

Mitteilungen der
Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau
Band 8

Neue Funktionen des Grünlands: Ökosystem, Energie, Erholung

51. Jahrestagung der AGGF
vom 30. August bis 1. September 2007
in Göttingen

N. Wrage und J. Isselstein (Hrsg.)

Neue Funktionen des Grünlands

Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 8, 2. Auflage

Referate und Poster der 51. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau
der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

Herausgeber: N. Wrage und J. Isselstein

ISBN: 978-3-00-022335-8

Vorwort

Grünland erfüllt vielfältige Funktionen. Seine Bedeutung als Produktionsfläche sowie die Wahrnehmung seiner landschaftsökologischen Leistungen durch die Gesellschaft unterliegen einem stetigen Wandel. Zunächst war die Erzeugung von frischem und konserviertem Futter für Wiederkäuer und Pferde Ausgangspunkt und Bedingung des Grünlands im gemäßigten Klima. Nun rückt bei der Produktionsfunktion neben der (klassischen) Futtererzeugung die Energiebereitstellung durch das Grünland immer mehr in den Vordergrund. Auch die landschaftsökologischen und Erholungsfunktionen des Grünlands haben in den zurückliegenden Jahren grundsätzlich stärkere Beachtung erfahren.

Die Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften hat auf ihrer 51. Jahrestagung in Göttingen vom 30. August bis 1. September 2007 dieser Konstellation Rechnung getragen und das Schwerpunktthema ‚Neue Funktionen des Grünlands – Ökosystem, Energie, Erholung‘ gewählt. Dieses Thema wurde in Plenarvorträgen und in Workshops intensiv behandelt. Darüber hinaus war es Gegenstand einer halbtägigen Exkursion zum Versuchsgut der Universität in Relliehausen/Solling und einer ganztägigen Exkursion in das Weserbergland.

Die Jahrestagung führte mehr als 100 Delegierte aus Deutschland und dem benachbarten Ausland zusammen. In über 70 wissenschaftlichen Beiträgen wurden aktuelle Forschungsergebnisse zum Schwerpunktthema und zu den weiteren Sektionen ‚Futterbau/Graslandwirtschaft‘ und ‚Futterqualität/Neue Methoden‘ vorgestellt. Die schriftlichen Fassungen der Beiträge sind in dem vorliegenden Tagungsband zusammengestellt, der somit einen guten Eindruck über den gegenwärtigen Stand der landwirtschaftlichen Grünland- und Futterbauforschung in Mitteleuropa vermittelt.

Die Vorbereitung und Durchführung der Tagung wäre ohne die tatkräftige Unterstützung Vieler nicht möglich gewesen. Besonderer Dank gilt allen Beteiligten im Organisationsteam, insbesondere Christiane Wunderow und Barbara Hohlmann. Zu Dank sind wir auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Versuchsgutes Relliehausen, namentlich dem Verwalter Arne Oppermann, dem Leiter der Versuchswirtschaften Dirk Augustin, sowie den Verantwortlichen der Exkursionsziele verpflichtet. Auf die großzügige Unterstützung der Tagung durch Sponsoren sei an dieser Stelle besonders hingewiesen.

Göttingen, im August 2007



Nicole Wrage

Department für Nutzpflanzen-
wissenschaften, Universität
Göttingen



Johannes Isselstein

Leiter Arbeitsgemein-
schaft Grünland und
Futterbau

Wir danken den folgenden Sponsoren ganz herzlich:



Innovation für Ihr Wachstum



Inhaltsverzeichnis

<u>ERÖFFNUNGSVORTRAG</u>	<u>0</u>
NEUE FUNKTIONEN DES GRÜNLANDES – BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN ... 0 HAMPICKE, U.	
<u>POSTERSEKTION I: FUTTERBAU/ GRASLANDWIRTSCHAFT</u>	<u>6</u>
TWO CUTS - AND AFTERWARDS? - EFFECTS OF ADAPTED MANAGEMENT ON PERMANENT GRASSLAND.....	7
M. ELSÄBER	
LEISTUNGSFÄHIGKEIT, AUSDAUER UND NATURSCHUTZPOTENZIAL VON LUZERNE BEI UNTERSCHIEDLICHER SCHNITTNUTZUNG	10
K. SCHMALER	
NACHSAAT VON DAUERGRÜNLAND MIT UNTERSCHIEDLICHEN METHODEN	14
M. ELSÄBER UND C. GRÜNENWALD	
UNTERSUCHUNGEN ZUR WIRTSCHAFTLICHKEIT VON MILCHVIEHLEISTUNG, KRAFTFUTTERMENGE UND WEIDEGANG IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU	18
E. LEISEN UND T. RIEGER	
UNTERSUCHUNGEN ZU KRAFTFUTTEREINSATZ, WEIDEGANG, MILCHLEISTUNG UND TIERGESUNDHEIT VON MILCHKÜHEN IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU.....	22
E. LEISEN, M. PRIES UND P. HEIMBERG	
VOLLWEIDE MIT WINTERKALBUNG – ERSTE ERGEBNISSE	26
P. RAUCH, S. STEINBERGER UND H. SPIEKERS	
LEGUMINOSENBASIERTE WEIDEN IN EXTENSIVER BEWIRTSCHAFTUNG FÜR DIE WIEDERKÄUERFÜTTERUNG.....	29
U. SÖLTER UND J. M. GREEF	
EIN EXPERIMENT ZUR PRÜFUNG VERSCHIEDENER GRÄSER ALS HÜHNERWEIDE.....	32
R. BOCKHOLT UND L. DITTMANN	
AKTIONSBEREICHE VON HECKRINDERN UND KONIKPFERDEN IM SYSTEM DER HALBOFFENEN WEIDELANDSCHAFT (NSG GÜSTROW-BOCKHORST) SOWIE TENDENZEN VON NÄHRSTOFFTRANSFER UND VEGETATIONSWANDEL.....	36
L. DITTMANN*, M. DIETZE** UND R. BOCKHOLT*	
DYNAMIK DER NACH VERSCHIEDENEN METHODEN ERMITTELTEN NÄHRSTOFFGEHALTE VON WEIDEFUTTER FÜR RINDER UND PFERDE BEI GANZJÄHRIGER BEWEIDUNG IN EINEM NATURSCHUTZGEBIET.....	40
M. DIETZE, A. FRANKE, L. DITTMANN UND R. BOCKHOLT	
BOTANISCHE ZUSAMMENSETZUNG UND ERTRÄGE IM VERGLEICH VON WEIDE- UND- SCHNITTNUTZUNG IN LANGZEITEXPERIMENTEN ZUR REDUZIERTEN DÜNGUNG AUF ZWEI TYPISCHEN WEIDESTANDORTEN	44
E. ALABSI UND R. BOCKHOLT	
ERGEBNISSE DER PRÜFUNG DER SCHMACKHAFTIGKEIT VON HOCHZUCKERSORTEN DES DEUTSCHEN WEIDELGRASES (<i>LOLIUM PERENNE L.</i>) MIT SCHAFEN.....	48
E. ALABSI UND R. BOCKHOLT	
HOCH-ZUCKERREICHES GRAS AUF EINEM NORDOSTDEUTSCHEN NIEDERMOORSTANDORT – VIERJÄHRIGE ERGEBNISSE.....	52
H. JÄNICKE	
YIELDING POTENTIAL OF PERENNIAL RYEGRASS (<i>LOLIUM PERENNE L.</i>) IN A CURRENT VARIETY SELECTION- EFFECT OF GENOTYPE AND PLOIDY LEVEL.....	56
H. SALAMA, M. LÖSCHE, A. HERMANN, M. GIERUS UND F. TAUBE	

LEISTUNGSPOTENTIAL VON DI- UND TETRAPLOIDEN SORTEN DES DEUTSCHEN WEIDELGRASES - WAS IST AUS DER BESCHREIBENDEN SORTENLISTE ABZULEITEN?	60
A. TECHOW, A. HERRMANN UND F. TAUBE	
EINFLUSS VERSCHIEDENER NUTZUNGSSYSTEME AUF ERTRAGSLEISTUNG UND QUALITÄT VON ACKERKLEEGRASBESTÄNDEN IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER MÖGLICHKEIT EINER WINTERBEWEIDUNG.....	63
D. WESTPHAL, R. LOGES UND F. TAUBE	
EINFLUSS DER VERBUSCHUNG AUF ERTRAG UND FUTTERQUALITÄT DES PFLANZENAUFWUCHSES IM GRÜNLAND.....	67
S. KESTING UND J. ISSELSTEIN	
EINFLUSS VON WEIDESYSTEM UND BEWEIDUNGSINTENSITÄT AUF DIE PRODUKTIVITÄT VON NATÜRLICHEN GRASLANDBESTÄNDEN DER INNEREN MONGOLEI/ CHINA	71
P. SCHÖNBACH ¹ , A. SCHIBORRA ¹ , M. GIERUS ¹ , K. MÜLLER ² UND F. TAUBE ¹	
EINFLUSS EINES ROTKLEEGRASGEMENGES AUF DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT EINER DREIJÄHRIGEN MAIS-ACKERGRAS FRUCHTfolge	74
R. WULFES, T. MANNING UND H. OTT	
DÜNGUNG VON GRÜNLAND MIT PHOSPHOR UND KALIUM NACH ENTZUG – AUSWIRKUNGEN AUF DIE NÄHRSTOFFGEHALTE IN DER PFLANZE UND IM BODEN	78
B. GREINER, R. SCHUPPENIES, F. HERTWIG, H. HOCHBERG UND G. RIEHL	
PFLANZEN ODER RINDERHAARE ALS INDIKATOREN FÜR STICKSTOFFVERLUSTE VON DAUERWEIDEN?.....	82
F. KÜCHENMEISTER, N. WRAGE UND J. ISSELSTEIN	
 <u>POSTERSEKTION II: FUTTERQUALITÄT/ NEUE METHODEN</u>	 86
 METHODE ZUR SIMULATION VON VIEHTRITT IN PARZELLENVERSUCHEN: MECHANISCHE RINDERKLAUE	 87
T. MATTERN UND H. LASER	
DER NEOPHYT <i>BUNIAS ORIENTALIS</i> L.- AUSBREITUNG UND BEEINTRÄCHTIGUNG DER FUTTERQUALITÄT AUF GLATTHAFERWIESEN.....	90
H. LASER UND A. KADEN	
VORWELKEGRAD UND <i>IN VITRO</i>-VERDAULICHKEIT ORGANISCHER SUBSTANZ.....	93
W. OPITZ VON BOBERFELD	
UNTERSUCHUNGEN ZUM EINFLUSS DES VEGETATIONSSTADIUMS AUF DIE VERGÄRBARKEIT VON TRITICALEGANZPFLANZEN UNTER VERWENDUNG DES ROSTOCKER FERMENTATIONSTESTES ...	97
S. HOEDTKE ¹ , E. M. OTT ¹ , A. SCHMIDT ¹ , L. DITTMANN ¹ , R. BODARSKI ² , S. KRZYWIECKI ² UND M. GABEL ¹	
QUANTIFIZIERUNG DER GENOTYP- UND UMWELTBEDINGTEN UNTERSCHIEDE IN DER VERDAULICHKEIT VON SILOMAIS (<i>ZEAMAYS</i> L.).....	101
S. KRUSE*, A. HERRMANN*, J.M. GREEF [#] , F. HÖPPNER [#] , J. RATH [§] UND F. TAUBE*	
VERGLEICH ZWEIER <i>IN VITRO</i>-METHODEN ZUR SCHÄTZUNG DER ENERGIEGEHALTE VON FUTTERLEGUMINOSEN	105
B. EICKLER ¹ , M. GIERUS ¹ , E. M. PÖTSCH ² , R. RESCH ² , UND F. TAUBE ¹	
SCHÄTZUNG DES ENERGIEGEHALTES IN GRASPRODUKTEN – BERICHT ZUM STAND NEUER ABLEITUNGEN.....	108
B. LOSAND ¹ , M. PRIES ² , ANNETTE MENKE ² , E. THOLEN ³ , L. GRUBER ⁴ , F. HERTWIG ⁵ , T. JILG ⁶ , H. KLUTH ⁷ , H. SPIEKERS ⁸ , H. STEINGAß ⁹ UND K.-H. SÜDEKUM ³	
DER EINFLUSS PFLANZLICHER PROTEASEN AUF DEN PROTEINABBAU BEI ZEHN VERSCHIEDENEN DIPLOIDEN DEUTSCH WEIDELGRAS SORTEN (<i>LOLIUM PERENNE</i> L.) DES MITTELFRÜHEN SORTIMENTES.....	112
M. LÖSCHE, H. SALAMA, M. GIERUS, A. HERRMANN UND F. TAUBE	
EINFLUSS DES GENOTYPS AUF DIE FUTTERQUALITÄT UND PPO-AKTIVITÄT VON ROTKLEE.....	115
M. GIERUS ¹ , J. KLEEN ¹ , P. VOSS ¹ , B. INGWERSEN ² , W. LUESINK ² UND F. TAUBE ¹	

FUTTERQUALITÄT VERSCHIEDENER LEGUMINOSEN IM GEMENGE MIT DT. WEIDELGRAS UNTER SCHNITT- UND WEIDENUTZUNG	119
J. KLEEN, M. GIERUS UND F. TAUBE	
VERGLEICH DER DLG-BEWERTUNGSSCHLÜSSEL FÜR SILAGEN BEI PRAXISPROBEN AUS BAYERN	122
K. RUTZMOSEER UND W. I. F. RICHTER	
UNTERSUCHUNGEN ZUR QUANTITÄT UND QUALITÄT ÖKOLOGISCH ERZEUGTER GRÜNLANDAUFWÜCHSE FÜR DIE WINTERWEIDE VON FLEISCHRINDERN	125
J. MÜLLER*, M. KAYSER**, H.-P. KÖNIG*** UND J. ISSELSTEIN****	
EINFLUSS DER NUTZUNGSHÄUFIGKEIT AUF DIE FUTTERQUALITÄT EINER <i>LEYMUS CHINENSIS/STIPA GRANDIS</i>-PFLANZENGESELLSCHAFT IN DER INNEREN MONGOLEI – ERGEBNISSE AUS DER DFG-FORSCHERGRUPPE MAGIM.....	129
A. SCHIBORRA, M. GIERUS UND F. TAUBE	
EIN INDIKATORANSATZ ZUR NACHHALTIGKEITSBEWERTUNG INTENSIV GENUTZTER GRÜNLANDBESTÄNDE.....	133
K. TREYSE ¹ , M. KELM ¹ , E. PÖTSCH ² UND F. TAUBE ¹	
HEFE- UND PILZBESATZ VON WIRTSCHAFTSEIGENEN FUTTERMITTELN – ERGEBNISSE EINER AKTUELLEN PRAXISERHEBUNG IN NIEDERSACHSEN	137
CH. KALZENDORF	
BESTIMMUNG DES TROCKENMASSEERTRAGS VON WEIDELGRASBESTÄNDEN UNTERSCHIEDLICHER DÜNGESTUFEN UND KLEEGRASGEMENGE DURCH HYPERSPEKTRALE DATENSÄTZE.....	140
S. BIEWER, M. HIMSTEDT, T. FRICKE UND M. WACHENDORF	
ABSCHÄTZUNG DER BIOMASSE-ENTWICKLUNG IM ERSTEN AUFWUCHS VON LEGUMINOSEN- /GRAS-BESTÄNDEN MIT DER ULTRASCHALLSENSORIK	144
T. FRICKE, F. RICHTER, M. HIMSTEDT, S. BIEWER UND M. WACHENDORF	
EINSATZ VON FARBINFORMATIONEN BEI DER BILDANALYSE ZUR VERBESSERUNG DER SCHÄTZGENAUIGKEIT VON LEGUMINOSENANTEILEN	148
M. HIMSTEDT, T. FRICKE UND M. WACHENDORF	
NIRS-KALIBRATIONEN BIOENERGETISCH RELEVANTER INHALTSSTOFFE IN PRESSKUCHEN MECHANISCH ENTWÄSSERTER SILAGEN	151
D. PERBANDT, J. REULEIN, A. GERKE, R. STÜLPNAGEL UND M. WACHENDORF	
ABSCHÄTZUNG DER N-FIXIERUNGSLEISTUNG VON WEIBKLEE AUF ÜBERJÄHRIGEM WEIBKLEE- GRAS UND DAUERGRÜNLAND MITTELS ¹⁵N-VERDÜNNUNGS-METHODE UND NICHT-ISOTOPISCHER METHODEN.....	155
D.U. NANNEN ¹ , K. DITERT ² , R. LOGES ¹ UND F. TAUBE ¹	
<u>WORKSHOP I: ENERGIE.....</u>	<u>160</u>
BIOGASERZEUGUNG MIT KURZLEBIGEN UND AUSDAUERNDEN GRÄSERN	161
F.-F. GRÖBLINGHOFF, N. LÜTKE ENTRUP ¹ , C. BERENDONK ² UND J. CLEMENS ³	
EIN NEUES KONZEPT FÜR DIE BIOENERGETISCHE NUTZUNG VON GRÜNLANDBIOMASSE.....	165
M. WACHENDORF, T. FRICKE, R. GRAß UND R. STÜLPNAGEL	
CHEMISCHE BRENNSTOFFQUALITÄT ALS GRUNDLAGE DER VERBRENNUNG VON AUFWÜCHSEN EXTENSIV GENUTZTER GRÜNLANDBESTÄNDE.....	169
B. TONN, U. THUMM UND W. CLAUPEIN	
ENERGIEPFLANZENANBAU ALS BEITRAG ZUR OPTIMIERUNG VON NATURSCHUTZFACHLICHEN ZIELEN IN DER LANDSCHAFT.....	173
R. GRAß UND M. WACHENDORF	
BIOMASSEPOTENZIALE VON ENERGIEFRUCHTFOLGEN – SZENARIENBERECHNUNGEN UNTERSCHIEDLICHER WASSERREGIME	176
B. WIENFORTH ¹ , N. SVOBODA ² , K. SIELING ¹ , H. MEHRTENS ² , A. HERMANN ² , F. TAUBE ² UND H. KAGE ¹	

UNTERSUCHUNGEN ZUR OPTIMIERUNG DER ENERGETISCHEN NUTZUNG VON VERSCHIEDENEN FEUCHT KONSERVIERTEN PFLANZENARTEN DURCH MAISCHEN UND ANSCHLIEBENDE MECHANISCHE ENTWÄSSERUNG	180
T. FRICKE, K. BEDENK, J. REULEIN, R. STÜLPNAGEL UND M. WACHENDORF	
CHARAKTERISIERUNG DER MINERALSTOFF- UND ORGANIK-FLÜSSE BEI DER MECHANISCHEN ABPRESSUNG EXTENSIVER GRÜNLANDAUFWÜCHSE.....	184
T. FRICKE ¹ , W. BEYRICH ¹ , M. EMANUEL ¹ , R. NEFF ² , J. REULEIN ¹ , R. STÜLPNAGEL ¹ UND M. WACHENDORF ¹	
METHANBILDUNGSPOTENZIAL UND GÄRDYNAMIK VON PRESSSÄFTEN MECHANISCH ENTWÄSSERTER SILAGEN.....	188
L. BÜHLE ¹ , R. STÜLPNAGEL ¹ , K. SCHEFFER ¹ , W. ZERR ² UND M. WACHENDORF ¹	
EIGNUNG VERSCHIEDENER MATERIALIEN ALS FESTBETT BEI DER ANAEROBEN FERMENTATION VON PRESSSAFT AUS MECHANISCH ENTWÄSSERTEN GANZPFLANZENSILAGEN.....	192
D. GÜNTHER ¹ , L. BÜHLE ¹ , J. REULEIN ¹ , W. ZERR ² UND M. WACHENDORF ¹	
MASSENFLÜSSE IN DEN PRESSSAFT DURCH MECHANISCHE ENTWÄSSERUNG VON SILAGEN	196
J. REULEIN, R. STÜLPNAGEL, K. SCHEFFER UND M. WACHENDORF	
VERBESSERUNG DER BRENNSTOFFEIGENSCHAFTEN LANDWIRTSCHAFTLICHER BIOMASSE DURCH EINE MECHANISCHE ENTWÄSSERUNG VON SILAGEN	198
J. REULEIN, R. STÜLPNAGEL, K. SCHEFFER UND M. WACHENDORF	
ENERGETISCHE VERWERTUNG DES SCHNITTGUTS VON GOLFFANLAGEN	202
U. THUMM, C. BÖHMEL, B. TONN, H. SCHULZ UND W. CLAUPEIN	
ERFASSUNG DER AUSWASCHUNG VON VERBRENNUNGSRELEVANTEN INHALTSSTOFFEN AUS GRÜNLANDAUFWÜCHSEN DURCH SIMULIERTEN REGEN	205
V. HENRICI, B. TONN, U. THUMM UND W. CLAUPEIN	
ENERGIEBILANZ DER BIOGASERZEUGUNG AUS GRAS- UND MAISSILAGE	209
M. KELM UND F. TAUBE	
BIOGAS-EXPERT – EIN FAKULTÄTSÜBERGREIFENDES PROJEKT ZUR UNTERSUCHUNG DER ERTRAGSPOTENTIALE UND DES STICKSTOFFHAUSHALTES IN AUSGEWÄHLTEN BIOGASFRUCHTFOLGEN	213
A. PACHOLSKI ¹ , K. DITTERT ² , H. ANDREE ³ , E. HARTUNG ³ , A. HERMANN ⁴ , H. KAGE ¹ , K. SIELING ¹ UND F. TAUBE ⁴	
<u>WORKSHOP II: NATUR - UMWELT - ERHOLUNG</u>	<u>217</u>
NEUE BEWIRTSCHAFTUNGSSTRATEGIEN FÜR DEN WIESENOGELSCHUTZ: LEADER+ PROJEKT AM GROßEN MEER IM AUFTRAG DES LHV-OSTFRIESLAND	218
G. LANGE	
EFFECT OF LONG-TERM NITROGENOUS LOSSES TO THE ¹⁵N NATURAL ABUNDANCE	221
M. KRISZAN, W. KÜHBAUCH, W. AMELUNG, J. SCHELLBERG UND T. GEBBING	
ÖKOLOGISCHE UND GESELLSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DER RASENKULTUR	225
H. SCHULZ	
ÖKONOMISCHE BEWERTUNG VON FFH-MAßNAHMEN ZUR ERMITTLUNG WIRTSCHAFTLICHER NACHTEILE LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERNEHMEN SACHSENS: GESAMTBETRIEBLICHE UNTERSUCHUNGEN.....	229
A. MÜNNICH*, M. BATHKE**, C. FRANKE* UND G. RIEHL*	
DIE HÄUFIGKEIT VON DREI SINGVOGELARTEN AUF EXTENSIV GENUTZTEM AUEGRÜNLAND AN DER ELBE	232
M. SCHUBERT ¹⁾ , R. SCHNEIDER ²⁾ UND K. SCHMALER ¹⁾	
UNTERSUCHUNGEN ZUR ENTWICKLUNG DER PFLANZENBESTÄNDE SOWIE DER LEBENDMASSE VON KÄLBERN AUF MUTTERKUHWEIDEN	237
H. GIEBELHAUSEN, R. PRIEBE*, D. LEPETIT, UND K. RICHTER	
NATURWERT UND FLORISTISCHE ZUSAMMENSETZUNG DER WALDWIESEN UNTER VERSCHIEDENEN STANDORTBEDINGUNGEN.....	241
H. CZYŻ, T. KITCZAK, M. TRZASKOŚ UND M. BURY ¹	

ÜBERLEBENSFÄHIGKEIT DER SAMEN VON FEUCHTWIESENARTEN IN ABHÄNGIGKEIT VON GRUNDWASSERSTAND UND LAGERUNGSTIEFE – ERSTE ERGEBNISSE NACH DREIJÄHRIGER LAGERUNGSDAUER.....	246
T. KAISER	
MÖGLICHKEITEN DER DIVERSIFIZIERUNG VON GRASLAND DURCH ENDOZOOCHORIE	250
M. HOFMANN ¹ , H. LANGHOLZ ² , S. BONN ³ UND J. ISSELSTEIN ²	
BIODIVERSITY AND PLANT-ENVIRONMENTAL INTERACTION IN SEMI-ARID RANGELAND IN WESTERN IRAN.....	254
M. FARAMARZI, S. KESTING, N. WRAGE UND J. ISSELSTEIN	
UNTERSUCHUNGEN ZUM P-AUSTRAG AUS LANDWIRTSCHAFTLICH GENUTZTEN FLÄCHEN.....	258
M. DIEPOLDER UND S. RASCHBACHER	
LEGUMINOSEANBAU UND AUSTRAG VON STICKSTOFF IM GRUNDWASSER	261
G. SCHALITZ UND A. BEHRENDT	
STICKSTOFFKREISLÄUFE UND –AUSWASCHUNGSVERLUSTE AUF KONVENTIONELLEN UND ÖKOLOGISCHEN PRAXISBETRIEBEN – ERGEBNISSE AUS DEM PROJEKT COMPASS –.....	265
M. KELM, R. LOGES UND F. TAUBE	
RÄUMLICHE UND ZEITLICHE VARIABILITÄT DER GRUNDWASSERQUALITÄT EINES DEGRADIERTEN NIEDERMOORSTANDORTES IN NORDOSTDEUTSCHLAND	269
L. DITTMANN, P. KAHLE, B. TIEMEYER UND J. FRINGS	
BODEN- UND NÄHRSTOFFBILANZEN FÜR DIE ROLLRASENPRODUKTION AM BEISPIEL EINES LANDSCHAFTSBAUBETRIEBES IN MECKLENBURG-VORPOMMERN.....	273
R. BOCKHOLT UND M. SCHINGEN	
MULTIFUNKTIONALITÄT DES GRÜNLANDES IN DEN AGROTOURISTISCHEN BETRIEBEN.....	277
T. KITCZAK, H. CZYŻ UND M. BURY ¹	
 <u>SPONSOREN.....</u>	 <u>282</u>
 <u>AUTORENVERZEICHNIS</u>	 <u>284</u>
 <u>WEITERE BEITRÄGE.....</u>	 <u>286</u>
EINFLUSS ORGANISCHER DÜNGUNG AUF KALIUMBILANZEN VON GRÜNLAND UND SILOMAIS ...	286
M. KAYSER ¹ , M. BENKE ² UND J. ISSELSTEIN ³	
FUTTERQUALITÄT UND BODENVERDICHTUNGEN IM SPÄTHERBST GENUTZTER WEIDEN DER SLOWAKEI	290
J. NOVÁK & W. OPITZ VON BOBERFELD	

Eröffnungsvortrag

Neue Funktionen des Grünlandes – betriebswirtschaftliche Herausforderungen

Hampicke, U.

Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Lehrstuhl für Landschaftsökonomie, Universität Greifswald

Bedeutung extensiven Grünlandes für den Naturschutz

In Ergänzung zu den übrigen landeskulturellen Funktionen des Grünlandes sei auf seine außerordentliche Bedeutung für den Naturschutz hingewiesen. Durch Intensivierung sind hier schon große Engpässe entstanden. Die Tabelle 1 zeigt, dass etwa 35% aller Farn- und Blütenpflanzen der Roten Liste in Deutschland Grünlandpflanzen sind. Über 40% sind Arten der Agrarbiotope. Weitere 30% aller Rote-Liste-Arten sind in Biotopen beheimatet, die nicht selten in der Nachbarschaft von Grünlandflächen liegen und von diesen beeinflusst sein können.

Tabelle 1: Artenreichtum und Gefährdungsgrade bei Gefäßpflanzen in heimischen Pflanzenformationen

	Artenzahl ^c	Gefährdungs- grade 0-1	alle Gefähr- dungsgrade	% aller gefährdeten Arten
Trocken- und Halbtrockenrasen	477	32	184	21
Zwergstr.-heiden u. Borstgrasras.	208	9	44	5
Feuchtwiesen	203	16	65	7,5
Frischwiesen und -weiden ^a	284	5	28	3,2
Grünland zusammen				ca. 35
Ackerkrautvegetation ^b	268	30	84	9,6
Agrarlandschaft i.e.S.				> 40
Biotope häufig in Kontakt mit der Agrarlandschaft				> 30
z.B. oligotrophe Moore und Moorwälder, Gewässer, xero- therme Stauden und Gehölze				
Alpine Vegetation, Wälder und übrige				< 20

^a einschließlich Kriechpflanzen und Trittrasen ^b einschließlich kurzlebiger Ruderalvegetation
^c ohne Neophyten, nur Hauptvorkommen, aber Mehrfachnennungen, deshalb Summen nur näherungsweise

Quelle: eigene Zusammenstellung nach Sukopp & Korneck 1988.

„Extensiv-Betriebszweige“ mit positiven Wirkungen für die Biodiversität sind teuer

Die Tabellen 2 und 3 geben die Wirtschaftlichkeit der Herdenschafhaltung und der Mutterkuhhaltung unter Mittelgebirgsbedingungen wieder. Wird von Förderungen aller Art abgesehen und werden die Markterlöse den direkt den Verfahren zurechenbaren Kosten (also ohne Flächennutzungs- und Gemeinkosten) gegenübergestellt, so resultieren Defizite bis zu € 500 pro Hektar und Jahr. Diese Betriebszweige sind nur mit Förderungen durchführbar. Ihre Bezeichnung „extensiv“ ist zweifelhaft, weil der Arbeitsaufwand pro Tier und meist auch pro Fläche hoch ist. Die Tabelle 4 schlüsselt die Kostenkomponenten für die Schafhaltung detailliert auf.

Tabelle 2: Zwei Vollkostenkalkulationen für Schafhütungen auf Kalkmagerrasen, € pro Hektar und Jahr

	Schwäbische Alb	Thüringen
Markterlös	397,44	174,50
Variable Kosten Tierhaltung ^a	335,20	201,00
Arbeitskosten	251,56	288,50
Stall- u.a. Fixkosten	321,09 ^b	192,00
Verfahrenskosten insgesamt	908,85	681,50
Verfahrensleistung	-510,41	-507,00

^a einschließlich Grundfutterkosten; ^b einschließlich Erstinstandsetzung nach Verbrachung
Quellen: Tampe & Hampicke 1995, Berger in Hampicke & Roth 2000.

Tabelle 3: Zwei Vollkostenkalkulationen für Mutterkuhhaltungen, € pro Hektar und Jahr

	Rhön	Thüringen
Markterlös	378,26	376,31
Variable Kosten Tierhaltung	271,93	242,35
Grundfutterkosten	337,39	81,30
Arbeitskosten	173,25	251,56
Stall- u.a. Fixkosten	101,52	233,15
Verfahrenskosten insgesamt	884,09	806,36
Verfahrensleistung	-505,83	-432,05

Quellen: Rühls et al. 2005, Roth & Berger 1999.

Die Arbeitskosten sind in hohem Maße tiergebunden. Die Verfahrenskosten pro Fläche sinken daher mit abnehmender Besatzstärke; sie „verdünnen“ sich flächenmäßig. Deshalb sind Biotope mit sehr schwachem Aufwuchs billiger (Tabelle 5). Der Effekt ist auch festzustellen bei Haltungsverfahren in „halboffenen Weidelandschaften“ (Tabelle 6). Werden solche Verfahren auf wüchsigen Standorten durchgeführt, wo bei geringer Besatzstärke der Aufwuchs nur zum Teil abgeweidet wird, so stellt sich jedoch die Frage der langfristigen Entwicklung solcher Biotope. Sie ist nur experimentell zu beantworten.

Tabelle 4: Defizit des Produktionsverfahrens Schafhaltung auf Kalkmagerrasen in Thüringen

	€ pro Mutterschaf	€ pro Hektar
Variable Kosten	88,00	205,16
- Bestandsergänzung	23,50	54,70
- Kraftfutter	3,80	8,70
- Mineralfutter und Salz	5,30	12,30
- Medikamente und Tierarzt	6,40	15,30
- Schur	2,00	4,60
- Hundefutter (3 Hunde)	1,10	2,60
- Wasser	2,00	4,66
- Mineraldünger, Bindegarn und Folie	4,80	11,20
- Kleingeräte, Schutzkleidung, Energie	1,80	4,10
- Variable Maschinenkosten für Futtererzeugung	10,70	25,10
- Variable Maschinenkosten für Tierbetreuung	16,90	39,40
- Versicherungen, Vermarktungskosten u.a.	7,70	17,90
- UNTERHALT VON GEBÄUDEN UND MASCHINEN	2,00	4,60
Arbeitskosten	126,30	295,00
FIXKOSTEN	84,70	196,50
GESAMTKOSTEN	299,00	696,66
ERLÖSE AUS PRODUKTVERKAUF	76,70	178,40
DEFIZIT	222,30	518,26

Quelle: Hampicke & Roth 2000. Daten kalkuliert von D. Roth und W. Berger, Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) Jena.

Tabelle 5: Kostengünstige Tierhaltungsverfahren auf ehemaligen Truppenübungsplätzen, € pro Hektar und Jahr, „Verdünnungseffekt“

	Schafe	Wildtiere	Galloway
Markterlös	24,50	25,00	74,00
Verfahrenskosten	280,00	156,44	164,00
Verfahrensleistung	-255,50	-131,44	-90,00

Quelle: Prochnow & Schlauderer 2002.

Tabelle 6: Kostengünstige Tierhaltungsverfahren in halboffenen Weidelandschaften, € pro Hektar und Jahr

	Lippeaue NRW Heckrind, Konik	ERNA SH Heckrind	Lämmerhof SH Angus
Markterlös	102,18	0,00	73,08
Variable Kosten	74,55	78,46	50,63
Arbeitskosten	79,78	119,71	27,32
Fixkosten	56,75	40,69	42,44
Verfahrenskosten insges.	211,08	238,86	120,39
Verfahrensleistung	-108,90	-238,86	-47,31

Quelle: Kaphengst et al. 2005.

Das Förderwesen in der EU ist seit 2005 radikal verändert

Die Tabelle 7 skizziert das vor dem 1.1.2005 gültige Förderprofil für die Mutterkuhhaltung am Beispiel der Rhön. Der Halter erhielt tiergebundene Zahlungen und darüber hinaus flächengebundene Beihilfen aus Kulturlandschaftsprogrammen in einer Höhe, die das Defizit aus Tabelle 2 tilgte und sogar einen Gewinn erbrachte.

Tabelle 7: Erfolg der Mutterkuhhaltung in der Rhön mit Förderung bis 31.12.2004

	€ pro ha und Jahr
Markterlös	378,26
Gesamtkosten	884,09
Verfahrensleistung	-505,83
Mutterkuhprämie	198,00
Extensivierungsprämie	144,05
Summe Schlachtprämien	90,10
HEKUL, HELP und Ausgleichszulage	240,34
Summe Förderungen	672,49
Verfahrensleistung nach Förderung	166,66

Quelle: Rühs et al. 2005.

Alle Zahlungen waren an den Nachweis der Haltung von Tieren in einer bestimmten Intensität gebunden. Diese Bindung ist im Zuge der „Entkoppelung“ der Agrarreform, beschlossen auf der Konferenz in Luxemburg 2003 und 2005 in Kraft getreten, gelöst. Vereinfacht dargestellt, erhält ein Tierhalter in Deutschland die tiergebundenen Prämien nunmehr in Gestalt einer „Betriebsprämie“. Diese besitzt zunächst eine ähnliche Höhe, ist aber nicht an den Nachweis der Tierhaltung gebunden (deshalb „Entkoppelung“). Er kann die Tiere auch abschaffen. Bis zum Jahre 2013 wird das Übergangsregime in Deutschland durch eine Regelung mit einer einheitlichen „regionalen Flächenprämie“ ersetzt. Jeder Landnutzer erhält dann im Mittelgebirge eine Flächenprämie von etwa € 300 pro Hektar und Jahr, gleichgültig ob er Tiere hält oder nicht. Er muss allein die Regeln der „Cross Compliance“ einhalten. Grob gesprochen, muss Grünland Grünland bleiben, aber es ist freigestellt, wie das geschieht.

Die Tabelle 8 stellt einen ungefähren Kostenvergleich der Grünlandbewirtschaftung mit Mutterkühen und mit Mulchen dar. Würden für die Mutterkuhvariante etwa die Zahlen aus Tabelle 2 gelten, so erkennt man eine deutliche betriebswirtschaftliche Überlegenheit des Mulchsystems. Nur sehr starke, kaum vorstellbare Steigerungen der Rindfleischpreise könnten dem entgegenwirken. Damit zeichnet sich langfristig ein Ersatz der Beweidung durch Mulch ab, der landschaftsökologisch nicht unproblematisch ist. Statistiken zeigen, dass bisher dem Anreiz zur Abschaffung der Tiere nicht nachgegeben wird. Dies erklärt sich durch die Schärfe eines solchen Einschnittes, den Betriebe sehr wohl überlegt wissen wollen. Die langfristige Entwicklung muss die Erfahrung zeigen (Umfangreiche Einzelheiten zur Agrarreform in BMVEL 2005 und DVL/NABU 2005).

Tabelle 8: Grünlandbewirtschaftung mit Mutterkuh und Mulch 2013, € pro ha und Jahr, stark gerundet

	Mutterkuh	Mulch
Markterlöse	350	0
Gesamtkosten	850	100
Verfahrensleistung	-500	-100
Förderung	300	300
Ergebnis	-200	+200

Milchviehhaltung soll im Mittelgebirge verbleiben

Die Tabelle 9 fasst eine detaillierte Kalkulation zur Milcherzeugung in der Rhön zusammen. Hier wie bei allen anderen Tabellen sei der Leser für Einzelheiten auf die verwendeten Quellen verwiesen.

Produktionstechnische Tendenzen favorisieren die Abwanderung der Milcherzeugung auf das Ackerland und die Fütterung mit Silomais. Dem können steigende Opportunitätskosten (hohe Preise für Marktfrüchte und Energiepflanzen) entgegenwirken, sodass Prognosen schwierig sind.

Wegen der hohen Qualitätsansprüche leistungsfähiger Milchkühe an das Grundfutter, dem nur oft und früh geschnittenes Intensivgrasland genügt, wird die Milchviehhaltung als mit Naturschutzziele unvereinbar angesehen. Das ist ein Trugschluss, weil selbst im leistungsfähigsten Milchviehbetrieb blütenreiches Traditionsgrünland von den zweijährigen Färsen sehr gut verwertet werden kann. Diese Alternative zur Bewirtschaftung artenreichen Grünlands wird in Deutschland vernachlässigt. Sie verlangt allerdings eine zielgerichtete Förderung.

Tabelle 9: Modellkalkulation für die Milchviehhaltung im Mittelgebirge, € pro Hektar und Jahr

Variable Kosten	1.475,31
Grundfutterkosten	574,23
Arbeitskosten	717,50
Fixkosten	458,68
Gesamtkosten	3.225,72
Marktleistungen	3.403,00
Deckungsbeitrag II ^a	1.353,46
Gewinn	177,28

^a Marktleistung abzüglich proportionaler Spezialkosten und Grundfutterkosten. Wichtigste Annahmen: Fleckvieh, 120 Milchkühe, 1,64 Kühe pro ha, Milchleistung 8.000 kg/Jahr. 0,26 €/kg.

Quelle: Rühs et al. 2005.

Nachwachsende Energieträger?

Durch extrem hohe Förderung begünstigt, besteht derzeit (2007) ein Boom bei der landwirtschaftlichen Energieerzeugung durch Biogasanlagen oder die Bereitstellung von Kraftfahrzeugtreibstoffen.

Die Euphorie sollte nicht die objektiven Größenordnungen verkennen lassen. Die Tabelle 10 zeigt, dass ein Mensch in Deutschland heute im Durchschnitt fast 50 mal so viel technische Energie (für Wärme, Kraft und Licht) in Bewegung setzt, wie es seinem körperlichen Stoffwechsel-Energieumsatz entspricht. Dies ist nur durch kurzzeitige Ausplünderung der Vorräte fossilen Kohlenstoffs möglich. Die gesamte Netto-Primärproduktion der Pflanzendecke in Deutschland liegt im Bereich der Hälfte des technischen Energieumsatzes. Nachwachsende Energieträger können damit immer nur einen geringen Teil des heutigen technischen Umsatzes substituieren. Mehrere physikalisch-technische Umstände legen nahe, nachwachsende Energieträger prioritär bei der Erzeugung von Niedertemperaturwärme einzusetzen, anstatt „mit der Brechstange“ und lächerlich geringen Ausbeuten Kraftfahrzeug-Treibstoffe gewinnen zu wollen (so auch der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen SRU 2007).

Tabelle 10: Vergleich zwischen körperlichem und technischen Energieumsatz der Menschen (H) in Deutschland und der Leistung der Vegetationsdecke

	H, körperlicher Energieumsatz	H, technischer Energieumsatz	Energieumsatz der Vegetationsdecke ^a
Watt, $80 \cdot 10^6 \text{ H}^b$	$10 \cdot 10^9$	$450 \cdot 10^9$	$250 \cdot 10^9$
Kilowatt pro H	0,12	5,6	3,1
			davon genutzt
			landwirtsch. 0,54
			forstlich 0,36
			rechn. Rest ca. 2,0

^a Annahmen: Netto-Primärproduktion (NPP) 1.000 g/m^2 und Jahr, $22 \cdot 10^3 \text{ Joule/g}$.

^b bei etwa 10,5 MJ Umsatz pro Tag (= ca. 2.500 kcal)

Quelle: eigene Schätzung.

Literatur

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) 2005. Meilensteine der Agrarpolitik. Umsetzung der Europäischen Agrarreform in Deutschland. Berlin.

DVL (Deutscher Verband für Landschaftspflege)/NABU (Naturschutzbund Deutschland) 2005. Agrarreform für Naturschützer. o.O.

HAMPICKE, U. & D. ROTH 2000. Costs of land use for conservation in Central Europe and future agricultural policy. International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology 1: 95-108.

KAPHENGST, T., A. PROCHNOW & U. HAMPICKE 2005. Ökonomische Analyse der Rinderhaltung in halboffenen Weidelandschaften. Naturschutz und Landschaftsplanung 37: 367-375.

PROCHNOW, A. & R. SCHLAUDERER 2002. Verfahren der Landnutzung zur Offenhaltung ehemaliger Truppenübungsplätze. Agrartechnische Forschung 8: 47-54.

ROTH, D. & W. BERGER 1999. Kosten der Landschaftspflege im Agrarraum. In W. Konold, R. Böcker & U. Hampicke (Hrsg.) Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. Kapitel VIII-6, 18 S., ecomed, Landsberg, Loseblattsammlung.

RÜHS, M., U. HAMPICKE & R. SCHLAUDERER 2005. Die Ökonomie tiergebundener Verfahren der Offenhaltung. Naturschutz und Landschaftsplanung 37: 235-335.

SRU (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) 2007. Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. o.O.

SUKOPP, H. & D. KORNECK 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, Heft 19. Bonn-Bad-Godesberg (Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie).

TAMPE, K. & U. HAMPICKE 1995. Ökonomik der Erhaltung bzw. Restitution der Kalkmagerrasen und des mageren Wirtschaftsgrünlandes durch naturschutzkonforme Nutzung. In B. Beinlich & H. Plachter (Hrsg.) Schutz und Entwicklung der Kalkmagerrasen der Schwäbischen Alb. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Baden-Württemberg 83: 361-389.

Postersektion I: Futterbau/ Graslandwirtschaft



Two cuts - and afterwards? - Effects of adapted management on permanent grassland

M. Elsäßer

Bildungs- und Wissenszentrum für Viehhaltung, Grünland, Wild und Fischerei, D - 88326 Aulendorf

Abstract

Dairy farmers need grassland forage with very good quality, which can be produced only by intensive grassland use (frequent cuts, high fertilisation). On the other hand farmers mostly have enough or sometimes too much grassland, which gives the impression that there is no need for managing the large areas. What is to do? Using large areas with low intensity only? This seems to be too cost-intensive and the quality is not good enough for feeding dairy cows. On the other hand: Using small areas with higher intensity and no use of the residual grassland? Is mulching the suitable solution?

In an experiment with 4 replications, 4 different grassland management systems have been compared since 2003. Botanical composition, dry matter yields and forage quality attributes are investigated.

Treatments are as follows:

1. Intensive grassland management (5 cuts and 250 kg of nitrogen per ha in total)
2. 2 early cuts with high N fertilisation for 1st and 2nd cut; after it no further fertilisation; one additional cut in September (120 kg N ha⁻¹)
3. 2 early cuts with high N fertilisation for 1st and 2nd cut; in continuity only mulching at the same time as the last cut in variant 2 (150 kg N ha⁻¹)
4. three early cuts and mulching of last regrowth (120 kg N ha⁻¹)

The experiment is still going on; only preliminary results can be given.

Introduction

High forage quality from grassland is the basis for good nutrition of dairy cows. Therefore there is a need for intensive utilisation with frequent cutting. Caused by a dramatically decrease of the number of milking cows in Baden-Wuerttemberg (South Germany) because of increasing milk performance under the quota system, some parts of grassland area are not used anymore. This had significance for the ecological situation (BRIEMLE AND ELSAESSER, 1997), f. e. the typical open landscape changes. There is the question, if new forms of grassland management can help to solve the problems with best forage quality on the one hand and the use of large grassland areas at the other. These problems were theme on a grassland conference 2002 in Germany and the present experiment follows this question: Two cuts - and afterwards?

Materials and Methods

The experiment was established in 2003 on permanent grassland at the experimental station Aulendorf in South Germany (590 m a.s.l., on average 1000 mm annual rainfall and 7 °C mean temperature). Four management treatments were compared using 25 m² plots with 4 replications (Tab. 1). Botanical composition (method according to KLAPP (1949)), dry matter yields and forage quality parameters (energy content, crude protein) were investigated. The experiment still persists, so only preliminary results can be given.

Tab. 1. Treatments

Treatment	Cutting frequency	Amount and partitioning of N supply (kg ha ⁻¹)
V1 Control	5 times per year	250 (60/60/60/50/20)
V2 Early cut and harvest	2 early cuts (1 st decade in May and 2 nd decade in June and late 3 rd cut in September)	120 (60/60/0/0/0)
V3 Early cut and mulching	2 early cuts (1 st decade in May and 2 nd decade in June and late mulching in September)	160 (80/80/0/0/0)
V4 Early cut and mulching	3 early cuts (1 st decade in May and 2 nd decade in June, end of July and mulching of the last regrowth in October)	120 (60/40/20/0/0)

Results and Discussion

The exceptional drought period in 2003 after the 1st regrowth lead to very low dry matter (DM) yields (Fig. 1). Humid weather conditions in 2004 and 2005 increased the yields, whereas 2006 has again lower DM yields, due to the long winter with winter killing of the main grass species *Lolium perenne* and *Lolium hybridum*. However, the 2nd and 3rd regrowth were stable, the DM yield of the whole year 2006 was lower than that of the years before. Between the treatments significant differences were observed. In wet years, the treatment 1 (five cuts per year), showed best results, whereas in unfavourable years the mulching treatment (V3) was highest. It was surprising that the nitrogen yield was much higher than the nitrogen fertilisation. Three early cuts gave higher nitrogen output than only two cuts with the same amount of N fertilizer.

Large differences were observed in net energy contents, with strong decreases in the 3rd and 4th cut.

Concerning the net energy yield, it seems that the reduction of cutting frequency has clear effects. Energy yields were highest with usual management, but three cuts and additional late mulching gave also good results, saving nitrogen and working time for harvests at the same time.

Caused by the specific grassland management, the botanical composition changed (Tab. 2). Comparing the first and the last experimental year, the variations in the percentage of grasses and herbs were only marginal, but due to the extreme weather conditions with the exceptional drought in 2003, some grass species show an interesting development. *Poa trivialis* disappeared nearly completely after 2003 and was replaced by *Lolium hybridum*, which could obviously spread by seed. In spring 2006 the conditions changed markedly. Now *Poa trivialis* propagates, whereas *Lolium perenne* disappeared through an infestation with *Fusarium nivale* due to the long winter period with snow until the beginning of April 2006. Differences between the treatments were only small, but it seems that mulching (V3 and V4) reduces the percentage of *Taraxacum officinale*.

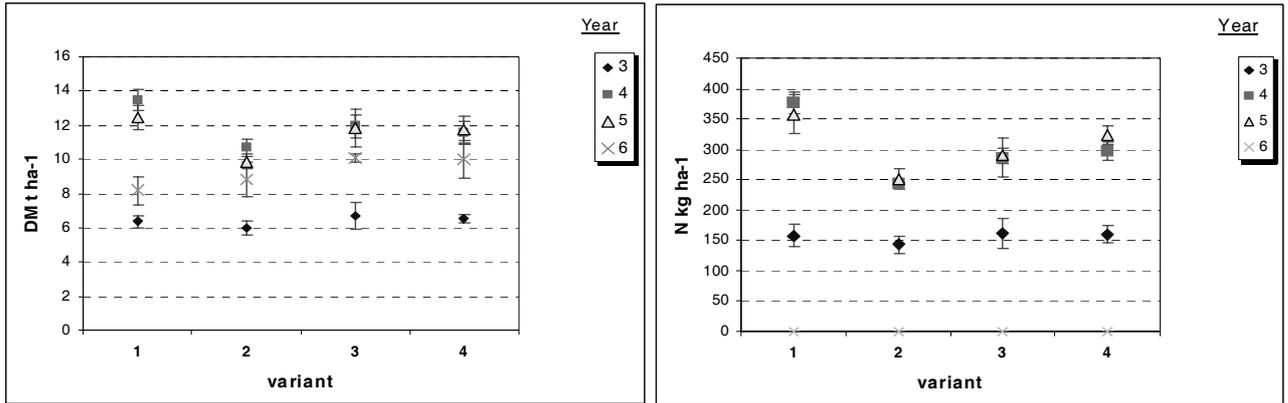


Fig. 1: Dry matter yield (2003 - 2006 in t ha⁻¹) and N yield (2003 - 2005 in kg ha⁻¹) (P<0.05)

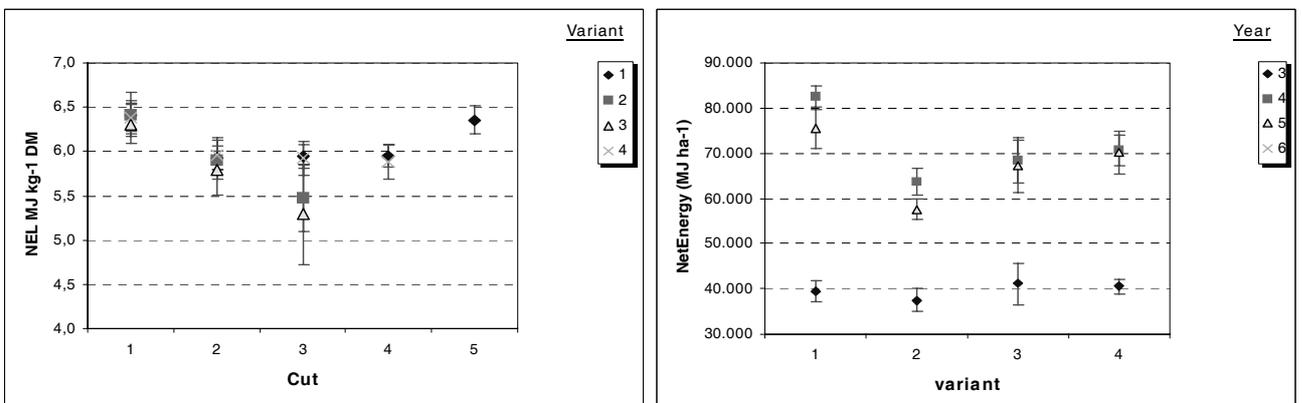


Fig. 2: Net energy content (MJ NEL kg⁻¹ DM) per cut and net energy yield (MJ NEL ha⁻¹) (2003 - 2005) (P<0.05)

Tab. 2: mean values of DM and N yields and total net energy (same letters = n.s. P<0.05)

		DM (t ha ⁻¹)	Energy (NEL ha ⁻¹)	N yield (kg ha ⁻¹)
treatment	1	10,11 a	65836 a	297,8 a
	2	8,85 b	52910 c	213,0 c
	3	10,15 a	58942 b	246,2 b
	4	9,97 a	60438 b	260,3 b
year	2003	6,41 c	39641 c	156,0 b
	2004	11,93 a	71359 a	301,5 a
	2005	11,47 a	67594 b	305,5 a
	2006	9,27 b		

Tab. 3: Variation of botanical composition (% of total plant biomass after KLAPP, 1949)

Year	03	04	05	06	03	04	05	06	03	04	05	06	03	04	05	06
treatment	1				2				3				4			
grasses	63	68	61	56	59	68	64	58	63	64	81	59	60	63	73	68
herbs	31	27	29	28	35	28	25	25	33	32	14	28	35	33	16	18
legumes	6	6	10	16	6	5	11	17	5	4	5	14	5	4	11	15
<i>Lolium hybridum</i>	8	23	12	4	8	24	11	3	6	22	27	5	7	20	18	7
<i>Lolium perenne</i>	27	29	21	6	23	23	19	2	25	26	15	3	26	26	17	3
<i>Poa pratensis</i>	4	5	14	18	3	5	16	17	4	5	20	17	4	6	17	20
<i>Poa trivialis</i>	18	2	4	17	19	3	8	18	21	1	7	13	17	2	7	19
<i>Taraxacum officinale</i>	26	23	24	20	29	25	24	19	26	28	13	10	30	27	15	10

Conclusions

In order to reach best forage quality for dairy production it is necessary to cut grassland very early. If farms have enough or too much land for the nutrition of their dairy herds, it seems better to reduce cutting frequency after the third regrowth with using or discarding the last regrowth. Cutting only twice per year, even if the cutting dates are very early and close to ear emergence, is not enough for good forage quality. At the same time, nitrogen fertilisation can be reduced according to the cutting frequency. The botanical composition after 4 experimental years changed markedly due to the different weather conditions, while herbs have nearly the same percentage over the whole experimental period. If the reduction of the intensity of grassland management is preferable under economical aspects is to be determined in the future under regard of the general framework for agriculture. Coferrmentation of grassland in biogas plants seems to be a good alternative to non-using or reduced production intensity.

References

- BRIEMLE G., ELSAESSER M.(1997) Die Funktionen von Grünland. Berichte über Landwirtschaft, 1, 75, 272-290.
- ELSAESSER M. (2002) Zweimal schneiden - und was dann? Tagungsband DLG-Grünlandtagung Bad Hersfeld, 5-8.
- KLAPP E (1949): Landwirtschaftliche Anwendung der Pflanzensoziologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Leistungsfähigkeit, Ausdauer und Naturschutzpotenzial von Luzerne bei unterschiedlicher Schnittnutzung

K. Schmalzer

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Invalidenstr. 42, D-10115 Berlin

Einleitung und Problemstellung

Luzerne ist eine wertvolle Futterpflanze der trockeneren Anbauggebiete. Für die Sicherung ihrer Ausdauer bei mehrjähriger Nutzung wird empfohlen, sie einmal im Jahr blühen zu lassen und zwischen der vorletzten und letzten Nutzung mindestens einen Zeitraum von 50 Tagen einzuhalten. Ob die Gewährleistung dieser Kriterien in den ersten beiden Nutzungsjahren die besten Voraussetzungen für ihre Ausdauer und Leistungsfähigkeit in den weiteren Nutzungsjahren bietet, wurde in einem Versuch am Standort Berge (Land Brandenburg, Landkreis Havelland) geprüft.

Die Luzerne gilt darüber hinaus als wichtige Pflanze für Insekten (Nektar- und Pollenangebot, Raupenfutterpflanze für Schmetterlinge), was Luzerneschläge für

naturschutzfachliche Zielstellungen aufwerten könnte. Eine ganzflächige und ausschließliche Nutzung der Luzerneschnitte zum optimalen Schnitttermin im Knospenstadium mindert möglicherweise dieses Potenzial. Das kleinflächige Anpassen der Bewirtschaftung auf Naturschutz- oder Stilllegungsflächen wäre im Rahmen von Agrarumweltprogrammen mit relativ geringem Aufwand zu erreichen (BERGER et al., 2006).

Material und Methoden

Der Versuch zur Schnittführung der Luzerne wurde am Standort Berge (Ackerzahl 40) als einfaktorielle vollständig randomisierte Blockanlage mit dem Faktor Schnittnutzung (sechs Prüfglieder) in vier Wiederholungen angelegt. Die Erntefläche der 24 Teilstücke betrug jeweils 10 m². Die Luzerne (Sorte Gea) wurde mit einer Saatstärke von 20 kg/ha am 10. April 2001 mit dem Saatpartner Sommergerste ausgesät. Nach dem Mähdrusch der Sommergerste fand im Ansaatjahr keine weitere Nutzung der Luzerne statt. Die N-Düngung beschränkte sich auf eine Startgabe von 40 kg/ha vor der Aussaat. Im 1. Hauptnutzungsjahr wurden drei Schnittvarianten jeweils in doppelter Ausführung im Versuch eingerichtet (Tab. 1). Es handelte sich dabei um die Kontrollvariante, bei der die Luzerne zum zweiten Schnitt in Blüte stand und ein Zeitraum von mindestens 50 Tagen zwischen den letzten beiden Schnitten eingehalten wurde, des Weiteren um die Nutzung aller Aufwüchse im Knospenstadium sowie die Nutzung aller Aufwüchse nach Blühbeginn. Im 2. Hauptnutzungsjahr wurden die Prüfglieder 1 bis 3 und im 3. Hauptnutzungsjahr alle Prüfglieder einheitlich jeweils im Knospenstadium geschnitten. Die Prüfmerkmale waren der teilstückbezogen erfasste Trockenmasseertrag sowie die prüfgliedbezogen ermittelten Inhaltsstoffe, wobei in diesem Beitrag nur auf die Rohfaser- und Rohproteingehalte eingegangen wird.

Tab. 1: Nutzungstermine der Luzerne in den Jahren 2002 bis 2005

Jahr	Prüfglied	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	5. Schnitt
1. 2002	1 (Kontrolle)	17. Mai	2. Juli *	2. Aug.	30. Sep.	
	2	17. Mai	25. Juni	2. Aug.	30. Sep.	
	3	4. Juni *	26. Juli *	30. Sep.*		
	4 (Kontrolle)	17. Mai	2. Juli *	2. Aug.	30. Sep.	
	5	17. Mai	25. Juni	2. Aug.	30. Sep.	
	6	4. Juni *	26. Juli *	30. Sep.*		
2. 2003		Einheitliche Nutzung für die Prüfglieder 1 bis 3				
	1	14. Mai	11. Juni	22. Juli	16. Sep.	
	2	14. Mai	11. Juni	22. Juli	16. Sep.	
	3	14. Mai	11. Juni	22. Juli	16. Sep.	
	4	14. Mai	24. Juni *	22. Juli	16. Sep.	
	5	2. Juni *	24. Juni	22. Juli	16. Sep.	
3. 2004	1 bis 6	Einheitliche Nutzung für alle Prüfglieder nach unterschiedlicher Nutzung in den Vorjahren				
		11. Mai	22. Juni	26. Juli	3. Sep.	21. Okt.
4. 2005	1	19. Mai	19. Juli *	1. Sep.	27. Okt.	
	2	19. Mai	19. Juli *	1. Sep.	27. Okt.	
	3	19. Mai	1. Sep. *	27. Okt.		
	4	19. Mai	15. Juni	19. Juli	27. Okt. *	
	5	19. Mai	15. Juni	19. Juli	1. Sep.	27. Okt.
	6	19. Mai	15. Juni	1. Sep. *	27. Okt.	

(* Termine, an denen die Luzerne nach Blühbeginn geschnitten wurde)

Bei Transektbefragungen auf der Versuchsfläche, deren Nutzung im 4. Hauptnutzungsjahr 2005 auf das Einrichten von Blühketten in der Vegetationszeit abgestimmt war, wurden im Abstand von 1 bis 2 Wochen von April bis Oktober Tagfalterarten bestimmt und deren Häufigkeit beurteilt (nach ERHARDT, 1985 zit. in SETTELE et al., 1999).

Ergebnisse und Diskussion

Die Höhe der Trockenmasseerträge der Luzerne war im 1. Hauptnutzungsjahr signifikant durch die Schnittgestaltung bestimmt. Bei Nutzung aller Aufwüchse nach Blühbeginn traten im Vergleich zur Kontrolle geringere Erträge auf. Die Ertragsrelationen in den Folgejahren waren dagegen stark durch das Niederschlagsangebot geprägt. Die Jahresniederschläge lagen in der Reihenfolge der Jahre 2002 bis 2005 bei 737, 342, 535 und 496 mm und in der Summe der Monate Mai bis September bei 380, 182, 296 und 308 mm. Bei langanhaltender Trockenheit im 2. Hauptnutzungsjahr 2003 trat ein starker Ertragsrückgang im Vergleich zum 1. Hauptnutzungsjahr ein. Diese Entwicklung war wiederum die Ursache dafür, dass im 3. Hauptnutzungsjahr generell sehr hohe Erträge erreicht wurden, die nicht mehr signifikant durch die Vornutzung der Bestände beeinflusst waren. Während der vierjährigen Nutzungsdauer der Luzerne wurde das mittlere Ertragsniveau von Silomais (Landessortenprüfungen, Reifegruppe mittelfrüh) in allen Jahren erreicht und im 3. Hauptnutzungsjahr 2004 weit übertroffen (Abb. 1).

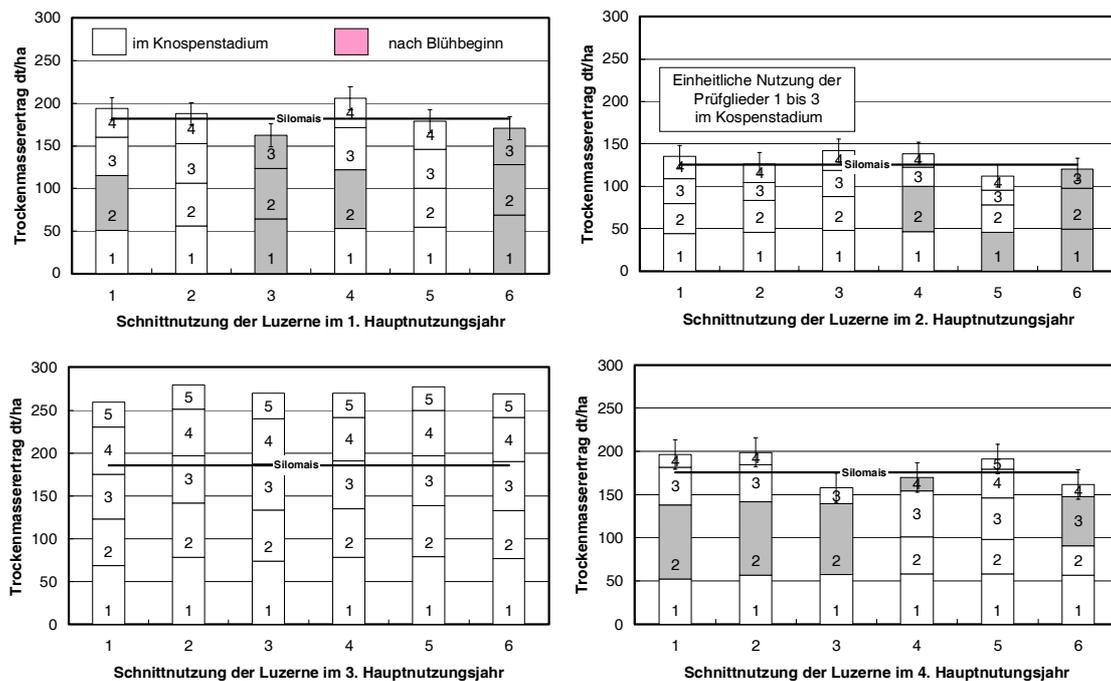


Abb. 1: Trockenmasseerträge von Luzerne in den Hauptnutzungsjahren 2002 bis 2005 (Grenzdifferenzen des t-Testes für den Gesamtertrag bei $\alpha < 5\%$) im Vergleich zum mittleren Ertragsniveau von Silomais am Standort Berge (Landessortenprüfungen Reifegruppe mittelfrüh, Brandenburg).

Blühende Luzerneaufwüchse wiesen im Gegensatz zu Aufwüchsen, die im Knospenstadium geschnitten wurden, sehr hohe Rohfasergehalte von 30 bis über 40 % in der Trockenmasse auf, wobei selbst bei starker Überständigkeit noch Rohproteingehalte von 14 bis 18 % vorlagen (Abb. 2).

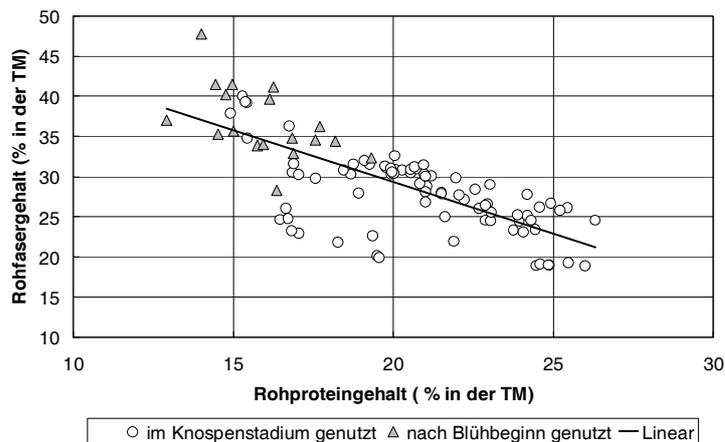


Abb. 2: Rohproteingehalte und Rohfasergehalte von Luzerne (im Knospenstadium genutzte Aufwüchse im Vergleich zu den nach Blühbeginn genutzten Aufwüchsen) in den Jahre 2002 bis 2005.

Bei den Transsektorerfassungen auf der Luzernefläche wurden insgesamt 22 Tagfalterarten beobachtet, darunter 7 Arten, die häufig bis sehr häufig im Zeitraum von April bis Oktober vorkamen.

Schlussfolgerungen

Die wegen der Ausdauer des Pflanzenbestandes erforderliche Nutzung blühender Luzerneaufwüchse in den ersten beiden Hauptnutzungsjahren bietet sich für die zweiten und dritten Aufwüchse an, die auch bei Nutzung im Knospenstadium zu sehr hohen Rohfasergehalten neigten. Das Erntegut dieser Aufwüchse würde sich vorrangig für die Heuwerbung eignen und wäre in der Futtermischung als strukturwirksame Komponente einsetzbar.

Mit den in den Versuchen erzielten Erträgen bietet sich die Luzerne in den Landbaugebieten 2 und 3 des Landes Brandenburg als wertvolle Ergänzung zum Silomais sowohl für die Fruchtfolge- als auch für die Rationsgestaltung an. Länger als drei Jahre genutzte Luzerneschnitte empfehlen sich für die Flächenstilllegung und liefern dann wertvolles Futter bei sicheren Erträgen, falls diese Flächen - so wie im Mai des Jahres 2007 in den meisten Bundesländern geschehen - aufgrund von witterungsbedingter Futterknappheit zur Nutzung frei gegeben werden sollten. Bei der Anmeldung von Stilllegungsflächen ist zu beachten, dass Grünfütterpflanzen wie Klee, Luzerne, Gras sowie deren verschiedene Gemenge, die mindestens 5 Jahre lang nicht Bestandteil der Fruchtfolge eines Betriebes waren (5-Jahres-Regelung), neuerdings zur Dauergrünlandfläche zählen (Informationsbroschüre für die Empfänger von Direktzahlungen, 2007). Naturschutzfachliche Zielstellungen können das Interesse für den Anbau der Luzerne weiter fördern, deren Anbaufläche in Deutschland innerhalb der vergangenen zwei Jahrzehnte um ca. 150 T ha geschrumpft war.

Durch Erntemaßnahmen, die nicht die gesamte Fläche erfassen, so wie im Versuch im 4. Nutzungsjahr demonstriert, lassen sich auf Luzerneschnitten Strukturen unterschiedlichen Bestandesalters sowie Blühketten in der Vegetationsperiode gestalten. Auf diese Weise dient die Luzerne als Nektarquelle für zahlreiche Tagfalterarten und ist nach SETTELE et al. (1999) auch Raupenfütterpflanze mehrerer Arten, so für *Polyommatus icarus*, *Celastrina argiolus*, *Colias hyale*, *C. crocea* und *Leptidea sinapis*, die mit Ausnahme der zuletzt genannten zwei Arten auf der Versuchsfläche auftraten.

Literatur

BERGER, G., PFEFFER, H., LORENZ, J., SCHOBERT, H., KÄCHELE, H. und HOFFMANN, J. (2006): „Schlaginterne Segregation“ - ein Modell zur besseren Integration von Naturschutzzielen in gering strukturierten Agrarlandschaften. *Abschlussbericht zum Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben*. Förderkennzeichen: Z1.3-89211-8/98 und Z1.3-89211-6/99.

Informationsbroschüre für die Empfänger von Direktzahlungen über die anderweitigen Verpflichtungen (Cross Compliance) [2007]: Ministerium für die Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg.

SETTELE, R., FELDMANN, R. UND REINHARDT, R. (1999): Die Tagfalter Deutschlands. Ulmer, Stuttgart.

Nachsaat von Dauergrünland mit unterschiedlichen Methoden

M. Elsässer und C. Grünenwald

Bildungs- und Wissenszentrum für Viehhaltung, Grünland, Wild und Fischerei, D - 88326 Aulendorf

Einleitung

Gemeine Risppe (*Poa trivialis* L.) breitet sich in den letzten Jahren verstärkt im Dauergrünland Süddeutschlands aus und wird zunehmend zu einem Problemgras (RIEDER, 1997; ELSÄSSER & GRUND, 2003). Bekanntlich liefert diese Art nur im ersten Aufwuchs gute Erträge und durch die Filzbildung werden wertvolle Gräser unterdrückt. Auf zwei in Oberschwaben gelegenen, praxismäßig bewirtschafteten Versuchsflächen eines Weidelgras - Weissklee - Bestandes (*Lolium-Cynosuretum*) wurden deshalb zwei Nachsaatetechniken hinsichtlich ihrer Eignung zur Schließung von Narbenlücken, die durch extreme Trockenheit entstanden waren, geprüft.

Im Verlauf der auf den trockenen Sommer 2003 folgenden Vegetationsperiode, wurden gezielt einzelne natürlich entstandene Lücken im Hinblick darauf beobachtet, wie schnell sie sich schlossen und von welchen Pflanzenarten sie besiedelt wurden.

Die zu untersuchenden Fragen waren: Mit welchen Maßnahmen kann der Verbreitung der *Gemeinen Risppe* entgegen gewirkt werden? Ist Nachsaat eine geeignete Maßnahme zur Unterdrückung dieses Problemgrases in Grünlandbeständen und welches Verfahren eignet sich am besten?

Material und Methoden

Die Versuchsanlage (Blockanlage mit 4 Wiederholungen) erfolgte im Frühjahr 2004 und im Herbst 2003 je einmal auf einer Wiese und einer benachbarten Mutterkuhweide. Die Versuchspartellen hatten eine Größe von 25 m².

Folgende Varianten wurden miteinander verglichen:

- V1: Vredo Nachsaatgerät (25 kg / ha; Regelansaatmischung NS1= 88% *Lolium perenne* (Sorten: 30% Lacerta, 30% Missouri, 28% Feeder) und 12% *Trifolium repens* (Riesling))
- V2: Kontrollvariante: keine Nachsaatmaßnahme
- V3: Handsaat (10 kg / ha NS1) und Anwalzen mit Güttler - Prismenwalze

Als zusätzliche Behandlung wurde die Hälfte der Flächen mit Vorbehandlung (Arbeitsgang mit einer Ackeregge) und die andere Hälfte ohne Vorbehandlung angelegt. Die Versuchsfelder wurden durch Landwirte ortsüblich fünfmal geschnitten bzw. als Mähweide genutzt.

Sämtliche Parzellen wurden in den Jahren 2004 und 2005 zu jedem Aufwuchs und ab 2006 nur noch im Frühjahr und im Herbst mittels eines Netzes mit 100 Einzelquadraten hinsichtlich ihres Lückenanteiles erfasst. Im Jahr 2004 wurde im Rahmen einer Diplomarbeit von Frau Grünenwald noch der Lückenanteil jeder Variante des Blockes Frühjahrsansaat Wiese mit einem 1 Quadratmeterrahmen, der in 100 kleine Quadrate aufgeteilt wurde, erfasst. Zudem wurden die Lücken hinsichtlich ihrer Lage und der Veränderung im Laufe des Jahres beobachtet und die einzelnen Pflanzenarten erfasst. Die Entwicklung der Lücken im Quadratmeterrahmen wurde zudem noch fotografisch dokumentiert.

Die botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände wurde mittels der Ertragsanteilschätzung nach KLAPP/STÄHLIN (Bonitur zum 1. Aufwuchs) vorgenommen.

Ergebnisse - Veränderung der Lückenanteile

Foto 1 und Abb. 1 zeigen exemplarisch die Verteilung der Lücken und ihre exakte Bewertung mittels einer Deckungsgradschätzung innerhalb von 100 Einzelquadraten.

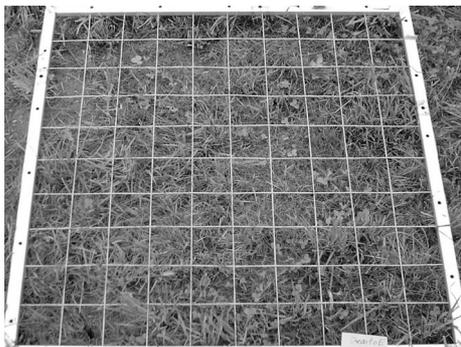
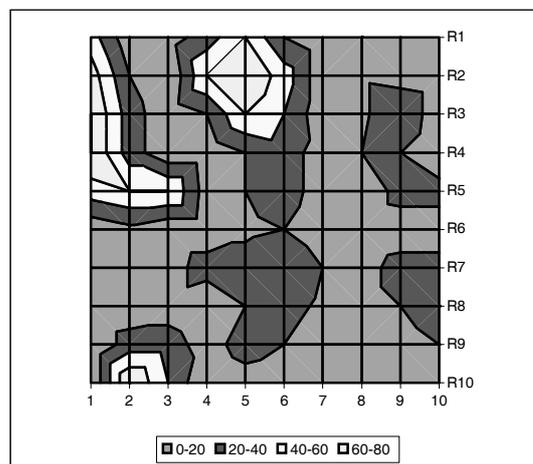


Foto 1 und Abb.1: Beispiel für 1 Quadratmeter mit Boniturrahmen und die entsprechende Verteilung der Lückenanteile in %.



Bezogen auf die Varianten reduzierten sich die Lückenanteile generell im Verlauf der Vegetationszeit (Boniturtermin: Im Oktober 2004; Behandlung: Wiese; Frühjahrsansaat) Abb.2).

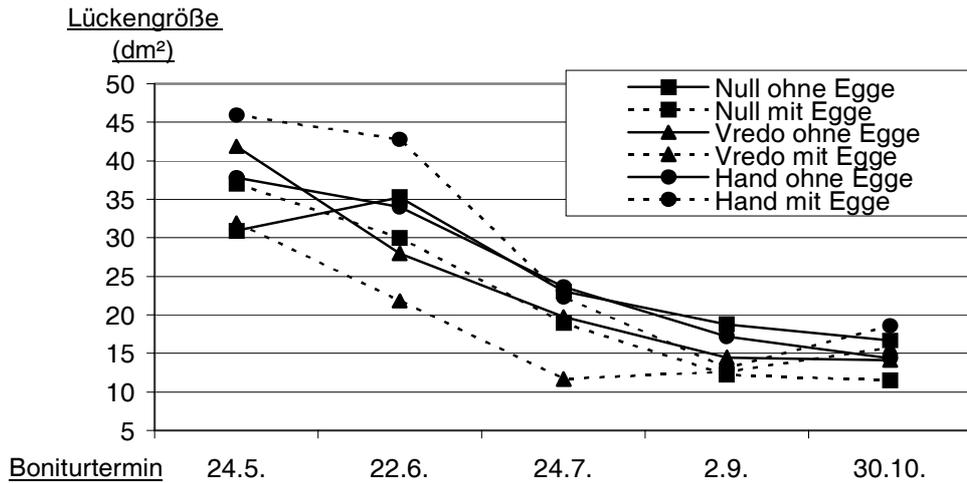


Abb. 2: Lückenanteile 2004 bei Wiesennutzung und Frühjahrsansaat

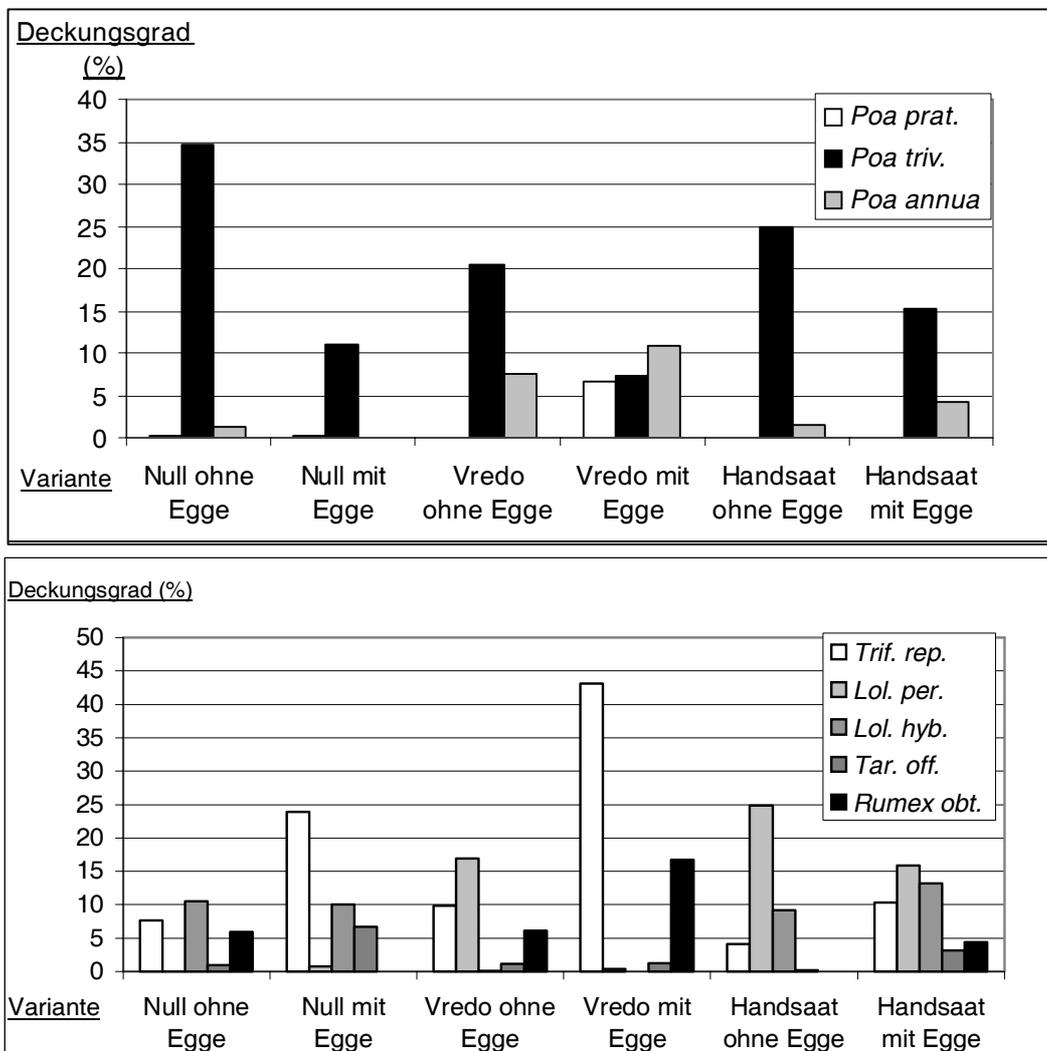


Abb. 3,4: Deckungsgrade unterschiedlicher Pflanzenarten zum Zeitpunkt Oktober 2004 (Ansaat im Frühjahr)

Es zeigte sich, dass die Bearbeitung mit einer Egge den Besatz an *Poa trivialis* einheitlich reduzierte. Die Saatvariante mit Vredo wies dagegen die geringsten Anteile auf, gleichzeitig

erhöhte sich der Anteil des Weißklee ebenfalls durch diese Saatvariante. Dabei zeigte sich auf einer mit hohen Anteilen von *Poa trivialis* bestehenden Fläche, dass Eggen sowohl hinsichtlich des Schließens der Lücken als auch der in die Lücken einwandernden Pflanzenarten große Vorteile bringt. Die Wirkung der Egge allein ohne eine Nachsaatmaßnahme war mit fast allen geprüften Nachsaatvarianten in ihrer Ausprägung vergleichbar. Lediglich die Durchsaat mit der Vredo in Kombination mit der Eggen- Behandlung fiel mit einem äußerst hohen Anteil an *Trifolium repens* und in der Folge höheren Anteilen an erwünschten Pflanzenarten insgesamt positiv auf.

In der weiteren Entwicklung der Nachsaaten zeigte sich, dass sich infolge des langen Winters 2004/2005 die Lücken wieder vergrößerten und ebenfalls im Verlauf der Vegetation einheitlich, unabhängig von der Saatmethodik wieder zurückgingen (Abb. 5). Auch der Saatzeitpunkt hatte nach über einem Jahr Entwicklungszeit für die Ansaaten keine entscheidende Bedeutung für den Etablierungserfolg des Deutschen Weidelgrases. Zudem schlossen sich die Lücken einheitlich bei allen Varianten, meist infolge der raschen Ausbreitung von *Poa trivialis*.

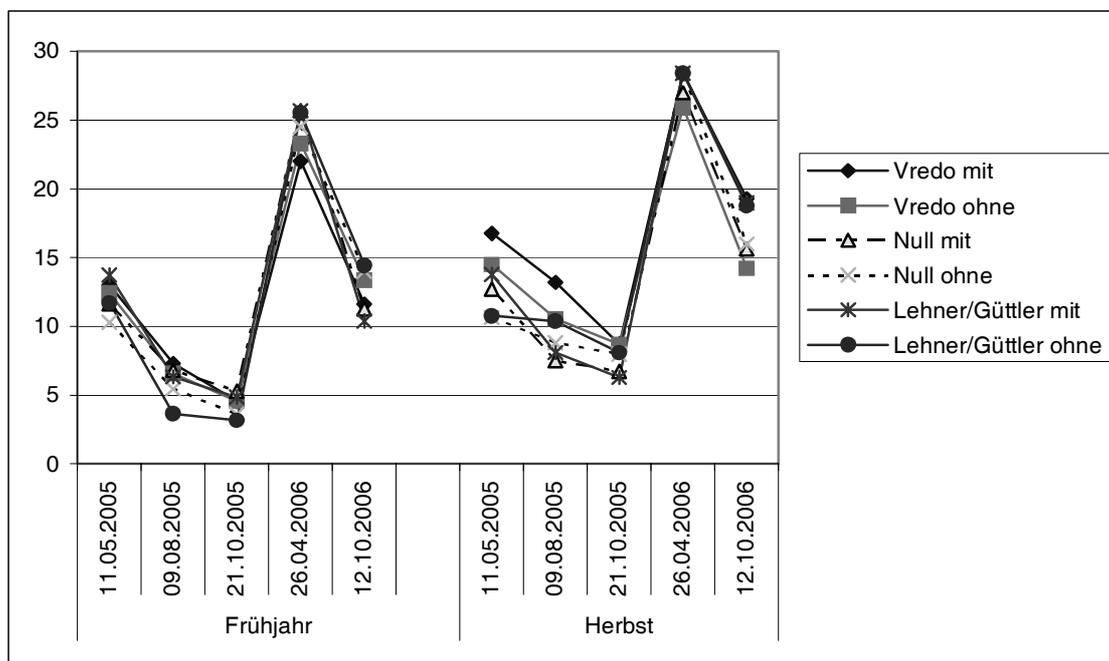


Abb. 5: Lückenanteile in Abhängigkeit vom Saattermin und der Saatmethodik bei Wiesennutzung

Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Die Ergebnisse lassen es nicht zu, einer der beiden geprüften Nachsaattechniken eindeutig den Vorzug zu geben. Damit könnte sich zumindest auf lückigen Narben auch die Wahl der Technik künftig weitgehend an ökonomischen Kriterien ausrichten. Hierzu zählen dann Faktoren wie Saatgutaufwand, Anzahl der erforderlichen Saattermine, Flächenleistung, Möglichkeiten des überbetrieblichen Einsatzes. Eggen bringt sowohl hinsichtlich des Schließens von Lücken als auch der in die Lücken einwandernden Pflanzenarten große Vorteile. Die Wirkung der Egge ohne Nachsaatmaßnahmen war mit fast allen geprüften Nachsaatvarianten vergleichbar. Lediglich eine Durchsaat mit der Vredo-Durchsämaschine in Kombination mit einer Eggen-Behandlung fiel mit einem äußerst hohen Anteil an *Trifolium repens* und als Folge davon mit höheren Anteilen an erwünschten Pflanzenarten auf.

Literatur

ELSAESSER, M. & S. GRUND, 2003: Entwicklung von Gemeiner Risppe (*Poa trivialis* L.) in Abhängigkeit von Nutzungstiefe und Verdichtung des Bodens. Landinfo, 5, 9-16.

RIEDER, J.B., 1997: Bodenreaktion und Zusammensetzung des Pflanzenbestandes von Dauergrünland unter besonderer Berücksichtigung des Anteiles an Gemeiner Risppe (*Poa trivialis*). Schule und Beratung, Heft 3 und Heft 4, Seite IV - 1 bis IV-6.

Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von Milchviehleistung, Kraftfuttermenge und Weidegang im Ökologischen Landbau

E. Leisen und T. Rieger

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Einleitung und Zielsetzung

Im ökologischen Landbau fallen die Höhe der einzelnen Leistungen (beispielsweise Milchgeld, Direktzahlungen) und Kosten (beispielsweise Kraftfutter-, Maschinen- und Arbeitskosten) teilweise grundlegend anders aus als im konventionellen Landbau. Es gibt zwar Kalkulationsansätze, die dazu verwendete Datenbasis ist allerdings noch unzureichend. Zielsetzung ist die Erstellung einer breiten Datenbasis als Grundlage für die Erstellung ökospezifischer Beratungsempfehlungen.

Material und Methoden

Datenerhebung auf 70 Betrieben für Wirtschaftsjahr 2004/05 auf der Basis von Buchführungsdaten und Einzelgesprächen mit Landwirten. Die ausgewerteten Betriebe entsprechen weitestgehend der Größenstruktur in der Region (Ausnahme: Betriebe bis 20 und ab 101 Kühe, Tab. 1). Auswertung der Daten durch das Programm: Vollkostenanalyse für Milchviehbetriebe, European Dairy Farmers (EDF), Braunschweig. Die EDF arbeitet europaweit und hat sich aus einer Arbeitsgruppe der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Institut für Betriebswirtschaft, entwickelt.

Tabelle 1: Strukturvergleich der ausgewerteten Öko-Betriebe						
Teilnahmerate: 44 % der Biomilch-Molkereilieferanten Nordwestdeutschlands						
	Milchkühe je Betrieb					Gesamt-
	bis 20	21 - 40	41 - 60	61 - 100	101 - 200	ergebnis
Anzahl ausgewerteter Betriebe	2	16	27	14	11	70
ausgewertete Betriebe	Verteilung der Betriebe					100%
	3%	23%	39%	20%	16%	
alle Öko-Betriebe der Region mit Molkereiablieferung	13%	27%	32%	21%	6%	100%

Ergebnisse und Diskussion

Unterschiede zwischen erfolgreichen und weniger erfolgreichen Betrieben

Die 25 % erfolgreichen Betriebe erwirtschaften gegenüber den 25 % weniger erfolgreichen (Maßstab: Vollkosten der Milcherzeugung) einen um 25,5 Cent/kg ECM und damit insgesamt 82.000 Euro höheren Unternehmerrgewinn (Tab. 2, linke Hälfte).

Gründe sind vor allem:

- höhere Kapazitäten: + 39 Kühe/ + 311.000 kg FCM produzierte Milch
- niedrigere Produktionskosten (in Cent/kg FCM) vor allem für Arbeitserledigung (-14,6 ct), aber auch bei Maschinen (-2,4 ct), Treibstoff /Energie/Wasser (-1,3 ct) und Gebäude (- 0,9 ct)

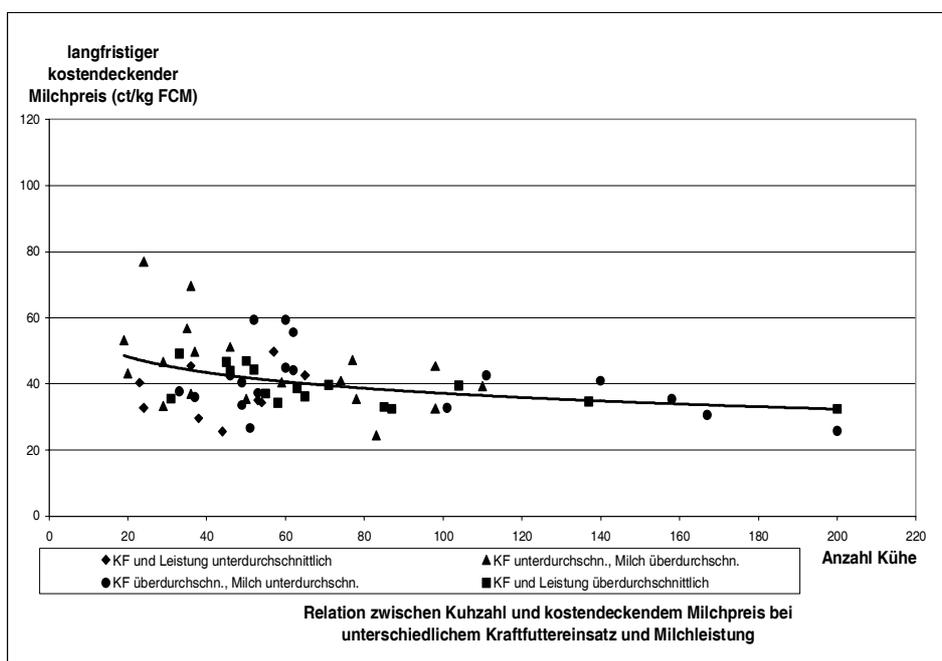
Die Verwertung der Arbeitsstunden liegt bei den erfolgreicherer Betrieben um 12,8 €/Akh höher.

Tabelle 2: Erfolgreiche und weniger erfolgreiche Betriebe sowie Bestandsgrößen im Vergleich							
	Erfolgreiche 25%	Durchschnitt	Weniger erfolgreiche 25%				
				bis 40	41 - 60	61-100	101-200
Anzahl Betriebe	18	70	18	18	25	17	10
Kuhzahl	86	66	47	31	51	76	145
Milchproduktion in t FCM	596	448	285	207	336	552	983
	Leistungen [ct/kg FCM]						
Milch, Rindfleisch, +/- Bestandsänderungen	37,4	37,2	37,0	37,2	37,1	37,4	37,4
Dir. Zahlungen/Subventionen	9,3	8,0	8,5	8,9	8,6	6,9	7,0
Leistungen gesamt	49,1	47,2	47,5	48,1	47,7	45,6	47,2
	Kosten [ct/kg FCM]						
Futter (Futterzukauf, Saatgut, Dünger)	5,5	5,5	5,3	4,1	6,0	6,0	6,0
Maschinen (Unterhaltung, Afa, Lohnunt.)	6,8	8,0	9,2	7,7	7,9	8,0	8,2
Treibstoff, Energie, Wasser	3,0	3,3	4,3	3,9	3,3	2,7	3,1
Gebäude (Unterhaltung, Afa)	2,2	2,7	3,1	3,0	2,7	2,6	2,0
Tierarzt, Besamung	1,2	1,3	1,3	1,5	1,2	1,3	1,3
Grundkosten (ohne Löhne)	23,4	26,3	30,3	26,4	26,6	26,1	25,8
Gesamtkosten für Produktionsfaktoren	21,3	26,9	37,9	33,1	28,7	21,6	20,0
dav. Summe Kosten Arbeitserledigung	14,5	19,7	29,1	26,3	21,8	14,9	11,2
Kosten gesamt (ohne Lieferrechte)	44,7	53,2	68,3	59,5	55,3	47,7	45,8
Summe Kosten für Lieferrechte	2,5	2,8	2,9	2,0	3,1	3,2	2,8
Kosten gesamt	47,2	56,0	71,2	61,5	58,4	50,9	48,6
	Ergebnis des Betriebszweiges Milch						
Betriebswirtschaftlicher Gewinn (GuV)							
je Betrieb in 1000 €	80	54	19	31,1	45,0	58,1	110
ct/kg FCM	15,7	12,9	8,4	14,8	13,4	10,9	11,6
Unternehmerrgewinn							
je Betrieb in 1000 €	14	-27	-68	-27,2	-34,7	-26,0	-6
ct/kg FCM	1,9	-8,8	-23,6	-13,4	-10,7	-5,3	-1,5
Verwertung der Arbeitsstunden							
€/Akh (Familien+ FremDAK)	15,2	8,9	2,4	7,3	7,9	10,3	11,9
Gewinnschwelle (Kostendeckender Milchpreis) [ct/kg FCM]							
- zur Erreichung eines positiven Gewinns	17,6	20,1	24,1	17,6	19,6	22,6	22,0
- zur Deckung der Vollkosten	31,6	42,2	56,4	46,3	44,0	39,3	35,4
Alle Werte sind ohne MwSt. ausgewiesen							

Bestandsgrößen im Vergleich

Das wirtschaftliche Ergebnis variiert erheblich mit der Betriebsgröße (Tab. 2 rechte Seite). Größere Betriebe haben im Mittel einen um 11,9 Cent/kg FCM höheren Unternehmergewinn und eine um 4,6 Euro/Akh bessere Verwertung der Arbeitsstunden. Unterschiede gibt es vor allem bei den Arbeiterledigungskosten (15,1 Cent/kg FCM höhere Kosten bei bis zu 40 Kühen im Vergleich zu über 101-Kuhbeständen). Bei den übrigen Leistungs- und Kostenfaktoren sind die Unterschiede im Mittel der Betriebe nur gering.

Die Betriebsgröße alleine entscheidet aber noch nicht über den Betriebserfolg. Im Mittel erzeugen größere Betriebe Milch kostengünstiger als kleinere. Auch streuen die Gesamtkosten weniger stark. Allerdings gibt es auch mittlere Betriebe, die relativ kostengünstig Milch erzeugen können (siehe Abbildung). Die Gründe hierfür sind vielfältig und liegen sowohl bei einzelnen Leistungs- als auch Kostenfaktoren.



Milchleistung, Weidegang und Krafftutter

Die Frage, wie wirtschaftlich Betriebe bei unterschiedlicher Milchleistung, Weidegang und Krafftutermenge arbeiten, wurde vor dem Hintergrund der Betriebsgröße betrachtet. Dies war deshalb erforderlich, weil ansonsten die Auswertung mit einem systematischen Fehler behaftet ist. So wird in den untersuchten Öko-Betrieben in vielen kleineren Herden meist viel geweidet und relativ wenig Krafftutter gegeben (überdurchschnittlich viel Krafftutter nur in 25 % der Betriebe bis 40 Kühe aber in 90 % der Betriebe mit über 100 Kühen). Der reine Vergleich von Krafftutter oder Weideumfang mit der Wirtschaftlichkeit ohne Berücksichtigung der Herdengröße würde deshalb zur Überbewertung von Krafftutter und Stallhaltung führen.

Die Einschätzung, für welchen Milchpreis im Mittel Betriebe kostendeckend Milch erzeugen können, erfolgte anhand der Trendlinie in der Abbildung. Betriebe unterhalb der Trendlinie erzeugen die Milch kostengünstiger als das Mittel der Betriebe bei vergleichbarer Betriebsgröße.

