederschlag, ganzjährig Weidezugang |                            |   |                |               |               |                 |                         |                                     |
| 2011: im Sommer durchgehendes Wachstum   |                            |   |                |               |               |                 |                         |                                     |
| 2011   | 2,2                        | 70  | 259            | 200           | 19            | 7194            | 38048                   |                                     |
| 2012   | 2,5                        | 59  | 259            | 202           | 16            | 5937            | 33785                   | <b>89</b>                           |

Tab. 2: Flächenleistung von Kuhweiden in Niederungslagen 2011 und 2012

wöchentliche Datenerfassung

| Standort/<br>Jahr  | Kraft-<br>futter<br>dt/Kuh | Fütterung                                   |                | Milch         |               | Flächenleistung |                         |                                     |
|--|----------------------------|---|----------------|---------------|---------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|
|  |                            | Weideanteil<br>% Energie in<br>Sommerration | Weide-<br>tage | Lakt.<br>Tage | kg<br>ECM/Kuh | kg<br>ECM/ha    | MJ<br>NEL/ha<br>absolut | MJ NEL/ha<br>relativ<br>(2011 =100) |
| Grünland, lehmiger Sand, 28 er Boden, ca. 750 mm Niederschlag<br>2011: 3 Monate ohne Regen                         |                            |   |                |               |               |                 |                         |                                     |
| 2011   | 1,5                        | 45  | 259            | 210           | 20            | 5789            | 30031                   |                                     |
| 2012   | 1,5                        | 56  | 230            | 206           | 18            | 6782            | 35677                   | <b>119</b>                          |
| Grünland und Klee gras, 2-4 j., lehmiger Sand, 25 er Boden, ca. 750 mm Niederschlag<br>2011: 2,5 Monate ohne Regen |                            |   |                |               |               |                 |                         |                                     |
| 2011   | 2,7                        | 68  | 269            | 180           | 26            | 6764            | 31637                   |                                     |
| 2012   | 0,8                        | 76  | 230            | 239           | 23            | 7839            | 38464                   | <b>122</b>                          |

Tab. 3: Flächenleistung von Kuhweiden in der Eifel (500 - 560 m ü NN) 2011 und 2012

| Standort/<br>Jahr   | Kraft-<br>futter<br>dt/Kuh | Fütterung                                   |                | Milch         |               | Flächenleistung (1) |                         |                                     |
|---|----------------------------|---|----------------|---------------|---------------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------|
|   |                            | Weideanteil<br>% Energie in<br>Sommerration | Weide-<br>tage | Lakt.<br>Tage | kg<br>ECM/Kuh | kg<br>ECM/ha        | MJ<br>NEL/ha<br>absolut | MJ NEL/ha<br>relativ<br>(2011 =100) |
| Grünland, Lehm-Tonboden, ca. 40 er Boden, > 1000 mm Niederschlag<br>2011: im Sommer sehr trocken    |                            |   |                |               |               |                     |                         |                                     |
| 2011  | 2,7                        | 65  | 261            | 176           | 20            | 7661                | 39178                   |                                     |
| 2012  | 0,7                        | 73  | 236            | 191           | 19            | 9161<br>(11105)     | 48309<br>(54688)        | <b>123</b><br><b>(140)</b>          |
| Grünland, sandiger Lehm, 38 er Boden, > 1000 mm Niederschlag<br>2011: Sommer durchgehendes Wachstum |                            |   |                |               |               |                     |                         |                                     |
| 2011  | 4,2                        | 74  | 213            | 202           | 24            | 11682               | 56476                   |                                     |
| 2012  | 3,9                        | 74  | 203            | 218           | 21            | 9797                | 49905                   | <b>88</b>                           |

(1) in Klammern: Flächenleistung einschließlich Gewichtszunahme

## 5 Schlussfolgerung zur Flächenleistung

Regionale Ertragsunterschiede waren größer wie Standortunterschiede. Kuhweiden erzielten überdurchschnittliche Leistungen. Bekannte Standorteffekte: auf schweren Böden sind trockene und auf leichten Böden feuchte Jahre die besseren Jahre (Anmerkung zu Einzelkuhleistung: trockenes Jahr war auch auf leichten Böden das bessere Jahr).

## **6 Literatur**

- [1] STEINBERGER, S., RAUCH, P., SPIEKERS, H., HOFMANN, G., DORFNER, G. (2012): Vollweide mit Winterkalbung – Ergebnisse von Pilotbetrieben. Schriftenreihe Bay. Landesanstalt f. Landwirtschaft.
- [2] THOMET, P. und DURGIALI, B. (2008): Effizienzparameter der Milchproduktion auf Stufe Betrieb. Mitteilungen der AGGF Band 9, 29 – 42.

# Notwendige Änderungen der Methode zur Berechnung der Flächenleistung (kg Milch/ha und Jahr) von Grünland- und Ackerfutterflächen mit Schnitt oder Weidenutzung

E. Leisen<sup>1)</sup>, H. Spiekers<sup>2)</sup>, M. Diepolder<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Landwirtschaftskammer NRW

<sup>2)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

[edmund.leisen@lwk.nrw.de](mailto:edmund.leisen@lwk.nrw.de)

[Hubert.Spiekers@lfl.bayern.de](mailto:Hubert.Spiekers@lfl.bayern.de); [Michael.Diepolder@lfl.bayern.de](mailto:Michael.Diepolder@lfl.bayern.de)

## 1 Kurzfassung

Schwerwiegende Fehler werden häufig bei der Interpretation der Flächenleistung in Milchviehbetrieben, ausgedrückt in Milch pro ha und Jahr, gemacht. Dies kann in der Praxis zu einer starken Fehlbewertung von Grünland, Ackerfutter und Weidegang führen. Bei der Berechnung der Flächenleistung sollte die realisierte Milchleistung anteilig der kalkulierten Energiezufuhr aus Grasprodukten und Beifutter aufgeteilt werden. Für Betriebe mit einem hohen Anteil am jeweiligen Grobfutter ergeben sich dann realistische Einschätzungen.

## 2 Einleitung

Die Flächenleistung entscheidet über die langfristige Konkurrenzfähigkeit des Standortes und somit auch darüber, welche Pachtpreise gerechtfertigt sind. Das gleiche gilt für den Vergleich verschiedener Kulturen und Nutzungsweisen (beispielsweise Weide im Vergleich zu Schnittnutzung). Bei der Berechnung der Flächenleistung werden unterschiedliche Maßeinheiten verwendet: Pflanzenbauer verwenden dazu den Trockenmasse-, Energie- und Rohproteinерtrag. Den Milchviehbetrieb interessiert dagegen vor allem, wie viel Milch er von der Fläche erzielen kann.

## 3 Problematik

Um dem Wunsch der Landwirte nach praxisnahen Maßeinheiten zur Leistung von Futterflächen gerecht zu werden, wird in den letzten Jahren von einigen Autoren auch die Milchleistung pro ha und Jahr ausgewiesen. Hierzu werden derzeit zwei Ansätze verwendet. Beide kommen zu grundlegend unterschiedlichen Ergebnissen.

### Methoden zur Berechnung der Flächenleistung

Die Unterschiede erklären sich aus den üblichen Berechnungsarten im Pflanzenbau und in der Betriebszweigauswertung Milch:

Die **Milchleistung nach anteiliger Zuordnung der Energiezufuhr** ergibt sich aus der Gleichung:

[1] **Milch aus Grobfutter = Gesamtmilch x Energieanteil aus Grobfutter in der Ration**

Diese Art der Berechnung entspricht der im Pflanzenbau üblichen Art bei der Ermittlung der Flächenleistung (ausgedrückt in Trockenmasseertrag, Rohproteinерtrag oder Energieertrag). Dargestellt wird der Gesamtertrag. Zwischen der Energiezufuhr zur Deckung des Erhaltungsbedarfs und der erzeugten Milchmenge wird nicht unterschieden.

**Beispiel:** Liefert das Grobfutter **50 %** der Energieaufnahme, trägt es auch zu **50 %** zur Milchleistung bei.

Die **Milchleistung nach Abzug der „Kraftfuttermilch“** ergibt sich aus der Gleichung:

[2] „**Milch aus Grobfutter**“ (einschließlich Erhaltungsbedarf) = **Gesamtmilch abzüglich Milch aus Kraftfutter**

Diese Art der Berechnung erklärt sich aus der normalen Rationsberechnung, wie sie in der Tierernährung üblich ist: Das Grobfutter liefert die Basis, auf der entsprechend ergänzt wird. **Aus dem Grobfutter werden der Erhaltungsbedarf und ein Teil der Milchleistung energetisch gedeckt.** Was darüber hinaus an Leistung angestrebt wird, muss ergänzt werden, beispielsweise durch Kraftfutter.

### Vergleich beider Methoden im Modell „Flächenleistung von Weideflächen“

In dem im Folgenden dargestellten Modell wurde mit für die Praxis des Öko-Landbaus realistischen Zahlen gearbeitet. Als Fallbeispiel wurde die Berechnung der Flächenleistung von Weideflächen genommen.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht, wie unterschiedlich die Ergebnisse beider Modelle ausfallen: Bei **100 %** Weideanteil gibt es keinen Unterschied. Je niedriger aber der Anteil an Nettoenergie aus Weide ist, umso größer fällt der Unterschied aus: Bei anteiliger Energiezuordnung bleibt die Flächenleistung konstant, bei Abzug der „Kraftfuttermilch“ sinkt sie dagegen zunehmend.

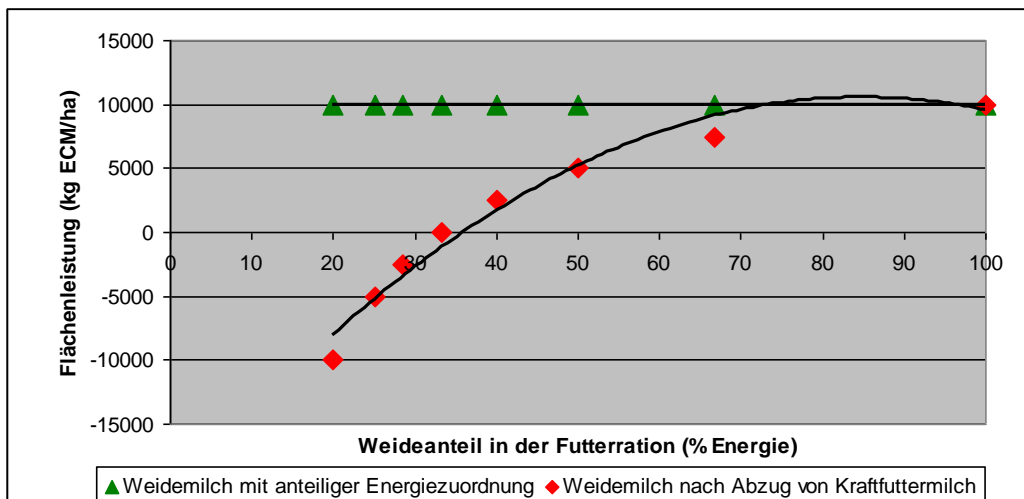


Abb. 1: Flächenleistung von Weideflächen berechnet nach 2 Methoden

Die in der obigen Abb. 1 dargestellten Werte basieren auf nachfolgenden Berechnungen (siehe Tabellen). Wichtig ist dabei die Tatsache, dass bei dieser Berechnung das Ertragsniveau gleich bleibt und die Weide bei Erhöhung des Viehbestandes nur noch einen Teil des Bedarfs decken kann, der Rest wird zugefüttert.

**Weidemilch nach anteiliger Zuordnung der Energiezufuhr** (Tab. 1): Die Weideleistung bleibt konstant, unabhängig vom Weideanteil und entspricht damit dem Potential der Fläche, was auch in enger Beziehung zu den bisher im Pflanzenbau gebräuchlichen Maßeinheiten stehen dürfte. Konkret: Sowohl bei 100 % Weideanteil als auch bei geringerem Weideumfang werden jeweils 10.000 kg ECM/ha erzielt.

**Weidemilch nach Abzug von Kraftfuttermilch** (Tab. 2): Mit zurückgehendem Weideanteil sinkt rechnerisch die Flächenleistung ausgedrückt in kg ECM/ha. Bei einem Weideanteil, welcher genau dem Anteil des Erhaltungsbedarfs entspricht, liegt die Flächenleistung „Milch“ bei Null (dies darf rechnerisch auch nicht anders sein) und bei noch niedrigerem Weideanteil ergibt sich nach Gleichung [2] sogar eine negative Flächenleistung, was übrigens praktisch gar nicht möglich ist. Festzuhalten bleibt, dass die so errechnete Flächenleistung überhaupt keinen Bezug zum Potential der



Fläche hat. Auch zeigt sich bei der Interpretation der Ergebnisse von Praxisbetrieben, dass in kg ECM/ha ausgedrückte Flächenleistung in der Regel zu einer deutlichen Unterbewertung der tatsächlichen Leistung von Grünland- oder Ackerfutterflächen führt.

**Tabellen zum Vergleich von Flächenleistungen (Milch/ha) bei unterschiedlichem Weideumfang und gleichem potentiellen Ertragsniveau**

dabei: Zusätzlicher Bedarf bei steigendem Kuhbesatz wird durch Zufütterung gedeckt

*Tab. 1: Milch aus Weide nach anteiliger Zuordnung der Energiezufuhr aus Weide und Beifutter; Beispiel: 2 ha Weide mit Nettoertrag von 10.000 MJ NEL/ha*

| Kuhbesatz<br>Kuhzahl | Weideanteil<br>(in %) | Milchmenge gesamt<br>kg ECM/ 2 ha |   |                                   |   |        | Energiedeckung<br>% von Gesamt<br>Zufütterung Weide |     | Flächenleistung<br>durch<br>Beweidung<br>kg ECM/ha<br>(anteilig aufgeteilt<br>) |
|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|--------|---|-----|---|
|                      |                       | erzeugte<br>Milchmenge            | Äquivalent<br>für Erhaltung<br>d<br>Energiebedarf | gesamt<br>incl.<br>Er-<br>haltung | erzeugte<br>Milchmenge aus<br>Zufütterung | Weide  |   |     |   |
| 10                   | 100                   | 20.000                            | 10.000  | <b>30.000</b>                     | 0   | 20.000 | 0   | 100 | <b>10000</b>  |
| 15                   | 67                    | 30.000                            | 15.000  | <b>45.000</b>                     | 10000                                     | 20.000 | 33  | 67  | <b>10000</b>  |
| 20                   | 50                    | 40.000                            | 20.000  | <b>60.000</b>                     | 20000                                     | 20.000 | 50  | 50  | <b>10000</b>  |
| 25                   | 40                    | 50.000                            | 25.000  | <b>75.000</b>                     | 30000                                     | 20.000 | 60  | 40  | <b>10000</b>  |
| 30                   | 33                    | 60.000                            | 30.000  | <b>90.000</b>                     | 40000                                     | 20.000 | 67  | 33  | <b>10000</b>  |
| 35                   | 29                    | 70.000                            | 35.000  | <b>105.000</b>                    | 50000                                     | 20.000 | 71  | 29  | <b>10000</b>  |
| 40                   | 25                    | 80.000                            | 40.000  | <b>120.000</b>                    | 60000                                     | 20.000 | 75  | 25  | <b>10000</b>  |
| 50                   | 20                    | 100.000                           | 50.000  | <b>150.000</b>                    | 80000                                     | 20.000 | 80  | 20  | <b>10000</b>  |

*Tab. 2: Milch aus Weide nach Abzug von „Kraftfutmilch“; Beispiel: 2 ha Weide mit Nettoertrag von 10.000 MJ NEL/ha*

| Kuhbesatz<br>Kuhzahl | Weideanteil<br>(in %) | Milchmenge<br>kg ECM/ 2 ha |  |                                   |   |         | Energiedeckung<br>% von Gesamt<br>Zufütterung Weide |     | Flächenleistung<br>durch<br>Beweidung<br>kg ECM/ha<br>(bei Restposten) |
|----------------------|-----------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|---|---------|---|-----|--|
|                      |                       | erzeugte<br>Milchmenge     | Äquivalent<br>für Erhaltung<br>(entsprechend<br>Energiebedarf) | gesamt<br>incl.<br>Er-<br>haltung | erzeugte<br>Milchmenge aus<br>Zufütterung | Weide   |   |     |  |
| 10                   | 100                   | 20.000                     | 10.000   | <b>30.000</b>                     | 0   | 20.000  | 0   | 100 | <b>10000</b>   |
| 15                   | 67                    | 30.000                     | 15.000   | <b>45.000</b>                     | 15000                                     | 15.000  | 33  | 67  | <b>7500</b>  |
| 20                   | 50                    | 40.000                     | 20.000   | <b>60.000</b>                     | 30000                                     | 10.000  | 50  | 50  | <b>5000</b>  |
| 25                   | 40                    | 50.000                     | 25.000   | <b>75.000</b>                     | 45000                                     | 5.000   | 60  | 40  | <b>2500</b>  |
| 30                   | 33                    | 60.000                     | 30.000   | <b>90.000</b>                     | 60000                                     | 0       | 67  | 33  | <b>0</b>   |
| 35                   | 29                    | 70.000                     | 35.000   | <b>105.000</b>                    | 75000                                     | -5.000  | 71  | 29  | <b>-2500</b>   |
| 40                   | 25                    | 80.000                     | 40.000   | <b>120.000</b>                    | 90000                                     | -10.000 | 75  | 25  | <b>-5000</b>   |
| 50                   | 20                    | 100.000                    | 50.000   | <b>150.000</b>                    | 120000                                    | -20.000 | 80  | 20  | <b>-10000</b>  |

**Vorsicht: Bei geringen Rationsanteilen ist die Flächenleistung mit großen Fehlern behaftet und damit nicht kalkulierbar.**

Eine Berechnung der Flächenleistung bei geringem Anteil des jeweiligen Grobfutters (beispielsweise Weidefutters) ist generell mit großen Fehlern behaftet. Dies wird an einem einfachen Beispiel (siehe Tab. 3) deutlich: Wenn bei 20 kg Trockenmasseaufnahme 80 % aus der Zufütterung kommen und dabei mit einer Fehleinschätzung von 10 % gerechnet werden muss (was unter Praxisbedingungen extrem wenig sein dürfte), so verbleiben für die Weide 2,4 bis 5,6 kg Trockenmasse (entspricht 60 – 140 % der tatsächlichen Aufnahme über Weide). Umgerechnet auf die Flächenleistung ergibt sich eine Spannweite zwischen 6.000 und 14.000 kg ECM/ha, minimaler und maximaler Wert liegen damit 8.000 kg ECM/ha auseinander. Zum Vergleich: Bei 20 % Zufütterung und 10 % Fehleinschätzung liegen minimaler und maximaler Wert dagegen nah bei einander: Nur 500 kg ECM/ha Differenz.

Tab. 3: Futteraufnahme aus Weide und Zufütterung bei 10 % Fehleinschätzung der Zufütterung

Beispiel: Gesamtfutteraufnahme: 20 kg/Kuh und Tag; Flächenleistung: 10.000 kg ECM/ha

| Anteil Zufütterung | Futteraufnahme (kg T/Kuh/Tag) |       |                                 |                     |                                  |                      | Flächenleistung (kg ECM/ha) |        |       |
|--------------------|-------------------------------|-------|---------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------|-------|
|                    | tatsächlich                   |       | Zufütterung zu 10 % überschätzt |                     | Zufütterung zu 10 % unterschätzt |                      | Spannweite<br>Differenz     |        |       |
|                    | Zufütterung                   | Weide | Zufütterung                     | Weide               | Zufütterung                      | Weide                |                             |        |       |
| 80 %               | 16                            | 4     | 17,6                            | 2,4<br>(= 60 %)*    | 14,4                             | 5,6<br>(= 140 %)*    | 6.000                       | 14.000 | 8.000 |
| 20 %               | 4                             | 16    | 4,4                             | 15,6<br>(= 97,5 %)* | 3,6                              | 16,4<br>(= 102,5 %)* | 9.750                       | 10.250 | 500   |

\*in Klammern: % der tatsächlichen Futteraufnahme über Weide

## 4 Empfehlung

Zur Berechnung der Flächenleistung sollte die realisierte Milchleistung anteilig der kalkulierten Energiezufuhr aus Grasprodukten und Beifutter aufgeteilt werden.

**Anmerkung:** Diese Einschätzung erfolgte in Abstimmung (alphabetisch) mit Dr. Benke (Niedersachsen), Dr. Berendonk (NRW), Prof. Dr. Elsäßer (Hohenheim), Prof. Dr. Isselstein (Göttingen), Dr. Neff (Hessen), Dr. Riehl (Sachsen).

# Harnstoffgehalte in der Milch in Abhängigkeit von den Rohproteingehalten in Aufwüchsen bei Kurzrasenweide

G. Plesch, M. Wittmann und H. Laser

Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Lübecker Ring 2, 59494  
[laser.harald@fh-swf.de](mailto:laser.harald@fh-swf.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Bei konsequenter Umsetzung des Kurzrasenweidesystems werden hohe Energiedichten als auch - in Abhängigkeit von der Vegetationszusammensetzung - hohe Rohproteinkonzentrationen in den Aufwüchsen festgestellt [5]. Mit einem potentiellen Rohproteinüberschuss werden erhöhte Milchlarnstoffgehalte assoziiert. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Mobile Automatische Melksysteme (AMS) und Milchviehbeweidung“ wurde unter anderem die Fragestellung untersucht, wie sich die Milchlarnstoff- und Proteingehalte auf Herdenebene in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Weideaufwuchses verändern.

## 2 Material und Methoden

Der Praxisbetrieb, auf dem die Untersuchungen durchgeführt wurden, befindet sich in der Nordeifel auf einer Höhe von 535 m über NN. Es handelte sich um einen Öko-Milchviehbetrieb mit teilarron- dierten Flächen. Mit über 1000 mm Niederschlag pro Jahr und einer Durchschnittstemperatur von 7 °C zählt der Standort nicht zu den Gunstlagen. Auf dem Betrieb wurden in zwei getrennten Herden insgesamt rund 115 Milchkühe gehalten, welche während der Winterfütterungsperiode in zwei separaten Liegeboxenlaufställen untergebracht sind. Die beiden Melkroboter mit den Milchtanks befinden sich jeweils in einem Container direkt an den Ställen und können auf einen Anhänger verladen und zu Beginn der Weideperiode auf einen fixen Platz an der Weide gebracht werden. In etwa einem Kilometer Entfernung zur Hofstelle befinden sich zwei separate Weideflächen. Die Fläche „Süd“ umfasst rund 18 ha, die Fläche „Nord“ ca. 20 ha. Es handelt sich um mäßig feuchte bis typische Weidelgrasweiden. Für die Melkroboter steht auf der Weide ein Strom- und Wasseranschluss zur Verfügung. Während der Weideperiode blieben die Tiere 24 Stunden im Freien und ernährten sich, bis auf die Kraftfuttermittelsversorgung am Melkroboter – ausgenommen von einer 14-tägigen Zufütterungsphase Anfang Juni 2011 - nur durch die Weidefuturaufnahme. Die Tiere können den Melkroboter jederzeit uneingeschränkt besuchen. Der Untersuchung liegen die Daten für die Weideperiode 2011 und 2012 zugrunde (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Weidebeginn und –ende in Abhängigkeit vom Versuchsjahr und der Weidefläche

| Fläche und Jahr | Auftrieb   | Abtrieb    | Weidetage |
|-----------------|------------|------------|-----------|
| Nord 2011       | 30.04.2011 | 15.10.2011 | 167       |
| Süd 2011        | 22.04.2011 | 22.10.2011 | 182       |
| Nord 2012       | 21.04.2012 | 29.09.2012 | 160       |
| Süd 2012        | 30.04.2012 | 12.10.2012 | 164       |

Auf den Teilflächen wurden jeweils acht Weidekörbe [1] in unterschiedlicher Entfernung zu den beiden AMS platziert (50, 150, 250 und 350 m) und in Abhängigkeit der Höhe des Weideaufwuch-

ses beerntet. Die Weidekorberträge liefern Anhaltswerte, um die Nährstoffversorgungssituation auf der Weide abschätzen zu können. In 2011 wurden die Kontrollschnitte der Weidekörbe am 20.04., 30.04., 27.05., 15.06., 07.07., 29.07., 16.08., 07.09. und 05.10. durchgeführt. Die Beerntung der Weidekörbe erfolgte in 2012 am 26.04., 09.05., 31.05., 28.06., 24.07., 15.08., 18.09. und ein letztes Mal am 25.10. des Jahres. Die Erträge wurden ermittelt, die Trockenmasse bestimmt und die Proben mit NIRS analysiert. Der Protein-/Energie- Quotient (PEQ) wurde für den jeweiligen Schnitzeitpunkt nach [3] berechnet, um die Versorgungssituation der Milchkühe abschätzen zu können. Im August 2012 wurden Vegetationsaufnahmen durchgeführt.

Im Fokus der Milchinhaltstoffe stand der Harnstoffgehalt in der Tankmilch, welcher als Indikator für Energiestoffwechselstörungen bzw. Proteinübersversorgung dienen kann. Die Eiweißprozentage auf Herdenebene fanden zusätzliche Berücksichtigung. Die Tankmilchergebnisse lagen für beide Melkroboter (und damit auch für beide Weideflächen) separat im Abstand von drei Tagen vor.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Vegetationsaufnahmen zeigten zwischen beiden Untersuchungsflächen deutliche Unterschiede in der Bestandszusammensetzung. Der Gräseranteil der südlichen Fläche lag bei 82 % und auf der nördlichen bei nur 68 %. Im Gegensatz dazu wurde nur 12 % Klee auf der südlichen, hingegen aber 25 % Klee auf der nördlichen Weide gefunden. Es handelte sich dabei fast ausschließlich um *Trifolium repens*. Der Kräuteranteil lag auf beiden Weiden im Durchschnitt bei 6 %. In Tab. 2 sind die wichtigsten Ergebnisse der beiden Versuchsjahre aufgeführt.

Tab. 2: Schätzung des Ertrags und der Nährstoffzusammensetzung des Weideaufwuchses, Kraftfuturaufnahme und Milchinhaltstoffe in Abhängigkeit von Weidefläche und Versuchsjahr

| Mittelwerte Weideperiode         | Nord                |                     | Süd                 |                     |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                  | 2011                | 2012                | 2011                | 2012                |
| Energiegehalt (MJ NEL/ kg TM)    | 6,69 ( $\pm 0,19$ ) | 6,90 ( $\pm 0,16$ ) | 6,71 ( $\pm 0,17$ ) | 6,96 ( $\pm 0,23$ ) |
| Rohprotein (g/kg TM)             | 231 ( $\pm 26$ )    | 218 ( $\pm 28$ )    | 242 ( $\pm 29$ )    | 224 ( $\pm 21$ )    |
| Zucker (g/kg TM)                 | 71 ( $\pm 24$ )     | 112 ( $\pm 40$ )    | 65 ( $\pm 31$ )     | 100 ( $\pm 33$ )    |
| PEQ (g XP/MJ ME)                 | 21,1 ( $\pm 2,3$ )  | 19,4 ( $\pm 2,2$ )  | 22,1 ( $\pm 2,5$ )  | 19,8 ( $\pm 1,9$ )  |
| Kraftfuturaufnahme (kg/Tier/Tag) | 4,6 ( $\pm 0,5$ )   | 3,8 ( $\pm 0,4$ )   | 3,8 ( $\pm 0,6$ )   | 3,9 ( $\pm 0,3$ )   |
| Harnstoffgehalt Tankmilch (mg/l) | 292 ( $\pm 89$ )    | 329 ( $\pm 62$ )    | 327 ( $\pm 81$ )    | 351 ( $\pm 65$ )    |
| Milcheiweiß Tankmilch (%)        | 3,35 ( $\pm 0,12$ ) | 3,49 ( $\pm 0,13$ ) | 3,61 ( $\pm 0,12$ ) | 3,28 ( $\pm 0,20$ ) |

Die aus dem Weideaufwuchs ermittelten Energiegehalte übersteigen die von [6] ermittelten Werte für Kurzrasenweide von durchschnittlich 6,51 MJ NEL.

Die Rohproteingehalte lagen zu Beginn der Weideperiode 2011 auf der Nordfläche um die 200 g/kg TM und auf der südlichen Fläche um 220 g/kg TM. Der XP stieg gegen Ende der Weideperiode 2011 auf bis zu 278 g/kg TM an. In 2012 zeigte sich ein moderater Anstieg auf bis zu 255 g/kg TM im Maximum. Diese Ergebnisse decken sich mit denen von [2].

Unabhängig von den Versuchsjahren resultierten höhere Protein-/Energie-Quotienten auf der südlichen Weidefläche einerseits aus höheren Proteingehalten, als auch aus geringeren Zuckergehalten des Aufwuchses. Ein etwas höherer Energiegehalt pro kg TM steht ebenfalls damit in direktem Zusammenhang. Die Energiegehalte lagen insgesamt auf hohem Niveau und erreichten zu Beginn und Ende der Weideperiode 2011 zwischen 6,8 und 7,0 MJ NEL, wobei zwischen Ende Mai und Ende Juli durchschnittlich unter 6,7 MJ NEL erzielt wurden. In 2012 sank der Energiegehalt im Durchschnitt nie unter 6,7 und stieg gegen Ende der Weideperiode sogar auf bis zu 7,1 MJ NEL an.

Im Gegensatz dazu waren die Proteingehalte in 2012 bei höheren Zuckergehalten geringer als im Vorjahr, was sich in einem geringeren PEQ widerspiegelt, wobei die PEQ-Verlaufskurve wesentlich flacher als in 2011 verlief.

Wie bei den Energiegehalten zeigte auch die Verlaufskurve der Nährstoffzusammensetzung des Aufwuchses in Relation zum Milchwahnhstoff in der Tankmilch während der Weideperiode (vgl. Abb. 1) ein differenzierteres Bild, als die Betrachtung der Mittelwerte. Die Harnstoffgehalte sanken im ersten Jahr bis Ende Mai auf unter 150 mg/l ab, was in Kombination mit normalen Milcheiweißgehalten auf einen Rohproteinmangel in der Ration hindeutet. Ab Ende Juni hielten sich die Milchwahnhstoffgehalte fast kontinuierlich über 300 mg/l Milch bis zum Ende der Weideperiode 2011. In 2012 wurden auf beiden Flächen schon ab Ende Mai über 300 mg/l festgestellt. Nach einem kleinen Zwischentief gegen Ende Juni stiegen die Werte anschließend wieder auf über 300 und zeitweise sogar auf über 400 mg/l in der Tankmilch an.

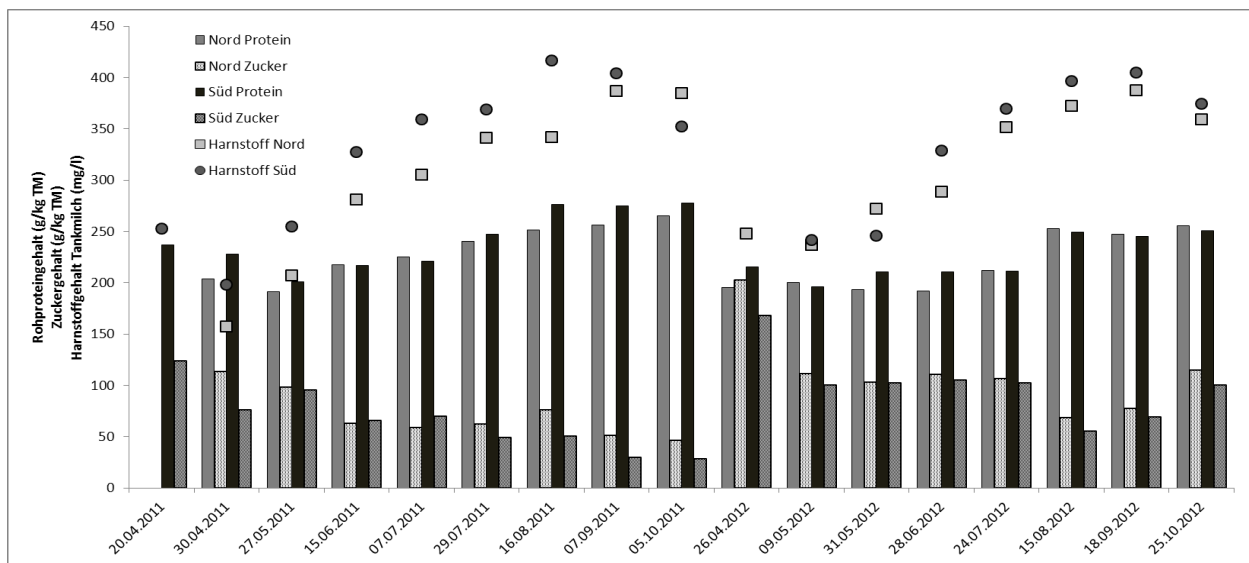


Abb. 1: Harnstoffgehalte (mg/l) in der Tankmilch, Protein- und Zuckergehalte im Weideaufwuchs in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Weidekorbernte für das Versuchsjahr

Die Berechnung des Protein-/Energie-Quotienten aus dem Weideaufwuchs ermöglicht es, die Nährstoffversorgungssituation der Kühe durch das Weidefutter vereinfacht darzustellen. Kritisch anzumerken ist, dass die Zufütterung von Kraftfutter in dieser Auswertung unberücksichtigt bleibt, aber für Weidefütterung, mit gut vier Kilogramm pro Tier und Tag (ca. 14 % XP-Gehalt), sehr hoch war. Der Energieausgleich durch diese hohen Gaben könnte ein Grund für die niedrigeren Harnstoffgehalte auf der Fläche Nord in 2011 sein. Das Risiko für Pansenacidosen in dieser Herde war bei einem Fett-Eiweiß-Quotienten in der Milch von unter 1,0 aber durchaus gegeben.

[7] beschreiben den Zusammenhang von zunehmenden Milchwahnhstoffgehalten bei steigendem PEQ. Aus diesem Grund wurden die beiden Faktoren gegenübergestellt. Die aus dem Weideaufwuchs ermittelten PEQ-Werte (ohne Berücksichtigung der Kraftfuttergaben) sind in Abb. 2 dem Milchwahnhstoffgehalt gegenübergestellt.

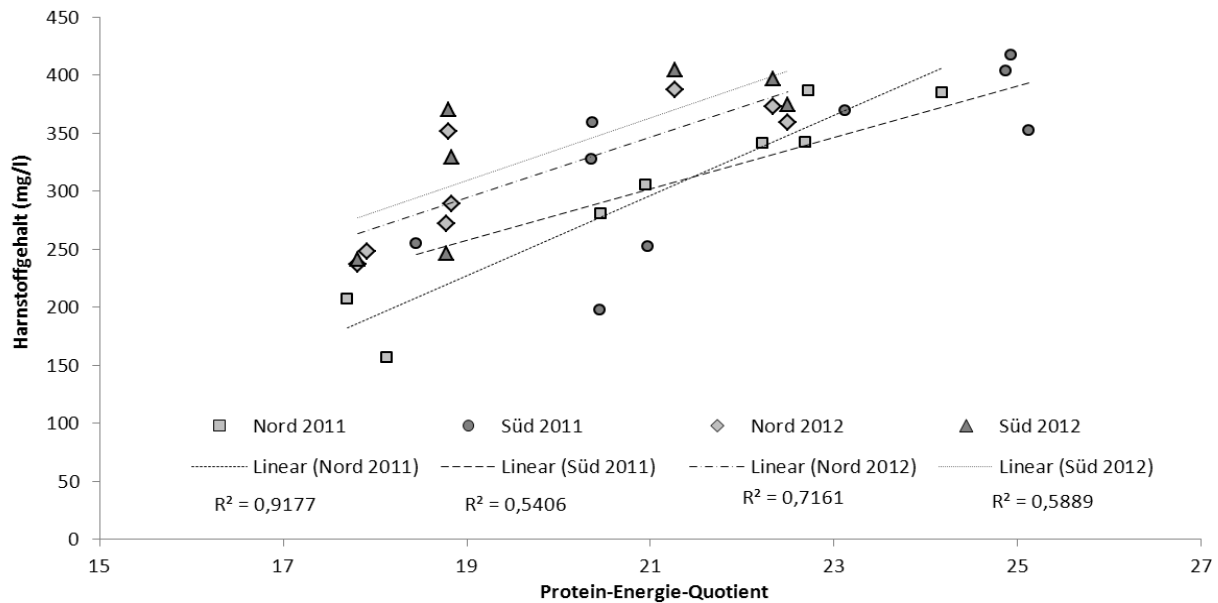


Abb. 2: Harnstoffgehalte (mg/l) in der Tankmilch in Abhängigkeit vom Protein-Energie-Quotienten des Weidekorbaufwuchses.

Ein deutlicher linearer Zusammenhang der Harnstoffgehalte mit dem PEQ über den Versuchsverlauf zeigte sich besonders auf der nördlichen Weidefläche, bei höherem Kleeanteil. Der Pearson-Korrelationskoeffizient lag bei  $r_p = 0,79$  ( $p < 0,001$ ). Auf der südlichen Fläche zeigte sich ein weniger deutliches Ergebnis mit  $r_p = 0,63$  ( $p < 0,01$ ). Damit war der Zusammenhang der beiden Merkmale deutlicher als in Untersuchungen von [7], welche unter Ausschaltung der Einflüsse von Leistungsparametern, der nXP-Bedarfsdeckung und des Laktationstages eine partielle Korrelation von nur  $r = 0,44$  erzielt haben (PEQ zu Milchharnstoff). Findet ausschließlich die Rohproteinkonzentration Berücksichtigung so zeigt der XP-Wert eine geringere Assoziation mit dem Milchharnstoffgehalt ( $R^2 = 0,54$ ). Ein wesentlich engerer Zusammenhang der beiden Faktoren, unter Stallfütterungsbedingungen, wurde in der Studie von [4] gefunden ( $R^2 = 0,78$ ). In dieser Studie wurden aber wesentlich geringere Harnstoffgehalte erzielt ( $< 300$  mg/l) und niedrigere Rohproteingehalte im Futter verzeichnet.

Zur Beurteilung der Nährstoffsituation der Kühe kann ein Blick auf die Milcheiweißgehalte in Verbindung mit den Harnstoffwerten hilfreich sein. Erwartungsgemäß lieferte die Herde mit der höheren durchschnittlichen Anzahl an Laktationstagen höhere Milcheiweißwerte. Die Daten lassen in beiden Jahren erst auf einen Energie- und von Mitte Juni bis Mitte Juli auf einen Energie- und Rohproteinmangel schließen. Der verbleibende Abschnitt der beiden Weideperioden war auf der Fläche Nord sowie auf der Fläche Süd von Rohproteinüberschuss geprägt.

Die Zusammenhänge zwischen Harnstoffwerten in der Milch und PEQ könnten möglicherweise noch deutlicher ausfallen, wenn die Kraftfutterergänzung Berücksichtigung finden würde. Die Harnstoffwerte spiegeln den PEQ im Weideaufwuchs dennoch gut wider. Ab einem durchschnittlichen PEQ  $> 21$  im Weideaufwuchs wurden nur noch Harnstoffwerte über 300 mg pro Liter in der Tankmilch verzeichnet.

## 4 Schlussfolgerungen

Die Nährstoffschätzungen mittels Weidekorb verdeutlichen, dass auf Kurzrasenweide hohe Proteingehalte realisiert werden können. Der Protein-/Energie-Quotient erwies sich hier als geeignet, um den Zusammenhang zwischen Rohproteingehalten im Weidefutter und Milchharnstoffgehalten, unabhängig von der Kraftfutterzufütterung, aufzuzeigen. Steigende PEQ-Werte waren mit höheren Milchharnstoffgehalten assoziiert. Die hohen Rohproteinüberschüsse im Weideaufwuchs können

nur bedingt durch energiebetontes Kraftfutter ausgeglichen werden, ohne das Risiko von Pansenacidosen in Kauf zu nehmen.

## 5 Danksagung

Dieses Forschungsprojekt wurde durch die Landwirtschaftliche Rentenbank finanziert.

## 6 Literatur

- [1] BERENDONK, C. (2009): „Ermittlung des Zuwachsverlaufs von Dauergrünland unter Weidekörben zur Steuerung und Kontrolle der Flächenzuteilung in Versuchen zur Kurzrasenweide“. In: Berendonk, C.; Riehl, G. (Hrsg.) Futterbau und Klimawandel: Grünlandbewirtschaftung als Senke und Quelle für Treibhausgase., S. 190 – 193.
- [2] HOLDEN, L. A., MÜLLER, L. D. and FALES, S. L. (1994): „Estimation of Intake in High Producing Holstein Cows Grazing Grass Pasture“. In: Journal of Dairy Science. 77 (8), S. 2332–2340, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77176-9.
- [3] MENKE, K.-H. und HUSS, W. (1987): Tierernährung und Futtermittelkunde. Stuttgart: UTB.
- [4] NOUSIAINEN, J.; SHINGFIELD, K. J. and HUHTANEN, P. (2004): „Evaluation of Milk Urea Nitrogen as a Diagnostic of Protein Feeding“. In: Journal of Dairy Science. 87 (2), S. 386–398, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73178-1.
- [5] PRIES, M. und MENKE, A. (2009): „Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Frischgras aus dem System der Kurzrasenweide“. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Münster.
- [6] STEINMÜLLER, J.; SCHNEIDER, S.; WEINDL, P. et. al. (2010): „Beifütterung von unterschiedlichen Tagesgaben eines energiereichen Kraftfutters an Milchkühe im System Vollweide“. In: Züchtungskunde. 82 (2), S. 455–467.
- [7] STEINWIDDER, A. und GRUBER, L. (2000): „Fütterungs- und tierbedingte Einflußfaktoren auf den Harnstoffgehalt der Milch von Kühen“. In: Die Bodenkultur. 51 (1), S. 49–57.

# Einfluss des Weidemanagements auf den Leguminosenbestand von Pferdeweiden

A. Schmitz und J. Isselstein

Georg-August Universität Göttingen, DNPW, Abteilung Graslandwissenschaft  
von-Siebold Str. 8, 37075 Göttingen  
[Anja.Schmitz@agr.uni-goettingen.de](mailto:Anja.Schmitz@agr.uni-goettingen.de)

## 1 Einleitung

Die Beweidung durch Pferde spielt in der Grünlandnutzung eine zunehmend bedeutende Rolle. Auf Pferdeweiden der Praxis werden in Abhängigkeit von Management und Nutzungsintensität zum Teil hohe Anteile von Leguminosen und Kräutern beobachtet.

Das Pferd prägt seine Weide durch lokal konzentrierte Exkrementabgabe und anschließende Meidung der Kotstellen. Seine zwei paar Schneidezähne ermöglichen es ihm zudem Pflanzen sehr tief zu verbeißen und nach schmackhaften Pflanzen zu selektieren. Ausgeprägte Heterogenität in der lokalen Nährstoffverfügbarkeit, Vegetationsstruktur und -komposition ist die Folge ([2],[3]).

Auf wiederholt aufgesuchten und schlechter nährstoffversorgten Fraßbereichen gewinnen stickstoffautarke Leguminosen wie *Trifolium repens*, *Trifolium dubium* und *Medicago lupulina* Konkurrenzvorteile vor anspruchsvolleren Gräsern. In gemiedenen Bereichen etabliert sich der wenig trittverträgliche *Trifolium pratense*.

Als Dickdarmfermentierer benötigen Pferde vermehrt Rohfaseranteile im Weidefutter. Daher sind hohe Anteile proteinreicher Leguminosen auf Pferdeweiden nur bedingt wünschenswert [1].

In der vorliegenden Untersuchung soll daher geprüft werden, welchen Effekt das Management von Pferdeweiden (Weideführung, Nutzungsintensität) auf Ertragsanteile von Leguminosen hat (1) und inwiefern sich Fraß- und Geilstellen hinsichtlich ihrer Ertragsanteile (2) unterscheiden.

## 2 Material und Methoden

Über einen Zeitraum von sieben Jahren wurden Daten zur Betriebsstruktur, zum Weidemanagement und zur botanischen Zusammensetzung des Grünlands auf insgesamt 280 Flächen von 70 pferdehaltenden Betrieben in Norddeutschland und den Mittelgebirgen erhoben. Einem genesteten Samplingdesign folgend wurden je Betrieb 4 Flächen, von denen je 2 ausschließlich beweidet und 2 zur ausschließlichen Mahd oder als Mähweide genutzt wurden untersucht. Alle Flächen waren mindestens seit 5 Jahren auf diese Weise genutzt. Auf jeder Fläche wurden gezielt je ein Subplot in einem stark befressenen kurzen Patch und ein Subplot in einem gemiedenen Patch mit hoher Narbe gewählt. Auf 25m<sup>2</sup> wurden alle vorkommenden Arten des Kulturgrünlands erfasst und bestimmt, auf jeweils 6,25m<sup>2</sup> zudem alle Arten in Ertragsanteilen geschätzt. Proben der oberen zehn Bodenzentimeter wurden je Subplot gezogen und auf pflanzenverfügbares P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O und den pH-Wert hin analysiert. Umweltvariablen (Höhe, Bodenart) wurden im Gelände erhoben, Managementparameter durch standardisierte Befragung der Betriebsleiter erfasst.

Die Daten wurden mit multivariaten statistischen Methoden und Varianzanalysen im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen dem Weidemanagement und der Vegetationskomposition ausgewertet.

Multivariate Ordinationsverfahren (CCA) wurden verwendet, um den reinen Anteil der Managementvariablen an der Varianz im Vegetationsdatensatz zu bestimmen. Hierfür wurden Geographi-



sche Koordinaten (Longitude und Latitude in Dezimalgrad), sowie Standortparameter als Covariablen verwendet und nicht weiter in Betracht gezogen.

Varianzanalysen mit dem Patch als Messwiederholung und der Nutzungsvariante (Pferdestandweide, Pferdeumtriebsweide, Portionsweide und Mähwiese) bzw. den Pflegemaßnahmen (Schleppen, Nachmahd, Herbizid, Düngung) als feste Faktoren wurden verwendet, um die Unterschiede hinsichtlich Nährstoffverfügbarkeit, Artenzahlen und Anteilen Funktionaler Gruppen zu testen. Signifikante Effekte wurden mittels Tukey's Test für unbalancierte Designs geprüft. Im Falle von Varianzheterogenität wurde der Effekt mit nichtparametrischem Verfahren (Friedman's ANOVA) überprüft.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Konzentrationen pflanzenverfügbarer Bodennährstoffe zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Patches. Befressene Patches wiesen niedrigere Gehalte für P2O5 und K2O (beide  $p = 0.001$ ) als gemiedene Patches auf (Tab 1.). Dieser Effekt zeigt sich auch in der multivariaten Ordination (CCA) im hochsignifikanten Effekt des Gradienten für K2O auf die Artenkomposition im Vegetationsdatensatz (Abb. 1). K2O ist dabei eng mit dem Gradienten des gemiedenen Patches korreliert. Der Patcheffekt alleine erklärt mehr Varianz im gesamten Datensatz als jede andere Variable.