Betriebe mit niedrigerer **Milchleistung** erzeugen die Milch etwas häufiger kostengünstiger (59 % der Betriebe) als solche mit höherer Milchleistung (nur 46 % der Betriebe) (Tab. 3).

Von den 3 Betrieben, die am kostengünstigsten die Milch erzeugen liegen 2 zwischen 5300 und 5500 kg FCM/Kuh, der 3. Betrieb bei 7040 kg FCM/Kuh. Die Gründe liegen vor allem bei im Vergleich zu Betrieben gleicher Bestandsgröße niedrigen Kosten, insbesondere Arbeitskosten.

Bei der Höhe der Kraffuttergabe aber auch beim **Weideanteil in der Sommerration** zeigen sich bei der Verteilung der Betriebe keine Unterschiede. Etwa gleich viele Betriebe erzeugen über- bzw. unterdurchschnittlich erfolgreich Milch. Einzelbetrieblich kann die gefahrene Strategie allerdings auch sehr erfolgreich sein. So können Betriebe mit Beweidung dort, wo die Bedingungen günstig sind, sehr erfolgreich sein: 2 Betriebe mit 70% (44 Kühe) beziehungsweise 90 % (83 Kühe) Weidegang im Sommer und unterdurchschnittlich viel Kraffutter erzeugen Milch so kostengünstig wie kein anderer Betrieb.

Tabelle 3: Anteil erfolgreicher Betriebe bei unterschiedlichem Weideanteil, Kraffuttermenge und Milchleistung						
	Milchleistung		Weideanteil		Kraffuttermenge	
	bis 7200 kg/Kuh	> 7200	0 bis 45 %	50 - 100 %	bis 15 dt/Kuh*a	> 15
Mittelwert	6424	7609	27	62	11,3	22,5
	Anteil überdurchschnittlich erfolgreicher Betriebe (1)					
	59%	46%	55%	52%	52%	55%
(1): Maßstab: überdurchschnittlich erfolgreiche Betriebe erzeugen die Milch bei gleicher Kuhzahl kostengünstiger als die übrigen Betriebe						

Schlußfolgerung

Ein Vergleich von Betrieben mit unterschiedlicher Milchleistung, Weidegang und Kraffuttergabe zeigt: kostengünstiger wird häufiger mit unterdurchschnittlich hoher Milchleistung erzeugt, demgegenüber gab es beim Weideanteil im Sommer und bei der Kraffuttermenge bei der Häufigkeitsverteilung keine Unterschiede. Einzelbetrieblich können allerdings sowohl Extensiv- als auch Intensivstrategien erfolgreich sein. Um systematische Fehler zu vermeiden, wurde die Bestandesgröße in den Betriebsvergleich mit einbezogen.

Ausblick: Eine bessere Absicherung der Aussagen erfolgt durch eine mehrjährige Auswertung.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden durchgeführt mit finanzieller Unterstützung durch die beteiligten Landwirte, die Molkerei Söbbeke, das Land NRW und die EU.

Untersuchungen zu Krafftutereinsatz, Weidegang, Milchleistung und Tiergesundheit von Milchkühen im Ökologischen Landbau

E. Leisen, M. Pries und P. Heimberg

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen

Einleitung und Zielsetzung

In vielen ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetrieben gibt es im Jahresverlauf größere Schwankungen bei der Nährstoffversorgung bedingt durch wechselnde Zusammensetzung des Grundfutters und nur begrenzten Ausgleich durch Kraft- und Saftfutter. Dies zeigen auch die Veränderungen der Harnstoff- und Proteingehalte der Milch im Jahresverlauf (LEISEN et al. 2003). Ziel des Projektes ist zu prüfen, welchen Einfluss Krafftutereinsatz und Weidegang auf Leistung und Gesundheit haben.

Material und Methoden

Datengrundlage: Erhebungen April 2004 bis März 2006 in 175 Öko-Betrieben aus Nordwestdeutschland, davon 88 Betriebe in nachfolgender Auswertung berücksichtigt (unberücksichtigt: Betriebe mit Doppelnutzungsrassen, überwiegend Heufütterung, Moorstandorte, flachgründige Standorte in Regenschattengebieten). Die ausgewerteten Betriebe entsprechen in ihrer Größenverteilung weitestgehend der Betriebsstruktur in der Region.

Krafftutermenge: eigenes und zugekauftes Krafftutter incl. Saftfutter (umgerechnet in Einheiten von 6,7 MJ NEL entsprechend Milchleistungsfutter der Energiestufe 3)

Weideanteil an Sommerration: Anteil des Weidefutters an der Gesamtration (Weide + Grundfuttergabe im Stall + Krafftutter), umgerechnet auf 6-monatige Sommerperiode

Harnstoffgehalt, Zellgehalt: Daten des Landeskontrollverbandes; zu Harnstoffgehalten in der Milch lagen von 140 Betrieben monatlich 6 Werte aus der zur Molkerei gelieferten Milch vor.

Milchleistung: abgelieferte Milch + Kälber- + Eigen- und Direktvermarktungsmilch

Nutzungsdauer: berechnet über bereinigte Remontierungsrate

Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend eine Auswahl von Ergebnissen der letzten beiden Jahre.

Krafftutermenge und Milchleistung

Die **Jahresmilchleistung** lag zwischen 5530 und 9720 kg ECM/Kuh. Im Mittel der Betriebe und beider Milchwirtschaftsjahre werden mit 6 dt Krafftutter/Kuh schon 6707 kg ECM/Kuh erzielt, mit 25 dt Krafftutter/Kuh sind es 7653 kg ECM/Kuh, wobei der Kurvenverlauf

zwischen beiden Jahren vergleichbar ist. Allerdings haben Betriebe mit viel Kraftfutter in 2005/06 ihre Kraftfuttermenge zurückgenommen (Abb. 1). Für den stärkeren Anstieg der Kurve oberhalb von 25 dt/Kuh gibt es noch keine belegbare Erklärung. Denkbar sind auch einzelbetriebliche Effekte, da in diesem Bereich nur wenige Betriebe liegen.

Mögliche Ursachen für die geringen Leistungsunterschiede: Zuchteffekt, Nährstoffverwertung, Rationszusammensetzung, Grobfutterqualität, Futteraufnahme und Pflanzenszusammensetzung. Auch passen viele Betriebsleiter wahrscheinlich die Kraftfuttermenge der Grobfutterqualität an. Trotzdem gibt der Vergleich Anlass dazu, die Fütterung hinsichtlich des Kraftfuttereinsatzes zu überprüfen.

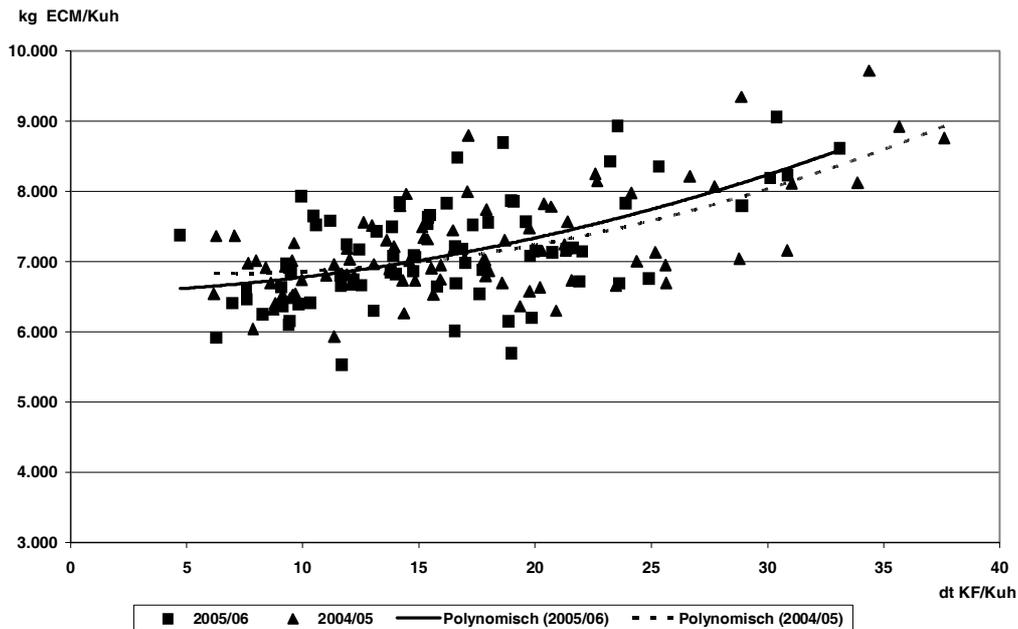


Abb.1: Kraftfuttermenge und Jahresmilchleistung im Vergleich

Zwischen Kraftfuttermenge und **Lebensleistung** war kaum ein Zusammenhang erkennbar (Abb. 2). Der Grund: Die niedrigere Jahresmilchleistung bei niedrigen Kraftfuttergaben wird durch die höhere Nutzungsdauer kompensiert.

Weidegang, Milchleistung und Gesundheit

Betriebe mit viel Weidegang erzeugen die Milch mit weniger Kraftfutter. Die **Jahresmilchleistung** fällt niedriger aus, die **Lebensleistung** ist im Mittel vergleichbar. Die **Zellgehalte** liegen bei viel Weidegang meist niedriger, trotz höherer **Nutzungsdauer** (siehe Anhang Tab. 1).

Milchharnstoffgehalte, Milchleistung und Gesundheit bei viel Weide

Hohe und auch niedrige Harnstoffgehalte können Leistung und Gesundheit beeinträchtigen (SPIEKERS UND POTTHAST, 2004). Unterschiede in den Milchharnstoffgehalten lassen sich vor allem durch die Fütterung erklären. Niedrige Harnstoffgehalte treten dort auf, wo Silomais im Mittel 10 % der Hauptfutterfläche ausmacht und hohe Harnstoffgehalte in Betrieben mit nur 4 % Silomais in der Hauptfutterfläche.

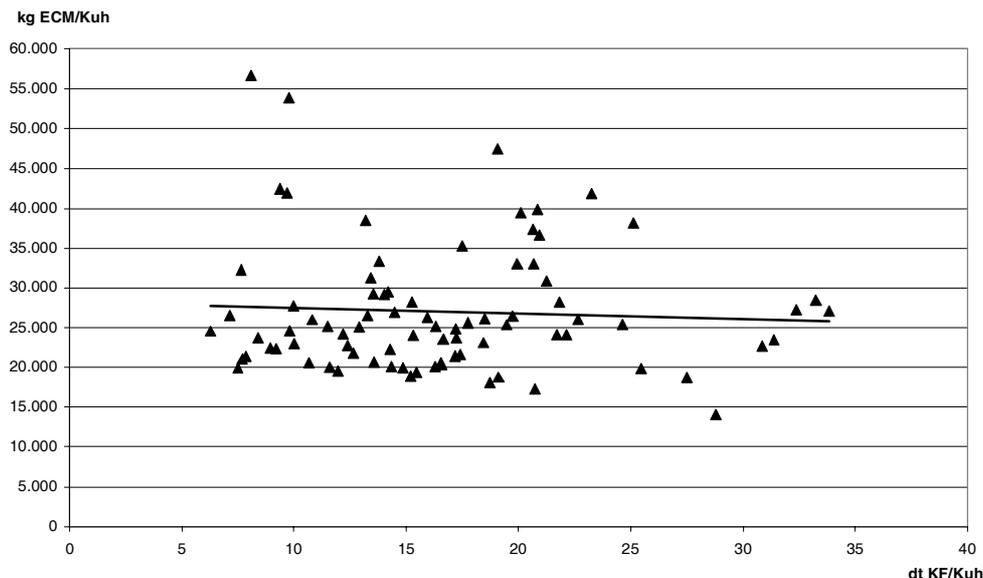


Abb. 2: Kraftfuttermenge und Lebensleistung im Vergleich 2005/2006

Ein Vergleich von Betrieben mit **vorwiegend Weidegang** im Sommer zeigt, dass die Unterschiede bei der Jahresmilchleistung sowohl bei häufig niedrigen als auch hohen Milchharnstoffgehalten im Vergleich zu ausgeglichenen Gehalten (weniger als 1 Monat unter 15 und weniger als 1 Monat über 30 mg Harnstoff/100 ml Milch) nur gering ausfallen. Dabei füttern Betriebe mit niedrigen Harnstoffgehalten deutlich weniger Kraftfutter und haben darüber hinaus eine höhere Lebensleistung infolge höherer Nutzungsdauer. Auf Marschböden liegen die Harnstoffgehalte besonders lange im hohen Bereich (im Mittel 105 Tage pro Jahr). Trotzdem werden gerade hier eine hohe Nutzungsdauer und eine hohe Lebensleistung erzielt (siehe Anhang Tabelle 2).

Die Zellgehalte fallen, auch altersbedingt, bei niedrigen Harnstoffgehalten etwas höher aus. Bei höheren Harnstoffgehalten fallen die Zellgehalte etwa gleich aus und das auch auf Marschböden, obwohl gerade hier die Kühe besonders alt werden.

Schlußfolgerung

Betriebe mit geringeren Kraftfuttermengen erzielen im Mittel eine etwas geringere Jahresmilchleistung, aufgrund der längeren Nutzungsdauer aber eine vergleichbare Lebensleistung. Die bisher ausgewerteten Betriebsdaten deuten bei viel Weidegang auf gesunde Kühe hin, selbst dann, wenn die Harnstoffwerte über einige Monate extrem niedrig oder extrem hoch ausfallen. Zum Ausdruck kommen hierin die guten Kompensationsmöglichkeiten von Kühen auf kurzfristig wirkende Änderungen.

Ausblick: Eine bessere Absicherung der Aussagen erfolgt durch eine mehrjährige Auswertung. Hier wird sich auch zeigen, wie sich beispielsweise Milchleistung und Tiergesundheit bei Veränderung der Kraftfuttermenge entwickeln.

Literatur

LEISEN, E., HEIMBERG, P. (2003): Milchleistung, Tiergesundheit und Fruchtbarkeit, Protein- und Energieversorgung auf Öko-Betrieben in NW-Deutschland. In: Freyer, B. (Hrsg.) Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 629 – 630.

SPIEKERS, H., POTTHAST, V. (2004): Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG-Verlag

Danksagung

Die Untersuchungen wurden durchgeführt mit finanzieller Unterstützung durch die beteiligten Landwirte, die Molkerei Söbbeke, das Land NRW und die EU.

Tabelle 1: Weideanteil und Milchleistung unterschieden nach Standort und Kraffutterniveau
Zeitraum: April 2004 - März 2006

Anzahl Betriebe	Standort	Kraffutterniveau (dt/Kuh)	Kraffutterniveau im Jahr (dt/Kuh)	Weideanteil im Sommer (% T-Aufnahme)	Milchleistung (kg ECM/Kuh)		Gesundheitsparameter Zellzahl (Anteil >250000)	Nutzungsdauer (in Jahren)
					Jahres-	Lebens-		
7	Mittelgebirge	unter 16 dt	12,0	31	6778	24237	25	3,6
			3,0	7	350	4983	11	0,8
6			11,3	73	6612	21454	28	3,2
			16	3,2	596	2544	7	0,3
10		über 16 dt	27,2	28	8188	22483	22	2,7
			6,6	11	883	5190	7	0,6
5			19,7	58	7098	25955	21	3,7
			1,9	9	632	4783	8	0,5
6	Niederung	unter 16 dt	13,9	30	7227	28134	30	3,9
			1,6	16	449	7596	4	1,0
19			10,5	63	6900	27689	27	4,0
			2,6	13	473	12285	8	1,8
16		über 16 dt	21,4	27	7477	27398	26	3,7
			3,6	10	842	7349	8	1,0
7			19,9	56	7071	28276	22	4,0
			4	8,4	401	10174	9	1,6

Anmerkungen:

Zahlenangaben: 1. Zeile: Mittelwert (fett), 2. Zeile: Standardabweichung
Marsch: überwiegend Weide im Sommer, deshalb keine Einteilung möglich

Tabelle 2: Milchwahnstoffgehalte und Milchleistung im Vergleich bei mindestens 50 % Weideanteil in der Sommerration
Zeitraum: April 2004 - März 2006

Anzahl Betriebe	Standorte	Harnstoffgehalte in Tankmilch (Tage pro Jahr)		Kraffutterniveau im Jahr (dt/Kuh)	Milchleistung (kg ECM/Kuh)		Nutzungsdauer (in Jahren)	Zellzahl Anteil >250000 (in %)
		< 15	> 30		Jahres-	Lebens-		
8	alle außer Marsch	106	6	12,7	7.022	27.478	3,9	30
		60	8	4,1	610	8.380	1,3	6
6	alle außer Marsch	8	15	16,9	6.975	23.103	3,3	22
		7	9	4,1	594	5.778	0,7	7
8	alle außer Marsch	8	72	16,1	6.870	23.935	3,5	23
		8	34	6,3	387	5.962	0,9	9
8	Marsch	4	105	13,7	6.789	29.525	4,3	24
		6	63	4,4	520	7.994	1,4	7

Anmerkungen: Zahlenangaben: 1. Zeile: Mittelwert (fett), 2. Zeile: Standardabweichung

Vollweide mit Winterkalbung – Erste Ergebnisse

P. Rauch, S. Steinberger und H. Spiekers

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürwächter-Platz 3, 85586 Poing-Grub

Einleitung und Problemstellung

Milchviehhalter stehen immer mehr unter Druck, kostengünstig Milch produzieren zu müssen. Futterkosten nehmen mit 45 % den größten Teil der Aufwendungen ein, eine Reduzierung dieser Kosten hat deshalb auch erhebliche Auswirkungen auf das wirtschaftliche Ergebnis (DORFNER, 2007).

Weide als günstiges Futter wird dadurch wieder interessant. Low-cost-Systeme, wie sie aus anderen Regionen bekannt sind, können daher bei passenden Rahmenbedingungen auch für entsprechend gelagerte bayerische Betriebe eine sinnvolle Alternative zur Hochleistungsstrategie sein.

Material und Methoden

Ausgehend von Projekten aus anderen europäischen Ländern wurde ein Konzept Vollweide mit Winterkalbung entwickelt, das die bayerischen Gegebenheiten berücksichtigt. Seit April 2006 werden 8 Praxisbetriebe aus Grünlandregionen Bayerns bei der Umsetzung des Konzepts begleitet sowie produktionstechnische und ökonomische Daten erhoben.

Konzept des Projekts (RAUCH *et al.*, 2006):

- Hilfestellung bei der Umsetzung der Winterkalbung von Dezember bis Februar
- Umstellung auf Vollweide im Kurzrasensystem, dazu wöchentliche Bestimmung der Aufwuchshöhe der Weidefläche
- Erhebung von produktionstechnischen und ökonomischen Daten
- Erarbeitung eines Beratungskonzeptes für Multiplikatoren und weitere interessierte Betriebe.

Ergebnisse und Diskussion

Alle Betriebe sind bis jetzt im Projekt verblieben und setzen das Konzept der Vollweide mit Winterkalbung unter Berücksichtigung einzelbetrieblicher Zielsetzungen um.

Grünlandnutzung

Im ersten Projektjahr konnten wichtige Erfahrungen in bezug auf die Grünlandbestände, die Weideführung und die Leistungsfähigkeit der Herden und Flächen gewonnen werden.

So zeigten sich auf den beweideten Flächen positive Veränderungen des Grünlandbestandes: Auf allen Betrieben hat sich die Grasnarbe verdichtet. Kräuter wie Hahnenfuß, Bärenklau und Ampfer sowie die frühen Obergräser wie Fuchsschwanz und Knaulgras wurden zurückgedrängt. Wichtig ist dabei der frühzeitige Beginn der Weide. Der optimale Termin richtet sich dabei nicht nach dem Kalender, sondern nach der Entwicklung der Pflanzen. So wurden im Jahr 2007 Flächen bereits ab dem 9. März mit Erfolg beweidet.

Die durch das nasse Frühjahr 2006 entstandenen Trittschäden waren im Herbst kaum noch erkennbar. Durch die großflächige Verteilung der Herden und das insgesamt ruhigere Herdenverhalten traten im allgemeinen weniger Trittschäden auf, als das bei einem Portionsweideverfahren zu erwarten gewesen wäre.

Eine erfolgreiche Weideführung setzt gerade im Frühjahr eine häufige Beobachtung der Fläche voraus, um die Weide immer entsprechend des Zuwachses zuzuteilen. Bewährt hat sich dabei das in diesem Jahr erprobte Raster zum Eintragen der gemessenen Aufwuchshöhen (Abb. 1). Durch die grafische Darstellung sind Veränderungen der Bestandshöhe schnell und sicher erkennbar und die erforderliche zeitnahe Reaktion beim Anpassen der Fläche wird erleichtert.

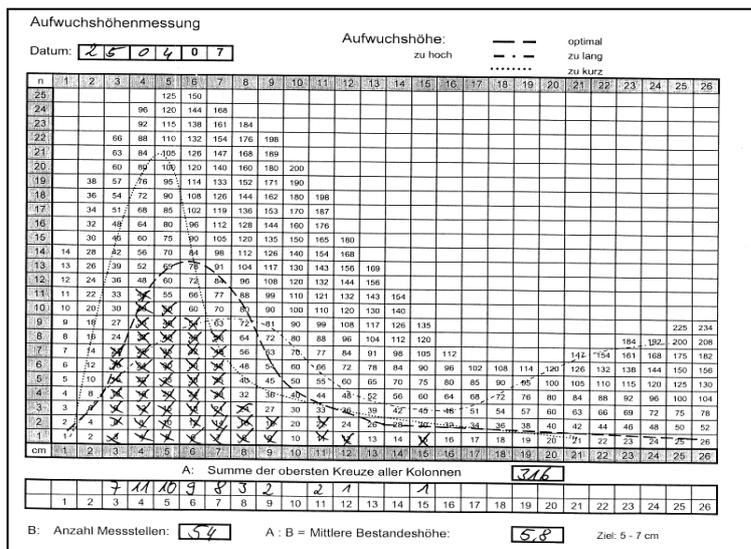


Abb. 1: Aufwuchshöhenraster nach THOMET et al. (1999), Beispiel für eine optimale Weidehöhe

Beifütterung

Eine konsequente Umsetzung der Vollweide, d.h. ein Verzicht auf Zufütterung von weiterem Grobfutter im Stall, hat sich bei den Betrieben zur Anwendung des Kurzrasensystems bewährt. Werden noch erhebliche Mengen an Grobfutter angeboten, sinkt die Futterraufnahme auf der Weide. Auch spielt die Gewöhnung der Tiere eine Rolle. Mit einer Zufütterung verringert sich die Zeit der Futtersuche auf der Weide und die Tiere warten vermehrt auf die Futtevorlage während der Stallzeiten. Auf den Praxisbetrieben wurde deshalb lediglich bei extremen Wetterlagen (Kälteeinbruch, Trockenheit) und damit zusammenhängendem Wachstumsstopp das Weidefutter teilweise mit konserviertem Futter ergänzt, sofern keine Ausweichfläche zur Verfügung stand.

Milchleistung

Die Milchleistung auf den Betrieben hat sich in den meisten Fällen auf dem Niveau vor der Umstellung gehalten. Der Zwang zur saisonalen Abkalbung hat sich auf allen Betrieben bestätigt. Da die Umstellung zur Saisonalität erst begonnen wurde, lag der Abkalbbezeitpunkt noch bei einem wesentlichen Teil der Kühe im Sommer. Eine Auswertung der Milchleistung in Abhängigkeit vom Abkalbbezeitpunkt zeigt deutlich, dass in dieser Gruppe weitaus geringere Leistungen und eine ungünstigere Laktationskurve erreicht wurden als bei den Vergleichstieren, die im Winter abkalbten (Abb. 2).

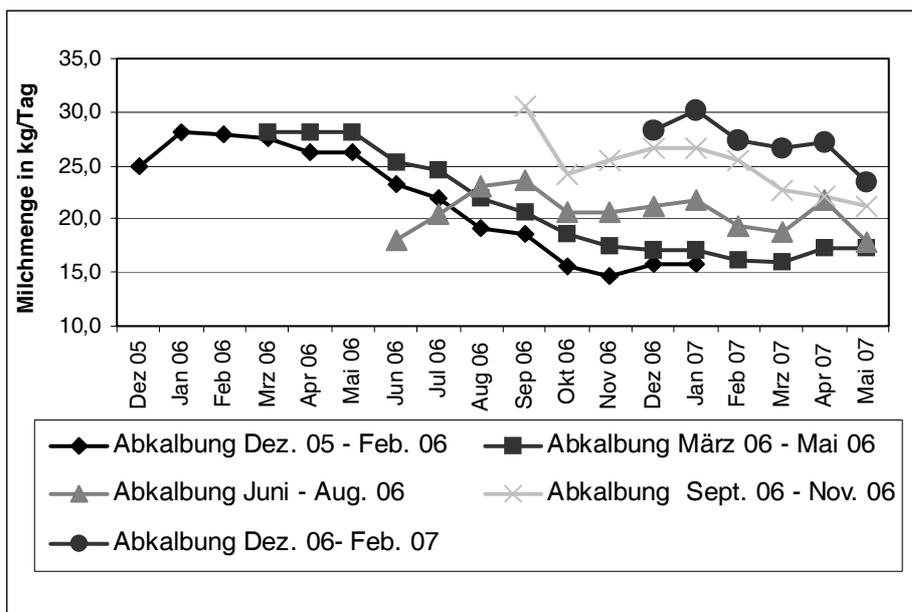


Abb. 2: Verlauf der Milchmenge (MLP-Ergebnisse) in Abhängigkeit vom Abkalbbezeitpunkt

Körperkondition

Die Frühjahrsabkalber, deren Milchmenge auf etwa gleichem Niveau war wie die der Gruppe der Winterkalber, reagierten auf die für Weide recht hohe Milchleistung mit einem erhöhten Körpersubstanzabbau. Auch bei einigen Kühen mit einer Abkalbung im Sommer und hohen Milchmengen ließ sich eine starke Einschmelzung von Körperfett auf Basis des BCS und der Rückenfettdickemessung beobachten (Abb. 3). Im allgemeinen glichen die Tiere das begrenzte Futterangebot auf der Weide mit einer niedrigeren Milchleistung aus.

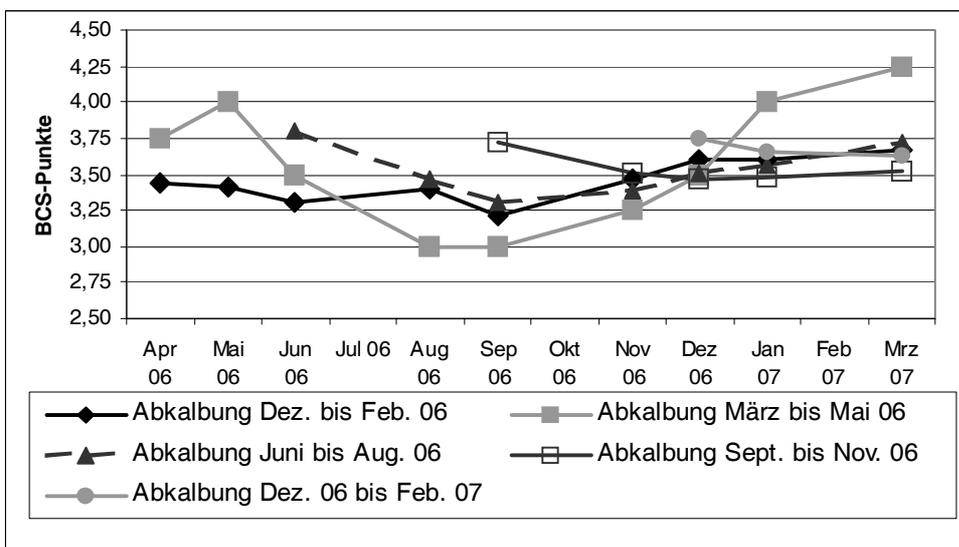


Abb. 3: Verlauf der Körperkonditionsbewertung in Abhängigkeit vom Abkalbbezeitpunkt

Schlussfolgerungen

Nach derzeitigem Stand haben sich die Überlegungen, den Abkalbezeitpunkt im Gegensatz zu typischen Weideländern wie Irland und Neuseeland auf die Monate Dezember bis Januar zu legen, bestätigt. So kann ab dem zweiten Laktationsdrittel kostengünstig Milch nur aus Gras erzeugt werden, während durch die Ausfütterung des ersten Laktationsdrittels den höheren Festkosten und der bestehenden Genetik Rechnung getragen wird.

Eine regelmäßige Begleitung bei der Umstellung hat sich im ersten Projektjahr als notwendig erwiesen, da gerade die Weideführung ein starkes Umdenken erfordert.

Weitere Aufgaben für die nächsten Projektjahre werden die ökonomische Betrachtung des Systems und eine grobe Erfassung der Futtermengen im Jahresverlauf sein, um Rückschlüsse auf die Futteraufnahme auf der Weide ziehen zu können.

Literatur

DORFNER, G. (2007): Milchproduktion im Jahr 2020 – lohnt es sich, dabei zu sein? Strategien zur Stärkung einer nachhaltigen und wettbewerbsfähigen Landbewirtschaftung in Bayern – Landwirtschaft 2020 – Teil 1: Milcherzeugung. LfL-Schriftenreihe 5, 41-71

RAUCH, P., STEINBERGER S., SPIEKERS, H. (2006): Projekt Vollweide bei Winterkalbung. Die Zukunft von Praxis und Forschung in Grünland und Futterbau – 50. Jahrestagung der AGGF: LfL-Schriftenreihe 17, 59-62

THOMET, P., HADORN, M., JANS, F., TROXLER, J., PERLER, O., MEILI, E. (1999): Kurzrasenweide – Intensivstandweide, Merkblatt 1b. 2. Auflage, Hrsg: Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaus (AGFF)

Leguminosenbasierte Weiden in extensiver Bewirtschaftung für die Wiederkäuerfütterung

U. Sölter und J. M. Greef

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

Einleitung und Problemstellung

Die herkömmlich angesäten Weißklee-Grasweiden bringen trotz qualitativer Vorteile (hoher Futterwert und Verdaulichkeit) eine Anzahl von Managementproblemen mit sich (PARSONS & CHAPMAN, 2000). Aufgrund des unterschiedlichen Wachstums von Weißklee und Gras ist die optimale Balance im Futter während des Sommers schwer zu kalkulieren. Desweiteren hat die nachgewiesene positive Weißkleeselektion der Weidetiere einen Einfluss auf die Persistenz des Klees und auf das Gras-Klee-Verhältnis (RIDOUT & ROBSON, 1991; MATCHES, 1992; CHAPMAN *et al.*, 1996). Alternative Leguminosenarten, die bei gleich hohem Futterwert

und Futteraufnahmen wie denen des Weißkleees ein einfacheres Weidemanagement ermöglichen, sind hier gefragt.

Material und Methoden

Hornklee (*Lotus corniculatus L.*, cv. Leo) und Rotklee (*Trifolium pratense L.*, cv. Temara) wurden als alternative Leguminosen für die Weidewirtschaft im Vergleich zu der herkömmlich eingesetzten Leguminose Weißklee (*T. repens L.*, cv. Lirepa) in dreifacher Wiederholung angebaut. Die Leguminosen wurden mit der GII-Grasmischung (*Lolium perenne L.*, *Festuca pratensis L.*, *Phleum pratense L.*, *Poa pratensis L.*) angesät. Die Standweiden wurden von weiblichen nichttragenden Jungrindern der Rasse Schwarzbunte und Holstein-Friesian mit einem mittleren Alter von 360 Tagen und einem mittleren Gewicht von 340 kg zum Weideauftrieb beweidet. Die mittlere Besatzstärke auf den Parzellen betrug 2,5 GV ha⁻¹. In der Weideperiode 2004 (Mai bis Oktober) wurden an drei Terminen rektale Kotproben von neun Tieren pro Variante genommen. Anhand dieser Kotproben wurden die Verdaulichkeit (Digestible Organic Matter, DOM) und der Energiegehalt des aufgenommenen Futters mit der Kot-Stickstoff-Methode nach SCHMIDT ET AL. (1999) geschätzt. Die Futteraufnahme wurde mit der Formel nach BAKER (1982) berechnet. In diese Formel gehen die Parameter Energiegehalt des aufgenommenen Futters und die Einzeltierleistung, wie sie von der GFE (2001) angegeben wird, ein. Außerdem wurden alle 4 Wochen Pflanzenproben für die chemische Analyse genommen, um die Verdaulichkeit (enzymlösliche organische Substanz, ELOS) des angebotenen Futters nach DE BOEVER (1988), berechnen zu können. Als Pflegemaßnahme wurden Mitte Juli 2004 alle Parzellen gemäht, um überständiges Futter zu entsorgen und einen Nachwuchs zu ermöglichen.

Die Varianzanalyse erfolgte mit der GLM-Prozedur (SAS INSTITUTE INCORPORATION, 2004) wobei die Mittelwertvergleiche zur Prüfung der alternativen Weiden Rotklee und Hornklee gegenüber der Standardweide Weißklee mit dem Tukey-Test durchgeführt wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Im Verlauf der Weideperiode 2004 sank die Verdaulichkeit des angebotenen Futters bis zum Pflegeschnitt Mitte Juli sowie in dem Zeitraum danach ab, während die Verdaulichkeit des aufgenommenen Futters konstant blieb (Abb. 1). Dies kann mit einem selektiven Fressverhalten der Tiere erklärt werden, bei der niedrigen Besatzstärke hatten die Tiere genügend Weidefläche zur Auswahl. Die Unterschiede in der Verdaulichkeit des angebotenen und aufgenommenen Futters waren zwischen den Weidevarianten gering.

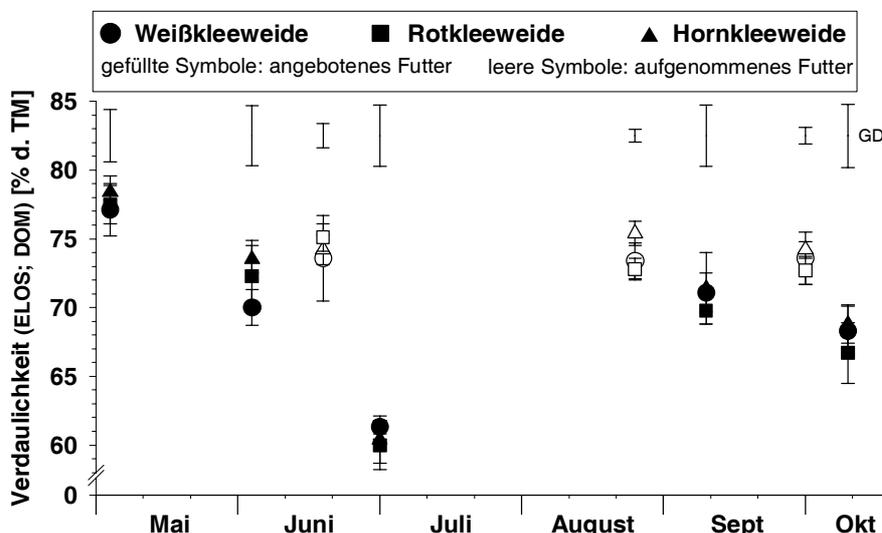


Abb. 1: Verdaulichkeit des angebotenen (ELOS) und aufgenommenen (DOM) Futters (Mittel von jeweils 9 Werten, ± Standardabweichung) der Weißklee-, Rotklee- und Hornkleeeweide, Grenzdifferenz (GD) bei P<0,05.

Die Tiere auf der Weißklee- und Hornklee-Weide erreichten höhere Futteraufnahmen, welche auf einem relativ konstanten Niveau von mittleren $7,5 \text{ kg TM d}^{-1}$ lagen, im Vergleich zu der Rotklee-Weide (Abb. 2). Die Futteraufnahmen stimmen mit den Angaben der GFE (2001) für Rinder mit dem entsprechenden Alter und Gewicht überein, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass die verwendeten Methoden und Berechnungen anwendbar sind.

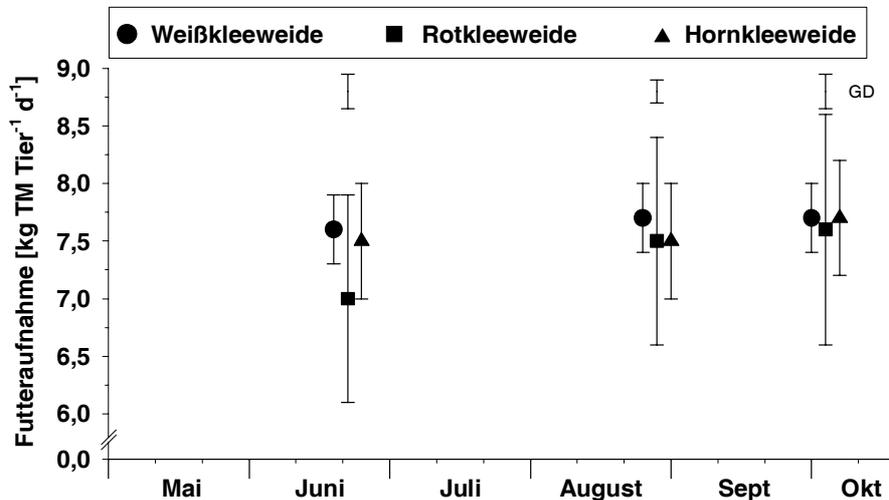


Abb. 2: Futteraufnahmen der Wiedertiere (Mittel von jeweils 9 Tieren, \pm Standardabweichung) auf der Weißklee-, Rotklee- und Hornklee-Weide, Grenzdifferenz (GD) bei $P < 0,05$.

Schlussfolgerungen

Hinsichtlich der Verdaulichkeit unterschieden sich die Weidevarianten nur geringfügig von einander. Die Ergebnisse der Futteraufnahmeschätzung zeigten, dass die Rinder auf der Hornklee-Weide tendenziell vergleichbare Aufnahmen erreichten wie auf der Weißklee-Weide. So kann aus der vorliegenden Untersuchung abgeleitet werden, dass der Hornklee in der Weidewirtschaft unter extensiven Bedingungen eine Alternative zum Weißklee darstellt.

Literatur

- BAKER R.D., 1982: Estimating herbage intake from animal performance. In: Leaver L.D. (Hrsg.): Herbage Intake Handbook. British Grassland Society, Hurley, Maidenhead, Berkshire, 77-94
- CHAPMAN D.F., PARSONS A.J. UND SCHWINNING S., 1996: Management of clover in grazed pastures: expectations, limitations and opportunities. White clover: New Zealand's competitive edge. Joint symposium, Lincoln University, New Zealand, 1995, 55-64
- GFE, 2001: Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. DLG-Verlag Frankfurt am Main, 25-30
- MATCHES A.G., 1992: Plant response to grazing – a review. Journal of Production Agriculture, 5, (1), 1-7
- PARSONS A.J. und CHAPMAN D.F., 2000: The Principles of pasture growth and utilization. In: Hopkins A. (Hrsg.) Grass: Its Production and Utilization. British Grassland Society, Blackwell, London, 31-89
- RIDOUT M.S. und ROBSON M.J. 1991: Diet composition of sheep grazing grass: white clover sward: a re-evaluation, New Zealand Journal of Agricultural Research, 34, 89-93

SAS Institute Incorporation, 2004: SAS 9.1.2. Cary, NC; SAS Institute Incorporation

SCHMIDT L., WEIßBACH F., HOPPE T. UND KUHLA S., 1999: Untersuchungen zur Verwendung der Kotstickstoffmethode für die Schätzung des energetischen Futterwertes von Weidegras und zum Nachweis der selektiven Futterraufnahme auf der Weide. In: Landbauforschung Völkenrode, 3, 123-135

DE BOEVER J.L., COTTYN B.G., ANDRIES J.I., BUYSSSE F.X. UND VANACKER J.M., 1988: The use of a cellulase technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of forages. Animal Feed Science and Technology, 19, 247-260

Ein Experiment zur Prüfung verschiedener Gräser als Hühnerweide

R. Bockholt und L. Dittmann

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

Einleitung und Problemstellung

Die Hühnerweide spielt in ökologisch wirtschaftenden Landwirtschaftsbetrieben mit Hühnerhaltung und in der individuellen Hühnerhaltung eine große Rolle (LANGE, 2004, 2006). Fragen zur zweckmäßigen Zusammenstellung von Grasmischungen als Hühnerrasen konnten die Autoren bisher nicht, Empfehlungen zur Organisation der Hühnerweide ohne eigene Erfahrungen auf der Grundlage älterer Literatur beantworten. Es bestand der Wunsch, im Zusammenhang mit der Lehre für Studenten eigene Untersuchungen zu diesem Thema durchzuführen, um mit konkreten Schätz- und Messwerten argumentieren zu können. Gleichzeitig sollte die interessante Zwerg - Rohrschwingelsorte „Tomahawk“, die in unserer Demonstrationsanlage für Rasengräser durch ihre Zwergform und Geschlossenheit der Grasnarbe beeindruckt hatte, im Gegensatz zu gegenwärtig üblichen Rasenmischungen mit Dominanz von Deutschem Weidelgras geprüft werden. Eine theoretisch weniger geeignete Rasensorte (Horstrotschwingel) sollte außerdem zum Vergleich herangezogen werden. Nach Bereitstellung eines tragbaren und auf der Weide mit 4 Personen versetzbaren Hühnerstalls ohne Boden und Bereitstellung der üblichen Weidekäfige, in denen die Hühner zeitlich und räumlich begrenzt gehalten werden konnten, wurde der Versuch von Juni bis November 2005 in der Versuchsstation Rostock durchgeführt.

Material und Methoden

- Ansaat von 4 Rasensorten bzw. Mischungen im Spätsommer 2004: Ansaat 1: Kleintierrasenmischung der DSV, 5 Grasarten, 2 Kleearten, Dominanz von Deutschem Weidelgras „Lilora“, Ansaat 2: Gebrauchs - Rasenmischung „Berliner Tiergarten“ der Firma Flora Frey, 4 Grasarten, Dominanz von Deutschem Weidelgras „L.NUI“, Ansaat 3: Rohrschwingel „Tomahawk“, Ansaat 4: Horstrotschwingel „Roland 21“
- Umtriebsweide mit wöchentlichem Wechsel der Flächen von Juni bis November nach wöchentlichem Rasenschnitt in Höhe von 5 bis 6cm

- Besatzdichte: 3 Hühner /m² und Woche mit Fütterung (Hühnerstall, 6 m²) von Legehennenalleinfutter, 2 Hühner /m² und Woche mit Fütterung von Legehennenalleinfutter (Hühnerstall, 6 m²), 2 Hühner /m² und Woche ohne Zufütterung (Weidekäfige, 2 m²)
- Wöchentliche Bonitur der Lückenanteile durch Schätzung, Fotografie und Bildanalyse mit dem Computer – Programm Arc View
- Höhenmessungen der Grasnarbe auf geschädigten und ungeschädigten Teilflächen mit einem Plattenmessgerät (Messteller)

Ergebnisse und Diskussion

Da im ökologischen Landbau bei ununterbrochener Haltung 4 Hühner je m² Grundfläche erlaubt sind, erscheint die gewählte Besatzdichte bei Umtriebsweide von 2 bis 3 Hühnern je m² und Woche relativ gering. Eine solche Einschätzung erweist sich aber als Irrtum. Umtriebsweide mit 2-3 Hühnern je m² und Woche führt bereits zu einer beachtlichen Schädigung der Rasenflächen. Nach dem Umtrieb braun erscheinende Flächenanteile, die als Lücken bonitiert worden sind, ergeben sich bei 2 bis 3 Hühnern je m² und Woche bereits in einer beachtlichen Größenordnung von 60 bis 95 % (Abb. 1) , wobei die Mittelwerte der Lücken innerhalb dieser Spanne von der Grasart, vom Weidemonat und von der Besatzdichte abhängen. Intensives Verpicken der Rasengräser auf 0,5-1 cm Messhöhe findet bei allen Grasarten in gleicher Höhe statt. Mit der angewendeten Messtechnik (Messteller mit 0,5 cm –Skala) sind keine Unterschiede zwischen den Grasarten feststellbar.

Auf den unmittelbar nach Abtrieb zunächst braun erscheinenden Teilflächen wurden durch Messung Höhenunterschiede zur Geländeoberfläche zwischen Minus – Bereichen und 1cm Pflanzenhöhe festgestellt, wobei es zwischen den Grasarten keine mit unserer Messtechnik (Skala von 0,5 cm) erfassbaren Differenzen gab. Dagegen haben wir mit denselben Messgeräten zum Beispiel nach einer radikalen Beweidung mit Schafen noch 3 cm Pflanzenhöhe gemessen. Auf nach der Beweidung noch grün und ungeschädigt erscheinenden Teilflächen wurden nach der Beweidung mit Hühnern Höhendifferenzen zur Erdoberfläche zwischen 5 cm und 6 cm, entsprechend der ursprünglichen Höhe des Rasens vor Beginn der Beweidung gemessen. Lückenanteile mit Messhöhen von 0,5 bis 1 cm Höhe ohne grüne Blätter, die den größeren Teil innerhalb der als Lücken bonitierten Teilflächen ausmachen, können bei Deutschem Weidelgras und Rohrschwingel nach etwa 3 Monaten Schonzeit wieder vollständig regenerieren.

Im Vergleich der geprüften Grasarten (Abb. 2) hat der Rohrschwingel „Tomahawk“ geringe Vorteile gegenüber den auf Platz 2 und 3 rangierenden Sorten des Deutschen Weidelgrases, indem er unmittelbar nach der Beweidung 3% und im Gesamtmittel 8 bis 9% weniger Lücken aufweist und genauso schnell regeneriert wie die in den Rasenmischungen meist dominierenden Deutschen Weidelgräser. Dagegen weist Horstrotschwingel „Roland 21“ unmittelbar nach der Beweidung 7% höhere Lückenanteile und im Gesamtmittel 11% höhere Lückenanteile auf als die Deutschen Weidelgräser und ist deshalb eindeutig schlechter für Hühnerrasen geeignet. Horstrotschwingel regeneriert auch langsamer als Deutsches Weidelgras und Rohrschwingel. 30% Restlücken, die nach 4 Wochen Schonzeit in ähnlicher Höhe wie bei Rohrschwingel und Deutschem Weidelgras festgestellt wurden, bewachsen sich selbst nach einer Schonzeit von 3 Monaten noch nicht. Vom gesamten Lückenanteil in Höhe von 60 bis 90% bleiben mindestens 5 bis 10 % dauerhafte Lücken bestehen, auf denen das Plattenmessgerät unmittelbar nach der Beweidung keine Höhendifferenz anzeigt oder wo mit dem Zollstock sogar negative Höhendifferenzen gemessen werden und wo klar sichtbar Triebe und Wurzeln vollkommen vernichtet sind. Es handelt sich hierbei um Scharr- bzw. Kratzstellen in der Nähe der Futterplätze und um von den Hühnern geschaffene Sandbäder. In diesen dauerhaft verbleibenden Lücken siedeln sich später bei Schonung der

Flächen und Einebnung der Löcher nur noch bodenständige Arten an. Im Falle unseres Experimentes auf lehmigem Sandboden handelte es sich hauptsächlich um Spitzwegerich, Herbstlöwenzahn, Vogelmiere, Jährige Rispe und Wolliges Honiggras.

Die durch Hühner- Umtriebsweide geschädigten Teilflächen können nicht, wie wir es von Rinder- oder Schafweiden gewohnt sind, schon nach einem Monat erneut beweidet werden, wenn der Rasen dauerhaft erhalten werden soll. Bei monatlichem Umtrieb würde bereits vor der vollständigen Erholung der Grasnarbe eine erneute Schädigung eintreten und die kurzfristige Wiederholung der Rasenansaat notwendig werden.

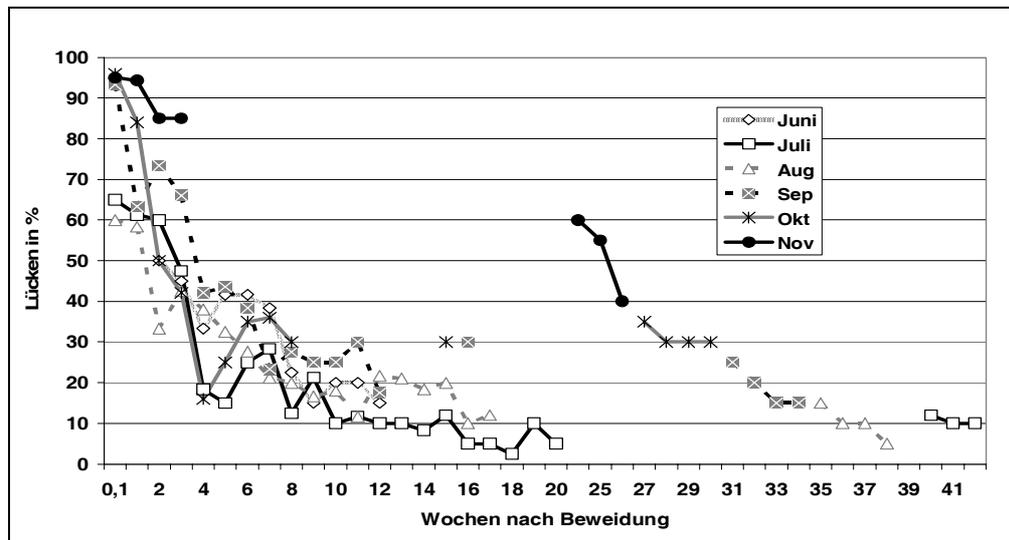


Abb. 1: Reduzierung des Lückenanteils in Abhängigkeit vom Weidemonat und der Regenerationszeit für die Grasnarbe

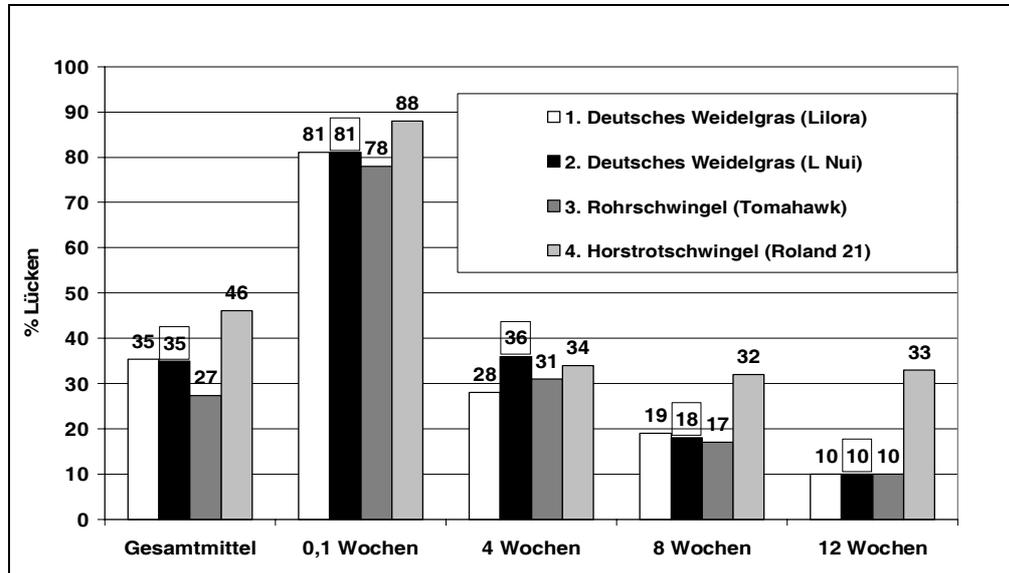


Abb. 2: Mittelwerte des Lückenanteils in Abhängigkeit von dominierender Grasart und Wochen Regenerationszeit nach der Beweidung

Mit der am Computer (Programm ArcView 3.2a, Abb.3) vollzogenen Bildanalyse wurden in der Tendenz dieselben Lücken-Relationen festgestellt. Für die bildanalytische Auswertung von Farbfotos ist die 2m² - Bodenfläche unter den Weidekäfigen besser geeignet, für die räumliche Verteilung der Lücken der Weidestall mit 6m² Grundfläche und Fütterung besser geeignet.

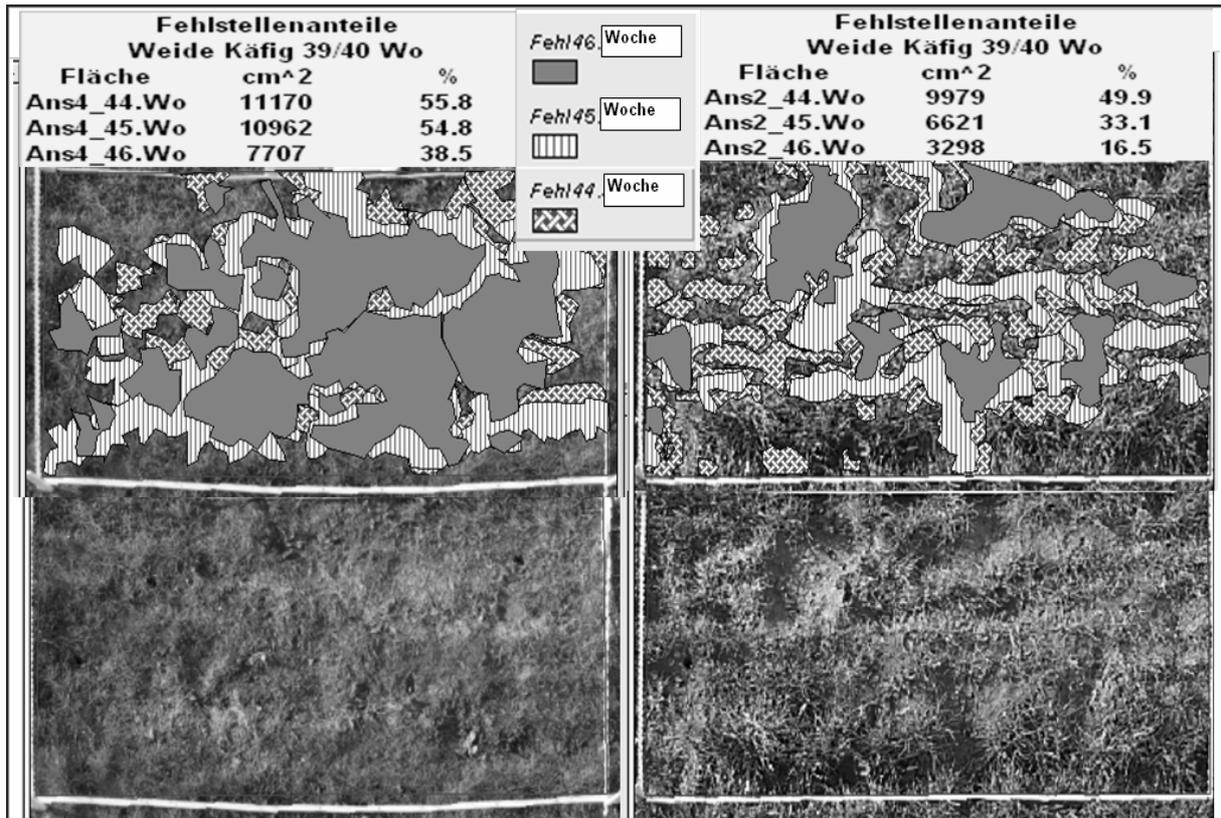


Abb. 3: Lückenanalyse mit dem GIS ArcView im Vergleich von Ansaat 4 (Horstrotschwengel) und Ansaat 2 (Deutsches Weidelgras) - Erholung der Narbe nach 4, 5 und 6 Wochen

Schlussfolgerungen

- Die Zwerg-Rohrschwengelsorte „Tomahawk“ eignet sich ebenso wie Deutsches Weidelgras sehr gut zur Ansaat von Hühnerweiderasen und übersteht das intensive Verpicken sogar geringfügig besser als Deutsches Weidelgras. Horstrotschwengel eignet sich auf Grund schlechterer Regeneration der Grasnarbe nicht für Hühnerrasen.
- Durch intensives Verpicken auf 0,5 -1 cm Messhöhe geschädigte Pflanzen regenerieren erst nach 3 Wachstumsmonaten Schonzeit in vollem Flächenumfang. Deshalb erholen sich die Grasnarben, die im Winter (ab Monat November) beweidet werden, bei Schonung der Flächen erst nach 8 bis 9 Monaten im nächsten Jahr.
- Für die dauerhafte Erhaltung des Rasens sind bei einer Besatzdichte von 2 bis 3 Hühnern je m² und Woche 3 Wachstumsmonate Schonzeit oder noch geringere Besatzdichten notwendig.
- Es verbleiben 5-10% (bei Rotschwengel 30%) Dauerlücken in Folge von vollständigem Herauskratzen von Trieben und Wurzeln an Futterstellen.
- Auf Grund des farblich kontrastreichen Schädigungsbildes (braun und grün) nach dem Verpicken eignet sich die am Computer mögliche aber sehr aufwändige Bildanalyse von Farbfotos zur späteren Beweisaufnahme von Schädigung und Regeneration der Gräser.

Literatur

LANGE, TH., 2004, 2007: Optimierung von Legehennenausläufen im alternativen Bereich; *Bachelor – Arbeit*, Mobilställe für Legehennen, Einsatzbereiche, Besonderheiten, Problemzonen; *Master - Arbeit*, Universität Rostock

Aktionsbereiche von Heckrindern und Konikpferden im System der halboffenen Weidelandschaft (NSG Güstrow-Bockhorst) sowie Tendenzen von Nährstofftransfer und Vegetationswandel

L. Dittmann*, M. Dietze** und R. Bockholt*

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät* und
Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern **

Einleitung und Problemstellung

Auf 209 Rasterflächen (50 x 50 m) wurden in dem von Heckrindern und Konikpferden ganzjährig beweideten NSG Güstrow-Bockhorst in den Jahren 2004/2005 vegetationskundliche und ethologische Untersuchungen durchgeführt, Futter- und Kotproben regelmäßig entnommen sowie die Bestandeshöhen 14-tägig im Jahresverlauf erfasst (DIETZE et al., 2006). An Hand dieser räumlich und zeitlich differenzierten Daten werden der Nährstofftransfer im Gebiet beurteilt und Vegetationsveränderungen begründet.

Material und Methoden

Eine Datenbank enthält alle Beobachtungs- und Messwerte, die den 209 Rastern mit Geokoordinaten zugeordnet wurden. Flächenbezogene Auswertungen erfolgten mit dem GIS ArcView 3.2a, alle weiteren mit Hilfe von Pivot-Tabellen in MS-EXCEL.

Ergebnisse und Diskussion

Vorausgegangene pflanzensoziologische Untersuchungen, die zur Abgrenzung von 9 Dominanzgesellschaften führten, sowie der Vergleich mit der Vegetation an ökologisch interessanten Aufnahmepunkten aus dem Jahre 1996 (DITTMANN et al., 2006) brachten folgende Ergebnisse: Anstieg der Nitrogenzahl nach Ellenberg; Verdrängung der Borstgrasrasen und Ausbreitung von Landreitgras und Ackerkratzdistel. Die Artenvielfalt verringerte sich geringfügig (Tab. 1).

Tab. 1: Anzeichen des Vegetationswandels

		Vergleich der Artenanzahl				
		Artenliste gesamt	Arten 1996 gefunden	Arten 2005 gefunden	Arten 1996 nicht entdeckt	Arten 2005 nicht entdeckt
Rote Liste 1	vom Verschwinden bedroht	2	1	1	1	1
Rote Liste 2	stark gefährdet	23	21	20	2	3
Rote Liste 3	gefährdet	38	35	32	3	6
Stussgräser		39	35	34	4	5
Sauergräser		25	23	17	2	8
Kräuter		165	143	134	22	31
Leguminosen		17	16	11	1	6
Holzgewächse		9	9	9	0	0
alle Arten		255	226	205	29	50

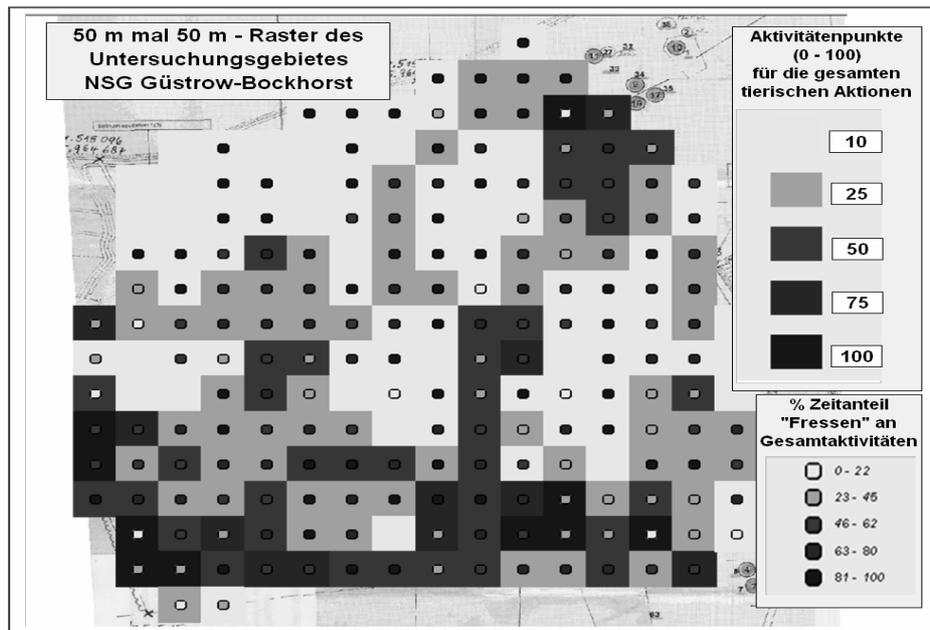


Abb. 1: Territoriale Verteilung der Aktionsbereiche der Tiere

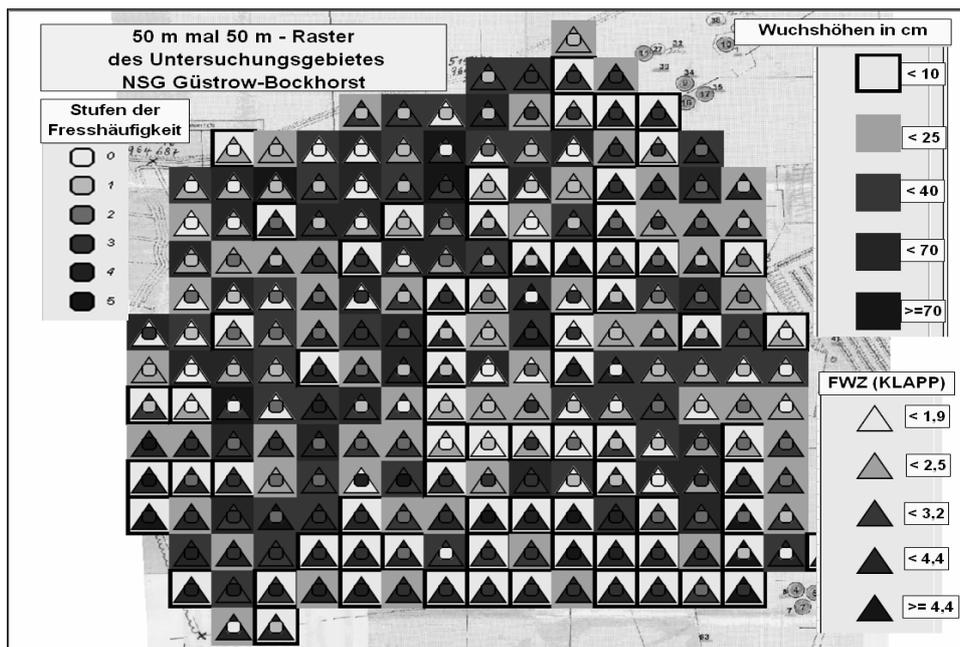


Abb. 2: Wuchshöhen im Sommer, FWZ sowie Fresshäufigkeiten der Tiere

An Hand der Abb. 1 und 2 kann eine selektive Nutzung des Geländes durch die Wiedertiere nachgewiesen werden, die wiederum Ursache für Nährstoffabgang bzw. -zugang in bestimmten Geländeteilen ist.

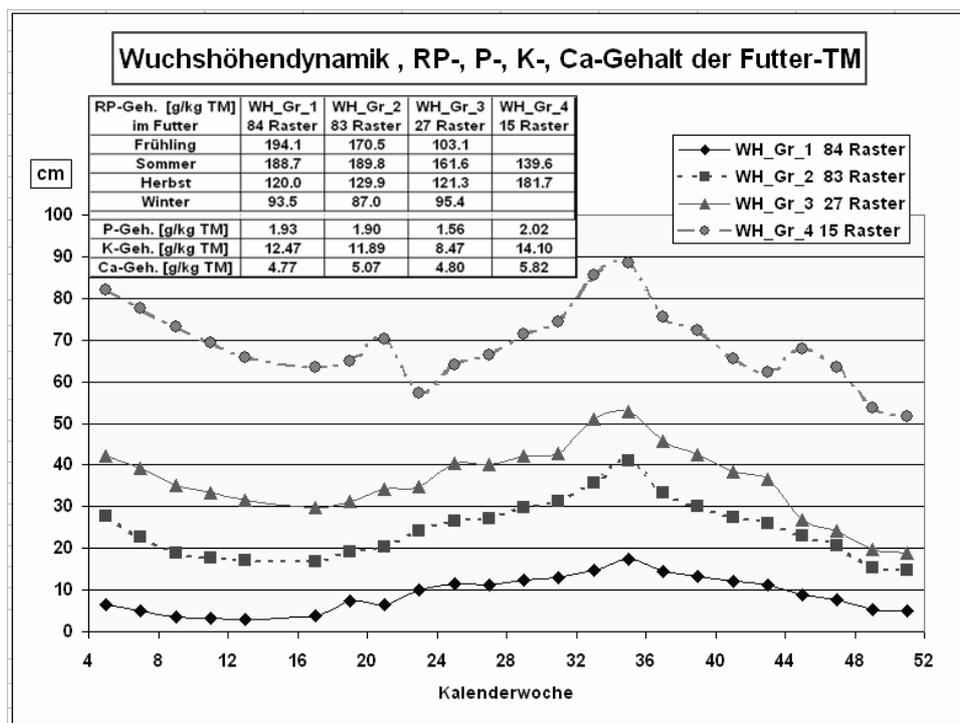


Abb. 3: Wuchshöhenkurven und differenzierte Nährstoffgehalte des Futters

Jahreszeitlich wechselnde Bestandeshöhen und somit Futtermengen sowie die in Futter- und Kotproben differenziert nachgewiesenen Nährstoffgehalte (Abb. 3) ermöglichen eine Beurteilung des Nährstofftransfers im Gelände. Aus Tab. 2 können diesbezüglich zusammengestellte Daten entnommen werden. Die Zeitanteile der Tieraktivitäten konnten

nur in Stichprobenbeobachtungen festgehalten werden, berechtigen aber zur Schätzung von möglichen Bereichsgrenzen des Nährstofftransfers im NSG.

Mit Hilfe einer Kombination der Punkteskala von Tieraktivitätsgraden (s. Abb.1) mit den Stufen der Fresshäufigkeit (s. Abb. 2) konnten die Rasterflächen Bereichen des Nährstoffzugangs (höherer Anteil von Tieraufenthalt ohne Fressen) bzw. –abgangs (höherer Anteil der Fressaktivität) zugeordnet werden. Geringere Wuchshöhen, höhere Futterwertzahlen, höherer Kräuter- und Leguminosenanteil am Pflanzenartenbestand korrelieren mit höherem Fressanteil an tierischen Aktivitäten. Der mittlere Tierbesatz von 0.32 GV/ha wurde differenziert nach vier Aktivitätsbereichen (Tab. 2) so aufgeteilt, dass er als flächengewogenes Mittel erhalten bleibt, aber ein unterschiedliches Kotten-Fressen-Verhältnis proportional zu den Ergebnissen der Tierbeobachtungen beschreibt. Unter Berücksichtigung dieser Unterstellungen lassen sich Nährstofftransfers, wie in Tab. 2 unten in zwei Varianten dargestellt, kalkulieren. Es werden maximal 50 kg N/ha im Jahr auf trockene höher gelegene Flächen mit schlechterer Futterqualität umverteilt. Auf den sehr nassen Bereichen mit Wuchshöhen über 60 cm fressen die Tiere nicht. Eine Eutrophierung findet aber dennoch statt, weil Wurzeln Nährstoffe aus der Tiefe hoch bringen und von absterbenden Pflanzenteilen Nährstoffe in die oberen Schichten zurückgelangen. Es findet Nährstoffanreicherung in Weidegebieten mit geringem Tierbesatz statt.

Tab. 2: Beurteilungskennwerte für den Nährstofftransfer

Aufteilung der Fläche in Aktionsbereiche		wenige Aktivitäten der Tiere		viele Aktivitäten der Tiere	
		geringer Fressanteil	hoher Fressanteil	geringer Fressanteil	hoher Fressanteil
Nährstofftransfer		plus	minus	plus	minus
Anzahl der Flächenraster		46	105	20	38
Fläche (ha)		11.5	26.25	5	9.5
Wuchshöhe_Sommer (cm)		29	24	21	13
Futterwertzahl		2.5	2.8	3.1	3.4
Feuchtezahl		6.8	6.6	6.0	5.9
Anzahl Pflanzenarten		17.9	18.0	19.3	19.9
Kräuter_Legum_anteil%		52.6	52.2	54.9	61.5
RP im Futter (g/kgTM)		162.3	131.4	144.0	139.2
RP im Kot (g/kgTM)		112.6	104.6	114.7	103.1
P im Futter g/Tg		23.9	47.0	84.6	162.2
P im Kot g/Tg		88.7	49.6	376.6	168.9
K im Futter g/Tg		158.7	280.6	590.3	1050.7
K im Kot g/Tg		196.1	102.7	772.5	321.7
Ca im Futter g/Tg		55.6	129.9	222.1	438.5
Ca im Kot g/Tag		240.3	130.2	989.0	514.9
geschätzter Nährstofftransfer					
Variante A	Tiere fressen GV/ha	0.13	0.13	0.80	0.80
	Tiere koten GV/ha	0.20	0.10	1.20	0.64
	N Diff.(Kot-Futter) kg/a*ha	0.60	-4.35	15.75	-31.82
	P Diff.(Kot-Futter) kg/a*ha	2.11	0.70	15.41	4.43
	K Diff.(Kot-Futter) kg/a*ha	-0.58	-2.52	-0.86	-21.97
	Ca Diff.(Kot-Futter) kg/a*ha	6.17	1.70	40.46	15.79
Variante B	Tiere fressen GV/ha	0.10	0.10	0.90	0.90
	Tiere koten GV/ha	0.20	0.05	1.80	0.45
	N Diff.(Kot-Futter) kg/a*ha	3.68	-4.62	44.91	-46.08
	P Diff.(Kot-Futter) kg/a*ha	2.06	0.04	21.32	0.26
	K Diff.(Kot-Futter) kg/a*ha	1.19	-2.47	13.30	-28.01
	Ca Diff.(Kot-Futter) kg/a*ha	5.86	0.00	55.98	2.93

Schlussfolgerungen

Über einen größeren Zeithorizont ist bei einer geringen Besatzdichte von 0,3 bis 0,4 GV/ha ein Wechsel von Fress- und Kotflächen und ein Einpegeln des Nährstoffausgleichs zu erwarten, was aber durch weiterführende Untersuchungen zu stützen wäre. Parallel dazu findet ein der Nährstoffsituation angepasster Wechsel der Pflanzenarten statt, wobei die

differenzierte Bodenfeuchtesituation (feucht bis nass in der „Deip Wisch“ und trocken bis frisch auf dem „Hohen Bockhorst“) hierfür ein dominierender Faktor bleibt.

Literatur

DIETZE, M.; DITTMANN, L. ; BOCKHOLT, R. (2006) Die Dynamik der Futtermittelvorräte im System der „halboffenen Weidelandschaft“ unter Berücksichtigung der dominanten Pflanzenarten und der selektiven Beweidung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 18, 28-29

DITTMANN, L.; BOCKHOLT, R. (2006): Vergleich der botanischen Vielfalt nach 10-jähriger Offenhaltung und teilweiser Beweidung im NSG Güstrow-Bockhorst. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 18, 26-27

Dynamik der nach verschiedenen Methoden ermittelten Nährstoffgehalte von Weidefutter für Rinder und Pferde bei ganzjähriger Beweidung in einem Naturschutzgebiet

M. Dietze, A. Franke, L. Dittmann und R. Bockholt

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

Einleitung und Problemstellung

Das Leitbild „halboffenen Weidelandschaft“ definiert REISINGER (1999) als „Offenhaltung der Landschaft durch naturnahe, ganzjährige Beweidung zur Sicherung natürlicher Prozesse in Anwesenheit von wirtschaftlich nutzbaren, großen Herbivoren“. Das Ziel dieser Methode des Offenlandmanagements ist Artenreichtum durch stochastische und dynamische Prozesse. Als wissenschaftliche Grundlage dient dem Prozessschutz das „Mosaik-Zyklus-Konzept“ (REMMERT, 1991). Auch wenn bei dem System der „halboffenen Weidelandschaft“ naturschutzfachliche Ziele im Vordergrund stehen, müssen die Ansprüche der Weidetiere an die Futterqualität berücksichtigt werden.

Ein ca. 50 ha großes Teilgebiet des NSG Bockhorst bei Güstrow wird seit 2002 mit Heckrindern und Konikpferden (Besatzstärke von 0,3 GVE/ha) ganzjährig beweidet. Neben einer umfassenden Vegetationskartierung und ethologischen Untersuchungen zur Beurteilung des Systems der „halboffenen Weidelandschaft“ auf der Grundlage landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Kennzahlen wurden in einem zweiwöchigen Rhythmus an einem installierten Raster an 209 Punkten die Wuchshöhen erfasst, um eine Modellierung der Futtermittelvorräte im Jahresverlauf zu ermöglichen. Zur Einschätzung der Futterqualitäten wurden ebenfalls zweiwöchig Pflanzenproben genommen. Die Berechnung der Verdaulichkeit der organischen Masse und des energetischen Futterwertes erfolgt nach verschiedenen Schätzmethode.

Material und Methoden

Die Bestimmung der Futterqualität der im Naturschutzgebiet Bockhorst bei Güstrow genommenen Pflanzenproben erfolgte im Rahmen einer Diplomarbeit (FRANKE, 2006). Untersucht wurden die Gehalte der Mengenelemente Phosphor, Kalzium, Kalium und Natrium und der Rohproteingehalt. Die Bestimmung der enzymlöslichen organischen Substanz erfolgte nach der Cellulasemethode (VDLUFA, 1997), die Verdaulichkeit nach HFT (STEINGRASS und MENKE, 1986) wurde nach den Formeln 43 e (Rauhfutter) und 43 f (Futtermittel) ebenfalls geprüft. Die Schätzgleichung nach FRIEDEL (1990) errechnet die Verdaulichkeit über den Anteil der organischen Masse und den cellulaseunlöslichen Teil der organischen Masse. Die Energiegehalte für Rinder wurden als umsetzbare Energie (ME) und als Nettoenergie Laktation (NEL) nach HFT (STEINGRASS und MENKE, 1986) und FRIEDEL (1990), sowie nach der Formel nach KIRCHGEBNER (2004) über ELOS für Grassilagen und über die Gasbildung für Frischgras ermittelt. Die verdauliche Energie für Pferde setzt bei der Verdaulichkeit nach ELOS an. Die unverdauliche organische Substanz wird nach Konstanten verrechnet (ZEYNER zit. in LAUK 2005). Bei dem Pflanzenmaterial handelt es sich um Mischproben, die dem Untersuchungsgebiet nach Tierbeobachtungen entnommen wurden, und den Dominanzgesellschaften (Tab. 1) zugeordnet werden können.

Ergebnisse und Diskussion

Aus landwirtschaftlicher Sicht wird die Futterwertzahl (KLAPP et al., 1953) als maßgebende Wertzahl zur Beurteilung der Pflanzenbestände herangezogen. Die Dominanzgesellschaft Knaulgras/Rot-Straußgras weist mit 4,6 die höchste Wertzahl auf (Tab. 1), macht allerdings nur vier Prozent der Fläche aus.

Mit etwa 20 % Flächenanteil und einer Futterwertzahl von 3,7 müssen die Pflanzenbestände der Dominanzgesellschaft Rot-Schwengel/Rot-Straußgras zu den relativ besseren Futterflächen gerechnet werden. Die Pflanzenbestände der übrigen Dominanzgesellschaften mit einem Flächenanteil von ca. 75 % sind aus landwirtschaftlicher Sicht wertlos. Insgesamt wurden im beweideten Teil des NSG 160 Pflanzenarten, davon 30 gefährdete Arten nachgewiesen. Mit der Gelb-Segge (*Carex flava flava*), der Sumpf-Schafgarbe (*Achillea ptarmica*), dem Breitblättrigen Knabenkraut (*Dactylorhiza majalis*) und der Kümmel-Silge (*Selium carvifolia*) können an dieser Stelle nur einige genannt werden. Für die naturschutzfachliche Bewertung ist die Artenzahl bzw. die mittlere Artenzahl der Vegetationsaufnahmen ausgewiesen. Die Ausbreitung des Landreitgrases ist aus landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Sicht problematisch. Einerseits ist der Futterwert schlecht, zum anderen ist das C/N-Verhältnis der überständigen Pflanzenreste so weit, dass sich Streuschichten bilden, die bei dichten *Calamagrostis*-Beständen den Aufwuchs von Keimlingen und den Neuaustrieb konkurrierender Pflanzen behindern (REBELE, 1996).

Tab. 1: Dominanzgesellschaften und Frequentierung durch Weidetiere

Cluster	Fläche (ha)	mittlerer DG %	mittlere Artenzahl	FWZ*	Ruhen %	Aktiv %	Fressen %	Koten %
Rohr-Glanzgras	8	18,1	18,7	2,2	3	0	5	4
Sumpf-Reitgras		12,7						
Blaugrüne Segge	1,25	70,0	3,2	2,1	0	0	1	1
Sumpf-Segge		19,0						
Rasen-Schmiele	0,25	80,0	10,0	2,8	2	4	0	1
Schilf		5,0						
Land-Reitgras	17,75	30,5	19,7	3	38	16	34	31
Rot-Schwingel		13,3						
Rot-Straußgras		6,3						
Knautgras	2	25,0	16,8	4,6	3	2	5	5
Rot-Straußgras		14,4						
Rot-Schwingel	11,25	16,8	21,0	3,7	36	60	34	37
Rot-Straußgras		16,7						
Land-Reitgras	5,25	67,1	11,7	2,2	10	11	10	11
Rot-Schwingel		5,5						
Sumpf-Reitgras	5,25	31,9	21,9	1,7	8	5	9	9
Schilf		8,1						
Schilf	1,25	78,0	2,0	2,0	0	1	1	1
Rohr-Glanzgras		5,2						

*FWZ: Futterwertzahl (KLAPP et al.,1953)

Tab. 2: Mittelwerte der Futterwertparameter aller Futterproben

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
TM [%]	59,41	51,68	66,40	18,07	24,86	27,40	18,62	18,73	25,23	29,07	32,25	45,40
RA [%]	6,81	5,52	4,87	9,90	6,00	6,49	7,82	9,53	7,95	8,39	7,66	5,95
P [g/kg TM]	1,26	1,41	1,19	2,78	2,30	2,04	2,73	2,86	2,57	2,36	2,05	1,58
K [g/kg TM]	2,99	2,64	5,19	25,52	17,32	16,93	24,40	26,61	17,19	15,17	11,31	7,76
Ca [g/kg TM]	4,33	4,05	4,20	5,84	4,32	4,47	5,53	4,65	7,86	6,38	4,22	3,79
Na [g/kg TM]	0,21	0,16	0,10	0,60	0,18	0,18	0,18	0,91	0,47	0,52	0,39	0,34
RP [%]	9,32	9,09	8,71	23,30	17,89	17,60	19,00	16,03	16,30	14,60	11,45	9,47
Verdaulichkeit												
ELOS [%]	46,28	35,74	40,76	79,40	70,91	65,53	68,66	67,45	62,94	60,83	51,40	44,27
FRIEDEL [%]	43,47	35,40	41,27	73,78	67,04	62,06	64,92	63,19	59,30	57,58	49,33	44,27
HFT 43f [%]	38,54	30,07	36,62	71,52	66,48	63,61	65,54	63,39	54,02	52,90	45,48	39,56
HFT 43e [MJ/kg TM]	39,83	31,62	37,79	73,73	67,79	65,04	67,20	64,74	55,75	54,46	46,85	40,77
Energetischer Futterwert												
UE [MJ/kg TM] ELOS	8,22	7,08	7,70	10,52	10,63	10,10	10,18	10,04	9,70	9,47	8,55	7,84
UE [MJ/kg TM] FRIEDEL	5,97	4,90	5,75	10,25	9,57	8,81	9,11	8,65	8,26	7,92	6,74	6,11
UE [MJ] HFT 16e	5,75	4,30	5,64	11,07	10,75	10,17	10,33	9,81	8,42	8,06	6,86	5,84
NEL ELOS [MJ/kg TM]	4,70	3,95	4,34	6,32	6,35	5,98	6,06	5,98	5,72	5,57	4,95	4,46
NEL FRIEDEL [MJ/kg TM]	3,23	2,58	3,10	6,12	5,63	5,11	5,31	4,99	4,74	4,51	3,75	3,33
NEL HFT 16e [MJ/kg TM]	2,67	1,86	2,61	5,87	5,66	5,32	5,41	5,10	4,21	4,06	3,34	2,84
Verdauliche Energie über Omcu ZEYNER [MJ/kg TM]	8,05	6,85	7,60	12,26	11,22	10,56	11,01	10,84	10,23	10,02	8,86	8,08

In der Tab. 2 sind die Mittelwerte der Futterwertparameter und die Berechnung der Verdaulichkeit sowie die energetische Futterwertberechnung nach unterschiedlichen Schätzformeln für alle Pflanzenproben im Verlauf des Jahres 2004 dargestellt.

Die Verdaulichkeit der organischen Masse wurde nach vier Schätzformeln berechnet. Der Jahresverlauf der Verdaulichkeit ist für alle Schätzmethode vergleichbar. Die höchsten berechneten Verdaulichkeiten der organischen Masse und auch die größten Abweichungen zwischen den Methoden sind für den Monat April festgehalten. Bei der Berechnung des energetischen Futterwertes fällt auf, dass der Vergleich der Berechnung nach STEINGASS u. MENKE (1986) und FRIEDEL (1990) nur für die Sommermonate deutlichere Abweichungen aufweist. Die Berechnung von KIRCHGEßNER (2004) über ELOS für Grassilagen gibt durchweg höhere Energiegehalte des Weidefutters an.

Ausgehend von den bei JEROCH et al. (1999) gemachten Angaben ergibt sich für ein 350 kg schweres Pferd ein täglicher Bedarf an Mineralstoffen von 18 g Kalzium, von 11 g Phosphor, ebenfalls 18 g Kalium und 7 g Natrium. Bei einer unterstellten Futteraufnahme von 6 kg (LINDNER, 2003) wird Kalzium und Kalium auch im Jahresverlauf abgedeckt. Phosphor ist in den Monaten Dezember bis März, Natrium während des gesamten Jahres im Defizit. Für einen 500 kg schweren Mastbulle mit 1000 g täglicher Lebendmassezunahme gibt JEROCH et al. (1999) Bedarfswerte von 45 g Kalzium, 23 g Phosphor und 7 g Natrium an. Bei einer angenommenen Trockenmasseaufnahme von 10 bis max. 15 kg/Tag muss von einem Mangel der Nährstoffe Phosphor und Natrium für die bereits bei den Pferden angegebenen Zeiträume ausgegangen werden. Den Bedarf an Energie und Protein pro kg TM gibt KIRCHGEßNER (2004) bei Pferden mit 10,8 MJ DE und 54 g verdaulichem Rohprotein, bei Rindern mit 8,5 MJ ME und 66 g Rohprotein an. Die Verdaulichkeit des Futters sollte nach diesem Autor 70 % betragen. Diese Forderungen erfüllt das Weidefutter im Naturschutzgebiet Bockhorst nicht. Die Proteingehalte des Weidefutters können zwar auch im Jahresverlauf als ausreichend eingeschätzt werden, jedoch erscheinen die berechneten Werte für die Verdaulichkeit und den energetischen Futterwert der Pflanzenproben zwischen Oktober und März als ungenügend, um den Bedarf der Rinder und Pferde zu decken. Auch wenn es sich bei den in Tab. 2 angegebenen Werten um Durchschnittswerte handelt, ist ein auf dieses Tierhaltungssystem ausgerichtetes Weidemanagement (Winterweide) bzw. eine Zufütterung im Winter unabdingbar. Mineralstoffe, insbesondere die Zuführung von Natrium muss ganzjährig erfolgen.

Schlussfolgerungen

Ausgehend von der Modellierung der Futtervorräte und der Berechnung landwirtschaftlicher Kennzahlen für die Dominanzgesellschaften im NSG Bockhorst konnte angenommen werden, dass weniger die Futtermengen als vielmehr die Futterqualitäten bei einer ganzjährigen Beweidung unzureichend sind. Diese Aussage wurde durch die Laboranalyse der Pflanzenproben und den daran ansetzenden Berechnungen der Verdaulichkeit der organischen Masse und des energetischen Futterwertes nach unterschiedlichen Schätzmethode bestätigt.

Literatur

FRANKE, A. (2006): Futterqualitäten im NSG Bockhorst, Diplomarbeit

FRIEDEL, K. (1990): Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfutter mit Hilfe der Cellulosaemethode, Wiss. Z. Uni Rostock, Nat. Reihe 39, S. 78-86

JEROCH, H., DROCHNER, W., SIMON, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

KIRCHGEBNER, M. (2004): Tierernährung, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt/Main

KLAPP, E., P. BOEKER, F. KÖNIG & A. STÄHLIN (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen, Verlag Schaper, Hannover.

LAUK, H. D. (2005): Pferdeheilkunde, Proceedings Equine Nutrition Conference 1st-2nd October 2005, Hannover, DVG-Verlag

REBELE, F. (1996): Konkurrenz und Koexistenz bei ausdauernden Ruderalpflanzen, Hamburg

REISINGER, E. (1999): Großräumige Beweidung mit großen Pflanzenfressern eine Chance für den Naturschutz, Natur- und Kulturlandschaft, Höxter/Jena Bd. 3, S. 244-254.

REMMERT, H. (1991): The Mosaic-Cycle Concept of Ecosystems. –Ecol. Studies 122: 1, 53-172.

STEINGASS, H. & MENKE, K. H. (1986): Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse, II. Regressionsgleichung, Universität Hohenheim, Übers. Tierernährung 15, S.59-94

VDLUFA (1997): Methodenbuch Bd. III, 4. Ergänzung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt

Botanische Zusammensetzung und Erträge im Vergleich von Weide- und- Schnittnutzung in Langzeitexperimenten zur reduzierten Düngung auf zwei typischen Weidestandorten

E. Alabsi und R. Bockholt

Universität Rostock, Agrar -und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Fachbereich Grünland und Futterbau, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

Einleitung und Problemstellung

Diese Arbeit soll einen Überblick über die botanische Zusammensetzung und die Ertragsfähigkeit von ackerfähigem Mineralbodengrünland und Niedermoorgrünland geben, das mit verschiedenen Grasarten und variierenden Düngungsansätzen bewirtschaftet wird. Ein besonderes Augenmerk soll dabei auf die Nutzung von im ökologischen Landbau üblichen Bewirtschaftungsmaßnahmen gelegt werden (Tab. 1 u. 2).

Ergebnisse (Niedermoorgrünland -Petschow)

Trockenmasseertrag und Signifikanz der Differenzen

Beide Prüffaktoren (Düngung und Nutzung) brachten statistische signifikante Differenzen zwischen den Varianten. Statistisch signifikante Wechselwirkungen zwischen Nutzung, Düngung und Jahren traten nicht auf.

Tab. 1: Versuchsanordnung auf Mineralbodengrünland - Stover Acker(SI2)

Faktor 1 Düngung	Faktor 2 Grasart	Faktor 3 Nutzung	Faktor 4 Jahr
Ohne Düngung	Wiesenschweidel	2 Schnitt	2000
Gülle	Bastardweidelgras	3 Schnitt	2001
K (60 % KCl)	Knautgras	Weide	2002
K (MG -Kainit)	Deutsches Weidelgras		2003
NK (KAS, 60 % KCl)			2004
PK (Patent - PK)			2005
PK (Thomaskali)			2006
NP (KAS, TSP)			
NPK (KAS, TSP, 60 % KCl)			
Stallmist			

Tab. 2: Versuchsanordnung auf Niedermoorgrünland – Petschow (tiefgründig 50 %- 70 % O.S)

Faktor 1 Düngung	Art der Bewirtschaftung	Faktor 2 Nutzung
1= ohne Düngung	(n) naturschutzgerecht	2 Schnitt
2=N (Kalkammonsalpeter)	(k) konventionell	3 Schnitt
3=P (Tripelsuperphosphat)	(k) konventionell	Weide
4=K (60 % KCl)	(k) konventionell	
5=K (Mg - Kainit)	(ö) ökol. Landbau	
6=NK (KAS, 60 % KCl)	(k) konventionell	
7=PK (Tripelsuperphosphat, 60 % KCl)	(k) konventionell	
8=PK (Patent)	(ö) ökol. Landbau	
9=PK (Thomaskali)	(k) konventionell	
10=NP (KAS, TSP)	(k) konventionell	
11=NPK (KAS, TSP, 60 % KCl)	(k) konventionell	
12=NPK (Schwefels. A, TSP, 60 % KCl)	(k) konventionell	

Im Vergleich bei Schnittnutzung zur 0- Variante (71 dt TM ha⁻¹) blieben nur 2 Varianten (P, Phosphordüngung, N, Stickstoffdüngung) ohne signifikanten Mehrertrag. Dagegen erreichten die übrigen 9 Düngungsvarianten einen signifikanten Mehrertrag gegenüber der 0- Variante. Die Höchstertragsvariante, eine Kombination von Stickstoff und Kalium (NK; Kalkammonsalpeter, 60% Kali) erreicht 100 dt TM ha⁻¹. Kainit als Alleindünger (K2) erreichte 3 dt weniger als die Vergleichsvariante (K1) mit 60% KCl. Diese Differenz von 3 dt TM ist jedoch statistisch nicht gesichert. Von Bedeutung ist auch der Vergleich der Variante Patent-PK (92 dt TM ha⁻¹), die wie Kainit ebenfalls im ökologischen Landbau zugelassen ist mit der Variante Kainit (83 dt TM ha⁻¹). Der Mehrertrag des Patent-PK gegenüber Kainit beträgt 9 dt TM h⁻¹a und sie unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

Bei Weidenutzung unterschieden sich von den 12 Düngungsvarianten nur 5 statistisch signifikant voneinander. Die Varianten „Ohne Düngung,“ und „P-Düngung,“ mit dem niedrigsten Ertragsniveau von 59 dt TM ha⁻¹ bzw. 61 dt TM ha⁻¹ einerseits differierten signifikant von den Varianten NK, NPK1 und NPK2 mit dem höchsten Ertragsniveau von 75

dt TM ha⁻¹ bzw. 74 dt TM ha⁻¹ andererseits. Die übrigen Varianten der Weidenutzung unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Tab. 3).

Tab. 3: TM-Ertrag und Signifikanz der Differenzen in Abhängigkeit von Schnitt- und Weidenutzung - Univariate Varianzanalyse mit SPSS (Petschow)

Düngungsstufe	Düngungsvarianten	Schnittnutzung dt TM ha ⁻¹	Weidenutzung dt TM ha ⁻¹
		***	***
1	Ohne Düngung	71 a	59 a
2	N (Kalkammonsalpeter)	71 a	67abc
3	P (Triplesuperphosphat)	67 a	61 a
4	K 1 (60 % KCl)	86 bcd	64 ab
5	K 2 (Magnesia-Kainit)	83 bc	64 ab
6	NK (KAS, 60 % KCl)	100 e	75 d
7	PK 1 (Triplesuperphosphat, 60 % KCl)	87 bcd	66 abc
8	PK 2 (Patent-PK)	92 cde	65 ab
9	PK 3 (Thomas-Kali)	87 bcd	65 ab
10	NP (KAS, TSP)	80 b	71 bcd
11	NPK 1 (KAS, TSP, 60 % KCl)	94 de	75 d
12	NPK2 (Ammonsulfat, TSP, 60 % KCl)	98 e	74 cd

Botanische Zusammensetzung

Bei Schnittnutzung wurde der Pflanzenbestand in 5 Cluster untergliedert. Der Hauptpflanzenbestand besteht aus W.Weidelgras, Gemeine Risppe, Löwenzahn und Kriechender Hahnenfuß. Bei Weidenutzung wurde der Pflanzenbestand in 4 Cluster untergliedert. Der Hauptpflanzenbestand besteht aus D.Weidelgras, Gemeine Risppe, Gemeine Quecke, Löwenzahn und Weißklee. Die Biodiversität ist bei Schnittnutzung und Standort C mehr als Weidenutzung und Standort A.

Ergebnisse (Mineralbodengrünland -Stover Acker)

Trockenmasseertrag und Signifikanz der Differenzen

Beide Prüffaktoren (Düngung und Nutzung) brachten statistische signifikante Differenzen zwischen den Varianten. Statistisch signifikante Wechselwirkungen zwischen Nutzung, Düngung und Jahren traten auf. Der durchschnittliche Jahresertrag betrug bei Schnittnutzung 58 dt TM/ha und bei Weidenutzung 43 dt TM ha⁻¹. Bei Weidenutzung unterschieden sich von den 10 Düngungsvarianten nur 6 statistisch signifikant voneinander. Die Varianten „Gülle“, „STALLMIST“, und K (MG-Kainit) mit dem niedrigsten Ertragsniveau von 35 dt TM ha⁻¹ bzw. 33 dt TM ha⁻¹ einerseits differierten signifikant von den Varianten NP, NPK1 und NPK2 mit dem höchsten Ertragsniveau von 50 dt TM ha⁻¹ bzw. 53 dt TM ha⁻¹ bzw. 54 dt TM ha⁻¹ andererseits. Die übrigen Varianten der Weidenutzung unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Im Vergleich bei Schnittnutzung zur 0 - Variante (49 dt TM ha⁻¹) blieben 6 Varianten (Gülle, K 1, K 2, PK 1, PK 2, STALLMIST) ohne signifikanten Mehrertrag. Dagegen erreichten die übrigen 4 Düngungsvarianten einen signifikanten Mehrertrag gegenüber der 0 - Variante.

Die Höchstertragsvariante bei Schnittnutzung, eine Kombination von Stickstoff, Phosphor und Kalium (NPK:AS, TSP, 60% Kali) erreicht mit 86 dt TM ha⁻¹ gegenüber alle Varianten

eine signifikante Differenz. Kainit (K2) als Alleindünger und K 1 (60 % KCl) hatten einen ähnlichen Ertrag mit 44 dt TM ha⁻¹. Von Bedeutung ist auch der Vergleich der Variante Patent-PK (54 dt TM ha⁻¹), die wie Kainit ebenfalls im ökologischen Landbau zugelassen ist mit der Variante Kainit (44 dt TM ha⁻¹). Der Mehrertrag des Patent-PK gegenüber Kainit von 10 dt TM ha⁻¹ und sie unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Tab. 4).

Tab. 4: TM-Ertrag und Signifikanz der Differenzen in Abhängigkeit von Schnitt- und Weidenutzung (Stover Acker)

Düngungsstufe	Düngungsvarianten	Schnittnutzung	Weidenutzung
		dt TM ha ⁻¹	dt TM ha ⁻¹
		***	***
1	Ohne Düngung	49 a	38 ab
2	Gülle	49 a	35 a
3	K 1 (60 % KCl)	44 a	39 ab
4	K 2 (MG -Kainit)	44 a	33 a
5	NK (KAS, 60 % KCl)	62 b	49 c
6	PK 1 (Patent - PK)	54 a	40 ab
7	PK 2 (Thomaskali)	53 a	39 ab
8	NP (KAS, TSP)	67 b	50 c
9	NPK 1 (KAS, TSP, 60 % KCl)	69 b	53 c
10	STALLMIST	50 a	35 a
11	P (TSP)	58 a	44 ab
12	NPK 2 (AS, TSP, 60 % KCl)	86 c	54 c

Botanische Zusammensetzung

Bei Schnittnutzung wurde der Pflanzenbestand in 6 Cluster untergliedert. Der Hauptpflanzenbestand besteht aus Bastardweidelgras, D.Weidelgras, Wiesenschweidelgras, Löwenzahn und Rotklee. Bei Weidenutzung wurde der Pflanzenbestand in 4 Cluster untergliedert. Der Hauptpflanzenbestand besteht aus Bastardweidelgras, D.Weidelgras, Knautgras, Löwenzahn und Weißklee. In der Regel zeigt die Weidenutzung eine geringere Artenzahl, die aber im ganzen Jahr relativ konstant bleibt. Nutzung hat eine starke Wirkung auf den Pflanzenbestand

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Niedermoorgrünland – (Petschow)

Zwischen den NPK- Varianten gab es bei Schnittnutzung eine geringe Differenz von 4 dt TM ha⁻¹ zugunsten der Variante mit Ammonsulfat gegen über der Variante mit Kalkammonsalpeter. Die Differenz ist jedoch nicht statistisch signifikant. Am ertragswirksamsten erwies sich auf dem Versuchsstandort Niedermoor Petschow die Kombination von N- und K- Düngemittel (im Beispiel des Versuches 60 % KCl + KAS). Die Weidevarianten, die als ökologischer Landbau durchgeführt wurden, unterschieden sich nicht von einander und die Düngung lohnt sich nicht, aber bei Schnittnutzung lohnt sie sich. Der geringste Ertrag war bei der Weidevariante ohne Düngung (Naturschutzgerecht). Die jährliche Anwendung des Mehrnährstoffdünger Patent-PK ist im Niedermoorgrünland nicht erforderlich.

Mineralbodengrünland – (Stover Acker)

Zwischen den Gülle - STALLMIST Varianten gab es bei Schnittnutzung eine geringe Differenz von 1 dt TM ha⁻¹. Die Differenz ist jedoch nicht statistisch signifikant. Erträge liegen bei Schnittnutzung insbesondere bei Varianten ohne Düngung um 12 TM dt ha⁻¹ über denen der Weidenutzung. Die Biodiversität ist bei Schnittnutzung höher als bei Weidenutzung.

Die Variante PK1, PK2 und PK3 unterschieden sich von einander auf Niedermoorgrünland und Mineralbodengrünland nicht signifikant.

Literatur

ANONYMUS (2004): Düngung 2004. Hinweise und Richtwerte für die landwirtschaftliche Praxis, Leitfaden zur Umsetzung der Düngeverordnung.

KÄDIG, H., PETRICH, G. (2002): Einfluss langjähriger N-Düngung auf Niedermoor. Tagungsband 46. Jahrestagung AG Gründland und Futterbau, 74-77.

ROTHMALER, W. (1997): Exkursionsflora, Bd. 2 und 3, Verlag Dr. Köster, Berlin.

TITZE, A. (2002): Auswirkungen variiertes Nutzungs- und Düngungsintensität auf den Pflanzenbestand, den Ertrag und die Qualität des Futters von Niedermoorgrünland. Tagungsband 46. Jahrestagung AG Gründland und Futterbau, 70-73.

**Ergebnisse der Prüfung der Schmackhaftigkeit von
Hochzuckersorten des Deutschen Weidelgrases (*Lolium perenne*
L.) mit Schafen**

E. Alabsi und R. Bockholt

Universität Rostock, Agrar -und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Fachbereich Grünland
und Futterbau, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

Einleitung und Problemstellung

Die Hochzucker-Gräser (HZG) verkörpern eine neue Generation von Grassorten, die den heutigen Bedürfnissen nach einer effizienten, einheimischen und umweltverträglichen Futterproduktion Rechnung tragen. Die Züchtung erfolgte auf klassischem Wege, ohne Zuhilfenahme gentechnischer Modifizierungen. Erste Erfolge dieses Zuchtprogramms sind die HZG-Sorten mit besonders hohem Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten. In zwanzigjähriger Grundlagenforschung hat sich gezeigt, dass die Leistung und Rentabilität der Milch- und Fleischproduktion durch die HZG-Sorten erheblich gesteigert werden können. Forschungsergebnisse belegen, dass die HZG-Sorten während der gesamten Weidesaison einen höheren Anteil an wasserlöslichen Kohlenhydraten aufwiesen als die Standardsorten. Bei einigen HZG-Sorten sind bis zu 50% höhere Anteile dokumentiert. Aber auch schon eine

geringe Mehrmenge an wasserlöslichen Kohlenhydraten zeigte eine große Auswirkung auf die Pansenleistung.

Der wesentliche Effekt beruht auf der gleichzeitigen Bereitstellung von schnell verfügbarer Energie im Gras zur besseren Umwandlung des in ihm enthaltenen Proteins. Der Wiederkäuer ist durchaus in der Lage, bei ausreichender Energiedichte, das Protein des Grundfutters effizient in Milch und Muskeleiweiß umzusetzen (BEIMLER und EICKMEYER, 2005).

Es ist hinlänglich bekannt, dass die Futterakzeptanz ein sehr komplexes Merkmal darstellt, welches von vielen Faktoren beeinflusst wird. Auf die Palatabilität (Schmackhaftigkeit) als ein Maß der Futterakzeptanz bei freier Futterwahl des Weidetieres haben die Art der Futterpflanzen und deren Düngung einen wesentlichen Einfluss. Während über die Wirkungen von Variationen des Managements auf die Schmackhaftigkeit verschiedener Gräser häufig berichtet wird (JONES und ROBERTS 1991), ist von der Beziehung zwischen der Schmackhaftigkeit und der chemischen Zusammensetzung von Gräsern verhältnismäßig wenig bekannt. Mit Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne L.*) zeigten KOSTUCH und LIPINSKI (1982), dass der Zuckergehalt in einer engen Beziehung zur Futteraufnahme steht. Eine ähnliche Beobachtung wurde von GOTTO et al. (1988) gemacht.

Die Fragestellungen sind:

1. Bestehen sortenbedingte Unterschiede in den Zuckergehalten und in der Futterakzeptanz?
2. Gibt es Zusammenhänge zwischen den Zuckergehalten und der Futterakzeptanz?
3. Wie stellen sich Erträge und Qualitäten der unterschiedlichen Aufwüchse unter Beweidung dar?

Material und Methoden

Zur Prüfung der Schmackhaftigkeit von Hochzuckersorten wurde im August 2004 ein Weideversuch an der Versuchstation Universität Rostock angelegt, bei dem 12 Sorten von Gräsern in voneinander durch Linien getrennten Streifen gleichzeitig zur Beweidung angeboten werden. Es handelt sich um 2 jährige Ergebnisse von Mineralbodenackerland aus 4 ungedüngten Weideaufwüchsen des Jahres (2005-2006), die beprobt, analysiert und jeweils im Block beweidet wurden. Die Beliebtheit wurde durch Auszählen der auf den jeweiligen Parzellen weidenden Schafe und ergänzend dazu durch Höhenmessungen der Weidenarbe festgestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Zuckergehalt veränderte sich im Vegetationsverlauf erheblich. Die Grassorten hatten im 1 & 4 Aufwuchs mehr Zuckergehalt als 2 & 3 Aufwuchs (Abb. 1).

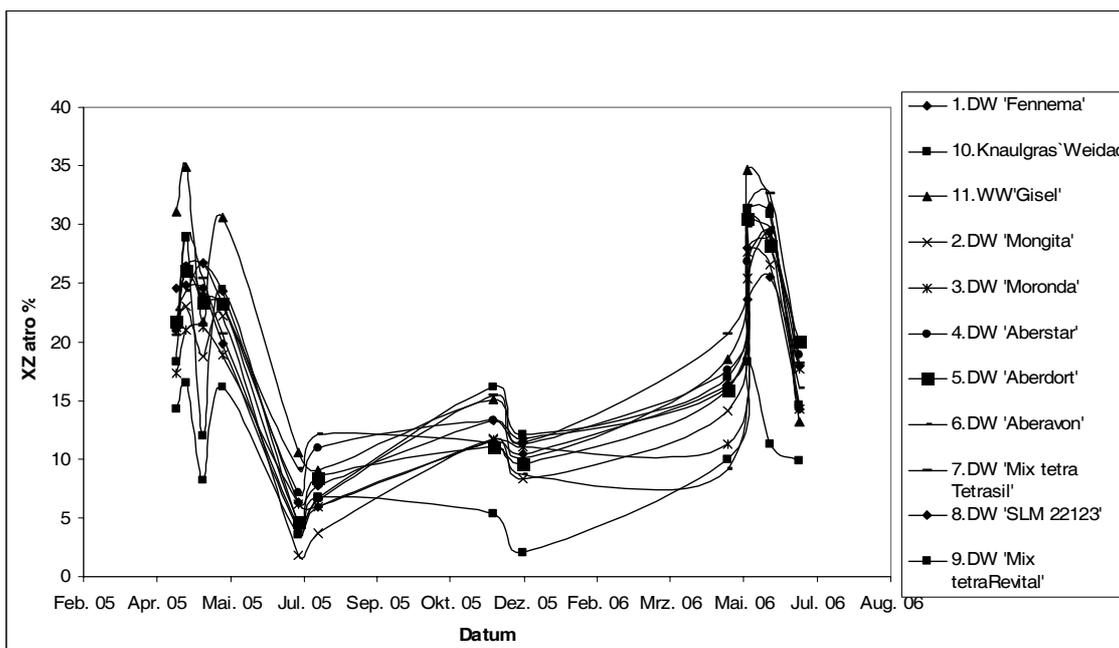


Abb. 1: Saisonale Schwankungen des Zuckergehalts in HZG-Gräsern

Den höchsten Zuckergehalt wiesen WW 'Gisel mit 21,8 % und DW 'Mix tetra Tetrasil' mit 19,7 % auf. Aber Knaulgras 'Weidac' mit 10,2 % hatte den geringsten Zuckergehalt. Zwischen anderen Sorten des Deutschen Weidelgrases traten keine signifikanten Differenzen auf. Die Rohfasergehalte (Rfa) lagen zwischen 20,7 und 24,5 %. Knaulgras 'Weidac', DW 'Mongita' und DW 'SLM 22123' hatten den höchsten Rohfasergehalt und sie traten signifikanten Differenzen auf. Die höchsten jährlichen Trockenmasseerträge hatten mit 83 dt/ha DW 'Aberdort' und 75 dt/ha DW 'Mongita' aufzuweisen. Aber DW 'Mix tetraRevital' mit 43 dt/ha und DW 'SLM 22123' mit 46,37 dt/ha erbrachten die geringsten Trockenmasseerträge (Tab. 1 u. 2).

Tab. 1: Mittelwerte für ausgewählte Prüfmerkmale

Sorte	ELOS atro%	XF % in TS	XP-Ertrag dt/ha	TM dt/ha*Jahr	GM dt/ha*Jahr	Akzeptanz % der Schafe	XZ atro %	NEL MJ/kgT S
DW 'Fennema'	78,9	21,5	1,9	63	321	9,7	18,7	5,9
DW 'Mongita'	75,4	23,3	2,1	75	397	6,5	16,1	5,6
DW 'Moronda'	79,0	21,4	2,0	65	315	7,4	16,4	5,9
DW 'Aberstar'	80,3	20,7	2,0	52	275	9,1	19,1	6,1
DW 'Aberdort'	78,4	21,4	2,2	83	425	8,4	18,6	5,9
DW 'Aberavon'	79,1	21,3	1,8	70	360	5,3	18,6	6,0
DW 'Mixtetra Tetrasil'	79,9	21,5	1,7	61	356	10,0	19,7	6,1
DW 'SLM 22123'	75,6	22,8	1,7	46	212	5,5	17,4	5,7
DW 'Mix tetraRevital'	81,4	21,4	2,2	43	215	7,2	18,0	6,2
Knaulgras 'Weidac'	71,6	24,5	2,3	51	250	6,3	10,2	5,3
WW 'Gisel'	78,2	21,4	1,9	48	242	16,8	21,8	5,9

Tab. 2: Ergebnisse der Varianzanalyse für ausgewählte Prüfmerkmale

Prüfmerkmale	Faktor	Sorten			
		1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
XZ atro %		***	**	*	n.S.
Schafe / Akzeptanz		***	***	***	***
XF %		n.S.	n.S.	n.S.	n.S.
TS %		n.S.	n.S.	n.S.	n.S.
NEL(MJ/kgTS) nach Friedel		*	n.S.	n.S.	n.S.
XA lutro %		n.S.	n.S.	n.S.	n.S.
N atro %		***	n.S.	n.S.	n.S.
XP atro %		***	n.S.	n.S.	n.S.
Pufferkapazität atro g MS/100g		***	n.S.	n.S.	n.S.
Elos atro %		n.S.	n.S.	n.S.	n.S.
XP dt/ha		n.S.	n.S.	n.S.	n.S.

$\alpha = 0,05$; n.S. = nicht signifikant; *, $p < 0,05$; **, $p < 0,01$; ***, $p < 0,001$

In Beziehungsgleichungen wurde nachgewiesen, dass die Schafe nach dem Zuckergehalt selektieren. Die Schafe entschieden sich für eine sehr zuckerreiche tetraploide Sorte des Welschen Weidelgrases 'Gisel' und eine andere sehr zuckerreichen Sorten des Deutschen Weidelgrases 'Mix tetra Tetrasil', DW 'Aberstar' und DW 'Fennema' die nach dem Zuckergehalt gleichfalls Rang 1, 2, 4 und 3 einnahmen. Zwischen allen anderen Sorten des Deutschen Weidelgrases traten keine signifikanten Differenzen auf (Abb. 2).

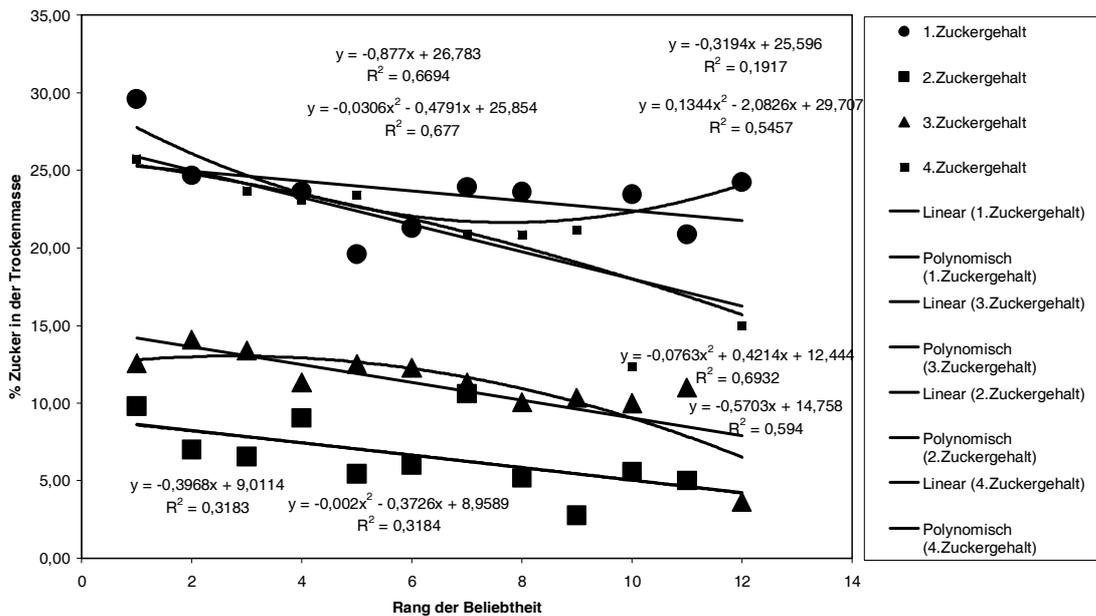


Abb. 2: Beziehung zwischen Rang und Zuckergehalt

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Der Faktor Grasart/-sorte beeinflusste die Prüfmerkmale Futterakzeptanz sowie den Zuckergehalt nachweislich. Beide Merkmale können nicht unabhängig vom Aufwuchs interpretiert werden (Interaktion Sorte x Aufwuchs).

Das Welsche Weidelgras wurde bevorzugt aufgenommen und wies die höchsten Zuckergehalte auf. Dennoch konnte die hohe Futterakzeptanz dieser Art nur unzureichend mit der Höhe des Zuckergehaltes erklärt werden.

Innerhalb der Prüfglieder des Deutschen Weidelgrases waren die Unterschiede im Zuckergehalt und in der Futterakzeptanz gering. Die tetraploiden Dt. Weidelgräser zeigten erst im dritten Aufwuchs eine erhöhte Futterakzeptanz, was auf die geringe Rostanfälligkeit zurück zu führen sein dürfte.

Literatur

GOTTO, M., SIMADA, E. und SUGAWARA, K. (1988): The relation between palatability and chemical composition of herbage cultivated in the shady condition. Bulletin of the Faculty of Agriculture Mie University No. 72, pages 81-85.

JONES, E.L.; ROBERTS, J.E. (1991): A note on the relationship between palatability and water-soluble carbohydrates content in Perennial Ryegrass. Irish Journal of Agricultural Research 30:163-167.

BEIMLER, M., EICKMEYER, F. (2005): Hoch Zucker Gräser- eine neue Sortengeneration für höchste Ansprüche an die Futterqualität. Tagungsband 49. Jahrestagung AG Gründland und Futterbau, 107-111.

Hoch-Zuckerreiches Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort – vierjährige Ergebnisse

H. Jänicke

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion Dummerstorf

Einleitung und Problemstellung

Das Grünland in Mecklenburg- Vorpommern befindet sich zu mehr als $\frac{3}{4}$ auf Niedermoorstandorten. *Lolium perenne* gilt auf derartigen Moorböden von Natur aus als auswinterungsgefährdet. Durch die züchterische Bearbeitung stehen inzwischen eine Reihe von Sorten mit verbesserter Mooreignung zur Verfügung. Da sich die vorhandenen Sorten in diesem Kriterium Mooreignung stark unterscheiden, bedarf es regionaler Sortenversuche, um für Standort und Nutzung geeignete Sorten empfehlen zu können. Neben einer guten Ertragsleistung und der möglichst langen Ausdauer ist für die landwirtschaftliche Nutzung die Futterqualität von entscheidender Bedeutung. Als ein wichtiges Kriterium für den Futterwert der Grasaufwüchse gilt der Zuckergehalt. Hohe Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten sind sowohl bei Beweidung als auch bei Schnittnutzung erwünscht. Um hochwertige Silagen herstellen zu können, wird ein Siliergut benötigt, in dem möglichst viel natürliches Gärsubstrat vorhanden ist. Die Zusammensetzung der Pflanzenbestände bestimmt die Güte

dieses Ausgangsmaterials. Dies führt zu der Forderung nach weidelgrasreichen Grasnarben, da die Weidelgräser im Vergleich der Arten als zuckerreicher gelten.

Seit einigen Jahren sind Neuzüchtungen bei *Lolium perenne* in der Diskussion, die unter der Bezeichnung Hoch-Zuckerreiches Gras (=HZG) vorgestellt wurden. Diese sollen sich gegenüber den bisher bekannten Sorten vor allem durch deutlich höhere Zuckergehalte, sowie höhere Verdaulichkeit und günstigere Proteinausnutzung auszeichnen. In der Literatur werden Ergebnisse mitgeteilt, die Vorteile der HZG gegenüber Vergleichssorten darstellen (MILLER et al., 2001, WILKINS et al., 2003, GILLILAND et al., 2003, EICKMEYER, 2004). Parallel dazu gab es am Standort Braunschweig Beobachtungen, wonach Zweifel bestehen, ob die HZG ausreichend widerstandsfähig gegenüber harten Wintern und Frühjahrstrockenheit sind (MARTENS UND GREEF, 2003). Im Jahr 2005 wurde vom Bundessortenamt für Deutschland die späte Sorte ABERAVON als erste HZG-Sorte zugelassen und befindet sich nun in verschiedenen Regionen Deutschlands in Sortenversuchen.

Die Hinweise aus der Literatur und die gestiegene Nachfrage aus der landwirtschaftlichen Praxis zum Thema HZG führten dazu, dass die Futterqualität ausgewählter Sorten gezielt untersucht wurde. Ergebnisse dazu wurden verschiedentlich mitgeteilt (ANONYMUS, 2007 UND 2006, JÄNICKE, 2005). Im Folgenden erfolgt die Fortsetzung.

Material und Methoden

Für diese Untersuchungen wurden Sortenversuche auf dem Niedermoorgrünland der Raminer Agrar GmbH (Uecker-Randow-Kreis) genutzt. Diese wurden im Jahr 2002 in Form einfaktorieller Blockanlagen mit vier Wiederholungen angelegt. Die Größe der einzelnen Parzelle beträgt etwa 12 m². Die Versuchsfläche wurde betriebsüblich bewirtschaftet. Beprobte wurden alle Sorten jeweils am gleichen Tag und zur gleichen Tageszeit. Erfasst wurden Vertreter der diploiden wie tetraploiden Ploidiestufe Die ausgewählten Sorten (Tab. 1) sollten nicht nur als typische Stellvertreter dienen, sondern auch Vergleiche zu Versuchsergebnissen auf anderen Standorten ermöglichen. Die Analysen zu den Futterwertparametern wurden nach VDLUFA-Methoden im Labor der Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt. Die Untersuchung auf den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten erfolgte mittels Anthron-Methode.

Tab. 1: Zur Ermittlung der Futterqualität ausgewählte Sorten, Deutsches Weidelgras, späte Reifegruppe

Sorte	Ploidie	Ährenschieben*
HZG-Sorte (ABERAVON)	diploid	61
Vergleichssorte (GLADIO)	diploid	63
Vergleichssorte (NAVARRA)	tetraploid	62
Vergleichssorte (TIVOLI)	tetraploid	66

* nach Einstufung Bundessortenamt (Liste 2005) – Ährenschieben in Tagen nach dem 1. April

Ergebnisse und Diskussion

Untersucht wurden bisher 15 Aufwüchse aus fünf Jahren, wie aus den Tabellen 2 und 3 hervorgeht. Um eine bessere Interpretation der Zuckerwerte zu ermöglichen, sind die Spannbreiten von Rohfaser- und Rohproteingehalten aufgeführt. Die Zuckergehalte der verschiedenen Aufwüchse liegen auf sehr unterschiedlichem Niveau.

Tab. 2: Rohnährstoffgehalte in g/ kg TM der untersuchten Sorten je Aufwuchs in der Spannweite der geringsten und höchsten Gehalte je Sorte, Niedermoor, Ansaat 2002, Ramin

Jahr	Rohnährstoff	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
2003	Rohprotein	172 - 189	-	200 - 219	170 - 177
	Rohfaser	219 - 250	-	227 - 269	231 - 259
2004	Rohprotein	187 - 195	172 - 180	102 - 118	190 - 208
	Rohfaser	246 - 288	204 - 221	206 - 211	198 - 228
2005	Rohprotein	163 - 178	128 - 140	117 - 137	179 - 185
	Rohfaser	201 - 216	236 - 247	237 - 267	225 - 238
2006	Rohprotein	184 - 199	155 - 161	187 - 201	214 - 232
	Rohfaser	205 - 209	291 - 318	252 - 272	192 - 211
2007	Rohprotein	146 - 157	200 - 211	-	-
	Rohfaser	199 - 220	250 - 290	-	-

Tab. 3: Zuckergehalte in g/kg TM im vier- und fünfjährigen Mittel je Aufwuchs und Sorte, Mittelwerte je Sorte (n=4), Niedermoor, Ansaat 2002, Ramin

Sorte	Aufwuchs				Mittelwert
	1.	2.	3.	4.	
2003					
HZG-Sorte (61)	137	-	69	139	115
Vergleichssorte - diploid (63)	175	-	42	107	108
Vergleichssorte - tetraploid (62)	127	-	33	101	87
Vergleichssorte - tetraploid (66)	106	-	31	94	77
2004					
HZG-Sorte (61)	87	224	264	139	179
Vergleichssorte - diploid (63)	61	168	201	128	140
Vergleichssorte - tetraploid (62)	40	162	233	103	135
Vergleichssorte - tetraploid (66)	67	168	242	103	145
2005					
HZG-Sorte (61)	215	201	176	138	183
Vergleichssorte - diploid (63)	190	172	108	109	145
Vergleichssorte - tetraploid (62)	186	163	122	112	146
Vergleichssorte - tetraploid (66)	166	174	144	121	151
2006					
HZG-Sorte (61)	177	84	64	154*	120
Vergleichssorte - diploid (63)	153	40	47	119*	90
Vergleichssorte - tetraploid (62)	185	50	44	154*	108
Vergleichssorte - tetraploid (66)	164	49	37	139*	97
2007					
HZG-Sorte (61)	199	86	-	-	-
Vergleichssorte - diploid (63)	168	57	-	-	-
Vergleichssorte - tetraploid (62)	174	49	-	-	-
Vergleichssorte - tetraploid (66)	156	67	-	-	-
Mittelwert (2003-2007)					
HZG-Sorte (61)	163	149	143	143	150
Vergleichssorte - diploid (63)	149	109	100	116	119
Vergleichssorte - tetraploid (62)	142	106	108	118	119
Vergleichssorte - tetraploid (66)	132	115	114	114	119

* 4. Aufwuchs 2006: n=1

Bei einigen Aufwüchsen erscheinen die Zuckerwerte relativ gering. Das stimmt jedoch überwiegend mit Erfahrungen am Standort überein. Bis auf eine Ausnahme (2004) wurden in den ersten Aufwüchsen jeweils die höchsten Zuckergehalte ermittelt. In 80 % der Aufwüchse erreichte die HZG-Sorte den höchsten Zuckergehalt in diesem Sortenvergleich unter Praxisbedingungen, wenn auch mit unterschiedlich hoher Differenz zu den übrigen Sorten. Gemittelt über die Aufwüchse und Jahre lag die HZG-Sorte im Zuckergehalt auf höherem Niveau als die Vergleichssorten. Ob der Abstand zu den übrigen Sorten ausreicht, um für die praktische Grünlandnutzung relevant zu sein, bedarf weiterer Untersuchungen. Für die Silierung steht jeweils der einzelne Aufwuchs an und diesbezüglich besteht insgesamt der Wunsch nach stabil und deutlich höheren Zuckergehalten im Grünlandaufwuchs. Die Züchtungsarbeit in Richtung Verbesserung der Futterqualität ist auf jeden Fall zu begrüßen. Die HZG-Sorte ABERAVON zeigte sich auch nach der fünften Überwinterung auf dem Niedermoorstandort Ramin in relativ guter Verfassung und gehörte wie in den Vorjahren bei den Boniturergebnissen zum besten Drittel des Versuchs mit 17 Sorten (Deutsches Weidelgras, späte Reifegruppe). Die Ergebnisse werden bestätigt durch analog aufgenommene Daten aus einem weiteren Sortenversuch am Standort Ramin (Ansaat 2004), die hier nicht dargestellt wurden. Weniger günstig verlief die Entwicklung der Sorte an einem anderen Standort, so dass es Grund zur weiteren Beobachtung gibt.

Schlussfolgerungen

Auf Basis der vorgestellten Ergebnisse aus vier bzw. fünf Jahren und unter Berücksichtigung weiterer im Versuch erhobener Daten ist die HZG-Sorte ABERAVON als eine Bereicherung des Sortenangebots von hohem Interesse für die regionalen Sortenempfehlungen. Die Ursachen für die festgestellten Unterschiede in den Zuckergehalten können derzeit nicht mit ausreichender Sicherheit zugeordnet bzw. beschrieben werden. Die bessere Zuverlässigkeit bezüglich eindeutig hoher Zuckergehalte und die Frage nach der praktischen Relevanz stehen weiter in der Diskussion.

Literatur

- ANONYMUS (2006): Jahresbericht zur Futterproduktion 2006 – Ergebnisse des Jahres 2005. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Gülzow. S. 22-24.
- ANONYMUS (2007): Jahresbericht zur Futterproduktion 2007 – Ergebnisse des Jahres 2006. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Gülzow. S. 28-30.
- EICKMEYER, F. (2004): Hoch-Zucker-Gräser – Hintergründe, Entstehung und erste Ergebnisse deutscher Versuchsansteller. Vortrag Jahrestagung DLG-Ausschuss Gräser – Klee und Zwischenfrüchte in Fulda.
- GILLILAND, T.J., P.D. BARRETT, R.E. AGNEW, A.M. FEARON AND F.E.A. WILSON (2003): Variation in herbage quality and grazing value traits in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. Votr. Pflanzenzüchtg. 59, 11-19.
- JÄNICKE, H. (2005): Hoch-Zuckerreiches-Gras auf einem nordostdeutschen Niedermoorstandort - erste Ergebnisse. Mitt. d. AG Grünland u. Futterbau Bd. 7, S. 127-130.
- MARTENS, S.D. UND J.M. GREEF (2003): Sweetgrass – Der Anbau von zuckerreichen Deutschen Weidelgräsern (Q12). Mitt. d. AG Grünland u. Futterbau, Bd. 5, S. 229-230.

MILLER, L.A., J.M. MOORBY, D.R. DAVIES, M.O. HUMPHREYS, N.D. SCOLLAN, J.C. MACRAE AND M.K. THEDOROU (2001): Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation cows. Grass and Forage Science, 56, 383-394.

WILKINS, P.W., J.A. LOVATT AND M.L. JONES (2003): Improving annual yield of sugars and crude protein by recurrent selection within diploid ryegrass breeding populations, followed by chromosome doubling and hybridisation. Proc. 25th EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section Meeting; Czech. J. Genet. Plant Breed., 39 (Special Issue), 95-99.

Yielding potential of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in a current variety selection- Effect of genotype and ploidy level

H. Salama, M. Lösche, A. Hermann, M. Gierus und F. Taube

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

Introduction

The proceeding liberalization of trade, the eastward extension of the European Union, as well as the EU Agricultural Policy reform lead to an increasing pricing pressure on the dairy production. Additional pressure on soil rental rates results from intensive biogas production in several regions. Consequently, the reduction of the fodder costs through increasing the yielding potential is nowadays an important target for forage grass breeding. A significant genotypic variation in yielding potential of perennial ryegrass is documented (e.g. SMIT et al., 2005). However, the evaluation of this variation is hampered by genotype-environment interaction, or heading variation within maturity groups (WILKINS and HUMPHREYS, 2003). The ploidy effect on the yielding performance and forage quality is until now unambiguously defined, in spite of all the deducted studies (KUTOVA et al., 1998; GILLILAND et al., 2002; JAFARI et al., 2003). Therefore, the main objective of the current project is a systematic screening of perennial ryegrass genotypes in terms of its yielding potential, as well as a process-oriented assessment of the protein and carbohydrates quality. In this paper the results of the first growing season regarding the yielding potential will be presented.

Materials and Methods

Two field experiments were conducted at three different experimental sites in northern Germany during the 2006 growing season. Twenty *Lolium perenne* L. genotypes belonging to the intermediate heading group were tested in a Randomized Complete Block Design with three replicates in the first experiment. Swards were cut at the early ear emergence in each regrowth. Five, three and four cuts were achieved at the end of the growing season from the three sites, respectively.

A Lattice Design was used in the second experiment to evaluate the yielding performance of 25 genotypes subjected to two cutting regimes A and B. These 25 genotypes (20 *L. perenne*, 3 *L. multiflorum*, and 2 *Festuca pratense*) were classified according to the ploidy level to 9 ploidy families, each consisting of one diploid genotype and the tetraploid genotype(s) derived from it. Cutting regime A was applied at ear emergence of the earliest genotype, with a subsequent cutting interval of 5 weeks. Cutting regime B began 2 weeks later than regime A with a cutting interval of 6-7 weeks. Applying these 2 cutting regimes resulted in 4 cuts from each regime in the first site, 3 cuts from each regime in the second site, while in the third site 5 and 4 cuts were achieved from regimes A and B, respectively.

Fresh herbage mass per plot was determined using a Haldrup plot harvester cutting at 5 cm above ground level. A representative sub sample of 400 g for each plot was dried at 58°C for 24 hours and used to determine the dry matter yields (DMY). The developmental stage of the tested genotypes was recorded only in site 3 by determining Mean Stage by Count (MSC) of 50 tillers from each plot in each cut. Assessment of phenological development was based on the code suggested by Park (1980). Data were statistically analyzed using the mixed procedure of SAS analysis. The least significant difference (L.S.D) procedure was used for mean comparison. The probabilities were adjusted according to Bonferroni-Holm Test.

Results and Discussion

Experiment 1

Results obtained in the 2006 growing season indicated that DMY varied significantly among the 20 tested genotypes and between the three experimental sites (Table 1). Differences among the 20 tested genotypes were significant concerning both annual and 1st cut DMYs, with a maximum difference of 18.2 (1st cut) and 20.1 dt DM ha⁻¹ (annual DMY), see Table 2. Consistently, genotype 6 gave the highest DMY. Yields on site 1, with mean values of 147.9 and 64.6 dt DM ha⁻¹ for annual and 1st cut DMY, were significantly superior to the other two sites (site 2: 99.1 and 51.9 dt DM ha⁻¹; site 3: 117.9 and 43.1 dt DM ha⁻¹). This variation could be mainly attributed to the environmental influence. The temperature during the first growth period varied substantially among the three sites and reached its lowest values in the third site, which clarifies the very low 1st cut DMY obtained from this site.

Tab. 1: Analysis of variance for annual and first cut dry matter yields (dt DM ha⁻¹) of the twenty genotypes in the three sites.

S.O.V	D.F	F value		Pr>F	
		Annual DMY	1st Cut DMY	Annual DMY	1st Cut DMY
Site (S)	2	129.89	32.36	<0.0001	0.0006
Genotype (G)	19	3.70	4.21	<0.0001	<0.0001
S*G	38	1.46	1.23	0.0657	0.2041

MSC values, determined for the 20 genotypes in site 3, varied substantially, ranging between 4.7 and 7.5 in the 1st cut and between 4.2 and 5.7 for annual DMY. The relationship quantified between MSC and yield assumes that the genotype effect found in the analysis of variance can to some extent be attributed to differences in developmental stage at cutting:

$$1^{\text{st}} \text{ cut DMY} = 7.44 \text{ MSC} - 0.3508 \quad (r^2 = 0.29)$$

$$\text{Annual DMY} = 12.52 \text{ MSC} + 56.33 \quad (r^2 = 0.30)$$

Tab. 2: Mean values for annual and first cut dry matter yields (dt DM ha⁻¹) for the twenty genotypes over three sites. Means followed by the same letter within the same column are not significantly different according to LSD test at 0.01 level of probability.

Genotype	Mean DMY (dt ha ⁻¹)		Genotype	Mean DMY (dt ha ⁻¹)	
	Annual DMY	1 st cut DMY		Annual DMY	1 st cut DMY
1	120.1 ab	52.5 abc	11	117.1 ab	49.0 abc
2	127.3 ab	60.5 ab	12	113.5 b	47.5 bc
3	119.4 ab	53.3 abc	13	120.7 ab	55.6 abc
4	115.6 ab	45.7 bc	14	126.8 ab	55.9 abc
5	130.2 a	60.3 ab	15	121.8 ab	52.6 abc
6	131.1 a	63.7 a	16	128.5 ab	59.7 ab
7	113.6 b	43.4 c	17	127.2 ab	54.1 abc
8	112.8 b	46.3 bc	18	117.4 ab	46.7 bc
9	117.3 ab	48.1 abc	19	127.7 ab	57.9 abc
10	118.1 ab	50.6 abc	20	126.1 ab	60.7 ab

Experiment 2

Analysis of variance presented in Tab. 3 revealed a significant influence of all the studied factors on the annual and 1st cut DMYs. Due to place restrictions, only the ploidy families that showed significant variations as influenced by the interaction between site and cutting regime will be presented. In case of 1st cut DMY (Fig. 1) the tetraploid genotypes in families C, D and I showed significant superiority over the diploid genotypes on site 2 in cutting regime A with a DMY difference of around 15 dt DM ha⁻¹. On the contrary, in family F the diploid genotype produced significantly higher DMY than the tetraploid genotype. Concerning the annual DMY, Fig. 2 reveals that the diploid genotypes in families E and H gave around 21 and 24 dt DM ha⁻¹, respectively, more than their tetraploid derivatives. On the other hand, the situation was reversed for family D. Again, MSC values recorded on site 3 indicate an impact of maturity behaviour on the assessment of yield performance, although MSC values did not differ significantly.

Our results on the effect of ploidy level on yield performance reflect the inconsistent findings in literature, where KUTOVA et al. (1998), GILILAND et al. (2002), and JAFARI et al. (2003) reported tetraploid genotypes to show better yielding performance compared to diploid ones, while LAIDLAW (2004) found no significant differences in DMY.

Tab. 3: Analysis of variance for the annual and 1st cut DMYs (dt DM ha⁻¹) for the twenty genotypes as affected by the two cutting regimes in the three sites.

S.O.V.	D.F	F value		Pr>F	
		1 st cut DMY	Annual DMY	1 st cut DMY	Annual DMY
Site (S)	2	32.22	29.85	0.0006	0.0008
Cutting Regime (CR)	1	17.39	111.06	0.0005	<0.0001
S*CR	2	17.26	48.1	0.0032	0.0002
Genotype (G)	24	11.22	15.34	<0.0001	<0.0001
S*G	48	5.56	4.68	<0.0001	<0.0001
CR*G	24	1.63	1.69	0.0524	0.0499
S*CR*G	48	2.34	2.47	0.0003	0.0004

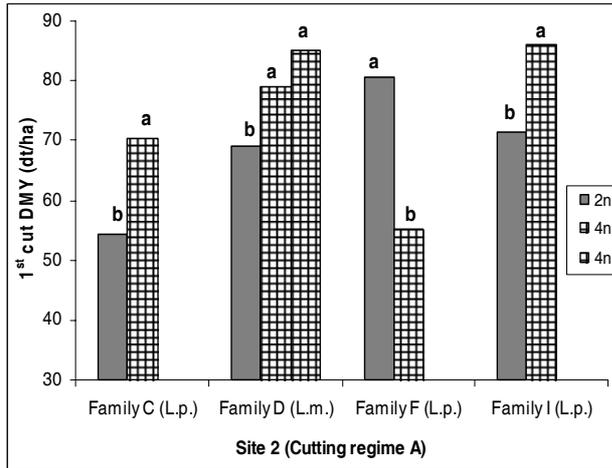


Fig. 1. Differences in 1st cut DMY (dt DM ha⁻¹) between diploids and tetraploids within the same ploidy family as affected by the three way interaction

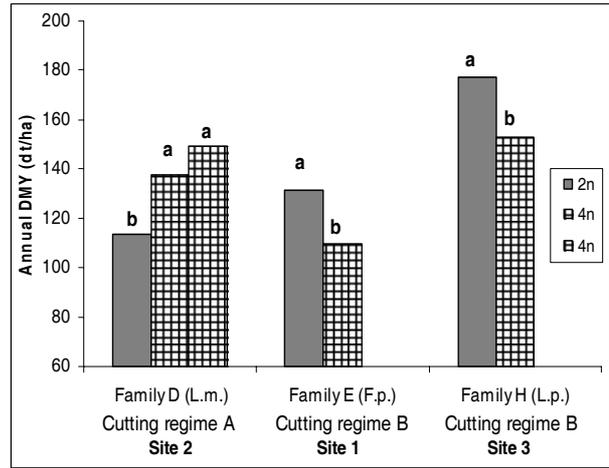


Fig. 2. Differences in annual DMY (dt DM ha⁻¹) between diploids and tetraploids within the same ploidy family as affected by the three way interaction

Conclusions

The results achieved from both experiments show a significant variation in yielding performance among the tested genotypes and within some ploidy families. These variations could be partially explained in terms of the different maturity behaviour of the different genotypes. This work will be repeated in the second growing season to confirm the results and to investigate forage quality parameters.

References

- GILLILAND, T.J., BARRETT, P.D., MANN R.L., AGNEW R.E. & FEARON A.M. (2002): Canopy morphology and nutritional quality traits as potential grazing value indicator for *Lolium perenne* varieties. *Journal of Agricultural Science* 139, 257-273.
- JAFARI, A., HESSAMZADEH, S.M., ABDI, N. & SAEEDI, M. (2003): Initial assessment of 20 varieties and ecotypes of annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) for forage dry matter yields and morphological traits under spaced plants conditions. *Pajouhesh-va-Sazandegi-In-Agronomy-and-Horticulture*. 59, 20-30.
- KUTOVA, A., TOMOV, P., BOCKSTAELE E.V. & CARLIER, L. (1998): Dry matter content and productivity of diploid and tetraploid varieties and populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Rasteniiev'dni-Nauki*. 35, 699-701.
- LIDLAW, A.S. (2004): Effect of heading date of perennial ryegrass cultivars on tillering and tiller development in spring and summer. *Grass and Forage Science* 59, 240-249.
- PARK, B.-H. (1980): Untersuchungen zum Entwicklungsverlauf im Primäraufwuchs von perennierenden Futtergräsern. Diss., Universität Gießen.
- SMIT, H.J., TAS, B.M., TAWHEEL, H.Z. & ELGERSMA, A. (2005): Sward characteristics important for intake in six *Lolium perenne* varieties. *Grass Forage Science* 60, 128-135.
- WILKINS, P.W. & HUMPHREY, M.O. (2003): Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. *Journal of Agricultural Science* 140:129–150.

Leistungspotential von di- und tetraploiden Sorten des Deutschen Weidelgrases - Was ist aus der Beschreibenden Sortenliste abzuleiten?

A. Techow, A. Herrmann und F. Taube

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

Einleitung und Problemstellung

Geringe Milchauszahlungspreise bei steigenden Betriebsmittelpreisen stellen Milchviehfutterbaubetriebe vor die Herausforderung, Erlöseinbußen durch Kosteneinsparungen aufzufangen. Im Hinblick auf die Direktkosten liegen Einsparpotentiale vor allem in den Grundfutterkosten. Bei den auf dem Markt angebotenen Futtergräsermischungen ist in den letzten Jahren ein steigender Anteil von tetraploiden Deutsch´ Weidelgrassorten zu verzeichnen. Inwiefern die Ploidiestufe modifizierend auf Ertrag, Futterqualität und die tierische Leistung wirkt, lässt sich aus bisher publizierten Studien nicht eindeutig schlussfolgern, da sowohl positive (BRUINS, 1987; TAMM et al., 2002) als auch negative (O'DONNOVAN and DELABY, 2005; GOWEN et al., 2003; ORR et al., 2005) Effekte dokumentiert wurden. Dies mag aber auch darin begründet sein, dass aufgrund der Versuchsdesigns eher allgemeine Sortenunterschiede als Ploidieeffekte zum Tragen kamen. Ziel dieser Untersuchung ist es, den Effekt der Ploidiestufe auf die Ertragsleistung und Anbaueigenschaften von Deutschem Weidelgras zu quantifizieren, basierend auf den Ergebnissen der Beschreibenden Sortenliste der zurückliegenden 25 Jahre.

Material und Methoden

Die hier vorgestellte Untersuchung basiert auf den Ergebnissen der Wertprüfungen von Deutschem Weidelgras der Jahre 1981-2005, d.h. den in der Beschreibenden Sortenliste publizierten Daten. Folgende Merkmale von Ertragsleistung und Anbaueigenschaften wurden analysiert: Trockenmassetrag 1. Schnitt, Jahresertrag, Neigung zu Auswinterung, Neigung zu Lager, Narbendichte, Ausdauer und Anfälligkeit für Rost. Die Daten wurden einer Kovarianzanalyse unterzogen (Proc GLM, SAS9), unter Berücksichtigung von Reifegruppe (früh, mittel, spät) und Ploidiestufe (diploid, tetraploid) als klassifizierenden Variablen und dem Jahr als Kovariablen. In Abbildungen 2 und 3 werden die signifikanten Interaktionen bzw. Haupteffekte dargestellt (Irrtumswahrscheinlichkeit 5%).

Ergebnisse und Diskussion

Im Untersuchungszeitraum (1981-2005) ist ein stetiger Anstieg des Anteils tetraploider Sorten zu beobachten. Während im Jahr 1981 nur 11% aller zugelassenen Sorten tetraploid waren, lag der Anteil im Jahr 2005 bei 47% (Abb. 1). Die größte Zunahme erfolgte hierbei in der späten Reifegruppe von 6% in 1981 auf 63% im Jahr 2005, während in der frühen Reifegruppe über den gesamten Zeitraum diploide Sorten dominieren.

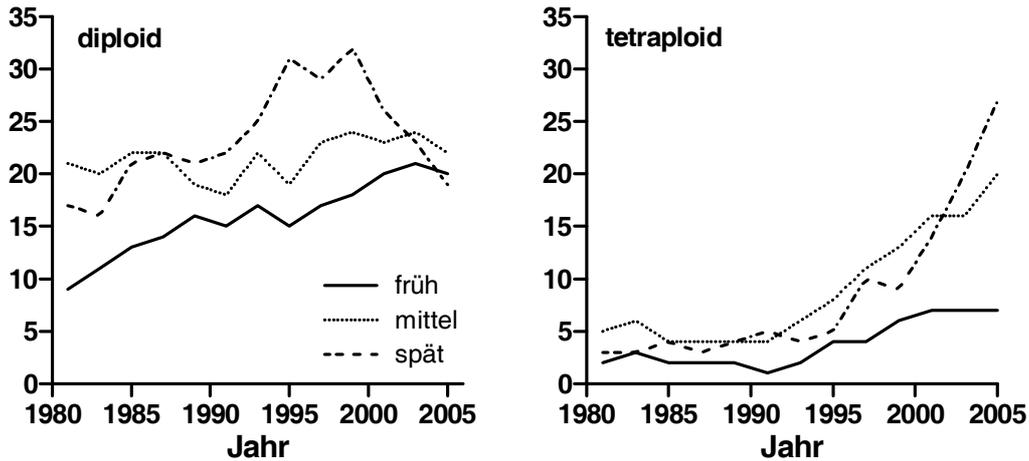


Abb. 1: Anzahl eingetragener diploider und tetraploider Sorten im frühen, mittleren und späten Sortiment von Deutschem Weidelgras.

Die Entwicklung der Ertragsleistung von Deutschem Weidelgras über die letzten 25 Jahre ist in Abb. 2 dargestellt. Für den Ertrag im ersten Aufwuchs belegt die signifikante Interaktion Jahr*Ploidie einen gegensätzlichen Verlauf für diploide und tetraploide Sorten, mit einem Ertragsabfall für diploide und einem unbedeutenden Ertragsfortschritt für tetraploide Sorten. Daraus resultierend ergibt sich eine Ertragsüberlegenheit tetraploider Sorten im ersten Aufwuchs ab dem Jahr 1995. Auch für den Jahresertrag konnte ein Effekt der Ploidiestufe abgesichert werden, mit einem deutlichen Anstieg der Ertragsleistung über den Untersuchungszeitraum für das tetraploide Sortiment, während der Anstieg für die diploiden Sorten nicht signifikant verschieden von null war. Weiterhin kann ein unterschiedlicher Ertragsfortschritt in Abhängigkeit der Reifegruppe dokumentiert werden. So ist für das frühe Sortiment der Ertrag im ersten Aufwuchs über die letzten Jahre statistisch gesichert abgesunken, bei einer unveränderten Leistung im Jahresertrag.

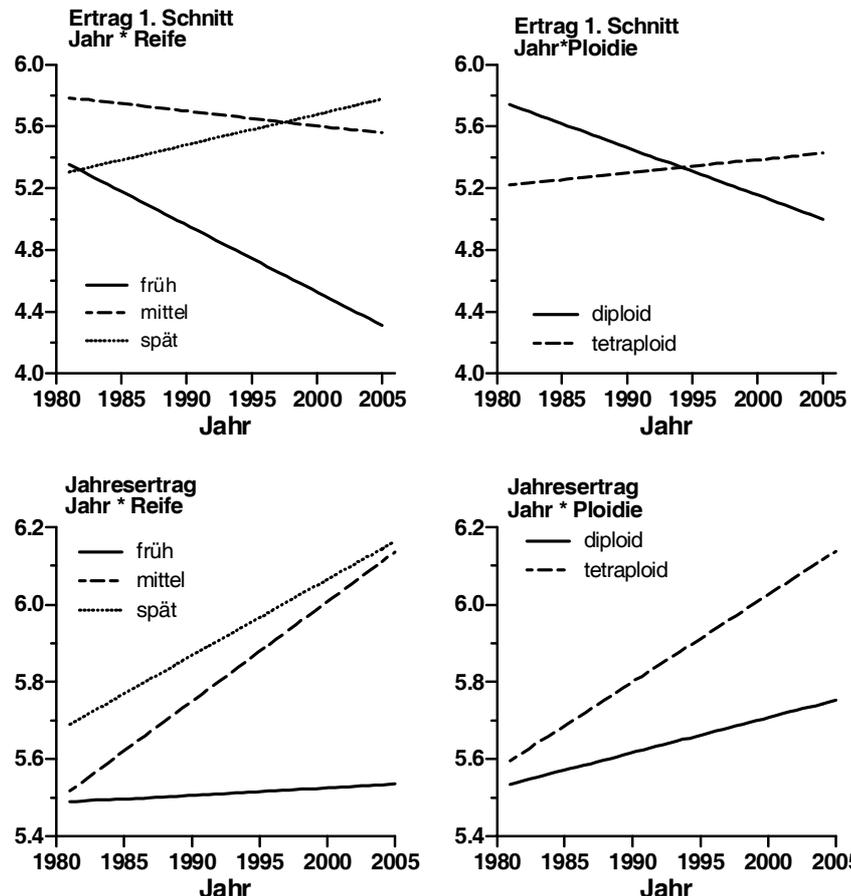


Abb. 2: Entwicklung der Ertragsleistung von Deutschem Weidelgras, dargestellt für den 1. Schnitt und den Jahresertrag im Untersuchungszeitraum 1981-2005.

Für den Leistungsparameter Neigung zu Auswinterung (Abb. 3) erwies sich lediglich der Faktor Jahr als signifikant, d.h. unbeeinflusst von Ploidiestufe und Reifegruppe nahm die Neigung zu Auswinterung über die letzten beiden Jahrzehnte leicht ab. Für die Rostanfälligkeit konnte interessanterweise kein Effekt der geprüften Faktoren und somit kein Zuchtfortschritt auf dem 5%-Fehlerniveau nachgewiesen werden. Die 3-fach Interaktion Jahr*Reife*Ploidie für das Merkmal Narbendichte beruht auf dem unterschiedlichen Verhalten der mittleren und späten Reifegruppe im diploiden Sortiment. Eine Veränderung der Narbendichte war hier nicht abzusichern, während sich alle anderen Varianten durch eine signifikante, wenn auch nicht immer relevante, Steigerung der Narbendichte auszeichneten. Eine Veränderung des Merkmals Ausdauer war für die früh-tetraploiden, mittel-diploiden und spät-diploiden Sorten nicht gesichert, während für die früh-diploiden und mittel-tetraploiden Sorten eine signifikante Verbesserung und für die spät-tetraploiden Sorten eine Abnahme festzustellen war. Was die Neigung zu Lager betrifft, erwiesen sich sowohl die Wechselwirkung Jahr*Ploidie als auch Jahr*Reife als signifikant. Tetraploide Sorten waren zu Beginn des Untersuchungszeitraums zwar durch eine etwas geringere Lagerneigung im Vgl. zu diploiden Sorten charakterisiert, allerdings stieg die Lagerneigung der tetraploiden Sorten stärker an, so dass mittlerweile beide Ploidiestufen über ähnliche Ausprägungen des Merkmals verfügen. Im frühen Sortiment stieg die Lagerneigung signifikant geringer an als im mittleren und späten Sortiment.

Schlussfolgerungen

Die Auswertung der Beschreibenden Sortenliste dokumentiert deutliche Effekte bezüglich der Entwicklung des Ertrages als auch weiterer Leistungsparameter von Deutschem Weidelgras. Ein höheres Ertragspotential für tetraploide Sorten ist sowohl für den Ertrag im ersten Aufwuchs als auch für den Jahresertrag erkennbar. Für die Parameter Narbendichte und Ausdauer hingegen deutet sich eine Überlegenheit der diploiden Sorten an. Die beobachteten Effekte sind zum einen sicherlich auf züchterische Aktivitäten zurückzuführen, können aber in gewissem Umfang auch durch andere Effekte, wie beispielsweise den Wechsel von Verrechnungssorten hervorgerufen werden.

Literatur

- BUNDESSORTENAMT: Beschreibende Sortenliste "Futtergräser, Esparssette, Klee, Luzerne", Ausgaben 1981-2005.
- BRUINS, W.J. (1987): Intake of tetraploid perennial ryegrass. Publikatie, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij 46, 8-11.
- GOWEN, N., O'DONNOVAN, M., CASEY, I., RATH, M., DELABY, L. & STAKELUM, G. (2003): The effect of grass cultivars differing in heading date and ploidy on the performance and dry matter intake of spring calving dairy cows at pasture. *Animal Research* 52, 321-336.
- O'DONOVAN, M. and DELABY, L. (2005): A comparison of perennial ryegrass cultivars differing in heading date and grass ploidy with spring calving dairy cows grazed at two different stocking rates. *Animal Research* 54, 337-350.
- ORR, R.J., COOK, J.E., YOUNG, K.L., CHAMPION, R.A. & RUTTER, S.M. (2005): Intake characteristics of perennial ryegrass varieties when grazed by yearling beef cattle under rotational grazing management. *Grass and Forage Science* 60, 157-167.
- TAMM, U. and TAMM, S. (2003): The effect of cutting frequency on yield and nutritive value of diploid and tetraploid perennial ryegrass varieties. *Agraarteadus* 14, 96-102.

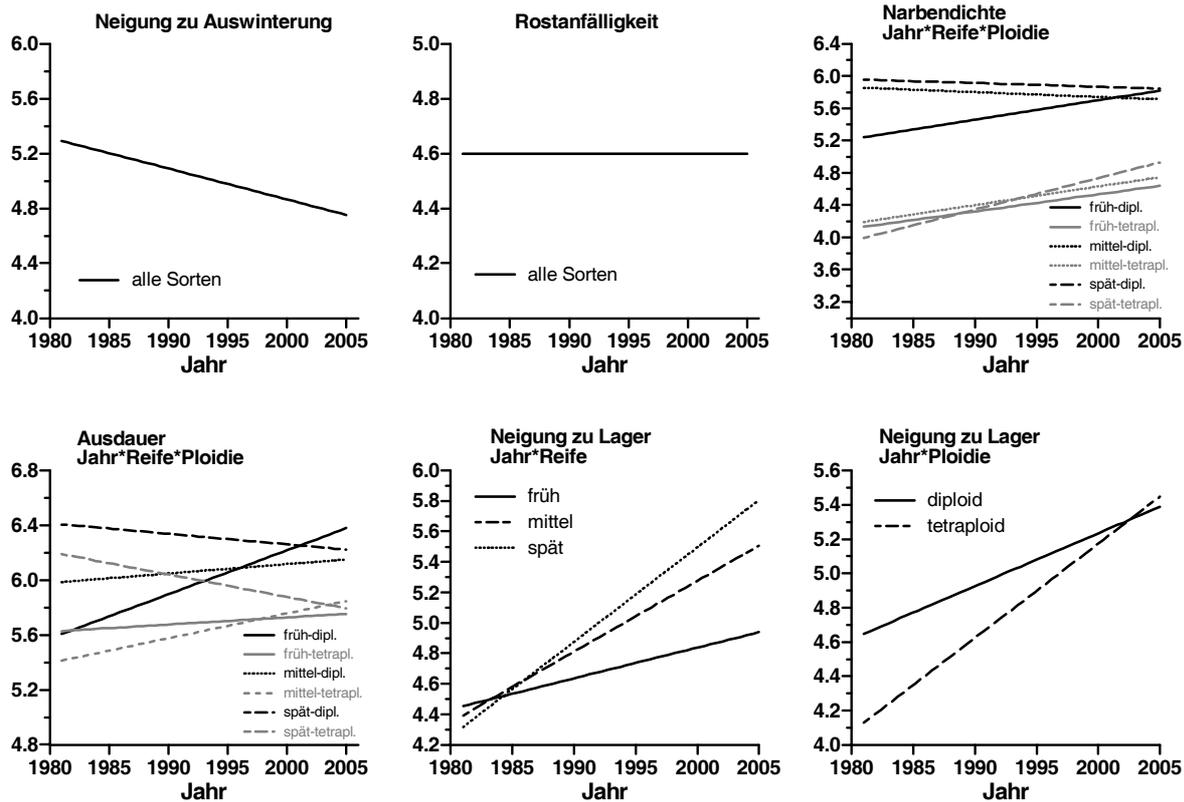


Abb. 3: Entwicklung der Leistungsparameter Neigung zu Auswinterung, Rostanfälligkeit, Narbendichte, sowie Neigung zu Lager im Untersuchungszeitraum 1981-2005.

Einfluss verschiedener Nutzungssysteme auf Ertragsleistung und Qualität von Ackerkleegrasbeständen im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeit einer Winterbeweidung

D. Westphal, R. Loges und F. Taube

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

Einleitung und Problemstellung

Die Ertragsleistung und die Futterqualität von Ackerkleegrasbeständen werden durch die Ansaatmischung aber auch durch die Art der Bewirtschaftung der Bestände beeinflusst (LOGES, 1998). Neben der reinen Schnittnutzung und der Nutzung als Gründüngung besteht die Möglichkeit der Nutzung als Mähweidesystem. Weidehaltung gilt im Vergleich zur Schnittnutzung von Beständen als deutlich kostengünstiger (JAKOB, 2003). Von daher sollte

aus ökonomischen Gründen eine maximale Weidedauer angestrebt werden. Durch eine Winteraußenhaltung von Rindern können zum einen die Gebäudekosten reduziert werden, zum anderen können so Kosten für die Winterfutterkonservierung eingespart werden.

Auf Dauergrünlandflächen kann die Winterbeweidung in unseren Klimaten viele Probleme mit sich führen. Ausscheidungen der Tiere können zu Nährstoffeintägen ins Grund- und Oberflächenwasser führen (BUCHGRABER *et al.*, 2006). Außerdem führen hohe Besatzdichten besonders an Liege-, Fress- und Tränkeplätzen zu starken Trittschäden im Boden und auf der Grasnarbe. Durch die Winteraußenhaltung von extensiven Rinderrassen oder Schafen auf Ackerkleegrasschlägen, die ohnehin im darauf folgenden Frühjahr umgebrochen werden, ließen sich diese Probleme verringern oder ganz ausschließen.

Ziel dieses Projektes ist die Prüfung unterschiedlicher Klee-gras-Saatmischungen in Bezug auf Ertragsleistung, Futterqualität und Eignung zur Winterbeweidung, deren Vorfruchtwirkung auf nachfolgenden Sommerweizen aber auch auf Gefahren einer möglichen N-Auswaschung.

Die Hypothese des Projektes ist, dass es mit Klee-gras-Gemengen gelingen kann, extensivere Mutterkuhrassen bzw. Mutterschafe - mit Ausnahme von Zufütterungen bei länger anhaltenden Schneelagen - ohne große Gewichtsverluste über den Winter zu bringen. Besonders berücksichtigt wird dabei der Rohrschwengel, da dieser als wintergrüne Grasart gilt und in anderen Untersuchungen Vorteile gegenüber Dt. Weidelgras aufwies (OPITZ V. BOBERFELD, W. & BANZHAF, K., 2004). In Bezug auf Umweltaspekte wird dabei davon ausgegangen, dass im Vergleich zur Beweidung oder zum Mulchschnitt im Oktober, die Beweidung des letzten Aufwuchses durch die zeitliche Verschiebung der Nutzung sogar zu geringeren N-Auswaschungen führt.

Tab. 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen des Klee-gras-Versuches

Faktor	Faktorstufe	Beschreibung
1. Mischungspartner Grasart	1.1 Dt. Weidelgras, Indiana (DW)	Wichtigste Grasart im Klee-gras-anbau
	1.2 Rohrschwengel, Kora (RS)	Wintergrüne, tiefwurzeln-de Grasart
2. Mischungspartner Leguminose	2.1 Weißklee, Klondike (WK)	Typische Leguminosenarten des Ackerfütterbaus
	2.2 Rotklee, Amos (RK)	
	2.3 Luzerne, Daisy (LZ)	
3. Nutzungssystem	3.1 Gründüngung	3 Mulchschnitte
	3.2 Schnittnutzung	3 Siloschnitte
	3.3 Mähweide	2 Siloschnitte...
	3.3.1 Herbstbeweidung	... + Beweidung Anfang Oktober
	3.3.2 frühe Winterbeweidung	... + Beweidung Anfang Dezember
4. Versuchsperiode	3.3.3 späte Winterbeweidung	... + Beweidung Anfang Januar
	4.1 2005 / 2006	aus Untersaat 2004

Material und Methoden

Zur Durchführung der vorgestellten Untersuchung wurden auf dem im ostholsteinischen Hügelland gelegenen Bioland-Betrieb Hof Ritzerau (Bodenart: IS, 48 Bp, 8,5°C Jahresdurchschnittstemperatur, 750 mm Durchschnittsjahresniederschlag) Klee-gras-Bestände mit unterschiedlichen Leguminosen- und Grasarten in dreifacher Wiederholung etabliert und differenziert genutzt (Tab. 1). In der randomisierten Blockanlage

mit dreifacher Wiederholung wurden die sechs Ansaatmischungen eines Blocks gemeinsam sieben Tage mit 46 Schafen beweidet. Die Parzellengröße betrug 24 x 18 m.

Zu jeder Nutzung wurden die Trockenmasseerträge bestimmt und die Futterqualitätsparameter Rohproteingehalt (RP) und Energiegehalt (NEL) über NIRS ermittelt.

Die statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit dem Programmpaket SAS Version 8.0. Die Varianzanalysen wurden mit der Prozedur GLM durchgeführt. Die multiplen Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem Student-Newman-Keuls-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %.

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Versuchsjahr 2005 führte die Begleitgrasart Rohrschwingel im Vergleich zum Dt. Weidelgras zu niedrigeren Leguminosen-Ertragsanteilen aber gleichzeitig zu höheren Gesamtbestands-TM-Erträgen (Abb. 1A). Rotklee und Luzerne erwiesen sich im Vergleich zum Weißklee als deutlich konkurrenzkräftiger gegenüber beiden Begleitgräsern. Hinsichtlich des RP- bzw. Energiegehaltes der Leguminosenfraktion zeigte Weißklee die höchsten und Rotklee die niedrigsten Werte (Abb. 2). Auf den nach mehrjährigem Getreideanbau stickstoffarmen Böden führten Rotklee- und Luzernegrasbestände aufgrund der höheren Leguminosenanteile im Vergleich zu den Weißkleeergrasbeständen jeweils zu höheren TM-Erträgen, RP-Gehalten im Begleitgras sowie RP-Gehalten (Abb. 2A) im Gesamtbestand und damit auch zu höheren N-Erträgen (Abb. 1B). Im Gegensatz dazu wiesen die Mischungen mit Weißklee die höchsten Energiekonzentrationen auf (Abb. 2B).

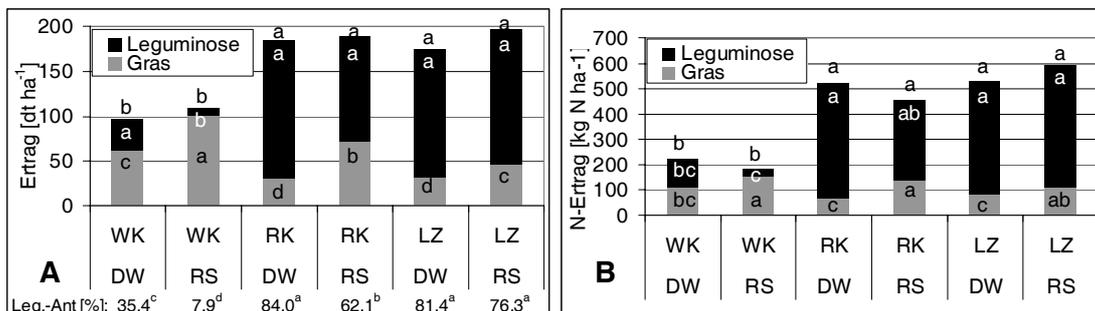


Abb. 1: Einfluss der Saatmischung auf den Leguminosenanteil, die Trockenmasseerträge, sowie auf den Jahres-Stickstoffertrag des Gesamtbestandes, sowie der Fraktionen bei dreimaliger Schnittnutzung (2005).¹

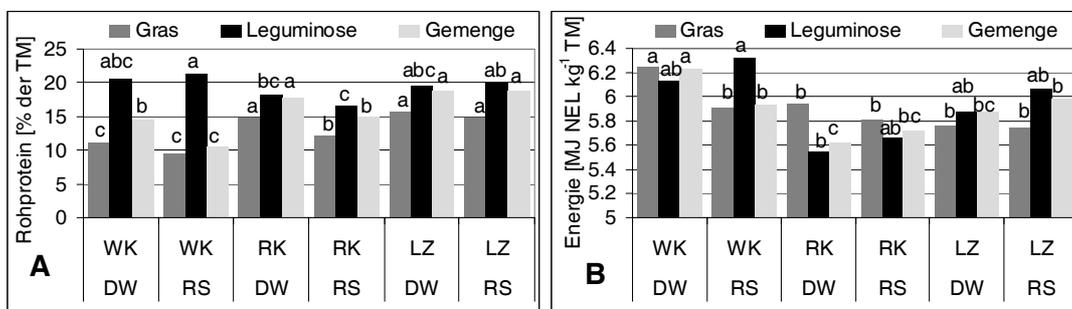


Abb. 2.: Einfluss der Saatmischung auf den Rohproteingehalt und den Energiegehalt des Gemenges, sowie der Fraktionen im Jahresertrag bei dreimaliger Schnittnutzung (2005).¹

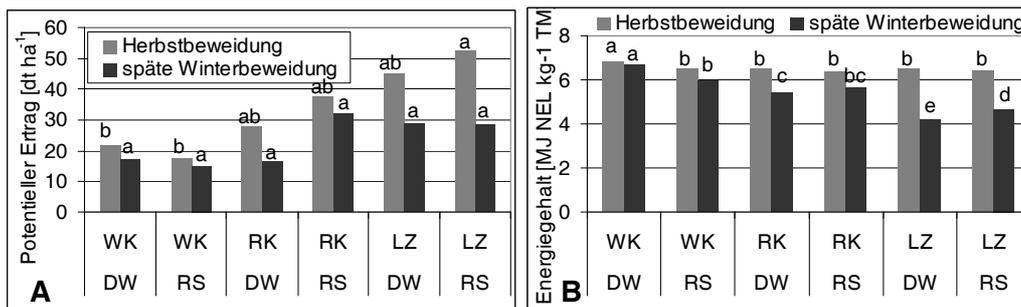


Abb. 3.: Einfluss der Saatmischung auf den potentiellen Trockenmasseertrag und den Energiegehalt des 3. Aufwuchses bei Herbst- bzw. später Winterbeweidung im Winter 2005/06.²

Innerhalb der Abbildungen 1 bis 3 sind auf den Faktor Saatmischung zurückzuführende Unterschiede innerhalb ¹einer Fraktion / ²eines Beweidungstermins jeweils durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet.

Die potentiellen Erträge zeigten beim Vergleich der Herbstbeweidung (Anfang Oktober) mit der späten Winterbeweidung (Anfang Januar) des 3. Aufwuchses, dass alle Mischungen bei der Herbstbeweidung höhere Mengen an beweidbarer Sprossmasse (Abb. 3A) bzw. höhere Energiegehalte (Abb. 3B), sowie bei fast allen Mischungen höhere RP-Gehalte aufwiesen (o. Abb.). Im Herbst wiesen die Bestände mit Weißklee die niedrigsten Erträge an TM, RP, und Energie auf. Bei später Winterbeweidung nahmen die Erträge vorwiegend in den Mischungen mit Rotklee und Luzerne ab, sodass sich die RP- bzw. Energieerträge der Bestände den Mischungen mit Weißklee annäherten (o. Abb.). Im Vergleich zu den Beständen mit Weißklee, die besonders geringe Verluste hinnehmen mussten, waren in den Beständen mit Luzerne in Folge hoher Luzerne-Blattverluste hohe Abnahmen an beweidbarer Biomasse bzw. bei den Rohprotein- und Energiegehalten in der Zeit von Oktober bis Januar zu verzeichnen.

Schlussfolgerungen

Im Versuchsjahr 2005/06 waren unter den gegebenen Bedingungen bei ausschließlicher Schnittnutzung Rotklee und Luzerne dem Weißklee vorzuziehen. Die Mindestenergiekonzentration für die Erhaltungsfütterung von Mutterkühen von ca. 4,5 MJ NEL kg⁻¹ TM konnte bei einer Winterbeweidung nur von den Saatmischungen mit Weißklee bzw. Rotklee erzielt werden. Bei Mischungen mit Luzerne, war die bei Energiekonzentrationen knapp bemessen (GFE, 2001). Unter den gegebenen Bedingungen hatte die Begleitgrasart nur geringen Einfluss auf die Eignung der Bestände zur Winterbeweidung. Rohrschwengel zeigte im Rahmen dieser Untersuchung in Bezug auf Ertrag und Futterqualität im Spätherbst und Winter keine Vorteile gegenüber dem Dt. Weidelgras auf.

Die Ergebnisse des zweiten Nutzungsjahres befinden sich in der Auswertung.

Literatur

BUCHGRABER, K.; PÖTSCH, E. M.; BOHNER, A.; OFNER, E.; GASTEINER, J.; HAUSLEITNER, A. (2006): Ganzjährige Tierhaltung im Freiland - Problemfelder und Lösungsansätze. In: 12. Alpenländisches Expertenforum, S. 19–24.

GFE (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. Frankfurt am Main: DLG-Verl.

- JAKOB, M. (2003): Ökonomische Analyse extensiver Verfahren der Mutterkuh- und Schafhaltung auf der Basis von Plankostenleistungsrechnungen. Diss. Uni Giessen.
- LOGES, R. (1998): Ertrag, Futterqualität, N₂-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotklee grasbeständen. Diss. Uni Kiel: Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung).
- OPITZ V. BOBERFELD, W., BANZHAF, K. (2004) Zu den Winterweideeigenschaften festucoider und loloider Gattungsbastarde unter variierenden Bedingungen, In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 16, S. 231-232

Einfluß der Verbuschung auf Ertrag und Futterqualität des Pflanzenaufwuchses im Grünland

S. Kesting und J. Isselstein

Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen

Einleitung

Halbnatürliche Weidelandschaften stellen wertvolle Habitate für bedrohte Tier- und Pflanzenarten dar. Deren Erhalt bedarf einer Fortführung extensiver Bewirtschaftung. Inwieweit sich bereits verbuschte Flächen wirtschaftlich nutzen lassen, hängt u. a. von Ertrag und Futterqualität des Aufwuchses ab. In einer Gradientenanalyse wurden die Aufwüchse verschiedener Verbuschungsstadien hinsichtlich Ertrag und Futterqualität verglichen.

Material und Methoden

Im Nordosten der Stadt Göttingen (Niedersachsen) befindet sich eine reich strukturierte Muschelkalk-Hügellandschaft mit vorwiegend extensiver Grünlandnutzung. Teilweise erfolgt nur noch eine Mindestnutzung (zweijähriges Mulchen) oder die Flächen sind bereits aus der Nutzung herausgenommen worden. Aufgrund der Nutzungsgeschichte sowie unterschiedlicher rezenter Bewirtschaftungsformen ist die Vegetation sehr heterogen. Es dominieren magere Glatthaferwiesen und Weiden. An steileren Passagen des Oberen Muschelkalkes finden sich Fragmente ehemals gut ausgebildeter Kalk-Halbtrockenrasen (*Gentiano-Koelerietum pyramidatae*). Neben Arten des Arrhenatherion *elatoris* sowie des Mesobromion treten vielfach Ruderalarten auf.

In dem Gebiet von etwa 250 ha wurden 30 Versuchsflächen (je 100 m²) so ausgewählt, daß eine möglichst weite Amplitude eines Verbuschungsgradienten abgedeckt wurde. Dieser erstreckte sich von gehölzfreier Grünlandvegetation über mäßig bis stark verbuschte Flächen bis hin zu Vorwaldstadien. Für die Quantifizierung der Verbuschung wurden Höhe und Deckungsgrad der Strauchschicht ermittelt. Aus dem Produkt der beiden Parameter ergab sich eine Maßzahl, die sich in logarithmierter Form gut für die Beschreibung der Verbuschung eignete (im folgenden Verbuschungsgrad genannt).

Die ermittelten Trockenmassen bezogen sich auf die maximal stehende Biomasse Mitte Juni („peak standing crop“). Pro Versuchsfläche wurde dazu die Vegetation von viermal 1 m² beerntet und bei 60°C getrocknet. Anschließend wurde das zerkleinerte und auf 1 mm gesiebte Pflanzenmaterial mit einem NIR-Spektroskop analysiert. Mit Hilfe von Regressionsgleichungen wurden daraus die Inhaltsstoffe geschätzt (VDLUFA Qualitätssicherung, Kassel). Die umsetzbare Energie wurde nach (POTTHAST et al. 1997), und die Verdaulichkeit nach (MENKE & STEINGASS 1987) aus der Gasbildung berechnet.

Der Einfluß der Verbuschung wurde durch lineare Regression mit dem Statistikprogramm „R“ V.2.5.1. (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2007) getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Der Pflanzenaufwuchs wies einen relativ hohen Rohfasergehalt (26 %) sowie einen geringen Rohproteingehalt (11.6 %) auf. Dies war durch den späten Beprobungstermin (Mitte Juni) bedingt, welcher jedoch den Nutzungsvorgaben der Naturschutzbehörde entsprach. Damit eignet sich das Futter für extensive Mutterkuh-, Pferde- sowie Schafhaltung (DLG 1997, SPATZ 1994). Der durchschnittliche Energiegehalt (ME) lag bei 9.6 MJ/kg TM, die Verdaulichkeit der organischen Substanz bei 62 % OS (Tab. 1).

Besonders große Unterschiede zwischen den Flächen bestanden bei den Parametern wasserlösliche Kohlenhydrate (Antron) und Rohprotein. Mit zunehmender Verbuschung stiegen Rohprotein-, Rohfettgehalt und umsetzbare Energie, während der Kohlenhydratgehalt im Aufwuchs sank. Die Trockenmasse ging mit steigender Verbuschung erwartungsgemäß zurück und erreichte bei extremer Verbuschung (Vorwaldstadium) Werte unter 0.5 t/ha (Abb. 1, Tab. 2). Die Blattmasse der Bäume und Sträucher wurde nicht berücksichtigt.

Tab. 1: Übersicht zu Inhaltsstoffen, Verdaulichkeit und Energiegehalt des Pflanzenaufwuchses. XP: Rohprotein, XF: Rohfaser, XL: Rohfett, ADF: Säure-Detergenz-Faser, XZ: wasserlösliche Kohlenhydrate (alle Werte in % TM); ME: umsetzbare Energie [MJ], VQOS: Verdaulichkeit der organischen Substanz [% OS].

	XP	XF	XL	ADF	XZ	ME	VQOS
Mean	11.7	26.1	2.8	29.5	8.1	9.6	62.4
SD	2.7	4.2	0.4	3.0	3.2	0.3	2.0
Min	7.2	17.6	1.7	23.8	3.1	8.9	59.0
Max	17.1	33.7	3.5	34.8	15.1	10.2	65.9
CV [%]	22.8	16.2	15.2	10.1	39.2	3.1	3.2

Die Abnahme des Kohlenhydratgehaltes ist durch die geringeren Photosyntheseraten aufgrund der Beschattung durch die Gehölze zu erklären. Da der Lichtmangel die Assimilation der Kohlenhydrate stärker begrenzt als die Stickstoff-Aufnahme, nehmen Rohprotein- und Rohfettgehalt relativ zu. Damit steigt auch der Energiegehalt des Futters. Eine weitere Erklärung für die höheren Energiegehalte bei stärkerer Verbuschung ist in der veränderten Artenzusammensetzung zu sehen. Die verbuschten Standorte tendierten zu einem höheren Anteil von Kräutern in der Vegetation.

Aufgrund der Selektivität extensive Beweidung können bei reduzierter Flächenleistung individuelle Tierleistungen erreicht werden, die mit denen intensiver Systeme vergleichbar sind (DUMONT et al. 2007). Bei entsprechender Narbenheterogenität ist dies auch für verbuschte Flächen anzunehmen. Dies gilt insbesondere als gezeigt werden konnte, daß verbuschte Flächen energiereichere Aufwüchse zur Verfügung stellen.

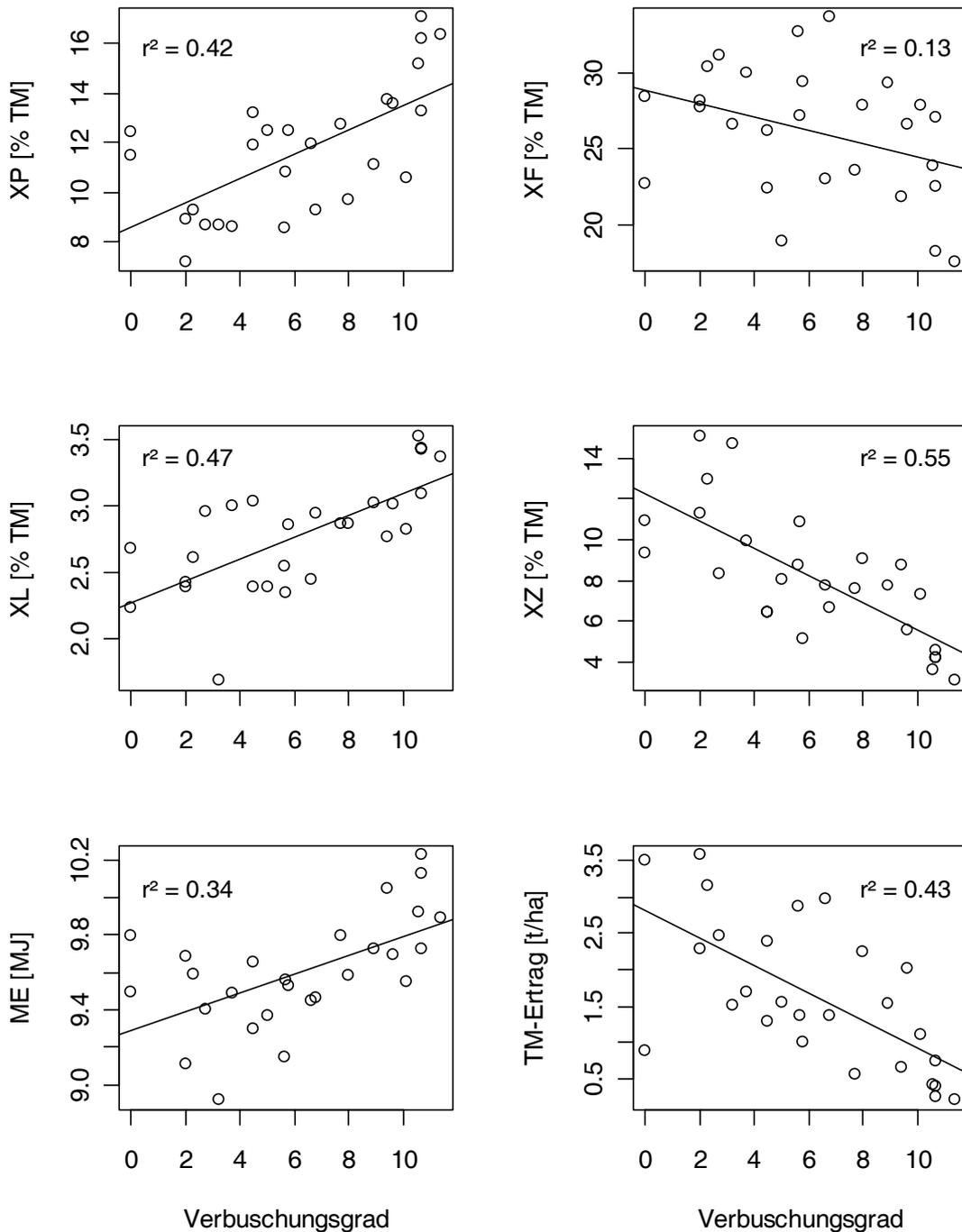


Abb. 1: Einfluß des Verbuchungsgrades auf Qualität und Quantität des Futters, lineare Regression.

Zusammenfassung

Die Verbuchung wirkt durch Beschattung auf die Vegetation der Krautschicht, was zu einer Verringerung der Aufwuchsleistung aber auch zu Veränderungen in der Futterqualität führt. Rohprotein-, Rohfettgehalt und umsetzbare Energie nehmen mit der Verbuchung zu, während der Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten im Aufwuchs sinkt. Aufgrund der Selektivität der Beweidung können solche Flächen mit reduziertem Besatz effizient genutzt

werden.

Tab. 2: Einfluß des Verbuschungsgrades auf die Qualität des Futters, lineare Regression.

	Schätzwert	R ²	P (> t)	
XP	0.49	0.42	0.0003	***
XF	-0.44	0.13	0.060	.
XL	0.08	0.47	8.58e-05	***
ADF	0.14	0.03	0.425	
XZ	-0.67	0.55	1.03e-05	***
ME	0.05	0.34	0.0016	**
VQOS	-0.15	0.07	0.0326	
Signifikanzniveau	0	0.001	0.01	0.05

Literatur

DLG. 1997. DLG-Futterwerttabellen - Wiederkäuer. DLG-Verl.

DUMONT, B., A. J. ROOK, C. CORAN & K.-U. RÖVER. 2007. Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 2. Diet selection. Grass and Forage Science **62**:159-171.

MENKE, K. H. & H. STEINGASS. 1987. Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. II. Regressionsgleichungen. Übers. Tierernährung **15**:59-99.

POTTHAST, V., R. HAVERKAMP, & M. RODEHUTSCORD. 1997. Ableitung von Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Grasprodukten unter Verwendung von in-vitro-Parametern (Gasbildung, Cellulase-Löslichkeit). Das Wirtschaftseigene Futter **43**:205-216.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2007. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SPATZ, G. 1994. Freiflächenpflege. Ulmer, Stuttgart.

Einfluss von Weidesystem und Beweidungsintensität auf die Produktivität von natürlichen Graslandbeständen der Inneren Mongolei/ China

P. Schönbach¹, A. Schiborra¹, M. Gierus¹, K. Müller² und F. Taube¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grünland und Futterbau/ Ökolog. Landbau - CAU Kiel

²Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie - CAU Kiel

Einleitung und Problemstellung

Die Degradierung der natürlichen Grünlandbestände im chinesischen Hochland als Folge intensiver landwirtschaftlicher Nutzung und klimatischer Veränderungen hat weit reichende ökologische und sozioökonomische Konsequenzen. Vor diesem Hintergrund führt die aus zehn Teilprojekten bestehende DFG-Forschergruppe MAGIM (Matter fluxes in grasslands of Inner Mongolia as influenced by stocking rate – www.magim.net) seit 2004 Feldversuche in der Inneren Mongolei/ China durch. Der Standort (116°42' E, 43°38' N) ist auf dem mongolischen Plateau 1200 m ü. NN gelegen und zeichnet sich durch ein semi-arides Steppenklimate aus. Der Jahresniederschlag liegt bei durchschnittlich 340 mm und die mittlere Jahrestemperatur bei 1,7°C. Das Teilprojekt P3 (AG Grünland und Futterbau /Ökologischer Landbau, Universität Kiel) führt in Kooperation mit dem Teilprojekt P4 (AG Tierernährung und Stoffwechselphysiologie, Universität Kiel) seit 2005 einen groß angelegten Beweidungsversuch mit Schafen am eingangs beschriebenen Standort durch. Ziel ist die Überprüfung von Mechanismen, die zur Degradierung von natürlichen Grünlandbeständen in der Inneren Mongolei führen. Dabei wird der Einfluss unterschiedlicher Weidesysteme und Beweidungsintensitäten auf die Parameter Ertragsbildung und Futterqualität quantifiziert. Dem Versuch liegt die Annahme zugrunde, dass ein jährlicher Wechsel zwischen Weide- und Heufläche (Mixed System) im Vergleich zu kontinuierlicher Beweidung (Traditional System) mittelfristig höhere Erträge erzielt. Die gemessenen Größen sollen außerdem als Anzeiger kritischer Bestandsveränderungen fungieren. Im vorliegenden Beitrag werden erste Ergebnisse des Weideversuchs aus 2005 und 2006 vorgestellt.

Material und Methoden

Der Weideversuch umfasst eine Fläche von rund 160 ha und ist als Split-Block Anlage konzipiert. Aufgrund naturräumlicher Heterogenitäten in der *Leymus chinensis* und *Stipa grandis* dominierten Fläche, ist der Versuch in zwei Blöcke (Slope und Flat) gegliedert. Es werden zwei Nutzungssysteme (Mixed System und Traditional System) mit jeweils sieben Intensitäten (0/ 1,5/ 3/ 4,5/ 6/ 7,5/ 9 Schafe ha⁻¹) untersucht. Jede Beweidungsintensität besteht aus zwei mindestens 2 ha großen Flächen, wovon eine als Weide (Beweidungstage 2005: 97 Tage, 2006: 87 Tage) und eine dem Heuschnitt dient. Die Flächen der geringsten Beweidungsintensität (1,5 Schafe ha⁻¹) sind 4 ha groß, so dass mit einem Minimum von sechs Schafen ha⁻¹ eine Beweidungsintensität von 1,5 Schafen ha⁻¹ gewährleistet ist. Im Traditional System erfolgen die Beweidung und die Schnittnutzung in allen Versuchsjahren jeweils auf denselben Flächen. Das Mixed System zeichnet sich dagegen durch einen

jährlichen Wechsel zwischen Weide und Heufläche aus. In beiden Systemen erfolgt der Heuschnitt Mitte August.

Die Beprobung der oberirdischen Biomasse fand in vierwöchigen Abständen während der Vegetationsperiode (Mai bis September) statt. Für die Ermittlung des Trockenmasseertrages der beweideten Flächen wurden an drei Beprobungspunkten 2 x 3 m große Weidekäfige aufgestellt. Es wurden jeweils innerhalb und außerhalb der installierten Weidekäfige Proben bis zu einer Stoppelhöhe von 1 cm geschnitten (3 x 0,5 m²). Um neben dem Jahresertrag auch monatliche Zuwachsraten bestimmen zu können, wurden die Käfige im Zuge der vierwöchigen Beprobungszyklen standortnah umgesetzt. Anschließend wurden die drei Einzelproben gewogen, zu einer Mischprobe vermengt und 24 h bei 60°C getrocknet. Die angegebenen Erträge beziehen sich auf einen bei 60°C ermittelten und anschließend auf 105°C korrigierten Trockenmassegehalt.

Die varianzanalytische Auswertung der Trockenmasseerträge erfolgt mit Mixed Modell (Proc Mixed, SAS 9.0). Block- und Dreifachinteraktionen wurden bei der Auswertung der Jahreserträge nicht berücksichtigt. Bei signifikantem F-Test ($P < 0,05$) erfolgte die Prüfung der Werte mittels Student t-Test und anschließender Bonferroni-Holm Korrektur.

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse ergab für das Jahr 2005 Effekte des Prüffaktors System (S). Bei der Auswertung des Jahres 2006 zeigte die Varianzanalyse Effekte aller Hauptfaktoren (System, Block und Intensität). Interaktionseffekte ergaben sich weder in 2005 noch in 2006. In Tab. 1 sind die Erträge für 2005 und 2006 in Abhängigkeit der Besatzdichten gemittelt dargestellt. Die Produktivität nimmt systemunabhängig mit zunehmendem Beweidungsdruck ab. Demnach führen höhere Beweidungsintensitäten zu abnehmenden jährlichen Trockenmasseerträgen. Der gefundene Zusammenhang zwischen Beweidungsintensität und Trockenmasseertrag wird u. a. auch von PARSONS & JOHNSON (1985) dokumentiert. Im Gegensatz dazu wiesen SCHIBORRA et al. (2006) in einem simulierten Weideversuch in der Inneren Mongolei Ertragszunahmen mit zunehmender Nutzungshäufigkeit nach. Der Versuch war dem in diesem Beitrag vorgestellten Weideexperiment vorausgegangen. Die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen dem Vorversuch und dem Weideexperiment lassen vermuten, dass die Schnitthäufigkeit nicht unmittelbar die Weidesituation wiedergibt.

Entgegen der eingangs formulierten Hypothese liegen die mittleren Trockenmasseerträge im Traditional System in beiden Jahren deutlich über den Erträgen im Mixed System (vgl. Tab. 1). Das unterschiedliche Ertragsniveau ist allerdings weniger auf Behandlungseffekte als vielmehr auf Flächenheterogenitäten zurückzuführen. So zeichnen sich einige Flächen im Block Flat des Traditional Systems aufgrund ihrer Gunstlagen durch eine besonders hohe Produktivität aus.

Weitere statistische Analysen sind daher notwendig, um den Einfluss naturräumlicher Störgrößen zu minimieren. Eine Möglichkeit stellt der Vergleich der Erträge zwischen den Jahren 2005 und 2006 dar. Die relative Differenz verdeutlicht die flächenbezogene Entwicklung in den untersuchten Systemen (vgl. Abb. 1). Im Gegensatz zu den in Tab. 1 dargestellten Ergebnissen, ergab die statistische Auswertung der Differenzen keine Effekte der Prüffaktoren System, Block und der Interaktion S*I. Unter Berücksichtigung der monatlichen Erträge wirken die Faktoren Periode (P) und Intensität (I) signifikanten Einfluss auf den Ertrag aus. Ebenso lässt sich ein Effekt der Interaktionen S*P, S*I*P und S*B dokumentieren. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die Erträge im Traditional System zu Beginn der Vegetationsperiode (Juni und Juli) besser entwickelt haben als im Mixed System. Allerdings lässt sich das nur für geringe und mittlere Beweidungsintensitäten feststellen. So weisen die im Mixed System bewirtschafteten

Flächen in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode eine bessere Ertragsentwicklung auf. Das gilt vor allem für die hohen Besatzdichten (>7,5 Schafe ha⁻¹).

Tab. 1: Ertrag [g TM m⁻²] in den Jahren 2005 und 2006 in Abhängigkeit des Systems und der Beweidungsintensität

Intensität	Mittel	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0
Ertrag 2005 [g TM m⁻²]							
Mixed System	99,1 ^b	121,4	105,9	84,9	96,8	98,8	86,5
Traditional System	140,6 ^a	191,6	141,3	102,2	179,8	119,8	108,8
Mittel beider Systeme		156,5 ^a	123,6 ^a	93,6 ^a	138,4 ^a	109,3 ^a	97,7 ^a
Ertrag 2006 [g TM m⁻²]							
Mixed System	114,8 ^b	123,6	139,1	125,4	103,9	120,0	76,7
Traditional System	142,3 ^a	211,9	152,5	139,3	168,0	105,4	76,8
Mittel beider Systeme		167,7 ^a	145,8 ^a	132,4 ^a	136,0 ^a	112,7 ^{ab}	76,8 ^b

^{a, b} unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen Signifikanzen bei $P < 0,05$

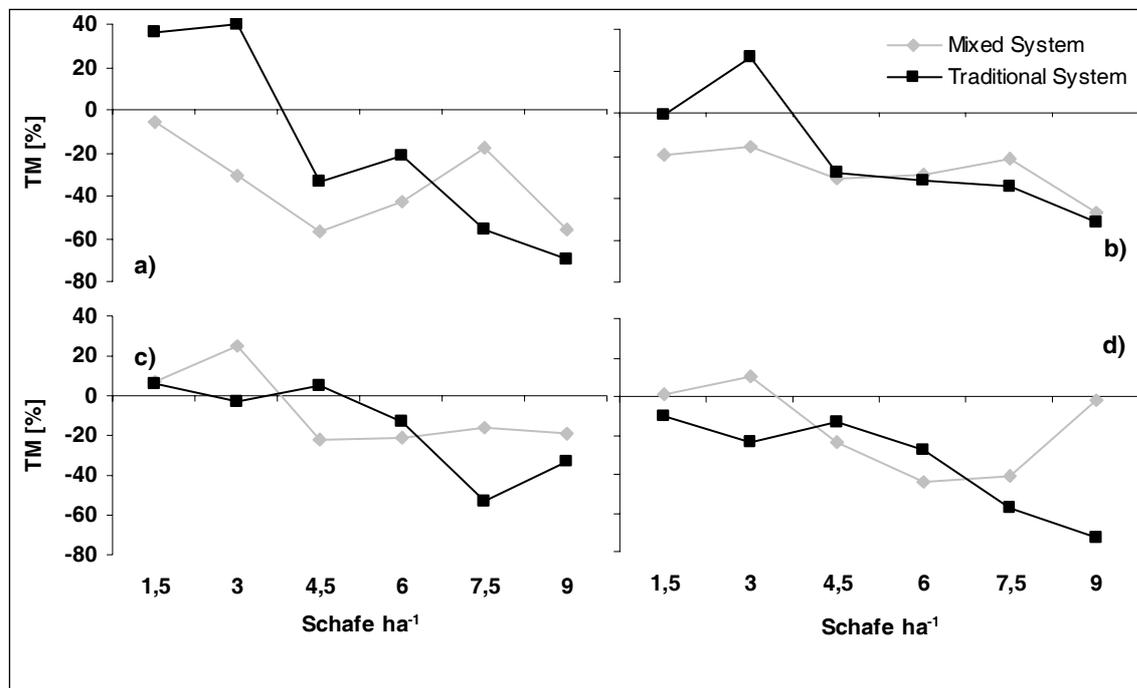
F-Werte 2005: S = 11,61*, B = 6,35 n.s., I = 2,69 n.s., S*I = 0,88 n.s.

F-Werte 2006: S = 10,36*, B = 13,06*, I = 8,83*, S*I = 3,36 n.s.

SE 2005: System = 8,61, Intensität = 14,92

SE 2006: System = 6,04, Intensität = 10,47

Um den Einfluss naturräumlicher Störgrößen weiter zu reduzieren, wird der Einsatz weiterer statistischer Verfahren geprüft. Beispielsweise sollen durch eine räumliche Korrektur (Nachbarschaftsanalyse) die unterschiedlichen Umweltbedingungen bzw. Produktivitäten der Versuchsfläche berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist geplant, naturräumliche Parameter (z. B. Bodenfeuchte) als Kovariable heranzuziehen.



F-Werte: S = 0,00 n.s., B = 2,12 n.s., I = 4,84**, P = 6,82**, S*I = 1,23 n.s., S*P = 3,49*, S*B = 4,05*, S*I*P = 1,64*

a) Juni (SE = 18,91), b) Juli (SE = 15,52), c) August (SE = 15,52), d) September (SE = 19,40)

Abb. 1: Relative Entwicklung der monatlichen Trockenmasseerträge [%] im Jahr 2006 im Vergleich zum Jahr 2005 in den Systemen Mixed und Traditional

Schlussfolgerungen

Die statistische Auswertung der Jahreserträge zeigt den Einfluss der Beweidungsintensität auf die Produktivität. Beim Vergleich der untersuchten Systeme liefert die Auswertung aufgrund der angesprochenen Flächenheterogenitäten nur unzureichende Informationen. Für den Systemvergleich sind die relativen Ertragsentwicklungen nach zwei Versuchsjahren (Differenzerträge) aussagekräftiger. Es wird davon ausgegangen, dass die Behandlungseffekte mit zunehmender Versuchsdauer deutlicher zum Tragen kommen. Diese Annahme wird durch die Varianzanalyse gestützt, die im zweiten Versuchsjahr (2006) deutlich höhere F-Werte der Haupteffekte (Block und Intensität) sowie des Interaktionseffektes (S*I) ergab (vgl. Tab. 1).