Tab. 1: Ergebnistabelle der ANOVA mit Management (Weiden und Mähweiden (Standweiden, Umtriebsweiden und Portionsweiden); Wiesen) als feste Faktoren und Patch (befressen, gemieden) als Messwiederholung für Bodennährstoffe (mg P2O5/100g Bodentrockensubstanz und mg K2O/100g Bodentrockensubstanz), Ertragsanteile der Funktionalen Gruppen (Gräser, Kräuter, Leguminosen).

| Managementvariante                   |                         | P2O5   | K2O  | Gras<br>% | Kraut<br>% | Leguminose<br>% |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|------|-----------|------------|-----------------|
|                                      | Weideregime             | Mittel |      |           |            |                 |
| Weiden und<br>Mähweiden<br>(N = 240) | Standw.<br>(N = 90)     | 17.7   | 15.2 | 75.8      | 17.1       | 6.9             |
|                                      |                         | 24.1   | 27.6 | 67.5      | 28.0       | 4.3             |
|                                      | Umtriebsw.<br>(N = 126) | 16.1   | 14.9 | 74.4      | 19.1       | 8.7             |
|                                      |                         | 21.1   | 21.2 | 63.7      | 32.0       | 3.4             |
|                                      | Portionsw.<br>(N = 24)  | 14.8   | 16.5 | 68.1      | 23.1       | 6.4             |
|                                      |                         | 16.4   | 24.5 | 77.4      | 19.0       | 4.3             |
| Wiesen<br>(N = 40)                   | mitte                   | 15.9   | 12.4 | 78.1      | 16.5       | 5.5             |
|                                      | rand                    | 18.2   | 20.9 | 72.5      | 20.7       | 6.8             |
| Management                           |                         | -      | -    | *         | *          | -               |
| Patch                                |                         | ***    | ***  | *         | ***        | ***             |
| Management * Patch                   |                         | *      | *    | ***       | **         | **              |

Signifikanzniveau wird gezeigt als: \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p = 0.01$ , \*\*\*  $p = 0.001$ .

Die mittleren Ertragsanteile an Leguminosen waren insgesamt gering. *Trifolium repens* ist dabei in den meisten Samples vertreten und die dominante Leguminose. Vereinzelt wurden Ertragsanteile von bis zu 80% geschätzt. Es besteht große Varianz im Hinblick auf die Ertragsanteile von Leguminosen und diese sind offensichtlich deutlich von lokalen Bedingungen und dem Patch abhängig. Die Varianzanalyse deckte Unterschiede in den Ertragsanteilen von Leguminosen zwischen den Patches auf. Befressene Patches zeigten signifikant höhere Anteile an Leguminosen als gemiedene Patches. Auch [4] stellte eine Zunahme von Leguminosen auf stark von Fraß beanspruchten Patches fest. Nahezu stickstoffautark gewinnen Leguminosen auf den von Nährstoffentzug geprägten Fraßbereichen erheblichen Konkurrenzvorteil. Dies gilt besonders für die Stand- und

Umtriebsweiden (Abb. 1). Insbesondere *Trifolium repens* erreicht höhere Abundanz auf reinen Weiden (Abb. 2), besonders Stand- und Umtriebsweiden, ist dabei aber eng mit dem Gradienten der Nutzungsintensität (dargestellt als PferdeGV je ha Grünland auf Betriebsebene) korreliert (Abb. 3). Geringe Flächenkapazitäten verleiten Pferdehalter mitunter zu hohem Besatz ihrer Weiden mit der Folge von Überweidungserscheinungen und Narbenlücken. Abbildung 1 zeigt *Trifolium repens* in engem Zusammenhang mit typischen Störungszeigern wie *Poa annua*, *Bellis perenne* und *Ranunculus repens*. Andere Leguminosen und aus Sicht einer Bewertung unter High Nature Value Aspekten wertvollere Leguminosen wie *Trifolium pratense* hingegen sind negativ mit dem Gradienten der Nutzungsintensität korreliert und zeigen unter Schnittnutzung höhere Abundanz und besonders bei schlechterer Nährstoffverfügbarkeit im befressenen Bereich wie *Medicago lupulina* oder *Trifolium dubium* (Abb. 4). Geringere Nutzungsintensität und geringere Nährstoffverfügbarkeit können somit die Diversität der Leguminosen positiv beeinflussen, während hohe Flächennutzungsintensität die Dominanz von *Trifolium repens* fördert.

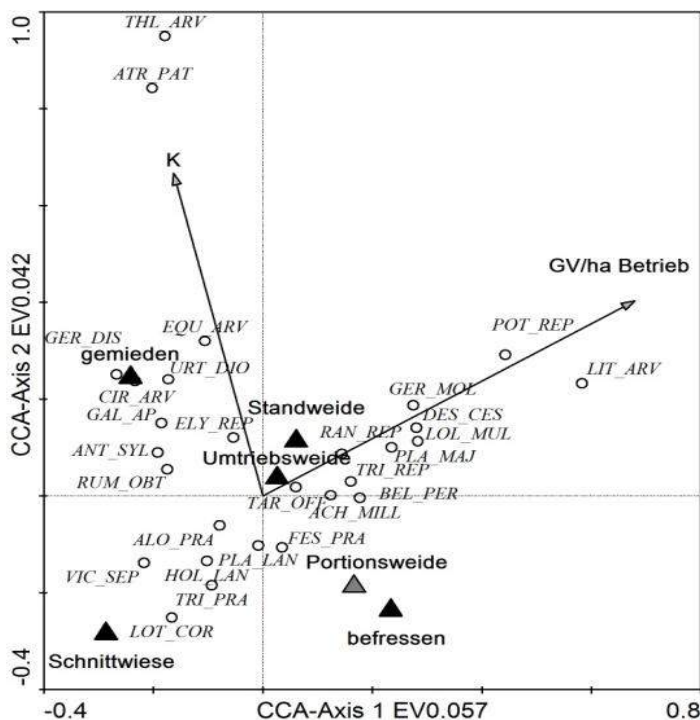


Abb. 1: Direkte Gradientenanalyse (CCA) der gesamten Vegetationsdaten. Dargestellt sind die 28 am besten vom Modell erklärten Arten im von den erklärenden Variablen (Weideregime und Wiese, Patch (befressen; gemieden), GV je ha Grünland auf Betriebsebene und K (K2O) aufgestellten Ordinationsraum. Schwarze Gradienten und Symbole nominal skalierte Variablen sind signifikant, graue nicht signifikant.

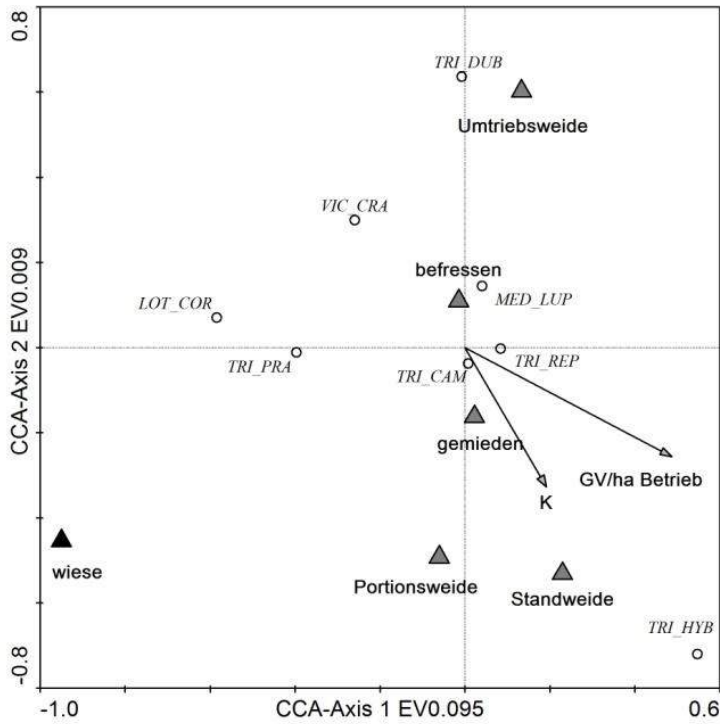


Abb. 2: Direkte Gradientenanalyse (CCA) des auf Leguminosen reduzierten Vegetationsdatensatzes. Dargestellt sind die Arten im von den erklärenden Variablen aufgestellten Ordinationsraum. Schwarze Gradienten und Symbole nominal skalierten Variablen sind signifikant, graue nicht signifikant.

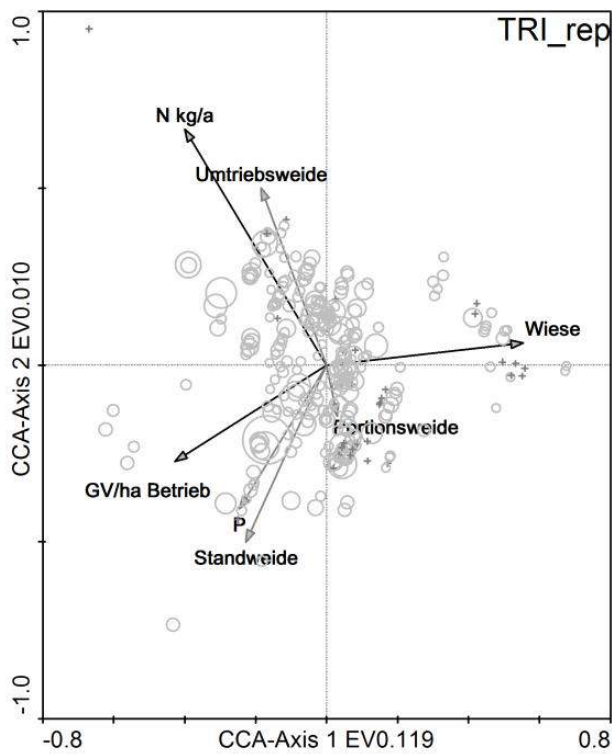


Abb. 3: CCA-Attributeplot mit nach Abundanz von *Trifolium repens* gewichteten Samples.

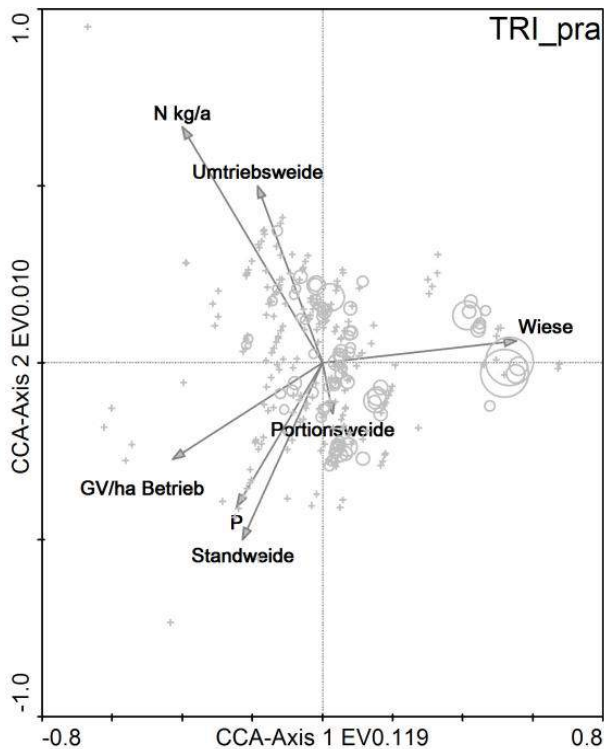


Abb. 4: CCA-Attributeplot mit nach Abundanz von *Trifolium pratense* gewichteten Samples.

## 4 Schlussfolgerungen

Pferde strukturieren ihre Weide in Abhängigkeit vom Weidemanagement in heterogene Bereiche mit starken Kontrasten hinsichtlich Bodennährstoffverfügbarkeit und Vegetationskomposition. Lokaler Nährstoffentzug durch Fraß bedingt Konkurrenzvorteile für Leguminosen, besonders *Trifolium repens* profitiert auf Fraßstellen von hoher Flächennutzungsintensität. Gehen hohe Anteile von Weißklee mit Arten wie *Poa annua* oder *Bellis perenne* einher, lässt dies auf eine zu hohe Nutzungsintensität und Symptome von Narbendegradierung am Standort schließen. Hohe Nutzungsintensität bedingt einerseits abnehmende floristische Vielfalt. Darüberhinaus kann in weißklee-dominierten Grasnarben ein für die Pferdeernährung unzutrefflich hoher Proteingehalt erwartet werden. Ein am Standort angepasster Besatz und Vermeidung von Überweidung ist für Pferdeweiden daher besonders wichtig.

## 5 Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die Unterstützung von Anja Schmitz im Rahmen des Promotionsstipendienprogrammes. Daten wurden von Studenten des Masterstudienganges Pferdewissenschaften an der Universität Göttingen erhoben, wir danken ihnen und den Landwirten für die Möglichkeit auf ihren Flächen zu arbeiten.

## 6 Literatur

- [1] Meyer, H. und Coenen, M. (2002): Pferdefütterung. Berlin.
- [2] Archer M. (1973): The species preferences of grazing horses. Journal of British Grassland Society 28, 123-128.

- [3] Oedberg F.O. and Francis-Smith K. (1976): Studies on the formation of ungrazed eliminative areas in fields used by horses. *Applied Animal Ethology* 3, 27-34.
- [4] FLEURANCE, G., DUMONT, B. and FARRUGGIA, A. (2010): How does stocking rate influence biodiversity in a hill range pasture continuously grazed by horses? *Grassland Science in Europe* 15, 1043-1045.
- [5] MATZDORF B., REUTTER M. und HÜBNER C. (2010): Bewertung der Ökosystemdienstleistungen von HNV.
- [6] Grünland (High Nature Value Grassland). Institut für Sozioökonomie Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg, 71 pp.

# Treibhausgasemissionen nach Grünlandumbruch und Grünlanderneuerungsmaßnahmen

T. Biegemann, R. Loges, F. Taube

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Grünland und Futterbau, Hermann Rodewald-Str.9,  
24118 Kiel,  
[tbiegemann@gfo.uni-kiel.de](mailto:tbiegemann@gfo.uni-kiel.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Die Milchproduktion in Nordeuropa unterliegt weiterhin einer zunehmenden Intensivierung. Verschiedene politische Entscheidung, wie zum Beispiel die Förderung der erneuerbaren Energien, in Verbindung mit begrenzter Flächenverfügbarkeit hat die Biomasseproduktion vom Grünland wieder an Bedeutung gewinnen lassen. Um eine gute Narbenqualität zu gewährleisten sind Grünlanderneuerungsmaßnahmen ein Mittel produktive und hoch qualitative Bestände auf solchen Flächen zu etablieren die vermeintlich unter ihrem Produktionsniveau liegen.

Die Grünlanderneuerung ist zumeist mit einer Bodenbearbeitung verbunden. Kurzfristig negative Umweltauswirkungen durch einen Grünlandumbruch sind bekannt. Allem voran entsteht hierbei die Gefahr von Verlagerungen des zuvor in der organischen Substanz gebundenen Stickstoffes. Neben der N-Auswaschung ins Grundwasser [6] liegt heute der Fokus auf den gasförmigen N-Verlusten [7] Hierbei hat vor allem das Distickstoffmonoxid ( $N_2O$ ) als eines der bedeutendsten anthropogenen Treibhausgase eine wichtige Bedeutung [3].

Es wird davon ausgegangen dass die Bereitschaft für Grünlanderneuerungen in den nächsten Jahren weiter zunehmen wird und hierdurch zusätzliche ökologische Kosten entstehen könnten. Ziel der vorgestellten Untersuchung ist es die  $N_2O$ -Emissionen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt eines Grünlandumbruches bzw. Grünlanderneuerung zu quantifizieren.

## 2 Material und Methoden

Bei der Versuchsfläche handelt es sich um einen 1994 angelegten Klee grasbestand. Die Bodentextur ist als mittel lehmiger Sand (S13) (Sand 57%, Schluff 32 %, 11% Ton und 1,7%  $C_{org}$ ) mit einem pH-Wert von 5,9 klassifiziert. Die mittlere Jahrestemperatur und Niederschlagsmenge betragen 8,9 °C und 795 mm. Der Versuch wurde 2005 als mehrfaktorieller, vollständig randomisierter Parzellenversuch (n=3) angelegt und seither vier Mal im Jahr schnittgenutzt. Der Faktor Düngung beinhaltet jeweils eine ungedüngte und mit 240 kg N  $ha^{-1} Jahr^{-1}$  (80/80/40/40) Rindergülle gedüngten Variante. Zur Quantifizierung der kurzfristigen Effekte nach einem Grünlandumbruch auf die Spurengasemissionen ( $N_2O$ ) erfolgten in den Jahren 2010 – 2013 jeweils Grünlandumbrüche im Frühjahr (Mai) und im Herbst (September). Der Umbruch erfolgte mittels bodenwendender Bearbeitung (-25 cm). Im Anschluss wurde eine Grünlandneuansaat durchgeführt (GIII). Zusätzlich zur Grünlanderneuerung im Frühjahr folgte dem Grünlandumbruch eine Maisnutzung, so dass sich folgende Varianten ergaben:

- a) 17- Jahre altes Dauergrünland als ungestörte **Kontrolle**
- b) Grünlandumbruch im **September** mit anschließender **Neuansaat**
- c) Grünlandumbruch im **April** mit anschließender **Neuansaat**
- d) Grünlandumbruch im **April** mit anschließender **Maisnutzung**

Für die Erfassung des klimarelevanten Spurengases  $N_2O$  wurden wöchentlich Messungen nach dem geschlossenen Messkammerprinzip durchgeführt [2]. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich jeweils 12 Monate nach einem Grünlandumbruch. Als weitere Produktionsparameter wurden unter anderem die Trockenmasse- und Energieerträge der einzelnen Varianten erfasst.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Der Umbruch von Dauergrünland führte in allen Fällen, unabhängig vom Zeitpunkt, zu erhöhten  $N_2O$ -N-Emissionen im Vergleich zur Kontrolle ( $p < 0.05$ ). Höchste Flussraten (max.  $1641.19 \mu g N_2O-N m^{-2} h^{-1}$ ) wurden in den ersten 6 Monaten nach einem Grünlandumbruch im September gemessen. Maximale  $N_2O$ -Flüsse wurden insbesondere dann ermittelt, wenn Frost oder Frost-Tau-Ereignisse auftraten. Im Zusammenhang mit erhöhten Gehalten von anorganischem Bodenstickstoff und leicht verfügbaren organischen C-Verbindungen besteht die Gefahr von Frost-Tau-Zyklus bedingten  $N_2O$ -N-Emissionen [4] wenn der Grünlandumbruch spät im Jahr durchgeführt wird. Nach einem Grünlandumbruch im Frühjahr wurden  $N_2O$ -Flussraten von max.  $492.17 \mu g N_2O-N m^{-2} h^{-1}$  gemessen (Abb. 1). Obgleich nach einem Grünlandumbruch im Frühjahr deutlich höhere Bodenstickstoffgehalte ermittelt wurden, lagen die Flussraten damit deutlich niedriger als im Herbst. Verantwortlich hierfür können die niedrigen Bodenwassergehalte [1] und die größere Konkurrenz zwischen Pflanzenaufnahme und Bodenmikroorganismen um den verfügbaren Bodenstickstoff [5] genannt werden. Im Vergleich der beiden Umbruchsysteme im Frühjahr lagen die ermittelten Flüsse bei einer Nachnutzung mit Mais etwas höher als bei einer Grünlandneusaat. In beiden Systemen fiel auf, dass es über einen längeren Zeitraum, zu unkontinuierlich höheren  $N_2O$ -N-Flüssen kam als nach einem Grünlandumbruch im September.

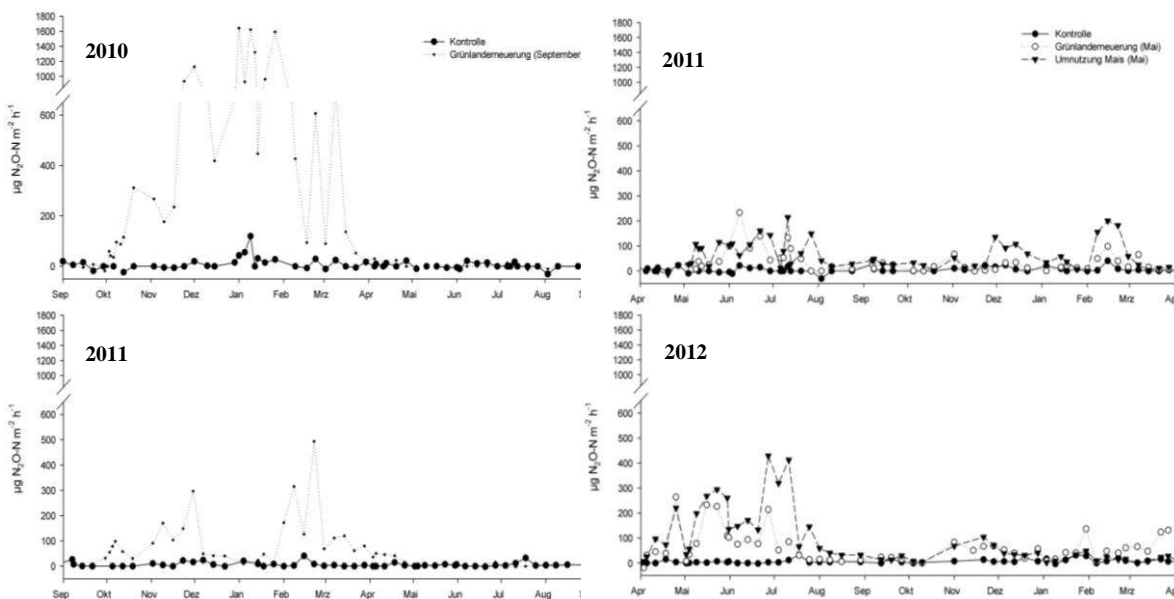


Abb. 1: Wöchentliche  $N_2O$ -N-Flüsse ( $\mu g N_2O-N m^{-2} h^{-1}$ ) 12 Monate nach einer Grünlanderneuerungsmaßnahme im Mai und September 2010/11 und 2011/12, sowie nach einem Grünlandumbruch mit anschließender Maisnutzung im Mai 2011/12.

Die kumulierten  $N_2O$ -N-Verluste über 12 Monate lagen am niedrigsten in der Kontrolle. Im Vergleich der beiden Grünlanderneuerungen zeigte im Mittel der Grünlandumbruch im September höhere Emissionen als nach einer Maßnahme im Mai (Tab. 1). Ein Grünlandumbruch mit anschließender Maisnutzung führte zu höheren N-Verlusten als eine Grünlanderneuerung im Frühjahr ( $p < 0.05$ ).

Die Stickstoffdüngung führte im Mittel zu höheren  $N_2O$ -Verlusten als die ungedüngten Kontrollen. Insbesondere bei einer Grünlanderneuerung im Frühjahr zeigten sich höhere Emissionen, wenn die Bestände einen zusätzlichen N-Eintrag über die Gülledüngung erhielten ( $p < 0.05$ ). Eine erstmalige N-Applikation der Bestände im Frühjahr nach einer Grünlanderneuerung im September zeigte keinen signifikanten Effekt (Tab. 1). Im Falle der Grünlanderneuerung und Maisnutzung nach einem Umbruch im Frühjahr, führte die Düngung von  $240 \text{ kg N ha}^{-1}$  zu keinem signifikanten Mehrertrag.

Tab. 1: Kumulierte  $N_2O$ -N-Emissionen ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) 12 Monate nach einer Grünlanderneuerungsmaßnahme (Mai + September) sowie nach einem Grünlandumbruch mit anschließender Maisnutzung. Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Behandlungen. Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Düngungsstufen innerhalb einer Behandlung ( $p < 0.05$ ).

| Düngung | Versuchsjahr   | $N_2O$ Emission, $\text{kg N ha}^{-1}$ |                           |                                 |                          |
|---------|----------------|--|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|
|         |                | Kontrolle                              | Grünland-erneuerung (Mai) | Grünland-erneuerung (September) | Grünland-umnutzung (Mai) |
| 0       | 1. (2010/2011) | 0.44Aa                                 | 1.96Ba                    | 21.31Ca                         | 4.06Ba                   |
| +N      | 1. (2010/2011) | 1.40Aa                                 | 3.67Bb                    | 23.89Ca                         | 5.70Ca                   |
| Ø       | 1. (2010/2011) | 0.92A                                  | 2.81B                     | 22.6D                           | 4.88C                    |
| 0       | 2. (2011/2012) | 0.58Aa                                 | 3.90Ba                    | 6.24ABCa                        | 6.32Ba                   |
| +N      | 2. (2011/2012) | 0.98Aa                                 | 5.39Bb                    | 4.89ABCa                        | 8.24Ca                   |
| Ø       | 2. (2011/2012) | 0.78A                                  | 4.64B                     | 5.56ABC                         | 7.28C                    |

Bei den ertragsbezogenen Emissionen wies die Kontrolle die niedrigsten THG-Kosten auf ( $\text{g N}_2\text{O-N GJ NEL}$ ). Höchste produktbezogene Kosten entstanden bei einer Grünlanderneuerung im September. Trotz der geringeren Ertragsleistung bei den im Frühjahr erneuerten Grünlandbeständen wiesen diese geringere Emissionen je  $\text{GJ NEL}^{-1}$  auf ( $p < 0.1$ ). Aufgrund der günstigen Vorfruchtwirkung und der hohen Ertragsleistung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Maisnutzung und den Grünlanderneuerungsmaßnahmen im Frühjahr abgesichert werden (Abb.2).

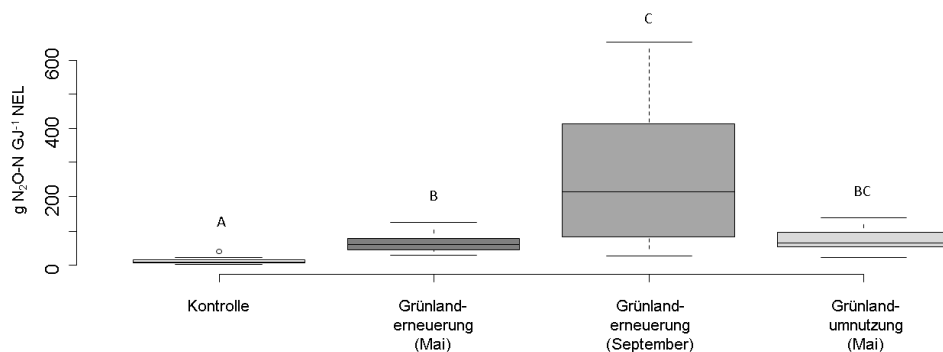


Abb. 2.: Ertragsbezogene  $N_2O$ -N-Verluste ( $\text{g N}_2\text{O-N GJ}^{-1} \text{ NEL}$ ) im Initialjahr nach einer Grünlanderneuerung bzw. Grünlandumnutzung. Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungen ( $p < 0.1$ ).

## 4 Schlussfolgerungen

Bei einem Grünlandumbruch bzw. bei Grünlanderneuerungsmaßnahmen entstehen unabhängig vom Zeitpunkt zusätzliche Stickstoffverluste durch das Treibhausgas Distickstoffmonoxid ( $N_2O$ ). Durch



eine Verlegung der Umbruchmaßnahmen ins Frühjahr kann neben der Stickstoffauswaschung auch das Risiko von N<sub>2</sub>O-Emissionen reduziert werden. Die ertragsbezogenen Emissionen waren bei dem ungestörten Dauergrünland am geringsten. Im Vergleich der Umbruchsysteme wies der Grünlandumbruch im Frühjahr, unabhängig von der untersuchten Nachnutzung (Grünlanderneuerung oder Mais), das günstigste Verhältnis zwischen Energieertrag und N<sub>2</sub>O-Emissionen auf. Nach einer Grünlanderneuerung im Frühjahr sollte von einer weiteren Stickstoffdüngung abgesehen werden da diese nicht ertragswirksam wäre und zusätzliche THG-Kosten entstehen würden.

## 5 Literatur

- [1] DOBBIE, K. E. and SMITH, K. A. (2003): "Nitrous oxide emission factors for agricultural soils in Great Britain: the impact of soil water-filled pore space and other controlling variables." *Global Change Biology* 9(2): 204-218.
- [2] HUTCHINSON, G. L. and MOSIER, A. R. (1981): "Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous-Oxide Fluxes." *Soil Science Society of America Journal* 45(2): 311-316.
- [3] IPCC (1996): "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories."
- [4] KOPONEN, H. T. and MARTIKAINEN, P. J. (2004): "Soil water content and freezing temperature affect freeze-thaw related N<sub>2</sub>O production in organic soil." *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 69(3): 213-219.
- [5] RYDEN, J. C. (1981): "N<sub>2</sub>O Exchange between a Grassland Soil and the Atmosphere." *Nature* 292(5820): 235-237.
- [6] SEIDEL, K., KAYSER, M., MÜLLER, J. and 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(4): 512-519.
- [7] VELTHOF, G. L., HOVING, I. E., DOLFING, J., SMIT, A., KUIKMAN, P. J. and OENEMA, O. (2010): "Method and timing of grassland renovation affects herbage yield, nitrate leaching, and nitrous oxide emission in intensively managed grasslands." *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 86(3): 401-412.

# Energie- und Treibhausgasbilanz der Biogasproduktion in den drei Landschaftsräumen Schleswig-Holsteins

S. Claus<sup>1)</sup>, F. Taube<sup>1)</sup>, A. Techow<sup>1)</sup>, R. Quackernack<sup>2)</sup>, B. Wienforth<sup>2)</sup>, K. Sieling<sup>2)</sup>, K. Dittert<sup>4)</sup>, M. Senbayram<sup>4)</sup>, N. Svoboda<sup>3)</sup>, D. Nickisch<sup>2)</sup>, H. Kage<sup>2)</sup>, A. Herrmann<sup>11)</sup>

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau

<sup>2)</sup>Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Acker- und Pflanzenbau

Christian-Albrechts-University zu Kiel, Hermann-Rodewald-Straße 9, D-24118 Kiel

<sup>3)</sup>Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Eberswalder Strasse 84, D-15374 Müncheberg

<sup>4)</sup>Institute of Applied Plant Nutrition, Georg-August-Ernst University zu Göttingen,

Carl-Sprengel-Weg 1, D-37075 Göttingen

[sclaus@gfo.uni-kiel.de](mailto:sclaus@gfo.uni-kiel.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

In Deutschland besteht seit Inkrafttreten des "Erneuerbare-Energien-Gesetzes" (EEG) und insbesondere dessen Novellierungen ein verstärkter Trend zur Installation von Biogasanlagen. Parallel dazu fand eine Ausdehnung des Anbaus von Silomais statt, welcher die Substratbereitstellung dominiert. So wurden im Jahr 2012 bundesweit ca. 810.000 [4] ha Silomais für die Biogasproduktion angebaut. Die Gesamt-Silomaisanbaufläche in Schleswig-Holstein umfasste 181.000 ha, wovon ca. 50% für die Biogasproduktion eingesetzt wurden. Der Maisanteil an der Ackerfläche betrug im Landesmittel 29%, regional sind jedoch Werte bis über 70% dokumentiert. Die Nutzung von Grünlandaufwüchsen und Energiefruchtfolgen zur Biogaserzeugung ist in der Praxis von geringer Bedeutung. Potentielle negative Effekte, die aus dem Maisanbau resultieren können, umfassen Stickstoffauswaschung [5] Ammoniak- und Lachgas-Emissionen bei der Lagerung und Ausbringung von Gärresten [3] Bodenerosion und Humusabbau sowie Verlust an Biodiversität. Daneben ist die Substratproduktion zur Biogaserzeugung häufig durch einen hohen Einsatz an fossilen Brennstoffen gekennzeichnet, wodurch sowohl die Energie- als auch die Treibhausgas- (THG) Bilanz negativ beeinflusst werden. Dies ist im Hinblick auf eine mögliche Zertifizierung der Biogasproduktion im Sinne der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung von erheblicher Bedeutung, da die Nachhaltigkeit der Produktion von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen durch diese Faktoren stark beeinflusst wird.

Die Ökobilanz ist ein geeignetes Instrument, um die Umweltauswirkungen entlang des gesamten Lebenszyklus der Biogasproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen detailliert zu erfassen und zu bewerten. Obwohl in Deutschland bislang verschiedene Studien zur Ökobilanzierung der Biogasproduktion durchgeführt wurden, stehen Daten für Norddeutschland, insbesondere in Bezug auf Energie- und THG-Bilanzen, nur in sehr begrenztem Umfang zur Verfügung. Ziel dieser Untersuchung war es daher, eine Ökobilanz mit Schwerpunkt auf Energie- und Treibhausgasbilanzen für die Biogasproduktion in Schleswig-Holstein auf Basis von vor Ort erhobenen Daten zu erstellen. Es soll insbesondere aufgezeigt werden, welche THG-Einsparpotentiale erzielt werden können, wenn die Bereitstellung der Substrate auf Basis von an Boden- und Klimaverhältnisse angepassten Anbausystemen erfolgt.

## 2 Material und Methoden

Die Studie basiert auf 2-jährigen Feldversuchen, die auf repräsentativen Standorten in den Landschaftsräumen der Marsch (Blomenkoog), der Geest (Karkendamm) und des östlichen Hügellandes (Hohenschulen) im Rahmen des Verbundprojektes Biogas-Expert durchgeführt wurden. Die jährliche Niederschlagsmenge in Hohenschulen (HS) liegt bei 750 mm, die durchschnittlichen Tages-temperatur bei 8,3 °C und der Boden kann als lessivierte Braunerde (Ss) klassifiziert werden. Die jährliche Niederschlagsmenge in Karkendamm (KS) liegt bei 844 mm mit einer Jahresmitteltemperatur von 8,3 °C. Dieser Boden kann als Gley-Podsol (Sl) klassifiziert werden. Die klimatischen Verhältnisse am Standort Blomenkoog (BK) sind durch eine Jahresmitteltemperatur von 8,2 °C und einem Jahresniederschlag von 932 mm gekennzeichnet. Der Boden kann als Gley-Podsol (Tu) klassifiziert werden. Insgesamt wurden drei Substratproduktionssysteme (s. Tab. 1) untersucht. Neben dem Einfluss der Kulturart wurde zusätzlich der Einfluss von N-Düngertyp und N-Menge (s. Tab. 1) auf Ertragsleistung und Umwelteffekte untersucht. Als Düngertypen wurden KAS und Biogas-Gärrest aus Kofermentation verwendet.

Tab. 1: *Untersuchte Fruchtfolgen und Düngemengen an den Standorten*

|         | Hohenschulen               | Karkendamm                            | Blomenkoog                       |
|---------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| FF1     | Mais – Mais                | Mais - Mais                           | Mais - Mais                      |
| FF2     | Mais – GPS Weizen-<br>Gras |                                       | Mais – GPS Weizen-<br>Gras       |
| FF3     |                            | Ackergras (4-Schnitt)                 | Ackergras (4-Schnitt)            |
| Düngung | Mais:                      | 0, 120, 240, 360kg N ha <sup>-1</sup> | 0, 100, 150kg N ha <sup>-1</sup> |
|         | Weizen:                    | 0, 120, 240, 360kg N ha <sup>-1</sup> | 0, 240, 300kg N ha <sup>-1</sup> |
|         | Weidelgras:                | 0, 160kg N ha <sup>-1</sup>           | 0, 80kg N ha <sup>-1</sup>       |
|         | Ackergras:                 | 0, 160, 320, 480kg N ha <sup>-1</sup> | 0, 360, 480kg N ha <sup>-1</sup> |

Die Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung des direkten und indirekten fossilen Energieinputs zur Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanzen sind, ebenso wie die zugrundegelegten Prozesse und Annahmen, in [1] und [2] dokumentiert. Unter Anwendung regressionsanalytischer Verfahren wurde die Beziehung zwischen N-Input und Energieinput bzw. Nettoenergiegewinn sowie Treibhausgasemission bzw. CO<sub>2</sub>-Minderungspotential analysiert, was die Ableitung optimaler Varianten ermöglichte. Für den Energieinput bzw. -output wurde für die Standorte Hohenschulen und Karkendamm einer Exponentialfunktion (Energieinput) bzw. einer Linear-Plateau Funktion (Energieoutput) angenommen. Die Ermittlung der THG-Emissionen der Biogasproduktion (TEB) fand unter Annahme einer Exponentialfunktion statt. Der Nettoenergieoutput wurde für alle Standorte mittels Subtraktion des Inputs vom Gesamtoutput errechnet. Das THG-Minderungspotential wurde über die Differenz eines Referenzsystems zu den TEB ermittelt, welches auf der Energieproduktion aus fossilen Quellen (Strom: 0,72 kg CO<sub>2</sub>äq./kWh, Wärme: 0,31 kg CO<sub>2</sub>äq./kWh) basiert.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

Energiebilanz: Der Vergleich der Substratproduktionssysteme am Standort Hohenschulen, sowie von Mais in Selbstfolge und dem Deutschem Weidelgras (4-Schnittnutzung) am Standort Karkendamm zeigt bei einem für Maximierung von Nettoenergiegewinn optimalen N-Input eine deutliche Überlegenheit des Mais in Selbstfolge bezüglich des Nettoenergieoutputs (NEO) von 26.5 bis 52.5 GJ ha<sup>-1</sup> (siehe Tab. 2). Dies kann auf die höheren TM-Erträge des Mais zurückgeführt werden.

Hier muss jedoch angemerkt werden, dass der Winterweizen in der Fruchtfolge auf Hohenschulen im ersten Versuchsjahr vorfruchtbedingt einen Minderertrag erzielte, und daher diese Fruchtfolge vermutlich mehr Potential hat. Für den Standort Blumenkoog belegt der Vergleich dieser Systeme eine ähnliche Situation. Die Mais-Weizen-Gras Fruchtfolge erzielte ebenfalls einen deutlich geringeren NEO im Vergleich zum Mais in Selbstfolge. Dies liegt hauptsächlich darin begründet, dass im Herbst 2008 witterungsbedingt kein Winterweizen etabliert werden konnte und der Sommerweizen einen deutlich geringeren Ertrag aufwies woraus deutlich wird, dass dieses Anbausystem mit einem Ertragsrisiko behaftet ist. Darüber hinaus konnte standortbedingt das Welsche Weidelgras nur über einen Herbstschnitt genutzt werden.

Der NEO von Mais in Selbstfolge liegt in der Marsch mit Werten von 76,4 GJ ha<sup>-1</sup> für KAS und 78,6 GJ ha<sup>-1</sup> für den Gärrest um 11 bis 23 GJ ha<sup>-1</sup> unter den im Hügelland bzw. in der Geest erzielten Erträgen. Dies kann auf die für den Mais ungünstigeren Standortbedingungen in der Marsch zurückgeführt werden, welche durch eine langsamere Erwärmung des Bodens im Frühjahr, periodisch auftretende Frühjahrstrockenheiten sowie Phasen mit Staunässe in der späten Vegetationsperiode bedingt sind. Zusätzlich ist anzumerken, dass an diesem für den Maisanbau marginalen Standort der Mais ein deutlich erhöhtes Ertragsrisiko aufweist. Der Versuch wurde insgesamt über 4 Jahre (2008-2011) durchgeführt, von denen jedoch nur zwei Jahre (2009-2010) in die Ökobilanzierung einfließen. Im Jahr 2008 war ein kompletter Ertragsverlust für den Mais zu verzeichnen, bedingt durch eine starke Frühjahrstrockenheit, die das Auflaufen des Maises stark einschränkte.

Tab. 2: Nettoenergiegewinn (NEO) (GJ ha<sup>-1</sup>) und Treibhausgasminderungspotential (TMP) (kg CO<sub>2</sub>äq ha<sup>-1</sup>) bei dem für Maximierung von Nettoenergiegewinn erforderlichen N-Input (N-Opt.; kg N ha<sup>-1</sup>)

| FF  | Ort | KAS                   |                     |  | Gärrest               |                     |  |
|-----|-----|-----------------------|---------------------|--|-----------------------|---------------------|--|
|     |     | N-Opt.                | NEO                 | TMP                                    | N-Opt.                | NEO                 | TMP                                    |
|     |     | kg N ha <sup>-1</sup> | GJ ha <sup>-1</sup> | kg CO <sub>2</sub> äq ha <sup>-1</sup> | kg N ha <sup>-1</sup> | GJ ha <sup>-1</sup> | kg CO <sub>2</sub> äq ha <sup>-1</sup> |
| FF1 | HS  | 148                   | 94,5                | 11,1                                   | 132                   | 101,5               | 13,3                                   |
| FF2 | HS  | 231                   | 65,9                | 6,98                                   | 268                   | 75,0                | 8,6                                    |
| FF1 | KD  | 142                   | 87,5                | 11,1                                   | 246                   | 93,5                | 11,3                                   |
| FF3 | KD  | 290                   | 56,7                | 9,3                                    | 336                   | 40,8                | 6,7                                    |
| FF1 | BK  | 150                   | 76,4                | 10,5                                   | 152                   | 78,6                | 11,3                                   |
| FF2 | BK  | 230                   | 62,1                | 9,5                                    | 245                   | 57,3                | 8,5                                    |
| FF3 | BK  | 360                   | 55,2                | 10,6                                   | 360                   | 38,1                | 8,5                                    |

Im Gegensatz zum Mais in Selbstfolge war das Ackergras in der Marsch durch eine hohe Ertragsleistung bei hoher Ertragsstabilität gekennzeichnet. Allerdings wies das über Gärrest versorgte Ackergras an allen Standorten einen deutlich geringeren Energieoutput auf als die mineralisch gedüngte Variante, was durch höhere NH<sub>3</sub>-Emissionen [3] und geringere N-Düngewirkung des Gärrestes im Gras zu erklären ist.

CO<sub>2</sub> Bilanz: Das Treibhausgasminderungspotential (TMP) bei einem für Maximierung von Ertrag und Nettoenergiegewinn optimalen N-Input ist in Tab. 1 dargestellt. Hier zeigt sich, dass auf der flächenbezogenen Einheit (kg CO<sub>2</sub> äq. ha<sup>-1</sup>) der Gärrest für den Mais in Selbstfolge an allen Standorten ein höheres TMP im Vergleich zur mineralischen N-Düngung aufweist. Auch das Anbausystem FF2 am Standort HS weist in der Gärrest-Variante ein höheres TMP auf. Dies kann auf einen

geringeren Energieaufwand und damit verbundene CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Düngerproduktion zurückgeführt werden. Bei der Nutzung von Grünland zur Biogasproduktion auf den Standorten HS und BK war ein umgekehrter Effekt zu beobachten. Die Düngung mit Gärresten führte zu einer geringeren THG-Einsparung im Vgl. zur Mineraldüngung, was in der deutlich geringeren N-Düngewirkung bei organischer Düngung auf Grünland begründet liegt.

Auf die Flächeneinheit (kg CO<sub>2</sub> äq. ha<sup>-1</sup>) bezogen, stellt Mais in dieser Untersuchung demnach das Substrat dar, welches das höchste TMP aufweist. Betrachtet man die produktbezogene Einheit (kg CO<sub>2</sub> äq. MJ<sup>-1</sup>) (Daten nicht gezeigt), stellt sich ein gegensätzliches Bild dar. Grünland ist überlegen bezüglich des TMP pro erzeugter Energieeinheit, weist aber einen geringen flächenbezogenen TMP auf. Die dokumentierten THG-Einsparungspotenziale der Anbausysteme liegen bis auf FF2 in HS bei Mineraldüngung (48 Prozent), alle über 50%. Damit erfüllen nahezu alle untersuchten Anbausysteme die ab 2017 von der Biomassekraftstoff bzw. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung geforderten Minderungspotenziale von 50%. In Anbetracht zunehmender Flächenknappheit sowie Flächenkonkurrenz in Bezug auf die „Tank-Teller-Diskussion“, sollte jedoch überdacht werden, ob eine Maximierung des TMP auf Basis der Energiebezogenen Einheit sinnvoll ist.

## 4 Schlussfolgerungen

Bereits vorhandene Studien sind oft durch stark vereinfachende Annahmen für Erträge und klimarelevanten Emissionen gekennzeichnet. Die profunde Datenbasis dieser Studie stellt aufgrund ihrer regionalen Differenzierung ein Alleinstellungsmerkmal dar und stellt daher eine hohe Belastbarkeit der abgeleiteten Aussagen sicher. Zusammenfassend zeigt die ökobilanzielle Betrachtung der Biogasproduktion auf, dass alle Anbausysteme einen Energiegewinn ebenso wie TMP aufweisen. In Bezug auf die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz belegen die Ergebnisse eine Vorzüglichkeit des Maises für die Standorte HS und KD, dies jedoch nur unter einer an die Standortbedingungen angepassten Substratproduktion und optimierten N-Versorgung im Sinne der Nachhaltigkeit der Biogasproduktion. Hieraus wird deutlich, dass aufgrund von Trade-offs zwischen lokalen und globalen Umweltgütern eine regional differenzierte Priorisierung von Umweltschutzziele (Luft, Wasser, Emissionen) erforderlich ist.

## 5 Literatur

- [1] CLAUS, S., WIENFORTH, B., SIELING, K., KAGE, H., TAUBE, F. und HERRMANN, A. (2011): Energiebilanz im Lebenszyklus der Biogasproduktion aus Energiepflanzen unter den Anbaubedingungen Schleswig-Holsteins. *Mitt. AGGF* 12, 128-133.
- [2] CLAUS, S., WIENFORTH, B., SIELING, K., KAGE, H., SENBAYRAM, M., DITTERT, K., TAUBE F. and HERRMANN, A. (2012): Greenhouse gas balance of bioenergy cropping systems under the environmental conditions of Schleswig-Holstein. *Grassland Science in Europe*, 17, 601-603.
- [3] QUAKERNACK, R., PACHOLSKI, A., TECHOW, A., HERRMANN, A., TAUBE, F. and KAGE, H. (2011): Ammonia volatilization and yield response of energy crops after fertilization with biogas residues in a coastal marsh of Northern Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Doi:10.1016/j.agee.2011.05.030.
- [4] RATH, J., HEUWINKEL, H. and HERRMANN, A. (2013): Specific biogas yield of maize can be predicted by the interaction of four biochemical constituents. *BioEnergy Research*, 1-14.

- [5] SVOBODA, N. (2011): Auswirkung der Gärrestapplikation auf das Stickstoffauswaschungspotential von Anbausystemen zur Substratproduktion. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Deutschland.

# Regenerationsfähigkeit verschiedener Rasengräser nach Trockenstresseinwirkung

D. Ebeling<sup>1)</sup>, J. Köhler<sup>1)</sup>, L. Breitsameter<sup>2)</sup>, J. Isselstein<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, von-Siebold-Straße 8, 37075 Göttingen;

<sup>2)</sup> Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung, Sektion Landwirtschaft und Umwelt; Grisebachstr. 6, 37077 Göttingen

[doerothee.ebeling@agr.uni-goettingen.de](mailto:doerothee.ebeling@agr.uni-goettingen.de)

## 1 Einleitung

Trockenstress ist einer der stärksten limitierenden Faktoren für das Pflanzenwachstum [1]. Trockenperioden sind in den letzten Jahren immer häufiger aufgetreten [3]. Rasenflächen sind von hoher Bedeutung für das Landschafts- und Stadtbild und werden ebenso für ihre Funktion in Sportanlagen geschätzt. Ein gesundes Rasenwachstum steht dabei unmittelbar im Zusammenhang mit einer guten Wasserverfügbarkeit. In diesem Versuch wurden Auswirkungen von Trockenstress auf verschiedene Rasengräser untersucht. Zielgrößen waren die oberirdische Biomasse, die vertikale Wurzelverteilung und der dry matter production index [1]. Der Fokus lag dabei auf der Regenerationsfähigkeit der Gräser nach einer mehrwöchigen Trockenstressphase.

## 2 Material und Methoden

Für die Untersuchung wurde ein Topfversuch an der Universität Göttingen von April bis November 2012 durchgeführt. Der Versuch folgte einem zweifaktoriellen Design mit insgesamt drei Erntezeitpunkten (7. Aug., 17. Sept. und 31. Okt.). Monokulturen von *Agrostis stolonifera* L. Barifera, *Festuca arundinacea* Schreb. Mustang, *Festuca rubra* L. Rossinante, *Loilium perenne* L. Bargold, *Poa pratensis* s. str. Julius und *Poa supina* Schrad. Supreme sind zwei Stufen von Wasserverfügbarkeit (volumetrischer Wassergehalt) ausgesetzt worden (Trockenstress und Kontrolle). Nach einer eingehenden Pflanzenentwicklungsphase folgten eine Trockenstress- und eine abschließende Regenerationsphase (18, 5.5 und 6.5 Wochen). Betrachtet werden die Daten der Trockenstress- sowie der Regenerationsernte. Um eine bessere Gewöhnung der Gräser zu erreichen, ist die Trockenstressbehandlung in drei aufeinanderfolgenden Intensitätsstufen durchgeführt worden (pF 1.8 – 2.3, 2.3 – 4.2 und 2.6 – 4.2). Als Pflanzgefäße dienten PVC-Rohre (30 cm Höhe), die in vier vollständig randomisierten Blöcken aufgestellt wurden. Als Bodenmaterial diente ein Erde-Sand-Gemisch, für welches eine Wasserhaltekurve (pF-Kurve) ermittelt wurde. Die exakte Bewässerung erfolgte mit einer Spritze über jeweils zwei Zugänge, die in 12 und 14 cm Höhe an den Töpfen angebracht waren. Die Ernten erfolgten destruktiv; die komplette Spross- und Wurzelmasse wurde entnommen; die jeweils übrigen Töpfe wurden auf eine Narbenhöhe von drei cm zurückgeschnitten. Zielgrößen waren die oberirdische Biomasse, die vertikale Wurzelverteilung sowie der „Dry matter production index“ (DMPI, [1]). Er wird ausgedrückt als Quotient aus der Trockenmasse der behandelten Pflanzen und der Trockenmasse der Kontrollen und ist separat ermittelt worden für den gesamten oberirdischen Aufwuchs und den zugewachsenen Ertrag. Wurzelmassen sind separat für drei Bodentiefen ermittelt worden (0-8, 8-18 und 18-28 cm). Die statistische Datenauswertung erfolgte mit [7] Effekte der Faktoren Grasart und Behandlung sind als zweifaktorielle ANOVA, Daten des DMPI als

einfaktorielle ANOVA gerechnet worden (Faktor Grasart). Mittelwerte der Daten von behandelten und Kontrollpflanzen wurden innerhalb einer Grasart jeweils für die Trockenstress- und Regenerationsphase separat mittels t-Test verglichen. Für die Auswertung der Wurzelmassenverteilung wurden die Werte wurzeltransformiert.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

#### Biomasse und Spross-Wurzel-Verhältnis

Am Ende der Trockenstressphase wurden Effekte der Behandlung ( $p = 0,001$ ) für die gesamte oberirdische Sprossmasse nachgewiesen. Mit Ausnahme von *P. supina* hatten alle Arten eine reduzierte Sprossmasse, wobei dies für *A. stolonifera* und *L. perenne* marginal signifikant war ( $p = 0,08$  und  $p = 0,05$ ). Nach der Regenerationsphase lagen signifikante Artunterschiede ( $p = 0,001$ ) und auch eine signifikante Interaktion der beiden Faktoren ( $p = 0,006$ ) vor. Zuvor wasserlimitierte Pflanzen der Arten *F. rubra* und *P. supina* hatten signifikant höhere Sprossmassen als die Kontrollpflanzen ( $p = 0,04$  und  $p = 0,02$ ).

Bei den Wurzelmassen zeigten sich ebenso signifikante Effekte der Trockenstressbehandlung ( $p = 0,001$ ). Unmittelbar nach der Trockenstressphase war die Wurzelmasse bei *F. rubra* um 20 % verringert ( $p = 0,02$ ). Am Ende der Regenerationsphase waren innerhalb der Arten bei *F. arundinacea* und *L. perenne* für zuvor Trockenstress ausgesetzten Pflanzen eine Tendenz zu einer reduzierten Wurzeltrockenmasse zu finden ( $p = 0,08$  für beide).

Das Spross-Wurzel-Verhältnis war nach der Trockenstressperiode signifikant reduziert für *A. stolonifera* ( $p = 0,005$ ), begründet durch den Rückgang der Sprossmasse. Zuvor trockengestresste Pflanzen der Arten *F. rubra* ( $p = 0,05$ ) und *P. supina* ( $p = 0,01$ ) hatten am Ende der Regenerationsphase signifikant höhere Spross-Wurzel-Verhältnisse als ihre Kontrollen (um 18 und 32 %).

Tab. 1: Trockenmassen von Spross und Wurzel sowie das Spross-Wurzel-Verhältnis von 6 verschiedenen Grasarten (g TM / Topf) bei Trockenstressbehandlung und guter Wasserversorgung (Kontrolle), am Ende einer Trockenstressphase (5,5 Wo.) und am Ende der folgenden Regenerationsphase (6,5 Wo.) bei guter Wasserversorgung. Signifikante Effekte der Behandlung innerhalb einer Art und Phase sind mit \* gekennzeichnet.

T-Test (95% Konfidenzintervall) \*\*\*:  $P < 0,001$ ; \*\*:  $0,001 < P < 0,01$ ; \*:  $0,01 < P < 0,05$

|                              |      | Trockenstress              |       |           |       | Regeneration               |       |           |       |
|------------------------------|------|----------------------------|-------|-----------|-------|----------------------------|-------|-----------|-------|
|                              |      | H <sub>2</sub> O-limitiert |       | Kontrolle |       | H <sub>2</sub> O-limitiert |       | Kontrolle |       |
| TM Spross<br>(g*Topf-1)      | Agst | 5,77                       | ±1,20 | 7,33      | ±0,52 | 5,14                       | ±0,38 | 5,12      | ±0,10 |
|                              | Fear | 6,33**                     | ±0,90 | 8,10**    | ±1,13 | 5,37                       | ±0,33 | 5,70      | ±0,53 |
|                              | Feru | 5,37*                      | ±0,20 | 6,88*     | ±0,48 | 4,09*                      | ±0,19 | 3,66*     | ±0,09 |
|                              | Lope | 5,84                       | ±0,33 | 7,39      | ±0,80 | 4,54                       | ±0,47 | 5,10      | ±0,64 |
|                              | Popr | 7,40*                      | ±0,66 | 8,57*     | ±0,53 | 5,04                       | ±0,16 | 4,74      | ±0,12 |
|                              | Posu | 6,83                       | ±0,10 | 7,07      | ±0,43 | 5,97*                      | ±0,57 | 4,85*     | ±0,87 |
| Spross-Wurzel-<br>Verhältnis | Agst | 1,82**                     | ±0,40 | 2,35**    | ±0,31 | 1,50                       | ±0,17 | 1,35      | ±0,22 |
|                              | Fear | 1,42                       | ±0,08 | 1,62      | ±0,25 | 0,96                       | ±0,13 | 0,85      | ±0,03 |
|                              | Feru | 1,47                       | ±0,10 | 1,50      | ±0,15 | 0,82*                      | ±0,10 | 0,68*     | ±0,07 |
|                              | Lope | 1,55                       | ±0,15 | 1,65      | ±0,22 | 0,90                       | ±0,12 | 0,84      | ±0,11 |
|                              | Popr | 2,32                       | ±0,12 | 2,54      | ±0,21 | 1,50                       | ±0,20 | 1,26      | ±0,08 |
|                              | Posu | 2,35                       | ±0,21 | 2,20      | ±0,17 | 1,88*                      | ±0,15 | 1,28**    | ±0,05 |

\*



### Dry matter production index (DMPI)

Der DMPI der gesamten Sprossmasse war am Ende der Trockenstressphase signifikant verschieden zwischen den Grasarten ( $p < 0,05$ ). Es gab jedoch keine signifikanten Artunterschiede im zuge wachsenen Trockenmasseertrag. Nach der Regenerationsphase fanden sich Artunterschiede im DMPI sowohl für den gesamten Aufwuchs ( $p < 0,001$ ) als auch für den Zuwachs ( $p < 0,05$ ). Am Ende der Trockenperiode zeigte *P. supina* mit einem DMPI von 96,8 % kaum eine Beeinträchtigung im Biomasseaufbau, wohingegen *F. arundinacea* mit einem DMPI von 78,1 % deutlich weniger Biomasse bildete. Nach der Regenerationsphase hat *P. supina* sowohl den höchsten DMPI in der gesamten Sprossmasse (125 %) als auch den höchsten DMPI im Zuwachs (133 %) und hat damit mehr Biomasse produziert, als die Kontrollpflanzen. Dieser Effekt trat, mit Ausnahme von *L. perenne* und *F. arundinacea* (DMPI gesamte TM), bei allen Arten auf und gibt einen Hinweis auf eine Überkompensation der zuvor wasserlimitierten Pflanzen. Die zuvor Trockenstress ausgesetzten Pflanzen von *L. perenne* lagen auch nach der Regenerationsphase unter dem Niveau der Kontrollpflanzen (90 % für die gesamte Sprossmasse und 88 % für den Zuwachs).

### Vertikale Wurzelverteilung

Trockenstress hatte einen signifikanten Einfluss auf die vertikale Verteilung der Wurzelmasse im Pflanzgefäß, der sich in einem höheren Anteil von Wurzelmasse in der mittleren, wasserführenden Schicht äußerte. Nach der Trockenstressphase befanden sich bei *L. perenne* 5 % mehr Wurzelmasse in der wasserführenden Schicht ( $p = 0,009$ ). Der Effekt war ebenfalls bei *F. rubra* (4 %) und *P. pratensis* (5 %) zu finden ( $p = 0,031$  und  $p = 0,049$ ). Dies könnte auf eine Adaption der Grasarten an Trockenheit hinweisen. *F. rubra* wies nach der Trockenperiode in der oberen Bodenschicht einen signifikant geringeren Wurzelmasseanteil ( $p = 0,055$ ) auf. Am Ende der Regenerationsphase waren signifikante Effekte der Trockenstressbehandlung lediglich bei *F. rubra* in der oberen Bodenschicht zu finden ( $p = 0,012$ ).

Trockenstress bewirkt eine Anpassung der Gräser, die sich vor allem durch die Reduzierung der oberirdischen Biomasseproduktion äußert. Dabei ist diese Reaktion stärker am Zuwachs (nach dem Schnitt) zu erkennen als an der gesamten Sprossmasse, da die Plastizität der Triebe geringer ist als blattmorphologische Merkmale [6]. Nach einer Regenerationsphase von 6,5 Wochen war mit Ausnahme von *L. perenne* keine negative Beeinflussung der zuvor wasserlimitierten Pflanzen zu erkennen. Es trat sogar eine Überkompensation auf, die sich bei vieltriebigen Arten nicht nur im DMPI sondern auch im höheren Spross-Wurzel-Verhältnis zeigte. [10] konnten zudem einen „Memory-effect“ finden, der den Gräsern zu einer schnelleren Reaktion auf einen erneuten Trockenstress verhilft.

Für eine Bewertung der Grasarten müssen sowohl die Anpassungsfähigkeit während der Trockenstresseinwirkung als auch die Regenerationsfähigkeit betrachtet werden. *P. supina* wies dabei kaum eine Reduzierung der Sprossmasse auf, zeigte aber gleichzeitig den stärksten Kompensationswuchs. Ähnlich verhielt sich *P. pratensis*, wohingegen *A. stolonifera* und *F. rubra*, trotz einer guten Regenerationsfähigkeit, unmittelbar nach der Trockenperiode eine stärker reduzierte Sprossmasse aufwiesen.

## 4 Schlussfolgerungen

Der Versuch zeigt, dass mit Ausnahme von *L. perenne* eine Reduzierung der Trockenmasseproduktion während einer mehrwöchigen Trockenperiode nach Beendigung der Wasserlimitierung von den meisten untersuchten Grasarten schnell wieder aufgeholt und sogar überkompensiert werden konnte. Für das Rasenmanagement relevante Artunterschiede ergeben sich auch aus der Anpassung unmittelbar in der Trockenperiode, in welcher *P. supina* und *P. pratensis* mit einer fast unveränderten Biomassebildung die beste Leistung gezeigt haben. Für eine Bewertung der Grasarten sollten weitere (Freiland-) versuche mit mehrmaligen Trockenstressphasen durchgeführt werden. Eine schnelle

morphologische Anpassung bei gleichzeitiger Erhaltung der Funktion des Rasens ist dabei wünschenswert.

## 5 Literatur

- [1] Bahrani, M. J., Bahrami, H., Haghighi, A. and Akbar, K. (2010): Effect of water stress on ten forage grasses
- [2] native or introduced to Iran. *Grassland Science* 56, 1–5.
- [3] Beierkuhnlen, C., Thiel, D. Jentsch, A., Willne, E. and Kreyling, J. (2011): Ecotypes of European grass
- [4] species respond differently to warming and extreme drought. *Journal of Ecology* 2011,
- [5] 703–713.
- [6] Breitsameter, L., Wrage, N., Isselstein, J. (2012): Regeneration nach Trockenstress und morphologische
- [7] Anpassung an Wassermangel bei fünf Arten von Futtergräsern. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 13 “Energetische Nutzung von Grünlandaufwüchsen“, 198-203.R Development Core Team (2011): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation
- [8] for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.Rproject.org>.
- [9] Salman, A., Avcioğlu, R., Öztarhan, H., Cevheri, A. C. and Okkaoğlu, H. (2011): Performances of different cool season turf grasses and some mixtures under mediterranean environmental condition. *International Journal of Agriculture and Biology* 13, 529–534.
- [10] Walter, J., Nagy, L., Hein, R., Rascher, U., Beierkuhnlein, C., Willner, E. and AJentsch, A. (2012): Do plants remember drought? Hints towards a drought-memory in grasses. *Environmental and Experimental Botany* 71, 34–40.

# Der Einfluss simulierter Trockenperioden auf den Futterwert von Grünlandprodukten

M. Hoffstätter-Müncheberg<sup>1)</sup>, M. Merten<sup>2)</sup>, M. Kayser<sup>2)</sup>, N. Wrage-Mönnig<sup>3)</sup> und J. Isselstein<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Georg-August Universität, Institut Graslandwissenschaften, D-37073 Göttingen

<sup>2)</sup>Georg-August Universität, Institut Graslandwissenschaften, D-49377 Vechta

<sup>3)</sup>Fakultät Life Sciences, Hochschule Rhein-Waal, D-47533 Kleve

## 1 Einleitung und Problemstellung

Im Zuge des Klimawandels werden Trockenperioden in Niedersachsen mit einer größeren Häufigkeit erwartet ([5], [2]). Trockenereignisse verringern gemeinhin die agrarische Pflanzenproduktion [3] und können negative Auswirkungen auf die Futterqualität haben [7]. Da die Milchproduktion einen wichtigen Zweig der Agrarwirtschaft Niedersachsens darstellt [6] ist im Zuge des Klimawandels eine vorausschauende Sicherstellung der Produktionsleistung und Futterqualität von Grünland eine wichtige Grundlage für die zukünftige Agrarwirtschaft. Um den Einfluss von Trockeneignissen auf die Qualität von Raufutter für Wiederkäuer zu ermitteln, simulierten wir Frühjahrs- und Sommertrockenperioden auf etabliertem Dauergrünland in drei Regionen Niedersachsens, da Dauergrünland auf andere Weise als angesäte oder nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen auf Trockenstress reagieren kann [4]. Diversität, Artenzusammensetzung und die Nährstoffversorgung bestimmen die Futterqualität von Dauergrünland mit ([9], [1]), inwieweit sie den Einfluss von Trockenstress auf die Futterqualität modifizieren können, wurde in der vorliegenden Studie geprüft.

## 2 Material und Methoden

Durch das Aufstellen von Regendächern auf drei typischen Dauergrünlandstandorten Niedersachsens (Niederungslage Hügelland, nordwestliches Tiefland, submontane Lage) über 5 Wochen wurden starke Frühjahrs- und Sommertrockenperioden simuliert. Die botanische Zusammensetzung wurde auf der Hälfte der Plots durch Ausbringung von Herbiziden gegen Dikotyle manipuliert, um den Einfluss der Diversität (hier: divers Ø 18 % Dikotyle vs. grasdominiert Ø 3 % Dikotyle) zu erfassen. Auch der Einfluss von Stickstoffdüngung (90 vs. 0 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) wurde geprüft. Die Proben wurden in den niederen Lagen zeitgleich und am submontanen Standort eine Woche später auf 7cm Höhe geschnitten, nach funktionellen Gruppen sortiert und 48 Stunden bei 60 °C getrocknet. Die Qualitätsparameter Rohprotein (XP) und saure Detergenzienfaser (ADF) wurden mittels Nahinfrarot-Spektroskopie geschätzt. Die Datenanalyse erfolgte in R (Version 2.13.0 R-PROJECT.ORG) mittels generalisierten gemischten Modellen, welche Varianzheterogenität zuließen.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

Hier werden exemplarisch Daten des Sommerschnitts aus 2011 näher vorgestellt. Die Ergebnisse des Frühjahrsschnitts 2011 waren komplexer und weniger eindeutig, jedoch spielen auch dort Standort und Interaktionen der Faktoren eine bedeutende Rolle. Die Daten aus 2012 liegen noch nicht vollständig vor.

Das submontane Probenmaterial unterschied sich durch seinen höheren XP-Gehalt deutlich von dem der niederen Lagen (s. Abb. 1). Die Einflüsse der von uns getesteten Faktoren auf den XP-Gehalt waren sehr ortsspezifisch (s. Tab. 1). Diverse Bestände im niederen Hügelland lieferten unter Trockenstress signifikant XP-reicherer Material als die Kontrolle, wobei Düngung zu höheren XP-Gehalten in den gestressten Beständen führte. Bei ungedüngten, diversen Beständen blieb der Steigerungseffekt durch Trockenstress aus. Im nordwestlichen Tiefland war nicht nur Trockenstress der den XP-Gehalt bestimmende Faktor, sondern auch die botanische Zusammensetzung. Grasdominierte Bestände zeigten nach der Trockenstressbehandlung einen deutlich höheren Anteil an XP als ohne Trockenstress. Düngung führte hier zu geringeren XP-Gehalten in ungestressten Varianten. Diverse Bestände zeigten ein ähnliches, wenn auch weniger stark ausgeprägtes Verhalten, wenn sie gedüngt wurden. Ungedüngte, diverse Bestände zeigten unter Trockenstress signifikant geringere XP-Gehalte.

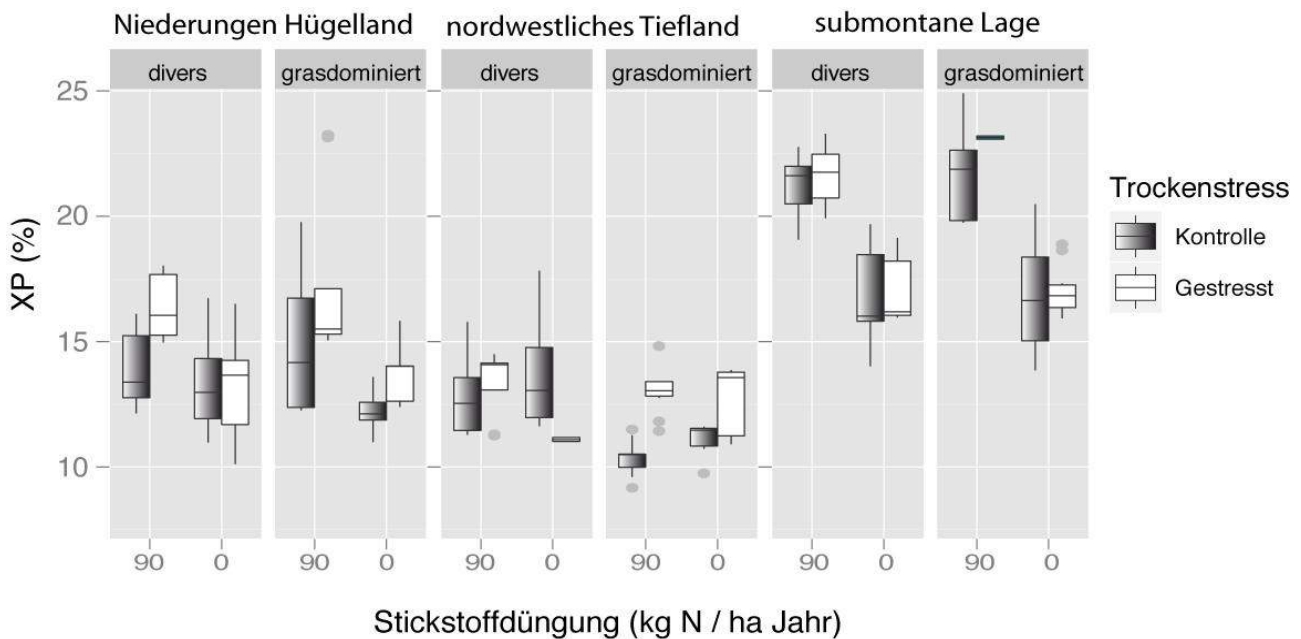


Abb. 1: XP-Gehalt in % der Trockensubstanz von drei Standorten (v.l.n.r.: Niederungen Hügelland, nordwestlichestliches Tiefland, submontane Lage) in Abhängigkeit von Trockenstress (rot = Kontrolle, blau = gestresst), Stickstoffdüngung (90 kg/ha x Jahr, ungedüngte Kontrolle) und botanischer Zusammensetzung (divers, grasdominiert).

Tab. 1: Einfluss der experimentellen Faktoren botanische Zusammensetzung (D), Stickstoffdüngung (N) und Trockenstress (S) auf den XP-Gehalt der Behandlungsvarianten auf drei Standorten im Sommer 2011 aus der Analyse mittels Generalized Mixed Model. Sternchen stehen für Signifikanz des Einflusses der Faktoren auf den XP-Gehalt (\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$ )

| Faktoren | % Varianz erklärt nied. Hügel-<br>land | % Varianz erklärt<br>nordwestl.Tiefland | % Varianz erklärt<br>submontane Lage |
|----------|--|---|--------------------------------------|
| D        | 2,51                                   | 7,65**                                  | 2,29                                 |
| N        | 0,80                                   | 1,27                                    | 47,41***                             |
| S        | 16,72***                               | 0,52                                    | 0,89                                 |
| D:N      | 5,83*                                  | 0,00                                    | 0,92                                 |
| D:S      | 0,15                                   | 3,14                                    | 12,27***                             |
| N:S      | 11,38***                               | 39,15***                                | 0,40                                 |
| D:N:S    | 2,13                                   | 10,52**                                 | 6,08*                                |

In submontanen Beständen führte Düngung zu erhöhten XP-Gehalten. Bestände ohne und mit Trockenstress zeigten keine Unterschiede im XP-Gehalt. Eine Ausnahme bildete die grasdominierte, gedüngte Variante, die unter Stress einen leicht erhöhten XP-Gehalt aufwies.

Auch im ADF-Gehalt und seiner Reaktion auf Trockenstress unterschieden sich die drei Standorte (s. Abb. 2 und Tab. 2). Generell war der ADF-Gehalt im Material vom nordwestlichen Tiefland etwas höher als an den anderen beiden Standorten. Während im niederen Hügelland und in der submontanen Lage Narben mit Trockenstress bis auf die ungedüngten und grasdominierten Varianten immer einen reduzierten ADF-Gehalt aufwiesen, trat eine signifikante Trockenstressreaktion im nordwestlichen Tiefland nur in den gedüngten und diversen Varianten auf. Auch verringerte dort Trockenstress den ADF-Gehalt, und Düngung von diversen Varianten führte zu einer Verringerung des ADF-Gehaltes, während Düngung von grasdominierten Beständen zu dessen Erhöhung führte.

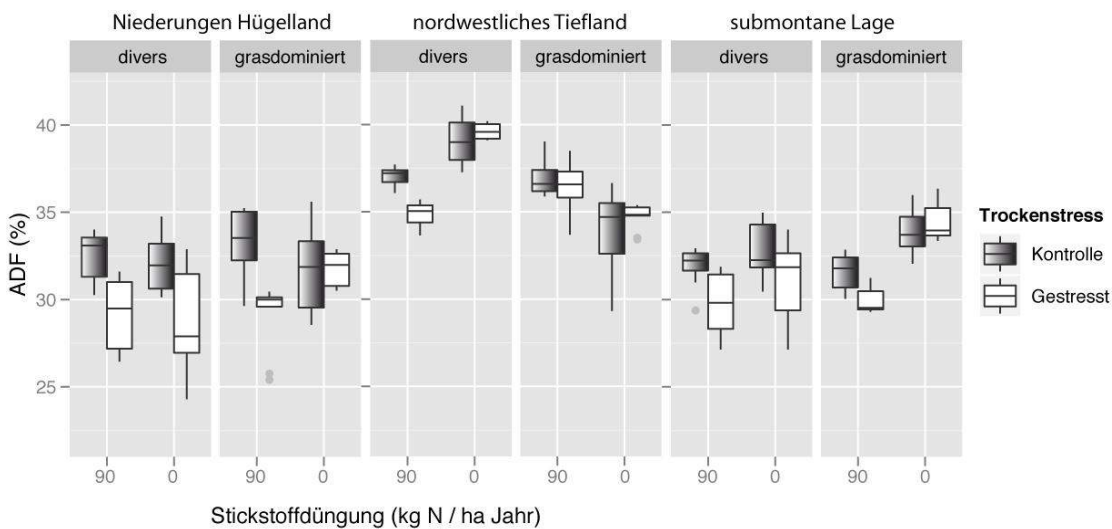


Abb. 2: ADF-Gehalt in % der Trockensubstanz. Für Erläuterungen der Standorte und Behandlungen siehe Abb.1.

Tab. 2: Einfluss der experimentellen Faktoren auf den ADF-Gehalt. Für Erläuterungen der Standorte und Behandlungen siehe Tab.1.

| Faktoren | % Varianz erklärt<br>nied.Hügelland | % Varianz erklärt<br>nordwestl. Tiefland | % Varianz erklärt<br>submontane Lage |
|----------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| D        | 0,52                                | 0,54                                     | 0,49                                 |
| N        | 0,52                                | 0,30                                     | 2,90                                 |
| S        | 0,42***                             | 4,21*                                    | 5,18***                              |
| D:N      | 0,90                                | 2,63                                     | 3,55                                 |
| D:S      | 0,32                                | 1,29                                     | 0,46                                 |
| N:S      | 0,00                                | 5,52***                                  | 0,33                                 |
| D.N:S    | 6,76                                | 8,52**                                   | 2,28                                 |

Die generelle Tendenz – erhöhter XP-Gehalt und verringerter ADF-Gehalt unter Trockenstress - widerspricht zunächst den Erwartungen. Unter Trockenstress werden die Photosyntheseleistung und damit der Biomassezuwachs eingeschränkt [3]. Wenn die Stickstoffaufnahme unter Stressbedingungen gleich ist (im Experiment nicht geprüft), die Pflanze diesen aber nicht in Biomasse umsetzen kann, muss der XP-Gehalt unter Stress gesteigert sein. Zudem lag der Schnitzeitpunkt Anfang August. Die Vegetation wird durch Gräser bestimmt (außer in ungedüngten, diversen Varianten durchschnittlich immer > 80% der Trockensubstanz). Diese befanden sich nach dem ersten Schnitt wieder im Wachstum. Wird das Wachstum durch Trockenstress gehemmt, so ist das Vegetationsstadium der gestressten Pflanzen weniger weit fortgeschritten, die besonders ADF-haltigen Organe

wie Stängel waren bei gestressten Pflanzen noch nicht oder weniger ausgeprägt geschoben und daher der ADF-Gehalt niedriger und das Rohprotein noch nicht in Biomasse umgesetzt.

## 4 Schlussfolgerungen

Trockenstress führte oft zu einer Erhöhung und nie zu einer Abnahme des XP-Gehaltes. Da gutes Grundfutter sich durch einen guten Basiswert an XP auszeichnet und ein mehr an XP in den von uns gemessenen Gehalten den Tieren nicht schadet, sondern die Notwendigkeit der Zufütterung mit Milchleistungsfutter reduziert, bedeutet dies keine pauschale Verschlechterung der Futterqualität bei Trockenereignissen.

Die Futterqualität von Grünlandprodukten wurde in dieser Studie stark vom Standort beeinflusst. Ein standortspezifisches Management (z.B. Düngung von Beständen auf nährstoffarmen Böden) kann die Futterqualität auch bei Trockenstressbedingungen verbessern.

Trockenstress führte oft zu einem verringerten ADF-Gehalt. Dieser Effekt trat besonders auf diversen, gut mit Nährstoffen versorgten Grasnarben zutage. Da die Verdaulichkeit bei geringeren ADF-Gehalten erhöht ist und die hier vorliegenden Konzentrationen noch den Ansprüchen der Tiere an Raufutter genügen, deuten auch die Daten zum ADF-Gehalt auf keine pauschale Verschlechterung der Futterqualität bei Trockenereignissen hin.

Nach unserer aktuellen Datenlage ist nicht von einer wesentlichen Verschlechterung der Futterqualität durch fünfwöchige Trockenperioden auszugehen. Weitere längerfristige Studien sind notwendig, um den Einfluss des Standortes und der Stärke des Trockenstressses eingehender zu analysieren. Da die in dieser Studie geprüften Faktoren Trockenstress, Nährstoffe und Diversität auf Produktivität und Physiologie der Bestände wirken können, müssten auch ihre möglichen Wechselwirkungen und deren Entwicklung über die Zeit zukünftig berücksichtigt werden.

## 5 Literatur

- [1] BRUINENBERG, M. H., VALK, H, KOREVAAR, H. and STRUIK, P. C. (2002): Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands: a review. *Grass Forage Science* 57(3), 292-301.
- [2] CIAIS, P., REICHSTEIN, M., VIOVY, N., GRANIER, A., OGE, J., ALLARD, V., AUBINET, M., BUCHMANN, N., BERNHOFER, C., CARRARA, A., CHEVALLIER, F., DE NOBLET, N., FRIEND, D., FRIEDLINGSTEIN, P., GRÜN WALD, T., HEINESCH, B., KERONEN, P., KNOHL, A., KRINNER, G., LOUSTAU, D., MANCA, G., MATTEUCCI, G., MIGLIETTA, F., OURCIVAL, J. M., PAPALE, D., PILEGAARD, K., RAMBAL, S., SEUFERT, G., SOUSSANA, J. F., SANZ, M. J., SCHULZE, E. D., VESALA, T. and VALENTINI, R. (2005): Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* 437, 529-533.
- [3] FAROOQ, M, WAHID, A., KOBAYASHI, N., FUJITA, D., and BASRA, SMA. (2009): Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 185-212.
- [4] FLOMBAUM, P., and 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.
- [5] MEEHL, G. A. and TEBALDI, C. (2004): More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science* 305, 994-997.

- 
- [6] NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG (2011): Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2011. Niedersachsen.
- [7] SHAEFFER, C. C., PETERSON, P.R., HALL, M.H. and STORDAHL, J.B. (1992): Drought effects on Yield and Quality of Perennial Grasses in the North Central United States. *Journal of Production and Agriculture* 5 (4), 556-561.
- [8] 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>.
- [9] WHITE, T. A., BARKER, D. J. and MOORE, K. J. (2004): Vegetation diversity, growth, quality and decomposition in managed grasslands. *Agric Ecosyst Environ.* 101(1), 73–84.

# Effects of nitrogen supply and nitrogen form on intrinsic water-use efficiency in temperate, seminatural grasslands under rising atmospheric CO<sub>2</sub>

I. H. Köhler<sup>1)</sup>, A. Macdonald<sup>2)</sup> and H. Schnyder<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>TU München, Lehrstuhl für Grünlandlehre,

<sup>2)</sup>Sustainable Soils and Grassland Systems, Rothamsted Research

[schnyder@wzw.tum.de](mailto:schnyder@wzw.tum.de)

## 1 Introduction

Carbon uptake and water loss of plants are controlled by the regulation of carbon assimilation rate ( $A$ ) and stomatal conductance ( $g_s$ ). Any changes in these parameters under rising atmospheric CO<sub>2</sub> concentration ( $c_a$ ) influence plant water-use efficiency and can affect carbon and water relations in grassland ecosystems. Time-series analyses of intrinsic water-use efficiency ( $W_i$ ) of C<sub>3</sub> grassland vegetation during the 20<sup>th</sup> century have shown that carbon uptake relative to water loss generally increased ([4], [5], [1]). Short-term experiments suggest that nitrogen (N) supply [6] and N form [2] also play a role. We hypothesize that any increase in  $W_i$  should be stronger in swards with high N availability and with ammonium (NH<sub>4</sub>)-N instead of nitrate (NO<sub>3</sub>)-N fertilization.

## 2 Materials and Methods

$W_i$  ( $=A/g_s$ ) is a physiological efficiency reflecting the leaf-level relationship between CO<sub>2</sub> uptake and transpiration at standard humidity. It can be derived from stable carbon isotopes by using the Farquhar model of carbon isotope discrimination ( $^{13}\Delta$ ) during C<sub>3</sub> photosynthesis [3] and measurements of carbon isotope composition ( $\delta^{13}\text{C}$ ) in plant material and atmospheric CO<sub>2</sub>. The Park Grass Experiment at Rothamsted (Hertfordshire, England) is a long-term fertilization experiment on grassland and has been running since 1856.  $\delta^{13}\text{C}$  was measured in samples of grassland vegetation (available from the Rothamsted Sample Archive) from 16 plots with different nutrient supply, soil pH and botanical composition. The sample period covered 95 years (1915–2009), during which  $c_a$  increased by 86 ppm. Nutrient supply on the plots differed in the form and amount of applied N [nil, 48, 96 (NO<sub>3</sub> and NH<sub>4</sub> plots) or 144 (NH<sub>4</sub> plots only) kg/ha/year], and the amount of P (nil or 35 kg/ha/year) and K (nil or 225 kg/ha/year). Soil pH varied between 3.6 and 5.9 on the unlimed subplots and between 6.2 and 7.2 on the limed subplots (average values for 1995–2002). The  $^{13}\Delta$  data were analysed using a multiple linear regression model with  $c_a$  and plant available soil water as explanatory variables.  $W_i$  was derived from the modelled  $^{13}\Delta$  values, and the change in  $W_i$  from 1915 to 2009 ( $\Delta W_i$ ) was studied (pooled and separately for limed and unlimed subplots) in relation to N supply.

## 3 Results and Discussion

Changes in  $^{13}\Delta$  per 100 ppm change in  $c_a$  varied between  $-1.0\text{‰}$  and  $+0.9\text{‰}$  on the 16 plots. Thus, the increase in  $W_i$  from 1915 to 2009 varied between 6.9 and 25.5  $\mu\text{mol/mol}$ . When all 16 treatments were analysed together, no significant relationship was found between the change in  $W_i$  and



the amount of applied N plus N from biological N-fixation (Fig. 1,  $p = 0.1$ ). A significant relationship was found for the limed  $\text{NO}_3\text{-N}$  plots ( $p < 0.05$ ), but not for the unlimed ones ( $p = 0.6$ ) (Fig. 1b). No significant relationship was found for the  $\text{NH}_4\text{-N}$  plots (limed:  $p = 0.5$ , unlimed:  $p = 0.1$ ) (Fig. 1). A significant relationship between the increase in  $W_i$  and N supply was only found for the limed  $\text{NO}_3\text{-N}$  plots as reported in [5]. The highest increases in  $W_i$  were observed on the unlimed  $\text{NH}_4\text{-N}$  plots, but no significant relationship with N supply could be found. In contrast to our hypothesis the increases in  $W_i$  on the limed  $\text{NH}_4\text{-N}$  plots were lower than on the limed  $\text{NO}_3\text{-N}$  plots. The difference between  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NH}_4\text{-N}$  plots and limed and unlimed subplots indicates that other factors may play a role. A recent study suggests that botanical composition may affect the response of  $W_i$  [5]. This may be due to the greater responsiveness of grasses and will be investigated in future work: The average %-contribution of grasses to sward biomass varied between 49% and 99% and increased significantly ( $p < 0.01$ ) with decreasing soil pH.

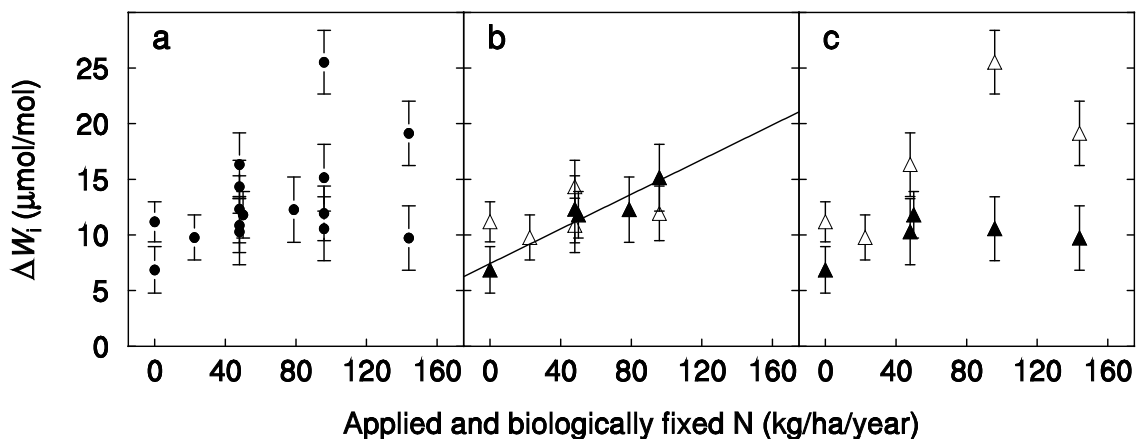


Fig. 1: Relationship between the absolute change in  $W_i$  from 1915 to 2009 ( $\Delta W_i$ ,  $\mu\text{mol/mol}$ ) and the amount of applied plus biologically fixed N ( $\text{kg/ha/year}$ ), presented for (a) all plots, (b)  $\text{NO}_3\text{-N}$  and (c)  $\text{NH}_4\text{-N}$  plots and their limed ( $\blacktriangle$ ) and unlimed ( $\triangle$ ) subplots. The same data from the controls and the PK-only plots are used in all three graphs. The black line is the linear regression for the limed  $\text{NO}_3\text{-N}$  plots ( $y = 7.43 + 0.08x$ ,  $p < 0.05$ ,  $R^2 = 0.9$ ). Error bars represent the standard error.

## 4 Conclusion

Besides N supply and N form, multiple factors may influence the response of  $W_i$  to rising  $c_a$  in terrestrial ecosystems directly or indirectly, e.g. through changes in botanical composition. Our understanding of these factors and their interactions needs to be improved to better predict future responses of grassland ecosystems to rising atmospheric  $\text{CO}_2$ .

## 5 Acknowledgements

This study was supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (SCHN 557/5-1). We thank the Lawes Agricultural Trust for access to the archived samples and the BBSRC (UK) for support under the Institute National Capabilities programme grant.

## 6 Literature

- [1] BARBOSA, I.C.R., KÖHLER, I.H., AUERSWALD, K., LÜPS, P. and SCHNYDER H. (2010): Last-century changes of alpine grassland water-use efficiency - a reconstruction through carbon

- isotope analysis of a time-series of *Capra ibex* horns. *Global Change Biology* 16, 1171-1180.
- [2] BLOOM, A., ASENSIO, J., RANDALL, L., RACHMILEVITCH, S., COUSINS A. and CARLISLE E. (2011): CO<sub>2</sub> enrichment inhibits shoot nitrate assimilation in C<sub>3</sub> but not in C<sub>4</sub> plants and slows growth under nitrate in C<sub>3</sub> plants. *Ecology* 93, 355-367.
- [3] FARQUHAR, G.D., EHLERINGER, J.R., HUBICK, K.T. (1989): Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 40, 503-537.
- [4] KÖHLER, I.H., POULTON, P.R., AUERSWALD, K. and SCHNYDER H. (2010): Intrinsic water-use efficiency of temperate semi-natural grassland has increased since 1857: an analysis of carbon isotope discrimination of herbage from the Park Grass Experiment. *Global Change Biology* 16, 1531-1541.
- [5] KÖHLER, I.H., MACDONALD, A. and SCHNYDER H. (2012): Nutrient supply enhanced the increase in intrinsic water-use efficiency of a temperate semi-natural grassland in the last century. *Global Change Biology* 18, 3367-3376.
- [6] STITT, M. and KRAPP, A. (1999): The interaction between elevated carbon dioxide and nitrogen nutrition: the physiological and molecular background. *Plant, Cell and Environment* 22, 583-621.

# Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Futterproduktionssysteme auf Niedermoorstandorten in Schleswig-Holstein

A. Poyda, T. Biegemann, F. Taube

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,  
Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau,  
[apoyda@gfo.uni-kiel.de](mailto:apoyda@gfo.uni-kiel.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Intakte, torfbildende Moorökosysteme fungieren als langfristige Senken für Kohlenstoff, da aufgrund des dauerhaft wassergesättigten Bodens der Atmosphäre mehr Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) durch Photosynthese entzogen wird als über die Ökosystematmung ( $R_{\text{ECO}}$ ) wieder freigesetzt wird [10]. Die dadurch in Mooren weltweit gespeicherte Kohlenstoffmenge wird derzeit auf etwa 446 Gt C geschätzt [12], was beispielsweise den Kohlenstoffspeicher der Wälder deutlich übertrifft [7]. Zugleich stellen Moorökosysteme, insbesondere die nährstoffreichen Niedermoores, signifikante Quellen für Methan ( $\text{CH}_4$ ) dar, wodurch die Klimarelevanz dieser Standorte in der Regel ausgeglichen oder leicht positiv ist (u. a. [18], [9]).

In Deutschland gelten jedoch nur noch etwa 2,4 % der Moore als intakt, die restliche Moorfläche ist als gestört zu charakterisieren. Insbesondere der Landwirtschaft kommt mit ca. 80 % der gesamten deutschen Moorfläche eine herausragende Bedeutung auf diesen Standorten zu [5]. Die für die Nutzung der Moorböden notwendige Entwässerung führt jedoch zu einem schnellen Abbau des Torfkörpers durch Mineralisation, mit einem damit assoziierten drastischen Anstieg der Emissionen von  $\text{CO}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}$  (u. a. [16]). Im Zeitraum von 1990 bis 2008 hat sich der globale C-Pool der Moore somit um etwa  $0,39 \text{ Gt a}^{-1}$  verringert [12], was 11 % des jährlichen Anstiegs des atmosphärischen C-Pools von 3,5 Gt entspricht [14]. Dies unterstreicht die häufig vorgenommene Charakterisierung von Moorböden als „Klima-Hot-Spots“ [8].

Vor diesem Hintergrund und der gleichzeitig großen Bedeutung von Niedermoorböden für die schleswig-holsteinische Milchproduktion, werden in einem von der Innovationsstiftung Schleswig-Holstein (ISH) und dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MLUR) geförderten Projekt, in Kooperation mit dem United States Department of Agriculture (USDA) gashaushaltliche Untersuchungen auf unterschiedlich bewirtschafteten Niedermoorflächen in der Eider-Treene-Sorge-Niederung durchgeführt. Ziel des Projektes ist zum Einen die Etablierung von Emissionsfaktoren für Niedermoorböden unterschiedlicher Nutzungskategorien und zum Anderen der Beitrag für die Erstellung eines „Carbon-Footprint“ für die Milchproduktion in Schleswig-Holstein.

## 2 Material und Methoden

Die Auswahl der Beobachtungsflächen erfolgte entlang eines Nutzungsgradienten von einer wiedervernässten und ungenutzten Fläche (Sukzession) über ein intensiv (Grünland I) und ein moderat entwässertes Grünland (Grünland II) bis hin zu einem für den Anbau von Mais und Ganzpflanzensilage (GPS) genutztem Ackerstandort (Tab. 1).

Tab. 1: Charakteristik der vier Beobachtungsflächen in der Eider-Treene-Sorge-Niederung

| Fläche      | Grundwasserstand, cm (Jahresmittel, Min., Max.) | Kohlenstoffgehalt, % (0 – 30 cm) | Lagerungsdichte, g cm <sup>-3</sup> (15 cm) |
|-------------|---|----------------------------------|---|
| Sukzession  | -9,25 (-33,5; 8,0)                              | 38,6                             | 0,23  |
| Grünland I  | -35,5 (-87,8; 2,3)                              | 16,5                             | 0,75  |
| Grünland II | -17,6 (-61,0; 1,8)                              | 37,9                             | 0,41  |
| Acker       | -36,1 (-77; 1,5)                                | 13,3                             | 0,76  |

Die Erfassung der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Flüsse erfolgte mithilfe des statischen Messkammerprinzips nach [11] mit anschließender gaschromatographischer Analyse (GCA) der Gasproben im Labor. Pro Messkammer wurden drei Gasproben in 15-minütigen Abständen entnommen. Für die Ermittlung des Netto-Ökosystemaustausch (NEE) von CO<sub>2</sub> wurden zum Einen dynamische Messkammern mit Infrarot-Gas-Analyse (IRGA) im Feld und anschließender Simulation der CO<sub>2</sub>-Flüsse im Jahresgang [8] und zum Anderen die Eddy-Kovarianz-Technik (u. a. [19]) eingesetzt.