Literatur

PARSONS, A. J. UND JOHNSON, I. R. (1985): The Physiology of Grass Growth under Grazing. In: Frame, J., 1985: Grazing. Occasional Symposium 19, *British Grassland Society*.

SCHIBORRA A., GIERUS M., WAN H.W., BAI Y.F. UND TAUBE F. (2006): Einfluss der Nutzungshäufigkeit auf Leistungsparameter einer *Leymus chinensis/Stipa grandis*-Pflanzengesellschaft in der Inneren Mongolei – Ergebnisse aus der DFG-Forschergruppe MAGIM. *Mitteilung der AG Grünland und Futterbau* Band 8, 71-75.

Einfluss eines Rotkleegrasgemenges auf die Leistungsfähigkeit einer dreijährigen Mais-Ackergras Fruchtfolge

R. Wulfes, T. Manning und H. Ott

Fachhochschule Kiel, Fachbereich Landbau, Am Kamp 11, 24783 Osterrönfeld

Einleitung und Problemstellung

Die Grundfutterproduktion in Milchvieh-/Futterbaubetrieben Schleswig-Holsteins basiert im Wesentlichen auf Dauergrünland und Maisanbau in Monokultur auf humos-sandigen Böden der Geest. Der Maisanbau in Monokultur ist mit einer Reihe von Problemen behaftet, wie z. B. Bodenerosion, Humusabbau und Nährstoffverlagerung bei nicht vorhandener Pflanzendecke außerhalb der Vegetationsperiode. Angepasste N-Düngung zum Mais (WULFES *et al.*, 2000) sowie Maisanbau in Fruchtfolgesystemen (VOLKERS, 2005) können besonders die Nährstoffeffizienz positiv beeinflussen. Erste eigene Ergebnisse aus einer fünfjährigen Versuchsserie zur Leistungsfähigkeit von Mais-Ackergras Fruchtfolgen in Schleswig-Holstein zeigen ertragliche und qualitative Vorteile der Gesamtfuchtfolge bei Integration einer Graszwischenfrucht und Nutzung des 1. Aufwuchses im Vergleich zu einer reinen Mais-Monokultur (MANNING *et al.*, 2006) besonders bei hoher N-Intensität. Eine mehrjährige Mais-Ackergras Rotation (Mais – 2jährig Gras) ist dagegen nur bei sehr hohen N-Intensitäten einer Mais-Monokultur ertraglich ebenbürtig. Ziel dieser Arbeit ist es zu prüfen, inwieweit Rotklee unter den Klimabedingungen Schleswig-Holsteins zur Leistungssteigerung

einer dreijährigen Mais-Ackergras Fruchtfolge im extensiven N-Düngungsbereich beitragen kann. Es werden erste Ergebnisse aus einer dreijährigen Rotation vorgestellt.

Material und Methoden

Übersicht 1 zeigt die für diese Auswertung relevanten Varianten (Gesamtversuchsanlage siehe MANNING *et al.*, 2006). Der Feldversuch lief von 2001 bis 2006 auf dem Versuchsstandort Ostenfeld des Fachbereichs Landbau der FH Kiel.

Übersicht 1: Versuchsaufbau

Versuchsfaktoren	Faktorstufen
1. Fruchtfolge (FF):	Mais-Monokultur Mais – 2jährig Ackergras/Rotklee
2. N-Intensität, Ø der FF (N):	extensiv (0 bzw. 80 kg N ha ⁻¹ Jahr ⁻¹ als Gülle) reduziert (160 kg N ha ⁻¹ Jahr ⁻¹ min. bzw. min. + Gülle) optimal (220 kg N ha ⁻¹ Jahr ⁻¹ min. bzw. min. + Gülle)
3. Gülldüngung (G):	0, 20 m ³ (ca. 80 kg N ha ⁻¹ Jahr ⁻¹)
Versuchsstandort:	Ostenfeld (Kiel), IS, ca. 40 Bodenpunkte
Versuchsanlage:	Spaltanlage mit 3 Wiederholungen, 3jährige Rotation 2002-2004, Maissorte Tassilo (S 200), Ackergras A3- Mischung mit/ohne Rotklee)
Untersuchte Parameter:	TM-Ertrag/-Gehalt, NEL-Ertrag/-Gehalt, Stärke-Ertrag/- Gehalt (Mais), N-Ertrag, RP-Gehalt.

Nach einer einjährigen Vorlaufzeit für die Etablierung der verschiedenen Vorfrüchte waren alle Fruchtfolgeglieder in jedem Jahr der 3jährigen Versuchsserie vorhanden. Die N-Intensitäten stellen Mittelwerte über die Fruchtfolgen dar. Die einzelnen Fruchtfolgeglieder wurden entsprechend der N-Intensitäten kulturartspezifisch gedüngt (Mais: 0, 110, 160 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹; Ackergras: 0, 200, 300 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹). Die Rotkleebestände waren nur in der extensiven Düngungsvariante (0 bzw. 80 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ als Gülle) vorhanden. Die tatsächlich ausgebrachte Gülle-N-Menge betrug im Mittel der 3 Jahre 85 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹. Die Gras-/Kleegrasaufwüchse wurden 4-5 mal im Jahr genutzt. Die Qualitätsparameter werden als gewichtete Mittelwerte dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Rotklee in der Rotation führt bei fast allen Parametern des Mais zu besseren Leistungen im Vergleich zu Mais in Monokultur und Mais in einer Mais – Ackergras Fruchtfolge, besonders ohne N-Düngung (Tab. 1). Ertraglich erreicht der Mais nach Rotklee ähnlich hohe Erträge wie optimal mit N versorgter Mais in einer Monokultur (WULFES *et al.*, 2000). Eine Gülldüngung von 80 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ führt zu kaum noch absicherbaren Unterschieden zwischen den Maisbeständen.

In der Gesamtertragsleistung steigert Rotklee im extensiven N-Düngungsbereich die NEL-Ertragsleistung um 30 – 50 % im Vergleich zur Mais – Gras Fruchtfolge (Abb. 1). Für den Äquivalenzertrag der gedüngten Mais – Gras Fruchtfolge werden ca. 150 kg N ha⁻¹ benötigt. Damit erreicht die Rotklee Fruchtfolge ca. 90 % der Ertragsleistung der vergleichbaren Mais-Monokultur bei deutlich höherem N-Ertrag (+ 120 kg N), RP-Gehalt (+ 6 % RP) und NEL-Gehalt (+ 0,2 MJ NEL).

Tab. 1: Ertrags- und Qualitätsparameter von Silomais in Monokultur und in 3jähriger Rotation mit Ackergras und Klee gras bei extensiver Düngung (G = Gülle, Mittel 3 Jahre, 3 Wiederholungen)

Ertragsparameter	TM-Ertrag dt ha ⁻¹		NEL-Ertrag GJ ha ⁻¹		N-Ertrag kg ha ⁻¹	
	80 (G)	0	80 (G)	0	80 (G)	0
Fruchtfolge/kg N ha⁻¹						
Mais-Monokultur	135,89 ^a	108,16 ^c	80,92 ^{ab}	69,05 ^c	115,62 ^b	87,41 ^c
Mais - 2j. Klee gras	143,44 ^a	140,26 ^a	87,67 ^a	87,00 ^a	168,91 ^a	159,19 ^a
Mais - 2j. Acker gras	131,38 ^{ab}	121,40 ^b	80,71 ^{ab}	74,02 ^{bc}	154,48 ^a	128,90 ^b
GD _{0,05}	11,89 ^{***}		7,49 ^{***}		15,53 ^{***}	
Qualitätsparameter	RP-Gehalt		Stärkegehalt		NEL-Gehalt	
	% d. TM		% d. TM		MJ kg TM⁻¹	
Fruchtfolge/kg N ha⁻¹	80 (G)	0	80 (G)	0	80 (G)	0
Mais-Monokultur	5,42 ^c	4,93 ^c	30,25 ^a	30,22 ^a	6,08 ^b	6,26 ^a
Mais - 2j. Klee gras	7,31 ^a	7,13 ^a	23,61 ^c	24,44 ^{bc}	6,10 ^{ab}	6,21 ^{ab}
Mais - 2j. Acker gras	7,31 ^a	6,57 ^b	27,64 ^{ab}	26,32 ^{bc}	6,14 ^{ab}	6,10 ^{ab}
GD _{0,05}	0,50 ^{***}		2,91 ^{***}		0,13 [*]	

Mittelwerte mit gleichen Buchstaben sind nicht gesichert unterschiedlich.

*: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001.

Die insgesamt geringeren Erträge der Mais – Gras-/Rotklee gras Fruchtfolgen im Vergleich zu den Mais-Monokulturen resultieren aus der relativ geringeren Ertragsleistung der Gras-/Klee grasbestände. Der Mais ist in den Fruchtfolgen vergleichbar, wie aus Abbildung 2 hervorgeht. Das Klee gras in der Mais – Rotklee gras Fruchtfolge erreicht einen Ertragsanteil von ca. 50 %, während in den gedüngten Mais – Gras Fruchtfolgen bis zu 65 % Gras produziert wird.

Schlussfolgerungen

Rotklee gras kann die Leistungsfähigkeit der Gesamtertragsleistung und auch die des Maises innerhalb der Fruchtfolge verbessern, besonders im extensiven N-Intensitätsbereich. Die Ertragsfähigkeit (TM und NEL) von Mais-Monokulturen wird allerdings nicht erreicht. Dafür steigt die Futterqualität im Mittel der Fruchtfolge an.

Literatur

MANNING, T., WULFES, R., und OTT, H. (2006): Leistungsfähigkeit von Ackerfutterbaufruchtfolgen im Vergleich zu Silomais-Monokulturen In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.): Die Zukunft von Praxis und Forschung in Grünland und Futterbau. 50. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Ges. für Pflanzenbauwiss., Straubing.

http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/22417/aggf_2006_manning_et_al_roh.pdf

TAUBE, F., WACHENDORF, M., GREEF, J. M. und WULFES, R. (1997): Perspektiven semi-intensiver Produktionssysteme in Milchvieh-/Futterbauregionen Norddeutschlands. *Ber. Ldw.* 75, 586 – 603.

VOLKERS, K. (2005): Auswirkungen einer variierten Stickstoffintensität auf Leistung und Stickstoffbilanz von Silomais in Monokultur sowie einer Ackerfutterbaufruchtfolge auf sandigen Böden Norddeutschlands. *Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel*, 40.

WULFES, R., OTT, H. und TAUBE, F. (2000): Effects of reduced nitrogen application rates on the herbage yield and quality of forage maize. *Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation, Aalborg, Denmark*, 140 – 142.

Der Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft sei an dieser Stelle ganz herzlich für die finanzielle Unterstützung der Arbeit gedankt.

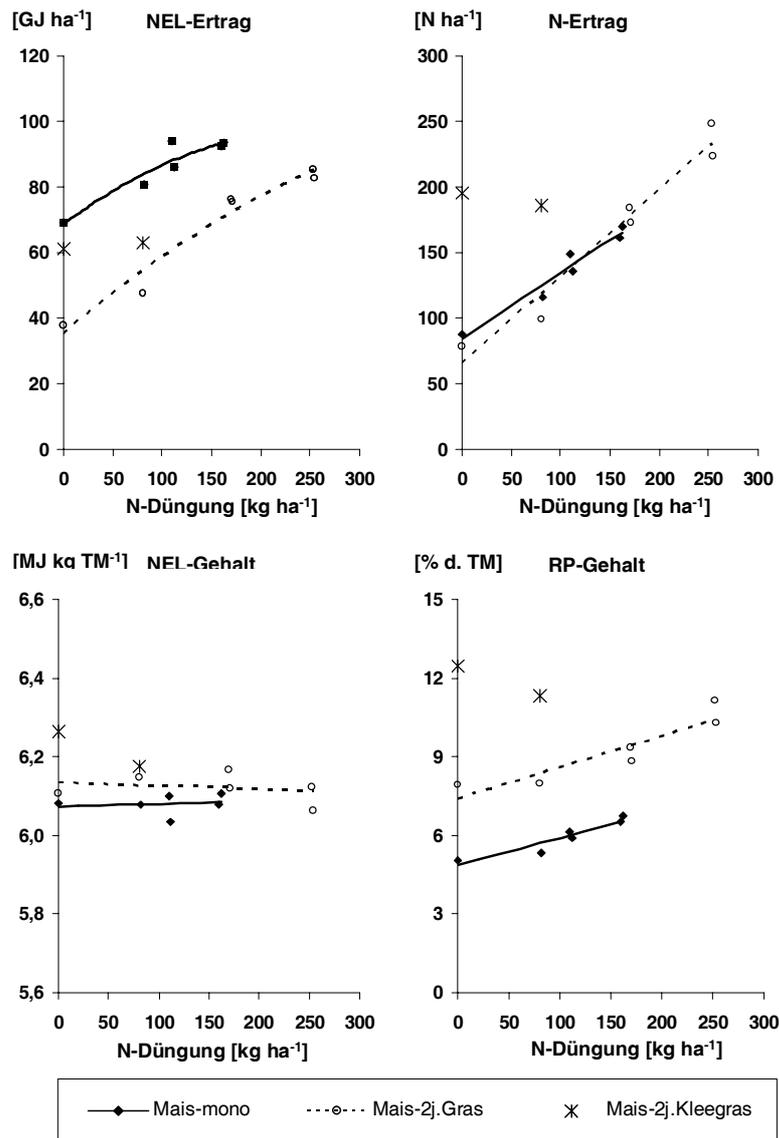


Abb. 1: Mittlerer jährlicher NEL-Ertrag, NEL-Gehalt, N-Ertrag und Rp-Gehalt der Gesamtr Fruchtfolge in Abhängigkeit von der Fruchtfolge und der N-Düngung (N: mineralisch + Gülle, Mittelwert 3 Jahre, 3 Wiederholungen)

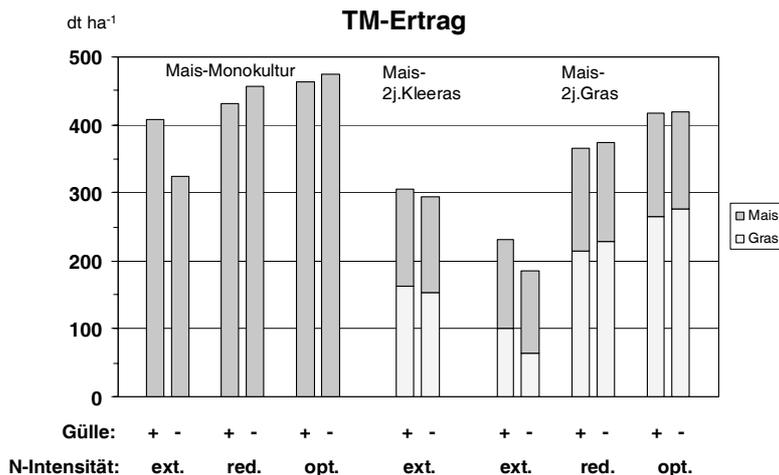


Abb. 2: 3-jährige Mais- und Gras-/Kleegraserträge der Fruchtfolgen in Abhängigkeit von der N-Intensität und der Gülledüngung (Summe über 3 Jahre, Mittel über 3 Wiederholungen)

Düngung von Grünland mit Phosphor und Kalium nach Entzug – Auswirkungen auf die Nährstoffgehalte in der Pflanze und im Boden

B. Greiner, R. Schuppenies, F. Hertwig, H. Hochberg und G. Riehl

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt Iden, Paulinenaauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V., Landesamt für Verbraucherschutz Brandenburg Paulinenaue, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Wandersleben, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Christgrün

Einleitung und Problemstellung

Nach der Düngeverordnung ist ein Gleichgewicht zwischen dem voraussichtlichen Nährstoffbedarf und der Nährstoffversorgung zu gewährleisten. In Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen angelegte Ringversuche zur Phosphor- und Kaliumdüngung sollen zeigen, welche Phosphor- und Kaliumgehalte in grasbetonten Grünlandaufwüchsen bei Drei- bis Vierschnittnutzung für eine entzugsgerechte Phosphor- und Kaliumdüngung und die Ausschöpfung des standorttypischen Ertragspotentials anzusetzen sind und welche Auswirkungen eine am Entzug orientierte Düngung auf die Phosphor- und Kaliumgehalte im Boden hat.

Material und Methoden

1997 und 1998 wurden auf den in der Tab. 1 beschriebenen Standorten Phosphor- und Kaliumdüngungsversuche mit je vier Düngungsvarianten und vier Wiederholungen als einfaktorielle Blockanlage angelegt.

Tab. 1: Beschreibung der Versuchsstandorte

Versuchsort	Jahr	pH-Wert	mg K/100g Boden	mg P/100g Boden	Höhe über NN	Geologische Herkunft	Bodenart	Niederschläge mm	Jahresmittel °C
Versuchsbeginn									
Paulinenaue	1997	5,6	8-14	6,9-9,7	29	Al	Mo IIa	514	9,0
Iden	1997	6,6	13	8,2	18	Al 1	sL	518	8,6
Hayn	1998	6,4	10	3,2	441	V 5	sL	618	6,5
Heßberg	1997	5,9	5	1,4	380	Al3	L-T	760	7,1
Oberweißbach	1997	6,1	6	4,4	660	V9a1	uL	842	5,9
Wechmar	1997	7,0	18	14,9	360	V 2	L-T	550	7,9
Christgrün	1997	5,3	9-13	3,2-3,5	430	V 5	sL	722	7,4
Forchheim	1997	5,2	8-14	3,3-4,0	565	V 8	sL	879	6,5

Neben Prüfgliedern ohne Phosphor- bzw. Kaliumdüngung und der Düngung nach einem Standardentzug von 3 g/kg TM Phosphor und 20 g/kg TM Kalium betragen die Grunddüngergaben im Phosphorversuch 50% und 150 % und im Kaliumversuch 70% und 130 % des Entzuges. Die Stickstoffgaben lagen auf den mineralischen Standorten zwischen 180 und 200 kg N/ha. Auf dem Niedermoorstandort Paulinenaue erfolgte keine Stickstoffdüngung. Die verwendeten Düngerarten waren KAS, 60er Kali und Triplesuperphosphat. Untersucht wurden die Ertragsleistungen und die Mineralstoffgehalte in der Pflanze und im Boden. Der Gehalt an pflanzenverfübarem Phosphor im Boden wurde nach der Doppellaktatmethode bestimmt

Ergebnisse und Diskussion

Eine unterlassene Kaliumdüngung bewirkte nach neun Versuchsjahren auf 7 von 8 Versuchsorten signifikante Mindererträge, wenn die Kaliumgehalte in der Pflanze deutlich unterhalb der als Standardentzug festgelegten 20 g/kg TS lagen (s. Tab. 2).

Tab. 2: Erträge und K-Gehalte in der Pflanze, K-Düngungsversuche 2005

	Variante	Iden	Hayn	Paulinen- aue	Heß- berg	Ober- weißbach	Wech- mar	Christ- grün	Forch- heim
TM-Ertrag in dt/ha	0,0*E	70,6	65,7	33,8	82,7	22,0	69,9	45,7	78,3
	1,0*E	82,3	77,2	58,8	115,0	75,0	78,2	76,3	98,3
	0,7*E	76,3	81,2	57,7	110,0	69,9	77,3	75,1	96,3
	1,3*E	86,1	80,7	64,8	117,7	74,1	76,3	81,8	97,1
	GD _{t5%p}	10,2	8,7	13,4	12,6	13,4	n.s.	6,2	10,8
K-Gehalt in g/kg TM	0,0*E	18,2	13,0	7,7	10,7	4,9	15,3	7,9	11,6
	1,0*E	27,7	32,6	21,4	23,0	18,3	24,0	22,0	28,2
	0,7*E	26,1	25,1	16,7	16,2	15,0	21,0	17,5	23,1
	1,3*E	30,0	36,2	26,7	29,2	24,6	26,1	25,3	31,9

Tab. 3: K-Gehalte in der Pflanze bei Mangel, suboptimaler und optimaler K-Versorgung und Luxusversorgung

Standort	K-Gehalt in der Pflanze in g/kg TM							
	1. Aufwuchs				Folgeaufwüchse			
	Mangel	suboptimal	optimal	Luxus	Mangel	suboptimal	optimal	Luxus
Iden	<22	22-28	29-37	>37	<18	18-22	23-32	>32
Hayn	<17	17-25	26-34	>34	<14	14-24	25-31	>31
Paulinenaue	<15	15-20	21-32	>32	<12	12-16	17-23	>23
Heßberg	<17	17-25	26-34	>34	<12	12-18	19-24	>24
Oberweißbach	<15	15-21	22-27	>27	<10	10-12	13-18	>18
Wechmar	<17	17-24	25-32	>32	<15	15-20	21-28	>28
Christgrün	<18	18-22	23-30	>30	<15	15-18	19-25	>25
Forchheim	<18	18-24	25-32	>32	<15	15-22	22-30	>30

Die in der Tab. 3 standortabhängig zusammengestellten K-Gehalte bringen zum Ausdruck, dass in grasbetonten Grünlandbeständen bei Drei- bis Vierschnittnutzung im 1. Aufwuchs K-Gehalte von 21 bis 37 g/kg TM und in den Folgeaufwüchsen K-Gehalte von 13 bis 32 g/kg TM eine optimale Versorgung mit Kalium anzeigen. Überhöhte Kaliumgaben waren nicht ertragswirksam, führten zum 1. Aufwuchs zu K-Gehalten oberhalb von 27 bis 37 g/kg TS und zeigen Luxuskonsum von Kalium an.

In den Phosphordüngungsversuchen war nach 9 Versuchsjahren ein signifikanter Ertragsrückgang an den Standorten festzustellen, die zum Versuchsbeginn mit Phosphorgehalten von 1,4 bis 4,4 mg/100 g Boden den Gehaltsstufen A und B zuzuordnen waren (s. Tab. 4 und 7).

Tab. 4: Erträge und P-Gehalte in der Pflanze, P-Düngungsversuche 2005

	Varian- te	Iden	Hayn	Paulinen- aue	Heß- berg	Ober- weißbach	Wech- mar	Christ- grün	Forch- heim
TM-Ertrag in dt/ha	0,0*E	83,0	76,0	55,7	89,2	54,5	68,6	68,8	95,2
	1,0*E	83,4	82,6	60,7	108,9	70,1	73,8	74,7	99,4
	0,5*E	76,6	96,9	68,6	106,7	70,9	71,8	74,3	93,8
	1,5*E	81,8	95,2	62,2	112,3	73,2	69,4	78,1	100,2
	GD _{t5%p}	n.s.	14,6	n.s.	9,8	12,3	n.s.	n.s.	n.s.
P-Gehalt in g/kg TM	0,0*E	3,0	2,3	2,7	2,3	3,2	3,7	2,8	2,7
	1,0*E	3,5	3,8	3,5	3,5	3,6	3,8	3,2	3,4
	0,5*E	3,2	3,4	3,3	2,9	3,4	3,5	3,0	3,2
	1,5*E	3,6	4,2	3,9	3,6	3,8	3,9	3,4	3,6

Tab. 5: P-Gehalte in der Pflanze bei Mangel, suboptimaler und optimaler P-Versorgung und Luxusversorgung

Standort	P-Gehalt in der Pflanze in g/kg TM							
	1. Aufwuchs				Folgeaufwüchse			
	Mangel	suboptimal	optimal	Luxus	Mangel	suboptimal	optimal	Luxus
Iden	<2,5	2,5-3,4	3,5-4,5	>4,5	<2,4	2,4-2,9	3,0-4,2	>4,2
Hayn	<2,5	2,5-2,9	3,0-4,0	>4,0	<2,5	2,5-2,7	2,8-3,8	>3,8
Paulinenaue	<2,5	2,5-2,9	3,0-3,9	>3,9	<2,3	2,3-2,7	2,8-3,7	>3,7
Heßberg	<2,5	2,5-2,7	2,8-3,8	>3,8	<2,2	2,2-2,5	2,7-3,5	>3,5
Oberweißbach	<3,0	3,0-3,4	3,5-4,2	>4,2	<2,8	2,8-3,1	3,1-4,2	>4,2
Wechmar	<3,0	3,0-3,2	3,3-4,2	>4,2	<3,0	3,0-3,2	3,3-4,2	>4,2
Christgrün	<3,0	3,0-3,2	3,3-4,0	>4,0	<2,5	2,5-2,8	2,9-3,5	>3,5
Forchheim	<3,0	3,0-3,2	3,3-4,0	>4,0	<2,5	2,5-2,8	2,9-3,5	>3,5

P-Gehalte in der Pflanze < 2,5 bis 3,0 g/kg TS zum 1. Aufwuchs und < 2,2 bis 3,0 g/kg TS zu den Folgeaufwüchsen zeigen bei Drei- bis Vierschnittnutzung Phosphormangel an (s. Tab. 5). In optimal mit Phosphor versorgten Beständen lagen die P-Gehalte zwischen 2,8 und 4,5 g/kg TM zum 1. Aufwuchs und zwischen 2,7 und 4,2 g/kg TM bei den Folgeaufwüchsen.

Tab. 6: K-Bilanz und K-Gehalt des Bodens bei einer K-Düngung nach Entzug

Standort	Düngung kg/ha		TM- Ertrag dt/ha	K- Gehalt g/kgTM	K-Dün- gung kg/dtTM	K-Bi- lanz kg/ha*a	K-Gehalt mg/ 100g Boden		Regression	
	N	K					97/98	2005	Koeff.	B
Iden	191	172	74,7	30,7	2,30	-57	13,0	9,0	-0,27	0,23
Hayn	200	187	88,4	28,3	2,12	-63	10,0	8,0	0,07	0,01
Paulinenaue	0	130	66,6	21,3	1,95	-12	12,0	9,0	-0,43	0,14
Heßberg	251	244	109,7	24,5	2,22	-24	5,0	7,0	0,47	0,72
Oberweißb.	191	144	73,8	19,3	1,95	1	6,0	5,0	0,00	0,00
Wechmar	180	192	81,2	26,2	2,36	-20	18,0	13,0	0,23	0,05
Christgrün	180	181	83,0	23,4	2,18	-14	13,0	9,0	-0,42	0,22
Forchheim	180	187	84,3	28,3	2,22	-51	12,0	7,0	-0,23	0,06

Tab. 7: P-Bilanz und P-Gehalt des Bodens bei einer P-Düngung nach Entzug

Standort	Düngung kg/ha		TM- Ertrag dt/ha	P- Gehalt g/kgTM	P-Dün- gung kg/dtTM	P-Bi- lanz kg/ha*a	P-Gehalt mg/ 100g Boden		Regression	
	N	P					97/98	2005	Koeff.	B
Iden	191	24	71,9	3,9	0,33	-4	8,2	6,8	-0,37	0,55
Hayn	200	36	101,4	3,6	0,36	-1	3,2	1,8	0,14	0,04
Paulinenaue	0	20	68,3	3,2	0,29	-2	7,6	14,4	0,64	0,67
Heßberg	251	31	107,9	3,0	0,29	-2	1,4	1,5	0,04	0,02
Oberweißb.	191	26	72,3	3,7	0,36	0	4,4	3,6	-0,30	0,55
Wechmar	180	31	82,9	4,0	0,37	-2	14,9	7,0	-0,74	0,75
Christgrün	180	27	79,2	3,5	0,34	-1	4,2	4,7	0,10	0,20
Forchheim	180	28	84,9	3,6	0,33	-3	3,3	3,2	0,03	0,02

Die P- und K-Bodengehalte waren auf den meisten Versuchsorten starken jährlichen Schwankungen unterworfen. Die niedrigen Bestimmtheitsmaße in den Tabellen 6 und 7 weisen darauf hin. In Heßberg stiegen die K-Gehalte im Boden bei negativer Kaliumbilanz an. Bei einer Düngung nach Standardentzug sprechen K-Gehalte oberhalb 28 g/kg TM und negative Kaliumbilanzen für ein starkes Kaliumnachlieferungsvermögen auf diesen Standorten (s. Tab. 6).

In den P-Düngungsversuchen war bei einer Düngung nach Entzug die P-Bilanz ausgeglichen bzw. leicht negativ (s. Tab. 7). Trotzdem stiegen in Paulinenaue die P-Gehalte im Boden an während sie in Wechmar sanken.

Schlussfolgerungen

Eine jährliche Düngung, die sich an einem Standardentzug von 20 g K/kg TM und 3 g P/kg TM orientiert, war für die Ausschöpfung des standorttypischen Ertragspotentials ausreichend und verhinderte ein Absinken der P- und K-Gehalte im Boden, wenn zum Versuchsbeginn keine sehr hohen Nährstoffgehalte im Boden vorlagen. Die P- und K-Bodengehalte sind starken jährlichen Schwankungen unterworfen.

Eine optimale Versorgung ist gegeben, wenn die K-Gehalte in der Pflanze standortabhängig Werte von 21 bis 37 g/kg TM zum 1. Aufwuchs, von 10 bis 25 g/kg TM zu den Folgeaufwüchsen und die P-Gehalte Werte von 2,8 bis 4,5 zum 1. Aufwuchs, von 2,7 bis 4,2 g/kg TM zu den Folgeaufwüchsen aufweisen.

Kaliummangel in der Pflanze, der zu Mindererträgen führt, liegt bei K-Gehalten < 15 bis < 22 g/kg TM zum 1. Aufwuchs und < 10 bis < 18 g/kg TM bei den Folgeaufwüchsen vor. Phosphormangel liegt bei P-Gehalten $< 2,5$ bis $< 3,0$ g/kg TM zum 1. Aufwuchs und bei $< 2,2$ bis $< 3,0$ g/kg TM zu den Folgeaufwüchsen vor.

Pflanzen oder Rinderhaare als Indikatoren für Stickstoffverluste von Dauerweiden?

F. Küchenmeister, N. Wrage und J. Isselstein

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

Einleitung und Problemstellung

Stickstoffbilanzen können Aufschluss über die Größenordnung von Stickstoffverlusten geben. Aktuelle Arbeiten haben gezeigt, dass Signaturen von stabilem Stickstoff (N) in Rinderschwanzhaaren (SCHWERTL et al., 2005) sowie in Boden- und Pflanzenproben von Mähwiesen (WATZKA et al., 2006) Korrelationen mit N-Bilanzen aufweisen und so als Indikatoren für N-Verluste genutzt werden können. Die bisherigen Untersuchungen dazu wurden auf Betriebsebene oder in homogenen Systemen durchgeführt. Extensiv genutzte Dauerweiden sind wesentlich heterogener. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, inwieweit auch hier N-Isotopensignaturen von Rinderschwanzhaaren und Pflanzenproben mit N-Bilanzierungen übereinstimmen und so als Indikatoren für N-Überschüsse oder -verluste genutzt werden könnten.

Material und Methoden

Untersucht wurden unterschiedlich intensive Behandlungen eines Dauerweideversuchs mit Fleckvieh in Relliehausen, Solling (mäßig intensiv: MC: Zielnarbenhöhe 6 cm, extensiv: LC: Zielnarbenhöhe 12 cm, sehr extensiv: VLC: Zielnarbenhöhe 18 cm). Der Versuch wurde 2002 begonnen. Pro Behandlung gibt es drei Wiederholungen mit einer Fläche von je 1 Hektar. 2005 gab es eine kleine Änderung in der sehr extensiven Behandlung, die bis dahin mit Deutsch Angus Rindern mit einer Zielnarbenhöhe von 12 cm beweidet wurde. Für weitere Informationen siehe ISSELSTEIN et al. (2007).

Für Isotopenbestimmungen von Pflanzenproben wurde das obere Drittel der Pflanzen (handpluck samples) Mitte Juli 2006 geerntet (9 Mischproben pro Plot). Kurzbeweidete Bereiche, auf denen Gräser und Kräuter (einschliesslich Leguminosen) wuchsen, wurden für diese Untersuchung nicht betrachtet, da hier der Einfluss der N-Fixierung die Isotopensignatur stark beeinflusste. Die Proben wurden getrocknet (70 °C), gemahlen und

auf einem Isotopenverhältnismassenspektrometer Finnigan MAT 251 (IRMS), das über ein ConFlo-II-Interface (Finnigan, Bremen) an einen Elementaranalysator NA1500 (Carlo Erba, Mailand) gekoppelt war, gemessen.

Rinderschwanzhaare wurden entsprechend der Beschreibung von SCHWERTL et al. (2005) von zwei Tieren je Fläche an drei Terminen während und nach der Weideperiode genommen und aufbereitet. Sie wurden ebenfalls mit oben genanntem IRMS-System analysiert.

Bodenoberflächenbilanzen für Stickstoff wurden für die gesamte Plotfläche berechnet sowie für den Teil der Plotfläche ohne Kotstellen. Als Input wurden Deposition, Fixierung und Exkretion berücksichtigt, als Output die Futteraufnahme der Tiere.

Ergebnisse und Diskussion

Die Pflanzenproben der drei Behandlungen unterschieden sich signifikant im $\delta^{15}\text{N}$ -Wert (Abb. 1; $P = 0,047$): Die Proben von LC waren im Vergleich zu denen von VLC abgereichert, während die von MC im Mittel intermediär waren und sich nicht signifikant von den Werten der anderen Behandlungen unterschieden. Bei den Rinderschwanzhaarproben konnten saisonale Schwankungen beobachtet werden, aber keine Unterschiede zwischen den Behandlungen.

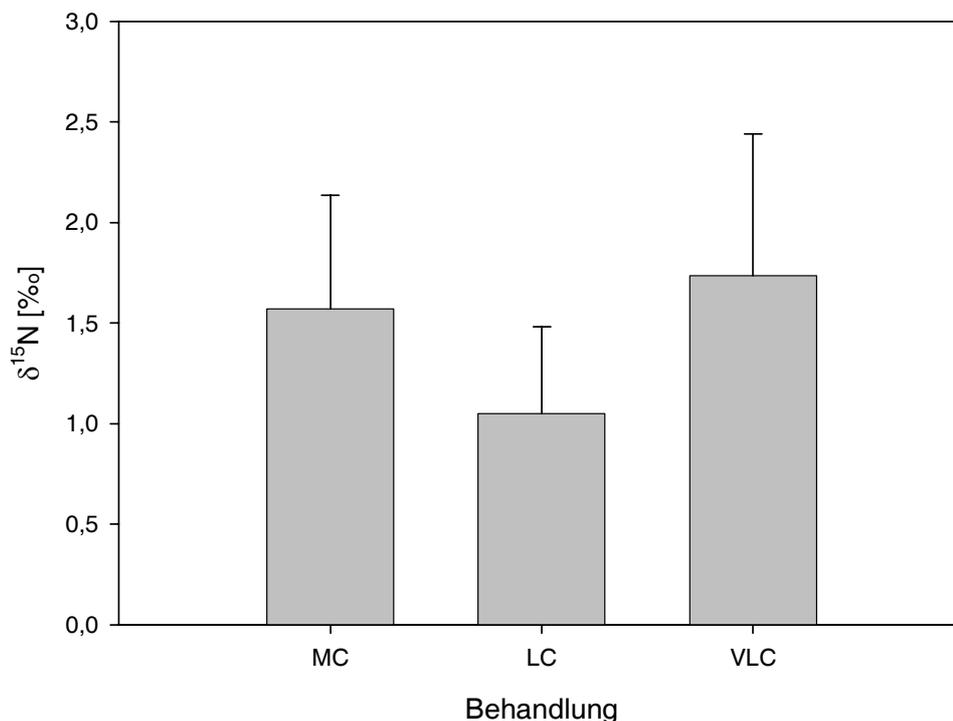


Abb. 1: $\delta^{15}\text{N}$ -Wert der Pflanzenproben der drei Behandlungen (MC mäßig intensiv, LC: extensiv, VLC: sehr extensiv; $n = 9$). Gezeigt sind Mittelwerte und Standardabweichungen.

Die N-Bilanzen für die Gesamtfläche zeigten Überschüsse für alle Behandlungen. Verglichen mit anderen Studien (WATZKA et al., 2006) lagen die Überschüsse in einem sehr engen Bereich ($20 - 50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Sie waren im Trend in MC höher als in LC und dort wiederum höher als in VLC. Die Bilanzen für Teilflächen ohne Kotstellen waren tendenziell für MC und VLC höher als für LC. Diese Trends waren jedoch nicht signifikant.

Abb. 2 zeigt die Relationen zwischen Isotopenwerten und Bilanzergebnissen. Die Regression zwischen $\delta^{15}\text{N}$ -Werten in den Vegetationsproben und der N-Bilanz für die Plotfläche ohne Kotstellen war signifikant ($r^2 = 0,52$; $P = 0,029$). Die Tatsache, dass diese Regression negativ war, könnte auf einen relativ geschlossenen N-Kreislauf in diesem extensiven System hinweisen. In den bisher untersuchten intensiveren Systemen wurden positive Korrelationen gefunden (SCHWERTL et al., 2005; WATZKA et al., 2006), was als Hinweis auf N-Verluste gedeutet wurde.

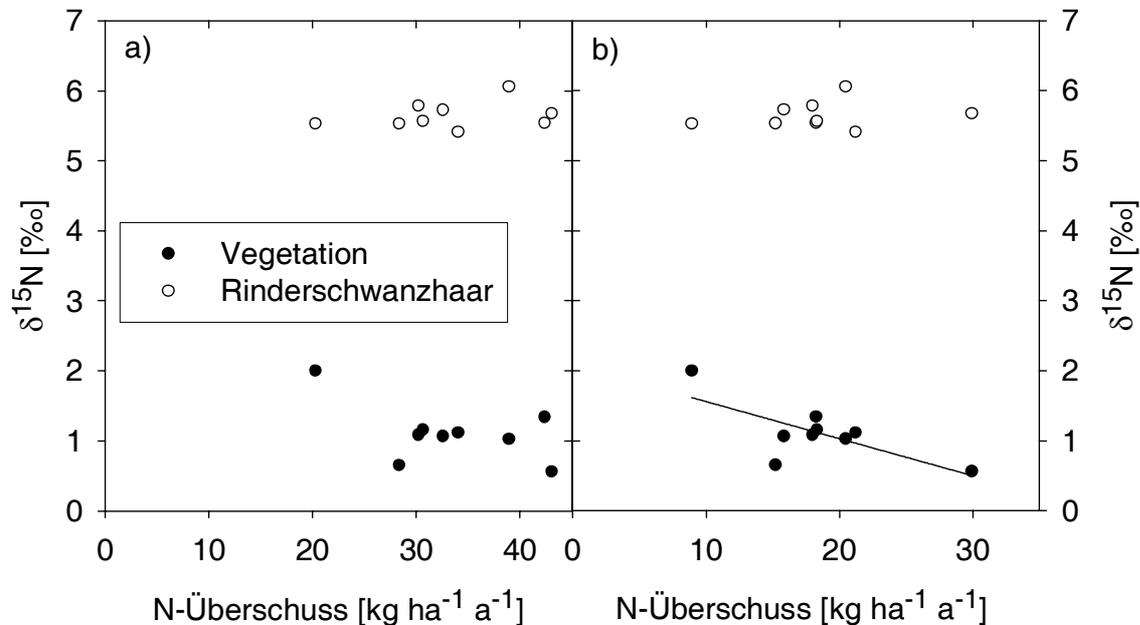


Abb. 2: $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von Vegetation und Rinderschwanzhaaren, aufgetragen gegen den über 2003-2006 gemittelten N-Überschuss für a) den Gesamtplot und b) die Plotfläche ohne Kotstellen.

Die Isotopenwerte in den Rinderschwanzhaaren waren unabhängig vom N-Überschuss. Dies könnte daran liegen, dass die Rinder durch ihr Weideverhalten über größere Weidebereiche integrieren so dass geringe Unterschiede nicht sichtbar werden. Die Unterschiede in den Isotopensignaturen der Pflanzenproben waren eher gering. Bei der Pflanzenprobennahme wurden kurze Weidebereiche mit Leguminosen gemieden, da in diesen Bereichen die N-Isotopensignatur durch N-Fixierung bestimmt war. Da die Tiere hier aber auch weiden, könnte dies die Unterschiede im aufgenommenen Futter verwischt haben.

Schlussfolgerungen

Die N-Isotopensignaturen von Pflanzenproben scheinen besser als die von Rinderschwanzhaaren geeignet zu sein, als Indikatoren von N-Bilanzen extensiver Weidesysteme zu dienen. Die negative Beziehung zwischen Isotopenwerten der Pflanzenproben und N-Bilanzen könnte auf einen in diesen Systemen geringen Einfluss von N-Verlusten hinweisen.

Literatur

ISSELSTEIN, J., B. A. GRIFFITH, P. PRADEL, und S. VENERUS. 2007. Effects of livestock breed and grazing intensity on biodiversity and production in grazing systems. 1. Nutritive value of herbage and livestock performance. *Grass and Forage Science* 62: 145-158.

SCHWERTL, M., K. AUERSWALD, R. SCHÄUFELE, und H. SCHNYDER. 2005. Carbon and nitrogen stable isotope composition of cattle hair: ecological fingerprints of production systems? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109: 153-165.

WATZKA, M., K. BUCHGRABER, und W. WANEK. 2006. Natural ^{15}N abundance of plants and soils under different management practices in a montane grassland. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1564-1576.

Postersektion II: Futterqualität/ Neue Methoden



Methode zur Simulation von Viehtritt in Parzellenversuchen: Mechanische Rinderklaue

T. Mattern und H. Laser

Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Organischen Landbau, Arbeitsgruppe
Grünland und Futterbau, Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen, Tel.: 0641/99-37514,
E-Mail: tim.mattern@agrar.uni-giessen.de, Internet: www.uni-giessen.de/orglandbau

Einleitung und Problemstellung

Nach Beobachtungen in Praxisbetrieben mit langjähriger Winteraußenhaltung von Rindern finden sich offenbar höhere Ertragsanteile von Leguminosen in Grünlandbeständen von Winterweiden. Es wird vermutet, dass Viehtritt im Winter diesen Effekt verursacht. Im Freiland lässt sich diese Hypothese jedoch nur schwierig bestätigen, so dass hierfür die Überprüfung in einem Parzellenversuch sinnvoll erscheint. Dabei hätte der Einsatz von lebenden Weidetieren den Nachteil, dass ein solcher Versuch eine große Fläche in Anspruch nehmen würde. Mit einer mechanischen Rinderklaue lässt sich der Viehtritt in einem kleinflächigen Parzellenversuch unter kontrollierten Bedingungen und reproduzierbar simulieren.

Material und Methoden

Um in einem Parzellenversuch die Wirkung des Viehtritts auf bestimmte Pflanzenarten zu ermitteln, wurde eine mechanische Rinderklaue in Anlehnung an DI et al. (2001) gebaut. Nach dem Muster eines Gipsabdrucks einer echten Klaue wurde ein maßstabsgerechtes Modell aus Metall gefertigt und mit einem Hydraulikzylinder beweglich an einen Versuchsgeräteträger „Hege 75“ montiert (Abb. 1). Das Gerät ist mit einer Druckanzeige und einem mechanischen Zähler versehen, um Druckbelastung und Anzahl der Tritte auf der Parzelle einstellen zu können. In der Literatur werden Bodendruck-Werte für Rinder zwischen 1,01 und 5 kg/cm² angegeben (vgl. GREENWOOD & MCKENZIE 2001), in Abhängigkeit von Klauen-Fläche, Lebendgewicht und Bewegungsgeschwindigkeit.

Im Versuch wird mit einem Druck von 3,5 kg/cm² und 100 Tritten/m² gearbeitet. Die hier verwendete Klaue hat eine Fläche von 98 cm². Vor der Trittbearbeitung wird die jeweilige Parzelle gemäht.

Vor und nach einer Trittbearbeitung bei feuchtem, nicht gefrorenem Boden werden Scherwiderstandsmessungen mit einem Flügelbohrer in 10 cm Tiefe vorgenommen (SCHAFFER 1960, vgl. SCHLIMBACH 2006). Pro Parzelle werden 5 Messungen zu einem Mittelwert vereinigt.



Abb. 1: Versuchsgeräteträger „Hege 75“ mit angebauter hydraulischer Rinderklaue.

Ergebnisse und Diskussion

Zum Einfluss auf die Vegetation liegen noch keine Ergebnisse vor. Die Scherwiderstandsmessungen zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen behandelten und unbehandelten Parzellen. Der Tritt verdichtet feuchten Boden bereits nach einmaliger Behandlung, so dass der Scherwiderstand signifikant (Signifikanzniveau $p=0,01$) erhöht wird (Abb. 2).

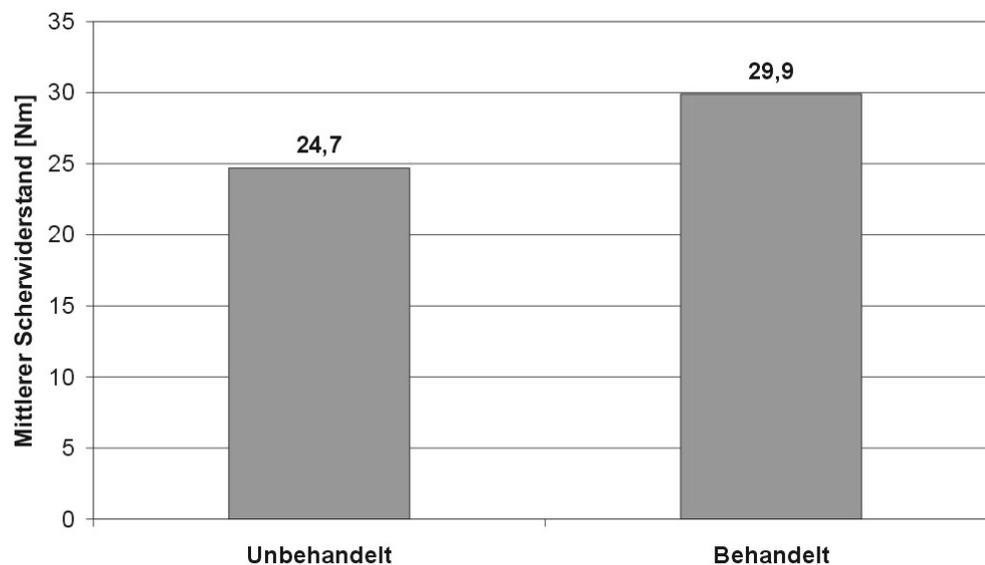


Abb. 2: Die Trittbehandlung verursacht eine signifikante Erhöhung des Scherwiderstandes (in Nm, bezogen auf $157,1\text{cm}^2$; $p=0,01$)

Auch augenscheinlich betrachtet, erscheint der Abdruck der mechanischen Klaue gegenüber dem der Klaue eines lebenden Rindes realistisch (Abb. 3).



Abb. 3: Abdruck einer echten (links) und der mechanischen Klaue (rechts) in feuchtem Boden.

Schlussfolgerungen

Die Verwendung einer mechanischen Klaue ist grundsätzlich eine geeignete Möglichkeit, um Viehtritt in Parzellen- und Lysimeterversuchen zu simulieren. Je nach Anforderungen des Versuchs lassen sich Klauenfläche, Druckbelastung, Anzahl Trittsiegel pro Flächeneinheit entsprechend anpassen.

Literatur

DI, H. J., K. C. CAMERON, J. MILNE, J. J. DREWRY, N. P. SMITH, T. HENDRY, S. MOORE & B. REIJNEN (2001): A mechanical hoof for simulating animal treading under controlled conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 44, 111-116.

GREENWOOD, K. L. & B. M. MCKENZIE (2001): Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 1231-1250.

SCHAFFER, G. (1960): Eine Methode der Abscherwiderstandsmessung in Ackerböden zur Beurteilung ihrer Strukturfestigkeit im Felde. *Landwirtschaftliche Forschung* 13, 24-32.

SCHLIMBACH, G. (2006): Validierung von Winterweidesystemen mit Fleischrindern und tierübergreifende Effekte auf bodenphysikalische Merkmale verschiedener Narben. *Dissertation*. Universität Gießen.

Der Neophyt *Bunias orientalis* L.- Ausbreitung und Beeinträchtigung der Futterqualität auf Glatthaferwiesen

H. Laser und A. Kaden

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau,
Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen, Email: Harald.Laser@agrar.uni-giessen.de

Einleitung und Problemstellung

Das Orientalische Zackenschötchen (*Bunias orientalis* L.) ist eine bis zu 200 cm hoch wachsende, gelbblühende Art aus der Familie der *Brassicaceae*, die seit dem 18. Jahrhundert in Deutschland in Ausbreitung begriffen und bislang vor allem in Ruderalgesellschaften anzutreffen ist. Die Art zeichnet sich durch eine ausgesprochen effektive Strategie der generativen Vermehrung sowie der Regeneration über Wurzelabschnitte und - unter geeigneten Wachstumsbedingungen - eine Lebensdauer von mehreren Jahren aus (DIETZ et al. 2002, WOITKE & DIETZ 2002). Seinen Verbreitungsschwerpunkt hat die Art offenbar heute entlang von Straßen (STEINLEIN et al. 1996). Im unmittelbaren Einzugsgebiet des Flusses Dill bis in seine Mündung in die Lahn kommt der Neophyt mindestens seit Frühjahr 2006 jedoch auch in hohen Ertragsanteilen (zum Teil > 50%) und großflächig in Glatthaferwiesen vor. Über den futterbaulichen Wert ist für mitteleuropäische Bedingungen wenig bekannt. Die Art wird in Vorderasien zum Teil auch als Salat- oder Gemüsepflanze kultiviert. In entsprechenden Kulturpflanzen wurden verschiedene Glucosinolate nachgewiesen (BENNETT et al. 2006). Die im Untersuchungsgebiet gefundenen ausgewilderten Pflanzen wiesen einen hohen Stängelanteil mit offensichtlich hohem Rohfaseranteil auf, so dass von einer verminderten Futterqualität durch hohe Ertragsanteile dieser Art in den Auenwiesen ausgegangen werden musste. Ziel der Untersuchungen war es, die Vorkommen von *Bunias orientalis* in dieser Region zu kartieren, die Ausbreitungspfade zurück zu verfolgen und eine erste Einschätzung der Futterqualität dieser offensichtlich außerordentlich konkurrenzstarken Art zu erhalten.

Material und Methoden

Die Untersuchungen erstreckten sich entlang des mittelhessischen Flusses Dill von seiner Mündung in die Lahn westlich von Wetzlar bis zu seiner Quelle, nördlich von Haiger auf einer Länge von 68 Flusskilometern. Die Verbreitung der Art konzentrierte sich in der Region überwiegend auf die Uferbereiche und angrenzende Flächen in bis zu 250 m Entfernung von der Dill, so dass in erster Linie diese Flächen berücksichtigt wurden. Die Fundorte der Art wurden mit einem mobilen GPS-Gerät für eine spätere Flächenberechnung markiert. Die Stellen mit *Bunias orientalis* wurden gruppiert in punktuelle Vorkommen (= mit Einzelpflanzen) lineare Vorkommen (vor Allem an Straßen, Wegen und entlang des Dillufers) sowie flächige Vorkommen mit abgestuften Ertragsanteilen in Anlehnung an die Skala von BRAUN-BLANQUET (1964).

Mitte Mai wurden an unterschiedlichen Standorten Proben von Pflanzen in verschiedenen Entwicklungsphasen genommen (= Knospenstadium, volle Blüte und beginnende Samenreife). Die Proben wurden für 48 Stunden bei 60 °C getrocknet und anschließend

vermahlen. Die Rohproteinbestimmung erfolgte über die Elementaranalyse nach Hochtemperaturverbrennung (ANONYMUS 2004) in Anlehnung an Dumas. Rückschlüsse auf die Verdaulichkeit wurden anhand der enzymlöslichen organischen Substanz (= ELOS) gezogen (ANONYMUS 2004).

Ergebnisse und Diskussion

Bunias orientalis konnte nahezu entlang des gesamten Verlaufes entlang der Dill an insgesamt 88 Standorten in unterschiedlichen Dichten gefunden werden (vgl. Abb. 1). Eine stete Zu- oder Abnahme der Ertragsanteile mit zunehmendem Abstand von der Mündung konnte dabei nicht beobachtet werden; Flächen mit Ertragsanteilen bis zu 50% wurden über das gesamte Untersuchungsgebiet gefunden. Bei den flächigen Vorkommen handelt es sich zu großen Teilen um langjährig genutzte Glatthaferwiesen, vereinzelt auch um artenreiche Salbeiwiesen in einigen Fällen jedoch auch um Sukzessionsflächen. WOITKE & DIETZ (2002) stellen in Freilandversuchen fest, dass die Anteile von *B. orientalis* im Vergleich zu heimischen Pflanzen wie Glatthafer oder Brennessel zunehmen, wenn es zu Narbenverletzungen kommt. Sobald die Ursachen für die Störungen aufhören, nehmen die Anteile von *B. orientalis* ab. Jedoch kann offenbar auch eine einmalige oder unregelmäßige Mahd der Bestände die Kampfkraft des Neophyten erhöhen (WOITKE & DIETZ 2002). Daher sind extensiv genutzte Heuwiesen im Überflutungsbereich von Fließgewässern besonders gefährdet für die massenhafte

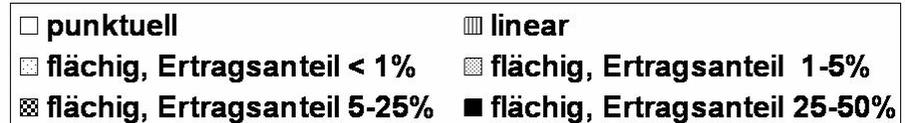
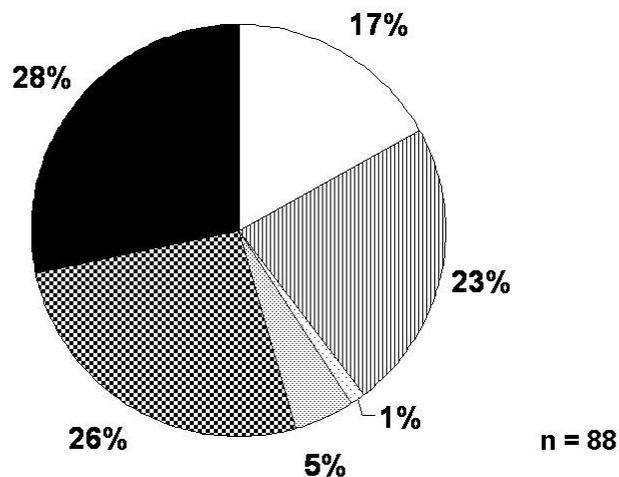


Abb. 1: Art und Dichte der Vorkommen von *Bunias orientalis* entlang der Dill

Ausbreitung der Art. Die große Zahl der flächigen Vorkommen mit Ertragsanteilen von 5-25% bzw. 25-50% (vgl. Abb. 1) belegt die effiziente Ausbreitung der Art. Bei den punktuellen Vorkommen handelt es sich möglicherweise um neu erschlossene Standorte der Art, so dass von einer weiteren Verbreitung von *B. orientalis* im Untersuchungsgebiet auszugehen ist. Die Ertragsanteile können offenbar jahresbedingt erheblich schwanken. Auf Glatthaferwiesen auf denen im Mai des Vorjahres 2006 noch Ertragsanteile > 50% *B. orientalis* festgestellt wurden konnten im gleichen Zeitraum 2007 nur noch Ertragsanteile um 10 % registriert werden. Diese Flächen wurden 2006 mindestens zweimal gemäht, was offenbar die Kampfkraft des Neophyten herabsetzt. Die Fundstellen reißen bei Haiger ab. Das letzte größere Vorkommen flussaufwärts findet sich in unmittelbarer Nähe des Parkplatzes eines Gewerbebetriebes mit überregionalem LKW-Verkehr. Die Vermutung liegt nahe, dass es sich dabei um den Eintragungsort von *B. orientalis* in die Region handelt. Offenbar setzt sich die Ausbreitung aus dem Einzugsgebiet der Dill über die Lahn flussabwärts fort. So konnten an der Lahn noch 40 km flussabwärts ab der Dillmündung mehrere Individuen der Art festgestellt werden. Oberhalb der Dillmündung konnten entlang der Lahn nur zwei kleinere Vorkommen gefunden

werden, bei denen es sich in beiden Fällen um Flächen mit unmittelbar angrenzenden befestigten Kanuanlegeplätzen handelt. Offenbar haben hier an Booten anhaftende Samen die Ausbreitung von *B. orientalis* begünstigt.

Abb. 2 zeigt die Rohproteinkonzentrationen und die ELOS-Werte von *B. orientalis* in verschiedenen Entwicklungsstadien. Die Ergebnisse zeigen, dass die Futterqualität mit zunehmendem physiologischen Alter rasch abnimmt. Vor und während der Blüte zeichnet sich die Art durch hohe Rohproteingehalte aus und die ELOS-Werte deuten auf eine vergleichsweise hohe Verdaulichkeit junger Pflanzen hin. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass die in *B. orientalis* enthaltenen Glucosinolate (BENNETT et al. 2006) die tatsächliche Verdaulichkeit und die Futterakzeptanz negativ beeinflussen. Die harten, markig gefüllten Stängel der Art dürften die Silage- und Heuproduktion besonders zu späten Ernteterminen erheblich erschweren.

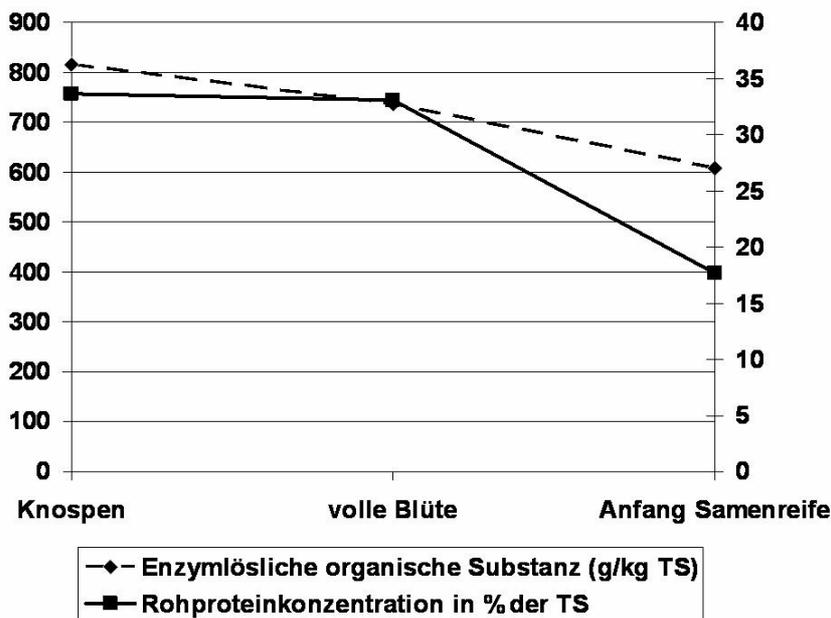


Abb. 2: Konzentrationen an Rohprotein und enzymlöslicher organischer Substanz von *Bunias orientalis* in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium

Schlussfolgerungen

Der Neophyt *B. orientalis* hat im Untersuchungsgebiet große Flächen besiedelt und etabliert sich auch erfolgreich auf langjährig genutzten Glatthaferwiesen, die als ausgesprochen stabile Pflanzengesellschaften bekannt sind. Durch die hohen Ertragsanteile und die offenbar bei späten Ernteterminen ungünstigen futterbaulichen Eigenschaften sind neben ökologischen Konsequenzen auch erhebliche ökonomische Einbußen zu erwarten. Aus diesen Gründen sollten zukünftig effiziente Bekämpfungsstrategien erarbeitet werden.

Literatur

ANONYMUS (2004): Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch III. 5. Ergänzungslieferung. Hrsg. u. Verl. VDLUFA, Darmstadt.

BENNETT, R. N., ROSA, E. A. S., MELLON, F. A. & KROON, P. A. (2006): Ontogenic profiling of glucosinolates, flavonoids, and other secondary metabolites in *Eruca sativa* (salad rocket), *Diplotaxis erucoides* (wall rocket), *Diplotaxis tenuifolia* (wild rocket), and *Bunias orientalis* (Turkish rocket). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 4005-4015.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Springer Verlag Wien, New York. 3. überarbeitete Auflage, 865 S.

DIETZ, H., Steinlein, T. & Ullmann, I.(2002): Establishment of the invasive perennial herb *Bunias orientalis* L.: An experimental approach. *Acta Oecologica* 20, 621–632.

STEINLEIN, T., DIETZ, H. & ULLMANN, I. (1996): Growth patterns of the alien perennial *Bunias orientalis* L. (*Brassicaceae*) underlying its rising dominance in some native plant assemblages. *Vegetatio* 125, 73-82.

WOITKE, M. & DIETZ, H. (2002): Shifts in dominance of native and invasive plants in experimental patches of vegetation. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 5, 165-184.

Vorwelkegrad und *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz

W. Opitz von Boberfeld

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

Problemstellung

Positive Effekte des Vorwelkens bei der Gärfutterbereitung sind u.a.: Verhinderung der Bildung von Sickersaft, Verbesserung der Vergärbarkeit und Beeinträchtigung der Aktivität von *Clostridien*. Diesen Vorteilen stehen u.a. folgende Nachteile gegenüber: die Verdichtung wird erschwert, die Gefahr der Nacherwärmung vergrößert sich und es treten vorwelkeabhängige Verluste auf. Welche Einflüsse vom Vorwelken auf die Verdaulichkeit organischer Substanz ausgehen, wird aufgrund differierender Beschaffenheit der Pflanzen, den äußeren Vorwelkebedingungen und häufig erst der Betrachtung der Konserve recht unterschiedlich beurteilt (FARRIES 1969, KIRCHGESSNER & PALLAUF 1975, HONIG & ZIMMER 1981, ELSÄSSER 1984, YAHAYA et al. 2002, MANYAWU et al. 2003), so dass es lohnend ist, unter standardisierten Bedingungen faktoriell erneut der Frage nachzugehen.

Material & Methodik

Tab. 1: Varianten mit vier Wiederholungen	
Faktoren	Stufen
1. Arten	1.1 <i>Lolium perenne</i> 1.2 <i>Trifolium pratense</i>
2. Aufwüchse	2.1 Primäraufwuchs, Mitte Mai 2.2 Sekundäraufwuchs, Ende September
3. Vorwelkegrade ¹⁾	3.1 20% TS (± 1,5% TS) 3.2 30% TS (± 1,5% TS) 3.3 40% TS (± 1,5% TS) 3.4 50% TS (± 1,5% TS)

¹⁾ Vorwelken auf einer Darre mit Kaltluft-Zwangsbelüftung von 8.00 bis 17.00 Uhr, maximale Trocknungszeit 48 Stunden.

In Tab. 1 sind die Varianten, die jeweils vierfach wiederholt vorlagen, aufgelistet. Aufgrund des methodischen Vorgehens beim Vorwelken wurden lediglich die Effekte des Vorwelkeprozesses unter gleichzeitig weitgehender Eliminierung der Bröckelverluste und der davon ausgehenden Wirkung auf die mögliche Beeinträchtigung der Verdaulichkeit organischer Substanz erfasst (BECKHOFF et al. 1979, WILKINSON 1981, HONIG 1982, ISSELSTEIN

1994). Sämtliche Angaben beziehen sich auf die Trockensubstanz (= TS), die nach ANONYMUS (1997) bestimmt wurde. Über die *in vitro*-Pansensaft-Methode nach TILLEY & TERRY (1963) wurde die Verdaulichkeit organischer Substanz geschätzt. Die wasserlöslichen Kohlehydrate wurden über die Anthronmethode (YEMM & WILLIS 1954) bestimmt. Nach WEISSBACH (1967) wurde die Pufferkapazität erfasst. Der Vergärbarkeits-Koeffizient (= VK), die potentiellen Effekte von wasserlöslichen Kohlenhydraten, Pufferkapazität und TS-Konzentrationen, wurden nach der von WEISSBACH et al. (1974) präsentierten Gleichung mit 45 %TS als Intercept berechnet. Die Daten wurden getrennt nach Arten und Aufwüchsen, vgl. Tab. 1, regressionsanalytisch verdichtet. Für die Auswahl der abgeleiteten Funktionen, vgl. Abb. 1 bis 3, waren die Bestimmtheitsmaße entscheidend.

Ergebnisse & Diskussion

In Abb. 1 ist die *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz verschiedener Schnitte von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* in Abhängigkeit von den Vorwelkegraden wiedergegeben. Während die Veränderungen der *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz bei steigendem Vorwelkegrad von 20% auf 50% TS mit etwa 3%-Punkten bei *Lolium perenne*, beim Primäraufwuchs am größten ist, liegt bei *Trifolium pratense* beim Sekundäraufwuchses mit etwa 4%-Punkten das Maximum, vgl. Abb. 1. In der Mehrzahl der Schnitte ist die Beziehung von *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz und Vorwelkegrad signifikant. Aufschlussreich in dem Zusammenhang ist, ob die vorwelkegradbedingten Differenzen in der *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz sich auch im Gärfutter widerspiegeln. Da ohne Ausnahme lediglich von den Primäraufwüchsen nach 90 Tagen Lagerzeit Silagen vorliegen, bei denen der TS-abhängige kritische pH-Wert (WEISSBACH et al. 1977) erreicht ist, bezieht sich der in Abb. 2 vorgenommene Vergleich auf sämtliche Vorwelkegrade der Primäraufwüchse von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense*. Wird beim Vorwelken die *in vitro*-Verdaulichkeit

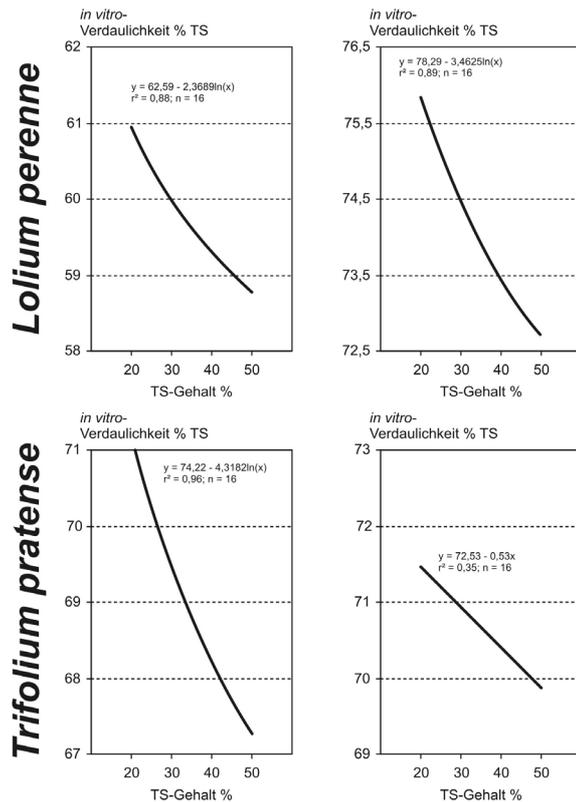


Abb. 1: *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz in Abhängigkeit von Art, Aufwuchs und Vorwelkegrad

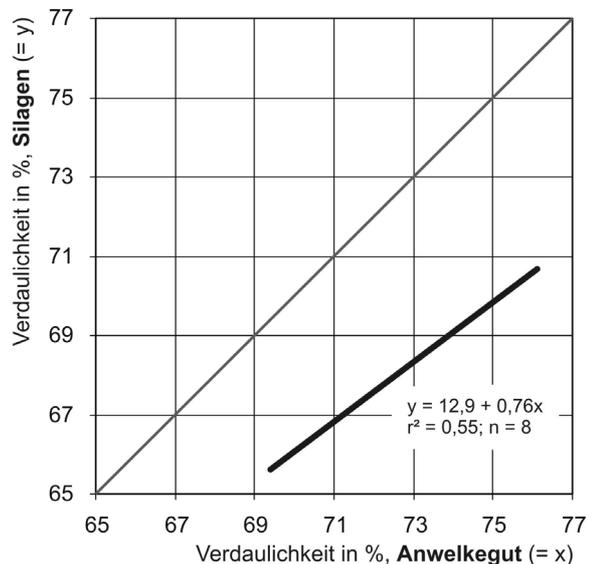


Abb. 2: *in vitro*-Verdaulichkeit verschiedener Silagen in Abhängigkeit von der *in vitro*-Verdaulichkeit des Anwelkegutes von Primäraufwüchsen

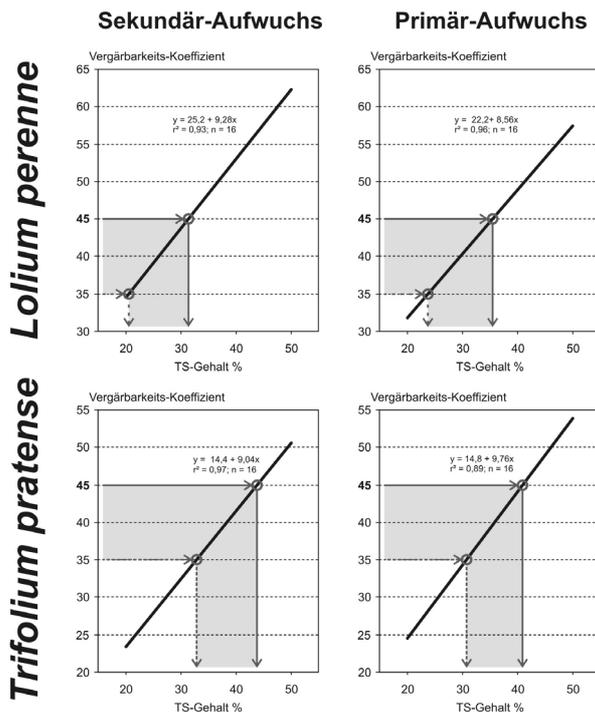


ABB. 3: VERGÄRBARKEIT IN ABHÄNGIGKEIT VON ART, AUFWUCHS UND VORWELKEGRAD

organischer Substanz beeinträchtigt, so schlägt sich dies entsprechend Abb. 2 auch beim Gärfutter nieder.

Trotz geringfügiger Abnahmen der Konzentration wasserlöslicher Kohlenhydrate durch den Vorwelkeprozess bei gleichzeitig durchweg geringen vorwelkebedingten Veränderungen der Pufferkapazität bedingt das Vorwelken weitgehend art- und aufwuchsunabhängig, entsprechend Abb. 3, eine Verbesserung der Vergärbarkeit. Zur Reduzierung des Fehlgärrisikos erfordern *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* aufgrund der differierenden Säuerungspotentiale unterschiedliche Vorwelkegrade.

Neben der Höhe der Vergärbarkeits-Koeffizienten ist für den Erfolg des Gärverlaufes bzw. dessen Prognose der epiphytische Besatz an Laktobakterien (= LAB) mit $>10^5$ cfu LAB kg^{-1} TS und bzw. oder eine ausreichende

Nitrat-Konzentration des zu silierenden Materials mit $\geq 0,1$ % NO_3 der TS entscheidend (WEISSBACH 1998). Da offenbar gewisse Kompensationen zwischen den drei Größen – Vergärbarkeit, Laktobakterienbesatz und Nitrat-Konzentration – möglich sind, hat dies vor dem Hintergrund der gezielten Anwendung von Additiven (= Laktobakterien-Konzentrate, Salze, Säuren) auch Einfluss auf den die Vergärbarkeit nachhaltig prägenden Vorwelkegrad.

Zusammenfassung

Unter standardisierten Bedingungen wurde je ein Primär- und Sekundäraufwuchs von *Lolium perenne* und *Trifolium pratense* auf die Konzentrationen 20%, 30%, 40% und 50% Trockensubstanz vorgewelkt. Neben der Bestimmung der Vergärbarkeits-Koeffizienten wurde die *in vitro*-Verdaulichkeit der organischen Substanz des Anwelkgutes geschätzt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Das Vorwelken verbesserte trotz der trocknungsbedingten Verluste an wasserlöslichen Kohlehydraten die Gäreigenschaften bzw. machte das Futter erst gärfähig.
2. Die *in vitro*-Verdaulichkeit organischer Substanz wurde bei *Lolium perenne* um bis zu 3%-Punkte und bei *Trifolium pratense* um bis zu 4%-Punkte in dem Anwelkebereich von 20 auf 50% TS beeinträchtigt. Zu Beginn des Vorwelkens waren die Verluste durchweg größer als zum Ende hin.
3. Als Konsequenz für das Vorwelken ergibt sich, dass der Vorwelkegrad konsequent auf die Vergärbarkeit des Erntegutes und die Kompensationsmöglichkeiten durch die Nutzung von Additiven auszurichten ist.

Literatur

- ANONYMUS, 1997: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung. Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- BECKHOFF, J., W. DERNEDDE, H. HONIG & M. SCHURING, 1979: Einfluß neuer Mähaufbereiter auf Trocknung und Feldverluste bei der Gewinnung von Anwelksilage und Heu. D. wirtschenschaftseig. Futter **25**, 5-19.
- ELSÄSSER, M. 1984: Auswirkungen der Heubelüftung mit solarerwärmter Trocknungsluft auf Qualitätseigenschaften von Mähweidefutter. Diss. Hohenheim.
- FARRIS, E., 1969: Zum Einfluß des Anwelkens auf die Verdaulichkeit von Silagen und Heu. D. wirtschaftseig. Futter **15**, 52-59.
- HONIG, H. , 1982: Feldverluste bei der Futterkonservierung. Hrsg.: KTBL Darmstadt, KTBL-Schr. 247, 39-44.
- HONIG, H. & E. ZIMMER, 1981: Comparison of conservation methods under controlled practical conditions. Proc. 14th Intern. Grassl. Congr. Lexington, 650-653.
- ISSELSTEIN, J.N.P., 1994: Zum futterbaulichen Wert verbreiteter Grünlandkräuter. Habil.-Schr. Gießen.
- KIRCHGESSNER, M. & J. PALLAUF, 1975: Zur Verdaulichkeit von Mähweidegras bei verschiedenen Konservierungsverfahren. D. wirtschaftseig. Futter **21**, 66-80.
- MANYAWU, G.J., S. SIBANDA, C. MUTISI, I.C. CHAKOMA & P.N.B. NDIWENI, 2003: The effect of pre-wilting and incorporation of maize meal on the fermentation of Bana grass silage. Asian-Austral. J. Anim. Sci. **16**, 843-851.
- TILLEY, J.M.A. & A. TERRY, 1963: A two-stage techniques for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassl. Soc. **18**, 104-111.
- WEISSBACH, F., 1967: Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Vergärbarkeit. Tagungsber. Deutsche Akad. Landw.-Wiss. Berlin **92**, 211-220.
- WEISSBACH, F., 1998: Untersuchungen über die Beeinflussung des Gärungsverlaufes bei der Bereitung von Silagen durch Wiesenkräuter verschiedener Spezies im Aufwuchses extensiv genutzter Wiesen. Landbauforsch. Völkenrode, Sonderh. 185, 1-99.
- WEISSBACH, F., L. SCHMIDT & E. HEIN, 1974: Method of anticipation of the run of fermentation in silage making, based on the chemical composition of green fodder. Proc. 12th Intern. Grassl. Congr. Moscow **3**, Part II, 663-673.
- WEISSBACH, F., L. SCHMIDT, G. PETERS, E. HEIN, K. BERG, G. WEISE & O. KNABE, 1977: Methode und Tabellen zur Schätzung der Vergärbarkeit. 3. Aufl., Hrsg.: Akad. Landw.-Wiss. Berlin.
- WIERINGA, G.W., 1958: The effect of wilting on butyric acid fermentation in silage. Netherl. J. Agric. Sci. **6**, 204-210.
- WILKINSON, J.M., 1981: Losses in the conservation and utilisation of grass and forage crops. Ann. Appl. Biol. **98**, 365-375.

YAHAYA, M.S., M. KAWAI, J. TAKAHASHI & S. MATSUOKA, 2002: The effect of different moisture contents at ensiling on silo degradation and digestibility of structural carbohydrates of orchardgrass. *Anim. Feed Sci. Technol.* **101**, 127-133.

YEMM, E.W. & A.J. WILLIS, 1954: The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem. J.* **54**, 508-514.

Untersuchungen zum Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Vergärbarkeit von Triticaleganzpflanzen unter Verwendung des Rostocker Fermentationstestes

S. Hoedtke¹, E. M. Ott¹, A. Schmidt¹, L. Dittmann¹, R. Bodarski², S. Krzywiecki² und M. Gabel¹

¹ Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie, Justus-von-Liebig-Weg 8, 18059 Rostock

² Landwirtschaftliche Universität Wroclaw, Fakultät für Biologie und Tierwissenschaften, Fachbereich Tierernährung und Ernährungswissenschaften, Chelmońskiego 38c; 50-630 Wroclaw, Polen

Einleitung und Problemstellung

Gegenwärtig kann bei der Konservierung für Futterzwecke eine Zunahme des Anteils von Getreide und Getreideganzpflanzen festgestellt werden. Dabei stellen Getreideganzpflanzen nicht nur hinsichtlich des Ertrages eine Alternative für den Silomaisanbau in erosionsgefährdeten Hanglagen oder Grenzertragslagen dar. Bei optimaler Bereitung sind Silagen von Getreideganzpflanzen als gute Grobfutterkomponente in der Wiederkäuerernährung anzusehen. Aufgrund von Verdichtungsschwierigkeiten bei zunehmendem Trockensubstanzgehalt und einem Mangel an Gärsubstrat durch die Polymerisierung von Zucker zu Stärke während des Vegetationsverlaufs, wird den Getreideganzpflanzen jedoch nur eine mittelmäßige Siliereignung zugesprochen. Da in der Literatur nur wenige Daten zur Silierbarkeit von Getreideganzpflanzen vorliegen, war das Ziel der vorliegenden Untersuchungen, mit Hilfe des Rostocker Fermentationstestes nach PIEPER *et al.* (1989) und ZIERENBERG (2000; RFT) die Vergärbarkeitseigenschaften von Triticaleganzpflanzen in Abhängigkeit vom Vegetationsstadium *in vitro* zu ermitteln.

Material und Methoden

Triticaleganzpflanzen wurden zu den Vegetationsstadien Beginn Ährenschieben (ÄS), Milchreife (MR), späte Milchreife (sMR), Teigreife (TR) und späte Teigreife (sTR) auf den Versuchsfeldern der landwirtschaftlichen Universität Wroclaw geerntet und umgehend bei -20°C eingelagert. Im gefrorenen Zustand erfolgte zur Homogenisierung des Materials ein Musen der Proben. Ein Teil des Probenmaterials wurde der Gefriertrocknung zugeführt. Im

getrockneten Material wurde die Weender Futtermittelanalyse (TS, XA, XP, XF, XL) sowie die Detergenzienfaserfraktionierung nach van Soest (NDF, ADF; beinhalten die Rohasche) durchgeführt. Wasserlösliche Kohlenhydrate und Stärke wurden mittels HPLC, die Pufferkapazität nach WEIßBACH (1967) bestimmt.

Die Ermittlung der Vergärbarkeitseigenschaften erfolgte anhand des Rostocker Fermentationstestes nach PIEPER *et al.* (1989) und ZIERENBERG (2000). Für diese *in vitro*-Methode wurden 50 g des gemusterten Pflanzenmaterials mit 200 ml *aqua dest.* versetzt und bei 30 °C für 46 h inkubiert. Der pH-Wert wurde nach 0, 14, 18, 22, 26, 38 und 46 h gemessen. Folgende Varianten wurden geprüft: a) ohne Zusatz (Kontrolle), b) Zusatz eines Milchsäurebakterienpräparates (*Lb. plantarum*, *Lb. brevis* und *Lb. buchneri*, Impfdichte 1×10^4 KBE/g FM, polnisches Präparat), c) Zusatz eines Enzympräparates (β -Glucanase, Xylanase und Glucoamylase, 0,4 %ig, polnisches Präparat), d) kombinierter Zusatz von Milchsäurebakterien- und Enzympräparat.

Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 1 sind die Nährstoffgehalte und chemischen Siliereigenschaften der Triticaleganzpflanzen zu den fünf Vegetationsstadien dargestellt.

Tab. 1: Nährstoffgehalt und chemische Siliereigenschaften von Triticaleganz-pflanzen zu fünf Vegetationsstadien

	TS	XA	XP	XF	NDF	ADF	XL	XS	XZ	PK	Z/PK
	[%]				[% der TS]					[g MS/100 g TS]	
ÄS	20,2	6,3	13,3	25,3	56,3	27,8	2,7	0,7	14,9	4,3	3,5
MR	35,0	4,9	7,0	28,7	62,0	32,4	1,6	8,3	13,6	3,1	4,4
sMR	35,7	4,3	7,7	25,7	65,3	30,4	2,4	16,7	11,0	2,0	5,5
TR	40,6	4,4	7,2	22,9	60,2	23,9	1,3	22,6	9,9	2,4	4,1
sTR	49,2	3,4	8,0	23,9	69,5	24,4	1,3	29,8	7,2	2,1	3,4

Die Nährstoffgehalte weisen eine für den Verlauf der Vegetation typische Dynamik auf und sind mit Werten anderer Getreideganzpflanzen zu vergleichen. Obwohl der Gehalt der wasserlöslichen Kohlenhydrate (XZ) aufgrund der Polymerisation zu Stärke im Vegetationsverlauf abnimmt, führt die Berechnung des Z/PK-Quotienten in allen Vegetationsstadien zu Werten > 3 , so dass von einer guten Silierbarkeit der Triticaleganzpflanzen auszugehen ist.

Zwischen den einzelnen Varianten des Rostocker Fermentationstestes (RFT) zeigten sich nur sehr geringe Unterschiede in Schnelligkeit und Tiefe der pH-Wert-Absenkung, die zudem in allen Vegetationsstadien nicht signifikant waren ($p > 0,05$). Da sowohl die Impfdichte des Milchsäurebakterienpräparates als auch die Konzentration der Enzymlösung entsprechend den Herstellerangaben verwendet wurden, ist davon auszugehen, dass die Zusätze nicht wirksam oder für das vorliegende Pflanzenmaterial ungeeignet waren.

Für die Ermittlung des Einflusses des Vegetationsstadiums auf die Silierbarkeit der Triticaleganzpflanzen wurden die Werte der Varianten daher zusammengefasst. Tabelle 2 zeigt die pH-Wert-Verläufe der fünf geprüften Vegetationsstadien zu den verschiedenen Messzeiten im RFT.

Tab. 2: pH-Wert-Verlauf von Triticaleganzpflanzen verschiedener Vegetationsstadien während der Inkubation im Rostocker Fermentationstest (n = 36)

h	ÄS	MR	sMR	TR	sTR
0	6,15 ^d ±0,01	5,91 ^b ±0,03	5,87 ^a ±0,04	6,01 ^c ±0,04	6,13 ^d ±0,03
14	5,90 ^c ±0,04	5,57 ^b ±0,02	5,55 ^{ab} ±0,02	5,59 ^b ±0,02	5,51 ^a ±0,06
18	5,23 ^a ±0,15	5,43 ^b ±0,03	5,40 ^b ±0,03	5,34 ^{ab} ±0,19	5,19 ^a ±0,20
22	4,70 ^a ±0,17	5,05 ^b ±0,16	5,06 ^b ±0,15	4,78 ^a ±0,22	4,74 ^a ±0,17
26	4,40 ^b ±0,08	4,58 ^c ±0,19	4,58 ^c ±0,22	4,11 ^a ±0,09	4,14 ^a ±0,09
38	4,04 ^d ±0,05	3,90 ^c ±0,04	3,89 ^c ±0,02	3,72 ^a ±0,04	3,75 ^b ±0,04
46	3,88 ^d ±0,04	3,76 ^c ±0,05	3,79 ^c ±0,02	3,38 ^a ±0,05	3,45 ^b ±0,06

^{a,b} Verschiedene Buchstaben in einer Zeile bedeuten mit $p < 0,05$ signifikante Unterschiede.

Das erste Vegetationsstadium (ÄS) weist im Vergleich zu den weiteren Stadien trotz des höchsten Gehalts an Gärsubstrat eine verzögerte Ansäuerung auf. Von der Tiefe des erreichten End-pH-Wertes (< 4,00) ausgehend kann allen Stadien eine gute Silierbarkeit zugesprochen werden, wobei zur TR und sTR die tiefste Ansäuerung ermittelt wurden. Entscheidend für eine gute Silierbarkeit ist des Weiteren die Schnelligkeit, mit der ein hinreichend tiefer pH-Wert erreicht wird. Mit Hilfe der Gompertz-Funktion lässt sich anhand des kumulierten pH-Wert-Abfalls zur Stunde 0 der Zeitpunkt der maximalen Geschwindigkeit in der pH-Wert-Absenkung am Wendepunkt bestimmen (Abb. 1 und Tab. 3) und somit die Schnelligkeit und Tiefe der Ansäuerung im jeweiligen Pflanzenmaterial schätzen.

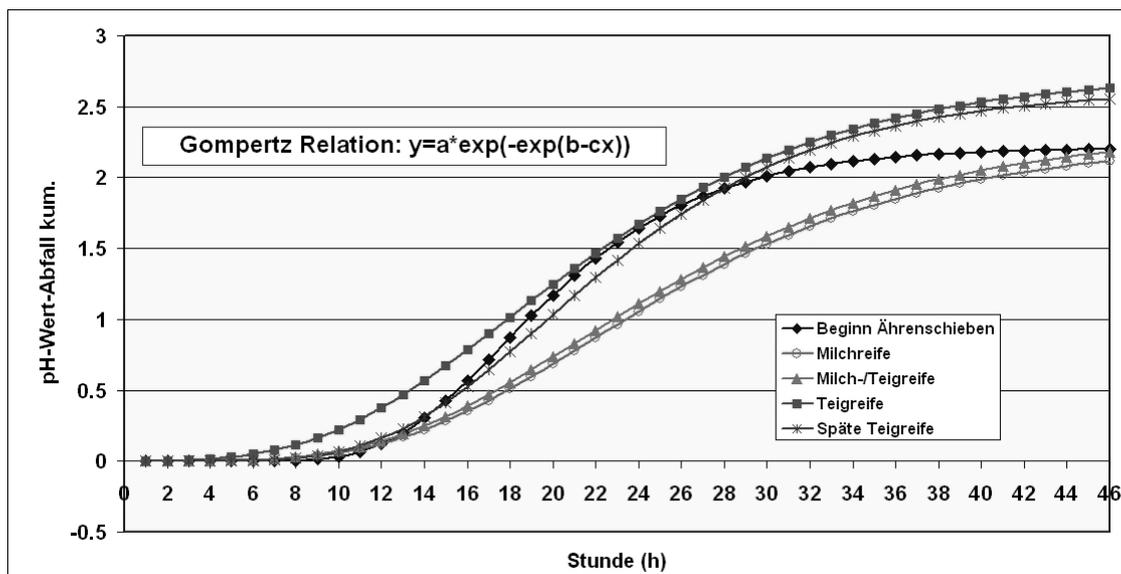


Abb. 1: pH-Wert-Abfall von Triticaleganzpflanzen verschiedener Vegetationsstadien während der Inkubation im RFT (n = 36)

Tab. 3: Parameter der Gompertz-Funktion zur Beschreibung des zeitabhängigen pH-Wert-Abfalls (siehe Abb. 1)

Koeffizienten der Funktion							
	max. pH-Wert-Abfall a	b	c	h des max. Abfalls b/c	pH-Wert bei h des max. Abfalls	r ²	SE
ÄS	2,21	3,35	0,19	17,61	5,34	0,906	0,23
MR	2,26	2,40	0,11	21,53	5,08	0,880	0,25
sMR	2,33	2,35	0,11	21,30	5,01	0,892	0,24
TR	2,73	2,08	0,12	17,92	5,00	0,816	0,35
sTR	2,62	2,67	0,14	19,47	5,17	0,904	0,27

Anhand der Koeffizienten der Funktion wird deutlich, dass das erste Vegetationsstadium zwar den frühesten maximalen, insgesamt jedoch den geringsten pH-Wert-Abfall aufweist.

Schlussfolgerungen

Triticaleganzpflanzen weisen vom Beginn des Ährenschiebens bis zur späten Teigreife günstige Vergärbarkeitseigenschaften auf. Aufgrund der schnellsten und tiefsten Ansäuerung zum Stadium der Teigreife ist diese als optimaler Erntezeitpunkt aus Sicht der Siliereignung zu empfehlen.

Mit Hilfe der Gompertz-Funktion ist eine zuverlässige Schätzung von Schnelligkeit (Zeitpunkt der maximalen pH-Wert-Absenkung) und Umfang (größtmögliche pH-Wert-Absenkung) der Ansäuerung möglich.

Die geprüften Silierhilfsmittel (Milchsäurebakterien- bzw. Enzympräparat) führten entgegen den Erwartungen zu keiner Verbesserung des Gärverlaufes. Ob dies auf eine vom Hersteller empfohlene zu geringe Impfdichte bzw. Konzentration zurückzuführen ist, sollte in Folgeversuchen überprüft werden.

Literatur

- PIEPER, B., KLEEMANN, J., POPPE, S., ALLERT, H., LOSCH, K., WITTCHEN E., MIELITZ, A. & SCHULZ, A. (1989): Verfahren zur Bestimmung der Vergärbarkeit von Futtermitteln. *Patentschrift*, DD 281 255 A5.
- WEIßBACH, F. (1967): Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Vergärbarkeit. *Tagungsbericht Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR* 92, 211-220.
- ZIERENBERG, B. (2000): *In vitro* Methode zur Beurteilung der Fermentationsleistung von Milchsäurebakterien und deren Einfluss auf die Stoffwechelaktivität weiterer für die Silierung relevanter Mikroorganismen bei unterschiedlichen Fermentationsbedingungen. *Dissertation*. Universität Rostock.

Quantifizierung der genotyp- und umweltbedingten Unterschiede in der Verdaulichkeit von Silomais (*Zea mays* L.)

S. Kruse*, A. Herrmann*, J.M. Greef[#], F. Höppner[#], J. Rath[§] und F. Taube*

*Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

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

§ Deutsches Maiskomitee e.V., Clemens-August-Straße 54, 53115 Bonn

Einleitung und Problemstellung

Silomais (*Zea mays* L.) stellt ein qualitativ hochwertiges Grundfuttermittel in der Wiederkäuerernährung dar. Bei begrenzter Trockenmasseaufnahme müssen optimale Grundfutterqualitäten zur Verfügung gestellt werden, um den zusätzlichen Einsatz von Kraftfuttermitteln in der Wiederkäuerernährung zu minimieren. Die Qualität von Silomais wird im Besonderen von der chemischen Zusammensetzung der Mais-Gesamtpflanze und den Verdaulichkeiten der einzelnen Komponenten beeinflusst. Die chemische Zusammensetzung und hierbei insbesondere die Zusammensetzung der Kohlenhydratfraktion ist im Vegetationsverlauf systematischen Veränderungen unterworfen (MCALLEN und PHIPPS, 1977). Unterschiede in den Inhaltsstoffgehalten werden durch den Genotyp (u.a. BARRIERE et al., 2003), aber auch durch Umweltbedingungen (u.a. STRUIK, 1983) direkt oder indirekt beeinflusst.

Untersuchungen zu den Gehalten an Struktur- und Nicht-Struktur-Kohlenhydraten dokumentieren eine im Vergleich zu den Witterungseinflüssen untergeordnete Bedeutung des Genotyps in marginalen Silomaisanbaugebieten wie Norddeutschland (KRUSE, 2006). Statistisch absicherbare Unterschiede zwischen den untersuchten Sorten traten lediglich in früheren Entwicklungsphasen auf. Untersuchungen zum Einfluss von Genotyp und Umwelt auf die Verdaulichkeit von Silomais liegen bisher nur in begrenztem Umfang vor.

Ziel der hier vorgestellten Studie ist es daher, die genotypbedingten Unterschiede in der Verdaulichkeit der Gesamtpflanze verschiedener Silomaisorten über einen weiten Gradienten an Umwelten zu quantifizieren. Basis der Untersuchung bilden dreijährige Versuchsdaten (2001-2003) zur Verdaulichkeit der Gesamtpflanze (% ELOS) die von sechs Silomaisorten (frühe und mittelfrühe Reifegruppe) an acht Standorten deutschlandweit erhoben wurden.

Material und Methoden

Grundlage der vorgestellten Untersuchung stellen Daten dar, die im Rahmen des Projektes „Regionale Erntezeitprognose von Silomais“ vom Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau der Universität Kiel in Kooperation mit dem Deutschen Maiskomitee (DMK), der Bundesanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig (FAL), dem Deutschen Wetterdienst (DWD), sowie Landwirtschaftskammern, Länderdienststellen und Züchtungshäusern erhoben wurden.

In den Versuchsjahren 2000-2004 wurden an bis zu 22 Standorten pro Jahr acht Silomaissorten geprüft (Arsenal, Oldham, Symphony, Probat, Attribut, Fuego, Clarica, Benicia), die hinsichtlich Reifegruppe (früh, mittelfrüh, mittelspät) und Abreifeverhalten (dry down, normal, stay green) das Sortenspektrum von Silomais repräsentieren. Im Laufe der Vegetationsperiode wurden zu sechs Terminen (korrespondierend zum Entwicklungsstadium der Referenzsorte Probat von BBCH 32 und einem Kolben-Trockensubstanz(TS-)Gehalt von 200, 300, 400, 500 und 550 g kg⁻¹ Trockenmasse (TM)) jeweils zehn Maispflanzen geerntet, gehäckselt und nach einer Trocknung bei 65°C zur Qualitätsbestimmung auf 1 mm vermahlen.

Die enzymlösliche organische Substanz (% ELOS) in den geernteten Gesamtpflanzen wurde mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) bestimmt. Die Kalibration bzw. Validation der Schätzggleichung basieren auf der nasschemischen Analyse der ELOS nach VDLUFA-Verbandsvorschrift (1993; Cellulasemethode nach DE BOEVER et al., 1986).

Aufgrund begrenzter Rechnerkapazitäten mussten die erhobenen Daten nach eingehender Prüfung auf Homogenität für die vorliegende Untersuchung reduziert werden. Dreijährige Feldversuchsdaten (2001-03) der frühen und mittelfrühen Reifegruppe (Arsenal, Oldham, Sympony, Probat, Attribut, Fuego) von acht Standorten, die einen weiten Gradienten an Umwelten abgreifen (Tab. 1) fanden Berücksichtigung.

Tab. 1. Charakteristika der Versuchsstandorte.

Standort	Bundesland	Boden	Bodenzahl
Bernburg	(BE) Sachsen-Anhalt	Löß-Schwarzerde	100
Paulinenaue	(PA) Brandenburg	Sand	30
Kiel	(KI) Schleswig-Holstein	sandiger Lehm	50
Wehnen	(WE) Niedersachsen	humoser Sand	32
Braunschweig	(BS) Niedersachsen	lehmiger Sand	35
Kleve	(KV) Nordrhein-Westfalen	sandiger Lehm	67
Dülmen	(DÜ) Nordrhein-Westfalen	Sand	28
Freising	(FR) Bayern	Lehm	65

Die varianzanalytische Auswertung der ELOS-Daten erfolgte mittels MIXED MODEL des Programmpaketes SAS® 8.2 (SAS Institute Inc., 2001), wobei die vierfachen Interaktionen auf Grund der großen Komplexität des statistischen Modells nicht berücksichtigt wurden. Multiple Mittelwertvergleiche wurden mittels t-test und anschließender Korrektur der Überschreitungswahrscheinlichkeiten nach Bonferroni-Holm bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% auf Signifikanz geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 2 zeigt die varianzanalytische Verrechnung der Gesamtpflanzen ELOS- Werte [%] der sechs Sorten (frühe und mittelfrühe Reifegruppe), die dreijährig (2001-03) an acht Standorten deutschlandweit getestet wurden. Die große Variation der Standorteigenschaften bzw. Witterungsbedingungen (Daten nicht präsentiert) spiegelt sich in den signifikanten Einflüssen der Faktoren ‚Standort‘ (Ort) und ‚Versuchsjahr‘ (Jahr) als Haupteffekt und in Wechselwirkung wider.