Zur Charakterisierung der Beobachtungsflächen sowie zur Erklärung der Spurengasflüsse erfolgte zusätzlich ein kontinuierliches Monitoring des Gehaltes an mineralischem Stickstoff (N<sub>min</sub>) im Boden, der Grundwasserstände, des Nährstoffgehaltes im Grundwasser sowie der Erträge und Futterqualitäten.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Treibhausgasbilanzen der Beobachtungsflächen (Abb. 1a) zeigen eine deutliche Abnahme mit geringerer Nutzungs- und Entwässerungsintensität. Alle vier Flächen wiesen im ersten Projektjahr eine Netto-Freisetzung von Methan auf, diese ist für die Klimarelevanz der landwirtschaftlich genutzten Flächen jedoch vernachlässigbar, während die Methanemissionen der Sukzessionsfläche mit 2,17 t CO<sub>2</sub>-Äq. deutlich höher ausfielen. Als wichtigste Einflussgröße für die Freisetzung von Methan konnte der Grundwasserstand identifiziert werden, mit hohen Emissionen bei flurnahen Wasserständen, was den Ergebnissen aus anderen Moorgebieten Deutschlands entspricht (u. a. [6], [9]). Auch für N<sub>2</sub>O besaßen alle Flächen eine Quellenfunktion, mit Werten von 1,66 (Sukzession) bis 14,2 t CO<sub>2</sub>-Äq. (Acker). Die N<sub>2</sub>O-Emissionen wurden durch die Entwässerungsintensität, Bodenbearbeitung sowie mineralische N-Düngung erhöht, was ebenfalls in früheren Untersuchungen dokumentiert werden konnte (u. a. [4], [15], [20]).

Die CO<sub>2</sub>-Bilanzen der Beobachtungsflächen (Abb. 1a) unterscheiden sich sehr deutlich und reichen von Netto-Aufnahmen auf der Acker- (-3,99 t CO<sub>2</sub>) und Sukzessionsfläche (-1,7 t CO<sub>2</sub>), über eine mittlere Freisetzung des Grünland II (12,8 t CO<sub>2</sub>) bis hin zu sehr hohen Emissionen des Grünland I (42,2 t CO<sub>2</sub>). Die Unterschiede zwischen den drei letztgenannten sind auf die unterschiedliche Entwässerungsintensität zurückzuführen, wobei die Torfmineralisation und damit die CO<sub>2</sub>-Verluste mit zunehmender Entwässerungsintensität ansteigen ([17], [13]). Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Ackerfläche wird hingegen von der hohen Produktivität der Maispflanzen im Jahr 2011 dominiert. Trotz der langen vegetationsfreien Zeit von Oktober 2011 bis Mai 2012 (Sommergerste), stellte diese Fläche eine CO<sub>2</sub>-Senke im ersten Projektjahr dar. Gründe hierfür könnten die geringe Durchwurzelungsintensität und niedrige Bodentemperaturen und die damit einhergehende geringe mikrobielle Aktivität bzw. Bodenatmung sein. Aufgrund des sehr geringen C-Gehaltes im Oberboden (vgl. Tab. 1) ist jedoch davon auszugehen, dass die Umnutzung vom Grünland zum Acker zu einer massiven CO<sub>2</sub>-Freisetzung im Initialjahr geführt hat. Daher wurde, basierend auf der Annahme, dass die Fläche vor der Umnutzung, aufgrund der räumlichen Nähe, vergleichbare C-Gehalte zum Grünland I aufwies, die Kohlenstoffdifferenz in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet. Dieser Verlust beträgt fünf Jahre nach der Umnutzung 326,5 t CO<sub>2</sub>, woraus sich eine jährliche Emission von 65,3 t CO<sub>2</sub> ergibt, um die sich die Klimabilanz der Ackerfläche entsprechend erhöht.

Anhand der produktspezifischen Klimabilanz (Abb. 1b) kann die Effizienz der Futterbereitstellung für die Milchproduktion im Hinblick auf die dabei verursachten Treibhausgasemissionen beurteilt werden. Dabei wird deutlich, dass der Ackerfutterbau auf Niedermoorstandorten die höchsten Emissionen pro erzeugter Energieeinheit (GJ NEL) verursacht und somit eine äußerst geringe Ressourceneffizienz aufweist. Da auf der Sukzessionsfläche kein Futter für die Milcherzeugung gewonnen wird, kann für diese Fläche kein „Carbon-Footprint“ berechnet werden. Bemerkenswert ist jedoch in erster Linie der Vergleich der beiden Grünlandflächen. Aufgrund von deutlich geringeren THG-Emissionen bei gleichzeitig höheren Energieerträgen, ist die produktspezifische Klimabilanz des Grünland II um 69,5 % geringer als die des Grünland I. Die hohe Entwässerungsintensität dieses wird somit nicht durch hohe Erträge gerechtfertigt und ist daher als äußerst ineffizient zu bewerten.

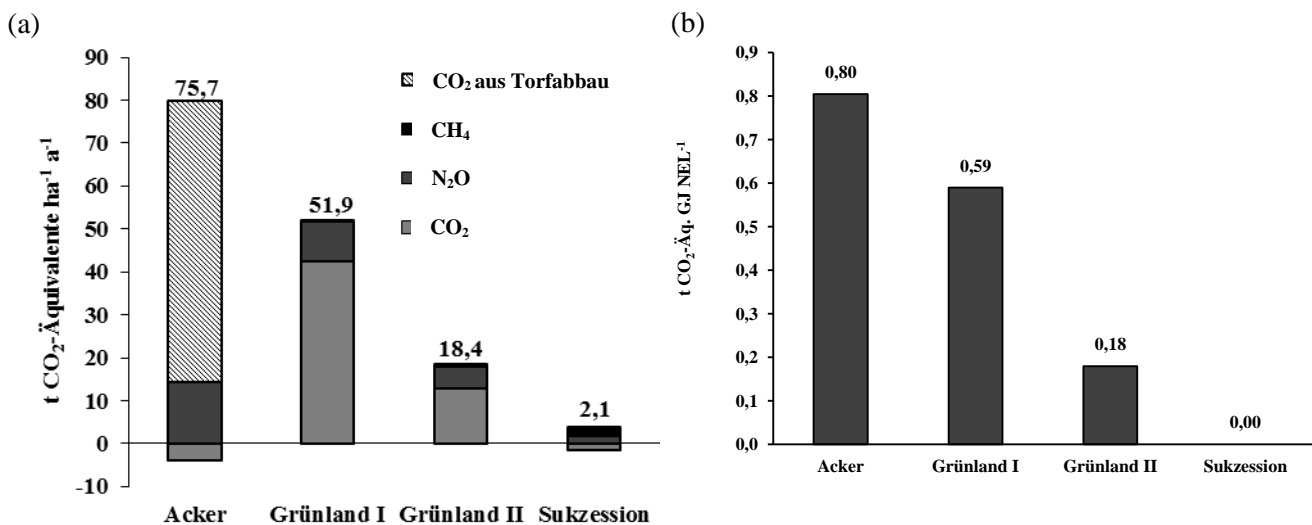


Abb. 1: Treibhausgasbilanzen der Beobachtungsflächen für das erste Projektjahr (10/06/2011 – 10/06/2012) inklusive mittlerer jährlicher Torfmineralisationsrate auf dem Ackerstandort seit dem Zeitpunkt der Umnutzung (a) sowie produktspezifische Klimabilanz („Carbon Footprint“) der Beobachtungsflächen für das erste Projektjahr (b).

## 4 Schlussfolgerungen

Um die THG-Emissionen von Futterproduktionssystemen auf Niedermoorstandorten zu verringern und somit die Ressourceneffizienz zu erhöhen, sollte keine Ackernutzung dieser Standorte erfolgen. Diese hat zu einer deutlichen Torfdegradierung sowie zu stark erhöhten N<sub>2</sub>O-Emissionen geführt. Desweiteren sollte der Einsatz von Mineraldünger so weit wie möglich eingeschränkt und bestenfalls unterlassen werden, um die N<sub>2</sub>O-Emissionen zu reduzieren. Es ist davon auszugehen, dass die N-Nachlieferung aus dem Torf sowie der Einsatz von Wirtschaftsdüngern ausreichen, um den Pflanzenbedarf zu decken. Außerdem sollte die Nutzungsintensität besser an die Entwässerungsintensität angepasst sein. Hohe Ertragspotentiale durch eine intensive Entwässerung müssen ausgeschöpft werden, um die produktspezifischen THG-Emissionen zu reduzieren. Unproduktive Standorte, die für die regionale Wertschöpfung eine geringe Bedeutung haben, sollten bestenfalls bis zum naturnahen Zustand vernässt werden. In diesem Zusammenhang würde eine Emissionsminderungsprämie den Anreiz für die Flächeneigentümer auf ihren Flächen Klimaschutzmaßnahmen durchzuführen deutlich erhöhen.

## 5 Literatur

- [1] DJURHUUS, J. and OLSEN, P. (1997): Nitrate leaching after cut grass/clover leys as affected by time of ploughing. *Soil Use and Management* 13, 61-67.
- [2] MÜLLER, J. (1989): Untersuchungen zur Leistungsdauer von Saatgrasbeständen unter besonderer Berücksichtigung der Wurzelentwicklung. Dissertation, Universität Rostock.
- [3] SCHOLEFIELD, D., HALLING, M., TUORI, M., ISOLATHI, M., SOELTER, U. and STONE, A.C. (2002): Assessment of nitrate leaching from beneath forage legumes. In: Wilkins, R.J. (ed.): *Legume silages for animal production: LEGSIL*, Landbauforschung Völkenrode: Sonderheft 234, 17-25.
- [4] AUGUSTIN, J., MERBACH, W. and ROGASIK, J. (1998): Factors influencing nitrous oxide and methane emissions from minerotrophic fens in northeast Germany. *Biology and Fertility of Soils* 28, 1-4.
- [5] BYRNE, K. A., CHOJNICKI, B., CHRISTENSEN, T. R., DRÖSLER, M., FREIBAUER, A., FRIBORG, T., FROLKING, S., LINDROTH, A., MAILHAMMER, J., MALMER, N., SELIN, P., TURUNEN, J., VALENTINI, R. and ZETTERBERG, L. (2004): EU peatlands: current carbon stocks and trace gas fluxes. Lund: Concerted Action CarboEurope-GHG.
- [6] COUWENBERG, J., THIELE, A., TANNEBERGER, F., AUGUSTIN, J., BÄRISCH, S., DUBOVİK, D., LIASHCHYNSKAYA, N., MICHAELIS, D., MINKE, M., SKURATOVICH, A. and JOOSTEN, H. (2011): Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 674, 67-89.
- [7] DIXON, R.K., BROWN, S., HOUGHTON, R.A., SOLOMON, A.M., TREXLER, M.C. and WISNIEWSKI, J. (1994): Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263, 185-191.
- [8] DRÖSLER, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany. Dissertation, Technische Universität München.
- [9] DRÖSLER, M., FREIBAUER, A., ADELMANN, W., AUGUSTIN, J., BERGMANN, L., BEYER, C., CHOJNICKI, B., FÖRSTER, C., GIEBELS, M., GÖRLITZ, S., HÖPER, H., KANTELHARDT, J., LIEBERSBACH, H., HAHN-SCHÖFL, M., MINKE, M., PETSCHOW, U., PFADENHAUER, J., SCHALLER, L., SCHÄGNER, P., SOMMER, M., THUILLE, A. und WEHRHAN, M. (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis - Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt "Klimaschutz - Moornutzungsstrategien" 2006-2010. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Agrarrelevante Klimaforschung (AK).
- [10] GORHAM, E. (1991): Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications* 1, 182-195.
- [11] HUTCHINSON, G. L. and MOSIER, A. L. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Journal of the Soil Science Society of America* 45, 311-316.
- [12] JOOSTEN, H. (2009): The global peatland CO<sub>2</sub> picture. peatland status and emissions in all countries of the world. *Wetlands International*, Ede.
- [13] KLØVE, B., SVEISTRUP, T. E. and HAUGE, A. (2010): Leaching of nutrients and emission of greenhouse gases from peatland cultivation at Bodin, Northern Norway. *Geoderma* 154, 219-232.
- [14] LAL, R. (2008): Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363, 815-830.
- [15] MALJANEN, M., LIIKANEN, A., SILVOLA, J. and MARTIKAINEN, P. J. (2003): Nitrous oxide emissions from boreal organic soil under different land-use. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 1-12.
- [16] OLESZCZUK, R., REGINA, K., SZAJDAK, L., HÖPER, H. and MARYGANOVA, V. (2008): Impacts of agricultural utilization of peat soils on the greenhouse gas balance. In: M. STRACK (ed.): *Peatlands and climate change*, 70-97, Jyväskylä: International Peat Society.
- [17] RENGER, M., WESSOLEK, G., SCHWÄRZEL, K., SAUERBREY, R. and SIEWERT, C. (2002): Aspects of peat conservation and water management. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165, 487-493.
- [18] ROULET, N., MOORE, T., BUBIER, J. and LAFLEUR, P. (1992): Northern fens: methane flux and climatic change. *Tellus* 44B, 100-105.

- 
- [19] SKINNER, H. and WAGNER-RIDDLE, C. (2012): Micrometeorological methods for assessing greenhouse gas flux. In: Managing agricultural greenhouse gases (2012). Elsevier.
- [20] VAN BEEK, C. L., PLEIJTER, M., JACOBS, C. M., VELTHOF, G. L., VAN GROENIGEN, J. W. and KUIKMAN, P. J. (2010): Emissions of N<sub>2</sub>O from fertilized and grazed grassland on organic soil in relation to groundwater level. *Nutrient Cycling of Agroecosystems* 86, 331-340.

# Wurzelmasse und C-Sequestrierung von Grünland: Einfluss der Phosphor- und Kaliumversorgung

H. Schuch<sup>1)</sup>, F. Taube<sup>1)</sup>, P. Lausen<sup>2)</sup>, E. Techow<sup>2)</sup>, A. Herrmann<sup>1)</sup>

1) Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Grünland u. Futterbau/Ökol. Landbau, 24118 Kiel,  
2) Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 24768 Rendsburg

## 1 Einleitung

Grünland stellt eine wichtige Komponente des globalen C-Kreislaufs dar. Die Netto-C-Bilanz von Grünlandflächen wird von zahlreichen Faktoren, wie beispielsweise der Nutzungsart (Schnitt, Weide) und -häufigkeit, determiniert, welche die ober- und unterirdischen Prozesse beeinflussen. Der C-Eintrag über Wurzelmasse ist dabei eine entscheidende Stellgröße der C-Sequestrierung von Grünlandbeständen. Während der Effekt der N-Versorgung auf das Wurzelwachstum von Grünland relativ gut dokumentiert ist [5], liegen nur wenige Studien zum Einfluss der Grundnährstoffversorgung vor. Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war es daher, den Einfluss der Phosphor- und Kaliumversorgung auf die Wurzelmasseakkumulation und die C-Speicherung von Dauergrünland zu analysieren.

## 2 Material und Methoden

Basis der Untersuchung bildet ein Feldversuch, der 1985 in einem Dt. Weidelgras-dominierten Grünlandbestand auf einem Podsol (Ss, pH 4.8) mit 5 Wiederholungen in der Nähe von Schuby, Schleswig-Holstein, etabliert wurde. Die Phosphor- und Kaliumdüngung wurde in jeweils vier äquidistanten Stufen variiert ( $P_2O_5$ : 0, 45, 90, 135 kg ha<sup>-1</sup> in Form von Superphosphat;  $K_2O$ : 0, 120, 240, 360 kg ha<sup>-1</sup> in Form von KCl), wobei der jeweils andere Nährstoff in der höchsten Gabe appliziert wurde, um einen Nährstoffmangel bezüglich des nicht betrachteten Nährelementes auszuschließen. Die Bestände wurden über 4-Schnitte genutzt und erhielten eine einheitliche N-Düngung von 260 kg N ha<sup>-1</sup> (80-60-60-60) in Form von Kalkammonsalpeter. Die Bestandeszusammensetzung wurde in unregelmäßigen Abständen mittels Nachsaat und Herbizidapplikation manipuliert, um leistungsfähige Bestände zu gewährleisten. Nach 27 Jahren variiertes Nährstoffversorgung wurden Mitte Juli 2012 Bodenproben zur Quantifizierung der C- und N-Gehalte in drei Tiefen (0-30, 30-60, 60-90 cm) entnommen. Die Proben wurden getrocknet, gesiebt (< 2 mm) und gemörsert. Die C- und N-Gehalte wurden mittels CN-Analyser (Vario Max CN, Elementar Analysensysteme, Hanau) bestimmt. Der Gehalt organischen Kohlenstoffs (Corg) wurde als Differenz des Gesamt-C- und Karbonat-C-Gehaltes (SCHEIBLER, DIN ISO 10693) ermittelt. Die Lagerungsdichte wurde in 10-15, 40-45 und 75-80 cm Bodentiefe erhoben. Weiterhin wurden Ende Juli Bodenproben entnommen (Wurzelbohrer, 8 cm Durchmesser), die Wurzelmasse über Auswaschung (0.63 mm Sieb) quantifiziert und der C- und N-Gehalt der Wurzelmasse ermittelt. Ergänzend hierzu erfolgte eine Analyse der oberirdischen Biomasseakkumulation und der Bestandeszusammensetzung (Mai 2012, vor erstem Schnitt) nach [3]. Die P- und K-Gehalte des Bodens wurden mittels DL-Methode in 0-20 cm Bodentiefe in unregelmäßigen Abständen jeweils zu Vegetationsende quantifiziert. Der Effekt der P- und K-Versorgung auf den Corg-Gehalt des Bodens und die Wurzelmasseakkumulation wurde anhand einfaktorieller Varianzanalysen ermittelt, unter Verwendung von SAS 9.2 Proc mixed. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse wurde durchgeführt zur



Quantifizierung der Effekte von Jahr und Nährstoffversorgung auf den TM-Ertrag und die Grundnährstoffgehalte des Bodens, welche in unregelmäßigen Intervallen erfasst worden waren. Multiple Mittelwertvergleiche wurden mittels Tukey-Kramer bzw. t-Test und Bonferroni-Holm-Adjustierung durchgeführt.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Bestandeszusammensetzung wurde in allen Behandlungen durch Gräser dominiert, wie in Abb. 1 dargestellt, was u.a. auf die Nachsaaten und den Herbizideinsatz in den vergangenen Jahren zurückzuführen ist. Weißklee konnte sich vermutlich aufgrund des geringen pH-Wertes des Oberbodens nicht im Bestand etablieren. Ein deutlicher Krautanteil (9.2%) trat nur bei unterlassener P-Versorgung auf, während in den K-Behandlungen der Krautanteil stets unter 1% lag.

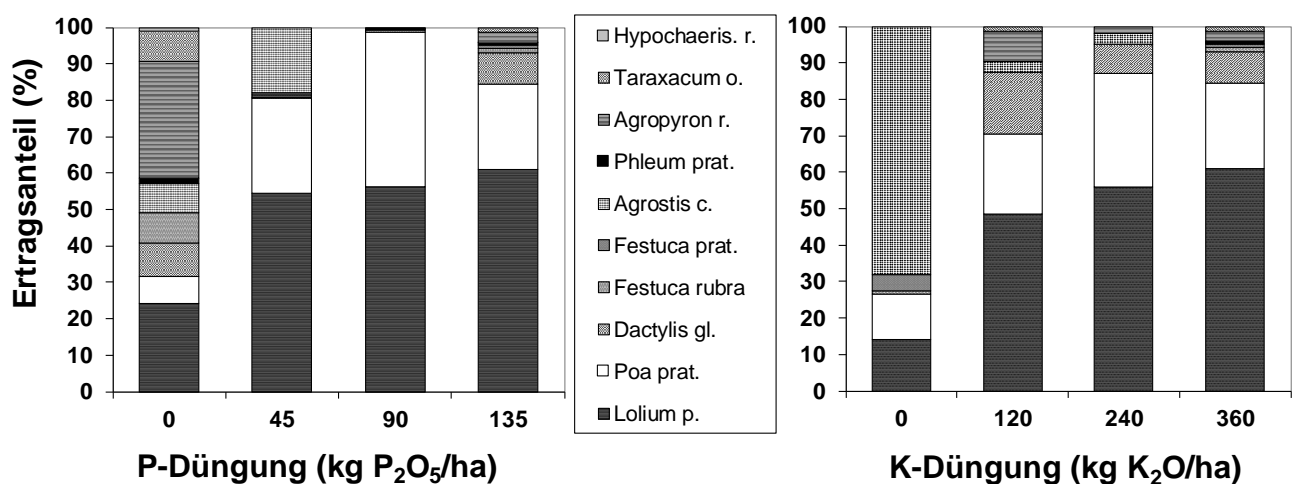


Abb. 1: Bestandeszusammensetzung im ersten Aufwuchs (Mai 2012), quantifiziert als Ertragsanteile nach [3], in Abhängigkeit der langjährig variierten P- und K-Versorgung.

Der jährliche Spross-TM-Ertrag wurde sowohl für die P- als auch K-Düngung signifikant durch die Interaktion von Nährstoffdüngungsniveau und Jahr beeinflusst. Mit Ausnahme zweier Versuchsjahre (2000, 2011), resultierte die P-Düngung in höheren TM-Erträgen als die ungedüngte Kontrolle (P0), wohingegen die Düngestufen P45, P90 und P135 ähnliche Erträge erzielten (Abb. 2). Im Vergleich zur P-Versorgung, resultierte K-Mangel in einer deutlicheren Ertragsreduktion. Abgesehen von den signifikanten Unterschieden zwischen der Kontrolle (K0) und den gedüngten Varianten, erzielte Variante K120 einen signifikant geringeren TM-Ertrag als Varianten K240 bzw. K360 in 6 von 10 Jahren.

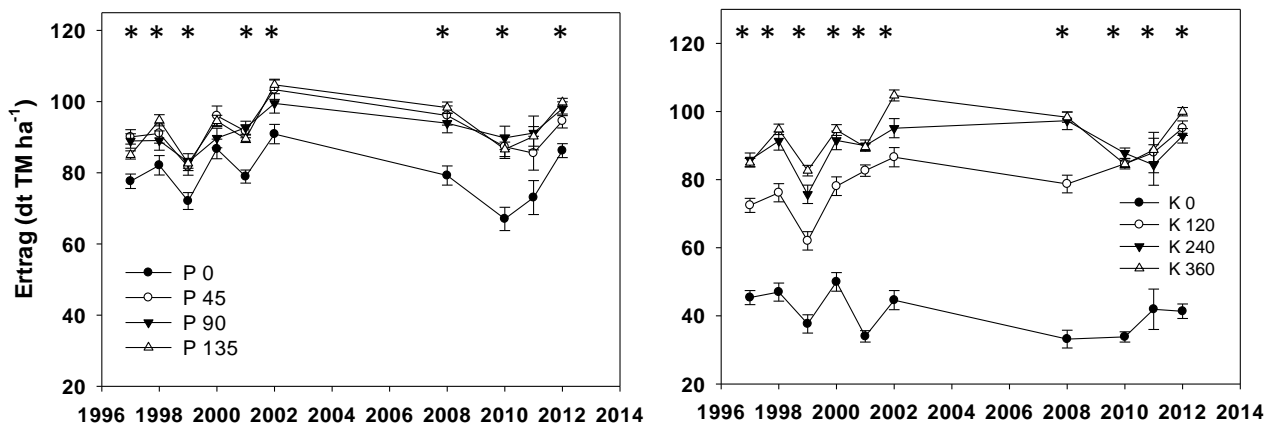


Abb. 2.: Einfluß der P- und K-Versorgung auf den jährlichen TM-Ertrag ( $t\ ha^{-1}$ ), welcher in unregelmäßigen Intervallen zwischen 1997 und 2012 erfasst wurde. Sterne kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Düngestufen innerhalb eines Jahres.

Gemäß der „Functional Equilibrium“-Theorie und dem signifikanten Einfluss der P- und K-Versorgung auf die oberirdische Biomasseakkumulation, hätte man entsprechende Effekte auf die Wurzelmasse und den Corg-Gehalt des Bodens erwarten können. Wie aus zahlreichen Untersuchungen bekannt ist, reduziert Nährstoffmangel die Gesamtbiomasseakkumulation und modifiziert die Biomasseallokation zwischen Pflanzenorganen. Untersuchungen von [2] fanden bei eingeschränkter P-Verfügbarkeit eine Akkumulation von Kohlenhydraten in Blättern sowie eine Veränderung der Biomasseallokation zugunsten der Wurzel. Ähnlich zum P-Mangel scheint auch Kalium-Mangel eine KH-Akkumulation in Blättern zu verursachen, die jedoch aufgrund eines eingeschränkten KH-Exports, in keiner Förderung des Wurzelwachstums resultiert.

Die Wurzelbiomasse variierte zwischen 10 und  $14.7\ t\ OM\ ha^{-1}$  in der obersten Bodenschicht (0-30 cm, s. Tab. 1), und überstieg damit erheblich die Werte ( $6.5\ t\ OM\ ha^{-1}$ ), die auf einer nahe gelegenen über 4-Schnitt genutzten Grünlandfläche ähnlichen Alters (sandiger Lehm) ermittelt wurden [1]. Vermutlich führte regelmäßig während der Vegetationsperiode auftretender Wassermangel zu einem generell höheren Wurzelanteil. Es ist anzumerken, dass eine Differenzierung zwischen lebender und abgestorbener Wurzelmasse aufgrund der eingesetzten Methodik der Wurzelprobenahme (Wurzelbohrer) nicht möglich war. Die Durchwurzelung des Unterbodens (30-60 cm) war generell sehr gering. Eine gesteigerte P- und K-Versorgung förderte tendenziell die in der obersten Bodenschicht akkumulierte Wurzelbiomasse, signifikante Effekte konnten jedoch nicht abgesichert werden (Tab. 1). Offensichtlich wurde die Veränderung in der Biomasseallokation (Wurzel vs Sproß) durch die ertragsreduzierenden Effekte einer reduzierten P- und K-Versorgung, sowie durch Unterschiede in der Bestandeszusammensetzung aufgewogen. Der Corg-Gehalt des Bodens lag im oberen Bereich des in anderen Studien berichteten Wertebereichs ([6], [7]). In Übereinstimmung zur Wurzelmasse, zeigte der Corg-Gehalt des Oberbodens einen tendenziellen Anstieg bei verbesserter Grundnährstoffversorgung. Jedoch konnten nur für die P-Düngung signifikante Unterschiede zwischen der Kontrolle (P0) und den gedüngten Varianten abgesichert werden. Im Unterboden führte eine gesteigerte K-Versorgung tendenziell zu abnehmenden Corg-Gehalten, während für die P-Versorgung kein konsistenter Trend erkennbar war.

Tab. 1: Menge organischen Kohlenstoffs (t C ha<sup>-1</sup>) und aschefreie Wurzelbiomasse (t OM ha<sup>-1</sup>) in Abhängigkeit der Nährstoffversorgung und Bodentiefe. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen zwischen Düngestufen innerhalb einer Bodentiefe.

|  |     | Corg-Gehalt Boden (t C ha <sup>-1</sup> ) |                    |                     | Aschefreie Wurzelmasse (t OM ha <sup>-1</sup> ) |                   |
|--|-----|---|--------------------|---------------------|---|-------------------|
|  |     | 0-30 cm                                   | 30-60 cm           | 60-90 cm            | 0-30 cm   | 30-60 cm          |
| Phosphor-<br>Düngung<br>(kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> ) | 0   | 97.24 <sup>a</sup>                        | 49.49 <sup>a</sup> | 19.68 <sup>ab</sup> | 11.00 <sup>a</sup>                              | 0.44 <sup>a</sup> |
|  | 45  | 109.86 <sup>b</sup>                       | 51.08 <sup>a</sup> | 27.40 <sup>ab</sup> | 12.71 <sup>a</sup>                              | 0.43 <sup>a</sup> |
|  | 90  | 113.44 <sup>b</sup>                       | 64.83 <sup>a</sup> | 32.72 <sup>b</sup>  | 14.69 <sup>a</sup>                              | 0.49 <sup>a</sup> |
|  | 135 | 111.10 <sup>b</sup>                       | 50.79 <sup>a</sup> | 20.54 <sup>a</sup>  | 12.66 <sup>a</sup>                              | 0.51 <sup>a</sup> |
| Kalium-<br>Düngung<br>(kg K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> )                | 0   | 104.42 <sup>a</sup>                       | 60.05 <sup>a</sup> | 31.83 <sup>a</sup>  | 10.03 <sup>a</sup>                              | 0.34 <sup>a</sup> |
|  | 120 | 107.04 <sup>a</sup>                       | 57.65 <sup>a</sup> | 25.29 <sup>a</sup>  | 9.97 <sup>a</sup>                               | 0.44 <sup>a</sup> |
|  | 240 | 109.23 <sup>a</sup>                       | 49.37 <sup>a</sup> | 21.62 <sup>a</sup>  | 12.38 <sup>a</sup>                              | 0.57 <sup>a</sup> |
|  | 360 | 111.10 <sup>a</sup>                       | 50.79 <sup>a</sup> | 20.54 <sup>a</sup>  | 12.66 <sup>a</sup>                              | 0.51 <sup>a</sup> |

Unter den gegebenen Umweltbedingungen war eine langjährige Grundnährstoffversorgung von 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> bzw. 120 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> ausreichend zur Erzielung des Ertragsmaximums. Dies spiegelte sich auch in den P- und K-Gehalten des Bodens wider (Abb. 3). Bei P-Entzügen von 22-24 kg P ha<sup>-1</sup> in der P-Kontrolle bzw. 30-40 kg P ha<sup>-1</sup> in den gedüngten Varianten (Daten nicht präsentiert) zeigte die P-Kontrolle eine P-Abreicherung, während bei einer P-Versorgung von 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> der Bodenphosphatpool weitgehend konstant blieb. Eine P-Anreicherung war erst ab einer Düngung von 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> erkennbar. Einschränkend muss allerdings erwähnt werden, dass bei einer N-Versorgung von 260 kg N ha<sup>-1</sup> das Ertragspotential des weidelgrasdominierten Bestandes vermutlich nicht ausgeschöpft werden konnte. Die Boden-K-Gehalte zeigten eine weniger deutliche Differenzierung in Bezug auf die applizierte K-Düngermenge (Abb. 3). So wies die K-Kontrolle in keinem Jahr signifikante Unterschiede zur Variante K120 und nur in einigen Jahren (1992, 1993, 1994, 1995, 1996) Differenzen zur Variante K240 auf. Die Höchstversorgung (K360) war mit Ausnahme des Jahres 1988 durch signifikant höchste Boden-K-Gehalte charakterisiert. Die beobachteten Effekte sind über die K-Entzüge und -verluste nachvollziehbar. Ein grosser Anteil des über Düngung zugeführten Kaliums wurde über das Erntegut abgefahren (in Variante K360 bis über 300 kg K ha<sup>-1</sup>; Daten nicht dargestellt), während in der Kontrollvariante lediglich ca. 30 kg K ha<sup>-1</sup> entzogen wurden. Dies resultierte in einer Kalium-Düngernutzungseffizienz bis über 80 %. Weiterhin zu berücksichtigen ist ein mit steigender K-Versorgung zunehmendes Risiko der Kaliumauswaschung, welches durch die in den letzten Jahren zunehmenden starken Sommerniederschläge forciert worden sein dürfte. Für leichte Standorte mit hoher Kaliumversorgung konnte ein Auswaschungspotential von bis zu 10 mg (100 g)<sup>-1</sup> Boden dokumentiert werden [4]. Aufgrund potentieller K-Auswaschungsverluste ist der Effekt des Bodenprobenahmeterrains bei der Interpretation von Ergebnissen zur Boden-K-Analyse zu beachten. Eine Anhebung der P- bzw. K-Gehalte auf Gehaltesklasse C ist unter den gegebenen Umweltbedingungen, d.h. leichten Standorten, aus pflanzenbaulicher Sicht nicht erforderlich.

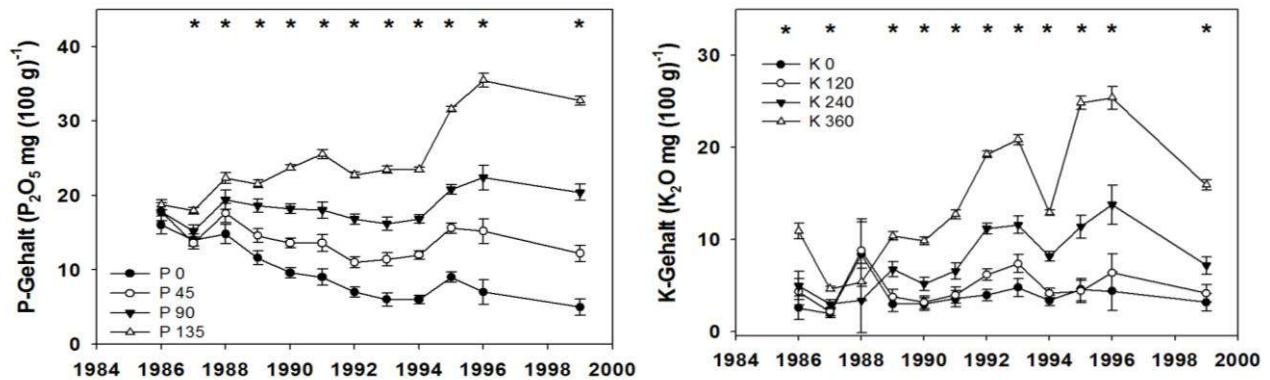


Abb 3.: P- und K-Gehalte des Bodens (mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bzw. K<sub>2</sub>O (100 g)<sup>-1</sup> Boden) in Abhängigkeit der P- und K-Versorgung, welche in unregelmäßigen Abständen zwischen den Jahren 1986 und 1999 erfasst wurden. Sterne kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen Düngestufen innerhalb eines Jahres.

## 4 Schlussfolgerungen

Eine nicht hinreichende P- und K-Versorgung des Grünlandes beeinflusst nicht nur den TM-Ertrag und die Futterqualität, sondern kann auch das C-Sequestrierungspotential des Bodens einschränken. Bei einem mittleren N-Düngungsniveau von 260 kg N ha<sup>-1</sup> genügte allerdings bereits eine P-Düngung in Höhe von 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> um Höchstträge zu erzielen. Eine darüber hinaus gehende P-Versorgung wird im Boden in verfügbarer Form akkumuliert. Im Gegensatz hierzu besteht für eine den K-Bedarf übersteigende K-Versorgung ein hohes Risiko der K-Auswaschung. Eine angepasste Grundnährstoffversorgung von Dauergrünland ist daher unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten anzustreben; die Empfehlungen zur Grunddüngung und insbesondere die Gehaltsklassen sind jedoch, zumindest für sandige Standorte, kritisch zu hinterfragen.

## 5 Literatur

- [1] CHEN, S. (2013): persönliche Mitteilung.
- [2] HERMANS, C., HAMMOND, J.P., WHITE, P.J. and VERBRUGGEN, N. (2006): How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? *Trends in Plant Science* 11, 610-617.
- [3] KLAPP, E. (1965): Grünlandvegetation und Standort. Verlag P. Parey, Berlin, Hamburg.
- [4] MOIR, J., SEIDEL, M. and KAYSER, M. (2013): Potassium dynamics of four grassland soils contrasting in soil K management history. *Grassland Science* 59, 1-10.
- [5] SOUSSANA, J.F., LOISEAU, P., VUICHARD, N., CESCHIA, E., BALESSENT, J., CHEVALLIER, T. and ARROUAYS, D. (2004): Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management* 20, 19-23.
- [6] SPRINGOB, G., BRINKMANN, S., ENGEL, N., KIRCHMANN, H. and BÖTTCHER, J. (2001): Organic C levels of Ap horizons in North Germany Pleistocene sands as influenced by climate, texture, and history of land-use. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 164, 681-690.
- [7] WIESMEIER, M., SPÖRLEIN, P., GEUB, U., HANGEN, E., HAUG, S., REISCHL, A., SCHILLING, B., VON LÜTZOW, M. and KÖGEL-KNABNER, I. (2012): Soil organic carbon stocks in south-east Germany (Bavaria) as affected by land use, soil type and sampling depth. *Global Change Biology* 18, 2233-2245.

# Untersuchungen zur Sämlingsentwicklung unter simulierten Trockenstressbedingungen bei *Lolium perenne*

A. Schum, E. Wünsche

Julius Kühn-Institut, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, OT Groß Lüsewitz,  
Rudolf-Schick-Platz 3, 18190 Sanitz  
[Annegret.schum@jki.bund.de](mailto:Annegret.schum@jki.bund.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Mit dem prognostizierten Klimawandel werden für den mitteleuropäischen Raum ausgeprägte Trockenperioden während des Frühjahrs und Frühsommers vorausgesagt. Daher ist die Verfügbarkeit von Futter- und Rasengräsern mit erhöhter Trockentoleranz von zunehmender Bedeutung. Als Voraussetzung für eine züchterische Verbesserung der Stresstoleranz wird ein breites Spektrum genetischer Ressourcen von *Lolium perenne* in einem Verbundprojekt unter Freiland-, Rain-out Shelter-, Gewächshaus- und Laborbedingungen umfassend in Hinblick auf Trockentoleranzeigenschaften phänotypisiert. Das Spektrum der Untersuchungen umfasst dabei auch Keimungsversuche unter simulierten Trockenstressbedingungen. Mit der vergleichenden Evaluierung der Keimung und der Sämlingsentwicklung bei eingeschränkter Wasserverfügbarkeit sollen genotypische Unterschiede in dem gegenüber Trockenheit besonders sensiblen juvenilen Entwicklungsstadien bei *Lolium perenne* erfasst und mit den Ergebnissen der anderen Untersuchungssysteme korreliert werden.

## 2 Material und Methoden

Die Keimungsteste werden mit 50 aufgrund von Feldbeobachtungen unterschiedlich auf Trockenstress reagierenden *Lolium*-Akzessionen sowie *Festuca*- und *Festulolium*-Referenzsorten durchgeführt. Für die Methodenentwicklung wurden 6 Sorten von *Lolium perenne* ('Activa', 'Arvicola', 'Forza', 'Honroso', 'Respect', 'Toronto'), 2 von *Festuca arundinacea* ('Belfine', 'Lipalma'), 2 von *Festuca pratensis* ('Cosmolit', 'Preval') sowie 2 *Festulolium* Kultivare ('Hykor', 'Lifema') verwendet. Die Keimungsteste werden in Petrischalen auf feuchtem Filtrierpapier durchgeführt, wobei Trockenstress unterschiedlicher Stärke durch Lösungen von PEG 6000 in gestaffelter Konzentration (0, 10, 15, 20, 25%) simuliert wurde. Die Versuche wurden sortenweise nacheinander durchgeführt und dabei jeweils 25 Karyopsen in 8 Wiederholungen pro Variante ausgelegt. Die Inkubation erfolgte im schwachen Licht bei einer Belichtungsdauer von 16 Stunden und einer Temperatur von 20°C, sowie 15 °C in der Dunkelphase. Die Entwicklung der Samen wurde nach 10 und 20 Tagen ausgewertet.

Für das Screening der 50 *Lolium perenne* Akzessionen wird die Sämlingsentwicklung nach 20 Tagen Inkubationszeit erfasst und 5 Kategorien zugeordnet: (1) Wurzeln und Primärblatt vorhanden, (2) Wurzeln und Koleoptilen vorhanden, (3) lediglich Wurzeln vorhanden, (4) nur Koleoptilen vorhanden, (5) keine Keimung. Zudem werden unter den verschiedenen Bedingungen herangewachsene Sämlinge in 30 ml Plastikröhrchen mit Nährlösungen unterschiedlichen Wasserpotentials überführt und dabei in Schaumstoffstopfen fixiert. Auf diese Weise lässt sich insbesondere die weitere Wurzelentwicklung bei reduzierter Wasserverfügbarkeit verfolgen.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels GLM-Prozedur und Tukey HSD Test von SAS 9.2.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Erwartungsgemäß behinderte sinkende Wasserverfügbarkeit – also steigende PEG-Konzentrationen – die Keimung zunehmend. Die Wurzelentwicklung ging generell bei allen PEG-Konzentrationen der Koleoptilentwicklung voraus. Die Grafiken A und B der Abb. 1 zeigen die mittlere Anzahl an Samen, die nach 10 und 20 Tagen Inkubationszeit Keimwurzeln und Koleoptilen entwickelt hatten. Es wird deutlich, dass höhere PEG-Konzentrationen die Keimung nicht vollständig unterbinden, sondern auch verzögern. Während bei der Kontrolle und den niedrigen PEG-Konzentrationen von 10 und 15 % die maximalen Keimungsraten bereits nach 10 Tagen erreicht sind, sind bei den höheren Konzentrationen von 20 und 25 % noch beträchtliche Zunahmen während der nächsten 10 Tage zu verzeichnen. Daher muss für das Genotypenscreening die für Keimprüfungen übliche Inkubationszeit von 10 auf 20 Tage verlängert werden. Auffällig sind die großen Standardabweichungen bei den hohen PEG Konzentrationen. Diese sind darauf zurückzuführen, dass sich die Samenkeimung hier eventuell aufgrund innerartlicher Allelopathie stets auf einige Petrischalen beschränkte, während in anderen die Keimung vollständig unterblieb. Aus diesem Grund ließen sich auch bei augenfälligen Unterschieden der Keimungszahlen nicht immer statistisch signifikante Unterschiede nachweisen.

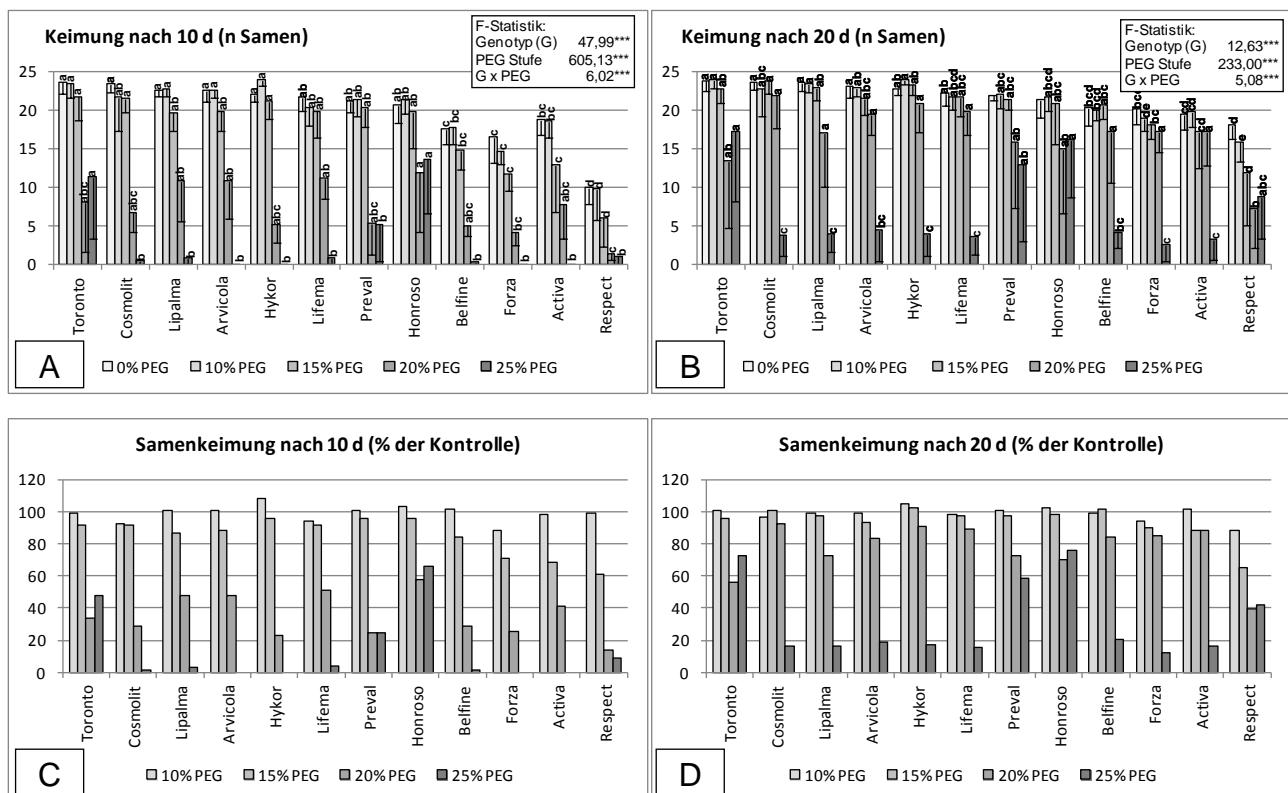


Abb. 1: Samenkeimung verschiedener Grassorten bei fortschreitend reduzierter Wasserverfügbarkeit nach 10 und 20 Tagen Inkubationszeit. Säulen innerhalb einer PEG-Konzentrationsstufe, die mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet sind, unterscheiden sich nach Tukeys HSD Test signifikant ( $p=0,05$ ). Die prozentualen Werte der unteren Grafiken (C und D) wurden aus den in den oberen Grafiken (A und B) dargestellten Mittelwerten berechnet.

Es zeigte sich, dass das Ausmaß der Keimungsbeeinträchtigung durch PEG je nach Genotyp unterschiedlich ist. Zu berücksichtigen ist die generell unterschiedliche Keimfähigkeit der Sorten, so dass die Genotyp spezifische Reaktion durch Berechnung der Keimungsraten in Relation zur jeweiligen Kontrolle (0% PEG) in den Grafiken C und D der Abb. 1 verdeutlicht wird. Generell setzt eine

Keimungshemmung erst ab einer PEG-Konzentration von 15 % ein. Die beste Differenzierung zwischen den Genotypen ist bei einer PEG Konzentration von 25 % gegeben. Insbesondere die Weidelgrassorten 'Toronto' und 'Honroso' zeigten auch noch bei 25 % PEG eine gute Keimfähigkeit. Ein Zusammenhang zwischen Keimungsverhalten unter Trockenstress und den geprüften botanischen Spezies lässt sich aufgrund der bisherigen Ergebnisse nicht feststellen. Die *Festuca* Sorten 'Cosmolit', 'Belfine', 'Lipalma' und 'Preval' sowie die *Festulolium* Sorten 'Hykor' und 'Lifema', welchen als adulte Pflanzen im Vergleich zu *Lolium* eine höhere Trockenresistenz zugesprochen wird, zeigten bei den Keimungsversuchen unter simulierten Trockenstressbedingungen keine durchgängig höhere Toleranz.

Es wurde weiterhin geprüft, ob durch die unterschiedliche Keimkraft verschiedener Saatgutchargen Genotyp-abhängige Reaktionen in Hinblick auf simulierten Trockenstress überlagert werden. Abb. 2 zeigt die relativen Keimungsraten (% der jeweiligen Kontrolle) in 25% PEG nach 20 Tagen Inkubationszeit. Es wird deutlich, dass innerhalb einer Sorte die Keimfähigkeit unter Trockenstress tatsächlich mit der Saatgutprobe variiert. So war die Keimungsbeeinträchtigung in 25% PEG bei den vier überprüften Chargen von 'Preval' deutlich größer und die der Charge b von 'Arvicola' geringer als in der in Abb. 1 dargestellten Prüfung. Die bereits in den vorherigen Versuchen positiv auffälligen Sorten 'Toronto' und 'Honroso' zeichneten sich jedoch auch hier durch regelmäßig hohe Keimungszahlen aus. Das bedeutet, dass Ergebnisse von Keimungsprüfungen unter simulierten Trockenstress nur einen ersten Hinweis auf gegebene Toleranzen darstellen können und anhand weiterer Saatgutchargen zu verifizieren sind.

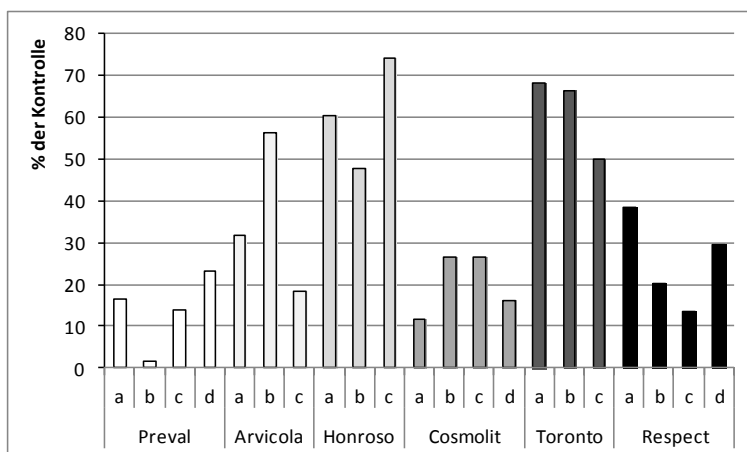


Abb. 2: Relative Keimungsraten unterschiedlicher Saatgutchargen ausgewählter Genotypen in Gegenwart von 25 % PEG 6000.

Versuche mit 30% PEG ergaben, dass bei dieser Konzentration offensichtlich der Toleranzrahmen überschritten ist. Bei keiner der bislang geprüften Akzessionen wurde hier noch eine Keimung beobachtet. Aufgrund der dargestellten Ergebnisse werden für das Genotypenscreening neben der Kontrolle PEG-Konzentrationen von 15, 20 und 25 % verwendet. Durch die Klassifizierung in verschiedene Entwicklungsstadien ergeben sich neben den eigentlichen Keimungsraten spezifische Profile für jeden Genotyp, die einen Sortenvergleich nicht nur hinsichtlich der Keimfähigkeit sondern auch hinsichtlich der Entwicklungsgeschwindigkeit ermöglichen (Abb. 3).

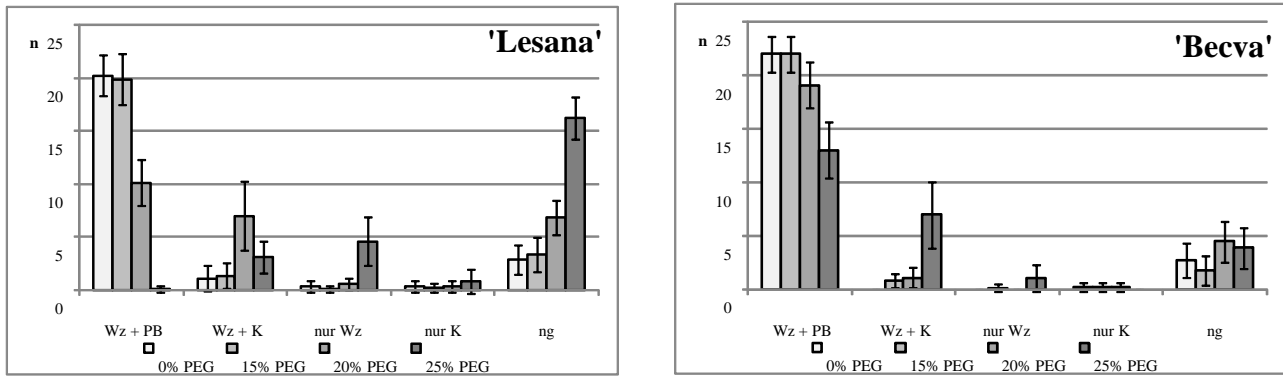


Abb.3: Keimungs- und Entwicklungsprofile von zwei *Festulolium* Sorten bei sinkender Wasserverfügbarkeit nach 20 Tagen Inkubationszeit.

Erste vergleichende Untersuchungen zeigten eine starke Beeinträchtigung der Wurzelentwicklung unter Wassermangelstress. Diese manifestiert sich sowohl in der Gesamtlänge als auch in der Verzweigungsrate (Abb. 4). Im Rahmen des Genotypenscreenings soll ein Hauptaugenmerk auf die Identifikation von Genotypen mit einer für Trockenstressbedingungen vorteilhaften Modulation der Wurzelarchitektur gelegt werden. Die Stimulierung von Wurzelwachstum und Induktion von Seitenwurzeln durch Trockenstress werden als Mechanismus von Trockentoleranz diskutiert ([2], [1]).

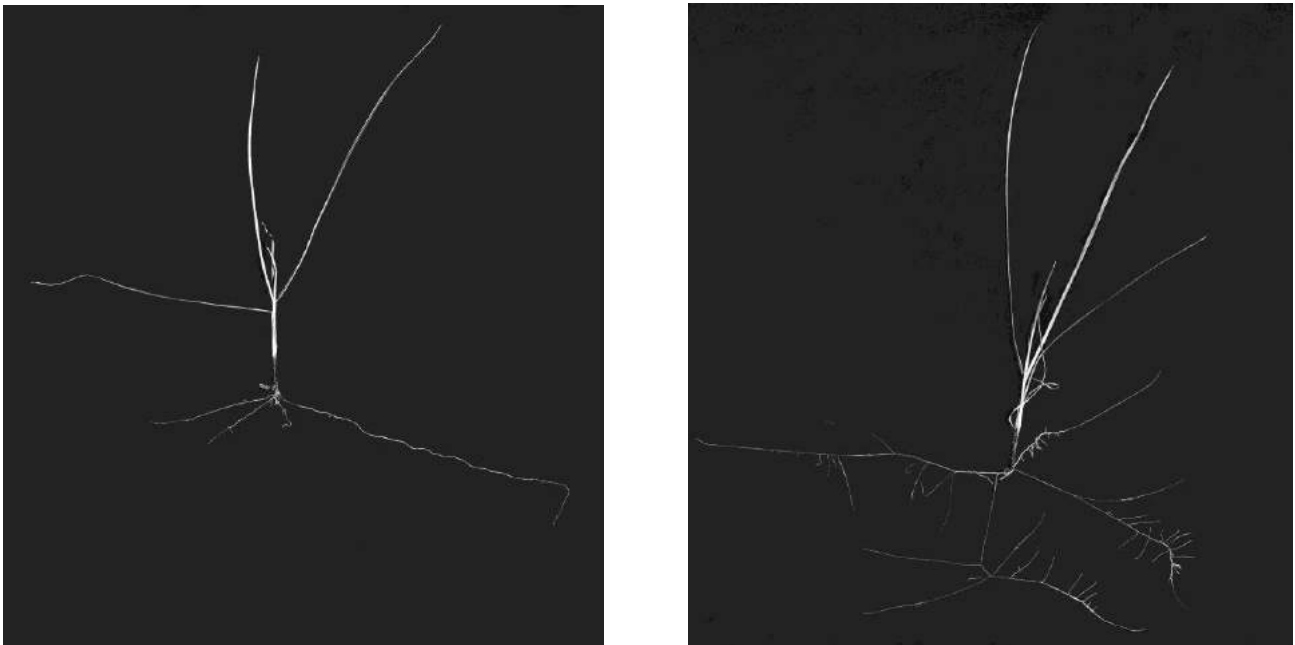


Abb. 4: Wurzelentwicklung von Sämlingen (GR8611) in Nährlösungen unter Wassermangelstress (links mit 20 % PEG 6000) im Vergleich zur Kontrolle (rechts)

## 4 Schlussfolgerungen

Steigende PEG Konzentrationen führen zu einer kontinuierlichen Beeinträchtigung der Keimfähigkeit von *Lolium*, *Festuca* und *Festulolium* Genotypen. Eine Keimungshemmung setzt erst ab PEG Konzentrationen von 15% ein, höhere Konzentrationen führen zu deutlichen Keimungsverzögerungen. Daher muss für verlässliche Aussagen über die Keimfähigkeit unter simulierten Trockenstressbedingungen die für Keimprüfungen übliche Inkubationszeit von 10 auf 20 Tage verlängert werden. Die beste Differenzierung der Genotypen war bei PEG Konzentrationen von 25% gegeben, bei 30% wurde bei keiner der geprüften Sorten noch eine vollständige Keimung beobachtet. Es konnten Ge-



notyp bedingte Unterschiede der Keimfähigkeit unter simuliertem Trockenstress nachgewiesen werden, jedoch wird für eine endgültige Charakterisierung von Toleranzen die Berücksichtigung verschiedener Saatgutchargen erforderlich sein.

## **5 Danksagung**

Die dargestellten Arbeiten wurden im Rahmen eines durch die Innovationsförderung des BMELV finanzierten Verbundprojektes zwischen der Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung (GFP) und wissenschaftlichen Institutionen (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft LfL Freising, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung IPK Gatersleben, Julius Kühn-Institut JKI Quedlinburg) durchgeführt.

## **6 Literatur**

- [1] HODGE, A., BERTA, G., DOUSSAN, C., MERCHAN, F. and CRESP, M. (2009): Plant root growth, architecture and function. *Plant and Soil* 321, 153-187.
- [2] MALAMY, J.E. (2005): Intrinsic and environmental response pathways that regulate root system architecture. *Plant, Cell & Environment* 28, 67-77.

# Drinking water intake of grazing steers – a role for environmental factors controlling canopy wetness?

L.Z. Sun, K. Auerswald and H. Schnyder

Technische Universität München Lehrstuhl für Grünlandlehre, Alte Akademie 12,  
85350 Freising-Weihenstephan, Germany  
Corresponding author: Karl Auerswald.  
[auerswald@wzw.tum.de](mailto:auerswald@wzw.tum.de)

## 1 Introduction

Grazing cattle obtain water by ingesting moist forage. Drinking compensates for lack of water in grazed forage ([1] [4]), particularly in thermo-neutral conditions [3]. Forage moisture includes (internal) tissue water and surface moisture, such as intercepted rain, guttation water, dew from dewfall (atmospheric origin) or dewrise (soil). Guttation [2] and dewrise are potentially important under moist soil conditions.

## 2 Materials and Methods

### Site

Permanent pasture at Grünschwaige [5], dominated by *Lolium perenne* and *Poa pratensis*, with abundant opportunities for shade, maintained at compressed sward height of 5 cm ( $\pm 0.9$  cm SD).

### Grazing experiment

All-day pasture during entire grazing seasons of 2010 and 2011, with ten (2010) and nine (2011) Limousin steers, aged  $16 \pm 4$  months, with initial body weight  $411 \pm 91$  kg, having *ad libitum* ac

### Climate

Annual mean air temperature:  $9.0$  °C ( $\pm 0.8$  °C); annual precipitation:  $775$  mm ( $\pm 130$  mm).

Plant available soil water (PAW, mm) was estimated for every day according to [5].

### Dry days and wet days

Wet days  $> 2$  mm rain on corresponding day and previous day

Dry days  $< 0.2$  mm of rain on corresponding and previous day.

### 3 Results

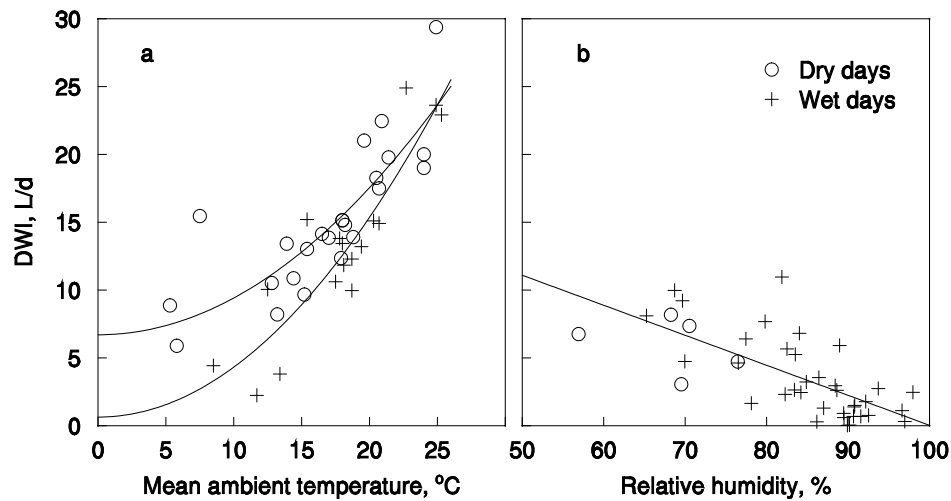


Fig. 1: Drinking water intake (DWI) of dry days and wet days for (a) dry soils (PAW < 30% of PAW capacity) related to daily mean ambient temperature of dry days and wet days (b) wet soils (PAW > 95 % of PAW capacity) related to relative humidity of dry days and wet days.

With dry soil (PAW < 30% PAW capacity), DWI correlated closely with daily mean ambient temperature on both dry days and wet days (Fig. 1a). At same temperature, the DWI was always lower on wet days than on dry days, if temperature was >25 °C. The largest difference between dry and wet days of 4.4 L/d occurred when temperature was <10 °C. On hot days (>25 °C), rain had virtually no effect on DWI (Fig. 1a).

On wet soil (PAW > 95% PAW capacity), DWI decreased linearly with increasing relative humidity, and reached zero at a relative humidity near 100 % (Fig. 1b).

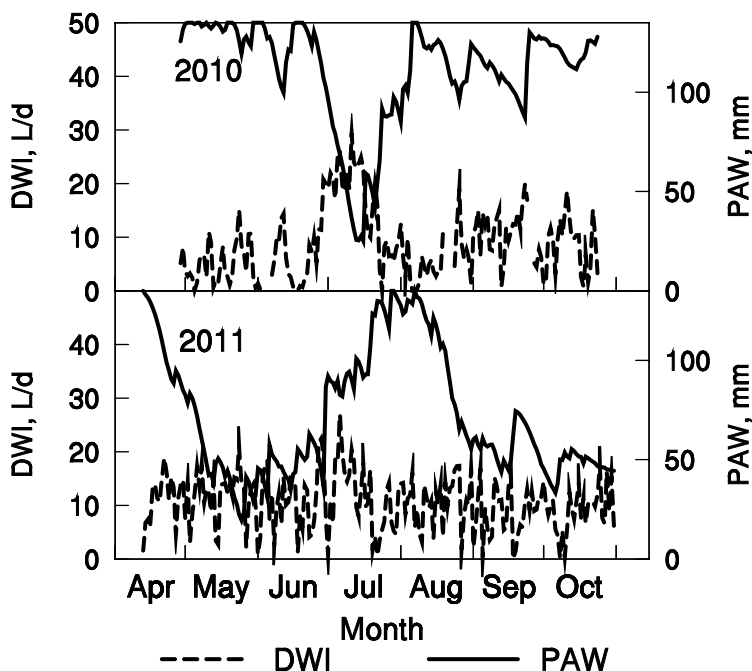


Fig. 2: Plant available soil water (PAW) and daily drinking water intake (DWI) during the grazing seasons of 2010 and 2011.

Variations in PAW covered a large range in both years, from 20 mm to field capacity at 135 mm, but with very different seasonal patterns (Fig. 2). In both years, the fluctuations of DWI displayed an inverse pattern relative to PAW, especially at short time-scales (Fig. 2).

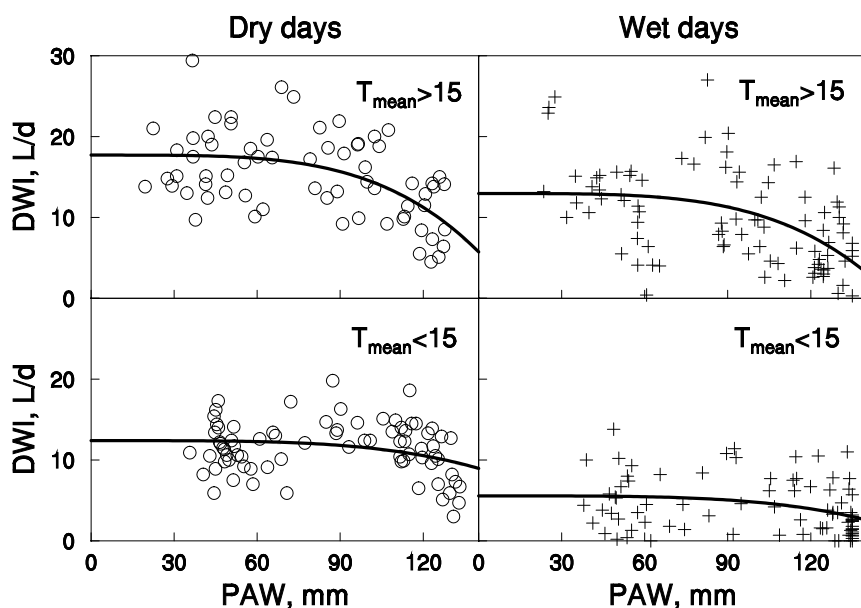


Fig. 3: Relationship between the daily drinking water intake (DWI) and plant available soil water (PAW) for dry days and wet days at high (> 15 °C) and low (< 15 °C) mean ambient temperature ( $T_{\text{mean}}$ ).

In general, PAW exerted a negative effect on DWI (Fig. 3). DWI decreased little until PAW increased up to about 70 mm, and then decreased sharply. This effect of PAW on DWI was particularly evident when mean ambient temperature exceeded 15 °C. DWI on wet days was lower than that on dry days under similar weather conditions (mean ambient temperature either above or below 15 °C).

## 4 Conclusion

The results are consistent with the notion that DWI balances the water intake with the grazed grass and thus depends on internal and external moisture content. Thus, drinking water intake of individual steers at pasture correlated with soil and weather factors that affect plant water status and surface-moisture formation and persistence. The most striking effects on DWI resulted from (combinations or contrasts of) dry or wet soil conditions, rainfall events (yes or no), and relative humidity of the air.

## 5 Literature

- [1] CASTLE ME. (1972): Journal of the British Grassland Society 27, 207-210.
- [2] HUGHES RN and BRIMBLECOMBE P. (1994): Agricultural and Forest Meteorology 67, 173-190.
- [3] KHELIL-ARFA, H. et al. (2012): Animal 6, 1662-1676.
- [4] KUME, S. et al. (2010): Livestock Science 128, 46-51.
- [5] SCHNYDER, H. et al. (2006): Global Change Biology 12, 1315-1329.

# Erste Ergebnisse zur Erfassung der genetischen Diversität für das Merkmal „Trockenstresstoleranz“ bei Deutschem Weidelgras in Feldversuchen

Wosnitza, A.<sup>1)</sup>, Hartmann, S.<sup>1)</sup>, Feuerstein, U.<sup>2)</sup>, Luesink, W.<sup>3)</sup>, Schulze, S.<sup>4)</sup> und Willner, E.<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Am Gereuth 4, 85354 Freising

<sup>2)</sup>Deutsche Saatveredelung, Steimker Weg 7, 27330 Asendorf

<sup>3)</sup>Norddeutsche Pflanzenzucht H.-G. Lembke KG, Inselstr. 15, 23999 Malchow/Poel

<sup>4)</sup>SAATZUCHT STEINACH GmbH & Co KG, Station Bornhof, Klockower Straße 11, 17219 Bocksee

<sup>5)</sup>IPK Gatersleben, Inselstr. 9, 23999 Malchow/Poel

[Andrea.Wosnitza@LfL.Bayern.de](mailto:Andrea.Wosnitza@LfL.Bayern.de), [Stephan.Hartmann@LfL.Bayern.de](mailto:Stephan.Hartmann@LfL.Bayern.de)

## 1 Ziel des Projektes

In der Pflanzenproduktion zählt die Trockenheit zu den bedeutendsten limitierenden Faktoren. Als Folge der globalen Erwärmung und des Klimawandels wird auch in naher Zukunft in Deutschland mit Dürreperioden zu rechnen sein. Der Einsatz von Feldbewässerungen ist ökonomisch und ökologisch für viele Kulturen nicht sinnvoll und aufgrund der geringen Wassereffizienz nicht vertretbar. Daher wird es für die Pflanzenzüchtung von großer Bedeutung sein, Sorten mit Toleranzen gegen abiotischen Stress, wie z.B. dem Trockenstress, zu züchten.

Bei den Weide- und Futtergräsern ist auf eine Trockenstresstoleranz besonders zu achten, da es sich hier um mehrjährige Kulturen handelt und eine Stabilität über die Jahre im Ertrag und in der Pflanzenszusammensetzung der Bestände notwendig ist. Zudem erfahren Gräser ihre Verwendung sehr oft in klimatisch oder ackerbaulich ungünstigen Lagen als Grünland, dort wo andere Ackerkulturen nicht bzw. nicht mehr anbauwürdig oder rentabel sind.

In diesem Projekt sollen die Grundlagen zur Entwicklung von molekularen und physiologischen Markern für einen hohen Züchtungsfortschritt erarbeitet werden. Als Modellpflanze wurde dafür *Lolium perenne* L., das Deutsche Weidelgras, ausgewählt. Ziel ist es, innovative Strategien für die Pflanzenzüchtung zu entwickeln, um die Selektion von Kulturpflanzen mit erhöhter Leistung und –stabilität unter schwierigen Umweltbedingungen zu verkürzen und zu erleichtern.

## 2 Material und Methoden

Im August 2011 startete das Projekt als Forschungsverbund, das folgende Forschungseinrichtungen und Wirtschaftspartner umfasst:

- Julius-Kühn-Institut (JKI) - Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz
- Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) Gatersleben/Genbank AG Teilsammlungen Nord
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Abteilung Futterpflanzen
- Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e. V. (GFP) Abteilung Futterpflanzen
- Euro Grass Breeding GmbH & Co. KG

- Norddeutsche Pflanzenzucht Hans-Georg Lembke KG
- Saatzucht Steinach GmbH & Co. KG

Ausgegangen wird von einem Grundsortiment, das 200 Akzessionen und Sorten umfasst. Das Saatgut wurde von der Genbank bzw. den Züchtern bezogen. Es umfasst 186 Akzessionen (im Weiteren auch Genotypen genannt) und Sorten Deutsches Weidelgras, zehn Festulolium- und je zwei Rohr- und Wiesenschwingelsorten. Das Sortiment Deutsches Weidelgras beinhaltet sowohl Futter- als auch Rasentypen. In der Prüfung sind verschiedene Ploidiestufen vertreten.

Im August 2011 startete das Arbeitspaket 1 (AP 1, Tab. 1) mit der vollständigen Prüfgliederzahl an fünf trockenheitsrelevanten Standorten, vier in Deutschland (Malchow und Kaltenhof - Insel Poel, Bocksee, Weidenbach/Triesdorf) und einer in Frankreich (Les Rosiers sur Loire; Abb. 1).

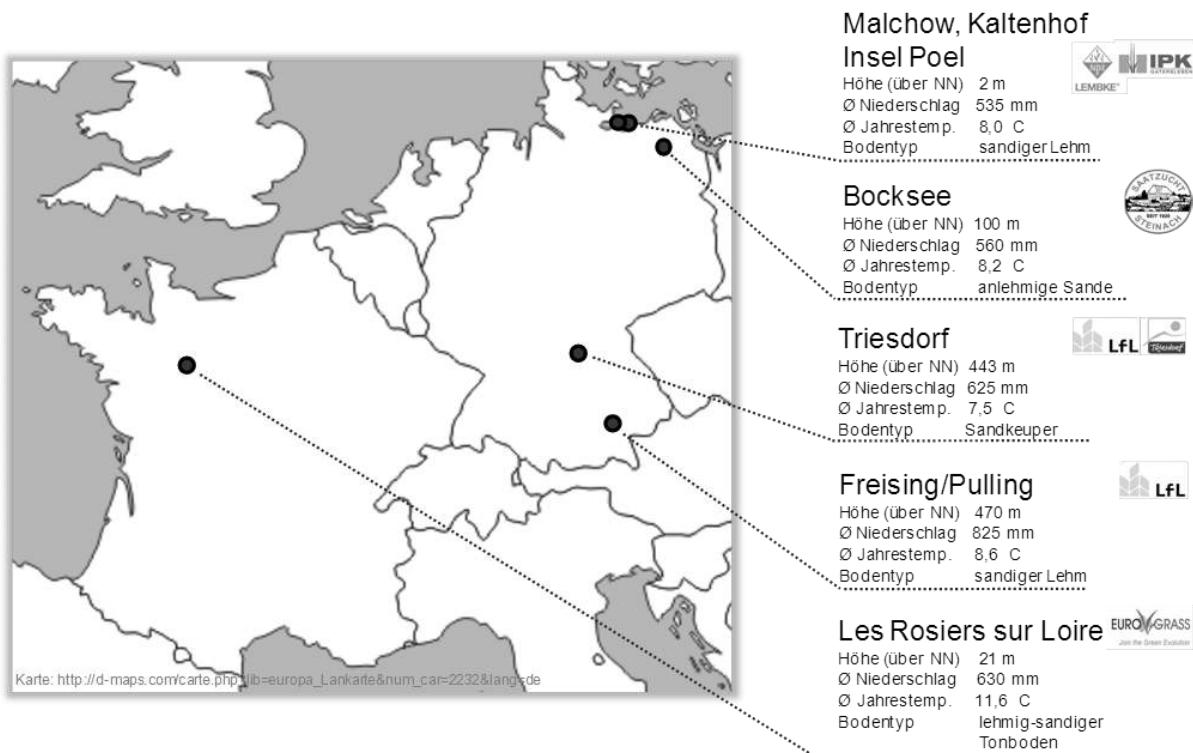


Abb. 1: Lage der Projekt-Standorte

Diese Bonituren bildeten die Grundlage für die Auswahl von 50 divergierenden Genotypen und Sorten aus dem Gesamtsortiment. Seit Anfang Oktober 2012 werden diese 50 Genotypen in zwei Rain-out-Sheltern, in der Nähe von Freising (Bayern) und in Kaltenhof/Insel Poel (Mecklenburg-Vorpommern), unter kontrollierten Trockenstressbedingungen im Rahmen des AP 3 getestet.

Für das AP 2 wurden wiederum 20 besonders vielversprechend divergierende Genotypen aus den 50 Genotypen bzw. Vergleichssorten des AP 3 ausgewählt. Sie wurden im September 2012 an vier Standorten (Malchow, Bocksee, Triesdorf, Les Rosiers sur Loire) angelegt und werden als Leistungsprüfung über drei Jahre beobachtet.

In AP 4 werden Labor- und Gewächshausprüfungen mit den 50 vorselektierten und divergierenden Genotypen aus AP 3 durchgeführt. Dazu wurden die Pflanzen verklont, um identisches Pflanzenmaterial zu haben. Durch diese Untersuchungen werden physiologische Daten zum Trockenstress identifiziert und erfasst. Weiterführend werden Keimungsversuche durchgeführt, es findet eine Simulation von Trockenstress mit Hilfe des PEG-Hydroponik-Systems statt und es werden Untersuchungen zum Wassersättigungs- und Resaturationsdefizit unternommen. Ergebnisse dieser Arbeiten werden im Rahmen der AGGF-Tagung 2013 in einem eigenen Poster dargestellt werden.

Abschließend werden in AP 5 die gewonnenen Daten und Erkenntnisse gesammelt, zusammengefasst und verrechnet. Wertvolles Pflanzenmaterial soll für weiterführende molekulare und quantitativ-genetische Untersuchungen nach den Prüfungen zur Verfügung stehen.

Tab. 1: Übersicht über die fünf Arbeitspakete (AP)

| Arbeitspaket (AP) |   | Partner                | Umfang  | Zeitplan  |
|-------------------|---|------------------------|---|-----------|
| AP 1              | Feldprüfungen unter natürlichem Trockenstress               | LfL, IPK, Züchter      | 200 Akzessionen und Sorten an fünf Standorten | 2011-2014 |
| AP 2              | Leistungsprüfungen unter Trockenstress („Subset B“)         | LfL, Züchter           | 20 Akzessionen und Sorten an vier Standorten  | 2012-2014 |
| AP 3              | Feldprüfung unter kontrolliertem Trockenstress („Subset A“) | LfL, IPK, Züchter      | 50 Akzessionen und Sorten an zwei Standorten  | 2012-2014 |
| AP 4              | Labor- und Gewächshausprüfungen                             | JKI                    | 50 Akzessionen und Sorten                     | 2012-2014 |
| AP 5              | Informations- und Wissenstransfer sowie Materialsicherung   | LfL, IPK, JKI, Züchter |   | 2013-2015 |

Hochdifferenzierende Phänotyp-Profile sollen erarbeitet und Material und Methoden den Züchtern weitergegeben werden, um die Effizienz der Selektion in den Zuchtprogrammen zu erhöhen. Ziel ist es, die Selektionszeit zu verkürzen und weiterführende Arbeiten oder Ableitungen für andere Pflanzenarten zu diesem Thema durchführen zu können.

Bis Ende August 2012 konnten ein bis zwei aussagekräftige Trockenstress-Bonituren an einzelnen Standorten durchgeführt werden. Nach einer statistischen Auswertung der Trockenstress-Toleranz über alle Orte konnten 50 divergierende Akzessionen und Sorten identifiziert werden, die für die Arbeitspakete 2, 3 und 4 im Gewächshaus aus Samen angezogen und bei geeigneter Größe verklont wurden. Das Sortiment umfasste Sorten bzw. Akzessionen der Grasarten Deutsches Weidelgras, Rohrschwengel, Wiesenschwengel und *Festulolium*. Die Klone wurden an die zuständigen Partner weiter geleitet.

### 3 Bisherige Ergebnisse

Für AP 1 war 2012 das erste Hauptnutzungsjahr. Dennoch mussten bereits grundlegende Entscheidungen für alle weiteren Arbeitspakete getroffen werden. Dies ist auch der Grund für die Umfänge der Sortimente von AP 2, 3 und 4. Erst eine Zusammenschau der bis Vegetationsende 2013 insgesamt erhobenen Daten der AP'e wird gesicherte Aussagen zu den getroffenen Gruppenbildungen geben können und davon abgeleitete erste Ergebnisse ermöglichen.

Der Mittelwert der Trockenstress-Bonitur über alle Standorte in AP 1 zeigt eine Spanne der Boniturnote von 2,8 – 5,7 (Abb. 2). Einige Akzessionen und Sorten verhalten sich bezüglich der Trockenstress-Toleranz über die verschiedenen Standorte homogen, der Großteil aber zeigt eine starke Variabilität über die Einzelstandorte. Der sehr kalten Winter zum zweiten Hauptnutzungsjahr 2013 machte den Grasbeständen an einigen Standorten durch Schneeschimmel und Kahlfröste stark zu schaffen. Erste Ausfälle haben sich dadurch ergeben, die vom Projektzielmerkmal „Trockenstress“ abzugrenzen sind.

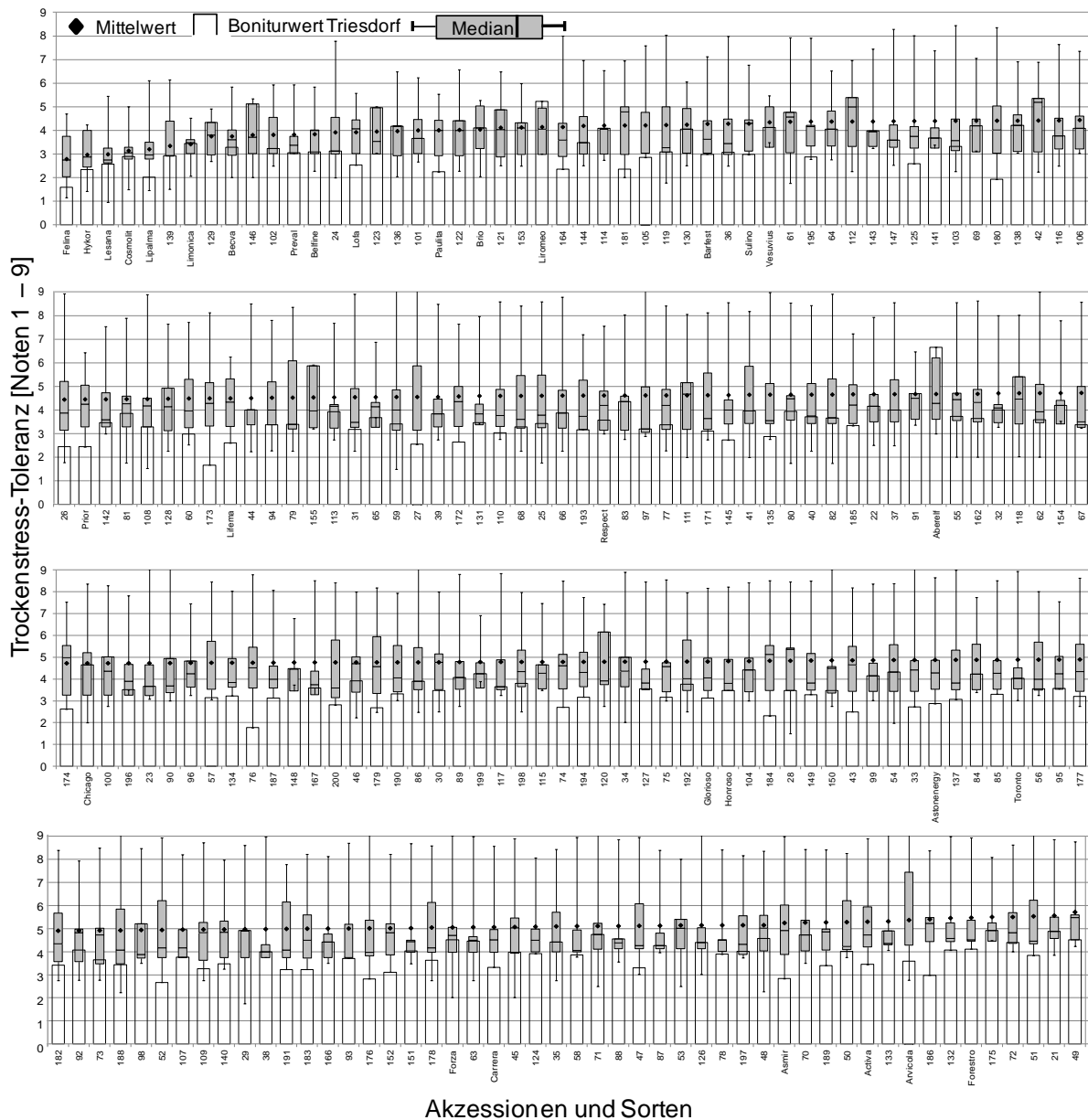


Abb. 2: Die Boxplot-Darstellung aller geprüften Akzessionen und Sorten in AP 1 zeigt die Ergebnisse der Trockenstress-Toleranz-Bonitur von 2012 über alle fünf Standorte (Note 1 (hoch tolerant) bis 9 (Trockenstress-anfällig)). Die Sortierung erfolgt nach aufsteigendem Mittelwert. Die weißen Säulen unter den Boxplots geben die Bonitur am Einzelstandort Triesdorf wieder.

Die Leistungsprüfung des AP 2 (20 Akzessionen und Sorten an vier Standorten) befindet sich derzeit in ihrem ersten Hauptnutzungsjahr, detaillierte Ergebnisse stehen daher erst Ende 2013 zur Verfügung.

Für Folgeprojekte werden laufend Blattproben für weiterführende DNA-Analysen aus AP 3 entnommen.

Das Projekt wird aus Mitteln des BMELV gefördert.



# **Einfluss der Aufwuchszusammensetzung und des Erntezeitpunktes in Mono- und Mischfermentation von Grünlandbiomasse zur Biogaserzeugung**

D. Andrade<sup>1)</sup>, T. Barufke<sup>1)</sup>, S. Hartmann<sup>2)</sup> und A. Weber<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,  
Vöttinger Str. 36, 85354 Freising

<sup>2)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,  
Am Gereuth 8, 85354 Freising  
[diana.andrade@lfl.bayern.de](mailto:diana.andrade@lfl.bayern.de)

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Im Kontext der Erhaltung der Kulturlandschaft in Bayern ist eine zentrale Fragestellung die alternative Nutzung von Grünland-Biomasse, die in Zukunft nicht mehr als Futtergrundlage für die Viehhaltung benötigt wird. Die Verwertung dieser Grünlandaufwüchse als alternative Einsatzstoffe zur Biogaserzeugung ist im EEG 2012 jedoch nur unzureichend berücksichtigt. Um die technische und ökonomische Realisierungsmöglichkeit der Grünlandnutzung durch Biogasanlagen abschätzen zu können, hat das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten die LfL Ende 2009 mit der Ausarbeitung und Durchführung eines Forschungsprojektes beauftragt. In dieser Studie konnte festgestellt werden, dass der Grundfutterbedarf im Prognosezeitraum bis 2020 um ca. 1,9 Mio. Tonnen sinkt, wenn die Rationszusammensetzungen sich nicht wesentlich verändern. Je nach Szenario werden im Zieljahr rund 165 000 ha bis 200 000 ha Grünland und knapp 71 000 ha Ackerfutterfläche für die Versorgung der Rauhutterfresser nicht mehr benötigt und stehen für eine alternative Nutzung zur Verfügung [1].

In der Praxis ergeben sich häufig Probleme bei der Fermentation von Grünland-Biomasse aufgrund der schwierigen Prozesssteuerung sowie der geringen langfristigen Prozessstabilität. Ein Grund dafür sind die hohen Proteingehalte im Substrat, die zu hohen Ammoniumkonzentrationen während des anaeroben Abbaus führen. In Abhängigkeit von der Betriebstemperatur und dem pH-Wert wird während der Fermentation Ammoniak frei gesetzt, das sich hemmend auf die Mikroorganismen im anaeroben Abbauprozess auswirken kann. Forschungsbedarf ist auf diesem Gebiet zeitnah gegeben. Die toxische Wirkung von Ammoniak im Biogasprozess wurde in zahlreichen Forschungsarbeiten bereits untersucht. Als zentraler Parameter wurde dabei das Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis (kurz: C/N-Verhältnis) des Substrates identifiziert, wobei bei der Vergärung von Grünlandaufwüchsen insbesondere ein hoher Stickstoffanteil problematisch ist. Deshalb stellt sich die Frage, inwiefern durch eine gezielte Einflussnahme auf die Zusammensetzung des Grünlandmaterials bereits vor der Vergärung die Anfälligkeit für Instabilitäten vermindert werden kann. Die Möglichkeiten der Einflussnahme erstrecken sich dabei von der Sortenwahl und/oder Sortenmischung bis zur Wahl des Erntezeitpunktes.

Die am Institut für Landtechnik und Tierhaltung der LfL durchgeführten Experimente zielen darauf ab, diese Aspekte systematisch zu untersuchen. Geprüft wird der Einfluss einer Substratmischung mit einem hohen Anteil von Grünlandbiomasse auf den biologischen Prozess bei der anaeroben Vergärung.

Im vorliegenden Vorhaben werden die folgenden Forschungsbereiche bearbeitet.

- a. Beurteilung der Einflüsse der Aufwuchszusammensetzung und des Erntezeitpunkts von Grünland-Biomasse in Mono- und Mischfermentation auf die Biogaserzeugung.
- b. Identifizierung von geeigneten Überwachungsparametern für die rechtzeitige Erkennung einer Prozessstörung bei der anaeroben Vergärung von Grünlandaufwüchsen.
- c. Ermittlung der potentiellen Biogas- und Methanausbeuten von ausgewählten regional typischen Grünlandarten und -sorten.

## 2 Material und Methoden

### Substrate

Das Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der LfL hat zwei Standorte ausgewählt, an denen Landessortenversuche für Grünland durchgeführt werden: Pulling und Steinach. Vom Standort Pulling werden die Grünlandaufwüchse für Batch-Versuche kommen. Es stehen unterschiedliche Gräser- und Leguminosensorten zur Verfügung. Die Ernte der gewünschten Substrate erfolgte zwischen Frühling und Sommer 2013 zu unterschiedlichen Zeitpunkten und Vegetationsstadien.

Für die kontinuierlichen Vergärungsversuche wurden Deutsches Weidelgras „*Lolium perenne*“ und Rotklee „*Trifolium pratense*“ vom Standort Steinach ausgewählt. Die ersten drei Schnitte wurden zwischen Frühling und Sommer 2012 aufbereitet. Zusätzlich wurden Maissilage und Rindergülle von landwirtschaftlichen Betrieben ausgesucht. Diese Substrate werden mit den ausgewählten Grünlandaufwüchsen in einer Substratmischung als parallele Varianten im Durchflussversuch eingesetzt.

Die Substrateigenschaften wurden durch die regelmäßige Bestimmung des Gehaltes an Trockensubstanz (TS), des Anteils organischer TS (oTS) an der Gesamt-TS, des pH-Werts, der Zusammensetzung der wasserdampflichten Fettsäuren (GC-Analyse: C2 bis C7), der Ammoniumkonzentration, der Futteranalytik (Rohprotein, Rohfett, Rohfaser, NDF, ADF und ADL) und der Makro- und Mikronährstoffgehalte erfasst.

### Batch-Versuche

Zur Ermittlung des Biogas- und Methanertragspotentials von Substraten oder Gärresten wurden Batchversuche im Biogaslabor des Instituts für Landtechnik und Tierhaltung der LfL (Abb. 1a) durchgeführt. Pro Variante wurden drei Wiederholungen in Flaschen mit einem Volumen von je 2 Litern angesetzt. Die Temperierung auf 38°C erfolgte im Wärmeschrank. Zweimal pro Woche wurden die Flaschen von Hand geschwenkt, um Schichtungen im Gärsubstrat aufzulösen und so einen besseren Substrataufschluss zu erreichen. Die produzierte Biogasmenge der drei Wiederholungen wurde separat erfasst und in einen gemeinsamen Gassammelsack geleitet. Der Inhalt wurde bei Erreichen eines Volumens von 1,5 L analysiert und der Sack entleert. Anschließend wurde die Gasammlung erneut gestartet.

### Durchflussversuche

Zur Untersuchung der Langzeitstabilität des Biogasprozesses bei semikontinuierlicher Beschickung wurden Durchflussversuche in Laborfermentern (Abb. 1b) mit einem Nutzvolumen von je 28 L durchgeführt. Die Fermenter wurden kontinuierlich gerührt. Die produzierte Biogasmenge wurde erfasst und in einen Gassammelsack geleitet. Jeweils bei Erreichen eines Volumens von 4 Litern wurde dieser entleert und die Gaszusammensetzung bestimmt.

Für die Untersuchungen im Durchflussversuch wurden drei unterschiedliche Mischungsverhältnisse der Silagen von Deutschem Weidelgras und von Rotklee (85-15, 70-30 und 50-50 bezogen auf die frische Masse) festgelegt. Diese Durchflussuntersuchungen werden mit dem jeweils ersten, zweiten und dritten Schnitt durchgeführt, um den Einfluss des Erntezeitpunkts auf die Vergärbarkeit der Grünlandmischung festzustellen. In der Tab. 1 sind die Varianten mit dem ersten Schnitt, die im Jahr 2012 untersucht wurden, aufgeführt.

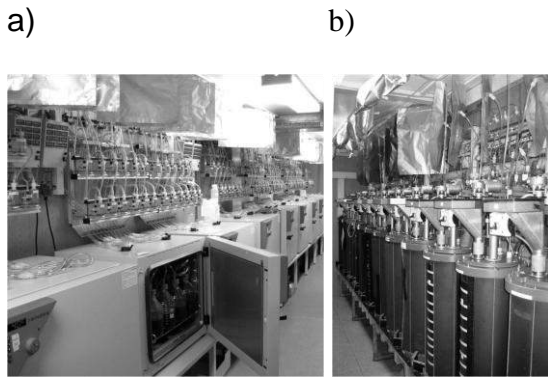


Abb. 1: a) Versuchsanlage für Batchversuche im Biogaslabor der LfL  
b) Durchfluss-Laborfermenteranlage im Biogaslabor der LfL

Tab. 1: Verwendete Substratmischungen im Durchflussversuch im Jahr 2012. Erster Schnitt. Angaben in Prozent an der insgesamt zugeführten Menge an frische Masse.

| Variante    | Substrate |      |      |      |
|-------------|-----------|------|------|------|
|             | DWG§      | RK§  | MS§  | RG§  |
| Kontrolle 1 | 100,0     | -    | -    | -    |
| Mischung 1  | 51,5      | -    | 10,5 | 38,0 |
| Kontrolle 2 | 85,0      | 15,0 | -    | -    |
| Mischung 2  | 45,2      | 7,8  | 10,1 | 36,9 |
| Kontrolle 3 | 70,0      | 30,0 | -    | -    |
| Mischung 3  | 38,4      | 16,3 | 9,8  | 35,5 |
| Kontrolle 4 | 50,0      | 50,0 | -    | -    |
| Mischung 4  | 28,7      | 28,4 | 9,3  | 33,7 |

DWG§: Deutsches Weidelgrassilage RK§: Rotkleesilage MS§: Maissilage RG§: Rindergülle

### 3 Erste Ergebnisse

In der ersten Versuchsreihe im Durchflussversuch mit Substrat vom ersten Schnittzeitpunkt konnte der vermutete Einfluss des Rotkleesilageanteils (RK§) in der Substratmischung mit Silage vom Deutschen Weidelgras (DWG§) bestätigt werden. Die Variante mit einem höheren Anteil an Rotkleesilage (50% DWG§ – 50% RK§ bezogen auf die frische Masse) zeigte bereits bei einer Raumbelastung von  $2,5 \text{ kg oTS} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$  die ersten Anzeichen einer Prozessstörung.

Der positive Effekt der Substratmischung mit Maissilage und Rindergülle auf die Prozessstabilität konnte im Vergleich zur alleinigen Grünlandvergärung im diesem Experiment nachgewiesen werden.

### 4 Ausblick

Die zweite Versuchsreihe im Durchflusssystem mit dem dritten Schnitt wird im Moment durchgeführt. Die nächsten Batchuntersuchungen werden im Herbst 2013 folgen. Unterschiedliche Gräser- und Leguminosensorten bzw. -arten werden hier hinsichtlich ihres Methanertragspotentials mitei-

inander verglichen. Außerdem wird der Einfluss des Erntezeitpunktes und der Substratverdaulichkeit auf den Biogasprozess bzw. auf den spezifischen Methanertrag untersucht.

## **5 Danksagung**

Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) für die Förderung des Projektes „Nutzung von Grünland zur Biogaserzeugung. Teilprojekt 6: Vergleichende Prüfung diverser Ernteprogen, Optimierung des Gärprozesses" (K/11/04).

## **6 Literatur**

- [1] LfL (2011): Nutzung von Grünland zur Biogaserzeugung. Machbarkeitstudie. Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik.