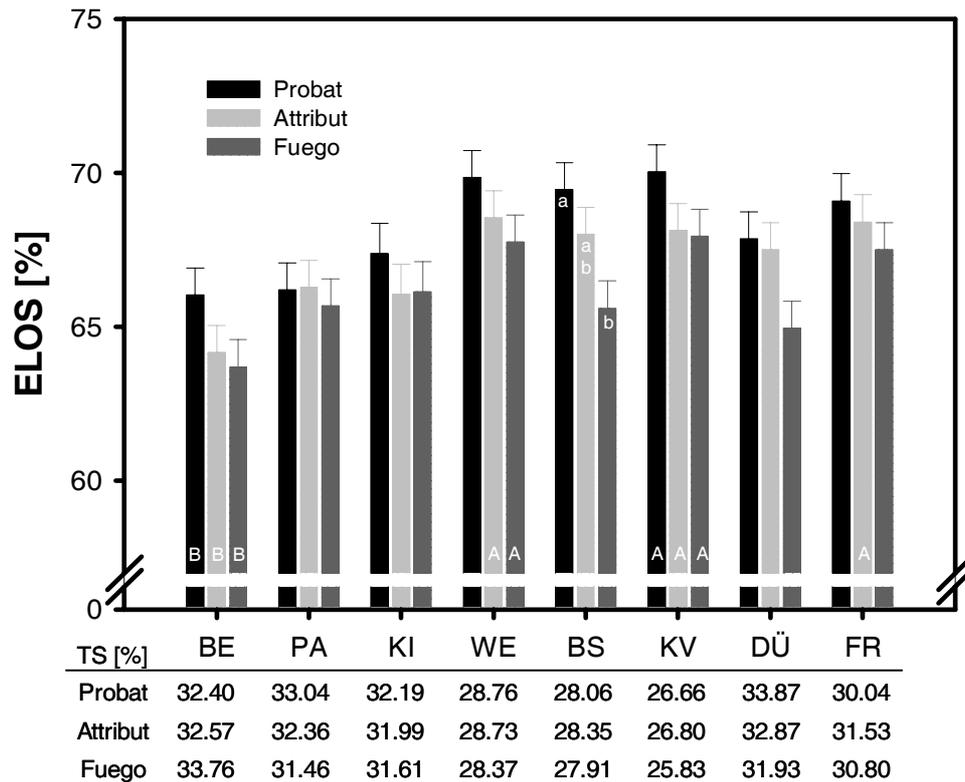
Zur genaueren Analyse der genotypbedingten Sortenunterschiede zeigt Abb. 1 die signifikante Wechselwirkung ‚Standort x Sorte innerhalb Reifegruppe x Erntetermin‘ zum ernterelevanten Termin 6 im Mittel der Vegetationsperioden 2001-2003 exemplarisch für die mittelfrühe Reifegruppe. Zur genaueren Einordnung der Abreife sind ebenfalls die TS-Gehalte der Gesamtpflanze zum entsprechenden Erntezeitpunkt dargestellt. Aufgrund fehlender Balanciertheit der TS-Gehalte zur Ernte konnte dieser Faktor nicht mit in das statistische Modell übernommen werden.

Tab. 2. F-Werte und Signifikanzniveau der Gesamtpflanzen ELOS-Werte [%] von sechs Sorten (frühe und mittelfrühe Reifegruppe) getestet an 8 Orten deutschlandweit in den Jahren 2001-2003.

Effekt	DF	F Value	Pr>F
Orte	7	35.02	<.0001
Jahr	2	42.37	<.0001
Reife	1	87.03	<.0001
Sorte(Reife)	4	21.77	<.0001
Termin	4	337.07	<.0001
Block(Ort*Jahr)	23	1.53	0.0601
Ort*Jahr	14	40.98	<.0001
Ort*Reife	7	0.28	0.9628
Ort*Sorte(Reife)	28	1.86	0.0073
Ort*Termin	28	14.79	<.0001
Jahr*Reife	2	10.55	<.0001
Jahr*Sorte(Reife)	8	1.76	0.0864
Jahr*Termin	8	47.05	<.0001
Reife*Termin	4	2.08	0.0830
Sorte(Reife)*Termin	16	5.89	<.0001
Ort*Jahr*Reife	14	2.06	0.0142
Ort*Jahr*Sorte(Reife)	56	0.92	0.6423
Ort*Jahr*Termin	56	11.18	<.0001
Ort*Reife*Termin	28	1.44	0.0734
Ort*Sorte(Reife)*Termin	112	1.31	0.0355
Jahr*Reife*Termin	8	1.23	0.2795
Jahr*Sorte(Reife)*Termin	32	1.09	0.3497

Die höchsten ELOS-Werte konnten am Standort Kleve (Sorte Pobat, 70,03%) die niedrigsten in Bernburg (Sorte Fuego, 63,70%) ermittelt werden. Zwischen den Standorten Bernburg und Wehnen weist die Sorte Attribut den größten Unterschied von 4,37% auf, wobei sich jedoch die TS-Gehalte der Gesamtpflanze in erheblichem Maße unterscheiden (32,57% TS Bernburg vs. 28,73% TS Wehnen). Die Werte der Sorten Probat, Attribut und Fuego unterscheiden sich signifikant an den Standorten Bernburg und Wehnen, Kleve bzw. Freising wobei die Unterschiede im Bereich von 4-4,2% liegen. Zwischen den Sorten hingegen lassen sich nur am Standort Braunschweig signifikante Unterschiede feststellen. Die staygreen Sorte Fuego weist die geringsten ELOS-Werte von 65,61% im Vergleich zu Probat mit 69,46% bei nahezu identischen TS-Gehalten der Gesamtpflanze auf. Die genotypbedingten Unterschiede von absolut 3,85% liegen also in der Größenordnung der umweltbedingten Variation, wobei sie jedoch ausschließlich an einem Standort ermittelt werden konnten. Dieses Ergebnis wird in der frühen Reifegruppe bestätigt, wo lediglich am Standort Kiel signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Insgesamt kann also festgehalten werden, dass trotz der Berücksichtigung unterschiedlicher Abreifetypen innerhalb der Reifegruppen keine generellen Aussagen bezüglich genotypbedingter Unterschiede im Hinblick auf die Verdaulichkeit der Gesamtpflanze getroffen werden können. Ausschließlich an einem Standort konnten Sortenunterschiede innerhalb der Reifegruppe festgestellt werden. Die Ergebnisse bestätigen vorhergehenden Studien (KRUSE, 2006), in denen Sortenunterschiede in den Kohlenhydratgehalten (NDF, ADF, Zellulose, Hemicellulose) ausschließlich zu frühen Entwicklungsstadien bzw. in Abhängigkeit der Abreife ermittelt werden konnten. Die untersuchten Sorten unterscheiden sich zur Siloreife gleichermaßen nicht in der Verdaulichkeit der Gesamtpflanze.



wobei: BE: Bernburg; PA: Paulinenaue; KI: Kiel; WE: Wehnen; BS: Braunschweig; KV: Kleve; DÜ: Dülmen; FRE: Freising. Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede ($p < 0.005$); Kleinbuchstaben: zwischen den Sorten innerhalb eines Standortes; Großbuchstaben: zwischen den Standorten innerhalb einer Sorte; wobei bei fehlenden Angaben keinerlei signifikante Unterschiede festgestellt werden konnten.

Abb. 1: ELOS- und Trockensubstanz-Gehalte [%] der mittelfrühen Sorten (Probat, Attribut, Fuego) im Bereich der Siloreife Mittel der Versuchsjahre (2001-03) an entsprechenden Standorten.

Literatur

BARRIÈRE, Y., C. GUILLET, D. GOFFNER, and M. PICHON (2003): Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. Anim. Res. 52, 193-228.

KRUSE, S. (2006): Charakterisierung und Modellierung des Abreifeverhaltens von Silomaisgenotypen mittels futterwertbestimmender Parameter. Diss. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

MCALLAN, A. B. and R. H. PHIPPS (1977): The effect of sample date and plant density on the carbohydrate content of forage maize and the changes that occur on ensiling. J. Agr. Sci. 89, 589-597.

STRUİK, P.C. (1983): Effect of temperature on development, dry-matter production, dry-matter distribution and quality of forage maize (*Zea mays* L.). An analysis. Medelingen Landbouwhogeschool Wageningen. Nederland. 83-3, 1-41.

WILSON, D.R., MUCHOW, R.C., and C.J. MURGATROYD (1995): Model analysis of temperature and solar radiation limitations to maize potential productivity in a cool climate. Field Crops Res. 43, 1-18.

Vergleich zweier *in vitro*-Methoden zur Schätzung der Energiegehalte von Futterleguminosen

B. Eickler¹, M. Gierus¹, E. M. Pötsch², R. Resch², und F. Taube¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

²Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein (Irdning/Österreich)

Einleitung und Problemstellung

Zur Bestimmung der Verdaulichkeit bzw. Energieschätzung von Futtermitteln sind verschiedene Methoden und Schätzformeln entwickelt worden, um eine möglichst exakte Futterbewertung für eine optimale Rationsgestaltung bzw. Vorhersage der tierischen Leistung in der Wiederkäuerernährung zu erreichen. Als anerkannte Referenzmethoden werden sowohl die Methode von TILLEY & TERRY (1963) als auch die Cellulase-Methode nach DE BOEVER *et al.* (1986) genutzt, Ergebnisse vergleichender Studien zeigen aber, dass diese Methoden nicht bei allen Futtermitteln gleich präzise sind.

Aufgrund ihrer hohen Proteingehalte steigt die Bedeutung von Futterleguminosen in der Tierernährung. Untersuchungen belegen, dass in einigen Arten enthaltene sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (Tannine in Hornklee, Polyphenoloxidase in Rotklee) die Stickstoffverwertung verändern, aber auch einen Einfluss auf Pansenmikroorganismen haben können. Diese Unterschiede können zudem in Abhängigkeit von Pflanzenart und Pflanzenalter je nach Nutzungssystem und Termin im Jahresverlauf durch variierende Nährstoff- und Fasergehalte verstärkt auftreten. So könnten sich bei den genannten *in vitro*-Methoden Abweichungen durch die unterschiedliche Empfindlichkeit der eingesetzten Enzyme bzw. Mikroorganismen zeigen, welche in Fehlschätzungen der Energiegehalte der Futtermittel resultieren können.

Hinsichtlich dieser Fragestellung wurden die Schätzungen der Energiegehalte verschiedener Futterleguminosen aus unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen auf Basis der genannten *in vitro*-Methoden verglichen.

Material und Methoden

Die *in vitro*-Analyse nach TILLEY & TERRY (TT) erfolgte modifiziert an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, die Cellulasemethode (CM) basierend auf DE BOEVER wurde nach VDLUFA-Vorgaben an der CAU Kiel durchgeführt. Als Pflanzenmaterial dienten bei 60°C getrocknete und auf 1 mm vermahlene Proben eines Feldversuches, der im Rahmen des EU-Projektes COST Action 852 im Jahr 2004 stattfand (KLEEN *et al.*, 2005). Es wurden 195 Proben analysiert, welche fünf Leguminosenarten (Weißklee, Rotklee, Kura-Klee, Luzerne, Hornklee) aus bis zu drei unterschiedlichen Nutzungssystemen (Siloschnitt, simulierte Weide, Umtriebsweide) in dreifacher Feldwiederholung einschlossen. Bei beiden Methoden wurden bis zu vier Standardproben mit bekannter *in vivo*-Verdaulichkeit mituntersucht (Grünlandfutter, Variationsbereich der Verdaulichkeit der organischen Masse (DOM))

41,9...75,2 %), die bei TT grundsätzlich zur Ermittlung von Korrekturfaktoren berücksichtigt werden und für den Methodenvergleich zusätzliche Aussagen zur Qualität der Analysen ermöglichen.

Die Energiegehalte der Proben wurden nach Korrektur der Rohdaten anhand der Standardproben aus der *in vitro*-Verdaulichkeit nach TT regressionsanalytisch getrennt für den ersten Aufwuchs bzw. die Folgeaufwüchse ermittelt. Die Schätzung der metabolisierbaren Energie (ME; MJ kg TS⁻¹) nach CM erfolgte mittels Formel für Leguminosen und Leguminosenkonservate nach WEISSBACH *et al.* (1996). Die statistische Auswertung erfolgte innerhalb der Systeme als Vergleich der Differenzen der ME ($ME_{Diff} = ME_{TT} - ME_{CM}$), die anhand eines Student t-Tests gegen Null geprüft wurden.

Weiterhin wurden die Ergebnisse der Standardproben den bekannten *in vivo*-Verdaulichkeiten (DOM_{vivo}) gegenübergestellt. Die statistische Auswertung erfolgte ebenfalls mittels Differenzbildung. So ergibt sich für TT: $DOM_{Diff} = DOM_{TT} - DOM_{vivo}$. Aus den Ergebnissen der CM wurde zunächst die Cellulaseverdaulichkeit der organischen Substanz (CDOM) berechnet (VDLUF_A) und zur Differenzbildung genutzt ($CDOM_{Diff} = CDOM - DOM_{vivo}$).

Ergebnisse und Diskussion

Eine Gegenüberstellung der geschätzten ME-Gehalte der Leguminosen ergibt überwiegend höhere Energieschätzungen auf Basis der CM im Vergleich zu TT (Abb. 1). Die statistische Auswertung der Differenzen (Tab. 1) zeigt innerhalb jedes Systems signifikante Unterschiede zwischen den Methoden, die entgegen unserer Hypothese nicht nur auf die Arten mit sekundären Pflanzeninhaltsstoffen (Rotklee, Hornklee) beschränkt sind, sondern vielmehr eine grundsätzliche Über- bzw. Unterschätzung der Energiewerte auf Basis der erfolgten Auswertung anzeigen können.

Zur Beurteilung der Genauigkeit der einzelnen Methoden wird die geschätzte DOM der Standards mit den bekannten *in vivo*-Werten verglichen. Eine Darstellung der unkorrigierten DOM-Werte der Standards für jeden Analysendurchgang findet sich in Abb. 2. Die DOM_{TT} zeigt erwartungsgemäß eine größere Streuung durch die biologische Schwankung der

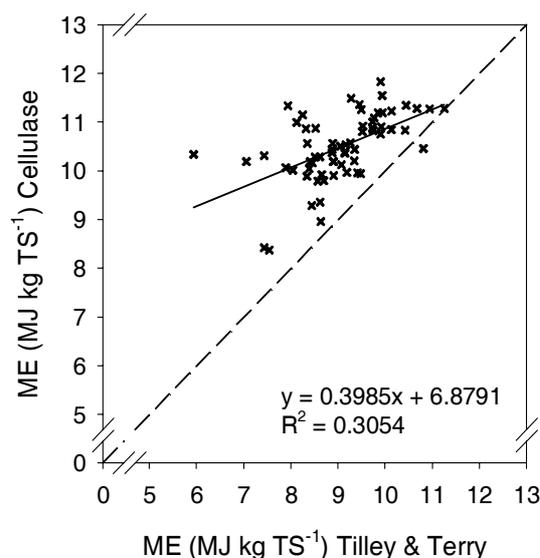


Abb. 1: Gegenüberstellung der ME-Schätzungen mittels TT bzw. CM (Mittelwerte der Feldwiederholungen).

Aktivität des Inokulums, die jedoch nach routinemäßiger Korrektur nicht mehr signifikant war (Daten nicht dargestellt). Die CDOM ergibt für drei der Standards stets eine Über- und für einen Standard eine Unterschätzung der DOM_{vivo} (Abb. 2). Bei der CM ist in der Analytik keine vergleichbare Korrektur der Daten vorgesehen. Der statistische Vergleich der Differenzen ergibt auf dieser Basis signifikante Abweichungen der CDOM von der DOM_{vivo} (Daten nicht dargestellt). Dies könnte darauf schließen lassen, dass auch die Werte der Leguminosenproben nicht zutreffend geschätzt werden und somit die signifikanten Unterschiede der ME verursachen. Zu diskutieren ist, ob eine obligatorische Einbeziehung von Standardproben mit bekannter *in vivo*-Verdaulichkeit bei der CM zu einer Verbesserung der Schätzgenauigkeit beitragen kann.

Tab. 1: Differenzen der ME-Schätzungen der Methoden ($ME_{Diff} = ME_{TT} - ME_{CM}$; MJ kg TS⁻¹); signifikante Unterschiede sind mit * für $P < 0,05$, ** für $P < 0,01$ sowie *** für $P < 0,001$ gekennzeichnet.

System	Art	Aufwuchs 1	Aufwuchs 2	Aufwuchs 3	Aufwuchs 4	Aufwuchs 5
Silo	Weißklee	0,03	-0,85 **	-0,46	-1,25 ***	
	Rotklee	0,35	-1,37 ***	-0,33	-2,87 ***	
	Kura-Klee	-0,33	-1,27 ***	-1,22 ***	-3,40 ***	
	Luzerne	-1,22 ***	-0,84 **	-0,83 **	-1,50 ***	
	Hornklee	-0,55 *	-1,55 ***	-0,99 ***	-1,08 ***	
Simulierte Weide	Weißklee	-0,61	-0,41	-1,00 **	-1,34 ***	-0,85 **
	Rotklee	-1,31 ***	-1,40 ***	-1,71 ***	-1,29 ***	-2,35 ***
	Kura-Klee	-1,61 ***	-2,20 ***	-1,08 **	-1,29 ***	-1,31 ***
	Luzerne	-1,25 ***	-1,05 **	-0,78 *	-1,66 ***	-1,67 ***
	Hornklee	-0,71 *	-1,78 ***	-0,74 *	-2,18 ***	-2,55 ***
Umtriebsweide	Weißklee	-0,90 *	-1,15 ***	-0,99 ***	-1,09 ***	-1,92 ***
	Rotklee	-1,76 ***	-1,91 ***	-1,45 ***	-2,22 ***	-2,90 ***
	Luzerne	-1,68 ***	-1,29 ***	-1,77 **	-1,97 ***	-1,56 ***
	Hornklee	-1,10 *	-1,27 ***	-3,14 **	-4,40 ***	-2,88 ***

Ein Vergleich der unterschiedlichen Aufwüchse innerhalb der Systeme ergibt für die Leguminosen hinsichtlich der Differenzen der ME in jedem System eine signifikante Wechselwirkung der Faktoren Termin*Art (Daten nicht dargestellt). Die Unterschiede zwischen den ME-Schätzungen sind besonders im unteren ME-Bereich von TT (Abb. 1) bzw. bei den Herbstaufwüchsen (Tab. 1; Termine 4 und 5) ausgeprägt und lassen vermuten, dass zusätzlich eine unterschiedliche Empfindlichkeit der eingesetzten Enzyme bzw. der Pansenmikroorganismen gegenüber bestimmten Inhaltsstoffen durch ansteigende Konzentrationen gegen Ende der Vegetationsperiode ursächlich ist. Hier könnte ein Grund die bei TT empfindlichere Abbildung von Interaktionen zwischen Inhaltsstoffen im Futtermittel und Mikroorganismen sein; auch kann dies die Notwendigkeit zur Überprüfung der Zuverlässigkeit vorhandener Schätzformeln für Leguminosen insbesondere hinsichtlich der Herbstaufwüchse aufzeigen.

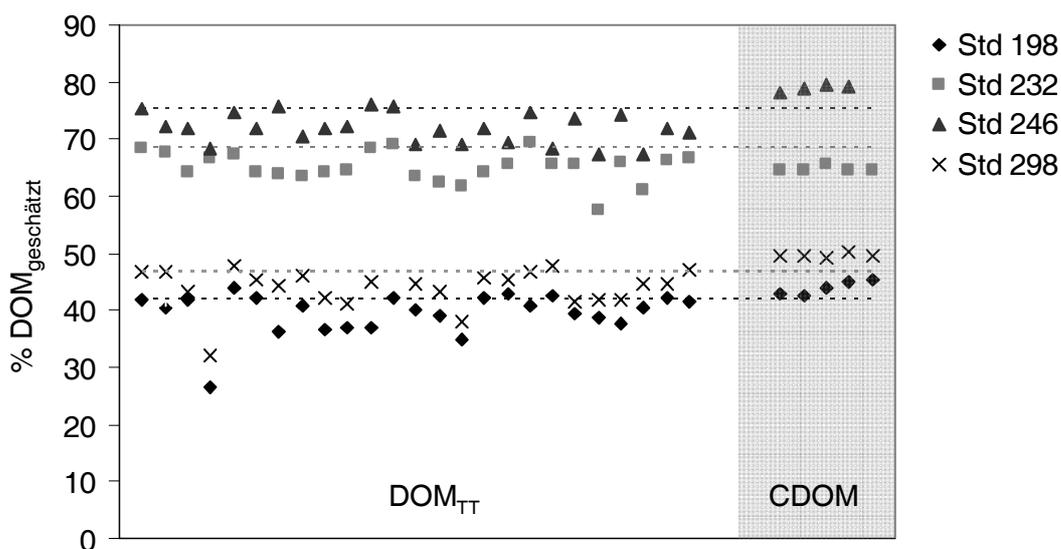


Abb. 2: Vergleich der geschätzten (DOM_{TT} bzw. $CDOM$; unkorrigierte Daten) mit der *in vivo* ermittelten $DOM\%$ (gestrichelte Linien) der Standardproben in den Analysendurchgängen.

Schlussfolgerungen

Hinweise auf einen Einfluss von in Leguminosen enthaltenen sekundären Pflanzeninhaltsstoffen auf die Schätzung der Energiegehalte konnten anhand der vorliegenden Ergebnisse vorerst nicht abgeleitet werden. Vielmehr zeigen sich generelle Defizite hinsichtlich der Vergleichbarkeit der beiden *in vitro*-Methoden bei der Analyse bzw. Energieschätzung von Futterleguminosen. Ansatzpunkte für Anpassungen sind sowohl bei der Methodik selbst als auch bei der Auswertung mittels Schätzformeln gegeben. Es sind weitere *in vivo*-Studien zur Entwicklung und Verbesserung von Schätzformeln erforderlich, die spezifisch an bestimmte Leguminosen angepasst sind. Damit könnte dem steigenden Interesse an Futterleguminosen in der Tierernährung besser Rechnung getragen werden.

Literatur

DE BOEVER, J. L., COTTYN, B. G., BUYSSE, F. X., WAINMAN, F. W. & VANACKER, J. M. (1986): The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 14, 203-214.

KLEEN, J., GIERUS, M. & TAUBE, F. (2005): Einfluss von Schnitt und Beweidung auf die Ertragsbildung von Futterleguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2005*, Band 7, 85-88.

VDLUFA Methodenbuch III Futtermitteluntersuchung, Kap. 6.6.1 Cellulasemethode, 4. Erg. 1997, 3-7.

WEISSBACH, F., KUHLA, S. & SCHMIDT, L. (1996): Schätzung der umsetzbaren Energie von Grundfutter mittels einer Cellulase-Methode. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, 5, 115.

Schätzung des Energiegehaltes in Grasprodukten – Bericht zum Stand neuer Ableitungen

B. Losand¹, M. Pries², Annette Menke², E. Tholen³, L. Gruber⁴, F. Hertwig⁵, T. Jilg⁶, H. Kluth⁷, H. Spiekers⁸, H. Steingäß⁹ und K.-H. Südekum³

¹ Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion Dummerstorf, W.-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

² Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Nevinghoff 40, 48147 Münster;

³ Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, Endenicher Allee 15, 53115 Bonn

⁴ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, Raumberg 38, A 8952 Irdning, Österreich

⁵ Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung Brandenburg, Gutshof 7; 14641 Paulinenaue;

⁶ Bildungs- und Wissenszentrum Aulendorf, Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf;

⁷ Martin-Luther-Universität Halle, Professur für Tierernährung, E.-Abderhalden-Strasse 26, 06108 Halle;

⁸ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft, Prof.-Dürrwaechter-Platz 3, 85586 Poing;

⁹ Universität Hohenheim, Institut für Tierernährung, Emil-Wolff-Straße 8 u. 10, 70599 Stuttgart

Einleitung und Problemstellung

Der Schätzung des Futterwertes konkreter wirtschaftseigener Futtermittel kommt aufgrund der hohen Variabilität der Inhaltsstoffe und deren Verdaulichkeit einerseits und wachsender Anforderungen an die Genauigkeit der Rationserstellung wie auch Kontrollierbarkeit der Fütterung andererseits für den Landwirt eine immer größere Bedeutung zu. Allein in den letzten 10 bis 15 Jahren wurde der durchschnittliche Energiegehalt von Grassilagen beispielsweise um fast 0,5 MJ NEL/kg TM erhöht. Die ständige Veränderung der Eigenschaften von Grünlandaufwüchsen auf züchterischem Wege modifiziert zudem die bekannten Beziehungen zwischen dem Gehalt an wertbestimmenden Rohnährstoffen und deren Verdaulichkeit. Dies führt im Hinblick auf Methoden zur Schätzung des Futterwertes international immer mehr zur Nutzung von in vitro- Parametern (z.B. Enzymlöslichkeit der organischen Substanz - ELOS, Gasbildung – Gb), die die Verdaulichkeit der organischen Substanz oder der Faserstoffe selbst imitieren.

Ein weiterer Aspekt, bestehende Schätzmöglichkeiten für den Energiegehalt zu überdenken, ist die prinzipielle Infragestellung der Weender Futtermittelanalyse im Hinblick auf die Charakterisierung der Kohlenhydrate der Pflanzenzellen. Als Alternative zur Rohfaser und NfE wurde von Van Soest mit der Neutral-Detergentien-Faser (NDF) und der Säure-Detergenzien-Faser (ADF) eine erweiterte Faseranalytik angeboten. Die Einbeziehung dieser erweiterten Faseranalytik in die Futterwertcharakterisierung scheiterte bisher vor allem daran, dass Rohfaser und NfE in dem jetzt in Deutschland angewendeten System von Futterbewertung und Nährstoff- bzw. Energiebedarfsbeschreibung tragende Parameter sind und Doppelbestimmungen von Kohlenhydratfraktionen ökonomisch nicht sinnvoll erscheinen. Seit einigen Jahren gibt es jedoch auch im deutschsprachigen Raum Europas zunehmend praktische Erfahrungen in der Anwendung der erweiterten Faseranalytik bei der Bewertung des Futters einerseits und der Bedürfnisse der Tiere andererseits, so dass deren Einbeziehung in die Futterbewertung umgesetzt werden kann.

Material und Methoden

In die Auswertung kamen Ergebnisse aus 506 Verdauungsversuchen an Hammeln mit Frischgras, Grassilagen und Heu aus acht verschiedenen Einrichtungen Deutschlands und Österreichs der Jahre ab 1990. Die Verteilung auf die Einrichtungen und Grasprodukte zeigt Tab. 1.

Tab. 1: Anzahl der Datensätze nach Produkten und Einrichtungen

Produkt			Grasprodukte gesamt	Grassilagen	Frischgras	Heu
Anzahl gesamt	Mit Gasbildung	Mit ELOS	506	264	61	181
Einrichtung						
Gumpenstein	X	X	119	40	13	66
Dummerstorf		X	113	76	7	30
Haus Riswick	X	X	99	44	-	55
Paulinenaue	(X) *	X	76	35	41	-
Aulendorf	X	X	47	28	-	19
Hohenheim	X	X	27	27	-	-
Grub		X	21	12	-	9
Halle	X		4	2	-	2

*nur in Grassilagen

Tab. 2 zeigt eine zusammenfassende Beschreibung der verschiedenen Materialien des zur Ableitung von Schätzgleichungen genutzten Datenpools. Der Gehalt an ME wurde aus den verdaulichen Nährstoffen gemäß den Vorgaben der GfE (1995) berechnet. Für die Schätzung des Energiegehaltes wurden Rohnährstoffgehalte und in vitro-Parameter verwandt. Im ersten Schritt wurden Schätzgleichungen erarbeitet, die wie bisher die einzelnen Materialien von Grasaufwüchsen (Frischgras, Grassilagen, Heu) gesamt sowie nach Schnittnummern charakterisieren. Anschließend wurden alle Materialien zusammen und getrennt nach Schnittnummern ausgewertet. In einem dritten Schritt wurde die Genauigkeit der Gleichungen für das Gesamtmaterial mit der für die spezielleren Ableitungen der Teilmaterialien verglichen. Ziel war die Entscheidung, ob die allgemeine die spezifischen Ableitungen ohne Genauigkeitsverlust ersetzen kann. Die Schätzgleichungen wurden mit Hilfe von SAS-Prozeduren im Stepwise-Verfahren abgeleitet. In den Schätzmodellen verblieben nur solche Parameter, die ein Signifikanzniveau von $p = 0,15$ unterschritten.

Tab. 2: Rohnährstoffgehalte, in vitro Parameter sowie in vivo ermittelte Gehalte an Umsetzbarer Energie (ME) des Gesamtmaterials der Grasprodukte für die Ableitung von Schätzgleichungen

Variable		n	Mean	Std Dev	min	max
TM	g/kg	344	567	258	126	937
XA	g/kg TM	395	96	27	35	207
XP	g/kg TM	395	145	41	49	265
XL	g/kg TM	395	28	10	6	62
XF	g/kg TM	395	269	42	176	396
ADF _{org}	g/kg TM	395	321	54	204	487
NDF _{org}	g/kg TM	395	523	90	306	739
GB	ml/200 mg in TM	257	44	6	21	59
ELOS	g/kg TM	341	602	89	338	790
ME	MJ/kg TM	395	9,52	1,17	5,88	11,84

Die in die Auswertung einbezogenen Parameter waren:

- Rohnährstoffe: Rohasche, Rohfett, Rohprotein, ADF_{org}, NDF_{org}
- *in vitro*-Kriterien: Gasbildung (GB), ELOS

Ergebnisse und Diskussion

Für die Ableitung allgemeingültiger und robuster Schätzgleichungen waren folgende Fragen zu beantworten.

- Welche Parameter sind in den Schätzgleichungen zu verwenden?

Die besten Ergebnisse werden durch Gleichungen mit den Parametern Rohnährstoffe + GB erzielt. Mit geringem Abstand folgen Gleichungen auf Basis Rohnährstoffe + ELOS. Modelle, die ausschließlich Rohnährstoffparameter verwenden, liegen im Bestimmtheitsmaß häufig um 10 %-Punkte niedriger. Der Schätzfehler ist um etwa 2 %-Punkte erhöht.

- Soll nach Grassilage, Frischgras und Heu differenziert werden?

Eine Energieschätzung im Material Grassilage mit Hilfe der Gleichung für das Gesamtmaterial Grasprodukte führt zu Schätzfehlern, die sich nicht von den Schätzfehlern der speziellen Grassilagegleichungen unterscheiden. Auch beim Heu ergeben sich so gut wie keine Unterschiede zwischen den Schätzfehlern bei Anwendung der Gleichung für das Gesamtmaterial gegenüber der speziellen Heugleichung. Für Frischgras kann auf Grund der zu geringen Stichprobenzahl keine Schätzung mit dem Parameter Gasbildung vorgenommen werden. Bei Anwendung der Gleichung für alle Materialien und Schnitte auf Frischgras ergeben sich die gleichen Schätzfehler wie bei Verwendung materialspezifischer Gleichungen für alle Schnitte.

- Soll nach Schnittnummer unterschieden werden?

Wird eine einheitliche Gleichung für alle Aufwüchse angewendet, ergibt sich für die ersten Aufwüchse sowohl bei Grassilage als auch Heu keine nennenswerte Veränderung der Vorhersagegenauigkeit gegenüber den speziellen Gleichungen für den ersten Aufwuchs. Dagegen scheint sich unabhängig von der Verwendung der Parameter eine größere Ungenauigkeit vor allem für die Folgeaufwüchse zu ergeben. Für Frischgras konnten aufgrund der geringen Datendichte keine aufwuchsspezifischen Gleichungen abgeleitet werden.

Schlussfolgerungen

Aufgrund der genaueren Energieschätzung gegenüber der Verwendung von Rohnährstoffgleichungen sind Gleichungen mit dem in vitro-Parameter Gasbildung zu wählen. Alternativ können auch Gleichungen auf Basis ELOS Anwendung finden. Da beide in vitro-Parameter in verschiedenen Untersuchungseinrichtungen in Anwendung sind, werden zwei alternative Gleichungen empfohlen.

Die Verwendung einer Gleichung für alle Materialien führt zu einer hinreichenden Genauigkeit, so dass die Anwendung produktspezifischer Gleichungen nicht erforderlich ist. Eine Differenzierung nach Schnittnummer erscheint ebenso insgesamt nicht erforderlich.

Als Gesamtaussage können deshalb folgende Gleichungen für alle Materialien und Schnitte unter Verwendung von in vitro Parametern empfohlen werden:

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ ME (MJ/kg TM) } &= 7,80 \\
 &+ 0,0756 \quad \times \quad \text{GB} \\
 &- 0,00384 \quad \times \quad \text{XA} \\
 &+ 0,00563 \quad \times \quad \text{XP} \\
 &+ 0,0192 \quad \times \quad \text{XL} \\
 &- 0,0083 \quad \times \quad \text{ADF}_{\text{org}} \\
 \text{B} &= 82,4 \% ; \quad \text{Schätzfehler: } 4,7 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ ME (MJ/kg TM)} &= 5,51 \\ &+ 0,00827 \quad \times \quad \text{ELOS} \\ &- 0,0051 \quad \times \quad \text{XA} \\ &+ 0,0251 \quad \times \quad \text{XL} \\ &- 0,00393 \quad \times \quad \text{ADF}_{\text{org}} \end{aligned}$$

B = 81,2 %; Schätzfehler: 5,2 %

Angaben: XA, XP, XL, ADF_{org} und ELOS in g/kg TM sowie Gasbildung (GB) in ml/200 mg TM

Der Einfluss pflanzlicher Proteasen auf den Proteinabbau bei zehn verschiedenen diploiden Deutsch Weidelgras Sorten (*Lolium perenne* L.) des mittelfrühen Sortimentes

M. Lösche, H. Salama, M. Gierus, A. Hermann und F. Taube

Christian Albrechts Universität Kiel , Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung –
Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, 24118 Kiel

Einleitung und Problemstellung

Milchvieh/Futterbaubetriebe sind trotz bedarfsgerechter Düngung durch hohe N-Salden gekennzeichnet. Einer der Gründe hierfür liegt in der geringen N-Nutzungseffizienz der Wiederkäuer. Aufgrund eines raschen Abbaus von Proteinen im Pansen bei gleichzeitig nicht ausreichend vorhandener Menge an fermentierbarer organischer Masse kommt es zur Anreicherung von Ammoniak im Pansen, welcher in Form von Harnstoff im Urin des Tieres ausgeschieden wird und auf diese Weise eine starke Belastung der Umwelt verursacht. Während in älteren Untersuchungen überwiegend davon ausgegangen wurde, dass der Proteinabbau im Pansen der Wiederkäuer ausschließlich durch die dort lebenden Mikroorganismen vermittelt wird, zeigen neuere Studien, dass während der ersten Stunden nach der Aufnahme frischen Weidefutters auch pflanzeneigene Proteasen einen bedeutenden Anteil zum Proteinabbau beisteuern können (ZHU et al., 1999).

Das Ziel des vorliegenden Projektes liegt darin, die Auswirkungen pansenähnlicher Bedingungen auf die Aktivität pflanzlicher Proteasen in frischen Blättern von zehn diploiden Deutsch Weidelgras Sorten des mittelfrühen Sortimentes zu untersuchen. Anhand der Ergebnisse lassen sich möglicherweise Sorten identifizieren, die aufgrund eines höheren Anteils unabgebauten Proteins einen höheren Futterwert aufweisen und auf diese Weise zusätzlich zur Verminderung der Umweltbelastung beitragen. Es werden die Proteingehalte der Proben nach unterschiedlicher Inkubationsdauer präsentiert und die daraus rechnerisch abgeleiteten Abbauraten diskutiert. Zusätzlich wird die Veränderung der Proteinzusammensetzung mit fortschreitender Inkubationsdauer mit Hilfe der Gelelektrophorese dargestellt und qualitativ erörtert.

Material und Methoden

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Jahre 2006 auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Universität Kiel durchgeführt. In Form einer einfaktoriellen Blockanlage mit dreifacher Wiederholung wurden zehn diploide Deutsch Weidelgras Sortern des mittelfrühen Sortiments zum Zeitpunkt früher Siloreife im ersten und zweiten Aufwuchs beprobt. Die Pflanzen wurden 5 cm oberhalb der Bodenoberfläche geerntet. Um nach dem Schnitt auftretende Veränderungen der Proteinstruktur möglichst gering zu halten, wurde das geerntete Pflanzenmaterial in einer Kühlbox umgehend ins Labor transportiert, wo zeitnah die Aufarbeitung der Proben erfolgte. Nach der Reinigung des Pflanzenmaterials mit destilliertem Wasser wurde mit Hilfe der Oberflächensterilisation in 80% Ethanol ein möglicher Einfluss am Pflanzenmaterial anhaftender Mikroorganismen während der anschließenden Inkubation verhindert. Jeweils 1 g des zerkleinerten Blattmaterials wurde in dreifacher Wiederholung drei unterschiedlichen Behandlungsstufen ausgesetzt. Behandlungsstufe 1 war dadurch gekennzeichnet, dass das Blattmaterial ohne Inkubation umgehend in flüssigem Stickstoff eingefroren wurde und anschließend bei -70°C bis zur Analyse gelagert wurde. Im Gegensatz dazu wurden die Proben in Behandlungsstufe 2 und 3 für jeweils 6h bzw. 24h in Dunkelheit anaeroben Bedingungen ausgesetzt und bei 39°C in 100 ml Inkubationspuffer (50mM Na₂HPO₄, 50mM KH₂PO₄, 5mM DTT, 2% Natriumazid) inkubiert. Im Anschluss an die Inkubation wurde das Blattmaterial den Pufferflaschen entnommen, mit destilliertem Wasser gespült und bei -70°C bis zu Analyse aufbewahrt. Zur Messung des Proteingehaltes wurden die tiefgefrorenen Proben unter Zugabe von flüssigem Stickstoff in einem Mörser zu feinem Pulver vermahlen. Aliquote von 0,3 bis 0,5 g wurden in ein Eppendorfgefäß eingewogen und mit 800 µl Extraktionspuffer (50mM Tris, 2mM DTT, 1mM EDTA, 0,1% Triton X100, pH 7,5) versetzt. Nach der Homogenisierung der Probe mit Hilfe des Vortex erfolgte die Zentrifugation bei 10.000 xg für 10 min bei 4°C. Die Proteinkonzentration im Überstand wurde anschließend mit der Methode nach BRADFORD (1976) gemessen. Die Zusammensetzung der Proteinabbauprodukte im Überstand wurde mittels Gelelektrophorese im Agilent 2100 Bioanalyser untersucht.

Tab.1: Mittlerer Proteingehalt (µg/g FM) der 10 Genotypen über alle Behandlungsstufen.

Genotyp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mittlerer Proteingehalt (µg/g FM)	42,2 ^b	42,4 ^b	48,2 ^{ab}	37,3 ^b	48,3 ^{ab}	49,9 ^{ab}	50,1 ^{ab}	44,3 ^b	48,2 ^{ab}	58,7 ^a

Ergebnisse und Diskussion

Hinsichtlich der gemessenen Proteingehalte wurden neben den Haupteffekten Genotyp (G), Behandlungsstufe (BS) und Aufwuchs (A) die Wechselwirkung zwischen G x BS, A x G, A x BS und A x G X BS statistisch untersucht. Signifikanzen konnten jedoch lediglich für die drei Haupteffekte und die Wechselwirkung zwischen Aufwuchs und Behandlungsstufe festgestellt werden. Der mittlere Proteingehalt der untersuchten Genotypen über alle Behandlungsstufen

Tab. 2: Veränderungen des durchschnittlichen Proteingehaltes (µg/g FM) im Inkubationsverlauf

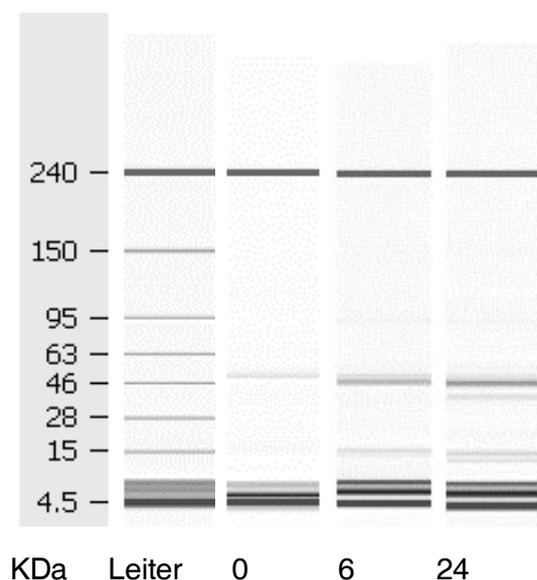
Behandlungsstufe	Erntetermin	
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs
1 (0 Std.)	72,1 ^a	126,7 ^a
2 (6 Std.)	24,8 ^b	35,7 ^b
3 (24 Std.)	7,9 ^c	14,7 ^c

ist in Tab. 1 dargestellt. Die Werte schwanken in einem Bereich von 37,3 bis 58,7 µg/g FM. Genotyp 10 weist signifikant höhere Gehalte auf als Genotypen 1, 2, 4 und 8.

Tab. 2 zeigt den Einfluss der Inkubationsdauer auf den durchschnittlichen Proteingehalt (µg/g FM) getrennt für beide Aufwüchse. Wie zu erkennen ist,

unterscheiden sich bei beiden Aufwüchsen die Werte des durchschnittlichen Proteingehaltes jeder Behandlungsstufe signifikant voneinander. Während die nicht inkubierten Proben die höchsten Proteingehalte aufweisen, ist mit zunehmender Inkubationsdauer eine signifikante Abnahme der Proteingehalte festzustellen. Im ersten Aufwuchs nimmt der Proteingehalt im Zeitraum von 24 Stunden um 89% ab, im zweiten Aufwuchs beträgt die Abnahme 88,2%. Die ermittelten Werte stützen die Ergebnisse von BEHA et al. (2002), die bei Inkubationsversuchen mit Deutschem Weidelgras im gleichen Zeitraum eine Abnahme von 82,3% ermittelten. Anhand der gemessenen Proteingehalte der Proben wurden die jeweiligen Abbauraten rechnerisch ermittelt. Die prozentuale stündliche Abbaurate schwankt bei beiden Aufwüchsen zwischen 7,0 und 12,2%. Signifikante Unterschiede zwischen den Abbauraten der untersuchten Genotypen konnten nicht festgestellt werden. Die ermittelten Abbauraten zeigen jedoch, dass die von BEHA et al. (2002) getroffene Aussage, dass bereits nach vier Stunden ein Drittel Ausgangsproteins abgebaut ist, zum Teil sogar übertroffen wird.

Abb. 1: Qualitative Auswertung der Proteinabbauprodukte



Der Einfluss der Inkubation auf die Polypeptidzusammensetzung der Proben wird in Abbildung 1 verdeutlicht. Die Analyse des nicht inkubierten Materials zeigte, dass mehrere Banden sichtbar waren. Am deutlichsten trat eine Bande im Bereich zwischen 50-60 kDa hervor. Zusätzlich war eine schwache Bande zwischen 15-20 kDa zu erkennen. Allerdings konnten in der vorliegenden Untersuchung keine deutlichen Unterschiede zwischen den Genotypen beobachtet werden. Die Ergebnisse stehen in guter Übereinstimmung mit Untersuchungen von BEHA et al. (2002) und ZHU et al. (1999). Sie konnten ebenfalls bei 55 kDa ein Polypeptid nachweisen, welches sie als große Untereinheit (LSU) der Rubisco identifizierten. Im Gegensatz zu den hier vorliegenden Untersuchungen konnten sie zusätzlich das light harvesting chlorophyll binding protein des Photosystems II (LHCPII) identifizieren, dessen Molekulargröße bei 24 kDa liegt. BEHA et al. (2002) erwähnen in ihrer

Veröffentlichung ebenfalls ein Polypeptid im Bereich einer Molekulargröße von 15 kDa, von dem sie vermuten, dass es sich um die kleinere Untereinheit der Rubisco handle. Im Gegensatz dazu sprechen ZHU et al. (1999) davon, dass die Molekulargröße der kleineren Untereinheit von Rubisco unter 14 kDa liegt. Die Proben der zweiten Behandlungsstufe (6 h) waren dadurch gekennzeichnet, dass eine Verschiebung der vormals deutlichsten Bande aus der Zone zwischen 50-60 kDa in den Bereich zwischen 45-50 kDa stattfand. Zusätzlich war eine Anreicherung von Polypeptiden in der Region zwischen 15-20 kDa erkennbar. BEHA et al. (2002) und ZHU et al. (1999) konnten in ihren Studien ebenfalls eine Abnahme der großen Untereinheit der Rubisco verbunden mit dem Auftauchen eines potentiellen Abbauproduktes im Bereich zwischen 45-50 kDa belegen. Die Proben der 3. Behandlungsstufe (24 h) zeichneten sich dadurch aus, dass das zu Beginn deutlichste Polypeptid im Bereich zwischen 50-60 kDa häufig nicht mehr nachzuweisen war. Der bereits nach sechs Stunden erkennbare Prozess der Bandenverschiebung in die Region zwischen 45-50 kDa setzte sich fort. Im Vergleich mit den Proben der 2. Behandlungsstufe tauchte neben dem bereits erwähnten Polypeptid zwischen 45-50 kDa häufig ein weiteres mögliches Abbauprodukt in der Region um 40 kDa auf. Des Weiteren war eine weitere Anreicherung von Polypeptiden in der Zone unter 20 kDa festzustellen. Die beschriebene Abnahme des zu Beginn deutlichsten Polypeptids wird ebenfalls in der Literatur beschrieben. KINGSTON-SMITH et al. (2005)

betonen in diesem Zusammenhang, dass das Polypeptid bereits nach 16 Stunden nicht mehr nachweisbar sei. ZHU et al. (1999) berichten in diesem Zusammenhang dass das als große Untereinheit der Rubisco identifizierte Polypeptid nach 24 Stunden nicht mehr zu messen sei. In Übereinkunft mit den hier vorliegenden Ergebnissen wird auch bei Ihnen von einer Anreicherung möglicher Abbauprodukte unter 20 kDa gesprochen.

Schlussfolgerungen

Als Resultat lässt sich festhalten, dass die Abnahme der Proteinkonzentration mit fortschreitender Inkubationsdauer den Einfluss pflanzlicher Proteasen am Proteinabbau belegt. Eine Selektion von Genotypen mit geringerer Proteinabbaurate ist, basierend auf Daten des ersten Versuchsjahres, nicht möglich.

Literatur

- BEHA E.M., THEODOROU M.K., THOMAS B.J., KINGSTON-SMITH A.H. (2002): Grass cells ingested by ruminants undergo autolysis which differs from senescence: implications for grass breeding targets and livestock production. *Plant, Cell and Environment* 25, 1299-1312.
- KINGSTON SMITH A.H., BOLLARD A.L. SHAW R., DAVIES T.E., THEODOROU M.K. (2003): Correlations between protein content and protease activity in forage crops. *Aspects of Applied Biology* 70, 101-106.
- ZHU W.Y., KINGSTON-SMITH A.H., TRONCOSO D., MERRY R.J., DAVIES D.R. PICHARD G. THOMAS H., THEODOROU M.K. (1999): Evidence of a role for plant proteases in the degradation of herbage proteins in the rumen of grazin cattle. *Journal of Dairy Science* 82, 2651-2658

Einfluss des Genotyps auf die Futterqualität und PPO-Aktivität von Rotklee

M. Gierus¹, J. Kleen¹, P. Voss¹, B. Ingwersen², W. Luesink² und F. Taube¹

¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, CAU Kiel

² Norddeutsche Pflanzenzucht, Hohenlieth/Malchow

Einleitung und Problemstellung

In einigen Leguminosenarten vorkommende sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe wie kondensierte Tannine oder Polyphenoloxidase (PPO) wirken hemmend auf den raschen Proteinabbau in den Vormägen von Wiederkäuern. Die im Rotklee enthaltene PPO ist verantwortlich für die enzymatische Bräunungsreaktion vieler Pflanzen, bei der sehr reaktive o-Quinone entstehen, welche mit weiteren Phenolen und Proteinen Komplexe bilden können.

Diese Quinon-Protein-Komplexe können zu einem reduzierten Proteinabbau im Pansen und folglich zur Verbesserung der N-Nutzungseffizienz beitragen. Untersuchungen hinsichtlich genotypbedingter Unterschiede in Futterqualität und PPO-Aktivität bei Rotklee sind kaum dokumentiert. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Futterqualität und PPO-Aktivität zu untersuchen, um Rotklee Genotypen mit einer verbesserten Futterqualität zu identifizieren.

Material und Methoden

Datenbasis der Untersuchung bilden einjährige Ergebnisse zur Ertragsleistung- und Futterqualitätsbestimmung von Rotklee genotypen aus Malchow/Poel. Insgesamt wurden 6 Rotklee genotypen in 3 aufeinander folgenden Aufwüchsen im Jahr 2005 beprobt (Genotypbezeichnung: I, II, III, IV, V, VI). Zur Beprobung wurde die phänologische Entwicklung nach FAGEBERG (1988) bestimmt. Die Beprobung erfolgte zur Siloreife auf 5 cm Schnitthöhe. Eine Unterprobe wurde zur Bestimmung des Blatt/Gewichts-Verhältnisses (BGV) entnommen. Proben für die Futterqualitätsbestimmung wurden gekühlt nach Kiel transportiert, in einem Umlufttrockenschrank bei 58°C getrocknet und auf 1 mm vermahlen. Proben für die Bestimmung der PPO-Aktivität wurden in Blatt (ohne Petiole) und Stängel getrennt und sofort bei -20°C gefroren und in Gefrierboxen nach Kiel transportiert. Bis zur weiteren Analyse wurden die Proben bei -27°C gelagert. Die Daten wurden einer Varianzanalyse unterzogen und Mittelwerte anhand des Student's t-Test verglichen und die Irrtumswahrscheinlichkeiten anhand des Bonferroni-Holm Tests angepasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die statistische Auswertung zeigte keinen Einfluss der Wechselwirkung Genotyp x Aufwuchs für die meisten Merkmale (Tab. 1). Der Faktor Aufwuchs beeinflusste durchgehend die untersuchten Merkmale. Ein niedrigeres BGV wurde im 1. Schnitt beobachtet, während ein geringerer mean stage by count (MSC) und TM-Ertrag im 3. Schnitt festgestellt wurde.

Tab. 1: Blatt/Gewichtverhältnis (BGV), Anteil generativer Triebe (GT, %), Mean stage by count (MSC), TM-Ertrag (g/m²), ADF- und NDF-Gehalte (% TM) der Genotypen in 3 Aufwüchsen

Merkmal	Genotyp						SE	Aufwuchs			SE
	I	II	III	IV	V	VI		1.	2.	3.	
BGV	38 ^b	39 ^b	42 ^a	44 ^a	43 ^a	39 ^b	0,6	28 ^c	48 ^a	47 ^b	0,5
GT	39 ^b	35 ^b	38 ^b	39 ^b	42 ^b	52 ^a	3,2	19 ^b	97 ^a	7 ^c	2
MSC	6,6 ^b	6,5 ^b	6,5 ^b	6,5 ^b	6,5 ^b	7,7 ^a	0,2	5,7 ^b	9,4 ^a	5,0 ^c	0,1
TM-Ertrag	484	518	504	491	489	480	18	768 ^a	378 ^b	337 ^c	12
ADF	29,2	29,9	29,6	29,2	29,2	28,9	0,4	32,1 ^a	30,1 ^b	25,7 ^c	0,4
NDF	49,7	49,8	50,1	49,6	48,9	49,2	0,7	49,8 ^b	54,1 ^a	44,6 ^c	0,6

Die Wechselwirkung Genotyp x Aufwuchs war für den Rohproteingehalte (RP) und die RP-Fraktion B1 (rasch abbaubares Protein) signifikant (Tab. 2). Der RP-Gehalt war zum 3. Termin am höchsten, was, bis auf wenige Ausnahmen, auch für die Fraktion B1 galt. Genotypbedingt variierte der RP-Gehalt im 1. Termin zwischen 16,9 und 20,1% und im 2. Termin zwischen 19,4 und 21,8%. Zum 3. Termin sind keine genotypbedingten Unterschiede im RP-Gehalt statistisch abzusichern. Allein zum 1. Termin waren genotypbedingte Unterschiede in der Fraktion B1 zu beobachten. Der Genotyp III wies die höchsten Gehalte auf, während für Genotyp II die geringsten Werte festgestellt wurden.

Tab. 2: RP-Gehalte (% TS) und RP-Fraktion B1 (g N/kg N) der Genotypen in 3 Aufwüchsen

Genotyp	RP-Gehalt ¹⁾			RP-Fraktion B1 ²⁾		
	Aufwuchs			Aufwuchs		
	1.	2.	3.	1.	2.	3.
I	19,1 ^{aC}	20,6 ^{abB}	23,8 ^{abA}	88,8 ^{abAB}	56,2 ^B	120,6 ^A
II	16,9 ^{bC}	21,1 ^{abB}	24,1 ^{abA}	21,2 ^{cB}	27,3 ^B	113,2 ^A
III	18,7 ^{abC}	21,8 ^{abB}	24,6 ^{aA}	104,5 ^{aA}	21,4 ^B	95,8 ^A
IV	18,4 ^{abB}	19,4 ^{bB}	22,2 ^{bA}	32,5 ^{bcB}	11,2 ^B	116,6 ^A
V	20,0 ^{abB}	20,2 ^{abB}	24,2 ^{aA}	63,3 ^{abB}	24,8 ^C	102,1 ^A
VI	20,1 ^{abB}	20,6 ^{abB}	24,7 ^{aA}	37,3 ^{bcB}	29,5 ^B	84,6 ^A

¹⁾ SE=0,4; ²⁾ SE=19,8; ^{a,b} zeigen signifikante Unterschiede zwischen Genotypen innerhalb des Aufwuchses; ^{A, B} zeigen signifikante Unterschiede zwischen Aufwüchsen innerhalb des Genotyps

Die Proteinfraktionen sind in Tab. 3 dargestellt. Für die Fraktionen A, B2, B3 und C sind nur die Haupteffekte signifikant. Für Fraktion A (Nicht-Protein Stickstoff) waren zum 1. Aufwuchs die höchsten Gehalte zu beobachten. Für Fraktion B2 (potentiell abbaubares Protein) wurden zum 3. Termin die höchsten Gehalte beobachtet. Für Fraktion B3 (im NDF gebundenes, potentiell abbaubares Protein) und C (im ADF gebundenes, nicht verfügbares Protein) wurden zum 2. Termin die höchsten Gehalte ermittelt.

Zwischen den Genotypen ist für Fraktion B3 kein Unterschied festzustellen. Für Fraktion A und B2 zeigt der Genotyp VI mit 312 bzw. 284 g N/kg N die höchsten Gehalte, die wiederum für Fraktion C für diesen Genotyp am geringsten waren.

Tab. 3: RP-Fraktion A, B2, B3 und C der Genotypen in 3 Aufwüchsen (g N/kg N)

Fraktion	Genotyp						SE	Aufwuchs			SE
	I	II	III	IV	V	VI		1.	2.	3.	
A	262 ^b	272 ^b	293 ^{ab}	292 ^{ab}	270 ^b	312 ^a	10	352 ^a	231 ^c	268 ^b	7
B2	276 ^{ab}	263 ^{ab}	220 ^b	199 ^b	267 ^{ab}	284 ^a	13	225 ^b	237 ^b	293 ^a	10
B3	244	259	281	290	260	243	17	255 ^b	326 ^a	208 ^c	9
C	141 ^{ab}	152 ^{ab}	145 ^{ab}	168 ^a	146 ^{ab}	120 ^b	9	126 ^b	184 ^a	125 ^b	9

Die PPO-Aktivität wurde nicht in den Proben des 1. Termins bestimmt. Genotypbedingte Unterschiede waren nicht abzusichern (Tab. 4). Höhere PPO-Aktivitäten wurden für Genotyp IV zum 2. Termin und für Genotyp II und V zum 3. Termin beobachtet.

Tab. 4: Aktivität der PPO der Genotypen in 2 Aufwüchsen (UI/μg Protein/g TS)

Genotyp	Aufwuchs ¹⁾		
	1.	2.	3.
I	-	0,36 ^a	0,33 ^a
II	-	0,24 ^a	0,34 ^a
III	-	0,38 ^b	0,82 ^a
IV	-	0,93 ^a	0,36 ^b
V	-	0,17 ^b	0,54 ^a
VI	-	0,32 ^a	0,09 ^a

¹⁾ SE=0,17; ^{a,b} zeigen signifikante Unterschiede zwischen Aufwüchse innerhalb des Genotyps

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen für die meisten Parameter einen deutlichen Effekt des Schnitzeitpunktes, während Unterschiede zwischen den Genotypen eher für die Proteinfractionen und den Rohproteingehalt abzusichern sind. Die Gehalte an NDF und ADF der Genotypen in der vorliegenden Untersuchung liegen im 1. Aufwuchs etwas höher als die beobachteten Gehalte von AUFRÈRE et al. (2002) mit 449 und 287 g/kg für NDF und ADF. Dagegen stimmen die Gehalte an Rohprotein mit 18,7% gut überein.

Eine Veränderung der Futterqualität von Genotypen in Abhängigkeit von der PPO-Aktivität ist besonders im Bereich der Proteinqualität zu erwarten. Das pflanzliche Rohprotein besteht aus unterschiedlichen Proteinfractionen, welche in Nicht-Protein Stickstoff (Fraktion A), schnell (Fraktion B1), potentiell (Fraktion B2 und B3) oder nicht verfügbar (Fraktion C) für die mikrobielle Aktivität im Pansen eingeteilt werden können. Im Zusammenhang mit der Menge an fermentierbarer organischer Masse kann die RP-Fraktion A sofort von der mikrobiellen Population im Pansen genutzt werden, während die RP-Fractionen B1, B2 und B3 mit unterschiedlichen Abbauraten genutzt werden. Das daraus entstehende unabgebaute Protein bildet das UDP, was als Aminosäurenquelle im Dünndarm anflutet. Die Gehalte an Fraktion A liegen für alle Genotypen in einem etwas höheren Bereich, als die durch GIERUS et al. (2005) ermittelten Gehalte an Fraktion A für die Rotkleeorte Pirat im 1. Aufwuchs. Auch Fraktion C wies in der vorliegenden Untersuchung höhere Gehalte auf, als zuvor von GIERUS et al. (2005) beobachtet.

Da unterschiedliche Aufwüchse gewählt wurden, sind die beobachteten Effekte ein Ergebnis aus Witterungseinflüssen und dem Alter (phänologische Entwicklung) der Rotkleepflanzen zum Schnitzeitpunkt. Dies wird durch die Variation im MSC zwischen den Aufwüchsen bestätigt. Zum 2. Aufwuchs wurden ältere Pflanzen als zum 1. und 3. Aufwuchs geerntet. Zum 2. und 3. Aufwuchs wurden auch die höchsten Blatt/Gewichts-Verhältnisse beobachtet.

In der vorliegenden Untersuchung scheint der Einfluss der Aufwüchse eine wichtigere Rolle für die Futterqualität zu spielen, als die untersuchten Genotypen. Ein höherer NDF-Gehalt zum jeweiligen Aufwuchs führte zu einem höheren Gehalt an Fraktion B3, was durch die Einlagerung höherer Anteile an N in die Zellwand mit steigendem Alter zu erklären ist. Im Zusammenhang mit einem geringeren Blatt/Gewichts-Verhältnis konnten höhere Anteile an Fraktion A beobachtet werden. Dieser Zusammenhang stimmt mit der Veränderung der PPO-Aktivität überein, da z.T. bei höheren Blatt/Gewichts-Verhältnissen auch höhere PPO-Aktivitäten zu beobachten sind.

Schlussfolgerung

Der Einfluss des Aufwuchses auf die ermittelten Futterqualitätsmerkmale ist bei Rotklee genotypen deutlicher ausgeprägt, als der genotypbedingte Einfluss. Das Blatt/Gewichts-Verhältnis ist eine wichtige morphologische Eigenschaft, die die Proteinqualität von Rotkleeaufwüchsen maßgeblich beeinflusst.

Literatur

- AUFRÈRE, J., GRAVIOU D., DEMARQUILLY, C. (2002). Protein degradation in the rumen of red clover forage at various stages of growth and conserved as silage or wrapped big bales. *Reproduction Nutrition and Development* 42, 559-572.
- FAGERBERG B. (1988). Phenological development in timothy, red clover and lucerne. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 38, 159-170.

GIERUS, M., KLEEN, J., TAUBE, F. (2005). Variation in protein quality of forage legumes during spring growth. In: Proceedings of the XX International Grassland Congress. 2005, Dublin: Wageningen Academic Publishers, p.240.

Futterqualität verschiedener Leguminosen im Gemenge mit Dt. Weidelgras unter Schnitt- und Weidenutzung

J. Kleen, M. Gierus und F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, 24118 Kiel

Einleitung und Problemstellung

Vor dem Hintergrund zunehmender Bedeutung von Ackerfutterbausystemen und der N-Nutzungseffizienz beim Wiederkäuer, steigt das Interesse an nicht ausdauernden Leguminosen als Alternativen zu Weißklee (*Trifolium repens* L.). Bisher liegen kaum Studien vor, die sowohl verschiedene Gemenge, als auch unterschiedliche Bewirtschaftungssysteme gleichzeitig vergleichen. So könnten Rotklee, Luzerne und Hornklee unter Schnitt- als auch unter Weidenutzung Alternativen zu Weißklee bieten. In dem vorgestellten Projekt besteht die Zielsetzung darin, verschiedene Leguminosen in binären Gemengen mit Dt. Weidelgras unter Weide- und Schnittnutzung zu untersuchen. Erste Ergebnisse zur Ertragsbildung wurden bereits präsentiert (KLEEN et al., 2006).

Material und Methoden

Der Versuch wurde in den Jahren 2004 und 2005 auf dem Versuchsbetrieb "Lindhof" der Universität Kiel durchgeführt. Weitere Daten zum Versuchsaufbau und Versuchsbedingungen wurden bereits veröffentlicht (KLEEN et al., 2006). Rotklee (*Trifolium pratense* L.; RK), Luzerne (*Medicago sativa* L., Weidetyp; LA) und Hornklee (*Lotus corniculatus* L.; HO) wurden im Gemenge mit Dt. Weidelgras (*Lolium perenne* L.) angebaut und im Vergleich zu Weißklee/Dt. Weidelgras-Gemenge (WK) betrachtet. Alle Gemenge wurden sowohl beweidet (Umtriebsweide), als auch Schnitt genutzt. Bei der Umtriebsweide (Weide) wurden je 5 Aufwüchse beweidet, im System simulierte Weide (sim. Weide) wurden je 5 Schnittnutzungen und unter Siloschnittnutzung wurden 4 (2004) bzw. 3 Schnitte (2005) durchgeführt. Die Futterqualität der Gemenge wurde jeweils im ersten Hauptnutzungsjahr der Bestände untersucht. In Ergänzung zu den Ertragsbildungsdaten (KLEEN et al., 2006) werden hier Ergebnisse zum XP-, NDF-, ADF-Gehalt, dem NEL-Gehalt und der chemischen Fraktionierung des XP nach LICITRA et al. (1996) vorgestellt. Die varianzanalytische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SAS auf Basis eines gemischten Modells mit den Faktoren Jahr, Nutzungssystem, Gemenge und den Interaktionen dieser Faktoren. Die Mittelwerte wurden mit dem Student t-Test mit WK verglichen und die Irrtumswahrscheinlichkeiten mittels Bonferroni-Holm-Tests korrigiert.

Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 1 und 2 sind die Ergebnisse der verschiedenen Merkmale dargestellt. Wie aus den Tabellen ersichtlich, ergab die varianzanalytische Verrechnung, mit Ausnahme der Fraktion C, für alle untersuchten Merkmale eine signifikante Wechselwirkung ($P < 0,05$) für Jahr*Nutzungssystem*Gemeinde.

Tab. 1: Gehalte an XP (SE=1,33), NEL (SE=0,21), NDF (SE=1,18) und ADF (SE=1,13) der verschiedenen Gemeinde in Abhängigkeit des Nutzungssystems

	Silo	2004 sim. Weide	Weide	Silo	2005 sim. Weide	Weide
			XP (g kg TS ⁻¹)			
WK	158 ^a	152 ^a	161 ^a	125 ^b	177 ^a	147 ^b
RK	173 ^a	160 ^a	186 ^a	127 ^b	186 ^a	183 ^{*a}
LA	185 ^a	152 ^b	199 ^{*a}	140 ^b	169 ^{ab}	179 ^{*a}
HO	163 ^a	162 ^a	123 ^{*a}	111 ^a	99 ^{*a}	108 ^{*a}
			NEL (MJ kg TS ⁻¹)			
WK ¹	6,54 ^a	6,56 ^a	6,53 ^a	6,22 ^a	6,54 ^a	6,57 ^a
RK	6,18 ^a	6,58 ^a	6,48 ^a	6,23 ^a	6,56 ^a	6,73 ^a
LA	5,88 ^{*a}	6,37 ^a	6,38 ^a	6,22 ^a	6,58 ^a	6,68 ^a
HO	5,96 ^{*ab}	6,34 ^b	6,56 ^{*a}	6,12 ^a	6,01 ^a	6,41 ^a
			NDF (g kg TS ⁻¹)			
WK	458 ^a	491 ^a	508 ^a	526 ^a	479 ^b	508 ^{ab}
RK	522 ^{*a}	498 ^a	525 ^a	528 ^a	484 ^b	484 ^b
LA	517 ^a	473 ^b	515 ^{ab}	509 ^a	469 ^a	484 ^a
HO	528 ^{*a}	504 ^b	563 ^{*a}	519 ^b	583 ^{*a}	538 ^{ab}
			ADF (g kg TS ⁻¹)			
WK	260 ^a	258 ^a	260 ^a	292 ^a	260 ^b	257 ^b
RK	296 ^{*a}	256 ^b	265 ^b	291 ^a	258 ^b	241 ^b
LA	326 ^{*a}	277 ^b	276 ^b	292 ^a	256 ^{ab}	246 ^b
HO	318 ^{*a}	280 ^b	304 ^{*ab}	301 ^a	313 ^{*a}	273 ^b

* signifikant ($P < 0,05$) unterschiedlich zu WK innerhalb des Nutzungssystems
^{a, b} signifikante ($P < 0,05$) Unterschiede zwischen den Nutzungssystemen innerhalb der Gemeinde und des Jahres

Der XP-Gehalt der Gemeinde lag zwischen 99 (HO, sim. Weide, 2005) und 199 g XP kg TS⁻¹ (LA, Weide, 2004). Während sich unter Silo für kein Gemeinde signifikante Unterschiede zum WK ergaben, war der XP-Gehalt für LA und HO unter Weidenutzung in beiden Jahren signifikant erhöht bzw. verringert. Die Ergebnisse spiegeln die botanische Zusammensetzung der Bestände wieder. So wurde unter Weide zum einem für LA aber auch für RK (2005) signifikant höhere und für HO signifikant niedrigere Leguminosenanteile am Gemeinde beobachtet (KLEEN et al., 2006). Während 2004 kaum Unterschiede zwischen den Systemen beobachtet werden konnten, führte Silo in 2005 für nahezu alle Gemeinde zu einem niedrigeren XP-Gehalt sowohl im Vergleich zu Weide, als auch zur sim. Weide. Während die Unterschiede zwischen Silo und sim. Weide wiederum auf deutlich höheren Leguminosenanteilen der Bestände beruhen, führte die Düngewirkung der Exkremente (Weide) zu einer Steigerung des XP-Gehaltes der RK- und LA-Bestände in 2005. Bezüglich des NEL-Gehaltes der Gemeinde ergaben sich sowohl im Vergleich zu WK, als auch im Vergleich der verschiedenen Systeme kaum signifikante Unterschiede. Mit Werten zwischen 5,88 MJ NEL kg TS⁻¹ (LA, Silo, 2004) und 6,73 MJ NEL kg TS⁻¹ (RK, Weide, 2005) konnte für alle Gemeinde unter allen Systemen hohe Werte ermittelt werden. Unterschiede der Faserfraktionen NDF und ADF im Vergleich zur Referenz WK ergaben sich vor allem für HO. Für HO konnten 2004 (Silo und Weide) und 2005 (sim. Weide) sowohl deutlich höhere NDF-

und ADF-Gehalte analysiert werden. Des Weiteren ergaben sich für RK unter Silo 2004 (522 g NDF kg TS⁻¹) und für RK und LA unter Silo 2005 (296 bzw. 326 g ADF kg TS⁻¹) deutliche Unterschiede zu WK. In beiden Jahren und für beide Parameter führte Silo stets zu den höchsten Anteilen beider Faserfraktionen, was in Zusammenhang mit den längeren Aufwuchsperioden (50 Tage Silo vs. 30 Tage sim. Weide und Weide) und dem damit verbundenen Anstieg im Alter der Bestände zu sehen ist.

Tab. 2: Anteil der XP - Fraktionen A (SE=11,5), B (SE=16,6) und C (SE=5,7) der verschiedenen Gemenge in Abhängigkeit des Nutzungssystems.

	2004		2005			
	Silo	sim. Weide	Weide	Silo	sim. Weide	Weide
A (g kg XP ⁻¹)						
WK	260 ^a	268 ^a	225 ^b	269 ^b	280 ^a	239 ^c
RK	233 ^{*a}	238 ^{*a}	230 ^a	230 ^{*a}	234 ^{*a}	203 ^{*b}
LA	298 ^{*a}	318 ^{*a}	268 ^{*b}	250 ^b	303 ^a	236 ^c
HO	258 ^{ab}	270 ^a	233 ^b	253 ^a	249 ^{*a}	238 ^a
B (g kg XP ⁻¹)						
WK	666 ^b	660 ^b	721 ^a	642 ^b	609 ^b	700 ^a
RK	657 ^{ab}	635 ^b	686 ^{*a}	675 ^a	662 ^{*a}	699 ^a
LA	628 ^{*b}	615 ^{*b}	682 ^{*a}	696 ^{*a}	625 ^b	687 ^a
HO	619 ^{*b}	622 ^{*b}	702 ^a	659 ^a	664 ^a	650 ^{*a}
C (g kg XP ⁻¹) ¹						
	Silo	sim. Weide		Weide		
WK	81 ^a	82 ^a		60 ^b		
RK	103 ^{*a}	115 ^{*a}		82 ^{*b}		
LA	64 ^{*a}	67 ^a		47 ^{*b}		
HO	106 ^{*a}	98 ^a		61 ^b		

* signifikant ($P < 0,05$) unterschiedlich zu WK innerhalb des Nutzungssystems
^{a, b} signifikante ($P < 0,05$) Unterschiede zwischen den Nutzungssystemen innerhalb der Gemenge und des Jahres
¹ Mittel der Versuchsjahre 2004/2005

Tab. 2 stellt die Ergebnisse der varianzanalytischen Verrechnung der chemischen Fraktionierung des XP dar. Die Fraktion B nahm von allen drei Fraktionen bei allen Gemengen stets den höchsten Anteil am XP ein, wie bereits in der Literatur dargestellt wurde. Den zweitgrößten Anteil nahm die Fraktion A mit Werten zwischen 203 g A kg XP⁻¹ (RK, Weide, 2005) und 318 g A kg XP⁻¹ (LA, Silo, 2004) ein. Unterschiede zur Referenz WK waren besonders für RK zu finden. Diese Gemenge wiesen in beiden Jahren und unter fast allen Nutzungssystemen stets deutlich geringere Anteile an Fraktion A auf, was durch die hohen Anteile an Rotklee in den Gemengen verbunden mit dem Gehalt der an Polyphenoloxidase (PPO) verursacht wurde. Im Gegensatz dazu konnte aufgrund der geringen Bestandesanteile von HO am Gemenge kaum mindernde Effekte des Tanningehaltes auf Fraktion A und damit signifikante Unterschiede zu WK beobachtet werden. Die Ergebnisse zum Einfluss des Nutzungssystems auf den Anteil der Fraktion A waren nicht konsistent, wenngleich Beweidung tendenziell zu niedrigeren Werten im Vergleich zu den Schnittnutzungen führte. Wie bereits erwähnt, nahm die Fraktion B den höchsten Anteil am XP ein. Im ersten Untersuchungsjahr wies LA unter allen Nutzungssystemen, HO unter Silo und sim. Weide und RK lediglich unter Weide deutlich geringere Anteile im Vergleich zu WK auf. 2005 ergaben sich dagegen unter Silo für LA, unter sim. Weide für RK und unter Weide für HO deutliche Unterschiede zu WK. Weidenutzung verursachte in beiden Untersuchungs-jahren eine Erhöhung der Fraktion B besonders im Vergleich zur sim. Weide. Der Anteil der Fraktion C schwankte in einem sehr weiten Rahmen von 47 bis 115 g C kg TS⁻¹ (LA, Weide bzw. RK, sim. Weide). Im Zusammenhang mit den geringen Anteilen an Fraktion A, konnten für RK für alle

Nutzungssysteme deutlich höheren Anteile an Fraktion C im Vergleich zu WK beobachtet werden. Für HO ergaben sich dagegen lediglich unter Silo signifikant höhere Werte im Vergleich zur Referenz. Diese Ergebnisse spiegeln vermutlich die Gehalte von Rotklee und Hornklee an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen (Polyphenoloxidase bzw. Tannin) wieder.

Schlussfolgerungen

Aufgrund der geringen Bestandesanteile des Hornklees am Gemenge konnten keine positiven Effekte auf die Proteinqualität beobachtet werden, während für LA hohe Anteile an Fraktion A auf eine schlechtere Verwertung des XP beim Tier hinweisen. Dagegen lassen für RK geringe Anteile an Fraktion A und hohe Anteile an Fraktion C auf Vorteile bezüglich der N-Nutzungseffizienz beim Wiederkäuer schließen, weshalb RK aus dem Gesichtspunkt der Futterqualität eine potentielle Alternative zu WK darstellt. Vergleichbare Ertragsleistungen unter Schnittnutzung (KLEEN et al., 2006) bestätigen diese Ergebnisse.

Literatur

- LICITRA, G., HERNANDEZ, T. M., VAN SOEST P. J. (1996): Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57, 347-358.
- KLEEN, J. GIERUS, M., TAUBE, F. (2006): Ertragsbildung verschiedener Futterleguminosen unter Schnitt- und Weidenutzung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, 18, 270-271.

Vergleich der DLG-Bewertungsschlüssel für Silagen bei Praxisproben aus Bayern

K. Rutzmoser und W. I. F. Richter

Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft der LfL, Grub,
Dürnwächter-Pl. 3, 85586 Poing

Einleitung und Problemstellung

Bei der Silierung von Grünfutter soll der Futterwert soweit wie möglich erhalten werden. Zur Bewertung des Siliererfolges ist die Untersuchung von Gärkennwerten möglich. Dabei werden neben den Rohnährstoffen der Weender Analyse (u. a. Trockenmasse (TM), Rohprotein) die Endprodukte der Vergärung (Milchsäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Ammoniak) sowie der pH-Wert bestimmt. Vom DLG-Ausschuss Futterkonservierung wurden Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität vorgeschlagen. Damit sollte für untersuchte Silagen aus der chemischen Bestimmung eine einzige aussagekräftige Kennziffer vergleichbar einem Index (Höchstpunktzahl 100) errechnet werden. In den Jahren 1997 und 2006 wurden jeweils DLG-Schlüssel vorgestellt, welche im weiteren nach diesen Jahreszahlen bezeichnet werden (DLG 1997, DLG 2006). Der vorher ab 1992 angewendete

Schlüssel (DLG 1992) hatte gegenüber DLG 1997 keinen Abzug für geringe Essigsäuregehalte.

Material und Methoden

Zum Vergleich der DLG-Schlüssel wurden insgesamt 405 Grassilagen heran gezogen, die von Landwirten aus Bayern seit 2004 zur Futteruntersuchung an das Futtermittellabor in Grub eingeschickt und auf Gärkennwerte untersucht wurden. Davon stammen 247 Proben vom ersten Aufwuchs, der Rest von Folgeaufwüchsen. Da bezüglich der Fragestellung keine bemerkenswerten Unterschiede nach Schnittnummer bestehen, werden alle Grassilageproben zusammen betrachtet. Einen Überblick über die wichtigsten Kennwerte soll Tab. 1 vermitteln. Weitere 158 Maissilagen werden hier nicht weiter behandelt.

Die Berechnung der Energie NEL (in MJ/kg TM) schließt die üblicherweise etwas niedrigeren Werte von Folgeaufwüchsen mit ein. Bei Milchsäure werden Gehalte mit höchstens 99,9 g/kg TM gespeichert. Buttersäure ist in 158 Proben vorgekommen.

Für jede Probe wurden die DLG-Punkte nach den beiden Formeln 1997 und 2006 berechnet. Deren Eckpunkte sind in Tab. 2 aufgeführt. In der Bewertung 1997 erfolgt bei niedrigen Essigsäuregehalten unter 20 g/kg TM ein Abzug bis zu -20 Punkten. Im Schlüssel DLG 1992 unterblieb dieser Abzug. Nach dem Ergebnis der Punktbewertung werden den Proben Noten zugeordnet von 1 (sehr gut) bis 5 (sehr schlecht) mit Grenzen bei 90, 70, 50 und 30 Punkten.

Tab. 1: Untersuchte Kennwerte Grassilagen mit Gärkennwerten (405 Proben, Buttersäure 158 positive Proben)

	Mittenswert	Standard- abweichung	Bereich von...bis
Trockenmasse TM g/kg	338	87	147...713
Rohasche g/kg TM	110	29	63...481
Rohprotein g/kg TM	172	28	97...238
Rohfaser g/kg TM	241	30	150...327
NEL MJ/kg TM	6,14	0,38	3,57...7,09
Milchsäure g/kg TM	55	27	0,9...99,9
Essigsäure g/kg TM	16	12	1...87
Buttersäure g/kg TM	13	11	3...58
Ammoniak g/kg TM	2,4	1,4	0,4...12
NH ₃ -N-Anteil v.H.	7	4	1...44
pH-Wert	4,54	0,48	3,68...7,69

Tab. 2: Eckpunkte der DLG-Punktbewertung

Gärkennwert	1997	2006
Buttersäure g/kg TM	0 g = 50 P. 50 g = 0 P.	0 g = 90 P. 50 g = 0 P.
Ammoniak % NH ₃ -N an Gesamt-N	10 % = 25 P. 26 % = 0 P.	o. B.
pH-Wert, gestaffelt nach TM-Gehalt, z.B. 300 bis 450 g/kg	4,50 = 25 P. 6,20 = -30 P.	4,50 = 10 P. 4,80 = 0 P.
Essigsäure g/kg TM	85 g = -30 P. 30 g = 0 P.	85 g = -70 P. 30 g = 0 P.

Ergebnisse und Diskussion

Die prozentuale Gesamtverteilung aller Grassilageproben auf die Notenklassen sowie die mittlere Punktzahl nach den DLG-Schlüsseln 1992, 1997 und 2006 ist in Tab. 3 aufgeführt. In

Tab. 4 ist die Verteilung in den Noten nach DLG 1997 und 2006 zu ersehen. In der Diagonalen der Tabelle steht der Anteil an Proben, welcher nach beiden Schlüsseln die gleiche Note erhält. Über der Diagonalen sind die Proben angeordnet, die nach dem oben angeordneten DLG-Schlüssel 1997 eine schlechtere Note erhalten haben, unter der Diagonalen sind die aufgewerteten Silageproben zu finden. Die Randsummen geben die Verteilung für den jeweiligen Schlüssel an.

Tab. 3: Summenverteilung nach DLG-Schlüssel 1992, 1997 und 2006 (in v.H.)

Note	1	2	3	4	5	Punkte
Summe 1992	48	29	14	6	3	81,7
Summe 1997	22	41	19	13	5	72,6
Summe 2006	58	14	12	10	6	80,1

Tab. 4: Verteilung nach DLG-Schlüssel 1997 und 2006 (in v.H.)

Note 2006 / 1997	1 (1997)	2 (1997)	3 (1997)	4 (1997)	5 (1997)	Summe 2006
1 (2006)	20	30	6	2	0	58
2 (2006)	2	6	5	1	0	14
3 (2006)	0	5	4	3	0	12
4 (2006)	0	0	4	5	1	10
5 (2006)	0	0	0	2	4	6
Summe 1997	22	41	19	13	5	100

Die Verteilung nach den DLG-Schlüsseln 1992 und 2006 ist etwa ähnlich, denn in beiden wurde versucht, die Vergärung für sich zu bewerten. Dagegen ist im DLG-Schlüssel 1997 mit der Abwertung essigsäurearmer Silagen, welche eine geringere aerobe Haltbarkeit erwarten lassen, eine markante Verschiebung von 26 % bzw. 30 % der Proben von Note 2 (1997) nach Note 1 (1992, 2006) erfolgt. Diese Veränderungen sind auch in der Gesamtverteilung (Summe) wieder zu finden. Die Verschiebungen in den anderen Feldern sind dem gegenüber als weniger bedeutsam anzusehen.

Tab. 5: Gärkennwerte (g/kg TM) und deren Punktbeitrag nach DLG 1997

Note	Punkte	Buttersäure	NH ₃ -N	pH	Essigsäure
1 (1997)	96 (22 %)	3 (3%)=50 P	7 = 25 P.	4,22 = 24 P.	23 = -3 P.
2 (1997)	82 (41%)	6 (25%)=47 P	6 = 25 P.	4,38 = 22 P.	15 = -10 P.
3 (1997)	63 (19%)	10 (67%)=37 P	7 = 24 P.	4,72 = 14 P.	12 = -13 P.
4 (1997)	42 (13%)	16 (81%)=28 P	9 = 22 P.	5,06 = 6 P.	13 = -14 P.
5 (1997)	9 (5%)	33 (95%)=13 P	16 = 16 P.	5,35 = -7 P.	17 = -12 P.

Tab. 6: Gärkennwerte (g/kg TM) und deren Punktbeitrag nach DLG 2006

Note	Punkte	Buttersäure	NH ₃ -N	pH	Essigsäure
1 (2006)	97 (58 %)	3 (7%)=90 P	0	4,47 = 7 P.	13 = -0 P.
2 (2006)	81 (14 %)	5 (66%)=79 P	0	4,55 = 6 P.	19 = -4 P.
3 (2006)	63 (12%)	9 (87%)=62 P	0	4,56 = 5 P.	19 = -4 P.
4 (2006)	41 (10%)	17 (92%)=43 P	0	4,62 = 3 P.	24 = -6 P.
5 (2006)	19 (6%)	33 (100%)=19 P	0	5,03 = 4 P.	21 = -4 P.

Die Gärkennwerte in den Notenklassen (Tab. 5 und 6) zeigen die Gewichtung der einzelnen Parameter für die Punkte. Neben der durchschnittlichen Punktzahl ist der Anteil der

Notenklasse in % angegeben. Zum Gehalt an Buttersäure ist der %-Anteil der buttersäurehaltigen Proben und wie bei NH₃-N, pH und Essigsäure deren Beitrag zur Punktzahl des Schlüssels aufgeführt. Nach dem DLG-Schlüssel 1997 tragen alle Kennwerte deutlich zur gesamten Punktdifferenz zwischen den Noten bei. Beim DLG-Schlüssel 2006 wird fast die gesamte Punktbewertung von der Buttersäure bestimmt.

Schlussfolgerungen

Nach dem DLG-Schlüssel 2006 wird gegenüber der Bewertung von 1997 nahezu ein Drittel der untersuchten Grassilageproben um eine Note besser eingestuft (von Note 2 nach 1997 auf Note 1 nach 2006). Dies wird unter anderem damit begründet, dass eine Bewertung beispielsweise des pH-Wertes zwar Rückschlüsse auf die Stabilität nach der Entnahme von Silage zulässt, aber kaum Zusammenhänge mit den Verlusten während der Vergärung im Silo gefunden wurden (KAISER, 2006). Insofern wird offensichtlich mit dem DLG-Schlüssel 2006 (und in erheblichem Maße auch mit DLG 1992) die Aussage auf die Umsetzungen beim Gärvorgang konzentriert. Wie eng die gewählten Kennwerte und deren Gewichtung mit den tatsächlichen Verlusten zusammen hängen, lässt sich mit den vorliegenden Daten nicht überprüfen. Eine Auswertung von Silierversuchen, welche auch exakte Messungen der Verluste an Trockenmasse enthalten, könnte in dieser Frage weiter führen.

Literatur

DLG (1997): DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung nach Weißbach und Honig, Teil B, Fassung vom 1. 8. 1997.

DLG (2006): DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung (Februar 2006), *Praxishandbuch Futterkonservierung*, 7. Auflage, DLG-Verlag, 45-48.

KAISER, E. (2006): Beurteilung der Gärqualität, *Praxishandbuch Futterkonservierung*, 7. Auflage, DLG-Verlag, 42-45.

Untersuchungen zur Quantität und Qualität ökologisch erzeugter Grünlandaufwüchse für die Winterweide von Fleischrindern

J. Müller*, M. Kayser**, H.-P. König*** und J. Isselstein****

* Institut für Landnutzung der Universität Rostock

** Forschungs- u. Studienzentrum für Veredelungswirtschaft der Universität Göttingen

*** K + S Kali GmbH Kassel

**** Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Universität Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Die Mutterkuhhaltung hat in ökologisch wirtschaftenden Betrieben einen wirtschaftlich bedeutsamen Stellenwert erlangt (SACHER, 2003). Angesichts der angespannten

Erlössituation bietet die ganzjährige Freilandhaltung in Verbindung mit einer Winterweide eine interessante Möglichkeit zur Minimierung der Kosten (BAUER, 1996). In diesem Zusammenhang gilt es Pflanzenbestände zu etablieren, die spezifischen Anforderungen an Wuchsverhalten und Futterqualität entsprechen (OPITZ VON BOBERFELD, 1997). Welche futterbaulichen Maßnahmen sich zur Gestaltung des Verfahrens unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus eignen, ist im Gegensatz zu mineralisch gedüngten Graslandbeständen bislang kaum untersucht worden.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher, mehr Kenntnisse über die Menge und die Qualität von Winterfutter zur erlangen, welches auf die Nährstoffversorgung durch organische, bodenbürtige und legume Quellen angewiesen ist. Dabei sind folgende Fragen von besonderem Interesse:

- Welche Arten/Sorten eignen sich zur Futtererzeugung für den Winter und ab wann sollten sie heranwachsen?
- Kann eine Stickstoffbereitstellung durch legume, nicht hinreichend winterharte Mischungspartner erfolgen?
- Welche Einflüsse auf den Futterwert sind festzustellen?

Material und Methoden

Anhand eines Feldversuches wurden die Einflüsse von Art und Zusammensetzung der Grünland- respektive der Ackerfutterbestände sowie deren Aufwuchsdauer auf den Trockenmasseertrag und ausgewählte Qualitätsaspekte ermittelt (Tab. 1).

Bei dem Versuchsstandort Freistatt (Landkreis Diepholz) handelt es sich um einen humosen Sand mit durchschnittlich 24 Bodenpunkten, der Winterbeweidung zuläßt und für das Verfahren der Mutterkuhhaltung auf marginalen Grünlandstandorten typisch ist. Der Versuch wurde im Frühjahr 1998 als zweifache Blockanlage mit der Parzellengröße 6x12 m angelegt (Tab. 1). Jede Variante wurde dreifach wiederholt und in den Jahren 1999-2001 regelmäßig auf Seneszenz bonitiert.

Tab. 1: Design des Winterweideversuches Freistatt

Faktor	Stufen			
1	Aufwuchszeit	1.1	Schonung des Winteraufwuchses ab Juli	
		1.2	Schonung des Winteraufwuchses ab August	
2	Pflanzenbestand	2.1	Gras Reinbestand	
		2.2	Weißklee-Gras-Mischung	
		2.3	Rotklee-Gras-Mischung	
3	Art/Sorte		Block Grünland	
			Block Ackerfutter	
		3.1	Lolium perenne „Fennema“	L.p. „Aubisque“
		3.2	Lolium perenne „Mandat“	L.b. „Tine“
		3.3	Lolium perenne „Herbie“	L.b. „Boogie“
		3.4	Lolium perenne „Elgon“	L.m.m. „Lema“
		3.5	Festuca arundinacea „Feline“	L.m.m. „Malmi“
		3.6	Festuca arundinacea „Elfina“	L.m.w. „Topspeed“
		3.7		L.m.w. „Caremo“
		3.8		F.b. „Paulita“
3.9		F.a. „Hykor“		

Je Parzelle erfolgte an den jeweils 3 Beprobungsterminen pro Winterhalbjahr eine Kernbeerntung zur Feststellung des Ertrages an Frischmasse. Eine repräsentative Teilprobe

davon wurde bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, auf 1 mm vermahlen und mittels NIRS (FAL-EQA 99-02, jährlich validiert) auf die Rohnährstoffgehalte XF, XP, XZ, ADF sowie die enzymunlöslichen organischen Substanz (EULOS) untersucht. Der Gehalt an Rohasche wurde referenzanalytisch über den Glühverlust bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die varianzanalytische Auswertung der Erträge an Trockenmasse über den gesamten Versuchszeitraum weist signifikante Effekte der Faktoren „Aufwuchszeit“, „Pflanzenbestand“ sowie „Art/Sorte“ aus (Tab. 2).

Tab. 2: Auszug aus der Varianzanalyse für das Merkmal TM-Ertrag

Varianzursache	FG	MQ	Signifikanz ¹
Zeit d. Aufwuchses	1	52982,5	***
Pflanzenbestand	2	303,2	*
Art/Sorte	14	1073,3	***
Z x P	2	17,1	n.s.
Z x A	14	333,5	*
A x P	28	86,5	n.s.

¹⁾ n.s. – nicht signifikant; *** p<0,001; *p<0,05

Von den Wechselwirkungen war lediglich die Interaktion Aufwuchszeit x Art statistisch abzusichern. Die Arten- und Sorteneffekte sind somit im Hinblick auf ihre Ertragswirksamkeit nicht unabhängig von der Aufwuchsdauer zu interpretieren. Während sich die Erträge der Vornutzungsvariante ‚Augustbeerntung‘ auf einem sehr niedrigen Niveau bewegten und zwischen den verschiedenen Beständen nur unwesentlich differenzierten, konnten die bereits ab Juli geschonten Bestände beweidungswürdige Aufwuchsmengen von 10-25 dt/ha vorweisen (Abb. 1). Damit verbunden war eine markante Arten- und Sortendifferenzierung.

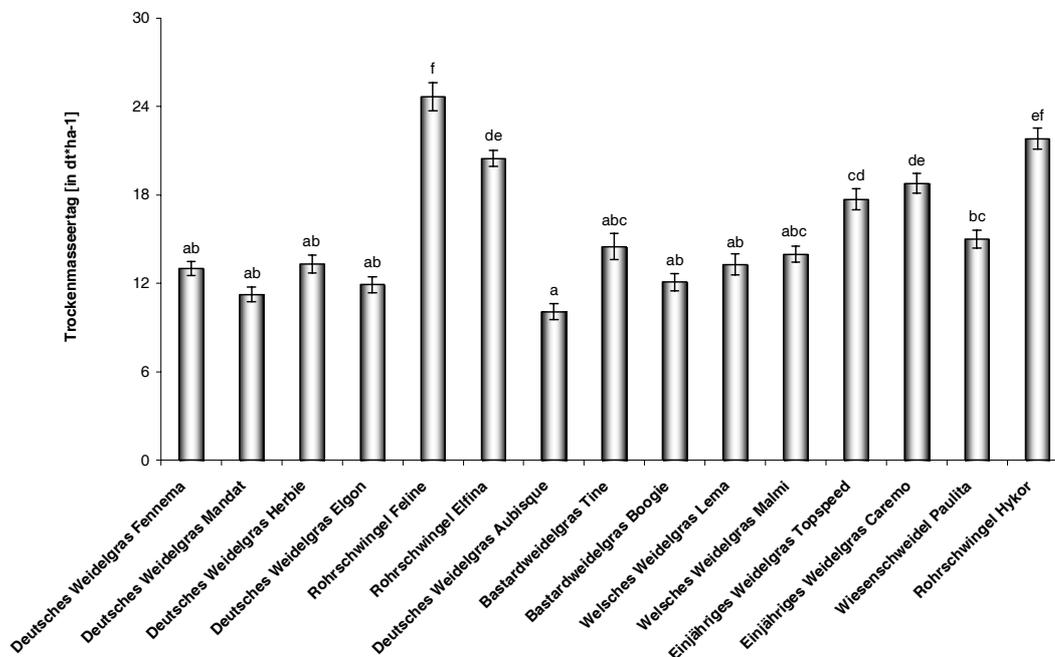


Abb. 1: TM-Erträge einzelner Grasarten und –sorten bei Aufwuchs ab Juli

Mittel aller Erhebungen, kleine Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (SNK, $\alpha < 0,05$), Fehlerbalken als Standardfehler des Mittelwertes.

Die Wirkung des legumen Gemengepartners wird am Merkmal Rohproteingehalt am deutlichsten (Abb. 2). Sowohl Rot- als auch Weißkleevarianten wiesen signifikant höhere XP-Gehalte auf als die korrespondierenden Reinsaaten der Gräser. Allerdings erhöhte sich durch die Leguminosenbeimengung auch der Anteil des seneszenten Materials. Die Zunahme der Seneszenz wiederum ging mit einem Anstieg der enzymunlöslichen organischen Substanz (EULOS) einher.

Es erscheint daher für die gezielte Bereitstellung von Winterweidefutter auf Ackerflächen überlegenswert, frosthärtere Leguminosen wie die Winterwicke, die allerdings von Weidetieren schlecht angenommen wird, in zukünftige Untersuchungen einzubeziehen.

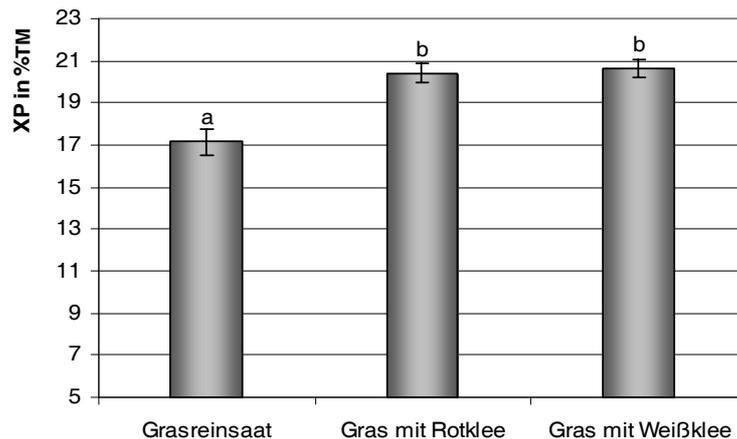


Abb. 2: Rohproteingehalte im Winterweideaufwuchs in Abhängigkeit vom Pflanzenbestand

Mittel aller am 01.02.99 geernteten Varianten, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Variantenunterschiede (SNK, $\alpha < 0,05$), Fehlerbalken als Standardfehler des Mittelwertes.