## Erfahrungen mit der VDLUFA-NIRS-Kalibrierung für Aufwüchse von extensiv bewirtschafteten Beständen

J. Bargholz, P. Tillmann

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft LUFA, Naumburger Str. 98, 07743 Jena  
VDLUFA Qualitätssicherung NIRS GmbH, Am Versuchsfeld 13, 34128 Kassel

Die Nahinfrarotspektroskopie wird in weiten Bereichen der Untersuchung landwirtschaftlicher Produkte eingesetzt. Insbesondere an Futterpflanzen, weil bei der Bewertung der Aufwüchse und deren konservierten Erzeugnisse viele Futterwertparameter zum Einsatz kommen, die sich hinreichend mittels NIRS bestimmen lassen.

### NIRS-Untersuchungen im Labor

Die Untersuchung von silierten und unsilierten Grünlandaufwüchsen im Labor an den getrockneten und vermahlenden Proben ist de facto Standard für die Untersuchung größerer Probenserien. Dabei werden sowohl der Rohprotein, Rohfett- und -fasergehalt als auch Zucker und insbesondere die Faserfraktionen nach van Soest bestimmt. Weiterhin werden Merkmal wie Gasbildung, in vivo-Verdaulichkeit nach Tilly und Terry sowie Cellulase (Elos, Eulos) bestimmt. Alle diese Daten fließen für gewöhnlich in die energetische Bewertung der Proben ein. Beispielhaft ist in Tab. 1 die NIRS-Kalibrierung für Frischgrasproben beschrieben. Die meisten in die Kalibrierfunktion eingeflossenen Proben stammen aus Feldversuchen oder Zuchtgärten. Die Fructane-Proben stammen aus nur einem Erntejahr.

Tab. 1: Kenndaten der NIRS-Kalibrierung für getrocknete und gemahlene Frischgrasproben.

| Merkmal      | Einheit         | N    | SECV | Bereich |      |
|--------------|-----------------|------|------|---------|------|
| Trockenmasse | %               | 1062 | 1,00 | 83,8 -  | 98,9 |
| Rohprotein   | % TM            | 2624 | 0,69 | 3,4 -   | 37,3 |
| Rohfaser     | % TM            | 2535 | 1,07 | 11,0 -  | 48,2 |
| Rohfett      | % TM            | 903  | 0,28 | 0,6 -   | 6,0  |
| Zucker       | % TM            | 664  | 1,02 | 0,0 -   | 31,0 |
| aNDFom       | % TM            | 507  | 1,75 | 28,9 -  | 69,2 |
| ADFom        | % TM            | 635  | 1,19 | 14,1 -  | 53,1 |
| Gasbildung   | ml <sup>1</sup> | 1067 | 2,30 | 28,2 -  | 63,9 |
| Eulos        | % TM            | 154  | 2,51 | 6,5 -   | 56,3 |
| Fructane     | % TM            | 104  | 0,43 | 0,70 -  | 13,6 |

<sup>1</sup> ml je 200 mg TM

Aufgrund der aktuellen Versuchs- und Forschungsfragen im Bereich der Grünlandwirtschaft ist die Anwendung dieser Kalibrierfunktion auf Extensiv-Aufwüchse von Interesse. Die Anwendbarkeit ist aufgrund der Herkunft der Kalibrierproben aber nicht a priori gegeben.

Das Ergebnis der Validerung der Kalibrierfunktion aus Tab. 1 mit Proben der TLL Jena ist in Tab. 2 dargestellt. Die 41 Proben stammen von Extensivierungsflächen. Sie stammen aus den folgenden nicht abschließend aufgezählten Akzessionen: Fuchsschwanzwiese, Goldhaferwiese, Wiesenrispenwiese, Halbtrockenrasen, Borstgrasrasen, Rotschwengel-Rotstrausgras-Wiese, Berggrispewiesenknöterich, Weiches Honiggras dominant, Glatthaferwiese.

Tab. 2: Validierung mit Proben der Ernte 2009, Extensiv-Aufwüchse aus Thüringen

| Merkmal    | Einheit         | SEP | Bias  | SEP(C) | Steigung | R <sup>2</sup> |
|------------|-----------------|-----|-------|--------|----------|----------------|
| Rohprotein | % TM            | 1,0 | 0,8*  | 0,5    | 0,96     | 99%            |
| Rohfaser   | % TM            | 1,4 | -0,6  | 1,2    | 0,85     | 97%            |
| Rohfett    | % TM            | 0,6 | 0,5*  | 0,3    | 1,10     | 85%            |
| ADFom      | % TM            | 1,5 | -0,7  | 1,3    | 0,96     | 95%            |
| Gasbildung | ml <sup>1</sup> | 1,9 | 0,3   | 1,9    | 1,06     | 92%            |
| Eulos      | % TM            | 4,9 | -3,4* | 3,6*   | 0,95     | 91%            |

N = 41 Proben

<sup>1</sup> ml je 200 mg TM

\* signifikant ungleich Null (bias) bzw. größer als der SECV (SEP(C))

Die Ergebnisse zeigen durchweg sehr hohe Bestimmtheitsmaße, was vor allem auf der sehr weiten Spreizung der Gehalte in den Validierproben beruht. Wenn man deshalb die Fehler der Vorhersage (SEP) bzw. ihre systematische (bias) und zufällige Komponente (SEP(C)) betrachtet, dann fällt auf, dass es sich vornehmlich um erhöhte systematische Fehler handelt. Diese können unterschiedliche Ursachen haben, verhindern in Versuchsfragen aber nicht die Differenzierung der Prüflinge. Einzig bei dem Merkmal Eulos ist der zufällige Fehler erhöht, dies konnte einer Gruppe von Proben aus Glatthaferbeständen zugeordnet werden. Eine Erklärung dafür fällt schwer.

Die Fructane-Kalibrierung wurde mit Proben der gleichen Herkunft, wie die Kalibrierproben validiert. Dazu wurde vor Beginn der Kalibrationserstellung 1/4 aller Proben für die Validierung beiseite gelegt.

Tab. 3: Validierung der Fructane-Kalibrierung

| Merkmal | Einheit | SEP | Bias | SEP(C) | Steigung | R <sup>2</sup> |
|---------|---------|-----|------|--------|----------|----------------|
| TM      | % TM    | 0,6 | 0,0  | 0,60   | 0,97     | 95%            |

N = 27 Proben

# Erweiterung der „Hohenheim-Gülzower Serienauswertung“ um die Besonderheiten mehrjähriger Futterpflanzenversuche

T. Eckl<sup>1)</sup>, S. Hartmann<sup>2)</sup> und H.-P. Piepho<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Abteilung Versuchsbetriebe,  
85354 Freising

<sup>2)</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und  
Pflanzenzüchtung, 85354 Freising

<sup>3)</sup>Universität Hohenheim, Fachgebiet Bioinformatik, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften,  
Stuttgart  
[thomas.eckl@lfl.bayern.de](mailto:thomas.eckl@lfl.bayern.de)

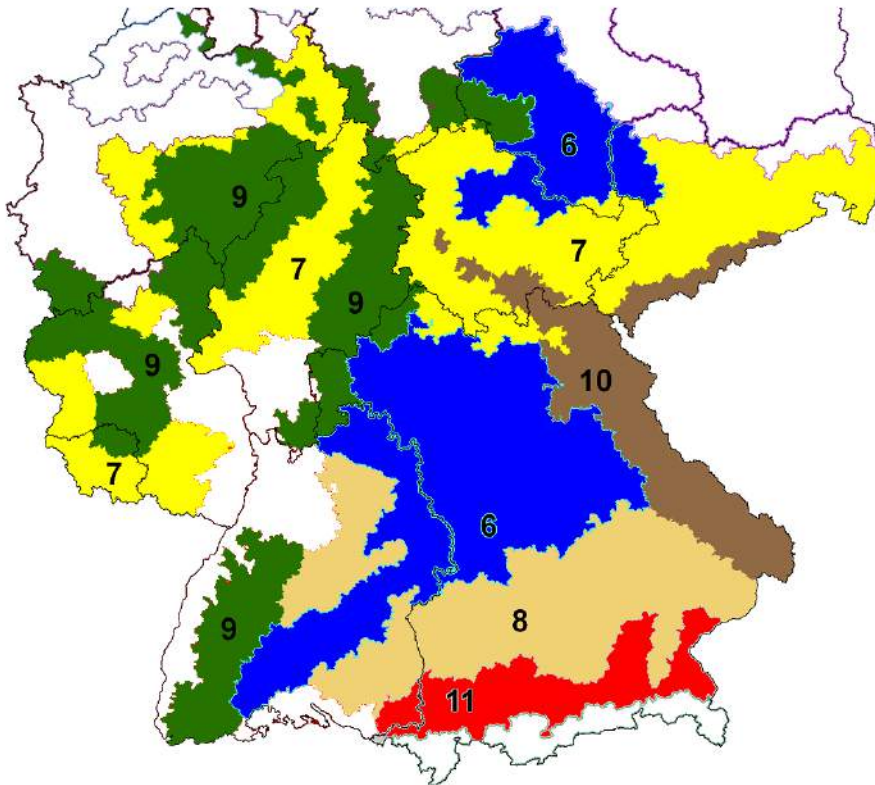
## 1 Einleitung

An der Landesanstalt für Landwirtschaft in Freising werden regelmäßig Sortenversuche für landwirtschaftliche Nutzpflanzen durchgeführt. Die Koordination, Auswertung und Umsetzung in Beratungsempfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis erfolgen durch die Landesanstalt für Landwirtschaft. Seit dem Erntejahr 2006 wird zur Erhöhung der Präzision und Effizienz von Sortenprüfungen die „Hohenheim-Gülzower Serienauswertung“, kurz Hohenheimer Methode, für die Berechnung von Sorteneigenschaften einjähriger Fruchtarten verwendet. Zu diesem Zweck wurden deutschlandweit sogenannte Anbaugebiete definiert, welche Gebiete mit ähnlichen Boden- und Klimabedingungen zusammenfassen, in sich also möglichst homogen sind. Entscheidend bei der statistischen Auswertung von Versuchen zu mehrjährigen Arten ist, dass sich Umwelteinflüsse viel dauerhafter auswirken. Die Erträge der Folgejahre sind von den Bedingungen der Vorjahre nicht unabhängig und dürfen damit auch nicht unmittelbar mit diesen verglichen werden. Der Schwerpunkt der Erstellung eines statistischen Modells für Sortenversuche mit mehrjährigen Fruchtarten liegt deshalb darin, den Zusammenhang der Messwiederholungen zu modellieren und die Jahreseffekte und Effekte der Nutzungsjahre zu trennen. Dabei ist zu erwähnen, dass ein Sortenversuch mit einer mehrjährigen Fruchtart sowohl mehrere Kalenderjahre als auch mehrere Nutzungsjahre umfasst, aber Kalenderjahre und Nutzungsjahre keine identischen Faktoren sind. Es wird ein Verfahren präsentiert, welches die Hohenheimer Methode für die Auswertung von mehrjährigen Pflanzenarten geeignet erweitert. Nicht zuletzt dadurch wird es erst möglich, die Informationen aller geprüften Nutzungsjahre für die Methode zu nutzen und auch diese Fruchtartengruppe länderübergreifend, nach Anbaugebieten in vollem Umfang auszuwerten.

## 2 Material und Methoden

Zur Analyse werden Daten von Sortenversuchen mit Deutschem Weidelgras verwendet, welche auf 16 Standorten in Süddeutschland, aufgeteilt in fünf Regionen durchgeführt wurden.

*Abb. 1: Aufteilung der Anbauggebiete (AG): 6 sommertrockene Lagen, 7 günstige Übergangslagen, 8 Hügelländer Süd, 9 Mittelgebirgslagen West, 10 Mittelgebirgslagen Ost und 11 Voralpengebiet.*



Insgesamt wurden von 2001 bis 2011 48 Sorten geprüft. Die Erstnutzungsjahre reichten dabei von 2001 bis 2009. Alle Versuche wurden als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Zahl der Schnitte reichte, je nach Standort und Wachstumsbedingungen, von drei bis sieben pro Jahr. Dabei wurde für jedes Jahr und jede Parzelle der Gesamtertrag als Summe des Trockenmasseertrages aller Schnitte erfasst. Die Landessortenversuche der Ländergruppe „Mitte-Süd“ werden in jedem zweiten Kalenderjahr angelegt. Wertprüfungen dieser Art werden (an nur wenigen Standorten) jährlich neu angelegt. Die Laufzeit eines Versuchs beträgt jedoch ein Ansaatjahr (keine Ertragsfeststellung) und drei folgende Hauptnutzungsjahre (mit Ertragsfeststellung). Hierdurch befinden sich im gleichen Kalenderjahr Parzellen der gleichen Sorte in verschiedenen Hauptnutzungsjahren und schon damit bedingten unterschiedlichen Leistungsniveaus. Diese Aufteilung der Versuche hat den Vorteil, dass innerhalb eines kurzen Zeitraums die Leistung der getesteten Sorten festgestellt werden kann. Allerdings müssen nun neben der Modellierung des Zusammenhangs der Messwiederholungen zusätzlich die Jahreseffekte von den Effekten der Nutzungsjahre getrennt werden. Es wurden Modelle für die einstufige Analyse entwickelt, welche direkt für die erhaltenen Parzellenwerte angewendet werden können. Nach theoretischen Gesichtspunkten ist dieses Vorgehen zwar meist zu bevorzugen [1]. Jedoch sind in der Praxis zweistufige und dreistufige Analysen wegen ihrer Einfachheit und Effizienz [2] und wegen der oft guten Übereinstimmung mit einstufigen Methoden ([3], [4]) für die Analyse vorzuziehen.



### 3 Ergebnisse und Diskussion

Es existiert eine Vielzahl von Varianz-Kovarianz-Strukturen, um die bei Versuchen mit mehrjährigen Pflanzenarten aufkommende serielle Korrelation zu modellieren. Diverse Strukturen, wie die TOEP(1)-Struktur (Toeplitz Matrixstruktur), der AR(1)-Struktur (Autoregressive Struktur erster Ordnung) und die CS-Struktur (Compound-Symmetry-Structure) wurden mit Hilfe des Akaike Informationskriterium (AIC) verglichen. Das bevorzugte CS-Modell ist nach dem AIC-Kriterium das für mehrjährige Fruchtarten mit nur wenig geprüften Nutzungsjahren passendste [4] und kann zudem mit einfachen zufälligen Effekten angepasst und anstelle komplexer Modellierung verwendet werden. Die Zweistufenanalyse hat gegenüber der einstufigen Analyse, neben individueller Auswertbarkeit der Versuche, den Vorteil, dass etwas Speicherplatz und Rechenzeit eingespart werden kann. Für die verwendeten Daten benötigte die Auswertung mit PROC MIXED für das einstufige Modell 5 Stunden 40 Minuten und etwa 4 Stunden 40 Minuten für das zweistufige. Das Ziel war, eine Methode zu finden, für die große Datensätze, wie sie an der LfL ausgewertet werden, bezüglich Speicherkapazität, Rechenzeit und Konvergenz des Verfahrens kein Problem darstellen. Die Aufteilung der Analyse in drei Schritte macht die jeweiligen Modelle kleiner und weniger komplex, so dass sich die Rechenzeit für die Dreistufenanalyse mit PROC MIXED auf circa 15 Sekunden verringert. Während die Auswertung zuvor nur auf ein Nutzungsjahr beschränkt war, ist es nun erstmals möglich, Korrelationen zwischen den Anbaugebieten und Sortenmittelwerte über alle Nutzungsjahre fehlerfrei und präzise zu schätzen und eine Versuchsserie mit mehrjährigen Pflanzenarten in vollem Umfang zu analysieren.

### 4 Literatur

- [1] PIEPHO, H.P., WILLIAMS, E.R. and MADDEN, L.V. (2012): The use of two-way mixed models in multi-treatment meta-analysis. *Biometrics*, 68, 1269-1277.
- [2] PIEPHO, H.P. und MICHEL, V. (2000): Überlegungen zur regionalen Auswertung von Landessortenversuchen (Considerations on the regional analysis of cultivar trials). *Informatik, Biometrie und Epidemiologie in Medizin und Biologie*, 31, 123-136.
- [3] MÖHRING, J. and PIEPHO, H. P. (2009): Comparison of weighting in two-stage analyses of series of experiments. *Crop Science*, 49, 1977-1988.
- [4] PIEPHO, H.P. and ECKL, T. (2013): Analysis of series of variety trials with perennial crops. *Grass and Forage Science*, doi: 10.1111/gfs.12054.

# Das Merkmal Ausdauer – Betrachtung der genetischen Drift in Populationen des Deutschen Weidelgrases und Entwicklung von Selektionshilfen

L. Gerson<sup>1)</sup>, K. J. Dehmer<sup>1)</sup>; S. Hartmann<sup>2)</sup>, C. Kalzendorf<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Gatersleben

<sup>2)</sup>Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, (LfL), Freising

<sup>3)</sup>Fachbereich Grünland und Futterbau der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg

## 1 Einleitung

Aufgrund seines guten Wiederaustriebs, der hohen Trittfestigkeit sowie durch eine für Wiederkäuer günstige Zusammensetzung der Nährstoffe wird das Deutsche Weidelgras (*Lolium perenne* L.) in Grünland- und Rasenmischungen genutzt. Die ökologisch sinnvolle und ökonomische Verwendung in der Grünlandwirtschaft wird unter anderem auch durch das Merkmal Ausdauer effizient bestimmt. Die Ausdauer kann über eine Reihe verschiedener Bonituren wie zum Beispiel Ausprägung des Wiederaustriebs, Stand nach/vor Winter und Resistenz gegen Schneeschimmel bewertet werden. Dabei wird der Verlauf dieser Boniturmerkmale über mehrere Jahre eingeschätzt ([3], [2]). Eine Selektion auf Ausdauer bedeutet somit zum einen eine erhebliche Zeitverzögerung in der züchterischen Bearbeitung, zum anderen zeigt dieses komplexe Merkmal sehr große Unterschiede bezüglich der regionalen Ausprägung.

Es wurde daher versucht, molekulargenetische Marker als Selektionshilfen für das Merkmal Ausdauer differenziert für zwei bekanntermaßen stark divergierende Umwelten zu entwickeln. Weitere Ziele des Projekts waren die Beschleunigung des Auswahlprozesses und die Reduktion von Kosten. In Populationen mit einem relativ kleinen Umfang tritt ein zufälliger Effekt auf. Dieser zufällige Effekt wird als genetische Drift bezeichnet. Sie kann anhand von Schwankungen in den Allelfrequenzen, die dem Zufall unterliegen, bestimmt werden. In den vorliegenden Populationen wurde die genetische Drift mittels Bonituren von Merkmalen aus verschiedenen Versuchsjahren und nach mehreren Wiederholungen betrachtet. Unter Anwendung molekularer Marker wurde versucht, diese genetische Drift auf genetischer Ebene nachzuweisen und die bonitierten Phänotypen damit in Zusammenhang zu bringen.

## 2 Material und Methoden

Im Zeitraum 2004 bis 2008 wurden 17 Futtersorten des Deutschen Weidelgrases an vier verschiedenen Standorten in Deutschland unter gleichen Bedingungen angebaut und bonitiert. Zwei Standorte befinden sich in den Mittelgebirgslagen Bayerns und zwei Standorte in Niedersachsen, das durch moorige Umwelten charakterisiert ist. Die 17 Futtersorten wurden außerdem im Probenahmejahr 2006 an einem fünften Standort in maritimer Lage mit den entsprechenden Umwelteffekten angebaut und dort bis 2008 bonitiert (Abb. 1).

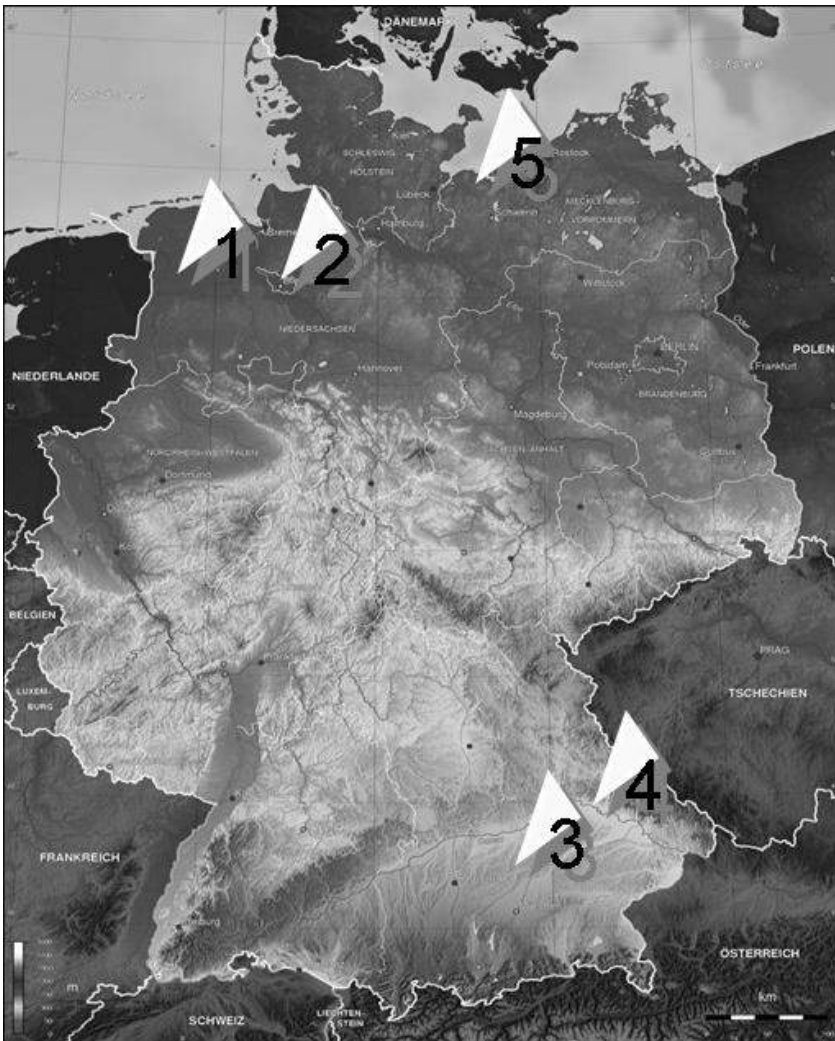


Abb. 1: Darstellung der fünf Versuchsstandorte: (1) Detern, (2) Schmalenbeck, jeweils moorig; Niedersachsen; (3) Spitalhof, (4) Hötzelndorf, jeweils montan; Bayern; (5) Malchow/Poel, maritim; Mecklenburg-Vorpommern.

An der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Freising wurden nach den Richtlinien des Bundessortenamtes [1] Bonituren in Populationen des Deutschen Weidelgrases an verschiedenen Standorten in Bayern vorgenommen und entsprechend ausgewertet ([3],[2]). Diese Voruntersuchungen waren Grundlage für die Bearbeitung und den Anbau der vorliegenden Versuche sowie der durchgeführten Bonituren.

Die Firma TraitGenetics führte einen Illumina GoldenGate SNP (single nucleotide polymorphism) Genotyping Assay durch. Mit diesem Assay wurden Proben geramschter DNA auf Verschiebungen in den Allelhäufigkeiten an 182 Weidelgras-Genloci untersucht. Ähnliche Vorarbeiten wurden in verschiedenen Kartierungspopulationen des Deutschen Weidelgrases u.a. von [5] durchgeführt. Abb. 2 zeigt die Allelfrequenzen einer Sorte an zwei Standorten und aus zwei Probenahmejahren eines ausgewählten Markers.

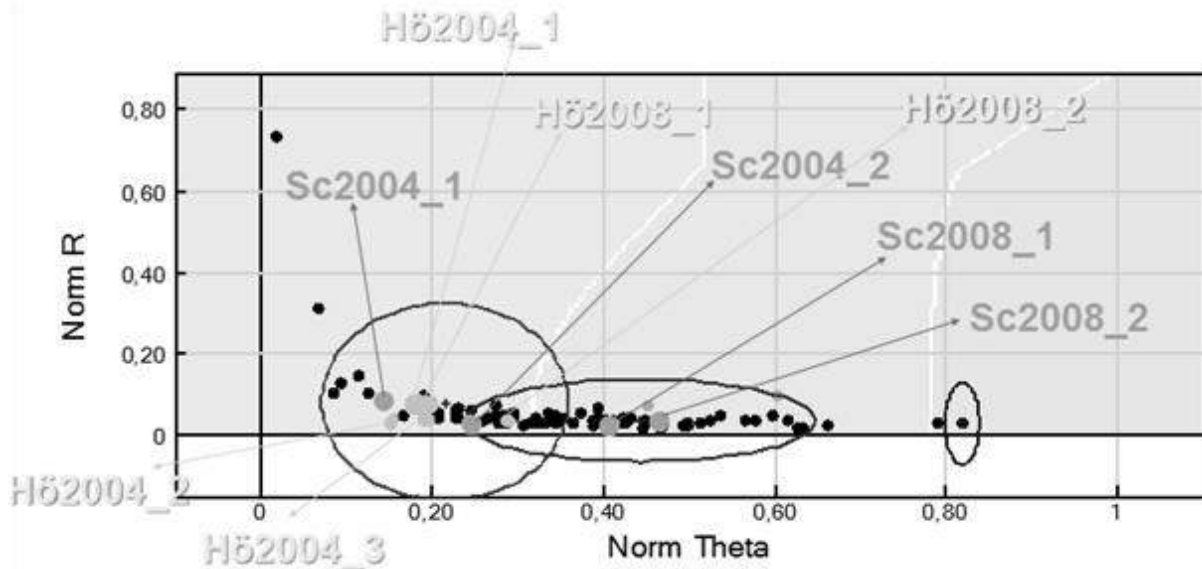


Abb. 2: SNP Graph eines ausgewählten DNA-Markers (erstellt mit Hilfe der Software Illumina® GenomeStudio). Er zeigt die Allelfrequenzen von vier Proben der Sorte Guru an den Versuchsstandorten 1-4 (siehe Abb. 1). Die hellgrauen Markierungen zeigen die Sorte Guru in Hötzelndorf (Hö) in 2004 und 2008 (zwei/drei Ramsche analysiert), wobei nur minimale Abweichungen zu erkennen sind. Die Markierungen in dunklerem Grau zeigen Guru am Standort Schmalenbeck (Sc) in 2004 und 2008 (jeweils zwei Bulks analysiert). Für den Standort (Sc) wurden Unterschiede bzw. Verschiebungen in den Allelfrequenzen zwischen den zwei Probenahmejahren 2004 und 2008 beobachtet.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Es wurde erwartet, dass sich in Abhängigkeit der angebauten Sorten Standortanpassungen zeigen. Diese Anpassungserscheinungen sollten anhand von Veränderungen in den Allelfrequenzen nachvollzogen werden. Aus Vorüberlegungen ergab sich dazu, dass sich in Proben aus den verschiedenen Jahren der Bonituren Standort- und Sortenunterschiede zeigen. Auch die zu den phänotypisch passenden Veränderungen in den Allelfrequenzen sollten deutlich festzustellen sein.

Die Analyse der Allelfrequenzen aus Abb. 2 zeigt zwar Verschiebungen bezüglich des Vergleichs der Standorte einer Sorte und der Probenahmejahre, allerdings nicht in der erwarteten Deutlichkeit. Für den montanen Standort Hötzelndorf in Bayern zeigen sich weitgehend einheitliche Werte der Allelfrequenzen in der Sorte *Guru*. Im Gegensatz dazu sind am moorigen Standort Schmalenbeck in Niedersachsen Verschiebungen der Allelfrequenzen in den zwei Probenahmejahren 2004 und 2008 nachzuweisen. In weiteren Sorten sollten sich ähnliche Tendenzen in den Allelhäufigkeiten zeigen. Bisher konnten zwar Einzelfälle ermittelt werden, aber häufig scheinen diese nicht in direktem Zusammenhang mit der Auswertung der entsprechenden Boniturdaten zu stehen.

### 4 Literatur

- [1] BUNDESSORTENAMT (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen; Landbuch Verlagsgesellschaft mbH Hannover; 4.18-1-4.18-20.
- [2] HARTMANN, S. (2003): Improvement of persistence in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under the specific environmental conditions of Bavaria as an example of an integrated concept at the Institute of Crop Production and Plant Breeding in the Bavarian State Re-

search Centre for Agriculture; Mitteilungen Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 5, 163-166.

- [3] HARTMANN, S., and GERSTLE, C. (2003): Natural selection for persistence in rough regions of Bavaria in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and its impact on other characteristics; Mitteilungen Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Band 5, 167-170.
- [4] HARTMANN, S. (2000): Stand und Perspektiven der Gräserzüchtung, 48. Jahrestagung, 2. bis 4. September 2004 in Ettelbrück, 39-42.
- [5] STUDER, B., BYRNE, S., NIELSON, R. O., PANITZ, F., BENDIXEN, C., ISLAM, M. S., PFEIFER, M., LÜBBERSTEDT, T. and ASP, T. (2012): A transcriptome map of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.); BMC Genomics, **13**, 140.

# The allocation of assimilated carbon to shoot growth in natural grasslands

X.Y. Gong<sup>1)</sup>, G.D. Berone<sup>1)2)3)</sup>, M.G. Agnusdei<sup>3)</sup>, R.M. Rodríguez Palma<sup>4)</sup>,  
R. Schäufele<sup>1)</sup>, F.A. Lattanzi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, 85350 Freising, Germany

<sup>2)</sup>EEA Rafaela, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2300 Rafaela, Argentina

<sup>3)</sup>EEA Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 7620 Balcarce, Argentina

<sup>4)</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de República, 50000 Salto, Uruguay

[lattanzi@wzw.tum.de](mailto:lattanzi@wzw.tum.de)

## 1 Introduction

In grasslands, sustained nitrogen loading would increase the proportion of assimilated carbon allocated to shoot growth ( $A_{\text{shoot}}$ ), because it would decrease allocation to roots [4] and also encourage the contribution of fast-growing species with inherently high  $A_{\text{shoot}}$ . However, *in situ* measurements of carbon allocation are scarce. Hence, it is unclear to what extent species that coexist in grasslands actually differ in their allocation strategy or in their response to nitrogen [5]. In this study, we validated a  $^{13}\text{C}$ -labeling approach for estimating  $A_{\text{shoot}}$  in individuals growing in field stands, and used it to assess  $A_{\text{shoot}}$  in four grasses coexisting in a natural grassland in Argentina, either fertilized or not with nitrogen, and managed under contrasting defoliation regimes.

## 2 Materials and Methods

We used a novel steady-state  $^{13}\text{C}$ -labeling facility to quantify the daily relative photosynthesis rate (RPR ~tracer assimilated over one light-period) and  $A_{\text{shoot}}$  (~tracer remaining in shoots after a 100 degree days chase period). The experiments were carried out at the Campo Experimental ‘Colonia Ortiz Basualdo’ of the Estación Experimental Cuenca del Salado (INTA, Argentina, 37°05’S, 57°52’W), at the SE limit of the Río de la Plata grasslands region, in Argentina. Measurements were carried out during winter (Jul.2008) and autumn (May.2009) on four C3 grasses with contrasting morpho-physiological characteristics: *Stipa neesiana*, *S. trichotoma*, *Bromus auleticus*, and *Lolium multiflorum*. Tillers were sampled from plots that were either grazed by cattle or mechanically cut, and either fertilized or not with 10 g N/m<sup>2</sup>/y broadcasted as urea.

$^{13}\text{C}$  labeling was carried out using the mobile facility described in [3]. Briefly, labeling chambers made of acrylic were placed on top of the vegetation without any attachment to the ground and minimal canopy disturbance. Four labeling chambers were used per treatment – 16 chambers in total. The labeling facility maintained a fairly constant CO<sub>2</sub> partial pressure (370 - 385 μbar) and isotope composition ( $\delta^{13}\text{CO}_2 = 398 \text{ ‰} = 1.5467 \text{ atom\%}$ ) within the chambers over six to seven hours.

Immediately after labeling, chambers were removed and individuals sampled. Tillers were dug out of the soil and cut at the shoot-root limit. The same sampling procedure was repeated at the end of a 10 days chase period. Tillers sampled outside the chambers served as unlabeled controls for  $^{13}\text{C}$  content. Sampled individuals were wrapped in aluminum foil and placed in liquid nitrogen immediately upon harvest, and then stored at -20 °C. Samples were freeze-dried (L-A-B4, Rificor, Buenos Aires, Argentina), weighted, and then milled in a ball mill (MM200, Retsch, Munich, Germany). To

quantify the amount of tracer present in non-structural carbon at the end of the chase period, water soluble carbon was extracted.

Carbon and nitrogen content and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  isotope ratio were determined using an elemental analyzer (NA1500, Carlo Erba Strumentazione, Milan) interfaced to a continuous flow isotope mass ratio spectrometer (Deltaplus, Finnigan MAT, Bremen, Germany). The unextracted sample, supernatant and pellet were all analyzed. Samples were measured against a working gas standard previously calibrated against a secondary isotope standard (IAEA-CH6, accuracy  $\pm 0.06$  ‰ SD). A laboratory standard (wheat flour) was run after every tenth sample to estimate the precision of the isotope analyses ( $\pm 0.09$  ‰ SD).

RPR was estimated as the tracer content in tillers harvested just after the labeling pulse times the ratio of total daily incident PAR to PAR incident over the labeling period.  $A_{\text{shoot}}$  was estimated as the ratio of tracer content in tillers at the end of the chase period to the tracer content in tillers harvested just after the labeling pulse, separating it into its structural ( $A_{\text{shoot str}}$ ) and soluble components ( $A_{\text{shoot sol}}$ )

### 3 Results and Discussion

RPR was consistently higher in *B. auleticus* (autumn and winter) and *L. multiflorum* (winter) than in the *Stipa* species (Tab. 1;  $P < 0.05$ : on average, 1.18 vs. 0.86 %/d in autumn, and 2.62 vs. 1.20 %/d in winter). In winter, nitrogen fertilizer decreased RPR ( $P < 0.05$ ), and all species showed the same trend. In autumn, nitrogen fertilizer increased RPR ( $P < 0.05$ ), but this was clear only in *L. multiflorum* ( $P$  of interaction species \* fertilizer = 0.11).

$A_{\text{shoot}}$  varied widely between 0.27 and 0.74, depending on species, nitrogen fertilization treatment and season. Most of the data ranged between approximately 0.30 and 0.60 (Tab. 1). In all cases, little tracer was found in the soluble fraction, 8.8 % on average, and thus  $A_{\text{shoot sol}}$  was invariably low (0.01 to 0.08). In consequence,  $A_{\text{shoot str}}$  was always close to  $A_{\text{shoot}}$ . In winter, nitrogen fertilizer increased  $A_{\text{shoot}}$  in all species, while in autumn it increased  $A_{\text{shoot}}$  of *B. auleticus* and *S. trichotoma* but no statistically significant difference was detected in *S. neesiana* nor in *L. multiflorum*.

Tab. 1: Relative photosynthesis rate (RPR, % d<sup>-1</sup>), and proportion of assimilated carbon allocated to shoot growth ( $A_{\text{shoot}}$ ) in four C3 grasses growing in a natural grassland in Argentina, during winter and autumn, in either fertilized (N1) or control plots (N0).

|                    | <i>B. auleticus</i> |      | <i>L. multiflorum</i> |      | <i>S. neesiana</i> |      | <i>S. trichotoma</i> |      |
|--------------------|---------------------|------|-----------------------|------|--------------------|------|----------------------|------|
|                    | N0                  | N1   | N0                    | N1   | N0                 | N1   | N0                   | N1   |
| Winter             |                     |      |                       |      |                    |      |                      |      |
| RPR                | 2,14                | 1,69 | 4,13                  | 2,51 | -                  | -    | 1,21                 | 1,19 |
| $A_{\text{shoot}}$ | 0,32                | 0,41 | 0,27                  | 0,37 | -                  | -    | 0,36                 | 0,60 |
| Autumn             |                     |      |                       |      |                    |      |                      |      |
| RPR                | 1,02                | 1,34 | -                     | -    | 0,82               | 1,08 | 0,63                 | 0,92 |
| $A_{\text{shoot}}$ | 0,33                | 0,56 | -                     | -    | 0,51               | 0,41 | 0,60                 | 0,74 |

$A_{\text{shoot str}}$  correlated positively with shoot nitrogen concentration, across species, nitrogen fertilizer rates and season (Fig. 1). The association of  $A_{\text{shoot str}}$  with nitrogen concentration suggests that apparent seasonal effects in *S. trichotoma* and *B. auleticus* were in fact nitrogen-mediated: plants had higher  $A_{\text{shoot str}}$  in autumn than in winter, but also higher shoot nitrogen concentrations.

On the contrary, an intrinsic species effect was evident: *S. trichotoma* had a higher  $A_{\text{shoot str}}$  than *B. auleticus* and *L. multiflorum* when compared at similar nitrogen concentrations (Fig. 1). Comparing

the regression lines with dummy variables (Type I SS) indicated that these were parallel (test for different slopes:  $P = 0.12$ ) but had different intercepts (test for coincidence of intercepts:  $P < 0.01$ ). A unique regression was therefore fitted:  $A_{\text{shoot str}} = 0.11 (\pm 0.06) + 0.22 (\pm 0.03) * \text{species type} + 0.15 (\pm 0.02) * \% N$  ( $P < 0.001$ ,  $r^2 = 0.92$ ,  $n = 10$ ), where species type equals “0” for *B. auleticus* and *L. multiflorum* and “1” for *S. trichotoma*. *S. neesiana* values were closer to those of *S. trichotoma* in control plots, and to *B. auleticus* and *L. multiflorum* in fertilized plots.

No substantial interspecific difference was observed in the proportion of tracer present in the soluble fraction: it was always relatively low, and similar between *B. auleticus* and *L. multiflorum* (11 % on average) vs. the two *Stipa* species (9 % on average).

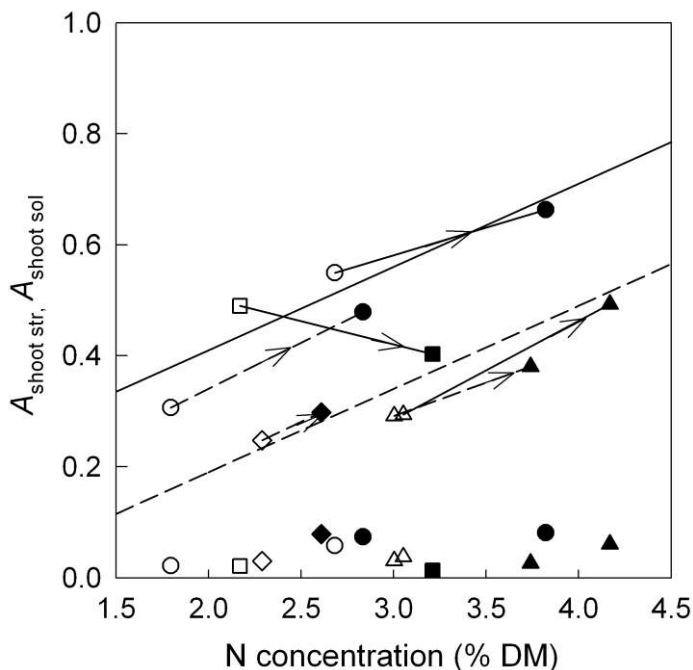


Fig. 1: Relationship between  $A_{\text{shoot str}}$  (symbols around regression lines) and  $A_{\text{shoot sol}}$  (symbols without regression lines) and nitrogen concentration (as % of DM) for four C3 grasses growing in a natural grassland in Argentina, in winter (dotted lines) and autumn (solid lines), in either control or nitrogen fertilized plots (open and filled symbols, respectively, linked by arrows). The species are: *B. auleticus* (triangles), *L. multiflorum* (rhombi), *S. trichotoma* (circles) and *S. neesiana* (squares). The regression line is  $A_{\text{shoot str}} = 0.11 (\pm 0.06) + 0.22 (\pm 0.03) * \text{species type} + 0.15 (\pm 0.02) * \% N$  ( $P < 0.001$ ,  $r^2 = 0.92$ ,  $n = 10$ ), where species type equals “0” for *B. auleticus* and *L. multiflorum* (dotted line) and “1” for *S. trichotoma* (solid line).

A large part of the variability in  $A_{\text{shoot}}$  was associated with variation in nitrogen status: individuals with a higher nitrogen concentration generally had higher  $A_{\text{shoot}}$  (Fig. 1). This confirms responses observed in *L. arundinaceum* [2]. Higher  $A_{\text{shoot}}$  in response to improved nitrogen nutrition were likely associated with decreases in allocation of carbon belowground. This agrees with predictions of the functional equilibrium theory and optimal growth models, which postulate that assimilates are partitioned between shoot and root in inverse proportion to their activity, and with empirical results on dry matter allocation in numerous studies (review by [4]). On the contrary, such agreement with theory was less clear in response to shading in a mountain grassland [1].

Species differed in their ability to capture carbon and in their allocation patterns: the two species with higher RPR, *B. auleticus* and *L. multiflorum*, allocated a lesser proportion of the assimilated carbon to the production of shoot tissue than *S. trichotoma* (Tab. 1, Fig. 1). The proportion of as-



simulated carbon allocated to the soluble fraction was always low. Therefore, the higher  $A_{\text{shoot}}$  in low RPR-species could not be ascribed to higher allocation to long-term storage.

The interspecific differences in RPR and  $A_{\text{shoot}}$  found in the present study coincide with the contrasting morphological and physiological characteristics of the *Stipa* species vs. *B. auleticus* and *L. multiflorum*. While the latter are productive species encouraged by nitrogen fertilization, with fast rates of leaf turnover and thus well adapted to frequent defoliation [7], the former have long leaf life spans, slow phyllochrons, and are better adapted to withstand stressful conditions. These results are, to some extent, contrary to the idea that the species that dominate nutrient-rich sites allocate more to shoots. However, we only measured carbon allocation to shoot growth. Allocation to root growth remains to be assessed.

An interesting consequence of the  $A_{\text{shoot}}$  pattern observed in Fig. 1 is that, opposite to the response expected, the  $A_{\text{shoot}}$  of grasslands might respond little –even counterintuitively– to sustained nitrogen loading. This is because while fertilization would increase  $A_{\text{shoot}}$  in all species, it would at the same time encourage the replacement of ‘low RPR-high  $A_{\text{shoot}}$ ’ species by ‘high RPR-low  $A_{\text{shoot}}$ ’ species. Thus, long-term changes in the carbon flux to shoot growth in response to nitrogen would largely reflect changes in total carbon assimilation, rather than in allocation. While this was not the expected response, it explains the results from [6]. These authors compared the  $A_{\text{shoot}}$  of pastures receiving contrasting phosphorus fertilizer rates over 20 y, and thus with contrasting contributions of species adapted to nutrient-poor vs. nutrient-rich conditions.  $A_{\text{shoot}}$  was highest (0.49) in low fertility plots, and lowest in the highly fertilized one (0.39). Notably, their data shows, at the community level, the same opposite association between  $A_{\text{shoot}}$  and daily carbon gain observed in our study.

## 4 Conclusions

Using steady-state  $^{13}\text{C}$ -labeling, the allocation of assimilated carbon to shoot growth was measured *in situ* in individual grass species coexisting in a natural grassland in Argentina. Differences between seasons and nitrogen fertilizer rates correlated positively to variability in shoot nitrogen concentration, in agreement with predictions of the functional equilibrium theory and optimal growth models. The species with higher photosynthesis rates, *B. auleticus* and *L. multiflorum*, allocated substantially less assimilated carbon to shoot growth than *S. trichotoma*. Thus, the two most productive species, which are enhanced the most by fertilization, were able to capture more carbon per unit shoot mass but were less ‘efficient’ at using it to produce shoot tissue. In consequence, nitrogen loading in grasslands may result in little change in carbon allocation to shoot tissue, if increases in  $A_{\text{shoot}}$  at the species level are offset by decreases associated with the replacement of species.

## 5 Literatur

- [1] BAHN, M., LATTANZI, F.A., HASIBEDER, R., WILD, B., KORANDA, M., DANESE, V., BRÜGGEMAN, N., SCHMITT, M., SIEGWOLF, R. AND RICHTER, A. (2013): Responses of belowground carbon allocation dynamics to extended shading in mountain grassland. *New Phytologist* 198, 116-126.
- [2] BÉLANGER, G., GASTAL, F. AND WAREMBOURG, F. R. (1994): Carbon balance of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.): effects of nitrogen fertilization and the growing season. *Annals of Botany* 74, 653-659.
- [3] LATTANZI, F.A., BERONE, G.D., FENEIS, W. AND SCHNYDER, H. (2012):  $^{13}\text{C}$ -labeling shows the effect of hierarchy on the carbon gain of individuals and functional groups in dense field stands. *Ecology* 93, 169-179.

- [4] POORTER, H., NIKLAS, K.J., REICH, P.B., OLEKSYN, J., POOT, P. AND MOMMER, L. (2012): Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist* 193, 30-50.
- [5] REICH PB (2002): Root-shoot relations: optimality in acclimation and adaption or the "Emperor's new clothes"? In: Waisel, Y., Eshel, A. & Kafkafi, U. (eds): *Plant roots: the hidden half*, vol 3rd. Marcel Dekker Inc., New York, USA, 205-220.
- [6] SAGGAR, S., HEDLEY, C. AND MACKAY, A.D. (1997): Partitioning and translocation of photosynthetically fixed  $^{14}\text{C}$  in grazed hill pastures. *Biology and Fertility of Soils* 25, 152-158.
- [7] SCHLEIP, I., LATTANZI, F.A. AND SCHNYDER, H. (2013): Common leaf life span of co-dominant species in a continuously grazed temperate pasture. *Basic and Applied Ecology* 14, 54-63.

# Differenzierung der Jugendentwicklung bei Populationen von Wiesenschwingel und Deutschem Weidelgras

T. Lunenberg, S. Hartmann

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung,  
IPZ4b, Am Gereuth 4, 85354 Freising  
[tatjana.lunenberg@lfl.bayern.de](mailto:tatjana.lunenberg@lfl.bayern.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Das Projekt „Erweiterung der nutzbaren Diversität im Bayerischen Genpool bei Wiesenschwingel zur Übertragung relevanter Merkmale aus Deutschem Weidelgras sowie Bildung eines eigenständigen Festulolium-Genpools“ dient konkret der Erweiterung der genetischen Variabilität in der Art Wiesenschwingel bezüglich der Merkmale „Jugendentwicklung“ und „Vielschnittverträglichkeit in Grasnarben“ (⇒ Nachtriebsvermögen). Da diese im aktuellen Genpool zu gering ist, wurde er durch die heute in der Regel höheren Nutzungsintensitäten aus seiner im bayerischen Grünland prägenden Stellung verdrängt ([3], [1]). Das Deutsche Weidelgras hebt sich durch rasche und sichere Jugendentwicklung, gute Bestockungsfähigkeit und hohe Konkurrenzkraft von anderen Gräsern ab. Beide Arten gelten als wertvolle Futtergräser ([2], [4]).

Als Methode zur Übertragung der dargestellten Merkmale wurde die Gattungsbastardisierung verwendet. Die Festulolium-Pflanzen (WD x WSC), die als Transferorganismus dienen, wurden mit WSC rückgekreuzt.

Um das Projektziel zu erreichen, benötigt man eine effiziente Selektionsmethode, die möglichst einfach und früh die genotypischen Unterschiede bezüglich des Merkmals „Jugendentwicklung“ detektiert.

Da das vorliegende Festulolium-Saatgut sehr arbeitsaufwändig gewonnen wurde und auch nur in geringen Mengen vorlag, wurde die im folgendem dargestellte Methodenentwicklung mit zugelassenen Sorten Wiesenschwingel und Deutschem Weidelgras durchgeführt.

Aufgrund des häufig degenerierten bis nicht existenten Endosperms ist die Keimfähigkeit des Projektmaterials im Vergleich mit üblichen Saatgut oft schlecht.

Um diesem Umstand in der Methodenentwicklung nahe zu kommen und auch die Effekte unterschiedlicher Chargenqualität in Relation zu den genetischen Unterschieden quantifizieren und berücksichtigen zu können, wurden verschiedene Chargen und Saatgut unterschiedlichen Alters verwendet.

Erste Ergebnisse der Versuche werden im folgenden Text dargestellt.

## 2 Material und Methoden

Als Versuchsmaterial dienen die Sorten Weigra (WD) und Cosmolit (WSC). Bezogen wurde das Saatgut von der Saatzucht Steinach und noch vorhandenen eigenen Beständen (Tab. 1).

Tab. 1: Prüfglieder.

| Sorte    | Erntejahr     | Sorte  | Erntejahr           |
|----------|---------------|--------|---------------------|
| Cosmolit | 2002          | Weigra | 2000 (tiefgefroren) |
| Cosmolit | 2006          | Weigra | 2005                |
| Cosmolit | 2008          | Weigra | 2007                |
| Cosmolit | 2011          | Weigra | 2008                |
| Cosmolit | 2012 Charge 1 |        |                     |
| Cosmolit | 2012 Charge 2 |        |                     |

Das Saatgut wurde Mitte Januar in mit Erde gefüllte Schalen eingelegt. Die Bonitur der 132 Einzelpflanzen pro Prüfglied erfolgte in einer randomisierten Versuchsanlage mit vier vollständigen Blöcken anhand der BBCH-Stadien 00 bis 21.

Zur Messung der Blattlänge dienten spezielle Rahmen, die in 10cm, 13cm, 17cm und 21cm mit Netzen bespannt waren. Die Rahmen verhinderten zusätzlich das Umfallen der Pflanzen.

Die statistische Verrechnung (ANOVA und Student-Newman-Keuls-Test) erfolgte mit R (<http://www.r-project.org/>) und dem Package (ExpDes).

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Zwischen Auflaufen (BBCH 09) und Bestockung (BBCH 21) (Abb. 1), sowie Erscheinen des dritten Blattes (BBCH 12) und BBCH 21 konnten signifikante Unterschiede zwischen allen Weigra Prüfgliedern und allen Cosmolit Prüfgliedern gefunden werden (Tab. 2).

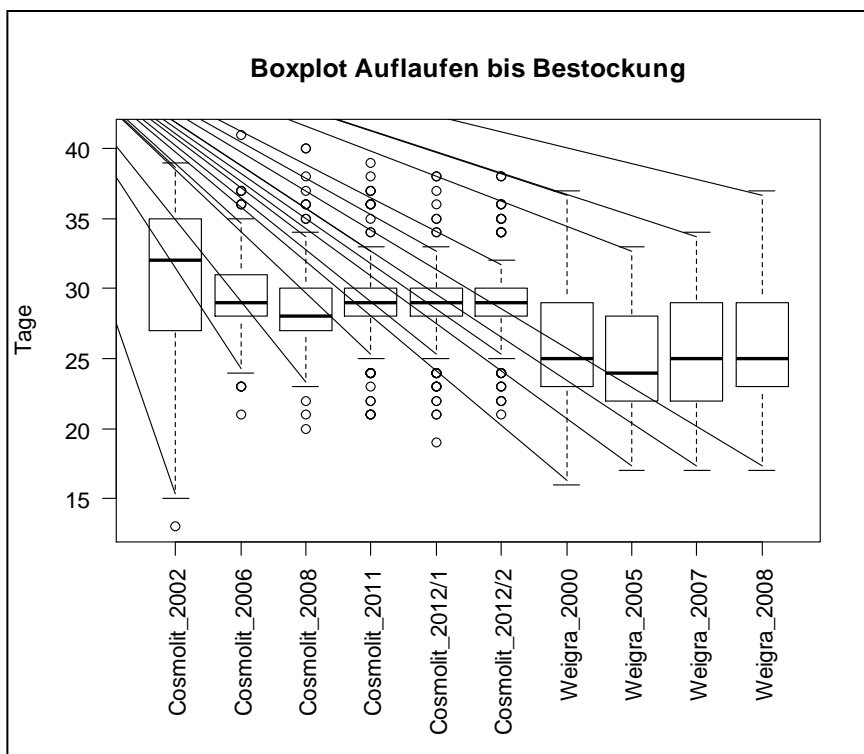


Abb. 1: Anzahl der Tage von Auflaufen (BBCH 09) bis Erscheinen des ersten Bestockungstriebes (BBCH 21).

Tab. 2: Abstände (in Tagen) ausgewählter BBCH-Stadien. Gleiche Buchstaben kennzeichnen nicht-signifikante Unterschiede.  $P = 0,05$  (Student-Newman-Keuls-Test).

| Prüfglied       | Einlegen (BBCH 0) bis<br>Auflaufen (BBCH 09) |        | Auflaufen (BBCH 09)<br>bis Bestockung<br>(BBCH 21) |        | Blatt 2 (BBCH 11) bis<br>Blatt 3 (BBCH 12) |        |
|-----------------|--|--------|--|--------|--|--------|
|                 | Mittel (Tage)                                | Gruppe | Mittel (Tage)                                      | Gruppe | Mittel (Tage)                              | Gruppe |
| Cosmolit_2002   | 11,86  | a      | 29,91  | a      | 8,58                                       | b      |
| Cosmolit_2006   | 8,18   | b      | 29,36  | a      | 10,10                                      | a      |
| Cosmolit_2008   | 8,17   | b      | 28,61  | a      | 9,81                                       | a      |
| Cosmolit_2011   | 7,53   | c      | 28,90  | a      | 9,71                                       | a      |
| Cosmolit_2012/1 | 7,14   | c      | 28,54  | a      | 9,80                                       | a      |
| Cosmolit_2012/2 | 7,09   | c      | 28,97  | a      | 9,57                                       | a      |
| Weigra_2000     | 6,29   | d      | 25,83  | b      | 8,40                                       | b      |
| Weigra_2005     | 7,40   | c      | 24,92  | b      | 8,18                                       | bc     |
| Weigra_2007     | 6,26   | d      | 25,19  | b      | 7,77                                       | c      |
| Weigra_2008     | 5,72   | e      | 25,26  | b      | 8,28                                       | bc     |

Weigra bildete schneller einen Bestockungstrieb als Cosmolit. Beim Vergleich des Zeitraums Erscheinen 1. Blatt bis Erscheinen 2. Blatt differenzierten WD und WSC nicht eindeutig, da die Blattneubildung des Prüfglieds Cosmolit\_2002 kongruent mit den Weigra Prüfgliedern erfolgte. Erst mit Beginn der Bestockung waren alle Weigra Prüfglieder von Cosmolit\_2002 signifikant verschieden. Cosmolit\_2002 entwickelte sich innerhalb BBCH 10 und 12 sehr schnell, verfügte jedoch über eine geringere Bestockungsneigung (BBCH 21). Bei künftigen Versuchen besteht die Möglichkeit erst ab BBCH 12 Bonituren vorzunehmen.

Das Längenwachstum der Blätter wies zu keiner Zeit signifikante Unterschiede auf die Weigra eindeutig von Cosmolit trennten. Cosmolit\_2002 wuchs signifikant langsamer, bestockte aber in vergleichbaren Zeiträumen wie die übrigen Cosmolit Prüfglieder. Auffällig an Cosmolit\_2002 waren die Vielzahl degenerierter Pflanzen, die zwar schnell neue Blätter bildeten, aber im Längenwachstum zurück blieben (Abb. 2).

Wie aus der Praxis der Saatgutuntersuchung zu erwarten war, wurde der Zeitraum „Einlegen bis Auflaufen“ neben den Gattungsunterschieden vornehmlich vom Alter des Saatguts beeinflusst. Steigendes Alter wies auf langsames Auflaufen hin. Das Prüfglied Weigra\_2000 keimte trotz des Alters relativ schnell, ein Indiz für die gute Konservierung des Saatguts in gefrorenem Zustand (Tab. 2).

Bei der Bewertung gesunder Pflanzen bezüglich ihrer Jugendentwicklung ist folglich die Erhebung von Längenwachstum und Bestockung als kombinierte Auswertung zur Differenzierung der Genotypen sinnvoll.

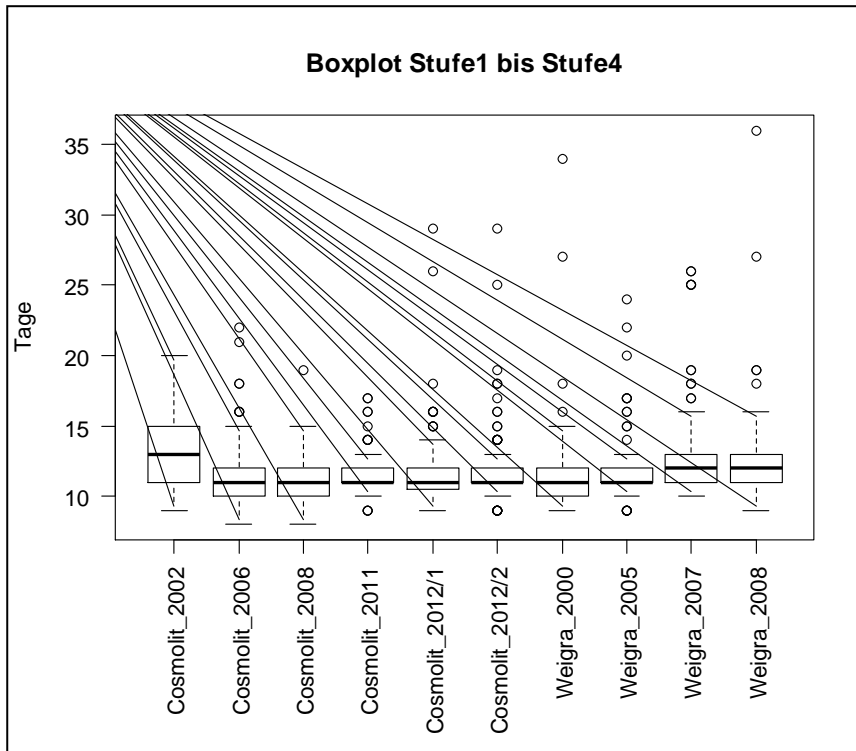


Abb. 2: Wachstumsdauer (in Tagen) von Stufe 1 (10cm) bis Stufe 4 (21cm).

## 4 Ausblick

In künftigen Versuchen wird der Einfluss der Temperatur auf die Differenzierung des Merkmals Jugendentwicklung zwischen den Genotypen untersucht.

Zusätzlich ist eine Verifizierung der aufgestellten Thesen nötig, die verschiedene Sorten unterschiedlichen Alters und Chargen in einen Versuch mit einbezieht.

Da die Sorte Weigra im mittleren Bereich des Zeitpunkt Ährenschiebens (ZPAESCH) liegt, ist die Frage in wie weit das Merkmal ZPAESCH Längenwachstum und Bestockung beeinflusst, noch offen und ebenfalls Gegenstand nachfolgender Untersuchungen.

## 5 Literatur

- [1] BUNDESSORTENAMT (2011): Beschreibende Sortenliste, Futtergräser, Esparsette, Klee, Luzerne. S. 29ff.
- [2] DIE LANDWIRTSCHAFT (1998): Pflanzliche Erzeugung, Band I. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München. S. 486 – 488.
- [3] HEINZ, S., KUHN, G. (2008): 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Bayern. Teil 2: Vegetation auf Äckern und Grünland. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft. ISSN 1611-4159.
- [4] KLAPP, E. (1965): Taschenbuch der Gräser. Paul Parey. Berlin und Hamburg. S. 227.

# Langjährige Untersuchungen zur Ökostabilität von Silomais auf einem nordostdeutschen Diluvialstandort

K. Schmaler<sup>1)</sup>, F. Krüger und G. Barthelmes<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Humboldt-Universität zu Berlin,

<sup>2)</sup>Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg  
[Katrin.Schmaler@agrar.hu-berlin.de](mailto:Katrin.Schmaler@agrar.hu-berlin.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Die prognostizierten Klimaveränderungen könnten sich auf den landwirtschaftlichen Pflanzenbau in Nordostdeutschland besonders stark auswirken, da hier bereits jetzt im Mittel höhere Temperaturen und geringere Niederschläge als in anderen Gebieten Deutschlands verzeichnet werden und leichte diluviale Böden mit geringer Wasserspeicherfähigkeit verbreitet sind. Zunehmende Witterungsextreme werden in den letzten Jahren wahrgenommen. Unter derartigen Bedingungen besitzt eine möglichst hohe Ökostabilität Priorität für die Landwirtschaft. In einer Praxisumfrage unter Brandenburger Landwirten zur Sortenwahl wurde die Wichtigkeit dieses Merkmals vor Trockentoleranz und Ertragsleistung genannt [7].

Silomais nimmt hinsichtlich der Anbaufläche in Brandenburg den zweiten Rang ein und weist hier vor allem in Abhängigkeit von der Wasserversorgung stärkere Ertrags- und Qualitätsschwankungen zwischen den Jahren auf. Neben produktionstechnischen Maßnahmen sind regional geeignete Sorten gefragt, die stabile Leistungen unter verschiedenen Umweltbedingungen auf möglichst hohem Niveau erbringen [1].

In der vorliegenden Untersuchung wird daher der Frage nachgegangen, wie die Ökostabilität verschiedener Leistungsmerkmale und Sortengruppen unter den gegebenen Standortbedingungen zu beurteilen ist und wie sich der Einfluss der Jahreswitterung auf die Ausprägung von Ertrags- und Qualitätsparametern auswirkt. Ziel dieser Sekundärauswertung ist dabei, Schlussfolgerungen für die regionale Sortenempfehlung abzuleiten.

## 2 Material und Methoden

Auf einem nordostdeutschen Diluvialstandort (Berge, Kreis Havelland, Ackerzahl 40, 502 mm, 9,2 °C, Boden-Klima-Raum 102 – sandige diluviale Böden des nordostdeutschen Binnentiefenlandes) werden in Zusammenarbeit zwischen dem Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF) Brandenburg und der Humboldt-Universität zu Berlin seit dem Jahr 1995 Brandenburger Landessortenversuche mit Silomais durchgeführt. Die langjährigen Ergebnisse wurden für die vorliegende Arbeit hinsichtlich der Prüfglied-Umwelt-Wechselwirkung wichtiger Leistungsmerkmale ausgewertet.

In die Auswertung wurden die Merkmale Trockenmasseertrag und Trockenmassegehalt von Sorten der Reifegruppen früh (Jahre 1995 bis 2011) und mittelfrüh (Jahre 1995 bis 2012) einbezogen. Gleiches erfolgte für die Merkmale Energie- und Stärkegehalt der Jahre 1996 bis 2012. Die Berechnung des Energiegehaltes in der Trockenmasse geht für den gesamten Prüfzeitraum von der Schätzgleichung für den Gehalt an umsetzbarer Energie von Silomais und Maissilagen auf Grundlage der Roh Nährstoffparameter Rohfaser und Rohasche aus, die vom Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE) 1998 vorgeschlagen wurde [5]. Die Rohfasergehalte lie-

ferte die NIRS-Bestimmung der Inhaltsstoffe für Silomais [9], die vom LELF Brandenburg durchgeführt wurde.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem „Planungs-, Informations- und Auswertungssystem Feldversuche“ (PIAF) und dem neu entwickelten Modul Ökostabilität für das Statistikprogramm PIAFSTAT [6].

Für die Bewertung der Ökostabilität wurden die Parameter Ökovalenz  $s\%$  sowie die Komponenten der Ökoregression (Regressionskoeffizient  $b$  sowie Abweichung von der Regressionsgeraden  $s\%$ ) gewählt ([12], [11], [3], [4], [11]). Die Bewertung dieser Parameter folgt dem Vorschlag von [2].

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Im Untersuchungszeitraum lag das mittlere Niederschlagsangebot von Aussaat bis Ernte des Silomais bei 252 mm und variierte zwischen 117 und 454 mm. Niederschläge unter 200 mm traten dabei in den Jahren 1998, 1999, 2003, 2006, 2008 und 2009 auf. Sehr hohe Niederschlagsangebote von über 300 mm lagen in den Jahren 2002, 2007 und 2011 vor. Ausgehend von diesen Unterschieden wurde untersucht, ob zwischen Sortengruppen gleicher Siloreifezahl (S 210 bis S 250) Unterschiede in der Ökostabilität wichtiger Leistungsmerkmale bestehen.

Der Faktor Umwelt (Jahre) beeinflusste die Ausprägung der Ertrags- und Qualitätsmerkmale am stärksten (Abb. 1). Dabei traten sehr große Differenzen zwischen den Extremwerten der Prüfmerkmale auf.

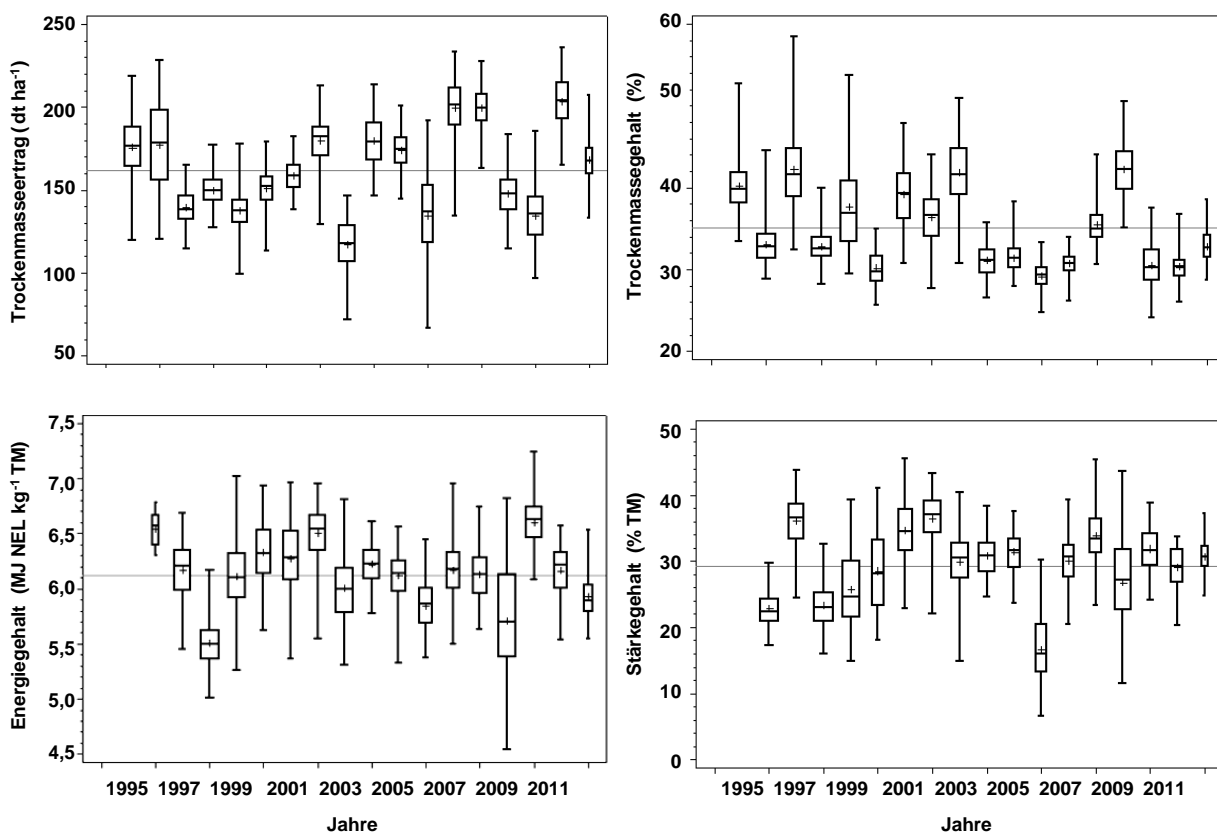


Abb. 1: Boxplots auf Basis der Parzellenwerte für Trockenmasseertrag und Trockenmassegehalt (Jahre 1995 bis 2012) sowie Energie- und Stärkegehalt (Jahre 1996 bis 2012)

Der Einfluss der Siloreife (Sortengruppe) auf die Prüfmerkmale blieb im Vergleich zum Einfluss der Umwelt (Jahre) geringer (Tab. 1). Prüfglieder mit einer Ökovalenz  $s\% < 2,5$  haben nach [2] dabei einen sehr geringen Anteil an der Prüfglied-Umwelt-Wechselwirkung, die mit einer Ökovalenz von  $s\% > 10$  dagegen einen sehr hohen Anteil. Ein Regressionskoeffizient von  $b < 1$  bzw.  $b > 1$  zeigt Prüf-



glied-Umwelt-Wechselwirkungen an. Wie aus Tab. 1 ersichtlich, nahm die Ökovalenz der untersuchten Merkmale in der Reihenfolge Stärkegehalt, Trockenmassegehalt, Trockenmasseertrag und Energiegehalt ab bzw. deren Ökostabilität zu. Die Sorten mit den Siloreifezahlen S 230 und S 240 zeigten gegenüber den anderen Sortengruppen in den Merkmalen Trockenmasseertrag und Stärkegehalt eine etwas höhere Ökostabilität. Der Regressionskoeffizient  $b$  der Ökoregression lag mit wenigen Ausnahmen im Bereich von 0,9 bis 1,1 und wies damit für die Sortengruppen auf eine hohe Ökostabilität hin. Werte von  $b < 1$  bei den Sorten der Reifegruppe mittelfrüh (S 230 bis S 250) können so interpretiert werden, dass unter ungünstigen Umweltbedingungen (z.B. Trockenheit) hier der Trockenmasseertrag ökostabiler war als bei Sorten der Reifegruppe früh (bis S 220). Im Falle des Trockenmassegehaltes zeigten die Regressionskoeffizienten von  $b < 1$  an, dass mit Sorten der Siloreifezahlen S 240 bzw. S 250 der für die Silierung anzustrebende Optimalbereich des Trockenmassegehaltes von 28 bis 35 % sicherer einzuhalten war als mit früher reifenden Sorten. Diese hatten unter den gegebenen Umweltbedingungen den optimalen Bereich häufiger schon deutlich überschritten. Sorten mit Siloreifezahlen von S 210 bis 230 lieferten mit Werten von  $b > 1$  in Jahren mit höherem Niederschlagsangebot während der Vegetationszeit, also günstigeren Umweltbedingungen für die Ausprägung der Merkmale Trockenmasseertrag, Energie- und Stärkegehalt mit größerer Wahrscheinlichkeit Trockenmassegehalte im optimalen Bereich.

Tab. 1: Prüfmerkmalsmittelwerte, Ökovalenz und Ökoregression in Abhängigkeit von den Sortengruppen unterschiedlicher Siloreifezahl (Jahre 1995 bzw. 1996 bis 2011)

|  | Siloreifezahl | Mittelwert | Ökovalenz s% | Ökoregression (Regressionskoeffizient $b$ ) | Ökoregression (Abweichung von der Regressionsgeraden s%) |
|--|---------------|------------|--------------|---|--|
| Trockenmasseertrag (dt ha <sup>-1</sup> )                    | S 210         | 154,1      | 4,65         | 1,02  | 4,63   |
|  | S 220         | 154,6      | 4,21         | 1,08  | 3,99   |
|  | S 230         | 164,2      | 2,56         | 0,97  | 2,51   |
|  | S 240         | 167,0      | 3,10         | 0,95  | 3,01   |
|  | S 250         | 169,9      | 3,95         | 0,98  | 3,93   |
| Trockenmassegehalt (%)                                       | S 210         | 35,9       | 5,30         | 1,07  | 5,21   |
|  | S 220         | 35,1       | 6,11         | 1,12  | 5,91   |
|  | S 230         | 35,8       | 3,65         | 1,06  | 3,56   |
|  | S 240         | 34,7       | 4,87         | 0,90  | 4,66   |
|  | S 250         | 33,2       | 4,07         | 0,85  | 3,50   |
| Energiegehalt in der Trockenmasse (MJ NEL kg <sup>-1</sup> ) | S 210         | 6,22       | 1,94         | 1,01  | 1,94   |
|  | S 220         | 6,22       | 1,89         | 0,94  | 1,87   |
|  | S 230         | 6,10       | 1,62         | 1,05  | 1,60   |
|  | S 240         | 6,10       | 1,88         | 1,10  | 1,82   |
|  | S 250         | 6,08       | 1,28         | 0,91  | 1,21   |
| Stärkegehalt in der Trockenmasse (%)                         | S 210         | 29,2       | 9,18         | 1,01  | 9,81   |
|  | S 220         | 29,2       | 9,50         | 1,01  | 9,49   |
|  | S 230         | 29,9       | 6,16         | 1,09  | 5,95   |
|  | S 240         | 29,3       | 6,64         | 0,97  | 6,62   |
|  | S 250         | 28,7       | 7,88         | 0,92  | 7,75   |

## 4 Schlussfolgerungen

In der Praxis sind möglichst leistungsstarke und ökostabile Sorten mit geprüfter Eignung für definierte Anbaugelände gefragt. Die Auswahl von Sorten verschiedener Siloreifezahlen dient dabei der Verringerung des witterungsbedingten Ertrags- und Qualitätsrisikos. Der Kompromiss zwischen Ertrag und Qualität muss betrieblichen Erfordernissen wie der Verwendung für Silo-, Körner- sowie Biogasnutzung Rechnung tragen.

Mittelfrühe Sorten mit Siloreifezahlen von S 230 und S 240 erfüllen unter den gegebenen Standortbedingungen diese Forderungen am besten. Früh (S 210 und S 220) und später reifende (ab S 250) Silomaisorten sollten den Anbau ergänzen und bieten nur unter speziellen Jahresbedingungen Vorteile in Ertrag und Qualität. Sie tragen am Standort in geringerem Umfang zur Risikoabsicherung bei. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Sorten in der Mehrzahl der Jahre optimal für den Standort geeignet sind, ist als gering einzuschätzen.

Für die Einschätzung der Ökostabilität einzelner Sorten sind die Ergebnisse der Landessortenversuche nur bedingt geeignet, da die Prüfdauer der Sorten leistungsabhängig ist, den Zulassungsrhythmus beachtet und auch den unter Umständen kurzfristigen Entwicklungen am Sorten- und Saatgutmarkt Rechnung trägt, so dass die erforderliche Langjährigkeit der Untersuchungen für die konkrete Sorte meist nicht gegeben ist. Die Berechnung von Maßzahlen der Ökostabilität für die „Regelprüfdauer“ von drei Jahren besitzt dem gegenüber den Nachteil, dass extremere Sortenreaktionen in Einzeljahren zwar auffällig werden, aber nur für den Betrachtungszeitraum ein höheres Gewicht erlangen. Aufgrund fehlender Reproduzierbarkeit dieser Ergebnisse ist eine Verallgemeinerung der Aussagen nicht zulässig. Trotzdem lassen sich unter Beachtung der Tatsache, dass es sich um tendenzielle Reaktionsnormen der Sorten handelt, Risikoabschätzungen für die praktische Sortenwahl ableiten. Die Sicherheit solcher Schätzungen kann durch die Einbeziehung weiterer Versuche (Landessortenversuche, Wertprüfungen des Bundessortenamtes, EU-Sortenversuche aus demselben und vergleichbaren Anbaugeländen) erhöht werden. Die Untersuchungsverfahren hierzu werden gegenwärtig weiter entwickelt [8]. Dies setzt voraus, dass diese Versuche im erforderlichen Umfang, standardisiert und koordiniert in einem integrierten Prüfsystem durchgeführt werden. Bei der Interpretation der Ergebnisse zur Ökostabilität ist zu beachten, dass die im Landessortenversuch geprüften Sorten bereits einen langen Selektionsprozess auf Leistung und Leistungskonstanz durchlaufen haben, der zwischen Sortenentwicklung, Zulassungsprüfungen und regionaler Empfehlung bis zu ca. 15 Jahre beträgt. Insofern umfassen diese Sortimente die jeweils ca. 10 bis 20 % besten Sorten, die sich unter verschiedensten Umweltbedingungen durchgesetzt haben und dementsprechend eine höhere Wahrscheinlichkeit guter Ökostabilität vermuten lassen.

Für die Züchtung ist es unter den Bedingungen der Globalisierung und beschleunigten Sortenwechsels auch aus kommerziellen Gründen wichtig, Sorten mit möglichst hoher Ökostabilität zu entwickeln, die z.B. innerhalb der EU in größeren länderübergreifenden Regionen möglichst gute Leistungen erbringen. Für die Identifizierung von Sorten, die unter regionalen Standortbedingungen spezifische relative Leistungsvorteile zeigen, sind Untersuchungen zur Ökostabilität ebenso wichtig. Dies gilt besonders unter Beachtung der pflanzenbaulichen Herausforderungen des prognostizierten Klimawandels bzw. der Zunahme von extremen Witterungsverläufen.

## 5 Literatur

- [1] BARTHELMES, G. und MÄRTIN, M. (2013): Sortenratgeber Silomais, Körnermais, Sorghum. Fachinformation des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Güterfelde. [www.isip.de/Brandenburg](http://www.isip.de/Brandenburg).
- [2] BÄTZ, G. (1984): Empfehlungen zur weiteren Auswertung von Versuchsserien, insbesondere unter Berücksichtigung der Prüfglied/Umwelt-Wechselwirkung. *Feldversuchswesen* 87, 20-72.
- [3] EBERHART, S. A. and RUSSELL, W. A. (1966): Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6, 36-40.
- [4] HAUFE, W. und GEIDEL, H. (1978): Zur Beurteilung der Ertragssicherheit von Sorten und Zuchtstämmen. I. Definitionen, Stabilitätsparameter und deren Interpretationsmöglichkeiten. *Z. Pflanzenzüchtung* 80, 24-27.
- [5] HERTWIG, F., GREEF, J., JILG, T., KAISER, E., LOSAND, B., MEYER, U., PRIES, M., RODEHUTSCORD, M., SCHWARZ, F.-J., SPIEKERS, H., SÜDEKUM, K.-H. und WEIßBACH, F. (2007): Schätzung des Energiegehaltes von Maisernteprodukten – Bericht zum Stand neuer Ableitungen. *VDLUFA-Schriftenreihe* 63, 413-419.
- [6] KRÜGER, F. und BARTHELMES, G. (2012): Retrospektive biostatistische Sekundärauswertung von Landessortenversuchen (LSV) Brandenburg zu Silomais und Winterraps. In: *Sortenstrategien für landwirtschaftliche Nutzpflanzen zur Anpassung an den Klimawandel*. Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg-Berlin (INKA-BB). Projektbericht.
- [7] MACHOLDT, J. C. (2013): Zur Sortenbewertung von Winterroggen und Winterweizen unter Standortbedingungen im nordostdeutschen Tiefland. Dissertation. Humboldt-Universität Berlin.
- [8] MICHEL, V. und ZENK, A. (2010): Eignung von Winterweizensorten unter speziellen Anbaubedingungen und Einführung neuer Parameter zur Bewertung von Sorten unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. *Forschungsbericht* 6/10. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow.
- [9] TILLMANN, P. (2002): Qualitätsuntersuchung an Maissilage. Anwendung der NIRS-Methode im Netzwerk des VDLUFA. *Mais* 30, Heft 1, 30-31.
- [10] WRICKE, G. (1964): Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Z. Pflanzenzüchtung* 52, 127-138.
- [11] WRICKE, G. und WEBER, W. E. (1980): Erweiterte Analyse von Wechselwirkungen in Versuchsserien. *Med. Inf. u. Stat.* 17, 87-95.
- [12] YATES, F. and COCHRAN, W. G. (1938): The analysis of groups of experiments. *J. Agr. Sci.* 28, 556-580.

# „Qualifizierung von Landwirten für Naturschutzmaßnahmen“ – Ein Instrument zur Förderung der Biodiversität im Wirtschaftsgrünland?

H. G. Stroh<sup>1)</sup>, J. Penk<sup>2)</sup>, M. Horstkötter<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Universität Göttingen, Institut für Pflanzenbau, Abt. Grasslandwissenschaft

<sup>2)</sup>Ingenieurgesellschaft Landwirtschaft und Umwelt (IGLU), Göttingen

[Hans-Georg.Stroh@agr.uni-goettingen.de](mailto:Hans-Georg.Stroh@agr.uni-goettingen.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Seit einigen Jahren wird durch „Ergebnisorientierte“ Agrarumweltmaßnahmen (AUM) versucht, artenreiche Grünlandbestände zu erhalten und zu fördern. Beispiele sind das Programm MEKA in Baden-Württemberg [8] KULAP in Brandenburg [5] oder die Maßnahme NAU B2 in Niedersachsen [6], die den Hintergrund für die hier dargestellten Untersuchungen bildet. Ergebnisorientiert – i.G. zu den bereits früher existierenden Handlungsorientierten Maßnahmen – bedeutet, dass eine bestimmte Mindestzahl von Kennarten des extensiven Grünlandes eines festgelegten Artenkataloges auf einer im Agrarantrag bindend festgelegten Fläche regelmäßig vorkommt. Dieser Maßmentyp ist fokussiert auf das mittlerweile stark zurückgegangene Wirtschaftsgrünland und schließt im Vergleich zum FFH-Lebensraumtyp „Artenreiche Flachlandmähwiese“ auch extensives Weidegrünland mit ein. Die Artenauswahl zielt auf die eigenständige Erhebung und Beurteilung durch die Bewirtschafter, so dass bestimmungskritische Sippen hier weggelassen wurden.

Für einen Erfolg dieser Maßnahmen sind das Interesse und die Bereitschaft zum Eingehen des unternehmerischen Risikos seitens der Landwirte eine wesentliche Voraussetzung. Mithilfe der Beratung zu diesen Maßnahmen soll versucht werden, die Landwirte zur Teilnahme an diesen Programmen zu motivieren und sie dabei zu unterstützen.

## 2 Material und Methoden

Die Beratung erfolgte in den Landkreisen Osterode am Harz (OHA), einer südniedersächsischen Mittelgebirgsregion (ab 2009) sowie den Landkreisen Rotenburg/Wümme (ROW, ab 2011) als typische Region des Norddeutschen Tieflandes. Zur agrarstrukturellen Kennzeichnung der Regionen einschließlich des gesamten Niedersachsens wurden Ergebnisse des Statistischen Landesamtes voran gestellt [4], Tab. 1.

Tab. 1: Agrarstrukturelle Aspekte der Landkreise im Vergleich nach LSKN 2013, NMELVL 2011) (Referenzwerte 1 = 2007, 2 = 1999, 3 = 2011, 4 = 2005)

|                                    | OHA                     | ROW                     | NDS                      |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| LN % Landesfläche <sup>1</sup>     | 25                      | 61                      | 55                       |
| GL % LN <sup>1</sup>               | 29                      | 36                      | 28                       |
| Betriebe <sup>2</sup>              | 449                     | 2807                    | 62.131                   |
| Vollerwerb                         | 147                     | 1589                    | 34.358                   |
| Nebenerwerb                        | 302                     | 1218                    | 27.773                   |
| Maisanbau <sup>3</sup>             | ~ 2,5                   | ~ 18,0                  | ~ 8,0                    |
| Naturschutzfläche [%] <sup>4</sup> | 3,47 * 10 <sup>-3</sup> | 3,19 * 10 <sup>-3</sup> | 10,83 * 10 <sup>-3</sup> |

Im Rahmen des ELER-Programmes PROFIL bietet das Land Niedersachsen „Naturschutzqualifizierung für Landwirte“ als Fördermaßnahme an, die es interessierten Landkreisen ermöglicht Mittel für die Beratung zu den AUM zu beantragen. Ein praktischer Teil der Beratung im Bereich des Wirtschaftsgrünlandes umfasst die Bestandsaufnahme und Kennartenschulung für die ortsansässigen Bewirtschafter. Mit der Beratung wurde die Ingenieurgemeinschaft Landwirtschaft & Umwelt (IGLU) beauftragt, deren Ergebnisse und Zwischenergebnisse hier zum Teil dargestellt werden ([2], [3]) Die Auswertung beschränkt sich auf die Beratungsergebnisse zu den Ergebnisorientierten Maßnahmen im Dauergrünland. Diese umfassen zwei Förderstufen bei den entweder mindestens vier (Maßnahme „NAU B2“) oder sechs (Fördermaßnahme 411) Arten eines Kennartenkataloges vorkommen müssen. Die Kriterien sind erfüllt wenn auf jeder Hälfte der längst möglichen Diagonale des Schlages vier bzw. sechs Kennarten vorkommen.

In der Auswertung wurden aus der Gesamtzahl der begutachteten Flächen diejenigen unterschieden, welche die Kriterien für Maßnahme NAU B2 oder sogar den naturschutzfachlich höherwertigen Level für Fördermaßnahme 411 erreichen.

Darüber hinaus wurden unterschieden nach den Produktionstypen „Milch“ (Milchviehbetriebe) gegenüber der Produktionsrichtung „Fleisch“ (Mutterkuhhaltung). Diese Unterteilung entspricht für den Landkreis Osterode fast genau den Erwerbstypen Vollerwerbsbetrieb („Milch“) und den Nebenerwerbsbetrieb („Fleisch“), wobei in letztere Gruppe auch zwei Pferdebetriebe und ein Viehhändler als Nebenerwerbler integriert wurden. Im Gegensatz zu den seit vier Jahren laufenden Beratungen im Landkreis Osterode am Harz erfolgten die Beratungen im Landkreis Rotenburg/Wümme erst seit zwei Jahren, so dass die Ergebnisse aus den beiden letzten Jahrgängen als deutlich weniger repräsentativ gelten müssen, wohl aber landkreisspezifische Tendenzen erkennen lassen.

### 3 Ergebnisse

Im Landkreis Osterode hatten zwischen 2009 und 2011 73 Bewirtschafter des Beratungsangebot angenommen [2], (Tab. 2). In gewissem Umfang ist dabei von Doppelnennung auszugehen, wenn einzelne Betriebe mehrfach beraten wurden. Mit einem Anteil von ca. 16% der landkreiseigenen Betriebe lässt dies ein relativ großes Interesse an der Beratung erkennen. Auch im Landkreis Rotenburg/Wümme wuchs das Beratungsinteresse vom ersten zum zweiten Jahr, bleibt aber deutlich hinter dem in Osterode zurück wenn man bedenkt, dass die Zahl der Betriebe um ein vielfaches höher liegt.

Tab. 2: Wahrnehmung des Beratungsangebotes einzelner Betriebe

|                        | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|------------------------|------|------|------|------|
| <b>Osterode a.H.</b>   | 10   | 40   | 23   |      |
| <b>Rotenburg/Wümme</b> |      |      | 6    | 19   |

Insgesamt 20 Bewirtschafter nahmen zwischen 2010 und 2013 im Landkreis Osterode das Beratungsangebot für eine Feldbegehung zu den Kennartenprogrammen wahr. Dabei zeigte sich, dass annähernd zwei Drittel der Flächen die Kriterien der Kennartenprogramme erfüllten. Selbst der Anteil des 6-Arten-Programmes erreicht hohe Werte von knapp 40% (Abb. 1). Der Vergleich der beiden Produktions- bzw. Erwerbstypen zeigt einen deutlich höheren Anteil an Flächen bei den Mutterkuhhaltern. Dieses Verhältnis findet sich auch beim Vergleich der beiden Erwerbstypen auf Landkreisebene (Kreisdiagramm in Abb. 1). Beim einfachen Vergleich zwischen förderfähigem und nicht förderfähigem Grünland zeigte sich, dass prozentual Milchviehbetriebe und Mutterkuhhaltern annähernd gleich sind. Die letzteren zeigen allerdings einen überdurchschnittlich hohen Anteil von Grünland mit sechs und mehr Arten.

Im Landkreis Rotenburg/Wümme ist abgesehen von der insgesamt erheblich geringeren Zahl begangener Flächen (17 Schläge), der Anteil des förderfähigen Grünlandes nur knapp über 50%. Sowohl quantitativ wie auch prozentual haben hier die Nebenerwerbsbetriebe den höheren Anteil an naturschutzfachlichem Grünland. Im Gegensatz zum Landkreis Osterode spiegelt sich das Verhältnis der beiden Erwerbstypen (Kreisdiagramm in Abb. 2) bei den Anteilen der förderfähigen/nicht förderfähigen Flächen nicht wider.

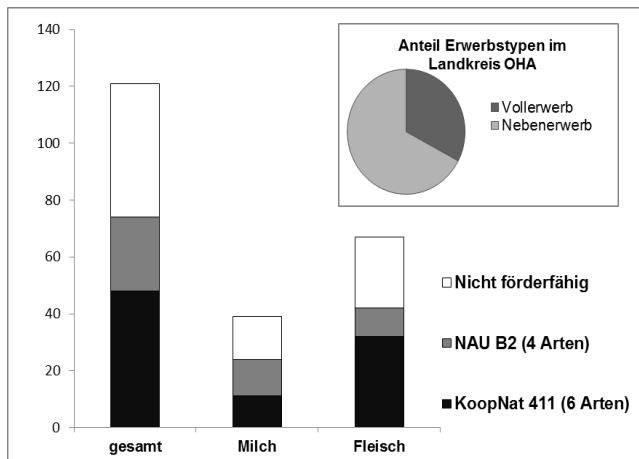


Abb. 1: Ergebnisse der Feldbegehungen 2010 – 2013 im Lkr. Osterode a. H.

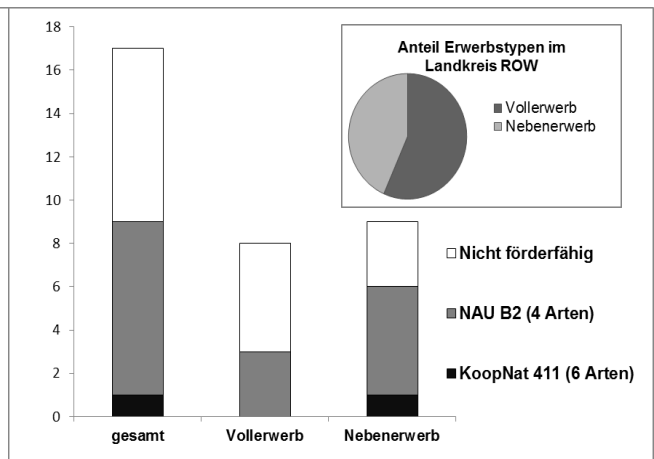


Abb. 2: Ergebnisse der Feldbegehungen 2012 – 2013 im Lkr. Rotenburg/Wümme

## 4 Diskussion

Die Unterschiede zwischen den Landkreisen Osterode einerseits und Rotenburg/Wümme andererseits hängen zum einen mit den jeweiligen naturräumlichen Bedingungen und dem daraus resultierenden Ertragspotenzial zusammen. Im subkontinental getönten Mittelgebirge am Südwestrand des Harzes sind bei entsprechend kurzer Vegetationsperiode der Wuchsleistung Grenzen gesetzt. Der flächenmäßig höhere Grünlandanteil in den Landkreisen Rotenburg/Wümme und Stade (Tab. 1) geht offenbar einher mit hoher Intensivierung in der Futterproduktion. Die Dichte der Milchkühe/ha steigt von etwa 10-20 Tieren auf 50-70 für den Landkreis ROW [7]. Interessant ist, dass der Landkreis auch die deutlich höheren Naturschutzflächen besitzt. (Tab. 1). Hier besteht allerdings die Möglichkeit, dass die von den Schutzgebieten betroffenen Landwirte im Rahmen anderer Instrumente (Vertragsnaturschutz i.w.S.) Grünlandschutz betreiben. Ein weiterer Aspekt, der in jüngerer Zeit an Bedeutung gewinnt, ist der Energiepflanzenanbau und die damit einhergehende Flächenkonkurrenz. Oftmals ist es für die Bewirtschafter trotz der Prämien lukrativer Mais u.a. anzubauen statt Dauergrünland für die Tiere bereitzustellen. Auch hier zeigt der norddeutsche Landkreis einen hohen Anteil im Vergleich zum Landesdurchschnitt (Tab. 1).

Es muss aber auch berücksichtigt, dass seitens der Bewirtschafter eine Skepsis gegenüber derartigen Programmen vorliegt. Ein häufig benanntes Problem ist die vertragliche Bindung auf fünf Jahre. Dies bedeutet einerseits mangelnde Flexibilität auf der Fläche und andererseits die Gefahr einer Sanktionierung bei Nichtgewährleisten des Vertragsinhaltes. Die Verlässlichkeit der Artenzusammensetzung bei gleichbleibender Bewirtschaftung ist daher ebenfalls ein wichtiger Beratungsinhalt. Für die Situation im Landkreis Osterode ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung, dass das Büro IGLU im Landkreis schon länger Beratungen zum Wasserschutz durchführt und die angesprochenen Landwirte dem Beratungsangebot mit weniger Skepsis gegenüber stehen, sondern vielmehr zwischen Berater und Bewirtschafter bereits persönlicher Kontakt besteht und die Bewirtschafter zum Teil auch Erfahrungen mit Agrarumweltmaßnahmen haben.

Im Landkreis Osterode zeigt sich, dass auch Milchviehbetriebe, deren ökonomischer Rahmen für Naturschutzmaßnahmen häufig viel enger ist, zur Teilnahme an derartigen Programmen motiviert

werden können. Selbst für die naturschutzfachlich höherwertige Maßnahme 411 (6 Arten) sind deren Schläge zum Teil förderfähig. Dies bestätigt die Ergebnisse von [9], die ebenfalls den Beitrag von Milchviehbetrieb zum Erhalt der Biodiversität im benachbarten Landkreis Northeim untersuchten.