Schlussfolgerungen

Die bei hinreichend guter Bestandesentwicklung feststellbaren Unterschiede zwischen den Grasarten und -sorten in der Massenentwicklung entsprechen im Wesentlichen den Ergebnissen anderer Autoren (WOLF, 2002). *Festuca arundinacea* erreichte unter den N-limitierten Standortverhältnissen die höchsten Aufwuchsleistungen. Eine längere Schonungsphase des Bestandes (im August keine Vornutzung mehr vornehmen) ist unter den Bedingungen der ökologischen Wirtschaftsweise allerdings notwendig, um einen akzeptablen Weideertrag von >12 dt TM/ha erzielen zu können.

Mit dem Einsatz kleinkörniger Leguminosen kann eine Verbesserung der Erträge und Rohproteingehalte gegenüber einer Grasreinsaat erreicht werden. Weißklee ist in aller Regel dem konkurrenzstarken Rotklee vorzuziehen, da er weniger zur Dominanz neigt. Zu starke Kleeanteile (>30%) sind zu vermeiden.

Literatur

BAUER, U. (1996): Ergebnisse und Erfahrungen zur Winterweide mit Fleischrindern. Schriftenreihe des Verbandes zur Förderung extensiver Grünlandwirtschaft e.V. *Freilandhaltung von Rindern im Winter*, 4-11.

OPITZ VON BOBERFELD, W. (1997): Winteraußenhaltung von Mutterkühen in Abhängigkeit vom Standort unter pflanzenbaulichem Aspekt. *Berichte über Landwirtschaft* 75, 604-618

SACHER, M. (2003): Ökonomische Situation in sächsischen Mutterkuhbetrieben. *Infodienst Betriebswirtschaft* 2, 21-32

WOLF, D. (2002): Zum Effekt von Pflanzenbestand, Vornutzung und Nutzungstermin auf Qualität und Masse von Winterweidefutter. *Dissertation*. Universität Gießen.

Einfluss der Nutzungshäufigkeit auf die Futterqualität einer *Leymus chinensis*/*Stipa grandis*-Pflanzengesellschaft in der Inneren Mongolei – Ergebnisse aus der DFG-Forschergruppe MAGIM

A. Schiborra, M. Gierus und F. Taube

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

Einleitung und Problemstellung

Die Überbeweidung der Steppen der Inneren Mongolei, V.R. China, ist sowohl ein großes ökologisches, wie agronomisches Problem. Die Verzehnfachung der Tierzahlen in den letzten 60 Jahren führte zur Überbeweidung des natürlichen Graslands, so dass inzwischen etwa 20% des natürlichen Bestandes als nicht nutzbar und ein weiteres Drittel als degradiert gelten. Im Rahmen der DFG-Forschergruppe MAGIM verfolgt die Arbeitsgruppe Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, CAU Kiel, in Zusammenarbeit mit dem Institute of Botany, CAS, Beijing, das Ziel, den Prozess der Degradierung durch pflanzenbaulich relevante Parameter, sowie Futterqualitätsmerkmale zu charakterisieren. Diese Parameter sollen als Anzeiger kritischer Bestandsveränderungen fungieren. Am Ende der Untersuchungen soll die Definition von Schwellenwerten stehen, die es in Zukunft ermöglichen drohende nachhaltige Bestandsschädigungen frühzeitig zu erkennen. In einem ersten Versuch wurde ein natürlicher Grasbestand verschiedenen Nutzungsintensitäten ausgesetzt, und Ertrags- und Qualitätsparameter über die Vegetationsperiode erfasst. Erste Ergebnisse zur Ertragsbildung wurden bereits beschrieben (SCHIBORRA *et al.*, 2006). Im Folgenden werden die Ergebnisse der Futterqualitätsparameter der Versuchsjahre 2004 und 2005 dargestellt, und ihre Eignung als Anzeiger für Bestandsveränderungen bewertet.

Material und Methoden

Der Versuch wurde an der Forschungsstation IMGERS, etwa 500 km nördlich von Peking auf dem mongolischen Plateau (1200 m ü. N.N.), durchgeführt. Dort herrscht ein semi-arides Steppenklima (Tab. 1), die Vegetationsperiode dauert von Mai bis September. Ein 0,7 ha großes Areal mit homogener Bestandszusammensetzung wurde ausgewählt und in einer

randomisierten Blockanlage mit 4-facher Wiederholung wurden 3 Behandlungen geprüft. Die Behandlungen unterschieden sich in ihrer Nutzungsintensität:

- BI: Schnitt einmal, am Ende der Vegetationsperiode (Heuschnitt)
- BII: Schnitt ab Anfang Juli alle 6 Wochen (moderate Nutzungsintensität)
- BIII: Schnitt ab Anfang Juli alle 3 Wochen (hohe Nutzungsintensität)

Im Jahr 2004 wurde die Beprobung der BI und BII im Abstand von 2 Wochen, der BIII von 3 Wochen (jeweils vor dem Schnitt) durchgeführt. Im Jahr 2005 wurden die BI und BII nur noch alle 6 Wochen (mit dem Schnitt von BII) beprobt, während BIII weiterhin alle 3 Wochen beprobt wurde. Pro Parzelle wurden vier $\frac{1}{4}$ m² große Quadrate auf 1 cm Höhe geschnitten. Die Schnittnutzung der BII und BIII erfolgte mit einem Rasenmäher auf 2,5 cm Höhe, der Heuschnitt in BI wurde mit praxisüblichem Gerät (ca. 8 cm Höhe) durchgeführt. Die bei der Beprobung geerntete Biomasse wurde in 4 Fraktionen aufgeteilt: die Hauptbestandbildner *Stipa grandis* und *Leymus chinensis*, die jeweils etwa $\frac{1}{3}$ des Bestandes ausmachen, alle restlichen Arten und das nekrotische Material. Die Proben des Aufwuchses wurden bei 60°C für 24 Stunden getrocknet und im Anschluss mit einer Zentrifugalmühle auf 1 mm vermahlen. Alle Proben wurden in Kiel mit dem NIRS gescannt. An ausgewählten Proben wurde der N-Gehalt im C/N-Analyzer bestimmt (Rohproteingehalt (CP) = N x 6.25) und die Zellwandbestandteile sequentiell im ANKOM Fiberanalyzer bestimmt. Die wasserlöslichen Kohlenhydrate (WLK) wurden in einem Kaltwasseraufschluss extrahiert, hydrolysiert und anschließend in einem Ionen-Chromatographen quantifiziert. Nachfolgend wurden die Qualitätsparameter aller Proben mittels NIRS geschätzt. Die Qualität der grünen Biomasse wurde aus der Qualität des Gesamtbestandes, abzüglich des nekrotischen Materials berechnet. Bei dem Versuch handelt es sich um eine vollständig randomisierte Blockanlage. Die Einzelbeobachtungen wurden einer Varianzanalyse unterzogen. Bei signifikantem F-Wert ($P < 0,05$) wurden die entsprechenden Mittelwerte anhand eines Student-*t*-Tests geprüft, und die Irrtumswahrscheinlichkeiten nach Bonferroni-Holm korrigiert. Die Jahre 2004 und 2005 wurden unabhängig von einander ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Biomasseproduktion ist insbesondere von den Niederschlagsmengen (Tab. 1) und ihrer Verteilung abhängig. Im Jahr 2005 reduzierten sich die Erträge in BI und BII um etwa 60% gegenüber 2004, bei einer um 50% geringeren Niederschlagsmenge (SCHIBORRA *et al.*, 2006).

Tab. 1: Klimadaten im 20-jährigen Mittel, 2004 und 2005

	1982-2003	2004	2005
Temperatur (°C)	0,7	1,9	0,1
Niederschlag (mm)	343	325	166

Die Futterqualität wurde für alle 4 beprobten Fraktionen bestimmt. Da die Qualität der beiden Hauptbestandbilder, und die der grünen Biomasse insgesamt nur geringfügige Unterschiede aufweist, wird im Folgenden nur die Qualität der grünen Biomasse genauer betrachtet. In Tabelle 2 sind die Jahresmittelwerte der organischen Masse (OM), CP und WLK zusammengefasst. Der OM-Gehalt in der grünen Biomasse nimmt in BII und BIII signifikant ab. BII und BIII sind 2004 nicht signifikant voneinander verschieden, aber 2005 ist der OM-Gehalt in BIII weiter reduziert. Durch die Schnittnutzung kommt es zu einer Verunreinigung der Pflanzen mit Bodenpartikeln. Außerdem wird durch das Entfernen der Biomasse, die Bodenoberfläche freigelegt und Regen prallt ungebremst auf den Boden, da die Steppenvegetation keine geschlossene Grasnarbe aufweist. Dabei von der

Bodenoberfläche zurückprallendes Spritzwasser, erhöht den Aschegehalt zusätzlich. Da 2005 nur wenig Regen fiel, erklärt dies möglicherweise die höheren OM-Gehalte in allen Behandlungen gegenüber 2004.

Tab. 2: Jahresmittelwerte OM-, CP-, und WLK-Gehalt in der grünen Biomasse

	2004				2005			
(g kg DM ⁻¹)	B I	B II	B III	SE	B I	B II	B III	SE
OM	947.5 ^a	934.4 ^b	933.8 ^b	0.454	952.1 ^a	944.9 ^b	936.2 ^c	0.398
CP	101.9 ^c	135.6 ^b	143.8 ^a	2.094	96.94 ^b	111.7 ^a	115.9 ^a	2.900
WLK	45.96 ^a	38.64 ^b	39.97 ^b	0.951	58.05 ^a	54.93 ^a	46.87 ^b	1.650

unterschiedliche Buchstaben ^{a,b,c} kennzeichnen signifikante ($P < 0,05$) Unterschiede innerhalb eines Jahres zwischen den Behandlungen.

Der CP-Gehalt steigt mit zunehmender Schnittfrequenz in 2004 signifikant über alle Behandlungen an, während BII und BIII in 2005 statistisch nicht zu trennen sind. Der Anstieg der CP-Gehalte ist eine erwartete Reaktion auf die Schnittnutzung, da der Alterungsprozess der Gräser unterbrochen wird. Die Gräser können sich nicht über ein junges, vegetatives Stadium hinaus entwickeln, welches mit hoher N-Konzentration, und somit höheren CP-Gehalten verbunden ist. Insgesamt sind die CP-Gehalte 2005 geringer als 2004. Als Ursache ist die geringe Verfügbarkeit von N aus dem Boden, aufgrund niedriger Bodenfeuchte zu nennen. Der mittlere Gehalt an WLK ist 2004 in BII und BIII signifikant geringer als in BI, im Jahr 2005 zeigt sich nur in BIII ein signifikanter Rückgang. Da in BII im Jahr 2005 ein Schnitt weniger durchgeführt wurde als 2004, ist der Rückgang gegenüber BI nicht mehr signifikant. Für die Produktion neuer Biomasse nach dem Schnitt, werden gespeicherte WLK benötigt bis eine neue ausreichende Assimilationsfläche aufgewachsen ist, womit die geringeren WLK-Gehalte in BII und BIII zu erklären sind. Dies kann eine Verminderung der Kohlenhydratreserven nach sich ziehen, die für die Winterhärte und den Wiederaufwuchs im Folgejahr von Bedeutung sind. Im Verlauf der Vegetationsperiode zeigte sich aber, dass die Gehalte an WLK in BII und BIII zwar im Mittel niedriger waren als in BI, zum Ende der Vegetationsperiode aber in allen Behandlungen wieder ein ähnliches Niveau erreichten. Da die Seneszenz in BII und BIII durch die Schnittnutzung später eintrat, konnten im Herbst bei immer noch hoher Sonneneinstrahlung weiter WLK assimiliert werden, die auf Grund der niedrigeren Temperaturen nur wenig veratmet und somit akkumuliert wurden. Der Gehalt an WLK ist 2005 im Mittel gegenüber 2004 erhöht, was auf die anhaltende Trockenheit zurückgeführt werden kann. Die starke Sonneneinstrahlung und die geringe Wachstumsrate, als Folge des Wassermangels, ziehen die Akkumulation von WLK nach sich (BROWN & BLASER, 1970). Der Zellwandgehalt ist im Vergleich zu europäischen Grasbeständen hoch und entspricht etwa dem eines überständigen Extensivbestandes (Tab. 3). Der Gehalt an Neutraler Detergenzfaser (NDF) sinkt 2004 in BII signifikant ab, in BIII ist der Gehalt weder von BI noch von BII zu unterscheiden. 2005 sind keine signifikanten Unterschiede im NDF-Gehalt erkennbar. Die Zusammensetzung der Zellwand variiert nur minimal zwischen den Behandlungen in beiden Jahren. Obwohl sich Unterschiede z. T. sichern lassen, sind diese mit 1-2% sehr gering. Betrachtet man die Zellwandzusammensetzung insgesamt, so waren die mittleren Gehalte an NDF, Saurer Detergenzfaser (ADF), Saurem Detergenlignin (ADL) und Cellulose in 2005 etwas höher als in 2004.

Tab. 3: Jahresmittelwerte der NDF und die Anteile an ADF, ADL, Hemicellulose und Cellulose an der NDF in der grünen Biomasse

	2004				2005			
(g kg DM ⁻¹)	B I	B II	B III	SE	B I	B II	B III	SE
NDF	707.7 ^a	689.2 ^b	700.5 ^{ab}	3.30	712.5	702.7	706.2	3.51
Anteil (%)								
ADF	46.44 ^a	46.43 ^a	45.41 ^b	0.14	46.70 ^b	47.98 ^a	48.30 ^a	0.22
ADL	5.92 ^a	5.46 ^b	5.21 ^c	0.07	6.63	6.59	6.79	0.05
Hemicel- lulose	53.56 ^b	53.57 ^b	54.59 ^a	0.14	53.30 ^a	52.02 ^b	51.70 ^b	0.22
Cellulose	40.53 ^b	40.97 ^a	40.20 ^b	0.10	40.08 ^b	41.39 ^a	41.52 ^a	0.18

unterschiedliche Buchstaben ^{a,b,c} kennzeichnen signifikante ($P < 0,05$) Unterschiede innerhalb eines Jahres zwischen den Behandlungen.

Ursache hierfür könnten die überdurchschnittlichen Temperaturen im Juli und August 2005 sein. Zum einen beschleunigen höhere Temperaturen die Abreife und damit nimmt der Zellwandgehalt der Pflanzen zu, zum anderen sind Zellwandbestandteile die bei höheren Temperaturen synthetisiert werden in der Regel stärker lignifiziert (BUXTON & CASLER, 1993).

Schlussfolgerungen

Die Parameter OM, CP und WLK weisen in beiden Versuchsjahren Unterschiede zwischen den Behandlungen auf. Der Zellwandgehalt und seine Zusammensetzung variieren dagegen kaum oder gar nicht zwischen den Behandlungen. Daher ist die Eignung des Zellwandgehalts und seiner Zusammensetzung als Indikator für unterschiedliche Nutzungsintensitäten fraglich. Insgesamt muss nach zwei, zumal klimatisch so unterschiedlichen, Versuchsjahren aber festgehalten werden, dass eine Interpretation der Futterqualitätsparameter, im Hinblick auf ihre Eignung als Degradationsanzeiger, nicht eindeutig ist.

Literatur

BROWN R.H. AND BLASER R.E. (1970): Soil moisture and temperature effects on growth and soluble carbohydrates of Orchardgrass (*Dactylis glomerata*). *Crop Science* 10, 213-216.

BUXTON D.R. AND CASLER M.D. (1993): Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility, 685-708 In: Jung H.G. et al. (eds.): Forage cell wall structure and digestibility. *American Society of Agronomy, Crop Sci. Society of America, Soil Sci. Society of America*. Madison., USA.

SCHIBORRA A., GIERUS M., WAN H.W., BAI Y.F. UND TAUBE F. (2006): Einfluss der Nutzungshäufigkeit auf Leistungsparameter einer *Leymus chinensis/Stipa grandis*-Pflanzengesellschaft in der Inneren Mongolei – Ergebnisse aus der DFG-Forschergruppe MAGIM. Mitteilung der AG Grünland und Futterbau Band 8, 71-75.

Ein Indikatoransatz zur Nachhaltigkeitsbewertung intensiv genutzter Grünlandbestände

K. Treyse¹, M. Kelm¹, E. Pötsch² und F. Taube¹

¹Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland & Futterbau/Ökolog. Landbau, Universität Kiel

²Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Grünlandmanagement und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein

Einleitung und Problemstellung

Die Erhaltung von Dauergrünland stellt im Rahmen von Cross Compliance (VO (EG) Nr. 1782/2003) ein zentrales Ziel in der Agrar- und Umweltpolitik der EU dar, das durch hohe Anforderungen an die gute fachliche Praxis ergänzt wird. Dies setzt eine nachhaltige Bewirtschaftung voraus, um die Degradierung von Grünlandbeständen und in der Konsequenz einen Grünlandumbruch und damit verbundene negative ökologische Effekte zu verhindern. Ziel der vorliegenden Studie ist es, einen Indikatoransatz zur Abschätzung des Leistungs- und Qualitätspotentiales zur Nachhaltigkeitsbewertung von intensiv genutztem Grünland zu formulieren und diesen auf seine Praxistauglichkeit zu testen.

Material und Methoden

In der vorliegenden Untersuchung wird ein zweisäuliger Ansatz formuliert (vgl. Abb. 1). Anhand der ersten Säule können über 4 visuelle Indikatoren Aussagen über den *potentiellen* Futterwert von Beständen abgeschätzt werden, wohingegen durch die Analysedaten in der zweiten Säule Informationen über die *aktuelle* Ertragsleistung und Futterqualität erfasst werden. Der formulierte Ansatz wird mittels zweier Datensätze der norddeutschen Tiefebene (Schleswig-Holstein (ökologisch und konventionell), Niedersachsen (ökologisch)) im Hinblick auf die Sensitivität für *Lolio-Cynosuretum*-Gesellschaften getestet. Ein Datensatz der Bergregion Gumpenstein (ökologisch) wurde zur Extrapolation der Anwendbarkeit in alpinen Bergregionen herangezogen, die pflanzensoziologisch durch Glatthaferwiesen (*Arrhenatheretalia*) dominiert sind. Detaillierte Bestandesbeschreibungen der Untersuchungsregionen finden sich in PALME (1999), ANONYM (1999) und KELM *et al.* (2006). Es erfolgt eine spezifische Bewertung jedes Indikators anhand einer Bewertungsfunktion auf einer Skala von 0 (=schlecht) bis 1 (=sehr gut), wobei der Funktionsverlauf für jeden Indikator aus der Literatur abgeleitet ist (vgl. TREYSE & TAUBE, 2005). Zum Ausschluss möglicher Autokorrelationen wurde jeder Datensatz separat auf Signifikanzen und Korrelationen zwischen einzelnen Indikatoren mit SAS, PROC CORR geprüft. Signifikante Beziehungen wurden durch eine korrigierende Varianzanalyse mit SAS GLM überprüft. Im Anschluss erfolgt die Ausgabe einer mittleren Boniturnote als Mittelwert aller Indikatoren.

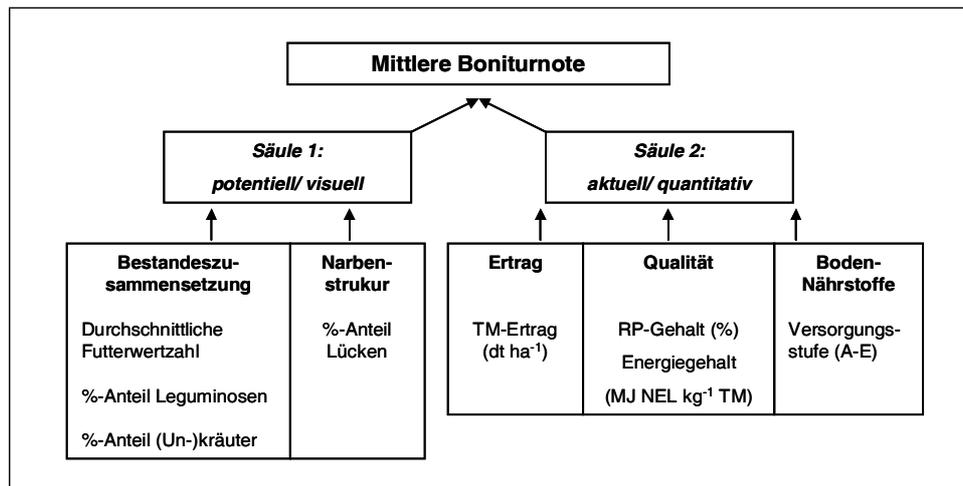


Abb.1: Zusammenstellung der Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung intensiv genutzter Grünlandbestände.

Ergebnisse und Diskussion

Die Korrelationsergebnisse der Gesamtindices zeigen wenig signifikante Beziehungen (Ergebnisse nicht dargestellt). Die korrigierende Varianzanalyse dokumentiert, dass kein Parameter ausreichend genau (r^2 zwischen 0,27 und 0,53) durch einen anderen abgebildet werden kann. Es wird für alle Datensätze in der Gesamtbewertung eine gleich starke Gewichtung der Einzelindikatoren durchgeführt.

Die Abb. 2 zeigt die Verteilung der untersuchten Bestände hinsichtlich aller ausgewählten Indikatoren für die Regionen Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Gumpenstein ausgeschlossen der Bodengehaltsklassen. Die konventionell bewirtschafteten Grünlandflächen in Schleswig-Holstein zeigen hohe Bewertungen für die Parameter Durchschnittliche Futterwertzahl (Bewertung von 0,77), die Krautanteile (0,96), die Rohprotein- (Bewertung von 0,86) und Energiegehalte (0,98). Die Leguminosenanteile sind gering und die Anteile an Lücken schwanken zwischen 1-15%. Im Mittel werden Erträge von 95 dt TM ha⁻¹a⁻¹ erreicht. Demgegenüber zeigen sowohl die ökologischen Flächen Schleswig-Holsteins als auch Niedersachsens höhere Leguminosenanteile und vergleichbare Futterqualitäten, so dass der Einfluss der Bewirtschaftungsstrategie durch die gewählten Indikatoren sensitiv abgebildet werden kann. Für die Region Gumpenstein fallen alle Bewertungen deutlich ab: Insgesamt schwanken die Anteile an Leguminosen der untersuchten Bestände zwischen 0-40% und die Krautanteile zwischen 10-73% im Bestand. Der RP-Gehalt erhält mit 0,89 eine hohe Bewertung. Optimale Energiedichten von 6 MJ NEL kg⁻¹ TM werden jedoch auf keiner Fläche erreicht.

Hinsichtlich der Bewertung der Bodenversorgungsstufen zeigen sich für alle Untersuchungsregionen erhebliche Mangelsituationen (Daten nicht dargestellt).

Von den 54 konventionell bewirtschafteten Compassflächen wird in der Gesamtbewertung (nicht dargestellt) eine mittlere Boniturnote von 0,64 erreicht. Die Bewertungen liegen zwischen 0,4 und 0,80. Die ökologisch bewirtschafteten Flächen derselben Untersuchungsregion zeigen im Durchschnitt eine Bewertung von 0,60; für die Untersuchungsflächen in Niedersachsen sind mittlere Bewertungen von 0,74 zu verzeichnen. Die Region Gumpenstein zeigt Gesamtbewertungen von 0,44.

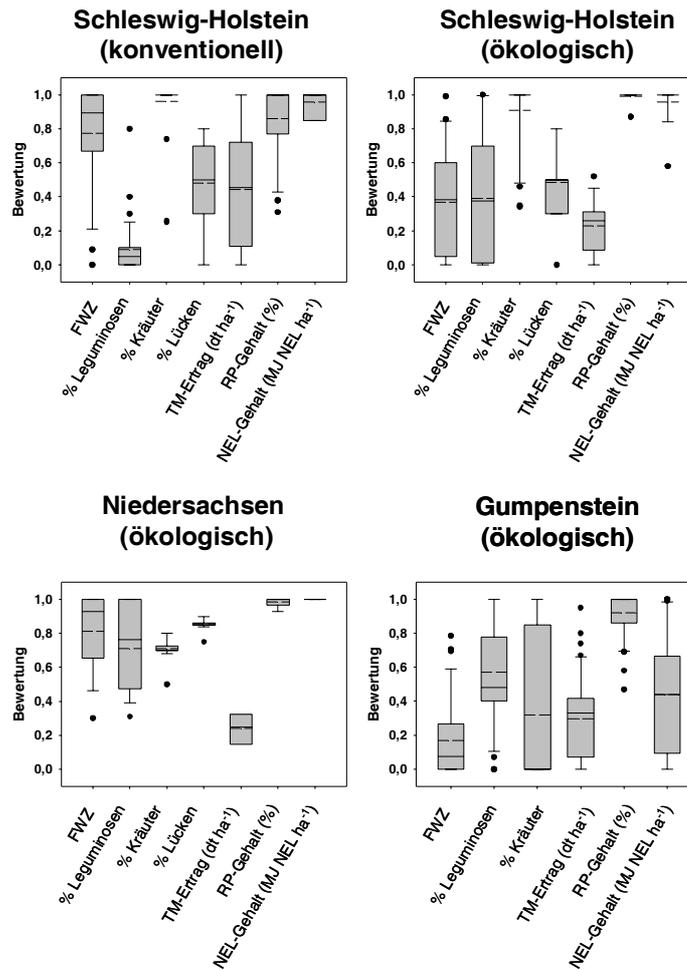


Abb. 2: Verteilung der Indikatorenwerte (ohne Bodengehaltsklassen) dargestellt als box plots für die Regionen Schleswig-Holstein (konventionell und ökologisch), Niedersachsen (ökologisch) und Gumpenstein (ökologisch) mit 10, 25, 50, 75 und 90% Quantilen, Ausreißern (Punkte) und Mittelwerten (---).

Mit Hilfe der Netzdiagrammtechnik (Abb. 3) werden Schwachstellen einer Untersuchungsregion verdeutlicht. Werte, die am Rande des Netzes liegen drücken eine positive Bewertung aus, wohingegen Werte, die dicht am Mittelpunkt liegen, eine negative Bewertung implizieren. Es zeigt sich, dass insbesondere die Leguminosenanteile und die Bodennährstoffgehalte negativ zu bewerten sind, so dass die derzeit praktizierte Düngung und Kontrolle der Bodennährstoffgehalte für alle Regionen verbessert werden kann. Die vergleichsweise geringen Ertragsleistungen und die großen Ertragsunterschiede sind u.a. auf die mangelnde Phosphat- und Kalium- Versorgung (Bodengehaltsklasse A) der Böden zurückzuführen. Es besteht Potential zu hohe RP-Gehalte (insbesondere bei konventioneller Bewirtschaftung) durch eine angepasste Düngung zu reduzieren, um damit das Verlustpotential intensiv gedüngter Bestände zu reduzieren. Der Vergleich konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung zeigt, dass die Nutzungshäufigkeit den wichtigsten Einflussfaktor auf die Futterqualität darstellt. Der Einfluss der mineralischen N-Düngung wird durch einen Vergleich der Leguminosenanteile deutlich.

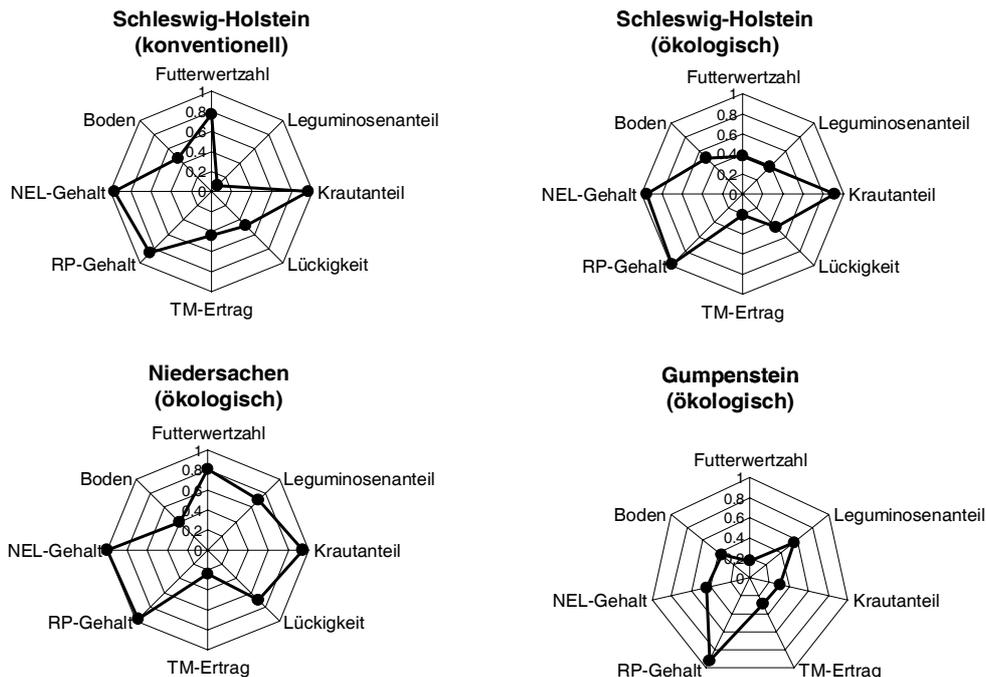


Abb. 3: Darstellung der Schwachstellenanalyse in Form von Netzdiagrammen für die einzelnen Untersuchungsregionen Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Gumpenstein.

Schlussfolgerungen

Es zeigt sich, dass die aufgestellten Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung auf intensiv konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächen geeignet sind, jedoch bei extensiver Grünlandnutzung ergänzend Indikatoren im Sinne der Multifunktionalität des Grünlandes formuliert werden müssen. Der Ansatz stellt erstmalig ein Instrument zum Nachweis der guten fachlichen Praxis für die Bewirtschaftung von intensiv genutztem Grünland zur Verfügung.

Literatur

- ANONYM (1999): Öko-Landbau, Wasserschutz, Elbe-Weser Dreieck, Abschlussbericht 1999. Ein Gemeinschaftsprojekt von Landwirtschaftskammer Hannover, Ökoring Niedersachsen und der Gesellschaft für Ressourcenschutz.
- KELM, M., HÜWING, H., VEREET, J.A. & TAUBE, F. (2006): COMPASS- Vergleichende Analyse der pflanzlichen Produktion auf ökologischen und konventionellen Praxisflächen in Schleswig-Holstein. Endbericht. 160 S.
- PALME, H., (1999): Presentation of the Austrian MAB-Project "Changing Agriculture and Landscape. S. 1-2. In: BAL Gumpenstein (Hrsg.): EUROMAB-Symposium- Programm und Kurzfassung der Vorträge.
- TREYSE, K. & TAUBE, F. (2005): Ein Bewertungsindex zur Bestandescharakterisierung in intensiv genutzten Grünlandvegetationen. *Mitteilungen der AGGF*, 7, 2005.

Hefe- und Pilzbesatz von wirtschaftseigenen Futtermitteln – Ergebnisse einer aktuellen Praxiserhebung in Niedersachsen

Ch. Kalzendorf

Fachbereich: Grünland und Futterbau der LWK Niedersachsen

Ziel der Untersuchung

In der Beratungspraxis scheinen sich die Anfragen zur Problematik warm gewordener Silagen zu mehren. Der Schwerpunkt der Beratungsfälle tritt dabei scheinbar unabhängig von dem Zeitpunkt im Jahresverlauf auf und wird nicht davon beeinflusst, ob die Silage nun im Winter, im Frühjahr oder im Sommer verfüttert wird.

Die Ursachen für derartige Nacherwärmungsvorgänge sind sehr komplex und können im Beratungsfall nicht immer eindeutig geklärt werden. Es ist zwar bekannt, dass sich das Risiko aerob instabiler Silagen mit einer verbesserten Gärqualität erhöht, dennoch erklären derartige Beziehungen nicht vollständig das gesamte Erscheinungsbild.

Des Weiteren liegen für Praxissilagen wenig Daten zur tatsächlichen Keimbelastung an Hefen und Schimmelpilzen vor. Da die Beratung meistens nur in Problemfällen in Anspruch genommen wird, kann das Phänomen von warm gewordenem Futter auch schnell überbewertet werden.

Vor dem Hintergrund wurde im Dezember 2006 in niedersächsischen Milchviehbetrieben eine Praxiserhebung durchgeführt. Hierbei bestand das vorrangige Ziel darin, den hygienischen Status von wirtschaftseigenen Futtermitteln zu bewerten. Des Weiteren sollte mit der Praxiserhebung festgestellt werden, wie häufig das Problem von warm gewordenen Silagen in der Praxis vorkommt und ob es tatsächlich zu einem Schwerpunktbereich der Silagequalität von Praxisbetrieben gehört.

Methodische Vorgehensweise bei der Praxiserhebung

Hierzu wurden insgesamt 200 Futterproben von Grassilagen, Heu, Maissilagen, CCM, Lieschkolbenschrot, Biertreber, Zuckerrübenschnitzel und Ganzpflanzensilage aus der landwirtschaftlichen Praxis genommen und dabei insgesamt 17 unterschiedliche Gemeinden Niedersachsens aufgesucht. Der Untersuchungsschwerpunkt lag neben dem Futterwert und der Gärqualität des Futters vor allem auf dem Besatz an Hefen und Pilzen.

Die für die mikrobiologische Futteruntersuchung vorgesehene Probe wurde direkt aus dem Silokern bei einer Einstichtiefe des Silobohrstockes von 70 m gezogen, kühl gelagert und noch am selben Tag durch die LUFA Nord-West untersucht.

Neben der Probenahme zur Ermittlung des Keimbesatzes wurde zudem die Lagerungsdichte des Silofutterstockes bestimmt, die Temperatur der Silage an sechs verschiedenen Punkten des Silobereiches gemessen und weitere Kriterien zur Bewertung der Silowirtschaft erhoben.

Ergebnisse der Praxisuntersuchung

Futterwert und Gärqualitätsbefunde der Gras- und Maissilagen sind in den Tab. 1 und 2 zusammenfassend dargestellt.

Vergleicht man nur die Mittelwerte der Untersuchungen mit den Zielwerten, so lassen sich daran nur unwesentliche Mängel erkennen. Allerdings wird bereits anhand der großen Spannbreite innerhalb der einzelnen Futterwertkenngrößen deutlich, dass ein Teil des Gärfutters offenbar mit mangelhafter Qualität geborgen wurde. Auf Grundlage der Häufigkeitsanalysen (Tab. 1 und 2) werden die Problembereiche in der Futterqualität besonders sichtbar.

Wie aus Tab. 1 hervorgeht, war ein erheblicher Anteil an Grassilagen demzufolge zu hoch angewelkt und zu spät geerntet wurden. Folglich fielen auch die Energiegehalte im Allgemeinen unterdurchschnittlich aus. Zwar ist die Anzahl der Einzelbefunde relativ gering, doch stimmen die Tendenzen dennoch sehr gut mit mehrjährigen Auswertungen von Praxisbefunden der LUFA Nord-West überein (siehe auch [www.lwk-niedersachsen.de/Grünland/Grünlandtag2007/Futtermittelqualität in Niedersachsen](http://www.lwk-niedersachsen.de/Grünland/Grünlandtag2007/Futtermittelqualität%20in%20Niedersachsen)).

Die Ergebnisse sind nur teilweise mit den ungünstigen Witterungsbedingungen des letzten Jahres in Zusammenhang zu bringen. Negativ wirkte sich zum einen die lange Regenperiode zum ersten Aufwuchs aus, die gerade während der Phase des optimalen Schnitzeitpunktes auftrat. Vor diesem Hintergrund ist auch der hohe Anteil an buttersäurehaltigen Silagen zu bewerten.

Zum anderen ist neben den Witterungsbedingungen vor allem das Management bei der Grünlandpflege und der Silierung zu benennen, welches maßgeblichen Einfluss auf die Futterqualität hat. In diesem Bereich gibt es immer noch Handlungs- und Verbesserungsbedarf.

Maissilagen werden gemäß der Tab. 2 in aller Regel zu spät geerntet. Der Anteil an Maissilagen mit akzeptablen Stärke- und Energiegehalten fällt des Weiteren zu gering aus. Lediglich die Gärqualität dieses Futters ist ohne Beanstandungen.

Eine Beurteilung zum Keimbesatz der Futtermittel ist in Tab. 3 aufgeführt. Die dort dargestellten Werte stellen die Häufigkeiten für entweder unakzeptable hohe Keimbelastungen oder tolerierbare Keimgehalte dar.

Aus den Untersuchungsergebnissen geht hervor, dass Grassilagen im Allgemeinen einen akzeptablen Status an Pilzen und Hefen aufwiesen. Die kritischen Wertebereiche, die auf Verderbprozesse hinweisen, wurden kaum überschritten. Hingegen waren einige Heuproben sehr hoch mit verderberregenden Pilzen belastet. Dies war immer dann der Fall, wenn das Heu nicht unter optimalen Bedingungen geborgen werden konnte.

Ein Risiko für zu hohe Hefegehalte besteht nach den Untersuchungen offenbar für Maissilagen sowie für alle Feuchtkonzentratfuttermittel wie Biertreber und Zuckerrübenschnitzel. Für diese Futterarten wurde häufig der kritische Keimbesatz überschritten.

Je höher der Hefebesatz ist, desto mehr muss vor allem bei steigenden Außentemperaturen mit Nacherwärmungserscheinungen des Futters gerechnet werden. Diese Prozesse sind stets mit Energie- und Trockenmasseverlusten verbunden. Des Weiteren gelten Hefen als Wegbereiter für andere mikrobielle Verderbvorgänge. Vor diesem Hintergrund sollte ihre Anwesenheit so gut wie möglich eingeschränkt werden.

Fazit

Die Praxiserhebung hat sowohl hinsichtlich der Futterwert- und Keimuntersuchungen als auch hinsichtlich der Temperaturmessungen gezeigt, dass das Phänomen warm gewordener Silagen nicht allgegenwärtig ist, sondern eher in einzelnen Betrieben auftritt. Zu hohe Gehalte an Hefen und Pilzen wurden vor allem in leicht silierbaren Futtermaterialien wie Mais oder in Feuchtkonzentratfuttermitteln beobachtet. Die Ursachen sind überwiegend in einer bisher unzureichenden Silier- und Fütterungstechnik sowie in einer verbesserungswürdigen Lagerwirtschaft zu erklären.

Des Weiteren gibt es Verbesserungsbedarf bei der Erzeugung hochwertiger Gras- und Maissilagen. Für beide Silagearten fallen die Energiekonzentrationen noch zu gering aus. Des Weiteren liegen die Trockensubstanzgehalte zu oft über den Empfehlungen. Ein weiteres Verlustpotential besteht bei den Grassilagen infolge von Fehlgärungen.

Tab. 1: Futterwert und Gärqualität der Grassilagen aus der Praxiserhebung 2006 (n= 37)

	<i>Zielwert</i>	Mittelwert	Maximum	Minimum	Häufigkeit an Silagen in % mit ...	
TM in %	30 - 40	42,4	75,3	17,8	TM > 45:	35
RP in % d. TM	< 17	17,8	23,2	9,6	RP < 16%:	22
Rfa in % d. TM	22 - 25	25,8	33,7	21,7	Rfa > 25 %:	59
NEL in MJ/kg TM	> 6,0*	5,6	6,6	4,7	NEL < 6,1 MJ:	81
BS in % d. TM	< 0,3	0,6	1,3	0,0	BS > 0,3 %:	78
ES in % d. TM	< 3,0	1,0	3,1	0,0	ES > 3,0 %:	3
*: für Folgeaufwüchse, für 1. Schnitt: < 6,3 MJ NEL/kg TM						

Tab. 2: Futterwert und Gärqualität der Maissilagen aus der Praxiserhebung 2006 (n= 26)

	<i>Zielwert</i>	Mittelwert	Maximum	Minimum	Häufigkeit an Silagen in % mit ...	
TM in %	28 - 35	35,3	41,8	28,9	TM > 35:	54
Stärke in % d. TM	> 30	29,4	41,2	9,2	Stärke < 30%:	58
RP in % d. TM	< 9	8,5	11	7,4	RP > 9%:	12
Rfa in % d. TM	17 - 20	19,7	26,3	14,9	Rfa > 20 %:	42
NEL in MJ/kg TM	>= 6,5	6,6	7,1	5,9	NEL < 6,5 MJ:	42
BS in % d. TM	< 0,3	0,0	0,1	0,0	BS > 0,3 %:	0
ES in % d. TM	< 3,0	1,3	3,5	0,6	ES > 3,0 %:	4

Tab. 3: Hefen- und Schimmelpilzbesatz verschiedener wirtschaftseigener Futtermittel

Keimgruppen	Einstufung des Keimbesatzes	Keimbesatz in		Häufigkeiten des Keimbesatzes in %				
		log KBE**/ g FM	Absolutzahl/ g FM	Gras-Silagen	Mais-Silagen	Heu	Biertreber	ZR-Schnitzel
verderberregende Pilze	hoch	$\geq 3,7$	5000	2	2,9	35,3	0,0	0,0
	tolerierbar	$\leq 2,0$	100	92	97,1	47,1	100	100
Hefen, allgemein	hoch	$\geq 6,0$	1000000	2,0	25,7	0,0	60,0	75,0
	tolerierbar	$< 4,0$	10000	86	34,3	94,1	0	25
Laktatfermentierende** Hefen	hoch	≥ 5	100000	7,0	44,3	0,0	60,0	75,0
	tolerierbar	< 4	10000	88	44,3	100	20	25

*: Koloniebildende Einheiten

** : laktatfermentierend = Milchsäure-abbauende Hefen

Wir danken der AG FUKO, der Landesvereinigung der Milchwirtschaft Niedersachsen e.V. und der LUFA Nord-West für die freundliche Unterstützung bei der Praxiserhebung und den Untersuchungen.

Bestimmung des Trockenmasseertrags von Weidelgrasbeständen unterschiedlicher Düngestufen und Klee-grasgemenge durch hyperspektrale Datensätze

S. Biewer, M. Himstedt, T. Fricke und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

Einleitung und Problemstellung

Das Wachstum von Deutschem Weidelgras sowie von Klee-grasgemengen wird durch verschiedene Parameter wie z. B. die Nährstoff- oder Wasserverfügbarkeit beeinflusst. Die Erfassung des Trockenmasseertrags durch nicht destruktive Methoden während der Wachstumsperiode könnte dazu beitragen, Ursachen für schlechtere Wachstumsbedingungen zu erfassen und gezielt das Management an die jeweiligen Bedingungen anzupassen (EHLERT & ADAMEK, 2005). Bisher ist es möglich, während der Ernte den Trockenmasseertrag des Schnittguts durch Messungen der Durchflussrate zu bestimmen (KUMHÁLA et al., 2003). Die nicht destruktive Erfassung der Trockenmasse (TM) während verschiedener Arbeitsgänge im Feld würde jedoch detailliertere Informationen zu Wachstumsbedingungen und Pflanzenentwicklung liefern.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit der feldspektroskopischen Erfassung des Trockenmasseertrags von Klee-grasgemengen sowie von fünf unterschiedlich hoch mit Stickstoff versorgten Varianten des Deutschen Weidelgrases. Für die spektroskopischen

Messungen im Feld wurde das Sonnenlicht als Strahlungsquelle genutzt. Damit waren die Messungen wesentlich anfälliger gegenüber äußeren Störeinflüssen, wie z. B. wechselnde Strahlungsverhältnisse bei Bewölkung, als die bisher durchgeführten Untersuchungen im Gewächshaus (BIEWER et al., 2005, BIEWER et al., 2006), bei denen Kunstlicht als Strahlungsquelle verwendet wurde.

Material und Methoden

Die vorliegende Untersuchung wurde auf dem Versuchsgut Hebenshausen (sL- IS; 3,6% S, 73% U, 23,4% T und ca. 2% Humus) im Jahr 2006 an zwei Ernteterminen durchgeführt (12. Juni und 23. Juli). Die Parzellengröße betrug 7,5 m². Ausgesät wurden am 21.04.2005 sieben Varianten in vier Wiederholungen. Um Bestände unterschiedlicher Biomasseerträge miteinander vergleichen zu können, wurden neben den Gemengen Rotklee/Deutsches Weidelgras und Weißklee/Deutsches Weidelgras, fünf unterschiedlich hoch mit Kalkammonsalpeter gedüngte Varianten des Deutschen Weidelgrases untersucht (0, 150, 300, 450 und 600 kg N ha⁻¹). Die Phosphor-, Magnesium- und Kalium Versorgung lag bei einem pH-Wert von 6,7 in den Gehaltsklassen D bis E.

In jeder Parzelle wurde ein Tag vor der Ernte eine 0,25 m² große Beprobungsfläche mit einem Feldspektrometer der Firma Analytical Spectral Devices (ASD) im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 2500 nm gemessen. Anschließend wurde die Biomasse dieser Beprobungsfläche 5 cm über dem Boden abgeerntet und für eine spätere Qualitätsbestimmung 30h bei 65°C getrocknet.

Die Spektraldaten wurden mit dem Programm Grams/Altm der Firma Thermo Galactic (USA) ausgewertet. Hierfür wurde die Prozedur PLSplus/IQ verwendet. Zunächst wurden bei allen Spektren solche Abschnitte aus der weiteren Analyse visuell ausgeschlossen, die auf Grund

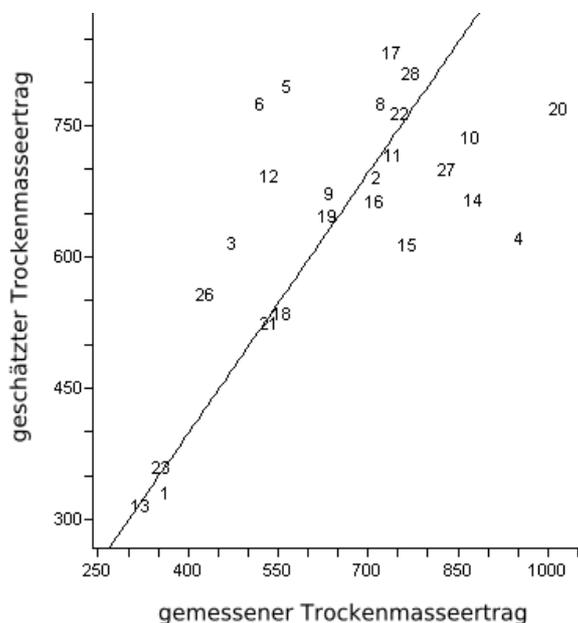


Abb. 1: Gemessener und spektroskopisch geschätzter TM-Ertrag unterschiedlicher Bestände im 1. Schnitt ($R^2=0.46$). Die Zahlen im Diagramm symbolisieren die einzelnen Spektren. Die als Ausreisser gewerteten Spektren (7, 24 und 25) wurden von der Analyse ausgeschlossen.

von Störeinflüssen starke Unregelmäßigkeiten aufwiesen. Dann wurde eine Partial Least Square (PLS) Analyse durchgeführt, die mit den Referenzwerten der TM und dem gesamten ausgewählten Datenbereich (400-1350nm, 1490-1782nm, 2117-2344nm) eine Schätzfunktion für die Trockenmassebestimmung errechnete.

Ergebnisse und Diskussion

Zum Zeitpunkt des 1. Schnitts blühte die Hälfte des Deutschen Weidelgrases, der Weißklee befand sich in der Knospenbildung und der Rotklee begann vereinzelt zu blühen. Aufgrund der vorangegangenen Regenperiode lagerten alle Weidelgrasbestände, die mit mehr als 150 kg N ha⁻¹ gedüngt wurden. Die TM-Erträge lagen zwischen 315 g m⁻² und 1335 g m⁻².

Zum 2. Schnittzeitpunkt war die Situation anders: die Bestände aller Weidelgrasvarianten waren noch nicht im Schossen und hatten daher einen sehr niedrigen Ertrag, der zwischen 14 und 157 g m² TM lag. Grund hierfür war eine ausgeprägte Trockenperiode, durch die das Pflanzenwachstum ins Stocken geraten war. Die Weißklee- und Rotklee grasbestände konnten sich dagegen trotz der Trockenheit gut entwickeln. Der Weißklee war zum größten Teil schon verblüht und wies einen TM-Ertrag von 285 bis 363 g m⁻² auf. Der Rotklee stand in voller Blüte, seine TM-Erträge lagen zwischen 569 und 736 g m⁻².

Die Güte der Schätzfunktion, die anhand der gemessenen hyperspektralen Daten zur Bestimmung des TM-Ertrags ermittelt wurde, ist für beide Schnitttermine unterschiedlich. Für den ersten Schnitt beträgt das Bestimmtheitsmaß lediglich 0,46, für den zweiten Schnitt dagegen 0,94.

In Abb. 1 ist zu sehen, dass der TM-Ertrag des 1. Schnitts bei hohen Erträgen unterschätzt und bei niedrigen Erträgen überschätzt wird. Hierzu tragen wahrscheinlich die lagernden Weidelgrasbestände bei, wodurch das einfallende Licht in annähernd gleicher Intensität reflektiert wird, so dass eine spektrale Differenzierung erschwert ist.

Dagegen sind beim 2. Schnitt die Weidelgrasbestände relativ kurz und durch die variierte N-Versorgung in lückigere und dichtere Bestände differenziert, worauf wiederum das Reflexionssignal reagiert. Die deutlich höheren Erträge der Klee grasbestände erweitern den Wertebereich erheblich, wodurch

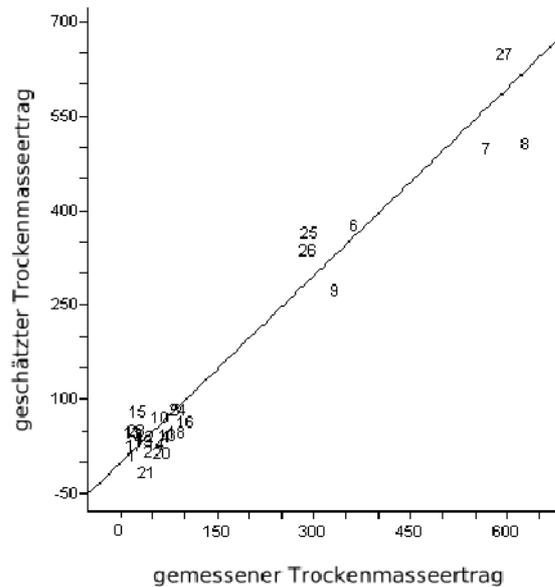


Abb. 2: Gemessener und spektroskopisch geschätzter TM-Ertrag unterschiedlicher Bestände im 2. Schnitt; ($R^2=0.94$). Die Zahlen im Diagramm symbolisieren einzelne Spektren. Die als Ausreisser gewerteten Spektren (22 und 28) wurden von der Analyse ausgeschlossen.

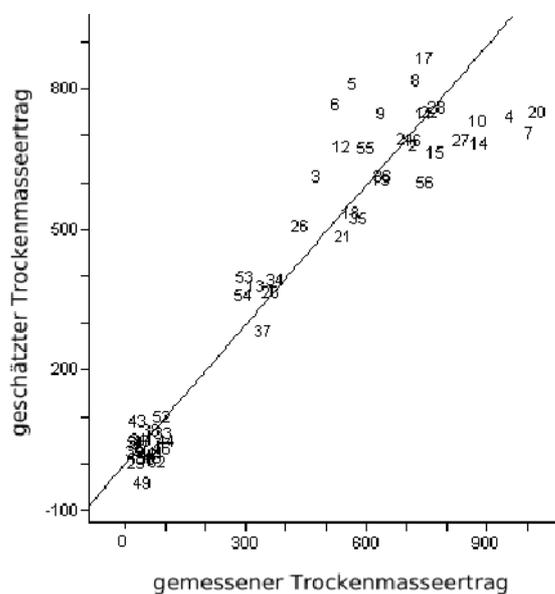


Abb. 3: Gemessener und spektroskopisch geschätzter TM-Ertrag unterschiedlicher Bestände im 1. und 2. Schnitt ($R^2=0.89$). Die Zahlen in dem Streudiagramm symbolisieren die einzelnen Spektren. Ausreisser (Nr. 25 und 50) wurden von der Analyse ausgeschlossen.

sich insgesamt ein hohes Bestimmtheitsmaß von 0,94 ergibt (Abb. 2).

In Abb. 3 wurden schließlich die hyperspektralen Daten beider Erntetermine kombiniert, um eine übergeordnete Schätzfunktion für die TM-Bestimmung zu ermitteln. Auch hier ist das Bestimmtheitsmaß mit 0,89 sehr hoch. Die Zusammenführung unabhängig voneinander aufgenommener Datensätze veranschaulicht die Vergleichbarkeit der Spektraldaten verschiedener Messkampagnen und den damit verbundenen sehr variablen Lichtverhältnissen.

Schlussfolgerungen und Ausblick

In einem ersten Versuch der hyperspektralen Datenanalyse feldspektroskopisch erfasster Daten konnte der TM-Ertrag von Deutsch' Weidelgrasbeständen unterschiedlicher Düngestufen, sowie von Weißklee/Weidelgras- und Rotklee/Weidelgrasbeständen mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,46 bis 0,94 geschätzt werden. Schwierigkeiten ergaben sich durch lagernde Weidelgrasbestände, da hier das Sonnenlicht wahrscheinlich aufgrund der horizontal liegenden Pflanzenbestände anders reflektiert wurde. Die aufrecht stehenden Pflanzenbestände zum zweiten Schnitttermin zeigten dagegen bessere Ergebnisse mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,94.

Das Schätzmodell wird im nächsten Schritt durch die Integration weiterer Bestandestypen und -aufwüchse erweitert werden. Die kombinierte Auswertung von Datensätzen unterschiedlicher Messtermine zeigen, dass dies ohne Schwierigkeiten möglich ist. Für größere Datensätze wird darüber hinaus geprüft, welche Schätzgenauigkeiten mit bestandesspezifischen Kalibrationen erreicht werden können.

Literatur

- BIEWER, S., ERASMI, S., FRICKE, T., KAPPAS, M. & WACHENDORF, M. (2005): Schätzung des Ertrags und der Bestandeszusammensetzung von Leguminosen/Gras-Gemengen mittels der Feldspektroskopie – Erste Ergebnisse eines Gefäßversuches. *Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss*, 57-60.
- BIEWER, S., ERASMI, S., FRICKE, T., KAPPAS, M. & WACHENDORF, M. (2006): Feldspektroskopische Messungen zur Bestimmung des Trockenmasseertrags von Leguminosen/Gras-Gemengen. *Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss*, 30-33.
- EHLERT, D. & ADAMEK, R. (2005): Crop variability and resulting management effects. *Precision Agriculture* (Wageningen Academic Publishers), 193-200.
- KUMHÁLA, F., KROULÍK, M., MAŠEK, J. & PROŠEK, V. 2003: Development and testing of two methods for the measurement of the mowing machine feed rate. *Plant Soil Environment* 49 (11), 519-524.

Abschätzung der Biomasse-Entwicklung im ersten Aufwuchs von Leguminosen-/Gras-Beständen mit der Ultraschallsensorik

T. Fricke, F. Richter, M. Himstedt, S. Biewer und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaften und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

Einleitung

Für ein optimiertes Management von Leguminosen-/Gras-Beständen sind weitreichende Informationen über den Zustand des Aufwuchses sowie seine Entwicklung während der Vegetationsperiode unerlässlich. Darunter fallen unter anderem Kenntnisse über die Bestandeshöhe, den aktuellen Trockenmasseertrag und deren schlaginterne Verteilung.

Traditionell werden für die Bestimmung dieser Parameter destruktive Methoden verwendet, die sowohl zeit- als auch arbeitsintensiv sind. Mit Hilfe von Sensortechnologien sind dagegen schnelle und verlässliche Abschätzungen der genannten Kennwerte zu realisieren, ohne den Bestand zu stören. Ein vielseitig verwendetes, jedoch im Futterbau bislang nur rudimentär erprobtes Verfahren (HUTCHINGS et al., 1990) ist die Bestandeshöhenmessung mit einem Ultraschall-Sensor.

Ziel dieser Untersuchung war es, den generellen Zusammenhang zwischen Ultraschall-Bestandeshöhe und Trockenmasseertrag in verschiedenen Gras- und Leguminosen-Ansaaten unter Feldbedingungen aufzuzeigen, sowie artspezifische Zusammenhänge für die Ultraschallmessungen des ersten Aufwuchses zu ermitteln.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf den Versuchsfeldern der Universität Kassel in Neu-Eichenberg/Nordhessen durchgeführt. In einem Parzellenversuch wurden fünf verschiedene Varianten in jeweils drei Wiederholungen beprobt. Die Varianten waren Reinsaaten von Deutschem Weidelgras, Weißklee und Rotklee sowie zwei Gemenge aus Deutschem Weidelgras mit Weißklee bzw. Rotklee. Jede Wiederholung hatte eine Fläche von 29.62 m² und war im Juni 2005 angesät worden. Die Ultraschallmessungen begannen am 03.05.2006 und wurden danach einmal pro Woche wiederholt.

Eingesetzt wurde ein Ultraschallsensor UC 2000-30GM-IUR2-V15 der Fa. Pepperl+Fuchs. Dieser hat eine obere Messgrenze von 2000 mm und eine Blindzone im Bereich von 0-80 mm, die aufgrund der Ausschwingzeit des Schallwandlers bei allen Einkopfsystemen (nur ein Schallwandler als Sender und Empfänger) auftritt.

Für die Messungen im Feld wurde zu jedem Messtermin eine 0.5 x 0.5 m große Fläche innerhalb jeder Wiederholung ausgewählt, die für den jeweiligen Bestand repräsentativ und noch ungestört durch vorherige Messungen war. Ein Metallrahmen auf vier Füßen, der eine 0.5 x 0.5 m große, waagerechte Holzplatte mit Löchern trug, wurde in definierter Höhe auf der ausgewählten Fläche platziert. Der Ultraschall-Sensor wurde nacheinander in zentraler Position und in vier Eckpositionen der Platte angebracht, um auf diese Weise für jede Fläche

fünf Messwerte zu erhalten. Aus diesen fünf Messungen wurde ein Mittelwert sowie der Variationskoeffizient ermittelt.

Anschließend wurde die gesamte Pflanzenmasse der gemessenen Fläche in 5 cm Höhe geschnitten und in die Fraktionen Gras, Leguminosen und Beikräuter unterteilt. Die Frischmasse jeder Fraktion wurde gravimetrisch bestimmt. Anschließend wurden die Proben 36 Stunden lang bei 65 °C getrocknet und die Trockenmasse jeder Fraktion ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Als Voruntersuchung wurde zunächst die Qualität der Ultraschall-Daten geprüft. Für jede Probefläche war die Bestandeshöhe als Mittelwert von fünf Messungen, eine je Position in der Holzplatte, errechnet worden. Um die Güte dieser Mittelwerte zu beschreiben, also eine Aussage darüber zu treffen, ob die Bestandeshöhe innerhalb einer Fläche von 0.5 x 0.5 m² einheitlich ist, wurde der Variationskoeffizient für jeden Beprobungs-Termin und jede Variante bestimmt (Abb. 1).

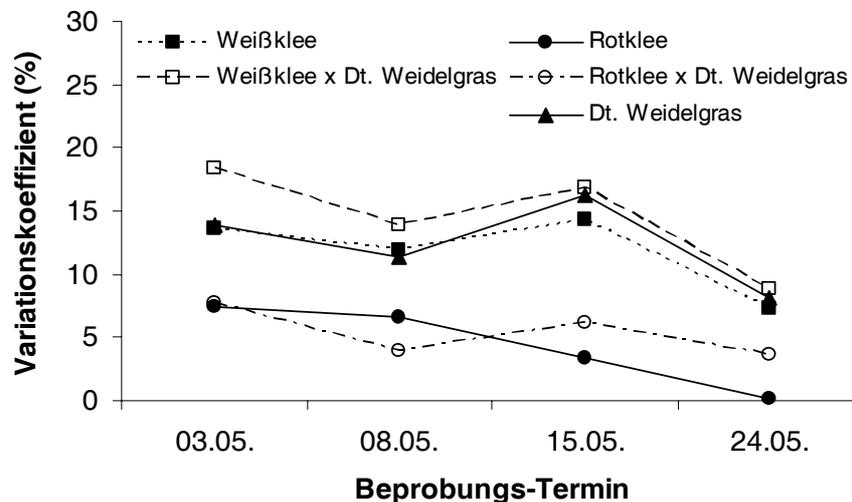


Abb. 1: Variationskoeffizienten der Mittelwerte von je fünf Messungen (fünf Positionen) einer Beprobungs-Fläche jeder geprüften Variante an vier Terminen.

Innerhalb aller Varianten ist der Variationskoeffizient für die ersten drei Beprobungs-Termine relativ konstant, sinkt dann aber zum vierten Termin teilweise deutlich ab. Dies hängt vermutlich mit der Struktur der Bestände zusammen, die im Laufe der Vegetationszeit zunehmend dichter und homogener werden. Dadurch wird das Ultraschall-Signal häufiger in gleicher Höhe reflektiert, ohne auf kleinräumig verteilte Lücken oder Senken im Bestand zu treffen. Die beiden Varianten, die Rotklee enthalten, weisen die geringsten Variationen ihrer Bestandeshöhe auf. Die Werte liegen zu allen Terminen unter 10 %, der Grenze, unterhalb derer man eine Verteilung als relativ homogen erachtet. Generell sind die planophilen Blätter des Klees bessere Ultraschall-Reflektoren als die erektophilen Blätter des Weidelgras (HUTCHINGS, 1992). Darüber hinaus scheint sich beim Rotklee schneller ein Bestand gleicher Dichte und Blattstruktur zu bilden, als dies beim Weißklee und der Grasreinsaat der Fall ist. Die daraus resultierende geringere Variation deutet die gute Eignung der Rotkleebestände für Ultraschall-Messungen an. Für eine mögliche Anwendung in der Praxis sind, in Bezug auf den erforderlichen Mindestabstand zwischen zwei Messpunkten, diese Unterschiede zwischen den bestandesbildenden Arten zu berücksichtigen.

Die genannten Besonderheiten zeigen sich auch, wenn man die Entwicklungen der Trockenmasseerträge, als Mittelwerte von drei Wiederholungen je Variante, betrachtet. Während der Rotklee schon zum zweiten Beprobungs-Termin einen sehr hohen Massezuwachs verzeichnet und diesen zum vierten Termin noch steigert, wächst der Weißklee deutlich langsamer und stagniert sogar in seiner Entwicklung zwischen dem dritten und vierten Termin (Abb. 2). In den übrigen Varianten ist ebenfalls zum vierten Termin der deutlichste Wachstumszuwachs zu verzeichnen. Das Ertragsniveau liegt dort bereits über den praxisüblichen Erträgen des ersten Schnittes.

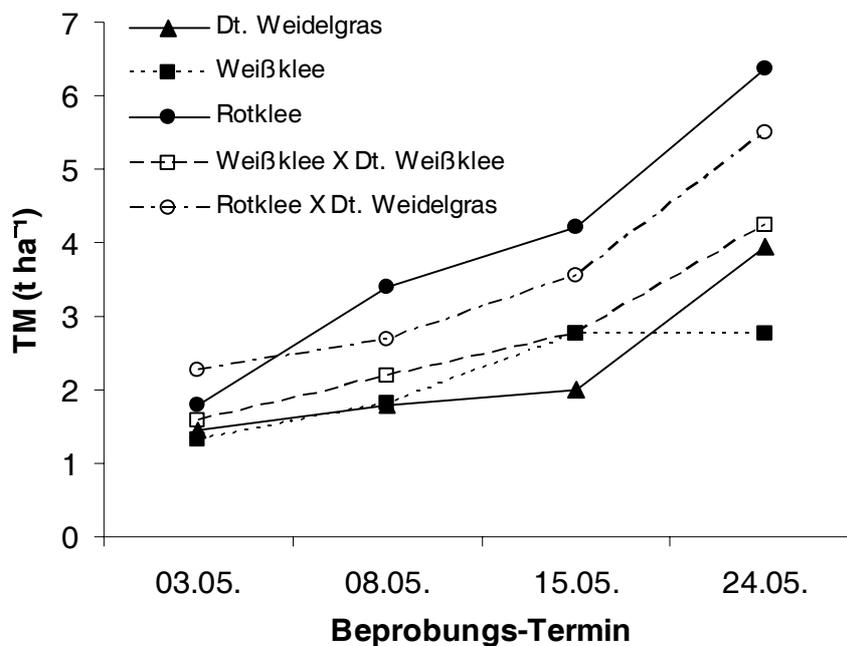


Abb. 2: Entwicklung des Trockenmasseertrages der einzelnen Varianten (Mittelwerte aus 5 Messungen je Beprobungsfläche und -termin)

Für die Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Trockenmasseertrag und Bestandeshöhe über eine Ultraschallmessung im Feld wurde das gesamte Spektrum der untersuchten Bestände mit variierenden Artenzusammensetzungen und Entwicklungsstadien verwendet.

Abb. 3 stellt diesen Zusammenhang als Ergebnis einer einfachen Regressionsanalyse dar. Es zeigt sich eine signifikante, positiv lineare Korrelation mit einem Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0.88$ und der Formel: Bestandeshöhe = $7.4941 \text{ TM} + 7.4648$.

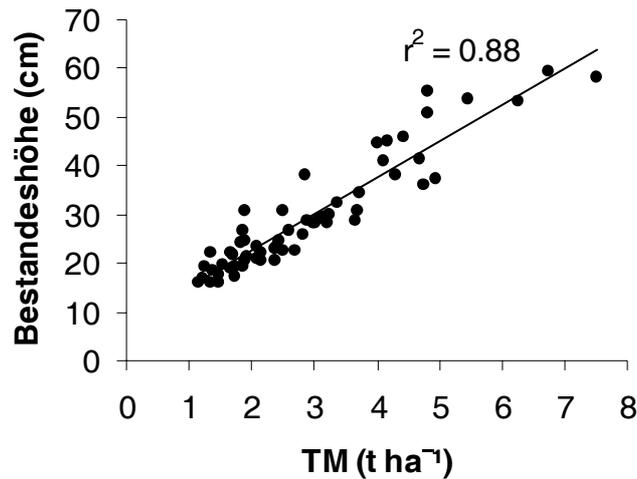


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Trockenmasseertrag und Bestandeshöhe aller Varianten der Reinsaaten und Gemenge.

Schlussfolgerung

Über die Bestandeshöhenmessung mit einem Ultraschall-Sensor im Feld ist eine schnelle und relativ genaue Abschätzung von Trockenmasseerträgen in Leguminosen-/Gras-Beständen möglich.

Dieser Zusammenhang gilt für das untersuchte Spektrum von Gras- und Leguminosenarten in unterschiedlicher Bestandeszusammensetzung und -entwicklung. Weitere Entwicklungsstadien und Dominanzstrukturen werden gegenwärtig analysiert.

Rotklee als Reinsaat und im Gemenge mit Dt. Weidelgras eignet sich aufgrund seiner planophilen Blattstellung und seiner homogenen Bestandesarchitektur besonders gut für die Erfassung der Bestandeshöhe mit Ultraschall.

Literatur

HUTCHINGS, N. J.; PHILLIPS, A. H.; DOBSON, R. C. (1990): An ultrasonic rangefinder for measuring the undisturbed surface height of continuously grazed swards. *Grass and Forage Science*, 45: 119-127

HUTCHINGS, N. J. (1992): Factors affecting sonic sward stick measurements: the effect of different leaf characteristics and the area of sward sampled. *Grass and Forage Science*, 47: 153-160

Einsatz von Farbinformationen bei der Bildanalyse zur Verbesserung der Schätzgenauigkeit von Leguminosenanteilen

M. Himstedt, T. Fricke und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

Einleitung und Problemstellung

Futterbaubestände weisen in ihrer Zusammensetzung oft eine große Heterogenität auf, die sich auf zahlreiche Leistungsparameter auswirkt. Um die Bestandeszusammensetzung effizienter und flächengenaue ermitteln zu können, wird eine indirekte, nicht destruktive Methode mit Hilfe der Bildanalyse entwickelt. Die wichtigste Zielgröße ist der Ertragsanteil der Leguminosen, da er entscheidenden Einfluss z.B. auf die N-Fixierungsleistung und den Ertrag hat.

Erste Untersuchungen zum Einsatz der Bildanalyse zur Ermittlung des Leguminosenanteils in Leguminosengrasgemengen erbrachte viel versprechende Ergebnisse (HIMSTEDT et al., 2006), wobei bislang ausschließlich Graustufenbilder der Bestände verwendet wurden. Hierbei zeigten die bildanalytisch ermittelten Deckungsgrade der Leguminosen einen deutlichen Zusammenhang mit den jeweils gemessenen Ertragsanteilen der Leguminosen ($R^2=0.7$). Zur weiteren Verbesserung der Schätzgenauigkeit sollen mögliche Fehlerquellen erkannt und quantifiziert werden. Im Rahmen der bisherigen Versuchsreihen konnten unter anderem Signale des sichtbaren Bodens in lückigen Beständen als Fehlerquelle identifiziert werden. Im vorliegenden Beitrag soll dargestellt werden, inwieweit Farbbilder der Bestände genutzt werden können, um bildanalytisch den Boden von dem grünen Bestand zu trennen.

Material und Methoden

In einem 9wöchigen Gefäßversuch wurden unterschiedliche Leguminosen-grasgemenge unter kontrollierten Licht-, Temperatur- und Feuchtebedingungen untersucht. Angesät wurden Reinsaaten und binäre Gemenge von Rotklee, Weißklee, Luzerne und Deutschem Weidelgras in jeweils vier Wiederholungen. Es standen Bestände verschiedener Altersklassen (35, 49 oder 63 Tage alt) zur Verfügung (n=64). Für die Bestimmung der Bestandeszusammensetzung wurde nach der Ernte die oberirdische Biomasse in Gras, Leguminosen und Beikräuter fraktioniert. Die Fraktionen wurden für eine spätere Qualitätsbestimmung und zur Bestimmung der TM-Ertragsanteile 30h bei 65°C getrocknet.

Vor jeder Ernte wurden die Varianten mit einer Digitalkamera fotografiert. Ein horizontal in Aufwuchshöhe platzierter Aluminiumrahmen ermöglichte die für die Bildanalyse nötige Georeferenzierung der Bilder mit SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses Version 2.0, 2005) anhand von vier konkreten Eckpunkten. Die Ermittlung und Auswahl einer passenden Bildanalyse für Graustufenbilder mit den Funktionen *Erode* und *Delate* ist im Detail in HIMSTEDT et al. (2006) beschrieben. Für die Bildanalyse wird das Programm Optimas[®] der Firma Media Cybernetics[®] verwendet.

Zur qualitativen und quantitativen Identifizierung von Fehlerquellen wurde der durch Bildanalyse ermittelte Anteil an Leguminosen (P_a) in den digitalen Bildern sichtbar gemacht.

Dieser farblich dargestellte Leguminosenanteil konnte nun als Layer auf das Originalbild gelegt werden, um Fehlklassifikationen visuell zu erkennen und durch umranden und digitalisieren zu quantifizieren. Fehlklassifikationen sind Flächen, die als Leguminosen klassifiziert wurden, aber keine Leguminosen sind. Die erkannten Fehlklassifikationen wurden in verschiedenen Kategorien unterteilt: Vogelmiere (*Stellaria media*), Ackerhellerkraut (*Thlaspi arvense*), Rote Taubnessel (*Lamium purpureum*), unbekannte Beikräuter, Gras und Boden.

Da sichtbarer Boden als eine Fehlerquelle identifiziert werden konnte, sollte eine bildanalytische Möglichkeit zur Erkennung von Boden in den digitalen Bildern gefunden werden. Da Boden und Bestand sich farblich unterscheiden, wurde auf Farbbilder der Bestände zurückgegriffen. Die ursprünglichen RGB-Farbbilder wurden in 24-bit HSL Farbbilder (8-bit Hue, Saturation, Lightness) umgewandelt. Die HSL Methode verwendet zur Farbdefinition die Merkmale Farbton (Hue), Sättigung (Saturation) und Helligkeit (Lightness). Der Farbton wird durch ein zirkuläres Spektrum angegeben. Dieses Spektrum fängt bei rot an, läuft über grün und blau und kehrt wieder zu rot zurück. Die Sättigung beschreibt den Grauanteil in der Farbe. Die Helligkeit des Farbtons wird folgendermaßen aus dem RGB-Farbraum berechnet: $[(\max(R, G, B) + \min(R, G, B) + 1)] / 2$. Zur Segmentierung des Bildes in Boden und Bestand wird eine Histogramm-Segmentierung anhand von Schwellenwerten durchgeführt (DELON et al., 2005).

Als Referenz für den tatsächlich vorhandenen sichtbaren Boden (in % des Gesamtbilds) wurde für jedes der 64 Bilder der jeweils optimale Schwellenwert zur Trennung von Boden und Vegetation definiert. Der somit visuell ermittelte Bodenanteil ($B_v\%$) wurde zusammen mit dem für jedes Bild spezifischen Schwellenwert für Hue, Saturation und Lightness notiert. Aus diesen Schwellenwerten wurden Mittelwerte berechnet, die als Basis einer automatisierten Bildanalyse-Prozedur zur Bestimmung des Bodenanteils dienen.

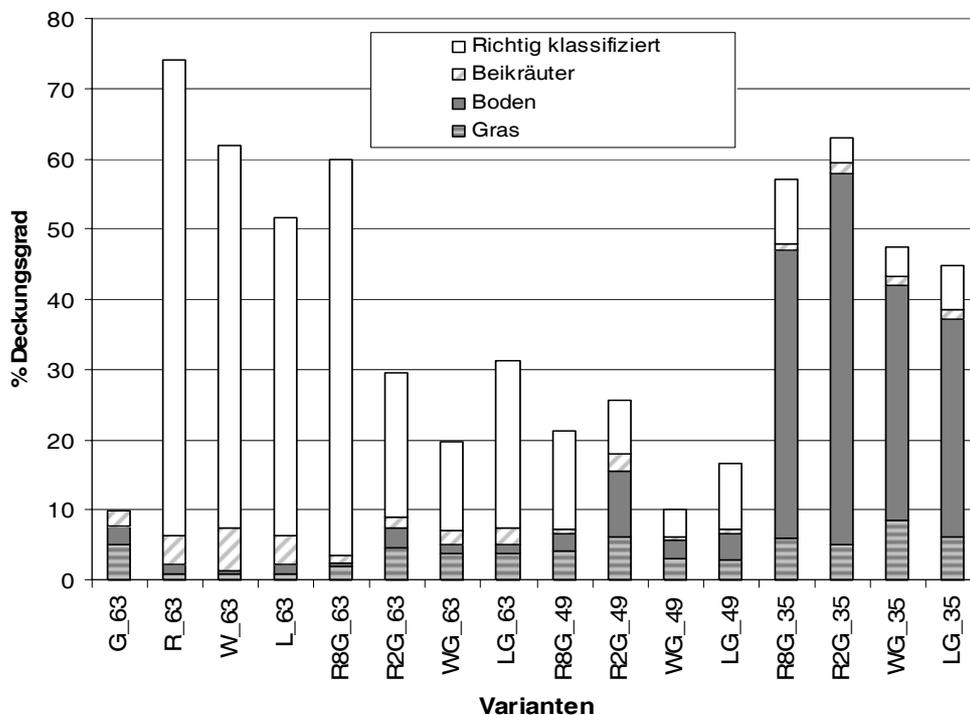


Abb. 1: Die bildanalytisch ermittelte Leguminosenfläche mit den beinhaltenden Fehlklassifikationen (Beikräuter, Boden, Gras). G: Gras, R: Rotklee, W: Weißklee, L: Luzerne, R8G: Rotklee/Gras (Rotklee 8 kg ha⁻¹), R2G: Rotklee/Gras (Rotklee 2 kg ha⁻¹), WG: Weißklee/Gras, LG: Luzerne/Gras); 63, 49 bzw. 35 Tage alte Bestände.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der möglichen Fehlerquellen zeigt, dass der sichtbare Boden einen großen Anteil der Fehlklassifikationen ausmacht. Aus Abb. 1 wird deutlich, dass bei jungen Beständen, und damit stärkerer Lückigkeit, die Fehlklassifikation des Bodens als Leguminose stark zunimmt. Durchschnittlich sind 24% der als Leguminosen klassifizierten Fläche sichtbare Bodenanteile, mit einer Spanne von 0,29 bis 91,59%.

Eine Fehlklassifikation des Bodens als Gras (Ø 15,1% der als Leguminosen klassifizierten Fläche) bzw. als Beikräuter (Ø 6,6%) ist in allen Altersklassen zu beobachten. Der Anteil an Gräsern, der als Leguminosen klassifiziert wurde, ist entgegen den Erwartungen größer als der der Beikräuter. Hierbei ist zu bedenken, dass in allen Leguminosengrasgemengen Gras vorhanden war, aber nicht unbedingt Beikräuter. So stehen die Chancen, Gras falsch zu klassifizieren wesentlich höher.

Zur Erkennung der Bodenflächen werden Farbbilder der Bestände herangezogen, da Boden und Bestand sich farblich deutlich unterscheiden. Die hierfür aus den spezifischen Schwellenwerten berechneten Mittelwerte lagen für die drei Farbparameter H, S und L bei 18/45, 43/115 und 70/173 (untere/obere Grenze).

Die Anwendung dieser Schwellenwerte auf alle 64 Bilder ergaben eine gute Erkennung der Bodenanteile (B_a %), wodurch Bodenanteile zwischen 0,3% und 81,4% sicher erkannt wurden (Abb. 2). Der Bodenanteil wurde vor allem bei höheren Werten bildanalytisch leicht überschätzt. Die Korrelation zwischen B_v und B_a ist mit $R^2 = 0,98$ (s.e. 0,02) aber sehr gut und kann zur Beschreibung des Bodenanteils in den Bildern genutzt werden.

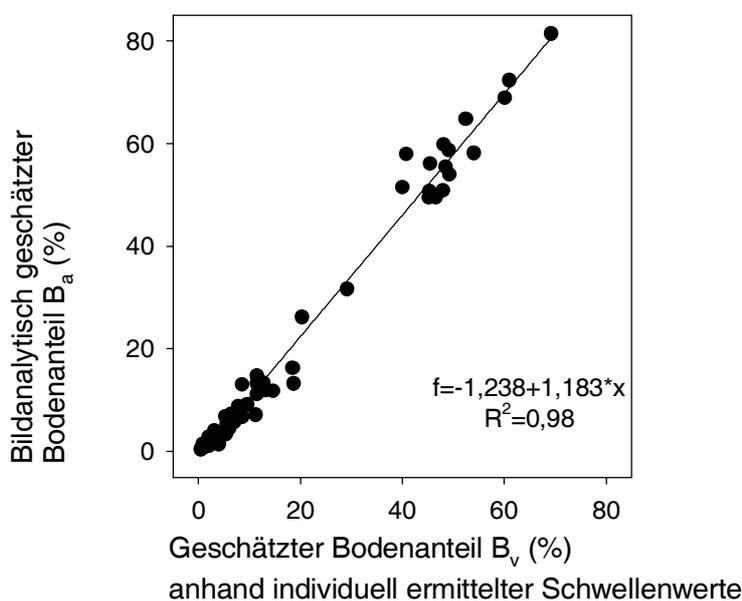


Abb. 2: Zusammenhang zwischen dem bildanalytisch ermittelten Bodenanteil B_a (%) und der visuell ermittelten Referenz B_v (%).

Schlussfolgerungen

Sichtbare Bodenanteile in den digitalen Bildern von Futterbaubeständen sind eine Fehlerquelle für die Schätzgenauigkeit von Leguminosenanteilen. Mit der Nutzung des HSL-Farbraums und geeigneten Schwellenwerten ist es aber möglich, den Bodenanteil sicher zu bestimmen ($R^2 = 0,98$) und die Analyse unabhängig von der Lückigkeit des Bestandes zu

machen. Diese bildanalytische Methode soll in die bisher entwickelte Bildanalyse-Prozedur zur Ermittlung des Leguminosenanteils ergänzend einbezogen werden. Zur Reduzierung der falsch klassifizierten Gräser und Beikräuter, sowie zur Erkennung von bisher nicht erkannten Leguminosen, sollen ferner Möglichkeiten der Mustererkennung eingesetzt werden (Klassenzugehörigkeitskriterien wie z.B. Rechtwinkligkeit, Rundheit, Größe).

Literatur

DELON, J.; A. DESOLNEUX, J.L. LISANI, A.B. PETRO (2005): Color Image Segmentation using acceptable Histogram Segmentation, *Pattern Recognition and Image Analysis, Part III, LNCS 3523*, S. 239-246, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

HIMSTEDT, M.; T. FRICKE, M. WACHENDORF (2006): Abschätzung des Leguminosenanteils in Futterbaugemengen mit Hilfe bildanalytischer Methoden – erste Ergebnisse eines Gefäßversuchs, *Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss*, S. 46-49.

MEDIA CYBERNETICS (1999): Optimas 6.5 From Images to Answers, User Guide and Technical Reference, 9. Ausgabe, Silver Spring.

NIRS-Kalibrationen bioenergetisch relevanter Inhaltsstoffe in Presskuchen mechanisch entwässerter Silagen

D. Perbandt, J. Reulein, A. Gerke, R. Stülpnagel und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel,
Steinstraße 19, 37213 Witzenhausen

Einleitung und Problemstellung

Hintergrund dieses Beitrages ist ein System zur energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Biomassen, das mit der Trennung feucht konservierter Ganzpflanzen in einen trockenen Brennstoff und einen vergärbaren Presssaft eine optimierte Energieausbeute zum Ziel hat (SCHEFFER, 2005; WACHENDORF et al., 2007). In diesem Kontext gewinnt die Bereitstellung einer einfachen und schnellen Analysemethode zur qualitativen Beurteilung von Presskuchen als Festbrennstoff zunehmend an Bedeutung. Die Eignung der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS) als eine zeit- und kostengünstige Analysemethode zur qualitativen Bestimmung von Nährstoffgehalten in Futtermitteln konnte in wissenschaftlichen Untersuchungen unter Berücksichtigung verschiedener futterbaulicher Fragestellungen nachgewiesen werden (u. a. COZZOLINO, 2007, LOVETT 2005). Allerdings liegen bislang keine Erfahrungen vor, inwieweit die NIR-Spektroskopie geeignet ist, verbrennungstechnisch relevante Inhaltsstoffe in Presskuchen zu bestimmen. Hierzu zählen insbesondere die in der Biomasse enthaltenen Mineralstoffe Kalium, Chlorid und Phosphat sowie emissionsrelevante Parameter, wie beispielsweise Stickstoffgehalte.

Material und Methoden

Pflanzenmaterial

Die zur Kalibration verwendeten Presskuchen sind im Rahmen des 2006 abgeschlossenen Forschungsprojektes „Optimierung der energetischen Nutzung von feucht konservierten Pflanzenarten und Stroh durch Trennung in festen Brennstoff zur Herstellung von Pellets und flüssiges Biogassubstrat mittels Schneckenpresse“ (REULEIN et al., 2006) hergestellt worden. Die pflanzenbauliche Grundlage dieses Projektes stellt das Zwei-Kulturen-Nutzungs-System dar, woraus sich eine große Heterogenität der vorhandenen Proben ergibt. Ausgangsmaterialien für die Presskuchen waren, neben Reinsilagen aus Getreideganzpflanzen oder Mais, Mischsilagen aus Mais oder Weizen und Stroh bzw. Mais und Sonnenblume. Darüber hinaus wurden einige Presskuchen aus anderen, energetisch nutzbaren Pflanzen oder Pflanzengemengen hergestellt, wie beispielsweise Perko, Wintererbse, Hirse, Winterwicke, Hanf und Sorgum. Eine detaillierte Beschreibung des verwendeten Pflanzenmaterials, der Presskuchenherstellung sowie der Bestimmung der Referenzwerte gibt REULEIN (2006).

Die Presskuchen sind bei 65°C getrocknet und unter Verwendung einer CYCLOTEC-Mühle auf 1mm vermahlen worden.

NIRS-Kalibration

Insgesamt steht ein Probensatz von 200 Presskuchen für die Kalibration zur Verfügung. Die Spektren sind in einem XDS-Spektrometer der Fa. Foss (Hillerød, Dänemark) aufgenommen worden. Jedes Spektrum setzt sich aus 25 Einzelmessungen der Probe zusammen. Die Kalibration erfolgt an neun Inhaltsstoffen: Stickstoff (N), Rohfaser (XF), Rohprotein (XP), Rohfett (XL), Nitrat freie Extraktstoffe (NfE), Rohasche (XA), Kalium (K), Phosphat (P) sowie Chlorid (Cl). Für die qualitative Bestimmung der Presskuchen im Hinblick einer energetischen Nutzung (Verbrennung) werden im Weiteren lediglich die Inhaltsstoffe N, XF, P, K und Cl betrachtet.

Die Kalibration erfolgt mittels der WIN-ISI-Software (Version 1.60; Infracore International, LLC; Silver Spring, USA) über den gesamten Wellenlängenbereich von 400 bis 2500 nm. Die chemometrische Vorbehandlung umfasst unter Berücksichtigung der großen Heterogenität des verwendeten Pflanzenmaterials zur Erzielung einer robusten Kalibration die Korrektur der Streueinflüsse (SNV and Detrend) sowie die mathematische Behandlung 1,4,4,1 (SHENK UND WESTERHAUS, 1993). Als Regressionsmethode wird MPLS gewählt.

Zur Beurteilung der Güte der Kalibration werden als statistische Kenngrößen der Kreuzvalidierung die Steigung der Regressionsgeraden (a), der Korrelationskoeffizient (R^2) sowie das Verhältnis der Standardabweichung der Laborwerte (SD) zum Standardfehler der Kalibration (SEPC), der sogenannte RPD, herangezogen (WILLIAMS, 2001). Ein RPD über 3 bezeichnet eine sehr gute Kalibration (PARK 1998, COZZILINO 2006, MORÓN 2007). Werte über 2,5 sind als ausreichend für die Kalibrationsgüte zu betrachten (NOUSIAINEN 2004, LIU 2006).

Ergebnisse und Diskussion

Die gewählten Kalibrationseinstellungen (1,4,4,1; SNV and Detrend; MPLS) liefern ausreichende bis sehr gute Ergebnisse für die Inhaltsstoffe Rohfaser (XF), Phosphat (P), Kalium und Chlorid. Für alle Inhaltsstoffe beträgt die Steigung der Regressionsgeraden etwa 1. Kalium und Rohfaser weisen zudem sehr gute Bestimmtheitsmaße (0,92 bzw. 0,95) sowie RPD-Faktoren (3,43 bzw. 4,25) auf. Trotz des sehr heterogenen Ausgangsmaterials können

somit gute bis sehr gute Kalibrierungsergebnisse an Presskuchen für diese Inhaltsstoffe erzielt werden. Für Chlorid und Phosphat zeigen die Ergebnisse der Kreuzvalidierung mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,85 bzw. 0,87 und einem RPD-Faktor von 2,54 bzw. 2,64 ebenfalls eine ausreichend robuste Kalibrierung zur Bestimmung verbrennungstechnischer Qualitätsparameter in Presskuchen.

Im Gegensatz dazu liefert die Validierung mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,65 und einem RPD-Wert von 1,69 kein befriedigendes Ergebnis für die analytische Bestimmung von Stickstoff in diesem Probensatz. Die Ursache hierfür wird in der großen Heterogenität des Ausgangsmaterials und der damit unterschiedlichen Bindung des Stickstoffs in der molekularen Struktur der Pflanzen vermutet. Es wird zu prüfen sein, inwieweit eine pflanzenartspezifische Kalibrierung bessere Ergebnisse liefert.

Die statistischen Kenngrößen der Kreuzvalidierung zur Bestimmung der Kalibrationsgüte für Stickstoff, Chlorid, Phosphat, Kalium und Rohfaser sind in Tab. 1 zusammengefasst. In Abb. 1 sind die mithilfe der Kreuzvalidierung vorhergesagten Werte den Referenzwerten gegenübergestellt. Das horizontale Muster der P- und Cl-Datenpunkte liegt in der Auflösung der Analyseverfahren zur Erhebung der Referenzwerte begründet.

Tab. 1: Steigung der Regressionsgeraden (a), Korrelationskoeffizient (R^2) und das Verhältnis der Standardabweichung der Laborwerte zum Standardfehler der Kalibrierung (RPD) für die Kalibrierung an Presskuchen hinsichtlich energetisch relevanter Inhaltsstoffe N, XF, P, K und Cl

	a	R^2	RPD
N	1,04	0,65	1,69
XF	1,01	0,95	4,25
P	1,03	0,87	2,64
K	1,01	0,92	3,43
Cl	1,04	0,85	2,54

Schlussfolgerungen

Die NIR-Spektroskopie liefert sehr gute Ergebnisse für die Bestimmung der verbrennungstechnisch relevanten Gehalte an K, Cl, P sowie Rohfaser in Presskuchen aus mechanisch entwässerten Silagen von stark heterogenen Ausgangsmaterialien. N-Gehalte können im Gegensatz dazu anhand des hier vorliegenden Probensatzes nicht in ausreichender Güte vorhergesagt werden. In weiteren Kalibrierungsschritten soll deshalb untersucht werden, inwieweit eine Unterteilung des Probensatzes in Abhängigkeit der Ausgangsstoffe (C3/C4-Pflanzen) eine Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit ermöglicht.

Literatur

COZZOLINO, D., FASSIO, A., FERNÁNDEZ, E., RESTAINO, E.; LA MANNA, A. (2006): Measurement of chemical composition in wet whole maize silage by visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology* 129, 329-336

LIU, X., HAN, L. (2006): Prediction of chemical parameters in maize silage by near infrared reflectance spectroscopy. *Near Infrared Spectroscopy* 14, 333-339

LOVETT, D.K.; DEAVILLE, E.R., GIVENS, D.I.; FINLAY, M.; OWEN, E. (2005): Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to predict biological parameters of maize silage: effects of particle comminution, oven drying temperature and the presence of residual moisture. *Animal Feed Science and Technology* 120, 323-332

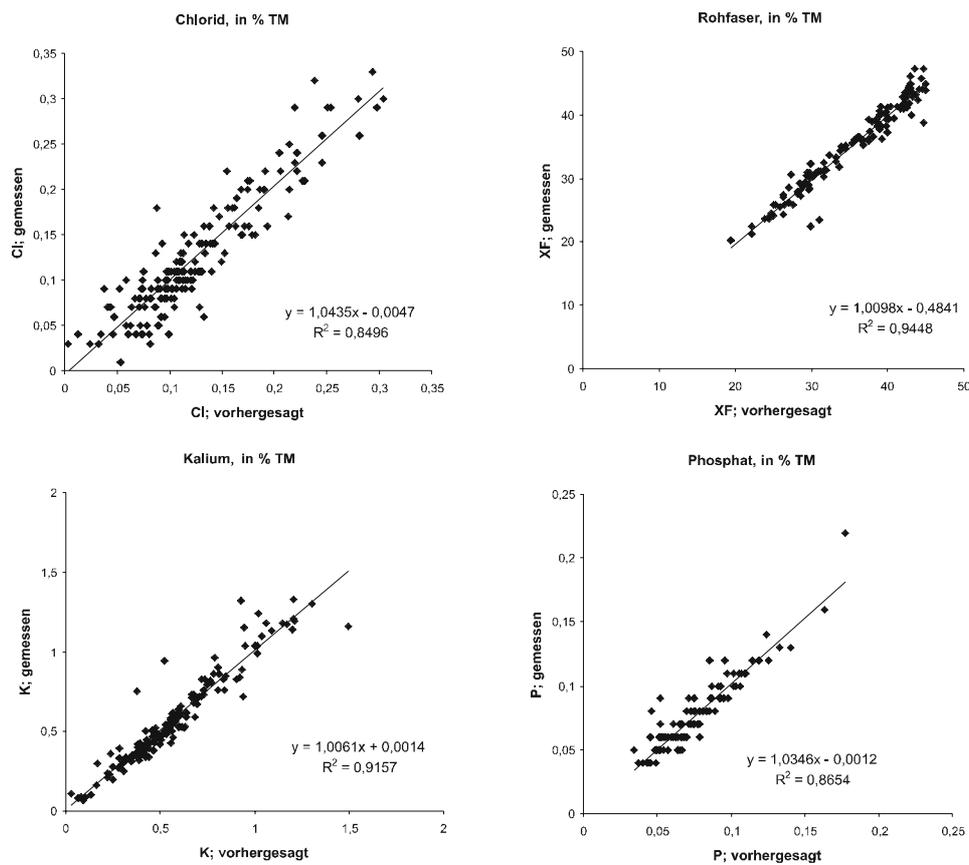


Abb. 1: NIRS-Schätzwerte und Referenzdaten für die Inhaltsstoffe Cl, XF, K und P (Kalibration mittels MPLS)

MORÓN, A.; GARÍA, A.; SAWCHIK, J.; COZZOLINO, D. (2007): Preliminary study on the use of near-infrared reflectance spectroscopy to assess nitrogen content of undried wheat plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, 147-152

NOUSIAINEN, J.; AHVENJÄRVI, S.; RINNE, M.; HELLÄMÄKI, M.; HUHTANEN, P. (2004): Prediction of indigestible cell wall fraction of grass silage by near infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology* 115, 295-311

PARK, R.S.; AGNEW, R.E.; GORDON, F.J.; STEEN, R.W.J. (1998): The use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) on undried samples of grass silage to predict chemical composition and digestibility parameters. *Animal Feed Science Technology* 71, 155-167

REULEIN, J., STÜLPNAGEL, R., SCHEFFER, K. (2006): Optimierung der energetischen Nutzung von feucht konservierten Pflanzenarten und Stroh durch Trennung in festen Brennstoff zur Herstellung von Pellets und flüssiges Biogassubstrat mittels Schneckenpresse. *Abschlussbericht*. Projektträger FNR

REULEIN, J., STÜLPNAGEL, R., SCHEFFER, K., WACHENDORF, M. (2007): Verbesserung der Brennstoffeigenschaften der Trockenmasse durch mechanische Entwässerung von Silagen. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band)

SCHEFFER, K. (2005): Optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Beitrag zum Internetportal „Vom Landwirt zum Energiewirt“;

<http://www.energiewirt.fechnermedia.de/downloads/pflanzenbau2.pdf>; (Stand: August 2006)

SHENK, J.S., WESTERHAUS M.O. (1993): Analysis of Agriculture and Food Products by Near-infrared Reflectance Spectroscopy. *Infrasoft*, Port Matilda

WACHENDORF M., FRICKE T., GRAß R., STÜLPNAGEL R. (2007): Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band).

WILLIAMS, P.C. (2001): Implementation of near-infrared technology. In: WILLIAMS, P.C., NORRIS, K.H.: (Eds.) *American Association of Cereal Chemist*. St. Paul, Minnesota, USA, 145-169

Abschätzung der N-Fixierungsleistung von Weißklee auf überjährigem Weißklee-Gras und Dauergrünland mittels ¹⁵N-Verdünnungs-Methode und nicht-isotopischer Methoden

D.U. Nannen¹, K. Dittert², R. Loges¹ und F. Taube¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, - Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau - , Hermann-Rodewald-Str. 9, D-24118 Kiel

²Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Hermann-Rodewald-Str. 2, D-24118 Kiel

Einleitung

Weißklee nimmt als schnitt- und weidetolerante Leguminose eine dominante Stellung in futterbaulichen Produktionssystemen ein. Die Fixierungsleistung kann mittels Stabilisotopen oder nicht-isotopischen Ansätzen geschätzt werden, jedoch sind alle Methoden systematischen Fehlern unterworfen. Ziel der Arbeit war es daher, die Fixierungsleistung in Abhängigkeit der Methodik auf überjährigem Weißklee-Gras und Dauergrünland zu ermitteln. Es ist davon auszugehen, dass über nicht-isotopische Ansätze höhere Fixierungsleistungen geschätzt werden als über die angewandte ¹⁵N-Verdünnungs-Methode.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden 2000-2001 als Teilerperimente eines Dauergrünlandversuches (TROTT et al., 2004) und eines Fruchtfolgeversuches (VOLKERS, 2005) im Rahmen des „N-Projekt Karkendamm“ in Schleswig-Holstein/Deutschland durchgeführt (14 m N.N.; Jahresdurchschnittstemperatur 8.4°C; 823 mm Niederschlag). Das Dauergrünland wurde 1995 als Deutsch Weidelgras-Weißklee dominierte Ansaatmischung etabliert und als simulierte Weide genutzt. Es wurden die Faktoren Gülledüngung (0, 70 kg N ha⁻¹) und

mineralische N-Düngung (0, 100 kg N ha⁻¹) getestet, wobei die Gülledüngung im Frühjahr erfolgte, und die mineralische Düngung strategisch in 2 Teilgaben zum ersten (70 kg N ha⁻¹) und zweiten Aufwuchs (30 kg N ha⁻¹) appliziert wurde. Das überjährige Weißklee-Gras war eine reine Deutsch Weidel-Weißklee-Ansaat, welche in der Fruchtfolge vor Mais und nach Triticale stand und als Mähweide bewirtschaftet wurde (2 Schnitte, 2 Beweidungsperioden). Hier wurde ebenfalls im Frühjahr Gülle appliziert (0, 70 kg N ha⁻¹), jedoch wurde keine mineralische Düngung vorgenommen. Die ¹⁵N-Markierung des Bodens erfolgte im Frühjahr und nach jedem Erntetermin mit K¹⁵NO₃ auf 2 m². Als Referenzparzellen dienten im Dauergrünland reine Grasbestände der simulierten Weide, im Fruchtfolgeversuch wurden Areale durch entsprechende Herbizidbehandlungen klee frei gehalten.