## 5 Schlussfolgerungen

Die Beratungen zeigten, dass nach gewisser Laufzeit eine positive Wirkung für die Umwelt, speziell für Dauergrünland, von Qualifizierungsmaßnahmen erwartet werden kann. Inwiefern dies auch für den Landkreis Rotenburg/Wümme zutreffen wird, kann noch nicht abschließend beantwortet werden. Die Untersuchungen von ENTERA bestätigen dieses Ergebnis im überregionalen Maßstab. Man muss sich jedoch bewusst sein, dass es sich im Dauergrünland um Bestandsschutz also um den Erhalt bestehender Grünlandbestände handelt. Der Charme der Programme liegt gewissermaßen darin, dass die Bewirtschafter für ihr bisheriges Grünlandmanagement honoriert werden. Nur wenige Landwirte gaben an, weitere (Extensivierungs-) Maßnahmen durchführen bzw. ihr Management umzustellen zu wollen. Dass derartige einzelbetriebliche Veränderungen möglich sind, zeigten [10] in Brandenburg, wo unterstützt von Flächenagenturen, Betriebsumstellungen im Zusammenhang mit Kompensationsmaßnahmen, die aus der Folgebewältigung von Eingriffsvorhaben entstanden, durchgeführt wurden.

Aus der Sicht des Naturschutzes ist ferner zu berücksichtigen, dass naturschutzfachlich hochwertiges Grünland mit diesen Maßnahmen nicht oder kaum erreicht wird. Dafür müssen andere Instrumente gefunden und entsprechende Vertragsbedingungen ausgestaltet werden. Eine Auswertung internationaler Studien zeigte, dass AUM nur geringe positive Wirkungen zur Förderung der Biodiversität entfalten [11]. Der Autor kommt zu dem Schluss, dass dafür eine fachliche Begleitung der Maßnahmen sowie ein hohes biotisches Potenzial in der jeweiligen Region gegeben sein muss (Donatorhabitate). Darüber hinaus fordert er Monitoringprogramm zur Evaluierung der AUM. Erfolgskontrollen zum Vertragsnaturschutz in Bayern zeigen, dass auf Vertragsnaturschutzflächen die naturschutzfachliche Qualität in vielen signifikant höher liegt als auf Nicht-Vertragsflächen.

## 6 Literatur

- [1] ENTERA UMWELTPLANUNG & IT (2013): Wirkungsevaluation mit Hilfe der Difference in Differences-Methode. Präsentation zur Veranstaltung PROFIL-Fördermaßnahme „Qualifizierung für den Naturschutz“ Erfahrungsaustausch 2013 vom 22.04.2013, Hannover.
- [2] INGENIEURGEMEINSCHAFT LANDWIRTSCHAFT & UMWELT (IGLU) (2011): Naturschutz-Qualifizierung für Landwirte im Landkreis Osterode am Harz für den Zeitraum 2009 bis 2011 – Abschlussbericht. 22 S. Göttingen.
- [3] INGENIEURGEMEINSCHAFT LANDWIRTSCHAFT & UMWELT (IGLU) (2012): Qualifizierung von Landwirten für Naturschutzmaßnahmen im Landkreis Rotenburg (Wümme) – Zwischenbericht 2012. 9 S. Göttingen.
- [4] LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE NIEDERSACHSEN (2013). Online-Datenbank. <http://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/>, Abruf 23.07.2013.
- [5] MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ BRANDENBURG (MLUV) (2007). Artenreiches Grünland in Brandenburg - Bestimmungshilfen für die Kennarten, KULAP. Broschüre, 34 S. [http://homepage-zalf.ext.zalf.de/Attachments/broschuere\\_artenreiches\\_gruenland.pdf](http://homepage-zalf.ext.zalf.de/Attachments/broschuere_artenreiches_gruenland.pdf)

- [6] NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (NLWKN) (2009): Blumenwiesen. Ergebnisorientierte Förderung von artenreichem Grünland. Broschüre 1/3, A4. 80 S. unter <http://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/veroeffentlichungen/broschuere-blumenwiesen---foerderung-von-artenreichem-gruenland-46264.htm>
- [7] NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDENTWICKLUNG (NMELVL) (2011): Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen. Download unter: <http://www.ml.niedersachsen.de/>
- [8] OPPERMANN & GUJER (Hrsg.) (2003): Artenreiches Grünland bewerten und fördern – MEKA und ÖQV in der Praxis. 199 S., Ulmer, Stuttgart.
- [9] STROH, H.G., STROH, H. G., KLIMEK, S., ISSELSTEIN, J. (2009): Farm structure and grassland phytodiversity – A comparison of beef and dairy cattle farms. Grassland Sci. in Europe 14: 46-49
- [10] TREFFKORN, A., JESSEL, B., SZARAMOVICZ, M (2007): Kompensationsmaßnahmen und Landwirtschaft, Natsch. Landschaftspl. 39/2; 57-64
- [11] WITTINGHAM, M.J. (2011): the future of agri-environment schemes: biodiversity gains and ecosystem service delivery. J. Appl. Ecol. 48: 509-513.



# Einfluss von Rinderurin auf die Isotopensignatur einer *Lolium-perenne-Trifolium-repens*-Mischung

B.Tonn, I. Porath, J. Isselstein

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften,  
Abteilung Graslandwissenschaft, von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,  
[btonn@uni-goettingen.de](mailto:btonn@uni-goettingen.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Aus dem natürlichen Verhältnis der beiden stabilen Isotope  $^{14}\text{N}$  und  $^{15}\text{N}$  in Graslandaufwüchsen können Rückschlüsse auf die Stickstoffquellen der Pflanzen und auf Stickstoffflüsse in den Systemen gezogen werden. Da gasförmige Stickstoffverluste in der Regel mit einer relativen Anreicherung von  $^{15}\text{N}$  in der Pflanze verbunden sind, [3] kann das  $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ -Verhältnis in Graslandaufwüchsen als Indikator für Stickstoffverluste in Futterbausystemen dienen [5].

Auf Weideflächen stellen Urinstellen eine wichtige Stickstoffquelle für den Pflanzenbestand dar. Gleichzeitig tragen sie erheblich zu Nitratauswaschung und gasförmigen Stickstoffverlusten bei [2]. Zu letzteren gehört die Freisetzung gasförmigen Ammoniaks, die üblicherweise 15-20 % des im Urin enthaltenen Stickstoffs umfasst [2]. Dieser Prozess ist mit einer starken isotopischen Fraktionierung verbunden, die zur Abreicherung von  $^{15}\text{N}$  im freigesetzten Ammoniak und einer entsprechenden Anreicherung von  $^{15}\text{N}$  in den im Boden verbleibenden Stickstofffraktionen führt [3]. Pflanzen sind in der Lage, gasförmigen Ammoniak aus der Atmosphäre über die Stomata aufzunehmen ([6]. [1]) stellten eine kurzfristige Abreicherung von  $^{15}\text{N}$  in oberirdischen Pflanzenteilen nach Urinapplikation in einer nordamerikanischen Prairie fest, die sie auf die Aufnahme isotopisch leichten Ammoniak-Stickstoffs durch die Pflanzen zurückführten. Darüber hinaus können Urinstellen den Anteil symbiotisch fixierten Stickstoffs an der Gesamt-Stickstoffaufnahme beeinflussen, indem sie zum einen zur Konkurrenzverschiebung von Leguminosen zu Nicht-Leguminosen, zum anderen zur Abnahme des Anteils fixierten Stickstoffs in Leguminosen führen [7]. Urinstellen können damit die Isotopensignatur von Graslandaufwüchsen und deren Aussagekraft in Bezug auf Stickstoffflüsse in Weiden in komplexer Weise beeinflussen. Hierzu liegen bislang noch kaum Informationen vor. In einem Topfversuch wurde daher geprüft, wie die Applikation von Rinderurin die Stickstoff-Isotopensignatur eines Mischbestandes einer Grasart (*Lolium perenne*) und einer Leguminosenart (*Trifolium repens*) im Zeitverlauf beeinflusst.

## 2 Material und Methoden

Der Versuch wurde als vollständig randomisierter Topfversuch mit zwei Versuchsfaktoren und vier Wiederholungen durchgeführt. Die Versuchsfaktoren waren Urinapplikation (ja/nein) und Schnitzeitpunkt (2 Erntetermine). Jeweils 15 Pflanzen von *Lolium perenne* cv. „Signum“ und 10 Pflanzen von *Trifolium repens* cv. „Rivendel“ wurden 7-13 Tage nach Aussaat in Töpfe mit den Maßen von 18x18x18 cm pikiert. Als Substrat diente eine Mischung von Komposterde und Sand im Gewichtsverhältnis von 11:1. Die Töpfe wurden in einer Vegetationshalle aufgestellt und jeweils 27 und 45 Tage nach Aussaat mit einer Schnitthöhe von 5 cm geschnitten. Drei Wochen nach dem zweiten Schnitt wurden in den Urinapplikationsvarianten jeweils 300 ml Rinderurin und in den Kontrollvarianten ohne Urinapplikation jeweils 300 ml Wasser je Topf mit einer Spritzflasche bodennah aus-

gebracht. Töpfe mit Urinapplikation wurden von Kontrolltöpfen vom Zeitpunkt der Urinapplikation bis zu vier Tagen danach räumlich getrennt. Die Ernte der gesamten oberirdischen Biomasse erfolgte 17 Tage (Termin 1) bzw. 32 Tage (Termin 2) nach Urinapplikation. Das Erntegut wurde in die beiden angesäten Arten sortiert und auf 0,25 mm Siebdurchgang vermahlen.

Zum Zeitpunkt der zweiten Ernte wurde jeweils eine Bodenprobe als Mischprobe der mit Urin behandelten und der Kontrolltöpfe genommen. Eine zwischenzeitlich eingefrorene Probe des applizierten Urins wurde nach Ansäuerung mit Salpetersäure gefriergetrocknet. Pflanzen-, Boden- und Urinproben wurden auf ihren Gesamtstickstoffgehalt und ihre Stickstoff-Isotopensignatur untersucht. Die Analyse erfolgte mit einem über ein „Finnigan ConFlo-III-Interface“ (Finnigan MAT, Bremen) an ein „Finnigan Delta Plus“ Massenspektrometer (Finnigan MAT, Bremen) gekoppelten Elementaranalysator NA1110 (CE-Instruments, Rodano, Mailand, Italien). Die Stickstoff-Isotopensignatur wird als  $\delta^{15}\text{N}$  (in ‰) angegeben, mit  $\delta^{15}\text{N} = (R_{\text{Probe}}/R_{\text{Standard}})$ .  $R_{\text{Standard}}$  steht für das  $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ -Verhältnis atmosphärischer Luft,  $R_{\text{Probe}}$  für das der Probe. Die Wiederholbarkeit der  $\delta^{15}\text{N}$ -Analysen war besser als  $\pm 0.2$  ‰. Bei den Pflanzenproben erfolgte die Analyse getrennt nach Art. Stickstoffgehalt und Stickstoff-Isotopensignatur der Gesamtbiomasse wurden als gewichtetes Mittel, mit dem Gewichtungsfaktor Masseanteil der Art, berechnet.

Die statistische Analyse erfolgte als zwei- bzw. dreifaktorielle Varianzanalyse mit der Prozedur „Mixed“ der Software SAS (SAS Institute Inc., Cary, NY, USA). Gesamttrockenmasseertrag, Trockenmasseanteil von *T. repens* sowie Stickstoffgehalt und Stickstoff-Isotopensignatur der Gesamtbiomasse wurden in einem Modell mit den festen Effekten Urinapplikation, Schnittzeitpunkt und deren paarweiser Interaktion untersucht. Das Modell zur Analyse von Stickstoffgehalt und Stickstoffisotopensignatur auf Artebene hatte die festen Effekte Art, Urinapplikation, Schnittzeitpunkt sowie deren paarweise und dreifache Interaktionen. Der Faktor Topf wurde als zufälliger Effekt in das Modell aufgenommen. Zum Erreichen von Varianzhomogenität wurden vor der Analyse auf Artebene die Stickstoffgehalte Logit-transformiert und bei der Analyse der Stickstoff-Isotopensignatur die Kovarianzparameter für jede Urinapplikationsvariante separat angepasst. Im Falle signifikanter ( $P < 0.05$ ) Haupteffekte bzw. Interaktionen wurden Post-hoc-Tests auf Basis der Least Significant Difference durchgeführt.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Urinapplikation führte zum zweiten, jedoch nicht zum ersten Schnittzeitpunkt zu einem höheren Gesamttrockenmasseertrag (Tab. 1, Abb. 1a). Zu beiden Schnittzeitpunkten verringerte sie den Ertragsanteil von *T. repens* signifikant (Abb. 1b). Der Stickstoffgehalt der Gesamtbiomasse war in den Varianten mit Urinapplikation zu beiden Schnittzeitpunkten gegenüber den Kontrollvarianten deutlich erhöht (Abb. 1c). Zum ersten Schnittzeitpunkt war  $\delta^{15}\text{N}$  in der Kontrolle mit 3,9 ‰ beträchtlich höher als nach Urinapplikation mit 1,1 ‰. Zum zweiten Schnittzeitpunkt lag  $\delta^{15}\text{N}$  dagegen in der Variante mit Urinapplikation mit 5,1 ‰ höher als in der Kontrolle mit 2,4 ‰ (Abb. 1 d).

Tab. 1: Varianzanalysetabelle zum Einfluss von Urinapplikation und Schnittzeitpunkt auf Trockenmasseertrag, Stickstoffgehalt und Stickstoffisotopensignatur der Gesamtbiomasse sowie Ertragsanteil von *T. repens*.

|                      | Trockenmasseertrag |          | Ertragsanteil <i>T. repens</i> |          | Stickstoffgehalt |          | Stickstoff-Isotopensignatur |          |
|----------------------|--------------------|----------|--------------------------------|----------|------------------|----------|-----------------------------|----------|
|                      | <i>F</i>           | <i>p</i> | <i>F</i>                       | <i>p</i> | <i>F</i>         | <i>p</i> | <i>F</i>                    | <i>p</i> |
| Urinapplikation (U)  | 4,1                | 0,065    | 38,7                           | <0,001   | 101,8            | <0,001   | <0,1                        | 0,877    |
| Schnittzeitpunkt (T) | 59,9               | <0,001   | 5,0                            | 0,0468   | 0,1              | 0,757    | 8,8                         | 0,023    |
| U x T                | 6,0                | 0,031    | 1,3                            | 0,2717   | 1,9              | 0,189    | 42,9                        | <0,001   |

Bei getrennter Analyse der beiden Arten beeinflussten sowohl Urinapplikation ( $F=99,4$ ;  $p<0,001$ ) als auch Art ( $F=194,3$ ;  $p<0,001$ ) sowie deren Interaktion ( $F=179,6$ ;  $p<0,001$ ) den Stickstoffgehalt; der Effekt des Schnittzeitpunktes war nicht signifikant ( $F=3,36$ ;  $p=0,092$ ). Zu beiden Schnittzeitpunkten war der Stickstoffgehalt von *L. perenne* in der Kontrollvariante nur halb so hoch wie der von *T. repens*. Während der Stickstoffgehalt von *T. repens* durch Urinapplikation nicht beeinflusst wurde, wurde der von *L. perenne* mehr als verdoppelt (Abb. 2a).

Die Stickstoff-Isotopensignatur wurde durch Art ( $F=262,6$ ;  $p<0,001$ ), Schnittzeitpunkt ( $F=15,9$ ;  $p=0,018$ ) sowie durch die Interaktion von Urinapplikation mit Art ( $F=176,9$ ;  $p<0,001$ ) bzw. Urinapplikation mit Schnittzeitpunkt ( $F=33,2$ ;  $p<0,001$ ) beeinflusst (Abb. 2b). In der Kontrollvariante betrug  $\delta^{15}\text{N}$  im Mittel über beide Schnittzeitpunkte bei *L. perenne* 5,7 ‰, bei *T. repens* 0,1 ‰. Nach Urinapplikation ging  $\delta^{15}\text{N}$  in *L. perenne* auf 3,2 ‰ zurück und stieg in *T. repens* auf 2,7 ‰. Im zeitlichen Verlauf, gemittelt über beide Arten, war  $\delta^{15}\text{N}$  der Variante mit Urinapplikation zum ersten Schnittzeitpunkt mit 1,0 ‰ signifikant niedriger in der Kontrollvariante (3,2 ‰), zum zweiten Schnittzeitpunkt mit 4,9 ‰ dagegen signifikant höher als in der Kontrollvariante (2,5 ‰).

Der Stickstoffgehalt im Boden betrug 82 bzw. 96 g kg<sup>-1</sup> (Kontroll- / Urinapplikationsvariante),  $\delta^{15}\text{N}$  lag bei 4,8 bzw. 5,0 ‰. Der Urin hatte einen Stickstoffgehalt von 5,8 g l<sup>-1</sup> und ein  $\delta^{15}\text{N}$  von 2,0 ‰.

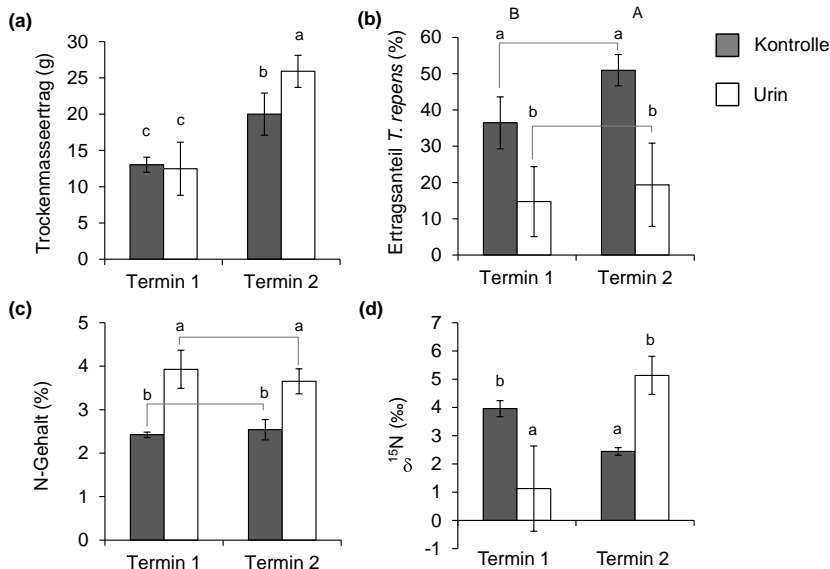


Abb. 1: Einfluss der Applikation von Rinderurin auf (a) den Gesamttrockenmasseertrag je Topf, (b) den Ertragsanteil von *T. repens*, (c) den Stickstoffgehalt und (d) die Stickstoff-Isotopensignatur einer Mischung von *L. perenne* und *T. repens* in Abhängigkeit vom Schnittzeitpunkt. Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung. (a, d): verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante verschiedene Mittelwerte; (b, c): verschiedene Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikant verschiedene Mittelwerte der Urinbehandlungen; (b) verschiedene Großbuchstaben kennzeichnen signifikant verschiedene Mittelwerte der Schnittzeitpunkte; ( $P<0,05$ ).

In den Kontrollvarianten lag  $\delta^{15}\text{N}$  von *L. perenne* leicht über dem des Gesamtstickstoffs im Boden. Die Aufnahme von Bodennährstoffen durch Pflanzen ist ein Prozess, der mit nur sehr geringer isotopischer Fraktionierung verbunden ist [3]; die Abweichung ist vermutlich durch unterschiedliche Isotopensignaturen der verschiedenen Boden-Stickstofffraktionen zu erklären. *T. repens* wies in der Kontrollvariante mit  $\delta^{15}\text{N}$  von 0,4 und -0,3 ‰ Werte auf, die nahe an denen fixierten Luftstickstoffs liegen ( $-0,65 \pm 0,2$  ‰ [4]). Dies lässt auf einen hohen Anteil biologisch fixierten Stickstoffs am Gesamtstickstoff in *T. repens* schließen. Zum zweiten Schnittzeitpunkt deutet das hohe  $\delta^{15}\text{N}$  von *T. repens* in der Variante mit Urinapplikation auf einen starken Rückgang der Stickstofffixierung hin, die auf die gute Stickstoffverfügbarkeit im Boden zurückzuführen ist [7].

*L. perenne* wies nach Urinapplikation zum ersten Schnittzeitpunkt ein sehr niedriges  $\delta^{15}\text{N}$  von nur 1,1 ‰ auf. Dieser Unterschied zur Kontrollvariante lässt sich nicht ausschließlich durch die Aufnahme von Urinstickstoff ( $\delta^{15}\text{N}=2,0$  ‰) aus dem Boden zu erklären, zumal dieser bereits in den ersten Tagen nach Urinapplikation durch Ammoniakfreisetzung isotopisch angereichert wurde [3]. Der Effekt ist statt dessen überwiegend auf die Aufnahme isotopisch abgereicherten gasförmigen Ammoniaks über die Blätter zurückzuführen. [1] beobachteten in den ersten drei Tagen nach Urinapplikation  $\delta^{15}\text{N}$ -Werte des freigesetzten Ammoniaks von unter -20‰. Von Werten in dieser Größenordnung ausgehend lässt sich ein quantitativ nicht unbedeutender Anteil an in Form von Ammoniak aufgenommenen Stickstoffs am Gesamtstickstoffs in *L. perenne* abschätzen. Dabei werden hohe Temperaturen in den ersten vier Tagen nach Urinapplikation (Tagesmittelwerte von 18-27 °C) in diesem Experiment zu einer besonders hohen Ammoniakfreisetzung beigetragen haben. Zum zweiten Schnittzeitpunkt wies *L. perenne* in der Urinapplikationsvariante ein vergleichbares  $\delta^{15}\text{N}$  auf wie die Kontrollvariante. Dies ist vermutlich auf eine Kompensation durch Aufnahme isotopisch angereicherten Urinstickstoffs aus dem Boden zurückzuführen.  $\delta^{15}\text{N}$  der Gesamtbiomasse ist Resultat der Änderungen im Ertragsanteil von *L. perenne* und *T. repens* sowie der Unterschiede zwischen beiden Arten hinsichtlich der Auswirkung von Urinapplikation auf Stickstoffgehalt und Stickstoff-Isotopensignatur.

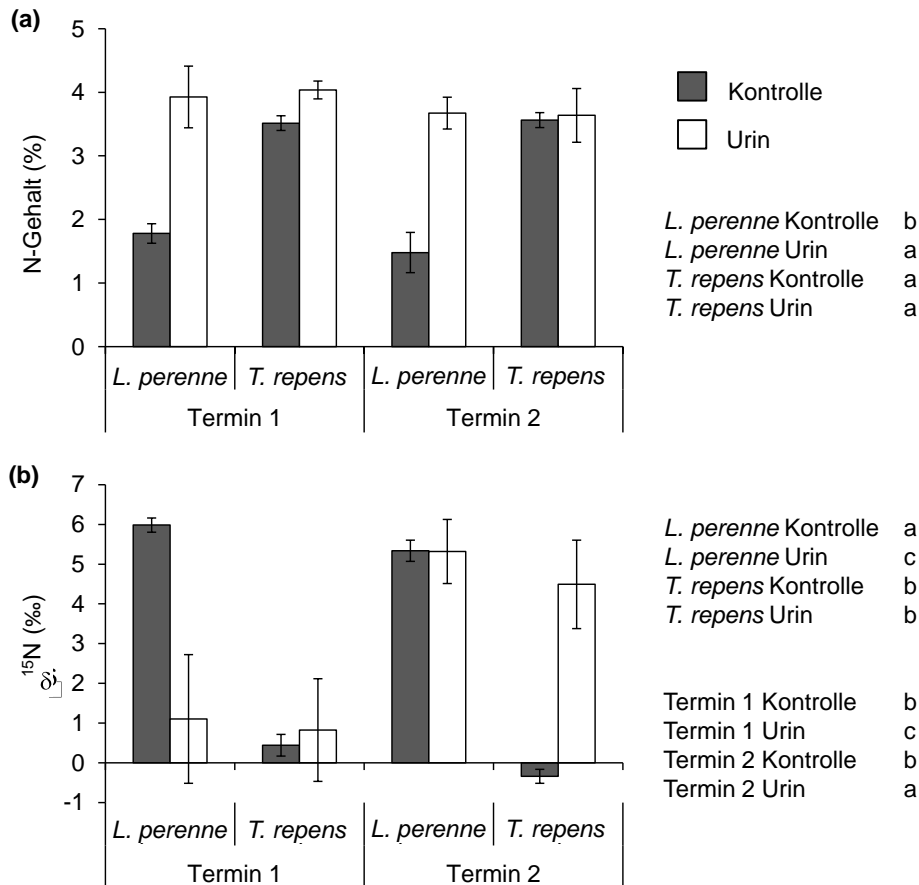


Abb. 2: Einfluss der Applikation von Rinderurin auf (a) den Stickstoffgehalt (b) die Stickstoff-Isotopensignatur von *L. perenne* und *T. repens* in Abhängigkeit vom Schnittzeitpunkt (siehe Abb. 1). Verschiedene Buchstaben hinter den rechts angegebenen Varianten kennzeichnen signifikant verschiedene Mittelwerte ( $P < 0,05$ ).

## 4 Schlussfolgerungen

Urinstellen können die Stickstoff-Isotopensignatur von Graslandaufwüchsen durch Änderung des Ertragsanteils bzw. der Stickstoff-Fixierungsleistung von Leguminosen sowie durch isotopische Fraktionierung als Folge gasförmiger N-Emissionen beeinflussen. Je nach zeitlichem Abstand zur Urindepotion kann  $\delta^{15}\text{N}$  niedriger oder höher als an nicht von Exkrementen beeinflussten Stellen sein. Der Einfluss von Urinstellen unterschiedlichen Alters sollte daher berücksichtigt werden, wenn natürliche Stickstoffisotope zur Untersuchung von Stickstoffflüssen in Weidesystemen eingesetzt werden.

## 5 Literatur

- [1] FRANK, D.A., EVANS, R.D. and TRACY, B.F. (2004): The role of ammonia volatilization in controlling the natural  $^{15}\text{N}$  abundance of a grazed grassland. *Biogeochemistry* 68, 169-178.
- [2] HAYNES, R.J. and WILLIAMS, P.H. (1993): Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy* 49, 119-199.
- [3] HÖGBERG, P. (1997): Tansley Review No. 95:  $^{15}\text{N}$  N natural abundance in soil-plant systems. *New Phytologist* 137, 179-203.

- 
- [4] PEOPLES, M.B., FAIZAH, A.W., RERKASEM, B. and HERRIDGE, D.F. (1989, Hrsg.): Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- [5] SCHWERTL, M., AUERSWALD, K., SCHÄUFELE, R. and SCHNYDER, H. (2005) Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production systems? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109, 153-165.
- [6] SPARKS, J.P. (2009): Ecological ramifications of the direct foliar uptake of nitrogen. *Oecologia* 159, 1-13.
- [7] VINTHER, F.P. (1998): Biological nitrogen fixation in grass-clover affected by animal excreta. *Plant and Soil* 203, 207-215.

# Phänologische Charakterisierung von Ökotypen des Deutschen Weidelgrases (*Lolium perenne* L.) in Schleswig-Holstein

I. Ullmann, A. Herrmann, F. Taube

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und -züchtung,  
Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau,  
Hermann-Rodewald-Straße 9, D-24118 Kiel  
[iullmann@gfo.uni-kiel.de](mailto:iullmann@gfo.uni-kiel.de)

## 1 Einleitung und Problemstellung

Der Beginn des Ährenschiebens gilt im Futterbau als optimaler Nutzungstermin aufgrund ausreichend hoher Erträge [9] bei gleichzeitig guter Futterqualität [8] und ist für die Sortenwahl von großer Bedeutung. Die Futterqualität wird zu diesem Zeitpunkt maßgeblich durch den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten gesteuert, der wiederum durch die Länge der kritischen Phase zwischen Schossbeginn und Beginn Ährenschieben beeinflusst wird. Die vorliegende Studie soll klären, ob eine phänotypische Variation in der Länge der kritischen Phase der Halmverlängerung bei Einzelpflanzen des Deutschen Weidelgrases aus schleswig-holsteinischen Ökotypenpopulationen zu finden ist, die in einem zweiten Schritt als Selektionskriterium zur Steigerung der Futterqualität genutzt werden kann.

## 2 Material und Methoden

In den Jahren 2011 und 2012 (Tab. 1) wurde auf der mecklenburgischen Insel Poel (53° 59' N, 11° 28' E, alt. 5 m) ein nicht-wiederholter Feldversuch mit 300 Deutsch Weidelgras Genotypen angelegt. Die Einzelpflanzen repräsentierten acht verschiedene Ökotypenpopulationen, die im Frühjahr 2010 auf unterschiedlichen Dauergrünlandflächen in Schleswig-Holstein gesammelt wurden. Die Flächen waren durch ein hohes Narbenalter ohne Neu- und Nachsaat gekennzeichnet.

Tab. 1: Monatliche Durchschnittstemperaturen (°C) und Niederschlagsmengen (mm) in den Beobachtungszeiträumen der Versuchsjahre 2011 und 2012

| Monat              | Januar | Februar | März | April | Mai  | Juni | Gesamtjahr |
|--------------------|--------|---------|------|-------|------|------|------------|
| Temperatur in °C   |        |         |      |       |      |      |            |
| 2011               | 1.2    | 0.5     | 3.8  | 10.8  | 13.4 | 16.6 | 9.7        |
| 2012               | 2.3    | -0.6    | 6.3  | 7.6   | 13.0 | 14.8 | 9.1        |
| Niederschlag in mm |        |         |      |       |      |      |            |
| 2011               | 34     | 34      | 13   | 19    | 29   | 137  | 724        |
| 2012               | 53     | 20      | 6    | 21    | 53   | 52   | 516        |

Zur Charakterisierung der phänologischen Entwicklung wurden die Merkmale Schossbeginn (Erscheinen des ersten Nodiums; BBCH31) und Beginn Ährenschieben (Erscheinen der

Blütenstandsspitze aus der Blattscheide des obersten Blattes; BBCH50) nach [5] erfasst. Die kritische Phase der Halmverlängerung wurde für jeden Genotyp anhand der jeweiligen Daten des Schossbeginns und des Beginns des Ährenschiebens bestimmt. Die Datenauswertung erfolgte mit der Statistiksoftware R 2.14.1 [7]. Auf Basis eines gemischten Modells wurden die populationsgenetischen Parameter (Varianzen, Heritabilität, Variationskoeffizienten, Korrelationskoeffizienten, Selektionsgewinn) für die drei untersuchten Merkmale geschätzt. Die phänologischen Daten, ursprünglich erfasst als Tage nach dem 1. April bzw. als Phasenlänge in Tagen, wurden für die statistischen Analysen als kumulierte Temperatursummen ausgedrückt (ab 1. Januar bis Merkmalsbeginn, Basistemperatur von 5 °C).

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Deutsch Weidelgras Genotypen zeigten eine große Variation in der phänologischen Entwicklung (Abb. 1). Der Schossbeginn variierte 2011 zwischen 26 und 57 Tagen nach dem 1. April, der Interquartilsabstand betrug jedoch nur 3 Tage. 2012 war die Verteilung mit 8 Tagen breiter, mit Werten zwischen 5 und 38 Tagen nach dem 1. April. Die Ergebnisse einer Regressionsanalyse (Slope: 0.35; Intercept: 27:6) deuten darauf hin, dass der Schossbeginn stark von Umwelteffekten beeinflusst wird. Der Beginn des Ährenschiebens umfasste 2011 einen Wertebereich von 37 Tagen (33 bis 69 Tage nach dem 1. April) und 2012 von 41 Tagen (26 bis 66 Tage nach dem 1. April). In Anlehnung an die Klassifizierung der Reifegruppen des Bundessortenamtes, decken die untersuchten Genotypen das gesamte Spektrum von sehr frühen bis sehr späten Typen ab. Eine Steigung von 1.01 und ein nicht-signifikant von null verschiedener Achsenabschnitt deuten auf eine große genetische Fixierung des Beginns des Ährenschiebens. Die Länge der kritischen Phase der Halmverlängerung zeigte in beiden Jahren eine ähnliche Verteilung (2011: 3 bis 34 Tage; 2012: 11 bis 47 Tage). Ein Jahreseinfluss auf die Länge der kritische Phase ist vorhanden, fällt aber im Vergleich zum Schossbeginn geringer aus (Slope: 0.64; Intercept: n.s.).

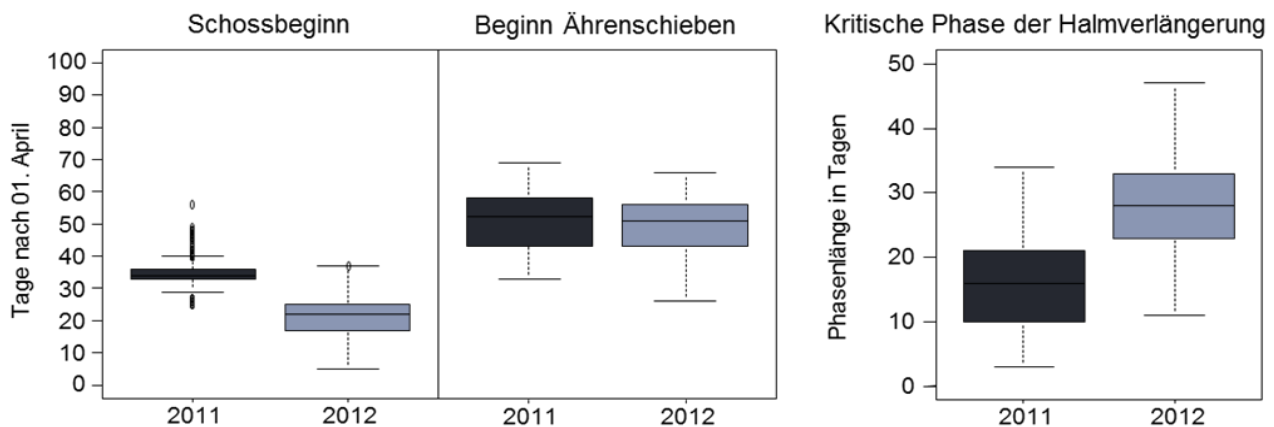


Abb. 1: Boxplots der phänologischen Merkmale Schossbeginn, Beginn Ährenschieben (jeweils in Tage nach dem 1. April) und der kritischen Phase der Halmverlängerung (Phasenlänge in Tagen) der Dt. Weidelgras Genotypen in den Versuchsjahren 2011 und 2012.

Um die vorhandene Variation in den phänologischen Merkmalen spezifischer zu charakterisieren, wurde eine Schätzung der populationsgenetischen Parameter vorgenommen (Tab. 2). Die geschätzte, genotypische Varianz war in allen drei beobachteten Merkmalen signifikant (p-Wert < 0.001). Über die genotypischen Variationskoeffizienten kann diese zwischen den Merkmalen verglichen werden. Das Merkmal Schossbeginn zeigte dabei die geringste genotypische Variation, da neben den genetisch regulierten, physiologischen Prozessen der Beginn der floralen Induktion maßgeblich durch Vernalisation, kritische Frühjahrestemperaturen und Photoperiodismus (primäre und sekun-



däre Induktion) sowie hormonelle Veränderungen determiniert ist [3]. Der Beginn des Ährenschiebens wies eine höhere genotypische Variation auf. Neben der starken genetischen Fixierung ([6], [1]) wirken mögliche Umwelteinflüsse nach der erfolgreichen Umsteuerung nur noch gering. Bei der kritischen Phase der Halmverlängerung konnte die größte genotypische Variation gefunden werden, da nicht nur die physiologischen Prozesse eine Rolle spielen, die den Beginn des Ährenschiebens festlegen, sondern auch die des Schossbeginns. Bezogen auf die Gesamtvariation betrug der Anteil an genetischer Variabilität im Merkmal Schossbeginn 28 % und in den Merkmalen Beginn Ährenschieben und Kritische Phase der Halmverlängerung jeweils 85 %. Auf Basis des genotypischen Variationskoeffizienten lassen sich zwar Aussagen über den Umfang der genetischen Variabilität in den phänologischen Merkmalen treffen, aber nicht über den heritablen Teil. Das Verhältnis der genotypischen Varianz zur phänotypischen Varianz als die Heritabilität im weiten Sinne gibt dagegen Aufschluss über den Anteil an heritabler Variabilität an der Gesamtvariation. Sie liefert dadurch einen Schätzwert, der auf die Verlässlichkeit des phänotypischen Wertes hinweist [4]. Das Merkmal Schossbeginn zeigte eine moderate Heritabilität von 59 %, unterliegt somit den Umwelteinflüssen auf einem relativ hohen Niveau. Im Beginn Ährenschieben und in der kritischen Phase der Halmverlängerung deutet eine Heritabilität von 95 % bzw. 90 % auf eine qualitativ genetische Natur der Merkmale hin, die nahezu unabhängig von Umwelteinflüssen ist. Bezogen auf die Gesamtvariation betrug der Anteil an heritabler Variabilität im Merkmal Schossbeginn 22 %, im Beginn Ährenschieben 83 % und in der kritische Phase der Halmverlängerung 81 %.

Tab. 2: Merkmalsmittelwerte und deren Standardabweichung und Schätzwerte der populationsgenetischen Parameter für die phänologischen Merkmale Schossbeginn, Beginn Ährenschieben und die kritische Phase der Halmverlängerung gemittelt über die Versuchsjahre [Mittelwerte und deren Standardabweichungen als Tage nach 1. April oder Phasenlänge in Tagen].

| Parameter                          | Schossbeginn | Beginn Ährenschieben | Kritische Phase der Halmverlängerung |
|------------------------------------|--------------|----------------------|--------------------------------------|
| Mittelwert                         | 171.5 [28.2] | 331.4 [50.3]         | 159.9 [22.1]                         |
| Standardabweichung $\mu$           | 66.7 [8.7]   | 84.8 [8.6]           | 67.0 [9.1]                           |
| Genotypische Varianz $\sigma_g^2$  | 358.0 ***    | 5258.1 ***           | 3264.3 ***                           |
| Phänotypische Varianz $\sigma_p^2$ | 611.7        | 5521.7               | 3641.3                               |
| Restvarianz $\sigma_e^2$           | 22.5         | 23.0                 | 27.5                                 |
| Heritabilität $h^2$                | 0.59         | 0.95                 | 0.90                                 |
| Genot. Variationskoeff. GCV        | 0.11         | 0.22                 | 0.36                                 |
| Selektionsgewinn GAM%              | 17.4         | 44.0                 | 69.7                                 |

\*\*\*: Signifikant bei  $p < 0.001$ .

Die genotypischen Variationskoeffizienten und die Heritabilität sind unerlässlich für die phänotypische Selektion [2]. Der sich ergebende, theoretische Selektionsgewinn (bei  $\alpha = 5\%$ ) ist vor allem für den Beginn Ährenschieben und die kritische Phase der Halmverlängerung wie erwartet sehr hoch und kann auf eine additive Genwirkung deuten. Gekoppelt mit der hohen Heritabilität spricht das für leicht vererbare Merkmale. Die phänotypische und genotypische Korrelation gibt im letzten Schritt Aufschluss, über die Beziehungen zwischen den phänologischen Merkmalen (Tab. 3). Die genotypische Korrelation dient dabei der Messung der genetisch bedingten Assoziation. Moderate bis hohe genotypische Korrelationen sagen meist genetische Kopplung oder pleiotrope Effekte

voraus, die an der Merkmalsausprägung beteiligt sind [4]. Die ausnahmslos hohen genotypischen Korrelationen in den untersuchten Merkmalen sind aber in diesem Fall auf die gleiche genetische Grundlagen zurückzuführen, die die florale Induktion einleiten. Auf den Schossbeginn wirken jedoch im Vergleich mehr Faktoren ein, die nach der erfolgreichen Umsteuerung nur noch eine geringe Rolle spielen. Die phänotypische und genotypische Korrelation zum Schossbeginn ist dadurch generell geringer.

Tab. 3: Schätzwerte der genotypischen ( $r_g$ ) und phänotypischen ( $r_p$ ) Korrelationskoeffizienten für die phänologischen Merkmale Schossbeginn, Beginn Ährenschieben und die kritische Phase der Halmverlängerung gemittelt über die Versuchsjahre [ $r_g$  unterhalb und  $r_p$  oberhalb der Diagonale].

|                                      | Schossbeginn | Beginn Ährenschieben | Kritische Phase der Halmverlängerung |
|--------------------------------------|--------------|----------------------|--------------------------------------|
| Schossbeginn                         |              | 0.68**               | 0.42**                               |
| Beginn Ährenschieben                 | 0.86**       |                      | 0.95**                               |
| Kritische Phase der Halmverlängerung | 0.76**       | 0.99**               |                                      |

\*\* : Schätzwert des phänotypischen Korrelationskoeffizienten ist signifikant bei  $p < 0.01$ .

\*\* : Absoluter Wert des genotypischen Korrelationskoeffizienten ist größer als der doppelte Standardfehler

Bei der Betrachtung der Zusammenhänge zwischen dem Schossbeginn, dem Beginn des Ährenschiebens und der kritische Phase der Halmverlängerung (Abb. 2) war auffällig, dass die Genotypen ungeachtet des Beginns des Ährenschiebens meist einen frühen Schossbeginn aufwiesen. Das widerspricht der Annahme, dass die kritische Phase der Halmverlängerung unabhängig vom Beginn des Ährenschiebens eine annähernd gleiche Phasenlänge aufweist. Späte Typen weisen demnach nicht wie die frühen Typen ebenfalls kurze kritische Phasen der Halmverlängerung auf, sondern vielmehr lange Phasen. In diesem Fall hat der Beginn des Ährenschiebens einen großen Effekt auf die Phase der Halmverlängerung, ist aber unabhängig vom Schossbeginn. Dennoch gab es Genotypen mit einer Kombination von spätem Schossbeginn und verhältnismäßig frühem (kurze Phase) bzw. spätem (lange Phase) Beginn des Ährenschiebens. In diesem Fall wird die Länge der kritischen Phase nicht ausschlaggebend vom Beginn des Ährenschiebens bestimmt. Unabhängig von der Länge der kritischen Phase der Halmverlängerung führt jedoch ein später Schossbeginn zwangsläufig zu einem mittleren oder späten Beginn des Ährenschiebens. Das deutet darauf hin, dass in diesem Fall der Schossbeginn dennoch einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Länge der kritischen Phase der Halmverlängerung ausübt.

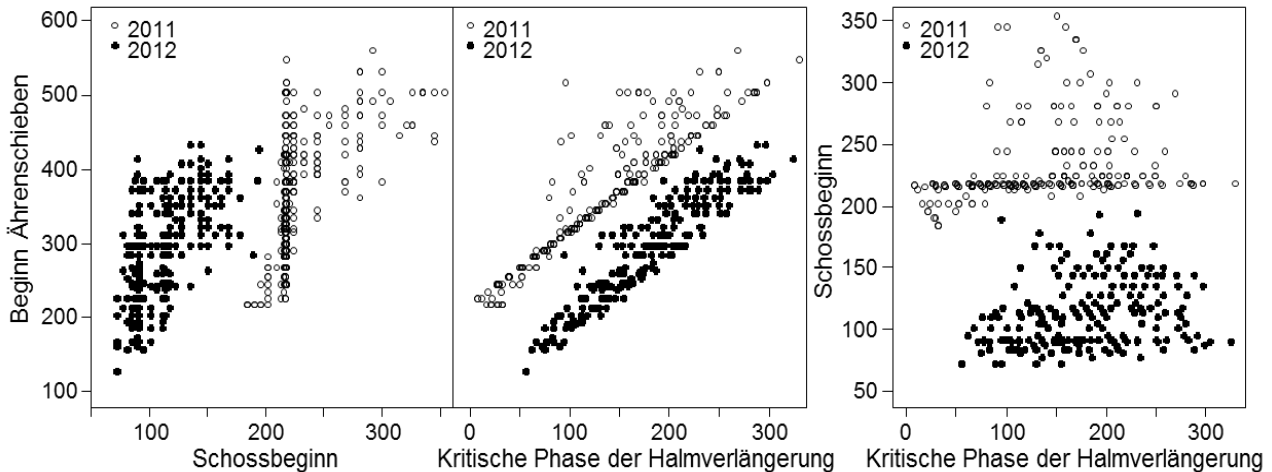


Abb. 2: Abhängigkeit des Schossbeginns (a) und der kritischen Phase der Halmverlängerung (b) vom Beginn des Ährenschiebens und Beziehung zwischen dem Schossbeginn und der kritischen Phase der Halmverlängerung (c) in den Versuchsjahren 2011 und 2012 (jeweils in akkumulierten Temperatursummen).

Generelle Aussagen über die Stabilität der phänologischen Merkmale, d.h. der Genotyp\*Umwelt-Interaktionen, konnten nicht getroffen werden, da die Studie nur an einem Standort durchgeführt wurde.

## 4 Schlussfolgerung

Das in dieser Studie verwendete Pflanzenmaterial zeigte eine große phänotypische Vielfalt in den phänologischen Merkmalen Schossbeginn, Beginn Ährenschieben und der kritische Phase der Halmverlängerung. Ein großer Anteil der beobachteten Variabilität war dabei hoch heritabel und könnte daher für verschiedene Züchtungsvorhaben genutzt werden. In dieser Hinsicht kommt jedoch den in dieser Studie nicht berücksichtigten agronomisch-morphologischen Merkmalen eine große Bedeutung zu. In einem nächsten Arbeitsschritt werden daher die Beziehungen zwischen der phänologischer Entwicklung und den Ertrags- bzw. Qualitätsparametern analysiert.

## 5 Literatur

- [1] Armstead, I.P., Turner, L.B., Farrell, M., Skøt, L., Gomez, P., Montoya, T., Donnison, I.S., King, I.P. and Humphreys, M.O., (2003): Synteny between a major heading-date QTL in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and the *Hd3* heading-date locus in rice. *Theoretical and Applied Genetics* 108: 822-828.
- [2] Burton, G.W., (1952): Quantitative inheritance in grasses. *Proceedings of the sixth international Grassland Congress I*, pp. 277-283.
- [3] Colasanti, C. and Coneva, V., (2009): Mechanisms of floral induction in grasses: something borrowed, something new. *Plant Physiology* 149: 56-62.
- [4] Falconer, D.S., (1989): *Introduction to quantitative genetics* (3<sup>rd</sup> ed.). Longmans Green / John Wiley & Sons, Harlow, Essex, UK/New York.
- [5] Gustavsson, A.-M. (2011): A developmental scale for perennial forage grasses based on the decimal code framework. *Grass and Forage Science* 66(1): 93-108.

- [6] Hayward, M.D., Mcadam, N.J., Jones, J.G., Evans, C., Forster, J.W., Ustin, A., Hossain, K.G., Quader, B., Stammers, M. and Will, J.K. (1994): Genetic markers and the selection of quantitative traits in forage grasses. *Euphytica* 77: 269-275.
- [7] R Development Core Team (2008): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org> 13.04.2013
- [8] Taube F. (1990): Growth characteristics of contrasting varieties of perennial ryegrass. *Journal of Agronomy and Crop Science* 165: 159-170.
- [9] Wulfes, R., Nyman, P. and Kornher, A. (1999): Modelling nonstructural carbohydrates in forage grasses with weather data. *Agricultural Systems* 61: 1-16.