Zu den Ernteterminen wurden in den Microplots 0.25 m² auf Stoppelhöhe beprobt. Da die Nutzungsfrequenz zwischen den Jahren differierte, ist die Vegetationszeit in Perioden unterteilt worden (Tab. 1). Das geerntete Pflanzenmaterial wurde in Klee und Gras fraktioniert, getrocknet und mit einer Kugelmühle homogenisiert (Fa. Retsch). Die ¹⁵N-Gehalte und Gesamt-N-Gehalte wurden mit einem Massenspektrometer (delta C, ThermoFinnigan, Bremen, Germany) ermittelt, welches mit einem Elemental Analyser gekoppelt war (Carlo Erba 1108, CE Instruments Milano/Italy; Conflo II).

Tab. 1: Erntetermine und Periodeneinteilung in 2000 und 2001 auf Dauergrünland und überjährigem Weißklee-Gras.

System	Jahr	mineral. N-Düngung	1. Nutzung		2. Nutzung		3. Nutzung		4. Nutzung		5. Nutzung	
			Datum	Periode								
Dauergrünland	2000	N0	12.05	1	17.06	2	16.08	3	29.09	4	.	.
		N100	10.05	1	15.06	2	31.07	3	08.09	4	10.10	4
	2001	N0	18.05	1	13.06	2	16.07	3	17.08	3	14.09	4
		N100	16.05	1	11.06	2	11.07	3	08.08	3	17.09	4
überjähr. Weißklee-Gras	2000	N0	12.05	1	20.06	2	17.07	3	13.09	4	.	.
	2001	N0	16.05	1	25.06	2	30.07	3	03.09	4	.	.

Die Berechnung der N-Fixierungsleistung des Weißklee über die ¹⁵N-Verdünnungsmethode erfolgte nach FRIED & MIDDELBOE (1977):

$$BNF [kgN \times ha^{-1}] = \left(1 - \frac{ape_{leg}}{ape_{ref}} \right) \times NY_{leg}$$

mit BNF = N-Fixierungsleistung [kg N ha⁻¹]; ape_{leg} = atom percent excess Weißklee; ape_{ref} = atom percent excess Gras; NY_{leg} = N-Ertrag Weißklee [kg N ha⁻¹].

Die Berechnung der Fixierungsleistung des Weißklee mit der nicht-isotopischen Methode erfolgte nach TROTT et al. (2004). Hierzu wurde zunächst die N-Fixierungseffizienz (N_{eff}) berechnet, indem die Differenz der N-Erträge von ungedüngten Klee-Gras-Beständen und ungedüngten Grasbeständen ins Verhältnis zum TM-Ertrag des Weisklee in der Kontrollvariante gesetzt wurde. Da davon ausgegangen wird, dass die Fixierungseffizienz über einen weiten N-Gradienten konstant bleibt, wurde zur Berechnung der N-Fixierungsleistung die N-Fixierungseffizienz mit dem Klee-TM-Ertrag der jeweiligen Parzelle multipliziert:

$$BNF [kgN * ha^{-1}] = N_{eff} * KleeTM$$

Da N_{eff} zwischen den Perioden schwankte, wird die Methode im Folgenden als flexible Quotienten Methode (FQM) bezeichnet.

Die Varianzanalyse erfolgte mit PROC MIXED in SAS. Da wiederholte Messungen innerhalb einer Vegetationsperiode vorlagen, wurde im repeated measurement eine autoregressive Kovarianzstruktur vorausgesetzt. Signifikante Interaktionen wurden mit Bonferoni-Holm-Korrektur korrigiert. Die gegebenen Werte sind LSmeans, die Irrtumswahrscheinlichkeit lag bei $\alpha=0.05$. Die multiple Regressionen wurden mit PROC REG in SAS durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Auf überjährigem Weißklee-Gras lagen die über die ^{15}N -Verdünnungsmethode berechneten jährlichen Fixierungsleistungen bei $79.76 \text{ kg N ha}^{-1}$. Sie wurden nicht durch die Güllegabe beeinflusst, sondern unterlagen nur jahreszeitlichen Schwankungen mit signifikant geringeren Fixierungsraten in der ersten und zweiten Periode im Vergleich zur dritten und vierten Periode.

Die im Dauergrünland berechneten jährlichen Fixierungsleistungen lagen für nicht mineralisch gedüngte Bestände bei $147.5 \text{ kg N ha}^{-1}$ und somit höher als auf überjährigem Weißklee-Gras. Für mineralisch gedüngte Bestände konnte mit $79.5 \text{ kg N ha}^{-1}$ eine ähnliche Fixierungsleistung wie auf überjährigem Weißklee-Gras berechnet werden.

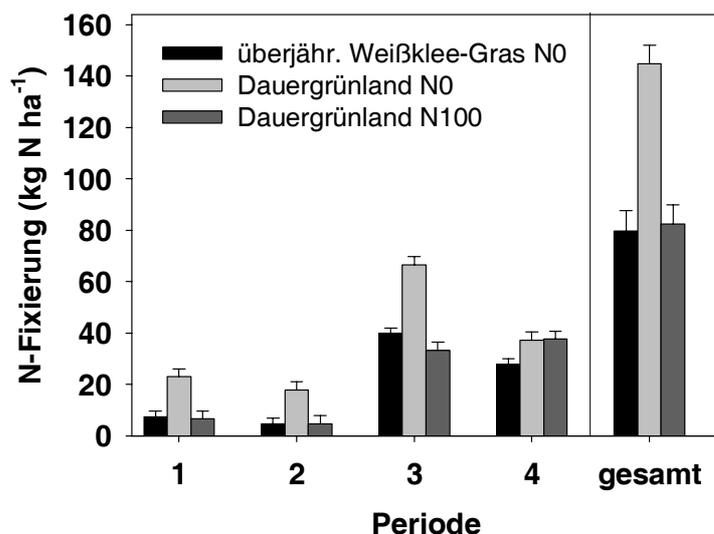


Abb. 1: Mittels ^{15}N -Stabilisotopen berechnete N-Fixierungsleistung (kg N ha^{-1}) auf überjährigem Weißklee-Gras und Dauergrünland in Abhängigkeit der Düngung. Fehlerbalken sind Standardfehler.

Pflanzenmaterial nicht zwischen den Düngungsstufen differierte, sondern nur jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen war. Er lag im Frühjahr mit 87% niedriger als in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode (91%). Somit sind unterschiedliche Fixierungsleistungen innerhalb eines Aufwuchses bei variierenden N-Düngungsregimen lediglich auf unterschiedliche Klee-Erträge zurückzuführen, nicht jedoch auf eine variierende Nitrogenaseaktivität.

Die jahreszeitlichen Schwankungen der Fixierungsleistung hingegen können zum einen durch eine schwach ausgeprägte Nitrogenaseaktivität hervorgerufen werden (BORDELEAU & PRÉVOST, 1994), zum anderen aber auch durch geringe Klee-Erträge, da der Graspartner im Frühjahr durch hohe N_{min} -Boden-Gehalte gefördert wurde, welche durch eine

Auch hier wurden innerhalb der Vegetationszeit in der ersten und zweiten Periode signifikant geringere Fixierungsraten verzeichnet als in der dritten und vierten Periode (Abb. 1). Weiterhin wurde die Fixierungsleistung in der ersten und dritten Periode negativ durch die mineralische N-Düngung beeinflusst ($p < 0.05$), jedoch nie durch die Gülledüngung. Bei Analyse

der Fixierungseffizienz ($N_{\text{dfa}}\% = a_{\text{pe}_{\text{leg}}} / a_{\text{pe}_{\text{ref}}} * 100$) als indirektem Parameter der Nitrogenaseaktivität zeigte sich, dass der prozentuale Anteil an fixiertem Stickstoff im

mineralische Düngung verstärkt wurden (BOLLER & NÖSBERGER, 1988; ELGERSMA & HASSINK, 1997).

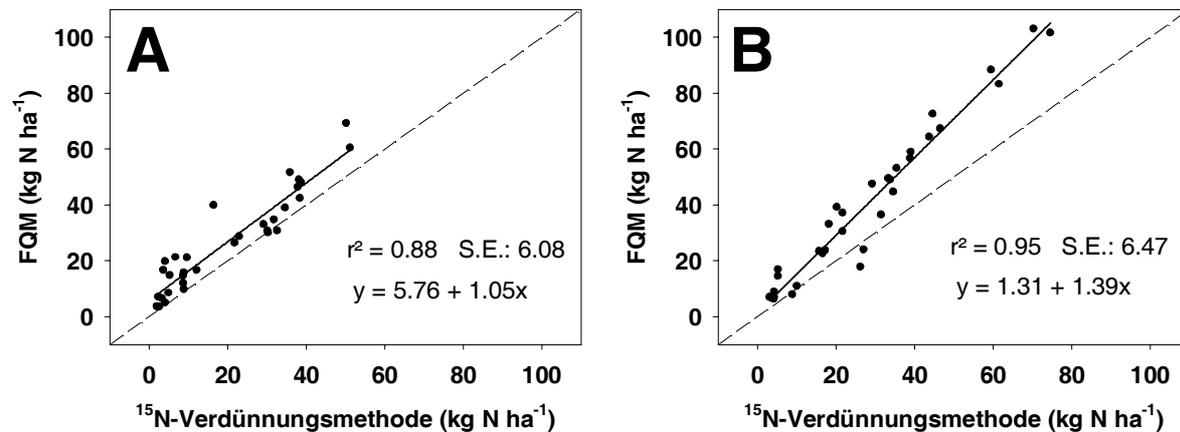


Abb. 2: Beziehung zwischen den Ergebnissen isotopischer und nicht-isotopischer Methoden zur Schätzung der N-Fixierungsleistung auf überjährigem Weißklee-Gras (A) und Dauergrünland (B).

Werden isotopische und nicht-isotopische Methoden verglichen, so lieferte die FQM in beiden Produktionssystemen ähnliche, aber systematisch höhere Ergebnisse als die ¹⁵N-Verdünnungsmethode (Abb. 2). Sie lagen für Dauergrünland um Faktor 1.39 und für überjähriges Weißklee-Gras um Faktor 1.05 höher. Die sehr gute Übereinstimmung der Methoden ist in dem analogen Formelaufbau begründet, bei dem eine Fixierungseffizienz (Ndfa%, N_{eff}) mit dem Klee-TM-Ertrag multipliziert wird. Bleibt Ndfa% innerhalb eines Aufwuchses konstant, liefern beide Methoden ähnliche Ergebnisse, wie es auf Dauergrünland der Fall war. Auf überjährigem Weißklee-Gras jedoch lag Ndfa% im zweiten Aufwuchs für die Kontrollvarianten deutlich höher als in den Güllebehandlungen, was zu Überschätzungen mittels FQM führte.

Um Fixierungsleistungen in einem Bestand abschätzen zu können, wurde eine multiple Regression mit den Faktoren Klee-TM-Ertrag und Klee-Ertragsanteil (%) durchgeführt (Daten nicht aufgeführt). Es zeigte sich, dass bei beiden Produktionssystemen die Variable Klee-TM-Ertrag als elementare Größe zur Ermittlung der Fixierungsleistung in die Gleichung einging. Auf dem überjährigem Weißklee-Gras wurde die N-Fixierungsleistung allein durch Multiplikation des Klee-TM-Ertrages mit 3.42 ausreichend erklärt ($r^2=0.85$). Auf Dauergrünland ging der Klee-Ertragsanteil mit 0.08, der Klee-TM-Ertrag mit 3.45, sowie ein Intercept von -3.25 in die Gleichung mit ein und führte so zu hohen Übereinstimmungen ($r^2=0.98$).

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass die legume N-Fixierungsleistung in etablierten Beständen höher liegt als in neu angelegten. Solange die Fixierungseffizienz konstant bleibt, werden mittels FQM ähnliche, aber systematisch höhere Fixierungsraten berechnet als über die Verdünnungsmethode. Weiterhin kann die Fixierungsleistung auf überjährigem Weißklee-Gras allein über den Klee-TM-Ertrag abgeschätzt werden, auf Dauergrünland hingegen muss der Klee-Ertragsanteil ebenfalls Berücksichtigung finden.

Literatur

- BOLLER B.C. & NÖSBERGER J. (1988) Influence of dissimilarities in temporal and spatial N-uptake patterns on ¹⁵N-based estimates of fixation and transfer of N in ryegrass-clover mixtures. *Plant and Soil*, 112, 167-175
- BORDELEAU L.M & PRÉVOST D. (1994) Nodulation and nitrogen fixation in extreme environments. *Plant and Soil*, 161, 115-125
- ELGERSMA A. & HASSINK J. (1997) Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant and Soil*, 197, 177-186
- FRIED M. & MIDDELBOE V. (1977) Measurement of amount of nitrogen fixed by a legume crop. *Plant and Soil*, 47, 713-715
- TROTT H.T., WACHENDORF M., INGWERSEN B., & TAUBE F. (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass and Forage Science*, 59, 41-55
- VOLKERS K. (2005) Auswirkungen einer variierten Stickstoff-Intensität auf Leistung und Stickstoff-Bilanz von Silomais in Monokultur sowie einer Ackerfutterbau-Fruchtfolge auf sandigen Böden Norddeutschlands. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.

Workshop I: Energie



Biogaserzeugung mit kurzlebigen und ausdauernden Gräsern

F.-F. Gröblichhoff, N. Lütke Entrup¹, C. Berendonk² und J. Clemens³

¹Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest,

²Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, LZ Haus Riswick, Kleve,

³INRES – Pflanzenernährung, Universität, Bonn.

Einleitung

Europaweit nehmen die Bestände beim Milchvieh ab. Damit nimmt auch die Grünlandfläche ab, die zur Futterbereitstellung benötigt wird. Dieses Grünland soll aber aus touristischen, landeskulturellen oder naturschutzfachlichen Gründen weder brachfallen noch in Ackerland oder Wald umgewandelt werden. Damit sind für die Erhaltung des Grünlandes wirtschaftlich sinnvolle alternative Nutzungsmöglichkeiten erforderlich.

Grünlandaufwüchse sind grundsätzlich als Substrat für die Biogaserzeugung nutzbar. Dabei sind vor allem die Fragen zu klären, welche Arten in welcher Schnittintensität besonders geeignet sind und wie das Grünland unter dem Aspekt Biogaserzeugung weiterentwickelt werden kann.

Material und Methoden

Aufgrund bekannter Eigenschaften wurden die in Tab. 1 und 2 aufgeführten Gräser- und Kleearten sowie Mischungen in Parzellenversuchen in Soest und Kleve angebaut. Weitere Versuchsfaktoren sind 2 Nutzungsregime mit drei bzw. vier Schnitten in 2005 und 2006. Der 3. Schnitt 2006 im 4 Schnitssystem war Ende Juli in Kleve aufgrund der Trockenheit nicht erntefähig und wurde, um das Gesamtsystem nicht zu gefährden, gemulcht und nicht geerntet.

Aufgrund der geringen Kapazitäten konnten nur von ausgewählten Varianten Gärversuche zu Gaserträgen durchgeführt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Bei fast allen ausdauernden Gräsern war das dreischnittige System in beiden Jahren und auf beiden Standorten dem vierschnittigen System ertraglich überlegen (Tab. 1). Nur das aus Gründen der Grundfutterqualität für hohe Schnitffrequenzen geeignete und entsprechend züchterisch bearbeitete Deutsche Weidelgras zeigte bei vier Schnitten gleiche oder höhere Erträge. Rohrschwengel und Knautgras zeigten in beiden Jahren und auf beiden Standorten gute bis sehr gute Erträge, dies vor allem auch auf dem sandigeren Standort Kleve im Trockenjahr 2006. Auf dem lehmigen und besser mit Wasser versorgten Standort Soest konnten zusätzlich das Rohrglanzgras, aber auch Glatthafer und Lieschgras überzeugen. Das Weiße Straußgras erreichte im ersten Jahr sehr hohe Erträge, fiel im 2. Nutzungsjahr auf beiden Standorten aber deutlich ab, so dass es weniger empfehlenswert erscheint.

Ähnlich hohe Erträge wie die ausdauernden Arten zeigte das jährlich neu angesäte Welsche Weidelgras (Tab. 2). Von den Klee-grasvarianten konnten aufgrund der geringeren N-Düngung nur die Bestände mit gut etabliertem Rotklee überzeugen. Auch beim Ackerfutterbau werden mit Ausnahme des Standortes Kleve im Jahr 2005 durchweg die höchsten Erträge mit einem dreischnittigen Nutzungssystem erreicht, dies ist auch vor dem Aspekt der Arbeitserledigungskosten vorteilhaft.

Tab. 1: Erträge (dt/ha TM) von ausdauernden Gräsern, Rotklee und Klee-grasmischungen in 3 bzw. 4 schnittigen Nutzungssystemen Standorte Soest und Kleve 2005 und 2006 (GD5% Art*Ort*Jahr = 11,5 dt/ha)

Ort Jahr Zahl der Schnitte	Soest				Riswick			
	2005		2006		2005		2006	
	3	4	3	4	3	4	3	4
Rohrschwengel	191	179	176	156	205	177	199	158
Lieschgras	154	149	168	135	183	144	145	109
Rohrglanzgras	187	175	183	137	181	143	164	135
Knaulgras	174	175	172	155	208	180	214	160
Glatthafer	167	143	179	115	199	153	158	107
Wiesenschwengel	156	150	140	120	179	167	152	119
Weisses Straußgras	182	158	152	129	194	146	153	115
Deut. Weidelgras	128	150	107	113	184	176	141	130
Lieschgr.+ Rotklee	172	157	156	146	165	135	136	98
Knaulgr. +Rotklee	179	172	175	151	173	155	152	122
Rohrschw. + Rotk.	173	173	161	165	194	147	158	129
Rotklee	157	146	122	127	124	114	85	80
Mittel	168	161	158	137	182	153	155	122

Tab. 2: Erträge (dt/ha TM) von Welschem Weidelgras (W.W.) und Klee-gras in 3 bzw. 4 schnittigen Nutzungssystemen Standorte Soest und Kleve 2005 und 2006 (GD5% Art*Ort*Jahr = 6,5 dt/ha)

Art/Mischung Zahl der Schnitte	Soest				Riswick*			
	2005		2006		2005		2006	
	3	4	3	4	3	4	3	4
W.W.gras dipl.	150	155	179	148	197	223	205	160
W.W.gras tetrap.	143	150	184	151	207	228	188	171
W.W.gr. dpl.+Rotkl.	172	168	164	140	162	166	148	126
W.W.gr. tpl.+ Rotkl.	172	172	165	148	171	176	146	125
Mittelwert	159	161	173	147	184	198	172	146

* Rotkleeanteil unzureichend (<10% im 1. und 2. Schnitt)

Der Massenertrag ist für den Betreiber einer Biogasanlage nur eine Seite der Wirtschaftlichkeit, erst mit einer möglichst hohen Gasausbeute kann der Biogasertrag optimiert werden. Bei den Proben aus dem Jahre 2005 zeigte sich, dass in Biogasanlagen auch mit etwas älteren Grasbeständen hohe Leistungen erzielt werden können (Abb. 1). Da die Erzielung optimaler Energiedichten nicht erforderlich ist, kann für die Biogasnutzung als Nutzungstermin das Ährenschieben abgewartet werden. Dadurch steigen einerseits die Massenerträge und andererseits bleiben die Gasausbeuten zumindest gleich (Welsches Weidelgras) oder nehmen noch zu (Lieschgras und Knaulgras). Dadurch addieren sich sowohl der Ertrags- als auch der Ausbeuteeffekt. Die Knaulgras-Rotkleevarianten sowie der Rotklee erreichten nur unterdurchschnittliche Gasausbeuten und scheinen trotz teilweise guter Massenerträge weniger geeignet zu sein.

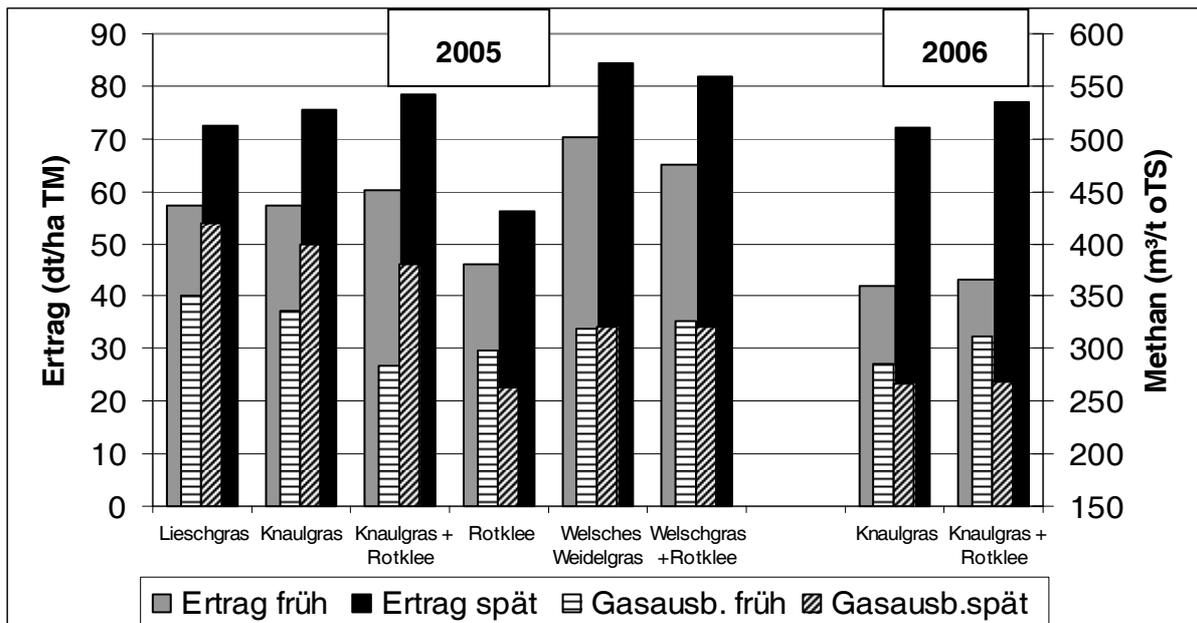


Abb. 1: Grasertrag und Methan-Gasausbeuten von Gräsern und Klee-Grasgemischen bei früher und verzögerter erster Nutzung 2005 und 2006 (Kleeanteil im Welschgras + Rotklee 1%)

Im Jahr 2006 konnte nur vom Knautgras und der Mischung Knautgras + Rotklee der 1. Schnitt beider Nutzungssysteme auf das Gasbildungsvermögen untersucht werden. Der erste Schnitt der 4-Schnittvariante wurde schon am 9. Mai genommen. Witterungsbedingt verzögerte sich der erste Schnitt des 3. Schnittsystems auf den 31. Mai, das Entwicklungsstadium war Ende Ährenschieben/ Blühbeginn. Dadurch stieg der Massenertrag um über 70 %, die Gasausbeute stieg im Gegensatz zum Vorjahr nicht an, sondern ging leicht um 7 % zurück. Dies deutet auf eine Überschreitung des optimalen Schnitttermins hin. Der gesamte Methan-Gasertrag je Hektar des späteren ersten Schnittes liegt dennoch 60% über dem des frühen ersten Schnittes. Deshalb sind noch weitere Untersuchungen zur Bestimmung des optimalen Schnitttermins erforderlich.

Mit den ausdauernden Gräsern und im Ackerfutterbau mit Welschem Weidelgras können in der Praxis etwa 4000-4400 Nm³/ha Methan erzeugt werden, das entspricht dem Potential eines mittleren bis guten Maisertrages (Abb. 2). Beim Rohrglanzgras können trotz sehr hoher Erträge aufgrund des geringen Biogaspotenzials keine optimalen Energieerträge erwirtschaftet werden. Damit steht mit einigen ausdauernden Gräsern, insbesondere in den Mittelgebirgen mit naturgemäß geringeren Maiserträgen, eine interessante Alternativkultur zur Verfügung.

In die Narben von nicht mehr für die Milchproduktion benötigtem Dauergrünland können durch Nach- und Übersaaten für die Fütterung weniger interessante aber ertragsstarke Grasarten wie Rohrschwengel, Knautgras, Glatthafer oder Lieschgras eingebracht werden. Bei einem Umbau der Narbenzusammensetzung oder Neuansaat in Richtung hocheertragreicher Grasarten kann auch in Zukunft eine wirtschaftliche Nutzung des Dauergrünlandes sichergestellt werden. Auch Kooperationen mit Milchviehbetrieben können eingegangen werden. Dabei könnte eine Biogasanlage sehr gut die in der Fütterung von Milchkühen häufig nicht benötigten Aufwüchse des 3., 4. oder 5. Schnittes verwerten. Erste Biogasanlagenbetreiber gehen diesen Weg bereits, sie konkurrieren nicht mehr um die Ackerflächen sondern kooperieren mit Milchviehbetrieben.

Tab. 3: Gasausbeuten im Batchversuch (Ø Schnitte und Schnittregime)

Art	n	Gasausbeute (Nm ³ /t oTS)	Methan-gehalt (%)	Methanausbeute (Nm ³ /t oTS)
Rohrschwengel	3	540	51,6	279
Rohrglanzgras	3	416	52,3	217
Knaulgras	7	605	50,9	309
Wiesenlieschgras	6	637	53,4	340
Welsches Weidelgras	4	650	49,6	322
Knaulgras + Rotklee	7	571	51,5	294
Rotklee	3	550	52,1	286

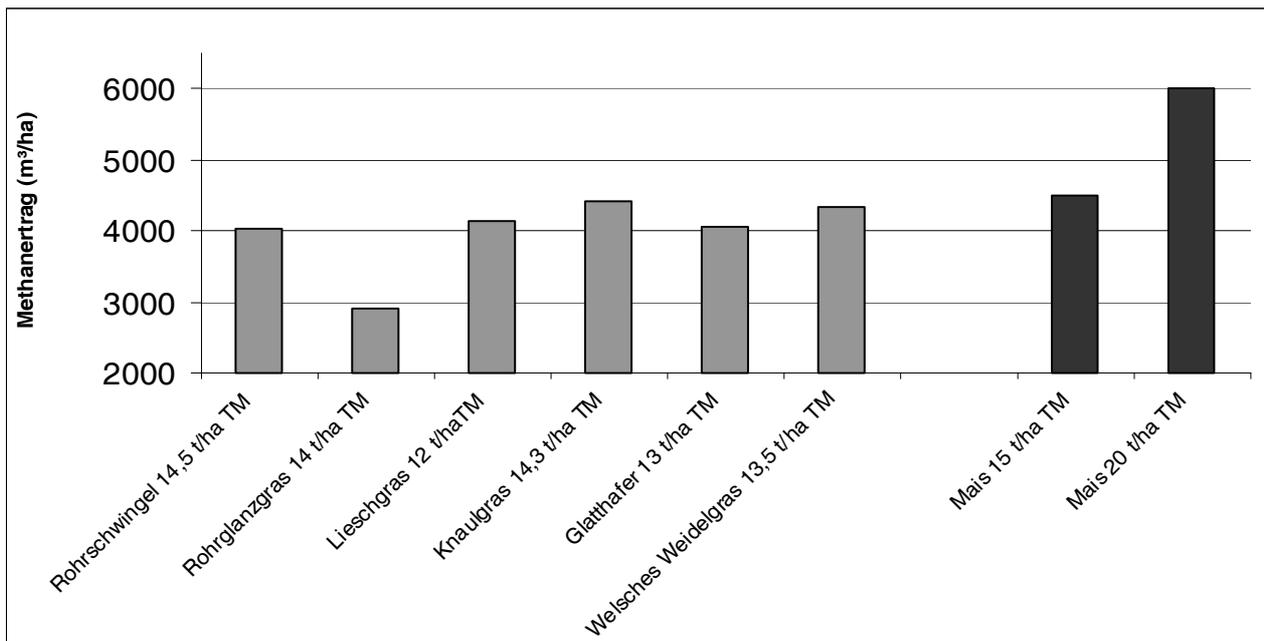


Abb. 2: Methanerträge (m³/ha) aus Gräsern im Vergleich zu guten bis sehr guten Maiserträgen

Die Untersuchungen sind noch nicht beendet, Fragestellungen zum optimalen Schnittzeitpunkt der einzelnen Grasarten oder detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung müssen noch folgen.

Die Autoren bedanken sich für die finanzielle Unterstützung beim Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse

M. Wachendorf, T. Fricke, R. Graß und R. Stülpnagel

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

Hintergrund und Problemstellung

Strukturen der derzeitigen Biogasproduktion: Eine maßgebliche Restriktion für die anaerobe Vergärung von Ganzpflanzen im Allgemeinen bzw. von Grünlandbiomassen im Besonderen ist der Gehalt lignozellulosereicher Strukturen. Hohe Gehalte dieser Inhaltsstoffe verzögern die Fermentationsprozesse und reduzieren den Biogasertrag und damit auch den Energiegewinn. Bei unverändert hohem Energiebedarf der Anlage für Heizung, Rühren, etc. nimmt in diesem Zuge die Effizienz der Umwandlung von Pflanzenenergie in nutzbare Energie zwangsläufig ab. Selbst bei der Vergärung üblicher Rohstoffe in Form von silierten Ganzpflanzen (z.B. von teigreifem Silomais) in herkömmlichen Biogasanlagen liegt dieser Wert bei lediglich 50 bis 60% (inclusive Wärmenutzung). Die in der Pflanze gespeicherte Energie wird auf diesem Weg also nur in einem vergleichsweise geringen Maß nutzbar gemacht (SCHEFFER 2006b). Große Energiemengen werden mit erheblichem energetischen Aufwand (Transport, Ausbringung, etc.) mit den Gärresten auf die Felder zurückgebracht. Die meisten Biogasanlagen verfügen über kein umfassendes Konzept zur Nutzung der Abwärme aus der Kraft-Wärme-Kopplung. Zwar werden häufig benachbarte Wohn- und Wirtschaftsräume beheizt, weiter gehende Nutzungen fehlen aber fast überall. Der Fachverband Biogas schätzt, dass im Jahr 2005 knapp 2 Millionen Megawattstunden Wärme aus deutschen Biogasanlagen nicht genutzt wurden. Würde diese Wärme z.B. in privaten Haushalten anstelle von Gas für Heizzwecke genutzt, könnten damit über 122.000 deutsche Haushalte ein Jahr lang beheizt werden. Dass die Abwärme kaum genutzt wird, liegt im Wesentlichen an der Außenlage der meisten Biogasanlagen. Externe Abnehmer, wie Gewerbebetriebe oder Wohnsiedlungen, liegen oft zu weit entfernt. Die Installation eines Nahwärmenetzes lohnt sich deshalb meist nicht. Nur wenige Produktionsprozesse weisen einen ganzjährigen und gleichbleibenden Wärmebedarf auf. Dies wäre jedoch für eine Biogasanlage von Vorteil, da hier die Überschusswärme ganzjährig und auf nahezu gleich bleibendem Niveau anfällt.

Insbesondere Mittelgebirgsregionen stehen in dieser Hinsicht vor großen Problemen:

- Die geringe Besiedlungsdichte und Anzahl industrieller Wärmeabnehmer erschweren eine ökonomische Darstellung der Anlagen, zumal in zunehmendem Maße Investitionszulagen nur noch mit dem Nachweis vorhandener Wärmenutzungskonzepte gewährt werden.
- Schwierige Verkehrswegung mit starken Höhenunterschieden erschweren die Zulieferung von Biomasse zu den Anlagen bzw. die Rückfuhr der Gärreste auf die Anbauflächen.

- Die Ansprüche der Gesellschaft hinsichtlich der Erholungsfunktion dieser Landschaften vertragen sich in der Regel nicht mit dem Betrieb größerer Biogasanlagen und deren technisch-logistischen Konsequenzen.
- Zum Schutz artenreichen Grünlands fordert der Naturschutz eine extensive Grünlandbewirtschaftung, die z.B. durch die Verzögerung des Nutzungstermines den Abschluss der generativen Entwicklung zahlreicher Pflanzenarten ermöglicht. Die hierbei produzierte Biomasse weist nur noch eingeschränkte futterbauliche oder bioenergetische Verwertungsmöglichkeiten auf.

Bioenergetische Verwertung von Grünlandbiomasse: Vor allem zwei bioenergetische Verwertungsrichtungen werden für die Grünlandbiomasse diskutiert: Anaerobe Vergärung (Biogaserzeugung) und thermische Wandlung (Verbrennung). Grünland als Substrat in der Biogaserzeugung hat insbesondere dort eine Bedeutung, wo es standortbedingt ohnehin anfällt und als Kosubstrat neben Silomais und Gülle verwendet werden kann. Grünlandbiomasse ist vor allem dann attraktiv, wenn der Standort keinen Maisanbau zulässt und die Flächenkosten infolgedessen relativ niedrig sind. Hier handelt es sich allerdings in aller Regel um mehrschürige Wiesen und Mähweiden mit geringer Artenvielfalt. Sollen artenreiche Bestände erhalten werden, kommt bislang angesichts der hierzu notwendigen geringen Nutzungsfrequenzen nur eine thermische Verwertung in Frage. Ungünstige Verbrennungseigenschaften des Heus (insbesondere Emissionsprobleme und Ascheverhalten; KALTSCHMITT und HARTMANN, 2003) haben neben anderen Schwierigkeiten bisher allerdings eine weitere Verbreitung verhindert. Ziel des im vorliegenden Beitrag vorgeschlagenen Verfahrens ist die Produktion eines Festbrennstoffes mit möglichst effizienter Wandlung der pflanzlichen Energie und akzeptablen Qualitätseigenschaften.

Das Prinzip der integrierten Biogas- und Festbrennstoffproduktion aus landwirtschaftlicher Biomasse

Das Anlagenkonzept: Im vorliegenden Beitrag wird ein Anlagenkonzept vorgestellt, das von der Silage die schwer vergärbaren Bestandteile mittels einer mechanischen Presse abtrennt und lediglich den Presssaft einer Vergärung zuführt (Scheffer, 1993; Reulein, 2007a). Die aus der Verbrennung des Biogases im Blockheizkraftwerk generierte Elektrizität wird eingespeist und die anfallende Wärme wird zur Trocknung des Presskuchens verwendet, der dann als transportabler Festbrennstoff vermarktet wird (Abb. 1).

Mechanische Entwässerung und Nachtrocknung des Presskuchens: Eine thermische Trocknung von Silagen benötigt mit sinkendem TM-Gehalt exponentiell steigende Energiemengen, wobei ca. 1,3 kWh an Wärmeenergie aufgewendet werden müssen, um 1 kg Wasser zu verdampfen. Stammt die dafür benötigte Energie aus dem laufenden Prozess, so ist mit einer entsprechenden Reduktion der als Brennstoff zur Verfügung stehenden Biomasse zu rechnen. Im Gegensatz zur thermischen Trocknung treibt eine mechanische Entwässerung das Wasser energetisch wesentlich effizienter aus.

Im vorliegenden Verfahren hat sich eine Schneckenpresse (Typ A_v, Fa. *anhydro*, Kassel) als geeignet erwiesen. Allerdings geht die Trocknung auch hier mit einer (tatsächlichen) Minderung der als Brennstoff zur Verfügung stehenden Biomasse

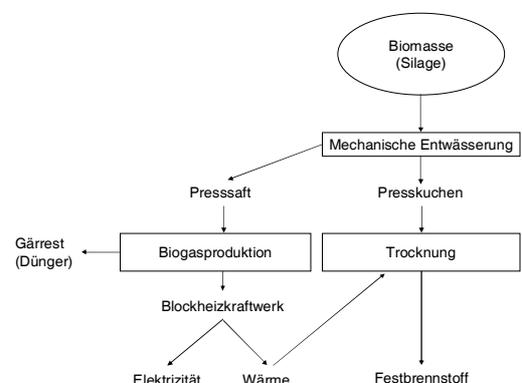


Abb. 1: Prinzip der integrierten Biogas- und Festbrennstoffproduktion aus landwirtschaftlicher Biomasse

einher. Dieser Anteil der Biomasse steht jedoch im Presssaft als (überwiegend) leichtvergärbare Trockenmasse zur Verfügung, so dass über die Vergärung des Substrates in einer Biogasanlage mit anschließender Verstromung ca. 150 % der zur Entwässerung nötigen elektrischen Energie und ca. 100 % der zur Nachtrocknung benötigten Wärmeenergie entstehen. Das bedeutet, dass der entstehende Brennstoff als Nettoenergieträger (ohne verdeckten zusätzlichen Energieaufwand) angesehen werden kann (REULEIN, 2007b).

Vergärung der Presssäfte: Hinsichtlich des Biogasertragspotenzials hat sich der Presssaft als ein sehr günstiges Substrat für Biogasanlagen erwiesen, da der Abbau sehr schnell und nahezu vollständig erfolgt. Hierzu wurden Biogas- und Methanertragspotenziale, sowie das Gärverhalten und die Abbaudynamik mit einem Batch-Laborverfahren nach Zerr (2006) untersucht. Hohe Methanausbeuten zwischen 450 und 500 Litern CH₄ pro kg oTS und Abbaugrade von über 90% erreichten Mais-Presssäfte, deren Ausgangsmaterialien zu einem physiologisch frühen Zeitpunkt geerntet wurden, sowie Presssäfte aus Grassilagen. Der Abbau der Presssäfte dauerte maximal 4 Tage (BÜHLE et al., 2007). Umfangreiche Untersuchungen zum Gärverhalten im kontinuierlichen Betrieb im Rührkesselfermenter haben gezeigt, dass eine stabile Vergärung lediglich bei geringen Raumbelastungen und Verweilzeiten möglich ist. Eine weitere Steigerung der Raumbelastung bzw. eine Verkürzung der Verweilzeit würde zum Austrag der Bakterien und damit zum Zusammenbruch der Fermenterbiologie führen. Im kontinuierlichen Betrieb im Festbettreaktor konnte eine stabile Vergärung bei sehr geringen Verweilzeiten realisiert werden. Die Prüfung unterschiedlicher mineralischer, synthetischer und organischer Festbettmaterialien ergab ein differenziertes Bild, das Aussagen hinsichtlich der Eignung dieser Materialien zur Fixierung der Bakterienbiomasse erlaubt (GÜNTHER et al., 2007).

Qualität des Festbrennstoffs: Ein wesentlicher Aspekt der mechanischen Abpressung ist neben der Entwässerung die spezifische Aufteilung der organischen und mineralischen Bestandteile der silierten Biomasse auf den Presssaft und den Presskuchen. Sowohl hinsichtlich der feuerungstechnisch relevanten Gehalte an Kalium, Chlorid und Stickstoff im Presskuchen, als auch im Hinblick auf die Nährstoffrückfuhr der genannten Elemente und weiterer Mineralstoffe mit den Gärresten zeigt sich ein signifikant disproportionaler Massenfluss dieser Stoffe in die flüssige Phase. Untersuchungen an zahlreichen Ackerfrüchten (REULEIN, 2007b), sowie an intensiven und extensiven Grünlandbeständen (Weidelgrasweiden, Feucht-, Glatthafer-, Goldhaferwiesen, sowie Mager- und Borstgrasrasen des nordhessischen Lößgebietes, der Hessischen Rhön und des Südlichen Schwarzwaldes) belegen diesen präferentiellen Fluss, dessen Ausmaß zwar substratspezifisch ist, sich allerdings durch eine Konditionierung der Silage vor Abpressung (z.B. durch Maischung) modifizieren lässt (BEDENK et al., 2007; BEYRICH et al., 2007).

Ausblick

Das dargestellte Konzept der integrierten Biogas- und Festbrennstoffproduktion bietet interessante Perspektiven für eine wirtschaftliche und ökologisch sinnvolle Nutzung des Grünlands in Mittelgebirgen. Systematische Forschungsarbeiten an der Universität Kassel beschäftigen sich derzeit mit der Quantifizierung bestandesspezifischer Effekte auf das Gesamtverfahren und seine Komponenten, sowie mit der weiteren Optimierung des Konzeptes und mit Fragen der regionalen Implementierung der Technik.

Literatur

BEDENK K., FRICKE T., REULEIN J., STÜLPNAGEL R., WACHENDORF M. (2007) Charakterisierung der Mineralstoff- und Organik-Flüsse bei der mechanischen Abpressung von

Workshop I: Energie

Grünlandaufwüchsen herkömmlicher Nutzungsintensität. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

BEYRICH W., EMANUEL M., NEFF R., FRICKE T., REULEIN J., STÜLPNAGEL R., WACHENDORF M. (2007) Charakterisierung der Mineralstoff- und Organik-Flüsse bei der mechanischen Abpressung extensiver Grünlandaufwüchse. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

BÜHLE, L., STÜLPNAGEL R., SCHEFFER K., ZERR W., WACHENDORF M. (2007) Gärdynamik und Methanbildungspotenzial von Presssäften mechanisch entwässerter Silagen. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

KALTSCHMITT M. und HARTMANN H. (2003) Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, Berlin.

REULEIN J., SCHEFFER K., STÜLPNAGEL R., BÜHLE L., ZERR W. and WACHENDORF M. (2007a) Efficient utilization of biomass through mechanical dehydration of silages. 15th European Biomass Conference, Berlin, Germany (in press).

REULEIN J. (2007b) Optimierung der energetischen Nutzung von feucht konservierten Pflanzenarten und Stroh durch Trennung in festen Brennstoff zur Herstellung von Pellets und flüssiges Biogassubstrat mittels Schneckenpresse. Abschlussbericht FNR- FKZ: 220 217 03 (unveröffentlicht).

STÜLPNAGEL, R. (1993) Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49, - Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO₂-neutralen Energieträgers Biomasse, Selbstverlag des Verbandes der Tropenlandwirte, Witzenhausen (1993).

SCHEFFER, K. (2006) Optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. <http://www.energiewart.fechnermedia.de/downloads/Pflanzenbau2.pdf> (2006)

ZERR, W. (2006) Versuchsanlage zur energetischen Beurteilung von Substraten und Kofermentaten für Biogasanlagen. Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 18 (4), 219-227.

Chemische Brennstoffqualität als Grundlage der Verbrennung von Aufwüchsen extensiv genutzter Grünlandbestände

B. Tonn, U. Thumm und W. Claupein

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), 70593 Stuttgart

Tel.: 0711 / 459-22379, E-Mail: btonn@uni-hohenheim.de

Einleitung und Problemstellung

Von dem Problem, dass ein zunehmender Teil des Dauergrünlandes nicht mehr für die Tierfütterung benötigt wird, sind in besonderem Maße Flächen des Extensiv- und Biotopgrünlands mit hoher Biodiversität betroffen, deren Aufwüchse aufgrund des späten Nutzungszeitpunkts einen geringen Futterwert und auch eine geringe Eignung für die Biogaserzeugung (OECHSNER, 2005) besitzen. Dagegen verbessert sich mit zunehmendem Alter die Eignung zur Verbrennung in Feuerungsanlagen, die für andere halmgutartige Biofestbrennstoffe, wie z.B. Stroh, ausgelegt sind. Neben ökonomischen und logistischen Herausforderungen stellt jedoch die chemische Brennstoffzusammensetzung bei Halmgütern ein potentiell Hindernis für den Einsatz in der Verbrennung dar. Die im Vergleich zu den weitgehend unproblematischen holzartigen Biobrennstoffen hohen N- und S-Gehalte können zur Überschreitung der gesetzlich festgelegten Höchstwerte für NO_x - und SO_2 -Emissionen im Abgas führen, während hohe K-, Cl- und S-Gehalte für Korrosionsprozesse im Feuerraum verantwortlich sind. Schließlich weisen Halmgüter neben höheren K- auch geringere Ca-Gehalte auf als Holz, wodurch die Schmelztemperatur der Brennstoffasche so weit sinkt, dass Verschlackungen im Brennraum auftreten.

Hinsichtlich ihrer Gehalte an N, Cl und K weisen Extensivgrünlandaufwüchse häufig eine deutlich schlechtere Brennstoffqualität auf als andere Halmgüter. Die Variabilität der Inhaltstoffgehalte ist jedoch innerhalb der Brennstoffkategorie „Extensivgrünland und Landschaftspflegeheu“ aufgrund der darin zusammengefassten unterschiedlichen Pflanzenbestände und Schnittzeitpunkte sehr groß (HÄRDTLEIN et al., 2004). Um zu entscheiden, welche Grünlandaufwüchse ohne Gefahr für die Umwelt und die Betriebssicherheit der Feuerungsanlage in Strohverbrennungsanlagen verfeuert werden können, ist eine bessere Charakterisierung unterschiedlicher Bestände und Nutzungszeitpunkte hinsichtlich ihrer verbrennungsrelevanten Inhaltsstoffe nötig. Da es sich dabei um Aufwüchse handelt, die auch in den vergangenen Jahrzehnten eine marginale Rolle in der Tierfütterung spielten, stehen aus Untersuchungen zur Futterqualität dazu nur begrenzt Informationen zur Verfügung.

In den „Offenhaltungsversuchen Baden-Württemberg“ wird seit 1975 die langfristige Wirkung unterschiedlicher Managementstrategien für brachfallendes Grünland in verschiedenen Naturräumen des Bundeslandes beobachtet (SCHREIBER, 1997). An Aufwüchsen dieser Versuche wurde im Jahr 2006 die Verbrennungseignung unterschiedlicher Pflanzenbestände untersucht.

Skandinavische Untersuchungen zeigen, dass durch die Verschiebung des Schnittzeitpunkts in das Frühjahr nach dem Aufwuchsjahr die Brennstoffqualität, ähnlich wie bei *Miscanthus*,

auch bei einzelnen Gräsern des Dauergrünlands unter vertretbaren Biomasseverlusten verbessert werden kann (PAKHALA & PIHALA, 2000). Möglicherweise kommt diese Maßnahme auch für bestimmte Typen des Extensivgrünlands in Betracht. Daher wurde in einem zweiten Versuch am Beispiel dreier Pflanzenbestände die Entwicklung von Ertrag und Inhaltsstoffgehalten zwischen Herbst und Frühjahr beobachtet.

Material und Methoden

Im ersten Versuch wurden an fünf Standorten der „Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg“ (Tab. 1, Standorte 1A-1E) Biomasseproben der einmal jährlich Ende August gemulchten Parzellen gewonnen und nach den Methoden des VDLUFA auf den Gehalt an K, Ca, N und S untersucht. Der Cl-Gehalt wurde im wässrigen Auszug über potentiometrische Titration ermittelt.

Tab. 1: Beschreibung der Versuchsstandorte. 1A-1D: Verändert nach SCHREIBER (1997). ¹: Pflanzenverfügbares Kalium und Phosphor (CAL).

Standort	Region	pH	K ₂ O ¹	P ₂ O ₅ ¹	Pflanzengesellschaft	
			[mg/100 g]			
1A	St. Johann	Mittl. Kuppenalb	5,4	9	2	<i>Mesobrometum</i>
1B	Rangendingen	Keuperhügelland	7,2	41	2	<i>Mesobrometum</i>
1C	Ettenheim	Mittl. Schwarzwald	4,8	6	3	<i>Arrhenatheretum</i>
1D	Bernau	Südl. Schwarzwald	4,2	19	5	<i>Festuco-Genistelletum</i>
1E	Hepsisau	Mittl. Albtrauf	6,9	26	2	<i>Arrhenatheretum</i>
2A	Eningen	Mittl. Kuppenalb	5,5	7	2	<i>Geranio-Trisetetum</i>
2B	unter		6,2	8	3	<i>Geranio-Trisetetum</i>
2C	Achalm	Mittl. Albtrauf	7,4	22	1	<i>Mesobrometum</i>

Für den zweiten Versuch wurden drei Grünlandbestände ausgewählt, die bereits langjährig sehr spät geschnitten wurden (Tab. 1, Standorte 2A-2C). Die Probenahme erfolgte an fünf Terminen: [1] zum Schnittzeitpunkt des restlichen Bestandes (2A und 2B: 13.09., 2C: 04.10.) sowie allen drei Beständen [2] am 31.10., [3] 19.12., [4] 14.02. und [5] 07.03. Die Ernte erfolgte an den Standorten 2A und 2B mit einem Fingerbalkenmäher. Auf Standort 2C, einem als Naturdenkmal geschützten Halbtrockenrasen, wurden die Proben mit handgeführten Akkuscheren geschnitten. Inhaltsstoffgehalte wurden wie oben beschrieben bestimmt. Die statistische Auswertung in Form einer ANOVA erfolgte in der Software SAS 9.0 mit der Prozedur „mixed“. Dabei wurde den die Daten von Standort 2C separat analysiert, da dort aus versuchstechnischen Gründen von dem an den Standorten 2A und 2B verwendeten Blockdesign abgewichen werden musste.

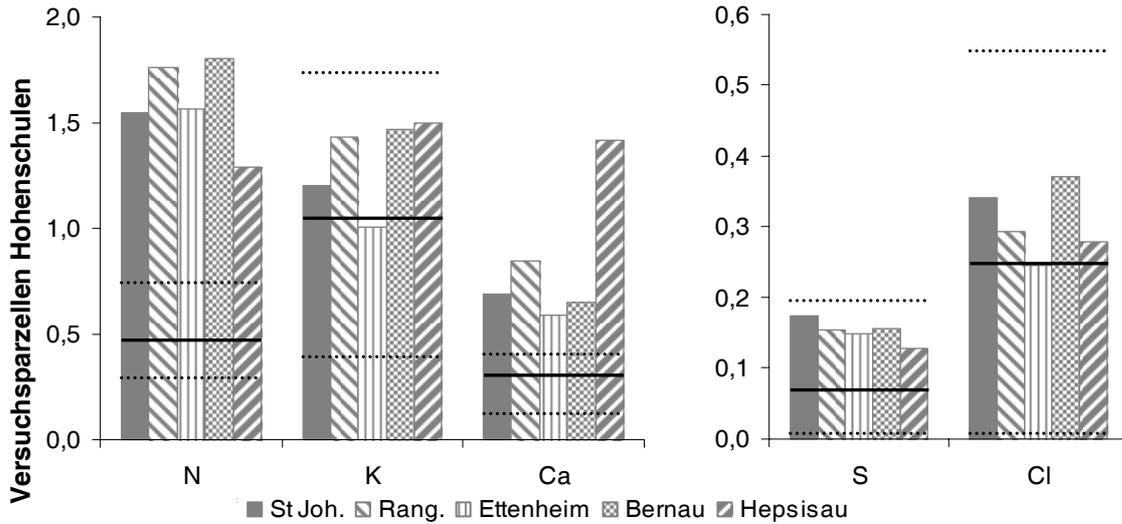


Abb. 1: Verbrennungsrelevante Inhaltsstoffe in den Aufwüchsen der Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg, einmal jährlich Ende August gemulchte Parzellen. Durchgezogene bzw. punktierte Linien: Mittlere bzw. Minimal- und Maximalgehalte des jeweiligen Elements in Getreidestroh (nach HÄRDTLEIN et al., 2004).

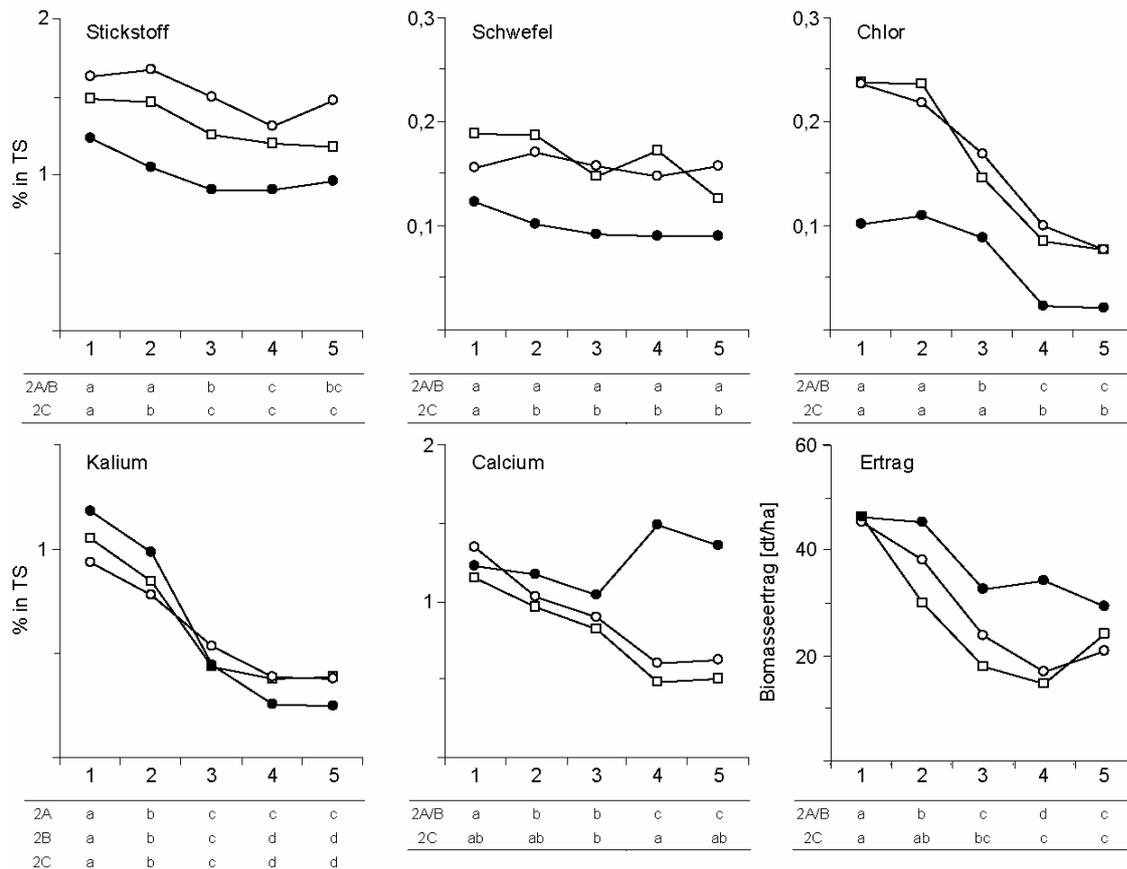


Abb. 2: Entwicklung von Inhaltsstoffgehalten und Erträgen dreier Extensivgrünlandbestände zwischen Sept. und Feb. Standorte 2A □, 2B ○, 2C ●; Schnittzeitpunkte [1] bis [5] siehe Text. Werte desselben Standorts, die in den Tabellen denselben Buchstaben tragen, sind nicht signifikant verschieden (p=0,05).

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Versuch lagen Kalium-, Schwefel- und Chloridgehalte der Aufwüchse innerhalb der Spannen, die für den etablierten Biobrennstoff Getreidestroh üblich sind (Abb. 1). Aufgrund der bedeutend höheren Stickstoffgehalte sind die untersuchten Grünlandaufwüchse jedoch nur für Verbrennungsanlagen mit Maßnahmen zur Stickstoffemissionsreduktion geeignet. Die hohen Calciumgehalte, vor allem am kalkreichen Standort Hepsisau, führen dagegen zu einer Erhöhung der Ascheschmelztemperaturen über das für Halmgüter übliche Niveau.

Im Untersuchungszeitraum des zweiten Versuchs zeigten die Elemente Kalium und Chlor die stärkste Veränderung. Sie nahmen zwischen erster und letzter Probenahme um 60 bis 80 % bzw. 67 bis 80 % ab, während die relativen Änderungen der anderen betrachteten Elemente geringer und zum Teil statistisch nicht signifikant waren (Abb. 2). Der entscheidenden Qualitätsverbesserung standen jedoch erwartungsgemäß hohe Biomasseverluste gegenüber, vor allem bei den stark lagernden Beständen 2A und 2B. Die geringeren Verluste am Standort 2C waren zum Teil durch die abweichende Erntetechnik, zum Teil durch die höhere Standfestigkeit des Pflanzenbestandes bedingt. Bei diesem stünden einer Frühjahrsernte weniger die damit verbundenen Ertragseinbußen als vielmehr naturschutzfachliche Gründe entgegen, da bereits das jetzt praktizierte Schnittregime zu einer Zunahme von Verbrachungszeigern geführt hat.

Schlussfolgerungen

Die untersuchten, spät geschnittenen Grünlandaufwüchse wiesen generell eine chemische Brennstoffqualität auf, die eine Verbrennung in für Stroh ausgelegte Feuerungsanlagen zulässt, sofern Sekundärmaßnahmen zur Rauchgasentstickung vorhanden sind. Trotz erheblicher Qualitätsverbesserung kommt eine Frühjahrsernte für die untersuchten Bestände nicht in Frage, da sie entweder mit zu hohen Ertragseinbußen oder mit naturschutzfachlichen Problemen verbunden wäre. Dennoch stellt die Maßnahme eine mögliche Option für Grünlandbestände mit geringer Lagerneigung dar, bei denen das primäre Ziel die Offenhaltung ist, bzw. die durch späte Schnitttermine in ihrer botanischen Zusammensetzung weniger stark beeinträchtigt werden.

Literatur

HÄRDTLEIN, M., ELTROP, L., und THRÄN, D. (Hrsg.) (2004): Voraussetzungen zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe, *Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe"* Bd. 23, Münster: Landwirtschaftsverlag, 678 S.

OECHSNER, H. (2005): Möglichkeiten zur energetischen Verwertung von Landschaftspflegeheu. *Natur und Landschaft* 80, 426-429.

SCHREIBER, K.-F. (1997): Sukzessionen – Eine Bilanz der Grünlandbracheversuche in Baden-Württemberg, *Projekt Angewandte Ökologie* 23. Karlsruhe: LfU, 188 S.

PAKHALA, K., PIHALA, M. (2000): Different plant parts as raw material for fuel and pulp production, *Industrial crops and products* 11, 119-128.

Energiepflanzenanbau als Beitrag zur Optimierung von naturschutzfachlichen Zielen in der Landschaft

R. Graß und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

Einleitung

Der anhaltende Strukturwandel in der Landwirtschaft und der fortlaufende Rückgang der Rinderhaltung führen dazu, dass die Bewirtschaftung insbesondere von Grenzertragsstandorten und Grünland in Mittelgebirgsregionen in Zukunft häufig nicht mehr gewährleistet ist. Besonders in diesen Regionen befinden sich aber aus Naturschutzsicht wertvolle Flächen. Die Erhaltung spezieller und artenreicher Vegetationszusammensetzungen ist vielfach nur durch Nutzung dieser Flächen möglich. Der Erhalt und die Pflege dieser Flächen sind aufwändig und mit hohen Kosten verbunden. Die Verwertung des Aufwuchses gestaltet sich schwierig. Aufgrund häufig späterer Mahdtermine zur Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte ist die Biomasse stärker lignifiziert und der Futterwert sinkt. Die Verwertung als Futter ist aber aufgrund des genannten Rückganges der Viehhaltung ohnehin keine bedeutende Option. Daher wird seit Jahren die energetische Verwertung des Materials diskutiert (ELSÄBER, 2004). Aber auch die energetische Verwertung gestaltet sich schwierig, da diese Biomasse für den Verbrennungsprozess hinderliche Inhaltsstoffe (Mineralstoffe) enthält und bei der Verbrennung höhere Staubemissionen entstehen. Verstärkt wird daher die Verwertung dieser Aufwüchse als Co-Fermentat in Biogasanlagen in Betracht gezogen. Allerdings besteht dabei das Problem, dass die Biogas- und Methanausbeuten von Landschaftspflegeaufwüchsen auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau liegen (PROCHNOW et al., 2007). Eine rentable Verwertung in herkömmlichen Biogasanlagen ist nur selten zu erreichen. Daher werden Aufwüchse von Naturschutzflächen mittlerweile häufig über den Weg der Deponierung entsorgt.

Ferner sind solche aus Naturschutzsicht wertvollen Flächen in der Landschaft häufig isoliert und befinden sich in einer Insellage. Eine Biotopvernetzung, wie sie für einen wirksamen Naturschutz in der Fläche erforderlich ist, ist nur selten vorhanden. Verstärkt wird diese Problematik, wenn die Agrarlandschaft wenig strukturelle Elemente enthält und nur wenige verschiedene Pflanzenarten angebaut werden. Bei der derzeitigen Fixierung des Energiepflanzenanbaus auf den Mais und der zu erwartenden Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus könnte dieses Problem verschärft werden.

Bei entsprechender Gestaltung bietet der Energiepflanzenanbau aber vielmehr Möglichkeiten, die Artenvielfalt auf den Flächen zu erhöhen, Stoffkreisläufe auf den Betrieben zu optimieren und insgesamt eine Ökologisierung der Landwirtschaft zu bewirken. Darüber hinaus könnten bei entsprechender Konzeptionierung durch den Energiepflanzenanbau naturschutzfachliche Zielsetzungen mit der Landwirtschaft verbunden werden. Ein solches Konzept wurde im Rahmen des EuE-Vorhabens „Management von Biotopverbundflächen in Mittelgebirgsregionen“ des Bundesamtes für Naturschutz entwickelt.

Die grundlegende Fragestellung des Projektes war, ob das an der Universität Kassel-Witzenhausen für den Energiepflanzenanbau entwickelte Zweikulturnutzungssystem (GRAß

und SCHEFFER, 2005) in einem Gesamtkonzept zur Verbesserung der Erreichung naturschutzfachlicher Zielsetzungen in der Fläche beitragen kann. Das Zweikulturnutzungssystem zeichnet sich durch einen artenreichen und ertragreichen Energiepflanzenanbau bei gleichzeitiger Reduzierung von Umweltgefährdungen aus. Das naturschutzfachliche Gesamtkonzept wurde für eine Modellregion in den Mittelgebirgslagen des Werra-Meißner-Kreises in Nordhessen entwickelt.

Energiepflanzenanbau als Vernetzungselement

Naturschutzflächen liegen häufig isoliert inmitten einer intensiv landwirtschaftlich genutzten Landschaft. Die zu schützenden Zielarten der Flora und Fauna können, wenn überhaupt, von diesen „Inseln“ nur unter sehr erschwerten Bedingungen zu anderen Naturschutzflächen wandern. Der direkte Übergang zu den intensiv bewirtschafteten Flächen stellt für viele Arten eine unüberwindbare Barriere dar. Eine Vernetzung solcher Flächen im Sinne eines Biotopverbundes ist nur selten gegeben. Verstärkt wird dieser Effekt dadurch, dass die landwirtschaftlich genutzten Flächen meistens in relativ kurzen Zeiträumen komplett geerntet werden, so dass wenig Rückzugs- und Schutzräume für wandernde Arten bleiben.

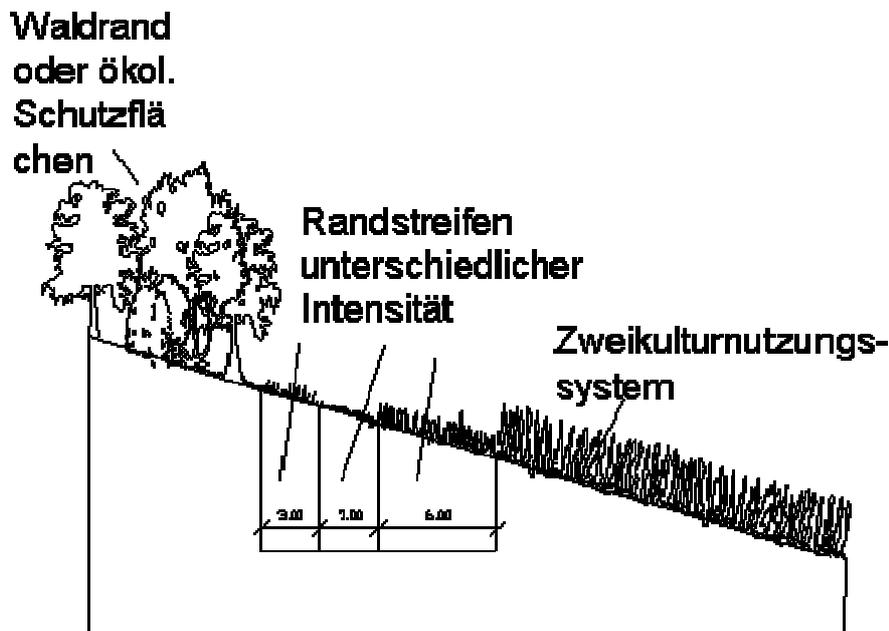


Abb.1: Randstreifenkonzept zur Biotopvernetzung durch Energiepflanzenanbau.

Zur besseren Vernetzung der schützenswerten Flächen ist die Etablierung einer Saumstruktur angedacht (Abb.1). Diese Säume werden je nach Güte der Naturschutzfläche einfach oder in mehreren Stufen in Form von Randstreifen angelegt. Diese Säume umfassen mehrere Meter Breite (je nach Arbeitsbreite der Maschinen) und werden mit dünneren und niedrigeren Pflanzenbeständen bestellt. Die Düngung erfolgt in geringerem Umfang als auf den sonstigen Flächen des Energiepflanzenanbaus. Der Aufwuchs der Säume wird ebenfalls energetisch genutzt.

An die Säume schließt sich die so genannte Kernzone des Energiepflanzenanbaus an. Auf diesen Flächen wird intensiver Ackerbau zur Erreichung hoher Erträge betrieben. Allerdings werden dabei ökologische Aspekte besonders berücksichtigt. Zum einen erfolgt der Anbau der Energiepflanzen im Rahmen des Zweikulturnutzungssystems, zum anderen sind spezielle Fruchtfolgen mit dem Ziel konzipiert worden, in der Landschaft eine Mosaikstruktur

zu etablieren. Beim Zweikulturnutzungssystem wird mit dem Anbau von zwei Kulturen in einem Jahr eine ganzjährige Bodenbedeckung erreicht. Zu den Zweitkulturen wird eine reduzierte Bodenbedeckung angestrebt. Auf den Einsatz von Insektiziden und Fungiziden wird komplett verzichtet, der Einsatz von Herbiziden soll nach Möglichkeit ebenfalls vermieden und durch mechanische Maßnahmen ersetzt werden.

Für die Schaffung eines Biotopverbundes ist eine Mosaikstruktur in der Landschaft sehr bedeutsam. Dazu werden verschiedene Kulturpflanzen mit unterschiedlichen Wuchshöhen und Ernteterminen angebaut, so dass für wandernde Arten Schutzräume entstehen. In Tab. 1 ist eine solche Fruchtfolge für die Höhenlagen des Projektgebietes aufgeführt.

Tab. 1: Fruchtfolgeplanung im Rahmen der Zweikulturnutzung (grau schattiert: Erstkulturen)

Jahr	1		2		3		4	
Saat/Ernte	Sep/ Ende Mai	Mai/ Okt	Okt/ Juni	Juni/ Sep	Mai (Ernte)	Mai	Okt/ Juni	Juni/ Sep
Kultur	WE/Ro	Mais-SB	Tritic/Ro	LG	LG	Mais	WW/ Tritic	Senf

Abkürzungen:

WE/Ro: Wintererbsen-Roggen-Gemenge; Tritic: Triticale; Ro: Roggen; WW: Winterweizen; Mais-SB: Mais-Sonnenblumen-Gemenge; LG: Landsberger Gemenge

Für die energetische Nutzung in einer Biogasanlage werden die Aufwüchse von den Naturschutzflächen (Landschaftspflegematerial) mit den Energiepflanzen vermischt. Wie anfangs beschrieben, sind die Gaserträge aus dem Landschaftspflegematerial geringer, so dass die Rentabilität einer solchen Biogasanlage ebenfalls geringer ist. Hinzu kommt, dass auf den angelegten Säumen die Erträge geringer als in den Kernzonen der Zweikulturnutzung sind. Diese Ertragsdefizite müssten über Entgelte für erbrachte Naturschutzleistungen ausgeglichen werden. Diese Kosten fallen aber geringer aus als die derzeitigen Aufwendungen für die Pflege der Naturschutzflächen.

Für eine rentablere energetische Verwertung der Aufwüchse von Naturschutzflächen muss auch die Konversionstechnik von Biogasanlagen weiterentwickelt werden. Eine solche optimierte Technologie stellt z.B. das „Integrierte Biogas und Festbrennstoffverfahren nach Scheffer dar. Dabei wird die in Form von Silage konservierte Biomasse durch Abpressen mechanisch entwässert. Der Presssaft wird anschließend in einer Biogasanlage vergoren, der Presskuchen wird mit der Abwärme der Biogasanlage nachgetrocknet und steht als Brennstoff zur Verfügung (GRAB et al., 2007; WACHENDORF et al., 2007). An die Qualität der Ausgangsbiomasse werden bei diesem Verfahren geringere Ansprüche gestellt.

Ausblick

Der Energiepflanzenanbau bietet neben dem Aspekt der regenerativen Energieerzeugung auch Möglichkeiten, naturschutzfachliche Zielsetzungen mit der Landwirtschaft zu kombinieren. Da die Ansprüche an die Qualität der Pflanzen deutlich niedriger als im Nahrungsmittel- oder Futteranbau sind, bestehen hier andere Handlungsspielräume. Das in diesem Beitrag vorgestellte Konzept zeigt einen Weg auf, wie eine solche Kombination gestaltet werden könnte. Generell müssen solche Konzepte auf die jeweilige Zielregion abgestimmt werden. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Literatur

- ELSÄBER, M., 2004: Alternative Verwendung von in der Landschaftspflege anfallendem Grünlandmähgut: verbrennen, vergären, kompostieren, mulchen oder extensive Weide? *Natur und Landschaft* 3, 110-117.
- GRAB, R. und K. SCHEFFER, 2005: Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. *Natur und Landschaft* 9/10, 435-439.
- GRAB, R., REULEIN, J., K. SCHEFFER und M. WACHENDORF, 2007: Innovatives Nutzungsverfahren zur energetischen Verwertung von Biomassen aus naturschutzfachlich bedeutsamen Flächen. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Stuttgart-Hohenheim, Band 1, 125-128.
- PROCHNOW, A., HEIERMANN, M., DRENCKHAN, A. und H. SCHELLE, 2007: Jahresverlauf der Biomethanisierung von Landschaftspflegeaufwuchs. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 39 (1), 19-24.
- WACHENDORF M., FRICKE T., GRAB R., STÜLPNAGEL R. (2007): Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band).

Biomassepotenziale von Energiefruchtfolgen – Szenarienberechnungen unterschiedlicher Wasserregime

B. Wienforth¹, N. Svoboda², K. Sieling¹, H. Mehrrens², A. Hermann², F. Taube² und H. Kage¹
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, ¹Abteilung Acker- und Pflanzenbau,
²Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Einleitung und Problemstellung

Seit der Novellierung des Erneuerbare Energien Gesetzes (01. August 2004) besteht in Deutschland ein Trend zur Nutzung von Biomasse für die Biogasproduktion. Die Frage nach optimalen Energiepflanzenfruchtfolgen für die jeweiligen Standorte ist jedoch nicht ausreichend geklärt. Der Anbau von Mais in Monokultur ist derzeit, bedingt durch ein hohes Ertragspotenzial, übliche Praxis. Doch insbesondere in Schleswig-Holstein scheint eine Optimierung der Produktion über die Fruchtfolgewahl auf Grund klimatischer Verhältnisse diskussionswürdig. So schränken vergleichsweise niedrige Jahresdurchschnittstemperaturen die Anbauwürdigkeit von Mais ein. Andererseits begünstigen hohe Jahresniederschlagssummen die Intensivierung von Energiefruchtfolgen durch Winterzwischenfrüchte als eine mögliche Alternative zur Maismonokultur. Weiterhin muss eine Umwidmung von Grünlandflächen des Futterbaus hin zur energetischen Nutzung der Biomasse als wahrscheinlich angenommen werden. Im Rahmen des Verbundprojektes BIOGAS-EXPERT (siehe Beitrag PACHOLSKI et al., 2007) soll unter anderem die Frage nach geeigneten Energiefruchtfolgen in Bezug auf deren Ertragspotentiale experimentell untersucht und zur genaueren Abschätzung modelliert werden. Für eine erste Betrachtung wurde eine Simulationsstudie (1970-2006) unter besonderer Berücksichtigung des Wasserhaushaltes durchgeführt. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse zu Ertragsleistung und Wasserhaushalt zweier Fruchtfolgen (Maismonokultur vs. Dauergrünland) auf zwei unterschiedlichen Standorten (maritim vs. kontinental) vorgestellt.

Material und Methoden

Das verwendete Modell besteht aus Modulen zur Beschreibung des Bodenwasserhaushalts, der Evapotranspiration und des Pflanzenwachstums und wurde in die klassenorientierte Modellumgebung HUME (KAGE et al., 2001a, KAGE et al., 2001b) implementiert. Das Evapotranspirationsmodul basiert auf Ansätzen nach Penman-Monteith, das Wasserhaushaltsmodul ist ein potenzialbasiertes Schichtenmodell. Die Module zur Berechnung der Biomasseproduktion wurden aus dem Modell FOPROQ (KORNHER und TORSSELL, 1983, HERRMANN et al., 2005) abgeleitet. Für die Szenarienberechnung wurden zwei sich klimatisch deutlich unterscheidende Standorte gewählt. Die Bodenparameter dieser Standorte wurden jedoch annähernd gleich gestaltet um den klimatischen Einfluss auf die Erträge zu fokussieren. Der kontinental geprägte Standort weist eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9.2 °C bei 508 mm Niederschlag auf. Der maritime Standort ist gekennzeichnet durch eine mit 8.7 °C etwas geringere Jahresmitteltemperatur und einer deutlich höhere Jahresniederschlagssumme von 776 mm (Abb. 1). Bei den zu Grunde liegenden Bodentypen handelt es sich um eine tiefgründige Parabraunerde-Braunerde aus Geschiebemergel (maritim) oder Sandlöss (kontinental). Der Parametrisierung der Pflanzenmodule lag eine frühe Silomaisorte sowie ein intensiv bewirtschaftetes Dauergrünland mit 4-Schnittnutzung zu Grunde. Es wurde eine Durchwurzelungstiefe für Mais von 90 cm und für Grünland von 60 cm angenommen. In die Berechnung der Ertragsleistung und des Wasserhaushaltes von Dauergrünland geht ein Winteraufwuchs mit ein.

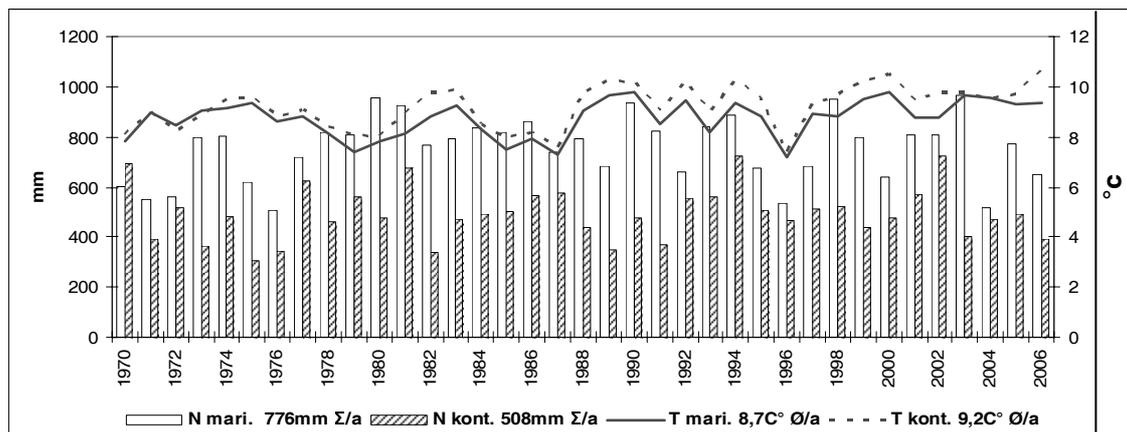


Abb. 1: Jahresniederschlagssummen und Jahresdurchschnittstemperaturen dargestellt für den kontinental (kont.) geprägten und den maritimen (mari.) Standort über 36 Jahre.

Ergebnisse und Diskussion

Auf dem maritimen Standort erzielte Mais mit durchschnittlich 158 dt/ha die höchsten Trockenmasseerträge (Abb. 2). Grünland produzierte durchschnittlich 127 dt/ha. Auf dem kontinentalen Standort erreichte der Mais mittlere Erträge, die 27% (Grünland 21%) unter denen der entsprechenden Kulturart unter maritimen Bedingungen lagen. Während für den maritimen Standort bei beiden Kulturen ein leichter Ertragsanstieg über die Jahre festgestellt werden konnte, war dies am kontinentalen Standort nicht zu beobachten. Auch war hier die Ertragsstabilität deutlich geringer, wie aus den Variationskoeffizienten zu erkennen ist (Tab. 1). Der Vergleich beider Kulturarten belegt unabhängig vom Standort eine höhere Ertragsstabilität für Grünland. Bei den vorliegenden Berechnungen wird die Zunahme der Biomasse im Wesentlichen von den Faktoren Strahlung, Temperatur und pflanzenverfügbarem Wasser beeinflusst. Im Folgenden sollen der

Tab. 1: Variationskoeffizienten (%) der oberirdischen Trockenmasse.

	maritim	kontinental
Gras	6.9	15.5
Mais	15.0	24.3

Faktor Temperatur, aber hauptsächlich der Wasserhaushalt eingehender betrachtet werden. In Tab. 2 ist die Anzahl der Tage mit einer nutzbarer Feldkapazität (nFK) geringer 50% dargestellt. Tage mit einer nFK < 50% wurden auf dem maritimen Standort im Mittel über den Betrachtungszeitraum nur in sieben (Grünland) bzw. fünf (Mais) Monaten erreicht. Auf dem kontinentalen Standort fiel der Bodenwassergehalt an deutlich mehr Tagen pro Monat und in mehr Monaten unter 50 % nFK ab. Eine vollständige Auffüllung des Bodenwasserspeichers wurde an diesem Standort im Mittel über die Jahre nicht erreicht (nicht dargestellt).

Tab. 2: Anzahl der Tage mit einer nutz-
baren Feldkapazität geringer 50%.

	maritim		kontinental	
	Gras	Mais	Gras	Mais
Jan	0	0	0	0
Feb	0	0	0	0
Mrz	0	0	7	0
Apr	1	0	19	2
Mai	13	0	30	10
Jun	18	0	29	14
Jul	15	5	30	26
Aug	15	10	30	29
Sep	8	8	30	27
Okt	0	0	28	21
Nov	0	0	19	9
Dez	0	0	7	1

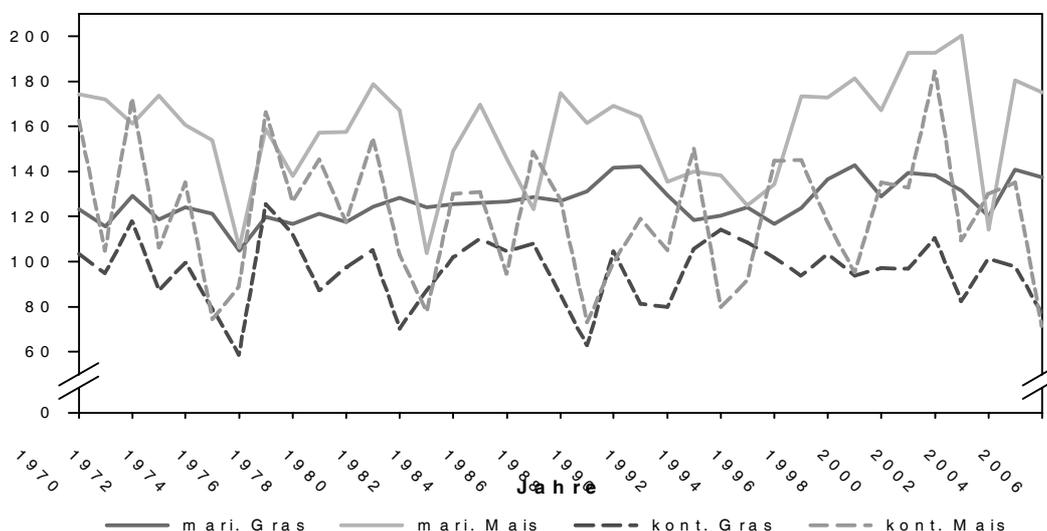


Abb. 2: Erträge dargestellt als oberirdische Trockenmasse [dt TM /ha] von Mais und Grünland auf dem kontinental (kont.) geprägten und dem maritimen (mari.) Standort.

Das Verhältnis der kumulierten aktuellen zur kumulierten potenziellen Transpiration (TR) (Tab. 3) ist eine Größe, die über die Betrachtung des Bodenwasserspeichers hinaus, einen direkten Effekt von Wassermangel auf die Pflanzen abbildet. Aus einem Rückgang der aktuellen Transpiration resultiert eine entsprechende Reduktion des zu erreichenden Ertrages. Die Kulturart Mais wies auf dem maritimen Standort mit einer mittleren TR von 0.9 gegenüber dem kontinentalen Standort mit einer mittleren TR von 0.7 geringere Differenzen zwischen aktueller und potenzieller Transpiration auf. Das Grünland verhielt sich im Vergleich der beiden Standorte ähnlich, lag aber immer unter den Werten von Mais. Die Produktivität der Evapotranspiration (PET) als Maß der Wassernutzungseffizienz tendierte im Vergleich der Kulturarten und Standorte analog zu den TR-Werten.

Tab. 3: Verhältnis von kumulierter aktueller zu kumulierter potenzieller Transpiration (TR), sowie Produktivität der Evapotranspiration (PET) für Grünland und Mais auf einem maritim und einem kontinental geprägten Standort.

	maritim		kontinental	
	Gras	Mais	Gras	Mais
TR [-]	0.8	0.9	0.6	0.7
PET [g/l]	2.9	3.6	2.4	3.2

gegenüber dem kontinentalen Standort mit einer mittleren TR von 0.7 geringere Differenzen zwischen aktueller und potenzieller Transpiration auf. Das Grünland verhielt sich im Vergleich der beiden Standorte ähnlich, lag aber immer unter den Werten von Mais. Die Produktivität der Evapotranspiration (PET) als Maß der Wassernutzungseffizienz tendierte im Vergleich der Kulturarten und Standorte analog zu den TR-Werten.

Diese Ergebnisse dokumentieren den deutlichen Effekt des Wasserhaushaltes auf die Produktivität der Kulturarten auf den unterschiedlichen Standorten. Mais als wassernutzungseffiziente C4-Pflanze mit einem größeren maximalen Wurzeltiefgang (90 cm) verglichen zum Grünland (60 cm) erzielte auf beiden Standorten höhere Erträge. Der relative Ertragsvorteil des Mais zeigte sich jedoch deutlicher auf dem kontinentalen Standort (31 vs. 25 dt/ha Mehrertrag), bedingt durch die nahezu optimale Wasserversorgung am maritimen Standort. Der Faktor Temperatur scheint bei dieser Betrachtung weniger entscheidend zu sein, da dieser sich am maritimen Standort eigentlich durch die geringeren Jahresdurchschnittstemperaturen hätte negativ auswirken müssen. Was die Ertragsstabilität betrifft, weist jedoch das Grünland an beiden Standorten Vorteile auf (Tab. 1). Hier ist die zeitliche Verteilung der Verfügbarkeit des Wassers über die Vegetationsperiode eine wichtige Größe. Der erste ertragsreiche Grünlandaufwuchs unterlag verglichen mit den Folgeaufwüchsen auf beiden Standorten einem relativ geringen Trockenstress (Tab. 3). Somit können durch den ersten Schnitt etwaige Ertragsreduktionen im laufenden Jahr ausgeglichen werden. Insgesamt traten also geringere Ertragsschwankungen bei einem geringern Ertragsniveau im Vergleich zum Mais auf. Die höhere Ertragsvariabilität beider Kulturarten auf dem kontinentalen Standort kann durch die höhere und länger andauernde Trockenheit begründet werden, da Wasser auf diesem Standort eindeutig der limitierende Faktor war.

Schlussfolgerungen

Die Simulation von Fruchtfolgen mit dem hier eingesetzten Modell ermöglicht eine Quantifizierung von potenziellen Erträgen und Effekten auf den Wasserhaushalt. In der Weiterentwicklung wird das Modell um die Parametrisierung zusätzlicher Biomassefruchtfolgen (Mais – GPS-Weizen – Weidelgras-Zwischenfrucht) ergänzt und Aussagen zu potenziellen Umwelteffekten der Biogasproduktion (Emission von NH₃, N₂O, N-Auswaschung) gestatten.

Literatur

- HERRMANN, A., KORNER, A. und TAUBE, F. (2005): A reliable, low-input prognosis tool for forage maize production. *Agricultural and Forest Meteorology* 130, 95-111.
- KAGE, H., ALT, C. & STÜTZEL, H. (2001a): Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) under unstressed conditions II. Comparison of light use efficiency and photosynthesis-respiration based model modules. *Scientia Horticulturae* 87, 171-190.
- KAGE, H., ALT, C. & STÜTZEL, H. (2001b): Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) under unstressed conditions. I. Photosynthetic parameters of cauliflower leaves and their implications for calculations of dry matter production. *Scientia Horticulturae* 87, 155-170.
- KORNER, A. und TORSSELL, B.W.R. (1983): Estimation of parameters in a yield prediction model for temporary grassland using regional experimental data. *Swedish Journal of Agricultural Research* 13, 137-144.

Untersuchungen zur Optimierung der energetischen Nutzung von verschiedenen feucht konservierten Pflanzenarten durch Maischen und anschließende mechanische Entwässerung

T. Fricke, K. Bedenk, J. Reulein, R. Stülpnagel und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

Einleitung und Problemstellung

Vor dem Hintergrund eines weltweit wachsenden Energieverbrauchs, der Abnahme endlicher Ressourcen und des fortschreitenden Klimawandels ist die Notwendigkeit einer Energiewende hin zu regenerativen Energien unumstritten. Damit einhergehend müssen Energiesysteme aber auch effizienter gestaltet werden. Auf der Basis verbesserter Einspeisevergütungen für regenerativen Strom hat in den letzten Jahren in der Landwirtschaft die Erzeugung und Verstromung von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland deutlich zugenommen (EDER et al., 2006). Hinsichtlich der Energieeffizienz besteht bei der Vergärung von Ganzpflanzen in herkömmlichen Biogasanlagen jedoch noch erheblicher Optimierungsbedarf. Mit dem Verfahren „Energetische Nutzung von feucht konservierten Pflanzenarten durch Trennung in einen festen Brennstoff und in ein flüssiges Biogassubstrat durch mechanische Entwässerung mittels Schneckenpresse“ wurde am Institut für Nutzpflanzenkunde an der Universität Kassel-Witzenhausen eine Methode entwickelt, die eine möglichst effiziente Nutzung der in der Pflanze gespeicherten Energie zum Ziel hat (SCHEFFER, 2005; WACHENDORF et al., 2007). Gegenstand dieses Beitrags ist die Untersuchung einer Systemoptimierung des Verfahrens. Dabei wurde untersucht, wie sich ein Anmaischen der Silage vor der mechanischen Entwässerung auf die Stoffflüsse auswirkt. Zielsetzung dabei war, durch das Anmaischen möglichst hohe Anteile mineralischer Stoffe in den Presssaft zu überführen. Dadurch würde der Mineralstoffgehalt im Presskuchen abgesenkt werden, so dass bei dessen thermischer Verwertung ein optimierter Brennstoff entstehen würde.

Material und Methoden

Für die Maischversuche wurde ein Versuchsmaischgerät entwickelt. Als Probematerial diente Mais- (Sortenmischung) und Grassilage (1. Schnitt, Hauptbestandbildner Weidelgras und Knautgras) von einem landwirtschaftlichen Milchviehbetrieb aus dem Werra-Meißner-Kreis, Nordhessen.

Die feucht konservierte Biomasse (Silage) wurde unter verschiedenen Temperaturniveaus von 5 °C bis 100 °C mit Wasser im Verhältnis 1:4 angemischt und anschließend in einer Schneckenpresse mechanisch entwässert. Als Referenzgröße wurde die Silage ohne vorheriges Anmaischen direkt zur mechanischen Entwässerung gegeben.

Neben den TS-Gehalten wurden im Ausgangsmaterial, im daraus hervorgegangenen Presskuchen und im Presssaft der XA-, N-, P- und K-Gehalt bestimmt. Auf der Basis des TS-Gehaltes wurden die jeweiligen Anteile an Presskuchen und Presssaft in Bezug auf das Ausgangsmaterial rechnerisch ermittelt. Auf der Grundlage der ermittelten Anteile und der

analysierten Parameter konnten die Massenflüsse der verschiedenen Stofffraktionen (TM, oTM, XA, N, P, K) in den Presssaft errechnet werden.

Ergebnisse und Diskussion

Unterschiedliche Maischtemperaturen hatten verschiedene Auswirkungen auf die TS-Gehalte im Presskuchen nach der mechanischen Entwässerung. Bei der Maissilage führte das Maischen bei 60 °C bis 100 °C zu einer deutlichen Reduktion des TS-Gehaltes im Presskuchen gegenüber dem Presskuchen aus ungemischter Silage. Während bei einer Maischung mit 5 °C der TS-Gehalt auf nahezu 50 % im Presskuchen ansteigt, reduziert sich der TS-Gehalt bei einer Maischung mit 100 °C auf unter 20 %. Bei der Maischung im hohen Temperaturbereich wird Maisstärke verkleistert und verflüssigt, was vermutlich zu einem höheren Anteil der TM im Presssaft führt. Dadurch steigt der Energiebedarf für die Trocknung des Presskuchens aus gemaischtem Material, um einen lagerfähigen Brennstoff zu erhalten. Eine Maischung bei solch hohen Temperaturen erscheint daher nicht sinnvoll. Bei der Grassilage hingegen wurde der TS-Gehalt im Presskuchen durch das Maischen mit zunehmender Maischtemperatur nur wenig beeinflusst.

Die Brennstoffqualität des Presskuchens beider Ausgangsmaterialien konnte durch das der mechanischen Entwässerung vorangestellte Maischen aufgewertet werden. Die Gehalte korrosionsfördernder und emissionsrelevanter Mineralstoffe (P, K), der Stickstoffgehalt und der Aschegehalt wurden dabei reduziert. Der Einfluss der Maischtemperatur zeigte hinsichtlich dieser Parameter bei beiden Ausgangsmaterialien unterschiedliche Wirkung.

Bei der Maissilage konnten die niedrigsten N- (0,78% der TM), P- (0,06% der TM), K- (0,3% der TM) und XA-Gehalte (2,1% der TM) im Presskuchen durch das Maischen bei 5 °C und bei 60 °C erzielt werden. Durch das Maischen bei 5 °C konnte verglichen mit dem Gehalt der genannten Stoffgruppen im Presskuchen aus der ungemischten Variante die deutlichste Reduktion der Gehalte im Presskuchen erzielt werden.

Beim Ausgangsmaterial Grassilage konnte der N-, P-, K- und XA-Gehalt gegenüber dem Gehalt des Presskuchens aus der ungemischten Variante durch das Maischen bei 60 °C im Presskuchen deutlich verringert werden. Die Steigerung der Maischtemperatur von 60 °C auf 100 °C begünstigte teilweise eine weitere, verhaltene Reduktion der Gehalte im Presskuchen. Die niedrigsten Gehalte im Presskuchen wurden für XA mit 6,2% der TM mit dem Maischen bei 60 °C, für N mit 1,33% der TM mit dem Maischen bei 80 °C und für P mit 0,07% der TM sowie für K mit 0,2% der TM mit dem Maischen bei 100 °C erzielt.

Besonders der K- und der P-Gehalt konnte im Presskuchen beider Ausgangsmaterialien in Folge des Maischens in den meisten Fällen auf einen Gehalt reduziert werden, der mit dem von Holzbrennstoffen vergleichbar ist.

Abb. 1 zeigt den Einfluss des Maischens auf den K-Gehalt im Presskuchen beim Ausgangsmaterial Grassilage. Beim Maischen mit 60 °C wurde der K-Gehalt im Presskuchen gegenüber dem Ausgangsmaterial um 88% reduziert. Das Kalium geht überproportional in den Presssaft über.

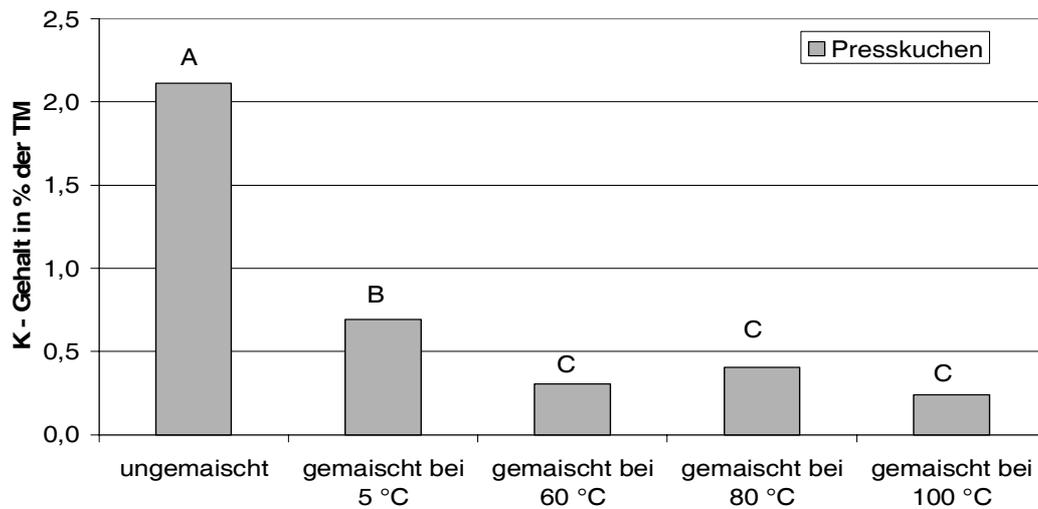


Abb. 1: K-Gehalt im Presskuchen des Ausgangsmaterials Grassilage in Abhängigkeit der Vorbehandlung, dem Anmischen des Ausgangsmaterials [Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Presskuchen werden durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet ($p < 0.05$).]

Durch das Maischen und die Erhöhung der Maischtemperatur stieg der Massenfluss von oTM, N, P, K und XA in den Presssaft bei beiden Ausgangsmaterialien. Damit würde ein größerer Anteil an vergärbare Substanz des Ausgangsmaterials in den Presssaft überführt werden, der zu Biogas vergoren wird (REULEIN et al., 2006). Die dabei in den Presssaft überführten Nährstoffe würden nach der Vergärung als Dünger wieder auf die Felder ausgebracht werden. In Abb. 2 ist dies beispielhaft für den Massenfluss von Stickstoff bei der Abpressung von Grassilage dargestellt. Durch die Maischung ist ein signifikanter Anstieg des Massenflusses von Stickstoff in den Presssaft festzustellen.

Schlussfolgerungen

Durch zusätzliches Maischen von Silage vor der mechanischen Entwässerung zur Aufbereitung von Biomasse zu Brennstoff und Biogas können Mineralstoffe, die bei der Verbrennung negative Auswirkungen haben, überproportional in den Presssaft überführt werden. Die Qualität des Brennstoffs steigt somit an. Welche Maischvariante bei welchem Ausgangsmaterial am besten geeignet ist und wie das Maischen bei unterschiedlichen Temperaturen hinsichtlich einer Gesamtenergiebilanz einzuordnen ist, ist Gegenstand zukünftiger Forschungsarbeiten.

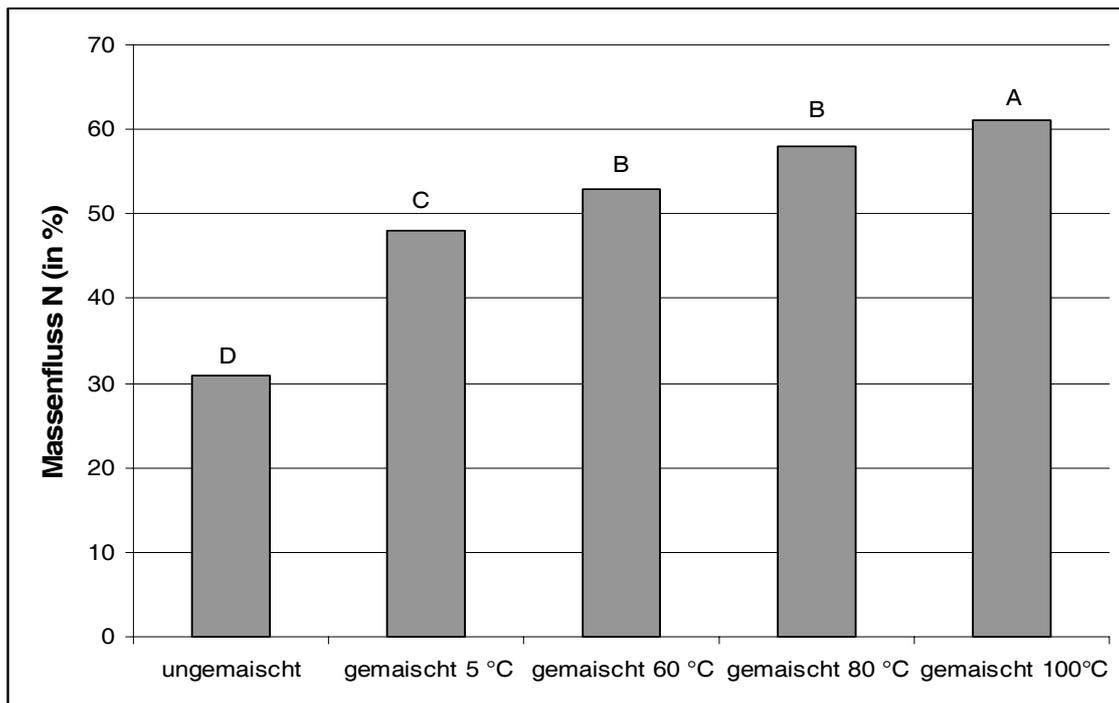


Abb. 2: Massenfluss von N bei der Entwässerung von Grassilage in den Presssaft in Abhängigkeit der Vorbehandlung, dem Maischen des Ausgangsmaterials [Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet ($p < 0.05$).]

Literatur

EDER B., SCHULZ, H., KRIEG, A. (2006): Biogas Praxis. Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg.

REULEIN, J., M. WACHENDORF, SCHEFFER, K. (2006): Aufbereitung von Nachwachsenden Rohstoffen zur energetischen Nutzung mittels mechanischer Entwässerung. Tagungsband der 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Rostock.

SCHEFFER, K. (2005): Optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Beitrag zum Internetportal „Vom Landwirt zum Energiewirt“; <http://www.energiwirt.fechnermedia.de/downloads/Pflanzenbau2.pdf>; (Stand: August 2006)

WACHENDORF M., FRICKE T., GRAB R., STÜLPNAGEL R. (2007): Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band).

Charakterisierung der Mineralstoff- und Organik-Flüsse bei der mechanischen Abpressung extensiver Grünlandaufwüchse

T. Fricke¹, W. Beyrich¹, M. Emanuel¹, R. Neff², J. Reulein¹, R. Stülpnagel¹ und M. Wachendorf¹

¹Fachgebiet Grünlandwissenschaften und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

²Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Landwirtschaftszentrum Eichhof, Bad Hersfeld

Einleitung und Problemstellung

Die weltweit steigende Energienachfrage, die Abnahme fossiler Energien und nicht zuletzt der Klimawandel erfordern die Umstellung auf die Nutzung von regenerativen Energien. Dabei nimmt die energetische Nutzung von landwirtschaftlicher Biomasse, speziell die Vergärung in der Biogasanlage, einen immer größer werdenden Stellenwert ein.

Seit einigen Jahren vollzieht sich in Deutschland ein grundlegender Wandel im Bereich der Rinderhaltung und damit der Grünlandwirtschaft. Das standortbedingt ertragsschwache extensive Grünland verfällt mit sinkenden Milchkuhzahlen zunehmend der Brache und es bedarf neuer Nutzungskonzepte, um es ökologisch und ökonomisch sinnvoll zu erhalten.

Mit dem Ziel, den derzeitigen Nettoenergiegewinn bei herkömmlichen Biogasverfahren zu optimieren, wurde an der Universität Kassel von SCHEFFER und STÜLPNAGEL (1993) ein neues Verfahren entwickelt: Durch eine mechanische Entwässerung von feucht konservierter Biomasse wird das Ausgangsmaterial in einen rohfaserreichen und zugleich mineralstoffarmen Brennstoff konvertiert. Der gleichzeitig anfallende Presssaft kann als leicht fermentierbares Biogassubstrat verwendet werden und die energetische Ausbeute weiter steigern (SCHEFFER 2005). Der Grundgedanke dieser Arbeit war, mithilfe der mechanischen Entwässerung und einer vorgelagerten Aufbereitung auch Silagen aus extensiven Grünlandaufwüchsen bioenergetisch nutzbar zu machen. In Versuchen mit verschiedenen Arten extensiver Grassilage aus dem Hochschwarzwald und der Rhön wurde untersucht, ob über eine Vorbehandlung der Silagen durch Maischen mit Flüssigkeit bei verschiedenen Temperaturen und Maischdauern das Verfahren der mechanischen Entwässerung noch weiter optimiert werden kann.

Material und Methoden

Als Ausgangsmaterial für die Versuche wurden Silagen von einer extensiven Fläche im Hochschwarzwald und von einer Fläche aus der Rhön verwendet.

Die auf 850 - 860mNN gelegene Fläche im Hochschwarzwald wies Bestände vom Vegetationstypus Magerrasen, Kleinseggen-Ried und gewässerbegleitende Hochstaudenflur auf. Die Fläche wird im Rahmen eines Pflegekonzeptes einmal jährlich gemäht. Im Jahr 2006 fanden die Mahd und die Silierung der Proben am 31.08.06 statt. Die Mahd einer Goldhaferwiese aus der Rhön fand am 19.07.2006 statt. Ebenso wurden auch hier die Proben zum Mahdzeitpunkt siliert.

Für die Versuche wurde ein spezielles Maischgerät entwickelt, in dem die Silage bei verschiedenen Temperaturen und Maischdauern angemischt (Mischung definierter Anteile von Wasser und Silage) wurde. Anschließend erfolgte eine mechanische Entwässerung mittels einer Schneckenpresse (REULEIN, 2007).

Es wurden drei verschiedene Maischvarianten geprüft, bei denen die Silage jeweils im Verhältnis 1 : 4 (Ausgangsmaterial : Wasser) mit Leitungswasser angemischt wurde: 1. Maischung über ca. 1 min mit 5 °C kaltem Wasser, 2. 15 min bei 60 °C und 3. 15 min bei 80 °C.

Sowohl vom Ausgangsmaterial als auch vom Presskuchen wurde der Trockenmasse (TS)-, Rohasche (XA)-, Stickstoff (N)-, Phosphor (P)- und Kalium (K)-Gehalt analysiert. Aus der Differenz konnte der Gehalt im Presskuchen bestimmt werden. Mithilfe der TS- und Rohwasser (XW)-Gehalte in allen drei Fraktionen konnten die entstehenden Mengen an Presskuchen und Presssaft errechnet werden. Daraus ergibt sich der Massenfluss (der prozentuale Anteil des Gehalts im Ausgangsmaterial, der sich in der Fraktion Presssaft oder Presskuchen wieder findet) für die Parameter Trockenmasse (TM) sowie organische Trockenmasse (oTM) sowie von N, P und K ermittelt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die unterschiedlich temperierten Konditionierungen der Silagen zeigten einen deutlichen Einfluss auf den Anteil Kalium, Phosphor, Stickstoff und organischer Trockenmasse, der im Presssaft wiedergefunden wurde (Abb. 1). So konnte bei allen untersuchten Inhaltsstoffen durch ein 15minütiges Maischen bei erhöhter Temperatur ein gesteigerter Massenfluss in den Presssaft gegenüber einer kalten Maischung erzielt werden. Durch ein Maischen bei 60 °C erfolgte ein Massenfluss des Kaliums von 84 %, des Phosphors von 72 %, des Stickstoffs von 38 % und der oTM von 30 % in den Presssaft. Nur beim Stickstoff konnte eine Erhöhung der Maischtemperatur auf 80 °C eine weitere (jedoch geringe) Steigerung des Massenflusses erreichen.

Je größer der Massenfluss von N, P, K in den Presssaft, umso größer ist der Anteil an essentiellen Pflanzennährstoffen, der mit der Ausbringung der ausgegorenen Biogasgülle wieder zurück auf die landwirtschaftliche Fläche gelangt.

Die organische Trockenmasse ist in der Biogasanlage die Basis für die Gas- und damit auch die Wärmeproduktion. Mit einem gesteigerten Massenfluss der oTM in den Presssaft steht ein höherer Anteil in der Biogasanlage für die Vergärung zur Verfügung. Ob damit auch höhere Gaserträge bei der Fermentation erzielt werden können, müssen eine Bestimmung der Zusammensetzung der oTM und eine Gaspotentialanalyse zeigen.

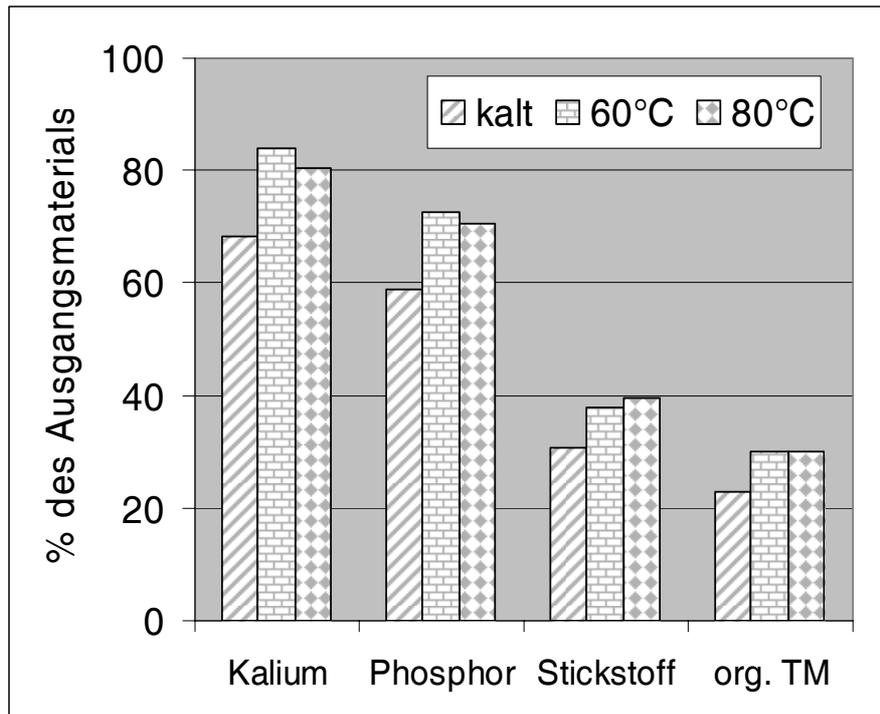


Abb. 1: Mittelwerte der Massenflüsse von N, P, K und oTM in den Presssaft nach unterschiedlichen Konditionierungen.

Die Abb. 2 stellt dem Ausgangsmaterial die unterschiedlich konditionierten Presskuchen hinsichtlich der Inhaltsstoffe N, P, K gegenüber. Dabei zeigt sich, dass durch die kurze kalte Maischung eine Reduzierung dieser Parameter im Presskuchen erfolgte, die durch eine 15-minütige Maischung bei 60 °C noch weiter verstärkt werden konnte. Eine Erhöhung der Maischtemperatur auf 80 °C konnte nur beim Stickstoff eine weitere Reduzierung des Gehaltes im Presskuchen erzielen.

Die Reduzierung des Stickstoffgehaltes auf durchschnittlich 1,21 % der TM beinhaltet eine Aufwertung der Brennstoffqualität des Presskuchens, da der Stickstoff bei der Verbrennung zur umwelt- und klimaschädlichen NO_x-Bildung führt.

Auch die Reduzierung des Phosphor- und Kaliumgehaltes auf im Mittel 0,07 % bzw. 0,23 % der TM führt zu einer Steigerung der Brennstoffqualität. Höhere Phosphor- und Kaliumgehalte hätten negative Auswirkungen auf die Verbrennungsführung und das Ascheerweichungsverhalten bzw. wirken korrosiv. Bei beiden Mineralstoffen konnte damit durch ein Maischen bei 60 °C die Brennstoffqualität von Holz erreicht werden.

Schlussfolgerungen

Insgesamt zeigen die Versuchsergebnisse, dass das Maischen vor der mechanischen Entwässerung einen deutlich positiven Einfluss auf die Massenflüsse und die Brennstoffqualität des Presskuchens hat.

Weitere Untersuchungen (z.B. zum Gärverhalten des Presssaftes) werden zeigen, inwieweit Grassilagen von extensiven Grünlandflächen über dieses Verfahrenskonzept bioenergetisch nutzbar gemacht werden können.

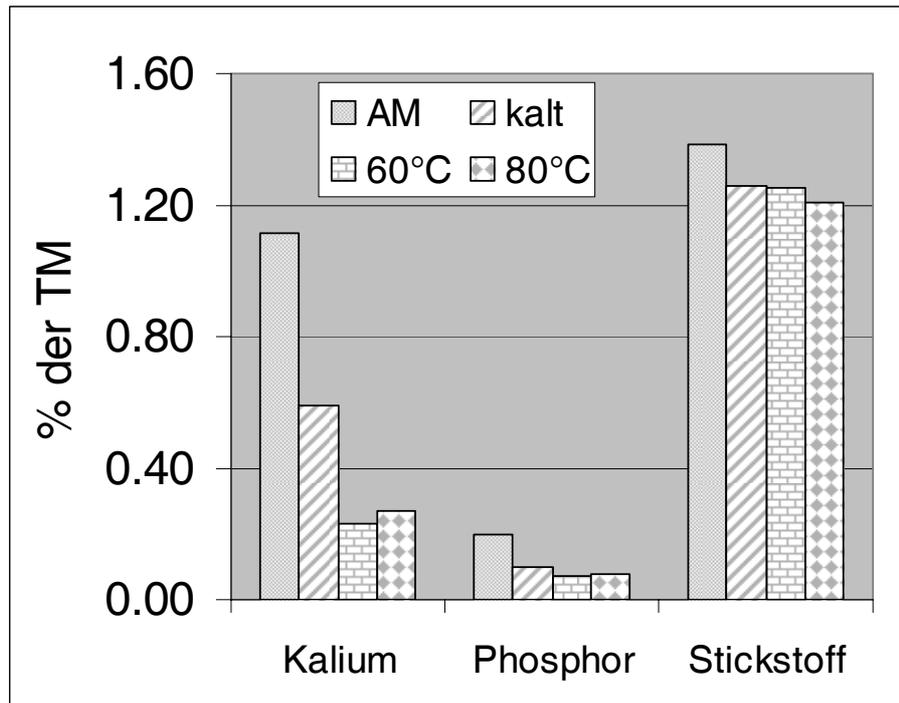


Abb. 2: Mittelwerte der N-, P- und K-Gehalte im Ausgangsmaterial (AM) sowie in unterschiedlich konditionierten Presskuchen.

Über dieses Verfahren würden neue Flächen für die energetische Nutzung mit gleichzeitiger ökologischer Bewirtschaftung zur Verfügung stehen, ohne eine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion darzustellen. Gleichzeitig könnte das extensive Grünland als Habitat für gefährdete Tier- und Pflanzenarten im Rahmen einer naturschutzfachlichen Bewirtschaftung sowie als Kulturgut auch nachfolgenden Generationen erhalten bleiben.

Literatur

SCHEFFER, K. (2005): Optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Beitrag zum Internetportal: vom Landwirt zum Energiewirt. <http://www.energiwirt.fechnermedia.de> (Stand 8.04.2007).

SCHEFFER, K. und STÜLPNAGEL, R. (1993): Wege und Chancen der Bereitstellung des CO₂-neutralen Energieträgers Biomasse – Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49.

Methanbildungspotenzial und Gärdynamik von Presssäften mechanisch entwässerter Silagen

L. Bühle¹, R. Stülpnagel¹, K. Scheffer¹, W. Zerr² und M. Wachendorf¹

¹Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

²Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, Landwirtschaftszentrum Eichhof, Bad Hersfeld

Einleitung und Problemstellung

Hintergrund dieses Beitrages ist ein Konzept zur energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Biomassen, das mit der Trennung feucht konservierter Ganzpflanzen in einen trockenen Brennstoff und einen vergärbaren Presssaft eine optimierte Energieausbeute zum Ziel hat. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der anaeroben Vergärung des Presssaftes. Das hierbei produzierte Biogas stellt mit der Wärmeproduktion aus seiner Verbrennung die Grundlage für die Trocknung des abgetrennten Presskuchens dar, der dadurch als transportabler Brennstoff genutzt werden kann (REULEIN et al., 2007; WACHENDORF et al., 2007). Im vorliegenden Beitrag werden Methanertragspotenziale und Abbaudynamik verschiedener Presssäfte in Batchversuchen sowie das Gärverhalten im kontinuierlichen Fermenterbetrieb (Rührkessel- und Festbettreaktor) bei variierenden Raumbelastungen und Verweilzeiten untersucht.

Material und Methoden

Tab. 1 gibt eine Übersicht über die Ausgangsmaterialien (Silagen) der Biogasertragsermittlung, aus denen mittels mechanischer Entwässerung die Presssäfte gewonnen wurden. Es handelte sich um Presssäfte aus Mais-Silagen unterschiedlicher Erntetermine sowie verschiedener anderer Energiepflanzen-Silagen.

Tab. 1: Silagen für die Bereitstellung der Presssäfte der Biogasertragsermittlung

Energiepflanze	TS-Gehalt der Silage [%]
Mais I (Erntetermin EC 85)	41,8
Mais II (Erntetermin EC 83)	26,6
Mais III (Erntetermin EC 82)	25,0
Mais IV (Erntetermin EC 80)	19,9
Mais-Sonnenblume	13,9
Weidelgras	20,7
Wintererbsen	13,4

Als Substrat der kontinuierlich betriebenen Versuche zur Gärdynamik wurde ein Presssaft aus Maissilage mit geringen Anteilen an Sonnenblumensilage verwendet. Die Entwässerungen der Silagen erfolgten mittels Schneckenpresse (Typ A_V) der Firma anhydro (Kassel). Die Biogasertragsermittlung wurde gemäß einem Verfahren durchgeführt, das vom Landesbetrieb Hessisches Landeslabor am Standort Eichhof in Bad Hersfeld (Zerr, 2006) entwickelt wurde. Die Vergärung fand in gasdichten 20-l-Polyethylenbehältern (Fa. Speidel) statt. Der Reaktorinhalt wurde durch Rührer durchmischt, die sich während des Gärversuchs

im Zeitschaltbetrieb alle 2 Stunden für 15 Minuten drehen. Das Gas wurde in Gas auffangbeutel (Fa. Tesseraux) aus Aluminium geleitet. Die Versuche wurden im mesophilen Temperaturbereich durchgeführt. Zur Beheizung der Fermenter standen die Versuchsbehälter in einem temperierten Wasserbecken. Für die kontinuierlichen Gärversuche wurden die Versuchsreaktoren mit einem Zulauf versehen, der tägliche Eluatentnahmen und Presssaftzugaben ermöglichte. Bei den Versuchen im Festbettreaktor wurden als Strukturmaterial Fließmatten in den Fermenter eingebaut. Als Impfs substrat diente Biogasgülle aus einer Großanlage. Es wurden ca. 1,5 bis 2 kg Presssaft zu ca. 15 kg Gülle gegeben. Zur Ermittlung der Gasmengen aus dem Impfs substrat wurde ein Behälter ohne weitere Probenzugabe untersucht. Zum Anfahren der kontinuierlich betriebenen Reaktoren wurde als Impfs substrat ebenfalls Fermentergülle aus der Großbiogasanlage verwendet. Alle Gärversuche wurden in Doppelbestimmung durchgeführt. Die Gasmengen wurden täglich gemessen und auf Normbedingungen umgerechnet. Die zur Bestimmung aller relevanten Parameter angewendeten Methoden und Geräte sind in Tab. 2 aufgeführt.

Tab. 2: Parameter, Methoden, Geräte und Berechnungsformeln der Untersuchungen zum Methanbildungspotenzial und der Gärdynamik

Parameter	Methode/Gerät
Trockensubstanz	VDLUFA 3.1 (105°C)
Rohasche	VDLUFA 8.1 (550°C)
Organische Säuren und Alkohole	Gaschromatograph Fa. Varian, Typ 3400
Gasmenge	Trommelzähler Fa. Ritter, Typ 1/6
Methangehalt	IR-Spektrometer Fa. GS Messtechnik, Typ GS IRM 100
Berechnete Untersuchungsparameter	Berechnung
Methanausbeute (A_{CH_4})	$A_{CH_4} = \frac{V_{CH_4}}{org. Subst. zugef.} \left[\frac{l_N}{kg (oTS + FOS)} \right]$
Abbaugrad (η_{Gas})	$\eta_{Gas} = \frac{m_{CH_4} + m_{CO_2}}{m_{Subst.} \cdot (oTS + FOS) \cdot 0,93} \cdot 100 \quad [\%]$

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 gibt einen Überblick über die kumulierten Methanausbeuten über 13 Versuchstage, bezogen auf die Masse an organischer Trockensubstanz und flüchtigen Bestandteilen (oTS+FOS). Bei der Betrachtung der Mais-Presssäfte ist festzustellen, dass die höchsten Methanausbeuten bei früher Ernte der Maispflanzen erzielt werden können. Die Methanausbeuten schwanken insgesamt in einem Bereich zwischen 390 und 506 l_N CH₄/kg (oTS+FOS), hohe Ausbeuten gehen mit hohen Abbaugraden einher (Tab. 3). Die Abbaugrade liegen zwischen 90 und 99%. Als Gründe für hohe Abbaubarkeit sind geringe Verholzungsgrade der Maispflanzen und geringe TS-Gehalte in der Silage anzuführen. Die Presssäfte aus Mais-Sonnenblume-, Weidelgras- und Wintererbsen-Presssaft erzielten Methanausbeuten zwischen 440 und 490 l_N CH₄/kg (oTS+FOS) und ebenfalls sehr hohe Abbaugrade. Die Methangehalte im Biogas liegen zwischen 58 und 69%. Aus den Gärverläufen in Abb.1 geht weiter hervor, dass der anaerobe Abbau bis zum 4. Tag der Vergärung im Mittel zu 90% abgeschlossen ist.

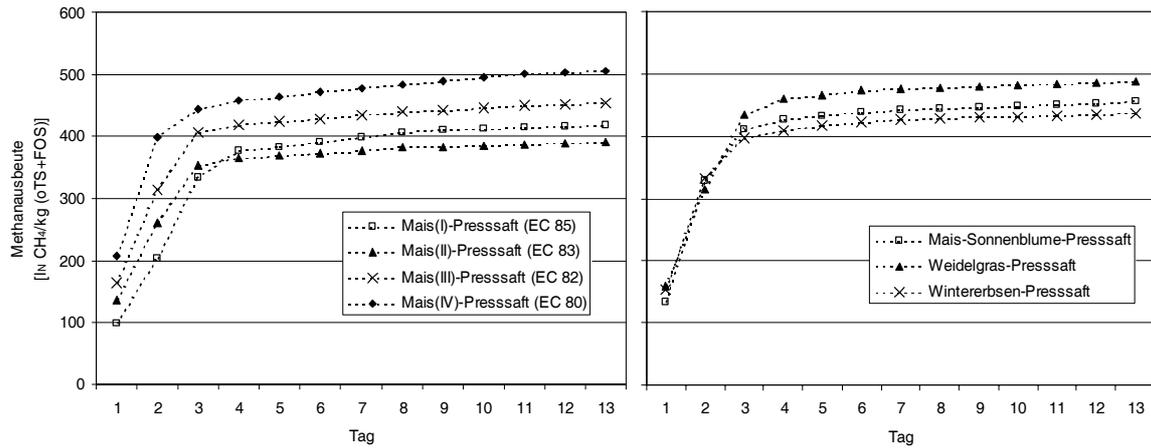


Abb. 1: Kumulierte Methanausbeuten pro kg (oTS+FOS) verschiedener Presssäfte

Aus den Gärverläufen der kontinuierlichen Versuche (Abb. 2) wird deutlich, dass im Rührkesselreaktor eine stabile Vergärung bei Raumbelastungen von mehr als 2 g oTS/(l*d) nur bei Verweilzeiten von mehr als 25 Tagen realisiert werden können. Wird die Vergärung dagegen unter Anwesenheit eines Festbetts durchgeführt, ist eine stabile Vergärung auch bei Verweilzeiten von 8 Tagen möglich.

Tab. 3: Methanausbeuten, -gehalte und Abbaugrade verschiedener Presssäfte

	Methanausbeute [ln CH ₄ /kg (oTS+FOS)]	Methangehalt [Vol.-%]	Abbaugrad [%]
Mais(I)-Presssaft (EC 85)	419	61	90
Mais(II)-Presss. (EC 83)	390	58	91
Mais(III)-Presss. (EC 82)	453	60	99
Mais(IV)-Presss. (EC 80)	506	62	n.b.
Mais-Sonnenblume-Presss.	460	69	81
Weidelgras-Presssaft	489	63	99
Wintererbsen-Presssaft	437	64	88

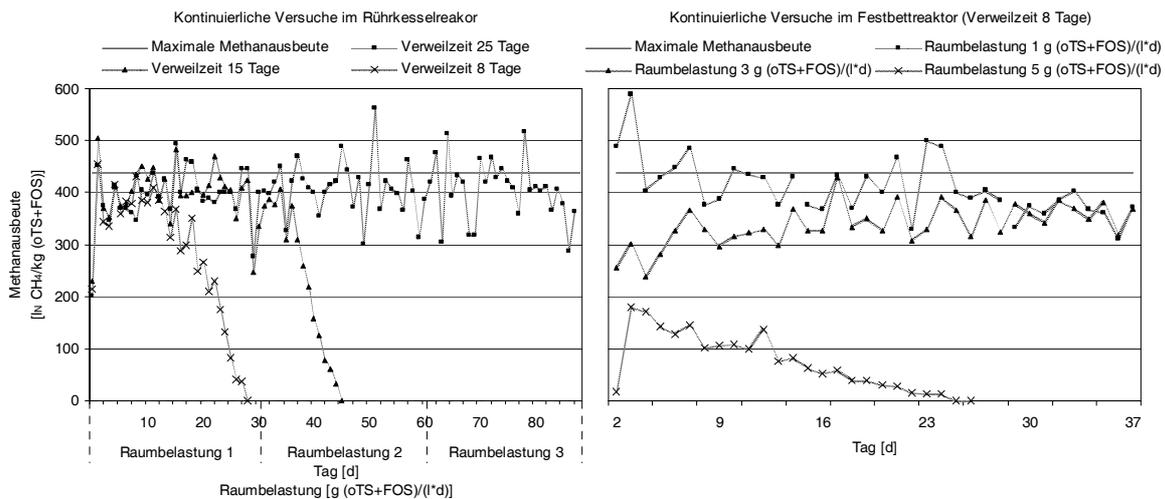


Abb. 2: Gärdynamik bei der kontinuierlichen Presssaftvergärung bei variierenden Raumbelastungen und Verweilzeiten im Rührkessel- und Festbettreaktor

Schlussfolgerungen

Presssäfte aus mechanisch entwässerten Silagen erzielen bei der anaeroben Fermentation durch die gute Abbaubarkeit hohe Methanausbeuten. Besonders hohe Effizienzen sind bei Presssäften aus physiologisch jungen Pflanzen gegeben, was eine Kombination dieses Nutzungsverfahrens mit dem Bereitstellungskonzept der Zweikulturnutzung (SCHEFFER und STÜLPNAGEL, 1993) nahe legt, da hier die Pflanzen durch kurze Anbaudauern früher geerntet werden. Der sehr schnelle Abbau der Presssäfte erfordert eine Fermentertechnologie, die eine Vergärung mit kurzen Verweilzeiten und hohen Raumbelastungen möglich macht. Dazu gilt es, geeignete Festbettmaterialien zu identifizieren (GÜNTHER et al., 2007).

Literaturverzeichnis

- GÜNTHER, D., BÜHLE, L., REULEIN, J., ZERR W., WACHENDORF M. (2007): Eignung verschiedener Materialien als Festbett bei der anaeroben Fermentation von Presssaft aus mechanisch entwässerten Ganzpflanzensilagen. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band).
- REULEIN J., SCHEFFER K., STÜLPNAGEL R., BÜHLE L., ZERR W. and WACHENDORF M. (2007): Efficient utilization of biomass through mechanical dehydration of silages. *Proceedings of the 15th European Biomass Conference, Berlin, Germany* (in press).
- SCHEFFER, K., STÜLPNAGEL, R. (1993): Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO₂-neutralen Energieträgers Biomasse – Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. *Der Tropenlandwirt*, Beiheft Nr. 49.
- WACHENDORF M., FRICKE T., GRAß R., STÜLPNAGEL R. (2007): Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band).
- ZERR, W. (2006) Versuchsanlage zur energetischen Beurteilung von Substraten und Kofermentaten für Biogasanlagen. *Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie* 18 (4), 219-227.

Eignung verschiedener Materialien als Festbett bei der anaeroben Fermentation von Presssaft aus mechanisch entwässerten Ganzpflanzensilagen

D. Günther¹, L. Bühle¹, J. Reulein¹, W. Zerr² und M. Wachendorf¹

¹ Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

² Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, Standort Bad Hersfeld

Einleitung und Problemstellung

Hintergrund dieses Beitrages ist ein System zur energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Biomassen, das mit der Trennung feucht konservierter Ganzpflanzen in einen trockenen Brennstoff und einen vergärbaren Presssaft eine optimierte Energieausbeute zum Ziel hat (SCHEFFER, 2005; WACHENDORF et al., 2007). Mit dem Presssaft steht ein sehr schnell abbaubares Substrat für die Biogasproduktion zur Verfügung. Werden Fermenter mit Verweilzeiten von weniger als 25 Tagen betrieben, ist eine Fixierung des aceto-/methanogenen Bakterienkomplexes für einen stabilen kontinuierlichen Betrieb nötig (BÜHLE, 2006). In dieser Untersuchung wurden 6 verschiedene Materialien hinsichtlich ihrer Eignung als Aufwuchssubstrat für Festbettfermenter bei der Vergärung von Presssaft aus Maissilage untersucht.

Material und Methoden

Die Gärversuche wurden mesophil in 30 Liter fassenden Spanndeckel-Fässern durchgeführt. Die Fermenter wurden im kontinuierlichen Durchflussverfahren betrieben. Um eine Perkolations des Substrates durch das Festbett zu erreichen, ist zur Umwälzung des Substrates ein Tauchrohr mit zwei horizontal drehenden Schaufelrädern eingebaut. Der Pumpvorgang fand 20-mal täglich jeweils für 1 Minute statt. Die Fässer wurden durch ein Wasserbad beheizt. Als aktives Impfsupstrat wurde ausgegorener Presssaft aus einem Versuchsreaktor mit Festbett verwendet, wodurch eine Verfälschung der aktiven Festbettoberfläche durch eventuell eingetragene Fasern vermieden wurde. Die Entnahme und Zugabe von Substrat erfolgte über einen Kugelhahn. Die Fütterung erfolgte 2-mal täglich im Abstand von 5 Stunden, die Entnahme fand einmal täglich vor der ersten Fütterung statt. Das produzierte Gas wurde in Aluminiumgasbags aufgefangen und täglich analysiert (Normvolumen Biogas, Anteil Methan). Weiterhin wurde in regelmäßigen Abständen pH-Wert und Gärsäurespektrum (Gaschromatographie, Methode LHL) ermittelt. Als Fermentat wurde Presssaft aus Mais-Silage vom Betrieb Eichhof verwendet. Der Presssaft wurde mit einer Schneckenpresse der Firma anhydro (Kassel) erzeugt. Der Gehalt an oTS+FOS (organische Trockensubstanz inkl. flüchtiger organischer Säuren) im Presssaft betrug 12,6%, die im Batchversuch ermittelte Methanausbeute 425 l_N CH₄/kg oTS+FOS. Neben einer Variante ohne Festbett kommen folgende Materialien zum Einsatz:

Tab. 1: Verwendete Materialien für den Bau der Aufwuchskörper

Material	Merkmal
PU-Schaumstoff	1 cm Schichtdicke
PU-Schaumstoff	4 cm Schichtdicke
Granulat aus Vermiculit	Korngröße 2-5mm
quarzitische Kies	Korngröße 2-5mm
Filtervlies	Kunststoffvlies fein
Schleifvlies	Kunststoffvlies grob

Die Festbetten nahmen im Fermenter einen Volumenanteil von 15 – 20% ein. Sie waren derart in die Fermenter eingebaut, dass eine Umströmung der vertikal angeordneten Schichten möglich wurde, d.h. die Strömungsgeschwindigkeit im Festbett selbst war als vernachlässigbar anzusehen. Der Versuch wurde als Doppelbestimmung durchgeführt. Die Fermenter wurden 100 Tage betrieben, nach einer Anfahrphase (32 Tage) wurde die Verweilzeit in Abhängigkeit der aktuellen Gärdynamik schrittweise auf 10 Tage gesenkt. Dabei betrug die Raumbelastung konstant $2 \text{ g oTS+FOS}/(l \cdot d)$. Dies wurde durch eine Verdünnung des Presssaftes mit Wasser erreicht. Die Verweilzeit von 10 Tagen blieb 30 Tage lang eingestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Versuch zur gärstabilisierenden Wirkung

Die deutlichste gärstabilisierende Wirkung zeigte in diesem Versuch das Kieselgurgranulat, mit wenig Abstand vom quarzitächen Kies. Die Nullvariante (ohne Festbett) übersäuerte am schnellsten. Die Schaumstoffmaterialien wiesen die schlechtesten Immobilisierungseigenschaften auf. Dass der Schaumstoff mit 4 cm Schichtdicke anfangs schneller versauerte als jener mit 1 cm kann verfahrenstechnisch begründet werden. Ebenfalls schlechte Immobilisierungseigenschaften haben die beiden Kunststoffvliesmaterialien gezeigt. Der Anstieg der Methanausbeute vom Schleifvlies ab Versuchstag 78 hängt mit einer Halbierung der Raumbelastung für diese Fermenter zusammen. Diese wurde eingeführt, nachdem der Absturz abzusehen war, und die Fermenter in einem weiteren Versuch gebraucht wurden.

Versuch zum Spurenelementemangel

In einem weiteren Versuch (Abb. 2) wurde überprüft, ob die Zugabe von Spurenelementen eine Verbesserung der biologischen Aktivität zur Folge hat. Dazu wurden die zwei Fermenter mit Schleifvliesfestbett aus dem ersten Versuch nach einer kurzen Erholungsphase bei niedriger Raumbelastung mit unverdünntem Presssaft betrieben. Die handelsüblichen Spurenelemente wurden demjenigen Reaktor zugegeben, welcher schlechter auf eine Erhöhung der Raumbelastung reagierte. Der andere Reaktor wurde ohne die Zugabe der Spurenelemente weiterbetrieben. Schwankende Methanausbeuten bis Tag 30 zeugen von den Versuchen die Raumbelastung anzuheben, wobei extreme Werte als Folge stark schwankender Substratzugabe rechnerisch entstanden. Schon wenige Tage nach dem Einsetzen der Mineralstoffzufütterung (ab Tag 36) zeigte der Reaktor mit Zugabe von Spurenelementen einen deutlich besseren Umsatz des Presssaftes. Die beiden Fermenter wurden bis zum Tag 53 identisch beschickt, die Raumbelastung wurde zwischen Tag 36 und 53 auf $2,7 \text{ g oTS+FOS}/(l \cdot d)$ verdoppelt. Danach wurde die Raumbelastung bei jenem ohne Mineralstoffzugabe reduziert, da er, im Gegensatz zu dem anderen, versauerte.

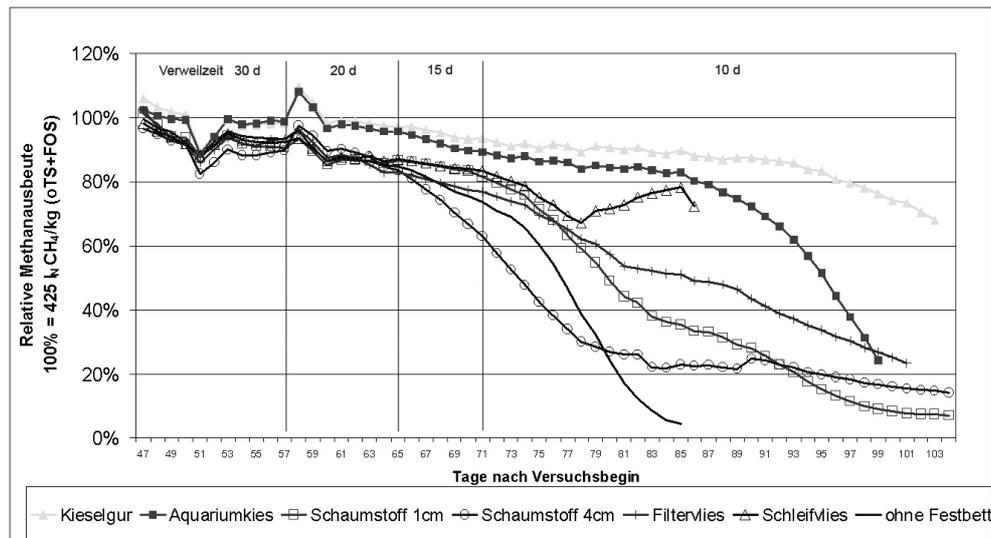


Abb. 1: Vergleich der relativen Methanausbeute (7-Tage-Mittel) in der Endphase des Versuchs, bezogen auf die im Batchversuch ermittelte Methanausbeute des Presssaftes

Diskussion

Die erreichten Verweilzeiten und Raumbelastungen lassen zwar eine Differenzierung der Festbettmaterialien zu, liegen aber nicht in den erwarteten Größenordnungen, die sich aus anderen Versuchen ergaben (BÜHLE, 2006). Möglicherweise hat die starke Verdünnung des Presssaftes mit Wasser, die zum Erreichen einer konstanten Raumbelastung nötig war, zu einem Mangel an Spurenelementen geführt. Der Mangel konnte aus Zeitgründen jedoch nur an den Fermentern mit Schleifvlies nachgewiesen werden. Somit kann nicht eindeutig belegt werden, dass die herausragenden Eigenschaften des Kieselgurs, oder die, im Vergleich zu anderen Versuchen (BÜHLE, 2006), schlechten Ergebnisse der Kunststoffvliese nur auf deren Oberflächenbeschaffenheit beruhen. Es liegt nahe zu vermuten, dass ein mineralisches Material auch gewisse Anteile an Spurenelementen beinhaltet. Als weiterer Grund für das insgesamt niedrige Niveau der Stabilität gegenüber kurzen Verweilzeiten könnte das verwendete Impfsubstrat gelten, welches schon mehrere Monate vor dem Beginn des Versuches aus einem mit Presssaft betriebenen Fermenter entnommen wurde. Diese These wird durch einen weiteren Tastversuch gestützt, bei dem als Impfsubstrat frische Fermentergülle (gesiebt mit 1 mm Lochgröße) zum Einsatz kam. Hier wurden über 27 Tage hinweg Raumbelastungen zwischen 5 und 7,5 g oTS+FOS/(l*d) erreicht (Verweilzeit 26 bis 16 Tage). Dabei blieb der pH-Wert stabil und die Konzentration der Gärsäuren unter 100 mg/l. Da jedoch aus Zeitgründen der Betrieb keine drei Verweilzeiten lang durchgeführt werden konnte, ist auch keine verlässliche Aussage zur Stabilität möglich. Angesichts der geringen Konzentration an Gärsäuren wird jedoch eine Tendenz sichtbar, die deutlich in Richtung der Spitzenwerte aus anderen Arbeiten geht.

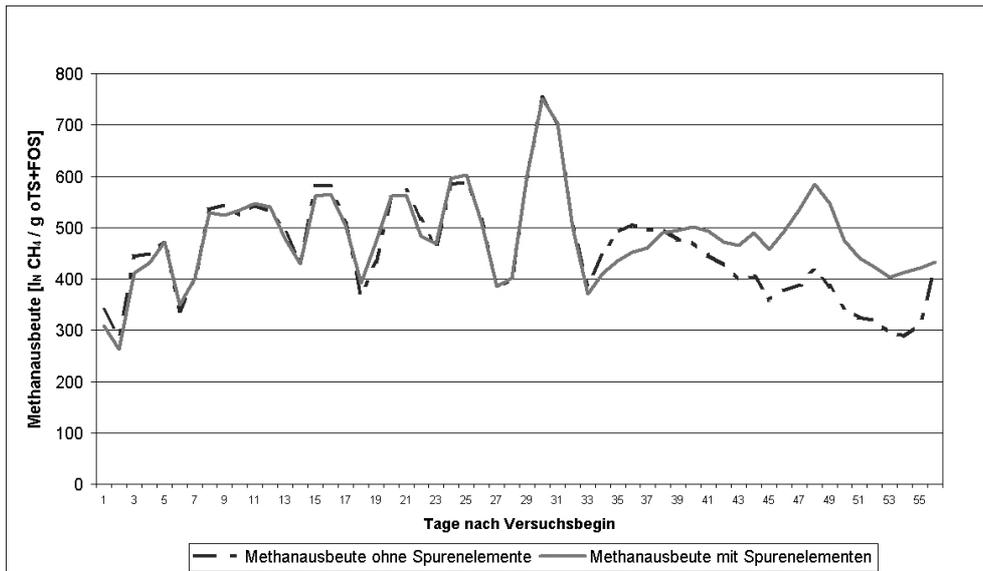


Abb. 2: Methanausbeuten von Schleifvliesfermentern mit und ohne Zugabe von Spurenelementen (3-Tage-Mittel), Zugabe erfolgte ab Tag 36

Schlussfolgerungen

Es konnte gezeigt werden, dass sich Materialien hinsichtlich der Konstruktion von Festbetten unterschiedlich eignen. Die geprüften Materialien zeigten deutliche Unterschiede in ihrer gärstabilisierenden Wirkung. Für mindestens 2 Materialien besteht aufgrund positiver Ergebnisse weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Anordnung und des anteiligen Volumens im Fermenter. Hohe Raumbelastungen wurden nur in einem Tastversuch erreicht. Der Verwendung von frischem, aktiven Impfsubstrat ist als Grundvoraussetzung für Gärversuche mit kontinuierlich betriebenen Fermentern eine besondere Beachtung zu schenken.

Literatur

BÜHLE, L. (2006): Untersuchungen zum Biogasertragspotenzial und der Gärdynamik von Presssäften aus mechanisch entwässerten Silagen. *Diplomarbeit*, Universität Kassel

SCHEFFER, K. (2005): Optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Beitrag zum Internetportal „Vom Landwirt zum Energiewirt“; <http://www.energiwirt.fechnermedia.de/downloads/Pflanzenbau2.pdf>; (Stand: August 2006)

WACHENDORF M., FRICKE T., GRAB R., STÜLPNAGEL R. (2007): Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. *Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen* (in diesem Band).

Massenflüsse in den Presssaft durch mechanische Entwässerung von Silagen

J. Reulein, R. Stülpnagel, K. Scheffer und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel

Hintergrund und Problemstellung

Die mechanische Entwässerung von Ganzpflanzensilagen ist ein System zur Aufbereitung von feucht konservierten Biomassen für die energetische Verwertung (SCHEFFER, 2006, STÜLPNAGEL, 1993). Hintergründe und Konzeption des Verfahrens sind bei WACHENDORF et al. (2007) und REULEIN et al. (2007) in diesem Band beschrieben.

Die als Massenfluss definierte Größe ist ein Wert, der rechnerisch ermittelt wird und angibt, welche Menge des betrachteten Stoffes durch die mechanische Entwässerung im jeweiligen Produkt (Presssaft bzw. Presskuchen) vorliegt. Diese Angaben können durch die Laborwerte der Presskomponenten nicht beschrieben werden. Sie sind aber nötig, um für eine Anlage den Biomassebedarf, die Größe und die Belastung der Vergärung und die Auslegung der Feststoffverarbeitung festzulegen. Der Massenfluss der anorganischen Pflanzenbestandteile in den Presssaft ist zudem eine Angabe, welche Nährstoffmengen im landwirtschaftlichen Kreislauf geführt werden können.

Material und Methoden

Die Berechnung der Massenflüsse basiert auf den analytisch ermittelten TS-Gehalten im Ausgangsmaterial, sowie im Presssaft und im Presskuchen und wurde von REULEIN (2002) beschrieben. Aus einem System von zwei Gleichungen mit zwei Unbekannten ergeben sich relative Anteilsfaktoren für die Presskomponenten zwischen 0 und 1. Dabei ist anzumerken, dass die Summe der beiden Faktoren immer „1“ ergeben muss, da Presssaft und Presskuchen zusammen das Ausgangsmaterial bilden.

$$TM_{AM} = x TM_{PK} + y TM_{PS}$$

$$XW_{AM} = x XW_{PK} + y XW_{PS}$$

Wobei:

<i>TM</i>	=	<i>Trockenmasse</i>
<i>XW</i>	=	<i>Rohwasser</i>
<i>AM</i>	=	<i>Ausgangsmaterial</i>
<i>PK</i>	=	<i>Presskuchen</i>
<i>PS</i>	=	<i>Presssaft</i>
<i>x</i>	=	<i>Anteilfaktor Presskuchen</i>
<i>y</i>	=	<i>Anteilfaktor Presssaft</i>

Mit diesen Gleichungen ist der Massenfluss der Gesamttrockenmasse beschrieben. Zur Ermittlung der Mengen der einzelnen Inhaltsstoffe werden Anteilsfaktor, TS-Gehalt des

Pressproduktes und der Gehalt des betrachteten Stoffes multipliziert. Analytisch ist der Massenfluss durch Wiegen der einzelnen Fraktionen ermittelbar.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Herstellung von Brennstoffen aus feuchtkonservierten Biomassen durch die mechanische Entwässerung liegt das vorwiegende Interesse zunächst am Massenfluss der organischen Trockenmasse (oTM). Diese ist der eigentliche Energieträger. Der Massenfluss der oTM beschreibt die Brennstoffmenge bzw. die Menge, welche für die Vergärung zur Verfügung steht. Nach der Weender Futtermittelanalyse lassen sich die Kohlenstoffverbindungen einer Pflanze in die Fraktionen Rohprotein (XP (=N*6,25)); Rohfett (XL); Rohfaser (XF) und in stickstofffreie Extraktstoffe (NfE) einteilen. In der Verbrennung ist davon lediglich das Rohprotein problematisch, weil der brennstoffbürtige Stickstoff bei den für Biomassen üblichen Brenntemperaturen von ca. 750 bis 1.100 °C zu etwa 50% zu NO_x reagiert. (WIEST, 2007)

Die Fraktion Rohfaser beinhaltet dagegen alle organischen Verbindungen, die in der Biogasanlage nicht oder nur sehr schwer abbaubar sind.

Die mechanische Entwässerung bewirkt unterschiedliche Massenflüsse der einzelnen Fraktionen. Im Mittel über alle bisher durchgeführten Untersuchungen mit Mais- und Weizensilagen konnten etwa 45% der Stickstoffverbindungen im Presssaft wiedergefunden werden. Der Anteil der in den Presssaft gelangten Rohfaser bei den selben Versuchen liegt dagegen nur bei ca. 7%. Das führt im Vergleich der Trockenmassezusammensetzung von Presskuchen und Presssaft mit dem Ausgangsmaterial dazu, dass die oTM des Presssaftes mit deutlich höheren Abbauraten in einer Biogasanlage zu Methan verarbeitet werden kann, während die Stickstoffgehalte des Brennstoffes deutlich unter den Werten der Silagen liegen.

Auch bei der anorganischen Trockenmasse (Rohasche; XA) sind diese Effekte zu beobachten. Zunächst ist festzustellen, dass der Massenfluss der Rohasche in den Presssaft in allen untersuchten Varianten über dem Wert des Anteils der oTM im Presssaft lag. Die Aschen wurden zusätzlich auf die Gehalte an Kalium und Phosphor untersucht. Auch hier zeigt sich, dass die mechanische Entwässerung zu unterschiedlichen Ergebnissen in den einzelnen Fraktionen führt. Während bei den betrachteten Versuchen der Massenfluss der gesamten Rohasche in den Presssaft bei ca. 40% lag, wurden vom Kalium und vom Phosphor im Durchschnitt ca. 56% bzw. 55% in der flüssigen Phase wiedergefunden. Das sind ebenfalls sehr positive Effekte, denn ein gesteigerter Kaliummassenfluss in den Presssaft bewirkt eine Senkung des Gehaltes des als brenntechnisch störend eingestuften Kaliums im Presskuchen. Außerdem sind Kalium und vor allem Phosphor wichtige Nährelemente in der Landwirtschaft, die in Höhe des Presssaftanteiles im landwirtschaftlichen Produktionskreislauf gehalten werden.

Ausblick

Derzeitige Untersuchungen an der Universität Kassel beschäftigen sich mit der Fragestellung, welche Methanausbeute durch den Austrag von organischer Trockenmasse in den Presssaft zu realisieren ist. Untersuchungen hierzu konzentrieren sich vor allem auf Biomassen von geringer Qualität.

Ferner zielt die Forschungsarbeit auf die Optimierung des Verfahrens hin, wobei die weitere Steigerung der Massenflüsse der anorganischen Trockenmasse sowie des Stickstoffes in den Presssaft ein wesentliches Ziel darstellt. Zusätzlich wird an der weiteren Reduzierung des Rohfasermassenflusses in den Presssaft gearbeitet, da dieser ein Maß für die

energetisch nicht verwertete oTM ist. Die Weiterentwicklung der Maischtechnik kann hinsichtlich dieser Ziele noch deutliche Verbesserungen bringen.

Literatur

REULEIN, J; SCHEFFER, K. (2002) Mechanische Entwässerung von Ganzpflanzensilagen unter Verwendung von verschiedenen Sieben und Drehzahlen. Masterarbeit Universität Kassel-Witzenhausen, Fachbereich 11, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau.

REULEIN, J; STÜLPNAGEL, R. SCHEFFER, K. WACHENDORF M, (2007) Verbesserung der Brennstoffeigenschaften der Trockenmasse durch mechanische Entwässerung von Silagen. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

STÜLPNAGEL, R. (1993) Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49, - Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO₂-neutralen Energieträgers Biomasse, Selbstverlag des Verbandes der Tropenlandwirte, Witzenhausen (1993).

SCHEFFER, K. (2006) Optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. <http://www.energiewart.fechnermedia.de/downloads/Pflanzenbau2.pdf> (2006).

WACHENDORF M, FRICKE T., GRAß, R., STÜLPNAGEL R. (2007) Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

WIEST, W. (2007) Schriftliche Mitteilung, Universität Kassel, Fachbereich 15, Institut für Thermische Energietechnik

Verbesserung der Brennstoffeigenschaften landwirtschaftlicher Biomasse durch eine mechanische Entwässerung von Silagen

J. Reulein, R. Stülpnagel, K. Scheffer und M. Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe,
Universität Kassel

Einleitung und Problemstellung

Der Einsatz von Energieträgern zur Wärmeproduktion bildet in Deutschland etwa 52% des Gesamtenergieverbrauches und damit den darin größten Einzelsektor. Gleichzeitig kann auf dem Weg der thermischen Verwertung nahezu jede Art Energieträger genutzt werden und das mit sehr hohem Wirkungsgrad und unter minimalen Belastungen für die Umwelt. Das gilt auch für biogene Rohstoffe. Diese sind zwar in fast alle Energieträgerformen konvertierbar, allerdings häufig nur mit sehr hohem technischem Aufwand, bedingt durch sehr heterogene Zusammensetzung der Biomassen und die dadurch hervorgerufene Störungsanfälligkeit der Verfahren. Jeder zusätzliche Verfahrensschritt senkt den Wirkungsgrad. Aber auch der

Einsatz von Biomasse als Brennstoff wird durch deren oft sehr hohen Wassergehalt erschwert.

In den letzten Jahren hat sich deshalb zur Nutzung von feuchten Biomassen die Methanproduktion in Biogasanlagen sehr stark entwickelt. Der anaerobe Abbau von organischer Substanz zu Methangas bringt zudem den Vorteil, dass Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Kalium von diesem Prozess nahezu unberührt bleiben und nach der Verwertung wieder als Dünger eingesetzt werden können. Neben der CO₂-Neutralität sind also auch die Mineralstoffkreisläufe nahezu geschlossen.

Durch die zunehmende Substitution von fossilen Energieträgern mit Biomasse steigt die Nachfrage nach Rohstoffen aus der Landwirtschaft, mit der Konsequenz, dass letztendlich die Anbaufläche für diese Rohstoffe zum limitierenden Faktor wird. Abgesehen von der dadurch entstehenden Preiskonkurrenz, oder gerade dadurch, entsteht wieder die Forderung nach effektiveren Nutzungsverfahren, die unter Berücksichtigung der Vorteile der bisherigen Verfahren, auch Biomassen von „geringerer“ Qualität energetisch nutzbar machen können. Die Kombination all dieser Annahmen bedarf eines Systems, womit bei geringem Energieeinsatz aus unterschiedlichsten Biomassen trockene, schadstoffarme Brennstoffe erzeugt werden können und das bei gleichzeitiger Rückführung der Nährstoffe in die Landwirtschaft. All diese Anforderungen können durch das Verfahren der mechanischen Entwässerung von Ganzpflanzensilagen realisiert werden. Das Verfahren wurde von SCHEFFER und STÜLPNAGEL (1993) erstmals beschrieben und wird von WACHENDORF et al. (2007) als Konzept für eine effiziente Konversion von Grünlandbiomasse vorgeschlagen.

Qualität des Festbrennstoffs

Im herkömmlichen Sinn dient die mechanische Entwässerung von Stoffen der effizienten und energiesparenden Trocknung. Werden Biomassen (Silagen) mit einer Schneckenpresse entwässert, so können im Presskuchen Trockensubstanzgehalte im Bereich zwischen 40 bis 50% erreicht werden. Lässt man den Trockenmasseaustrag zunächst unbeachtet so bedeutet das, dass bei der Entwässerung einer Silage mit einem Ausgangs-TS-Gehalt von 25% zu einem Presskuchen mit 50% TS zwei Drittel des Wassers abgetrennt werden. Der dazu nötige Energieaufwand liegt bei etwa 2% der in der Biomasse enthaltenen Energie. Um diese Trocknungsleistung thermisch zu realisieren, würde etwa die 25fache Energiemenge notwendig sein.

Mechanische Entwässerung bedeutet aber auch, dass mit dem Presswasser unvermeidbar eine gewisse Menge Trockenmasse ausgetragen wird. Da in diesem System die aus der Presssaftvergärung gewonnene Energie für den Aufbereitungsprozess Verwertung finden soll, wird gezielt ein Gesamttrockenmasseaustrag in den Presssaft zwischen 30 und 40% angestrebt. Diese Substanztrennung wird im Folgenden als Massenfluss bezeichnet (REULEIN et al., 2007). Im Detail betrachtet zeigt sich, dass sich die Trockenmasseszusammensetzung in den entstehenden Komponenten Pressgut und Presssaft zwar nicht in den einzelnen Stoffgruppen, aber sehr deutlich in deren Konzentrationen unterscheidet. Während im Presssaft im allgemeinen ca. 75% der Kohlenhydrate und etwa 60% des Rohproteins aus dem Ausgangsmaterial enthalten sind, finden sich dagegen nur ca. 15% der Lignocellulose darin wieder. Der Fettanteil in der Trockenmasse bleibt bei den meisten Pflanzenarten dagegen unverändert. Von den anorganischen Bestandteilen des Ausgangsmaterials werden ca. 65% bei der Entwässerung in den Presssaft überführt. Auch hier zeigen sich deutliche Unterschiede in den einzelnen Elementen. Gerade die wasserlöslichen Mineralien wie Kalium und Chlorid können mit diesem Verfahren zu über 90% aus dem Feststoff entfernt werden. Schwefel und Phosphor erreichen im Durchschnitt einen Massenfluss in den Presssaft von etwa 55%. Berechnungen zeigen, dass durch den Einsatz von ca. 35% der geernteten Trockenmasse der Energiebedarf des gesamten Produktionssystems (Wärme und Strom), mehr als vollständig gedeckt werden kann.

Ist der Massenfluss der anorganischen Bestandteile in den Presssaft größer als der Massenfluss der organischen Anteile, dann führt das im Vergleich zum Ausgangsmaterial zu einer Veränderung der Trockenmassezusammensetzung im Presskuchen, also zu einer Verbesserung der Brennstoffqualität. In umfangreichen Versuchsserien konnten biogene Brennstoffe aus Silagen hergestellt werden mit bis zu 2,5% Rohasche. Die Stickstoffgehalte konnten auf bis zu 0,5% reduziert werden. Abb. 1 gibt exemplarisch die Rohasche- und Rohproteingehalte von Mais- und Weizensilagen und den durch mechanische Entwässerung entstandenen Presskuchen wieder.

In den Untersuchungen zeigte sich deutlich, dass bei allen Silagen durch das Abpressen eine Senkung der Asche- und Stickstoffgehalte herbeizuführen war, dass die erreichbaren Gehalte aber immer abhängig von der Pflanzenart und vom Gehalt im Ausgangsmaterial abhängig war. Durch Konditionierungsmaßnahmen wie z. B. das vorherige Anmaischen der Silagen mit Flüssigkeiten kann der Austrag vor allem der wasserlöslichen Pflanzenbestandteile in den Presssaft weiter gesteigert werden und so die Presskuchenqualität hinsichtlich ihrer Brennstoffeigenschaften zusätzlich verbessert werden. Gerade bei den Mineralien Kalium und Chlorid konnte die Abhängigkeit der Gehalte des Presskuchens vom denen des Ausgangsmaterials weitgehend aufgehoben werden. Für nahezu alle untersuchten Silagen konnten in einzelnen Untersuchungsvarianten die in Tab. 1 dargestellten Werte erreicht werden.

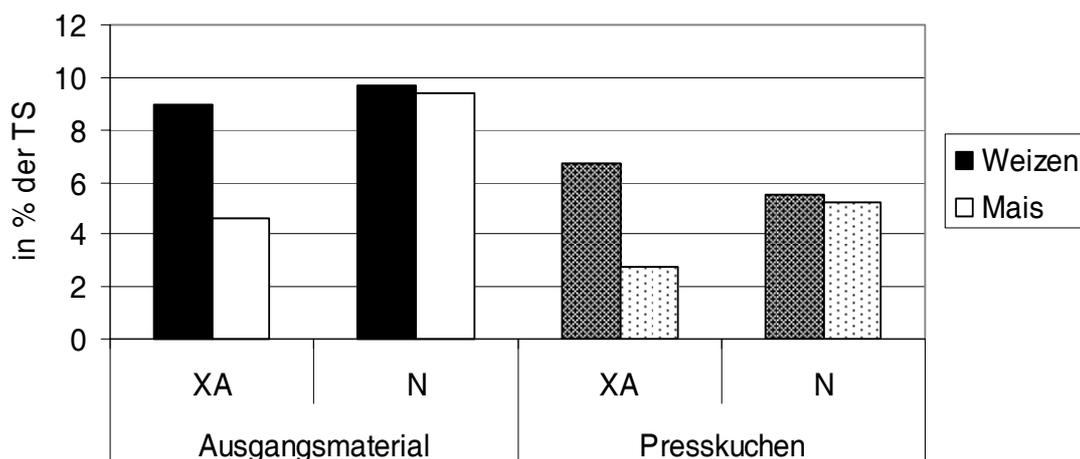


Abb. 1: Vergleich der Rohasche (XA)- und Rohprotein (XP)-Gehalte von Mais- und Weizensilage (% d. TM) und den durch mechanische Entwässerung entstandenen Presskuchen (XP = N x 6,25)

Im Vergleich zu anderen biogenen Festbrennstoffen sind Presskuchen aus Ganzpflanzsilagen derzeit im mittleren Qualitätsbereich einzustufen. In Tabelle 1 sind die brenntechnisch relevanten Parameter durchschnittlicher Presskuchen aus Maissilage und Weizensilage dargestellt und mit gängigen Angaben anderer biogener Festbrennstoffe verglichen. (UNI HOHENHEIM 1997; DIN PLUS).

Der Vergleich zeigt, dass gerade hinsichtlich der stark vom Ausgangsmaterial abhängigen Parameter Rohasche und Stickstoff deutliche Differenzen zu der in der Norm geforderten Pelletqualität für Holz besteht. Erste Aussagen aus noch andauernden Untersuchungen deuten jedoch darauf hin, dass gerade durch das Erreichen geringer Kaliumgehalte das Aschefließverhalten ähnlich zu beurteilen ist wie das von Holz und eine nur geringe Verschlackungsneigung besteht. Dennoch liegt der Ascheschmelzpunkt bei etwa 800 bis 850°C.

Tab. 1: Vergleich der brenntechnisch relevanten Inhaltsstoffe von biogenen Festbrennstoffen mit durchschnittlichen Presskuchenqualitäten (Quellen: UNI HOHENHEIM 1997; DIN PLUS; KALTSCHMITT; 2003; REULEIN 2007A)

Gehalte in % der TS	Holz	Presskuchen Maissilage	Presskuchen Weizen GPS	Weizenkorn	Weizenstroh
Asche	1,50	3,50	5,50	4,00	7,00
Kalium	0,30	0,40	0,60	0,50	1,20
Chlorid	0,03	0,06	0,06	0,06	0,25
Stickstoff	0,30	0,65	0,80	2,60	0,80

Schlussfolgerungen

Laufende Untersuchungen mit Aufwüchsen von geringerer Futterqualität (z. B. extensiviertes Grünland; FRICKE et al., 2007) zeigen, dass dieses Verfahren eine viel versprechende wirtschaftliche und umweltfreundliche Alternative zur Direktverbrennung derartiger Biomassen darstellen kann. Die Weiterentwicklung von Konditionierungsverfahren bieten noch deutliche Potenziale zur weiteren Verbesserung der Brennstoffqualität.

Literatur

FRICKE T., BEYRICH W., EMANUEL M., NEFF R., REULEIN J., STÜLPNAGEL R., WACHENDORF M. (2007) Charakterisierung der Mineralstoff- und Organik-Flüsse bei der mechanischen Abpressung extensiver Grünlandaufwüchse. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

DIN 51731:1996-10 (1996) Prüfung fester Brennstoffe - Preßlinge aus naturbelassenem Holz - Anforderungen und Prüfung, Beuth-Verlag.

KALTSCHMITT M. und HARTMANN H. (2003) Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, Berlin.

REULEIN, J; STÜLPNAGEL, R. SCHEFFER, K. WACHENDORF M, (2007A) Massenflüsse in den Presssaft durch mechanische Entwässerung von Silagen. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

REULEIN J. (2007b) Optimierung der energetischen Nutzung von feucht konserverierten Pflanzenarten und Stroh durch Trennung in festen Brennstoff zur Herstellung von Pellets und flüssiges Biogassubstrat mittels Schneckenpresse. Abschlussbericht FNR- FKZ: 220 217 03 (unveröffentlicht).

SCHEFFER, K. STÜLPNAGEL, R. 1993: Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO₂-neutralen Energieträgers Biomasse. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49.

UNIVERSITÄT HOHENHEIM (HRSG.) (1997): DLG – Futterwerttabellen Wiederkäuer, DLG – Verlag, Frankfurt (Main)

WACHENDORF M, FRICKE T., GRAB, R., STÜLPNAGEL R., (2007 C) Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen (in diesem Band).

Energetische Verwertung des Schnittguts von Golfanlagen

U. Thumm, C. Böhmel, B. Tonn, H. Schulz und W. Claupein

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, 70593 Stuttgart

Einleitung und Problemstellung

In Deutschland gibt es zurzeit ca. 680 Golfplätze (vgl. Tab. 1). Mit einer weiteren Zunahme in den nächsten Jahren ist zu rechnen. In der Mehrzahl handelt es sich um 18-Loch Anlagen, die eine durchschnittliche Fläche von etwa 65 ha aufweisen (LASSEN, 1989). Insgesamt nehmen die Golfanlagen in Deutschland eine Fläche von fast 40.000 ha ein.

Tab. 1: Flächengröße von Golfanlagen in Deutschland 2006. (Zahl der Golfanlagen nach Deutscher Golfverband e.V., Flächengröße nach LASSEN, 1989, für 9- und 27- Lochanlagen geschätzt)

Lochzahl	9	18	27	Σ
Anlagenzahl	170	433	74	677
Fläche (geschätzt)	25 ha	65 ha	100 ha	-
Fläche insgesamt	4.250 ha	28.145 ha	7.400 ha	39.795 ha

Die bei der Pflege auf Golfanlagen anfallende pflanzliche Biomasse wird häufig nicht genutzt, meist wird sie kompostiert bzw. als Bioabfall entsorgt. Das stoffliche bzw. energetische Potential der Aufwüchse bleibt somit weitgehend ungenutzt.

Ziel der Untersuchung ist die Abschätzung der in den verschiedenen Funktionsbereichen eines Golfplatzes anfallende Biomasse und -qualitäten und die bei einer energetischen Verwertung erzielbare Energieausbeute. Dabei wird für das Schnittgut von den häufig geschnittenen Funktionsbereichen Grün, Abschlag und Fairway die Vergärung in einer Biogasanlage als geeignetes Verwertungsverfahren zu Grunde gelegt und die im erzeugten Methan verfügbare Energie betrachtet. Die stärker lignifizierte Aufwüchse der Roughflächen, die nur geringe Gasausbeuten aufweisen, sowie die bei der Gehölzpflege und -nutzung anfallende holzige Biomasse eignen sich besser für die thermische Verwertung in Heizanlagen.

Material und Methoden

Anhand von Literaturangaben werden die Flächenanteile der verschiedenen Landschaftselemente einer durchschnittlichen 18-Loch Golfanlage ermittelt und die bei Vergärung bzw. Verbrennung erzielbaren Energieausbeuten bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Golfanlagen gliedern sich in verschiedene Funktionsbereiche (Tab. 2). Vom bespielten Bereich nehmen die Fairways zwischen Abschlag und Grün die größte Fläche ein. Sie werden je nach Wachstumsintensität 2- bis 3-mal pro Woche geschnitten. Auf den meisten Plätzen wird das Schnittgut nicht aufgesammelt, sondern es verbleibt auf der Fläche. Um

das komplette Biomassepotential zu erfassen, wurden die Fairways trotzdem mitberücksichtigt. Die häufiger geschnittenen Rasenflächen der Abschläge und Greens nehmen nur einen relativ geringen Flächenanteil ein. Daher bleibt ihre Bedeutung für die Biomasseproduktion untergeordnet. Die höchsten Biomassemengen fallen auf den 1- bis 2-mal pro Jahr geschnittenen Roughflächen an. Die Aufwüchse dieser ökologisch wertvollen extensiven Grünlandflächen können als Heu verfüttert oder wie hier unterstellt für die Verbrennung genutzt werden. Aus der Pflege der als Strukturelemente in die Golfanlagen integrierten Gehölzflächen sowie von Waldflächen fallen zusätzlich ca. 40 t TM Biomasse pro Jahr an. Insgesamt ist somit bei einer durchschnittlichen Golfanlage mit einem jährlichen Biomasseanfall von ca. 300 t TM zu rechnen.

In Tab. 3 sind die zu erwartenden Energieausbeuten bei der Verwertung des Rasenschnittgutes in einer Biogasanlage und bei der Verbrennung der Biomasse von Rough- und Gehölzflächen dargestellt. Die Umrechnung in Heizöläquivalente ergibt eine höhere Energieausbeute pro TM-Einheit bei der Verbrennung im Vergleich zur Biogasnutzung. Beim Biogas wurde der Energiegehalt im Methan für die Berechnung genutzt, die bei der Stromerzeugung aus Biogas anfallende Abwärme wird daher nicht als Verlustgröße wirksam. Aus den Angaben in Tab. 2 und 3 wurden Heizöläquivalente errechnet und in Abb. 1 dargestellt. In der Summe ergibt sich eine jährliche Biomasseproduktion die einem Heizöläquivalent von 130.379 l entspricht. Diese Energiemenge würde etwa für die Beheizung von 60 mittleren Einfamilienhäusern ausreichen (bei einem Heizölbedarf von 2.150 l pro Jahr).

Tab. 2: Größe der Funktionsflächen auf einer durchschnittlichen 18-Loch Golfanlage (65 ha) und Biomasseanfall pro Jahr (nach Angaben von LASSEN, 1989; GRIGUTSCH et al., 1999; HARDT, 1994; KRAUTER und SCHULZ, 1992)

Funktionsbereich	Fläche ha	Nutzungshäufigkeit	Biomasse- Erzeugung pro ha t TM/Jahr	Biomasse- Anfall einer Golfanlage t TM/Jahr
Grün/Abschlag	1	täglich	3,5	3,5
Fairway	22	2 - 3 mal/Woche	5,3	116,6
Rough	22	1 - 2 mal/Jahr	6,2	136,4
Gehölz- und Waldflächen	16	ca. alle 5 - 10 Jahre	2,5	40,0
Sonstige Flächen*	4	-	-	-

* Bereiche ohne Pflanzenbewuchs: Wege, Parkplätze, Gebäude, Wasserflächen, Sandhindernisse

Tab. 3: Energiegehalt von Schnittgut (nach Angaben von OECHSNER et al., 2003; HÄRDTLEIN et al., 2004)

Quelle	Verwertung	Energieausbeute pro kg TM	Heizöläquivalent l pro kg TM
Grün/Abschlag	Biogas	~ 0,395 m ³ Methan	0,39*
Fairway	Biogas	~ 0,375 m ³ Methan	0,37*
Rough	Verbrennung	~ 17,4 MJ Heizwert	0,48
Gehölz- und Waldflächen	Verbrennung	~ 18,5 MJ Heizwert	0,51

* bei 10 kWh/m³ Methan

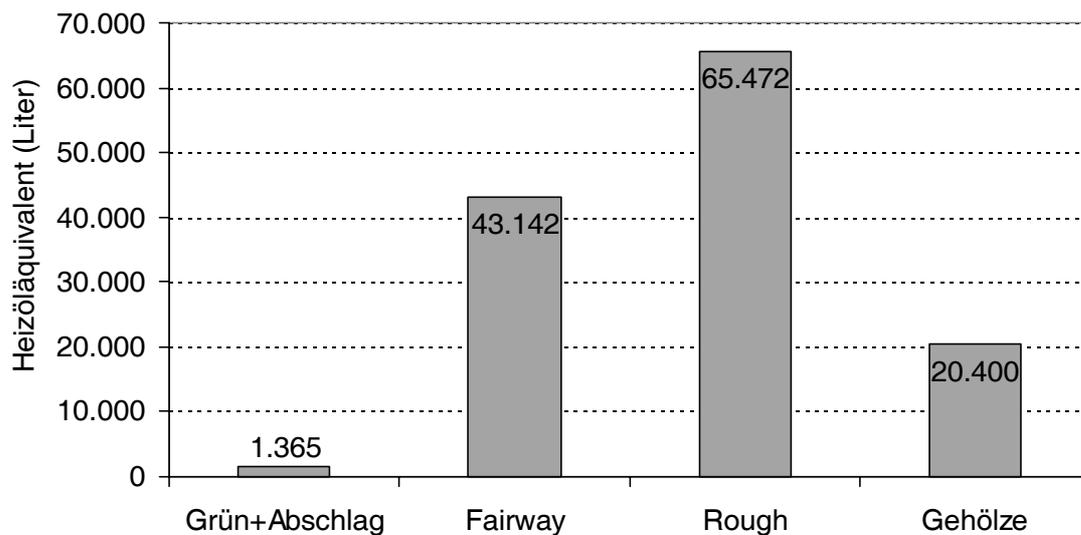


Abb. 1: Heizöläquivalente der Biomasse von verschiedenen Funktionsflächen einer 18-Loch Golfanlage (65 ha) pro Jahr

Mit 65.472 l Heizöläquivalent kommt aus energetischer Sicht den Roughflächen die größte Bedeutung zu. Das Heu kann entweder großtechnisch oder auch in Kleinanlagen verwertet werden, wie es auch schon auf einem Golfplatz praktiziert wird. Aufgrund der geringen Dichte der Halmgüter ist ein Transport über weitere Entfernungen nicht ökonomisch. Kostengünstige und praxisreife Kleinf Feuerungsanlagen für Grünlandaufwüchse stehen bisher nur eingeschränkt zu Verfügung. Probleme bestehen derzeit bei der Sicherstellung einer störungsfreien Brennstoffzufuhr und bei der Einhaltung der Abgasgrenzwerte nach der Bundes-Immissionsschutzverordnung. Die Herstellung von technisch leichter handhabbaren Pellets oder Briketts aus Landschaftspflegeheu wird bisher aus Kostengründen nicht weiterverfolgt.

Für Holzhackschnitzel aus Gehölz- und Waldpflege steht eine praxiserprobte Technik von der Ernte bis zur Verwertung zur Verfügung. Zudem lassen sich Hackschnitzel auch leicht vermarkten. Folglich ist dieser Teil der anfallenden Biomasse problemlos energetisch nutzbar.

Mit der Biomasse der Fairways steht bei einem Heizöläquivalent von 43.142 l pro Jahr Material zur Verfügung, dessen energetische Verwertung in einer Biogasanlage in der Praxis nur schwer realisierbar ist. Konservierung des Schnittgutes ist nicht praktikabel, somit muss es frisch einer Biogasanlage zugeführt werden. Voraussetzung ist daher das Vorhandensein einer geeigneten Anlage in räumlicher Nähe. Zudem sind Mähgeräte mit Schnittgutauffangvorrichtung und geeignete Transportfahrzeuge notwendig. Bei Schnittgutabfuhr wird ein erhöhter Düngereinsatz erforderlich, da eine Rückführung der Gärreste kaum möglich ist.

Die Energiemengen im Aufwuchs der täglich geschnittenen Grüns und Abschlüge bleiben aufgrund der geringen Flächengröße relativ niedrig. Nur wenn das Material mit geringem Aufwand einer Biogasanlage zugeführt werden kann ist hier eine energetische Verwertung sinnvoll.

Schlussfolgerungen

Rough- und Fairwayflächen sind auf Golfanlagen entsprechend ihrem Flächenanteil am bedeutsamsten für die Biomasseproduktion. Die energetische Verwertung von

Rasenschnittgut über Biogasanlagen ist allerdings nur bei Abnahme durch eine nahe gelegene Biogasanlage realisierbar. Halmgut von Roughflächen und Holzhackschnitzel aus der Gehölzpflege können über Verbrennungsanlagen besser genutzt werden.

Literatur

GRIGUTSCH, W., LÜTKE ENTRUP, N., BOCKSCH, M. (1999): Untersuchungen zur Bewertung von Rasengräserarten, -sorten und -mischungen über die Aufwuchsleistung. *Rasen-Turf-Gazon* 30 (2), 44-48.

HARDT, G. (1994): Einfluß von Stickstoff-Düngerform und N-Aufwand auf den N-Umsatz in Pflanze und Boden sowie auf die Narbenqualität eines Golfgrüns. *Dissertation*. Universität Hohenheim.

HÄRDTLEIN, M., ELTROP, L., THRÄN, D. (2004): Voraussetzungen zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe. *Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe* Bd. 23, Landwirtschaftsverlag Münster

KRAUTER, C., SCHULZ, H. (1992): Biomasseanfall verschiedener Pflanzenbestände auf Landschaftsrasen. *Rasen-Turf-Gazon* 23 (1, 2, 3), 17-28, 40-45, 81-88.

LASSEN, D. (1989): Anforderungen von Naturschutz und Landschaftspflege an die ökologischen Standortbedingungen eines Golfplatzes. *Rasen-Turf-Gazon* 20 (3), 68-71.

OECHSNER, H; LEMMER, A; HELFFRICH, D (2003): Einsatz von Grüngut in landwirtschaftlichen Biogasanlagen - Ein Weg zur sinnvollen Verwertung von Rasenaufwuchs. *Rasen-Turf-Gazon* 34 (2), 46-48.

Erfassung der Auswaschung von verbrennungsrelevanten Inhaltsstoffen aus Grünlandaufwüchsen durch simulierten Regen

V. Henrici, B. Tonn, U. Thumm und W. Claupein

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland

Einleitung und Problemstellung

Bei der Verbrennung von halmgutartigen biogenen Festbrennstoffen ist der hohe Gehalt an unerwünschten Inhaltsstoffen ein Problem. Stickstoff und Schwefel führen zu Emissionen von NO_x und SO₂. Durch einen hohen K- und Cl-Gehalt des Brennstoffs kann es zu Korrosion an der Verbrennungsanlage kommen. Des Weiteren hängen die Feinstaubemissionen mit dem Aschegehalt zusammen (HÄRDTLEIN et al., 2004). Eine Einflussmöglichkeit auf den Nährstoffgehalt von Brennstoffen ist die Feldliegezeit, bei der durch auftretende Niederschläge Elemente ausgewaschen werden können. In Feldversuchen, bei denen halmgutartige Festbrennstoffe künstlich beregnet wurden (HARTMANN et al., 2000), wurde versucht die Höhe der dabei auftretenden Auswaschung von

Mineralstoffen zu quantifizieren. In vorliegendem Projekt wurden drei Methoden zur Simulation niederschlagsbedingter Mineralstoffauswaschung aus Grünland-aufwüchsen miteinander verglichen. Ziel ist dabei eine einfach durchführbare Methode zu entwickeln, die unabhängig von spezifischen Berechnungs-parametern, wie der Tröpfchengröße, ist. Dabei soll vorausgesagt werden können, welche Behandlung welchem Niederschlagsereignis entspricht und wie hoch die dadurch entstehende Auswaschung sein wird.

Material und Methoden

Die Versuche wurden mit Heu des ersten Schnitts einer weidelgrasbetonten Dreischnitt-Wiese der Versuchsstation für Nutztierbiologie und Ökologischen Landbau der Universität Hohenheim durchgeführt. (a) Im ersten Versuch wurden 30 g des Heus in Breithalsflaschen (1 l) eingewogen. Anschließend wurden sie mit Wasser aufgefüllt und bei 75 Umdrehungen pro Minute für 5, 10, 20, 40 und 240 min. geschüttelt. (b) In einem zweiten Versuch wurden 70 g des Heus in 30 x 40 cm große Körbe eingewogen und für 0,5, 1, 2, 4 und 8 min. mit einem Schlauch mit Sprühaufsatz, der in einem Meter Höhe fixiert war, besprüht. Die applizierte Wassermenge wurde mittels vierer Bechergläser erfasst, die in der Diagonale in den Körben aufgestellt waren. Die Berechnungsmenge pro Minute betrug durchschnittlich 3,3 mm. (c) Für den dritten Versuch wurden ebenfalls 70 g Heu in die 30 x 40 cm großen Körbe eingewogen. Diese wurden vollständig randomisiert auf einer 7 x 5 m großen Rasenfläche verteilt und für 15, 30, 60, 90 und 120 min. mit einer Sprinklerberegnungsanlage beregnet. Auch hier wurde die Wassermenge mittels kleiner Becher erfasst, die in der Mitte der Körbe platziert waren. Hier betrug die Beregnungsmenge pro Minute durchschnittlich 0,4 mm. Bei jedem dieser Versuche wurde das Heu nach der Behandlung für eine halbe Stunde zum Abtropfen aufgestellt und anschließend für 48 h bei 60 °C getrocknet. Danach wurden die Heuproben auf 1 mm vermahlen. Die Gehalte an K, Ca, Mg und P wurden nach der Methode der VDLUFA, die Cl-Gehalte mittels potentiometrischer Titration bestimmt. Die Aschegehalte wurden nach der Verbrennung im Muffelofen bei 500 °C ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei der manuellen Beregnung und der Beregnungsanlage wurde nach Applikation der gleichen Wassermenge eine ähnliche Auswaschung, vor allem der leicht löslichen Elemente, erreicht, trotz sehr unterschiedlicher Beregnungsintensität (Tab. 1). Die Mineralstoffauswaschung pro Zeiteinheit war bei der manuellen Beregnung höher als bei der Beregnungsanlage. Bei der Schüttelflaschenmethode waren nach 10 Minuten Schütteln die Mineralstoffgehalte in dem Bereich, der einem Niederschlagsereignis von etwa 36 mm entsprechen würde.

Die höchsten Auswaschungsverluste zeigten sich bei K und Cl, die in der Pflanze in leicht löslicher Form vorkommen. Bei Ca dagegen ließ sich mit zunehmender Wassermenge ein leichter Anstieg des Gehalts verzeichnen. Da Ca in der Pflanze in schwerlöslichen Verbindungen vorkommt, wird es weniger leicht ausgewaschen und es kommt so zu einer relativen Zunahme am Gesamtgehalt der Mineralstoffe (Abb. 1). Auch P und Mg nehmen mit zunehmender Beregnungsmenge leicht ab. Mit der Auswaschung der Mineralstoffe nimmt auch der Aschegehalt ab (Tab. 1).

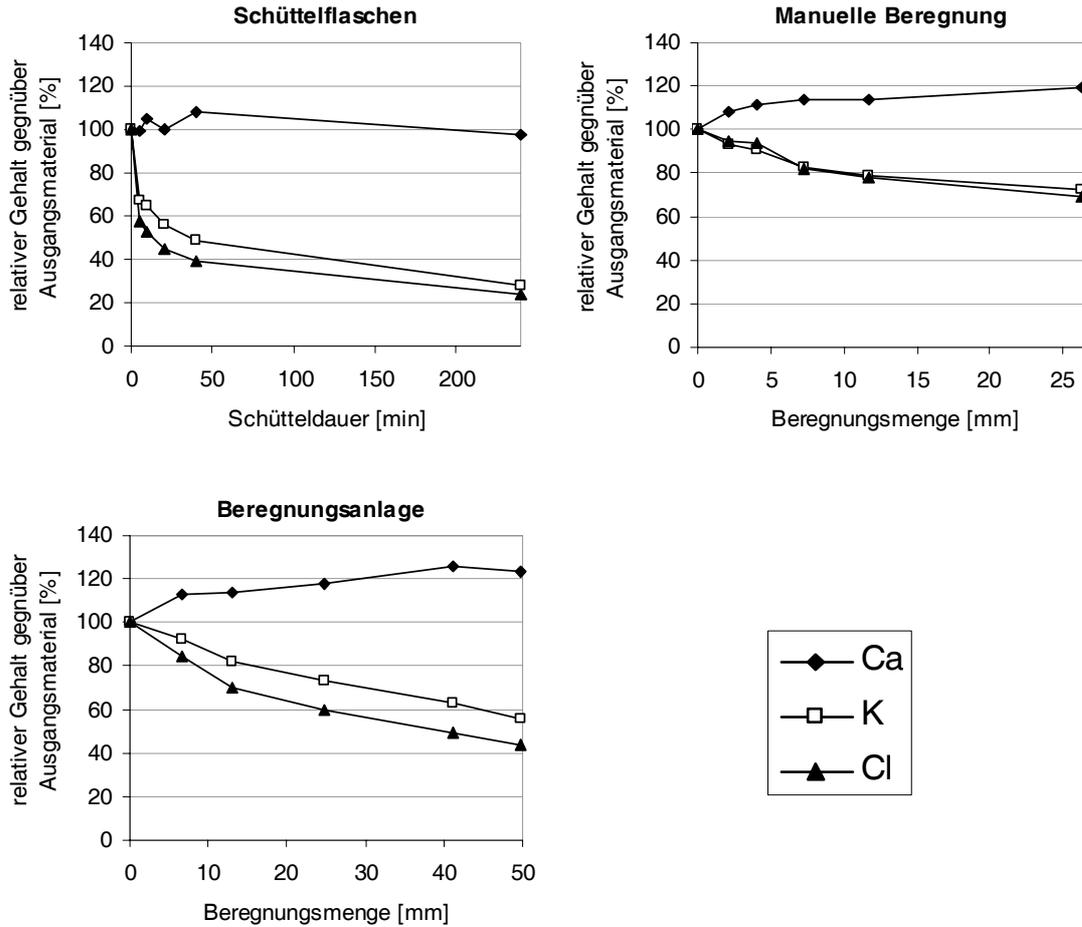


Abb. 1: Relative Auswaschungsverluste aus Heu bei drei verschiedenen Methoden zur Simulation von Niederschlagsereignissen.

Tab. 1: Auswirkung unterschiedlicher Methoden zur Simulation niederschlagsbedingter Auswaschungsverluste bei Heu. Inhaltsstoffe [% in TS] nach unterschiedlicher Behandlung, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD).

Schüttelflaschen													
Beh. dauer [min]	Wasser- menge [mm]	Cl		K		Ca		P		Mg		Asche	
		MW	SD	MW	SD								
0	---	0,11	0,003	1,44	0,034	0,33	0,040	0,19	0,007	0,08	0,006	5,57	0,075
5	---	0,06	0,004	0,96	0,058	0,33	0,023	0,15	0,010	0,06	0,006	4,49	0,229
10	---	0,06	0,003	0,93	0,034	0,35	0,010	0,16	0,005	0,06	0,002	4,58	0,088
20	---	0,05	0,003	0,81	0,036	0,33	0,016	0,15	0,008	0,06	0,001	4,27	0,080
40	---	0,04	0,003	0,71	0,034	0,36	0,013	0,14	0,008	0,06	0,002	4,22	0,134
240	---	0,03	0,002	0,41	0,013	0,32	0,018	0,11	0,006	0,06	0,003	3,48	0,132
Manuelle Beregnung													
Beh. dauer [min]	Wasser- menge [mm]	Cl		K		Ca		P		Mg		Asche	
		MW	SD	MW	SD								
0	0	0,11	0,003	1,44	0,034	0,33	0,040	0,19	0,007	0,08	0,006	5,57	0,074
0,5	2,1	0,10	0,004	1,34	0,010	0,35	0,005	0,19	0,002	0,08	0,002	5,40	0,080
1	4,1	0,10	0,003	1,31	0,030	0,36	0,021	0,19	0,003	0,08	0,002	5,48	0,135
2	7,3	0,09	0,004	1,20	0,032	0,37	0,011	0,19	0,003	0,08	0,001	5,32	0,219
4	11,8	0,08	0,003	1,14	0,051	0,37	0,031	0,19	0,016	0,08	0,005	5,02	0,195
8	26,3	0,07	0,002	1,03	0,030	0,39	0,020	0,18	0,003	0,08	0,002	4,68	0,123

Berechnungsanlage													
Beh. dauer [min]	Wasser- menge [mm]	Cl		K		Ca		P		Mg		Asche	
		MW	SD	MW	SD								
0	0	0,11	0,003	1,44	0,034	0,33	0,040	0,19	0,007	0,08	0,006	5,57	0,075
15	6,6	0,09	0,005	1,32	0,041	0,37	0,010	0,19	0,003	0,07	0,004	5,26	0,199
30	13,0	0,08	0,005	1,18	0,055	0,37	0,031	0,18	0,004	0,07	0,005	5,16	0,405
60	24,8	0,07	0,001	1,05	0,033	0,39	0,027	0,17	0,004	0,07	0,004	4,96	0,083
90	36,0	0,05	0,004	0,91	0,024	0,41	0,019	0,16	0,002	0,07	0,003	4,70	0,118
120	50,8	0,05	0,002	0,80	0,007	0,41	0,010	0,16	0,007	0,07	0,001	4,67	0,030

Die Durchführung der Methoden der manuellen Berechnung und der Berechnungsanlage sind sehr wetterabhängig. Bereits bei geringer Windstärke kommt es zur Abdrift und somit zu einer ungleichmäßigen Wasserverteilung. Dagegen kann die Methode der Schüttelflaschen unabhängig von der Witterung im Labor durchgeführt werden. Im Vergleich zur Berechnungsanlage ist die Wasserverteilung bei der manuellen Berechnung sehr ungleichmäßig. Ein weiterer Nachteil der manuellen Berechnung besteht darin, dass durch die höhere Berechnungsintensität die Bechergläser jede Minute geleert werden müssen, um die applizierte Wassermenge zu erfassen. Die Methode der Schüttelflaschen ist einfach und schnell durchführbar, jedoch steht für die folgenden Laboruntersuchungen nur wenig Material (30 g) zur Verfügung.

Schlussfolgerungen

Die Methode der manuellen Berechnung und der Berechnungsanlage zeigten bei gleicher applizierter Wassermenge eine ähnliche Auswaschung. Durch Vergleich mit diesen Ergebnissen lassen sich für die Schüttelflaschenmethode Parallelen zwischen der Schütteldauer und der applizierten Wassermenge mit gleichem Auswaschungspotential ziehen. Aus den Versuchsergebnissen lässt sich schließen, dass Niederschläge theoretisch die Brennstoffqualität von Grünlandaufwüchsen verbessern können. Ob diese Erkenntnis in die Praxis umgesetzt werden kann, hängt von der Höhe der dabei auftretenden Biomasseverluste und vom Risiko eines Totalverlustes bei Mahd in Niederschlagsperioden ab.

Literatur

HÄRDTLEIN, M., ELTROP, L. und THRÄN, D. (Hrsg.) (2004): Voraussetzungen zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ 23. Münster: Landwirtschaftsverlag.

HARTMANN, H., BÖHM, T., MAIER, L. (2000): Naturbelassene biogene Festbrennstoffe – umweltrelevante Eigenschaften und Einflussmöglichkeiten. Abschlussbericht. Schriftenreihe "Materialien" 154. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen.

Energiebilanz der Biogaserzeugung aus Gras- und Maissilage

M. Kelm und F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau / Ökologischer
Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

Einleitung und Problemstellung

Ende des Jahres 2006 waren deutschlandweit rund 3.500 Biogasanlagen installiert, die 2006 insgesamt mehr als 5 Mrd. kWh Strom erzeugten. Für das Ende des Jahres 2007 wird mit einer Verdoppelung der Kapazitäten auf ca. 10 Mrd. kWh gerechnet, wobei der Trend zu immer größeren Anlagen auf Basis nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo) geht. Dies impliziert auch immer längere Transportwege – eine Anlage von z.B. 500 kW_{el} hat einen Flächenbedarf von 250-300 ha Silomais. Es stellt sich die Frage, inwieweit ein solch hoher fossiler Energieeinsatz für den Anbau und den Transport der Silage sowie für den Rücktransport der Gärreste gerechtfertigt ist – wie steht es um die Relation zwischen Energieaufwand und Energieertrag von NaWaRo-Biogasproduktionssystemen?

In der vorliegenden Modellrechnung wurde anhand praxistypischer Kenngrößen für Anbau, Transport und Anlagenbetrieb eine Energiebilanz aufgestellt. Neben der Variation des Substrats (Gras- oder Maissilage) wurden auch die Faktoren Transportentfernung und Stickstoffintensität des Anbaus variiert. Die Berechnungen wurden für den Fall der ausschließlichen Stromerzeugung und alternativ für den Fall der Kraft-Wärme-Kopplung durchgeführt.

Material und Methoden

Folgende Kenngrößen wurden für die Zielgröße einer Stromerzeugung aus Biogas von 3,6 Mio. kWh/Jahr bestimmt:

- Energieeinsatz fossil [GJ/a, kWh/a]
- Energiegewinn [kWh/a, kWh/ha/a]
- Energieeffizienz [kWh Einspeisung/kWh fossil].

Die der Berechnung zugrunde liegenden Parameter sind in Tab. 1 aufgeführt. Praxistypische Werte für NaWaRo-Biogasanlagen der Leistungsklasse 500 kW_{el} wurden u.a. aus Datensätzen des Biogas-Messprogramms der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR, 2005) abgeleitet.

Die Natural- und Stickstoffträge von Silomais und Dauergrünland in Abhängigkeit von der Höhe der mineralischen N-Düngung basieren auf den Ergebnissen mehrjähriger Feldversuche an einem typischen Futterbaustandort Schleswig-Holsteins (TROTT et al., 2004; WACHENDORF et al., 2006). Der fossile Energieeinsatz in Anbau und Vorleistungskette wurde von KELM et al. (2004) für dieselben Anbausysteme analysiert.

In der Grassilageerzeugung (Dauergrünland, 4 Siloschnitte jährlich) wurden die mineralischen N-Düngungsstufen im Feldversuch bei 0, 100, 200 und 300 kg N/ha angesetzt. Die mineralischen N-Düngungsstufen im Silomaisanbau (Monokultur) lagen bei 0, 50, 100 und 150 kg N/ha.

Die Nährstoffrückführung über den Gärrest wurde in der vorliegenden Studie als „Gutschrift“ in Form von Mineraldüngeräquivalenten (MDÄ) mit dem Mineraldüngereinsatz gegengerechnet. Der zugrunde gelegte Primärenergieeinsatz aufgrund der Produktion mineralischen N-Düngers („indirekter Energieeinsatz“; siehe KELM et al., 2004) wurde je Flächeneinheit entsprechend der N-Rückführung durch den Gärrest reduziert.

Tab. 1: Zugrunde gelegte Kenngrößen in der Biogaserzeugung aus Gras- und Maissilage.

Parameter			Anmerkungen
Biogasanlage			
• Anlagentyp			NaWaRo-Anlage, keine Gülle
• installierte el. Leistung	500	kW el.	einschl. ca. 10% Leistungsreserve
• Wirkungsgrad el.	32	%	Gasmotor (FNR, 2005)
• Wirkungsgrad therm.	33	%	Gasmotor (FNR, 2005)
• Eigenstrombedarf	6	%	der ges. Stromproduktion (FNR, 2005)
• Eigenwärmebedarf	5	kWh/m ³ /d	FNR (2005)
• Fermentervolumen	6,8	m ³ /kW el.	FNR (2005)
• Betriebsstunden	8000	h/a	FNR (2005)
• Energieerzeugung el.	3,6 Mio.	kWh/a	fixe Zielgröße
Substrat, Anbau und Gärrest			
• Biogasertrag Grassilage	123,2	m ³ /t FM	54% CH ₄ ; Grassilage: 25% TS (88% oTS)
• Biogasertrag Maissilage	178,4	m ³ /t FM	54% CH ₄ ; Maissilage: 33% TS (95% oTS)
• Naturalertrag Grünland			nach TROTT <i>et al.</i> (2004)
• Naturalertrag Silomais			nach WACHENDORF <i>et al.</i> (2006)
• Energieeinsatz im Anbau			nach KELM <i>et al.</i> (2004)
• Energieeinsatz im Transport der Silage/des Gärrestes und in der Beschickung der Anlage			persönliche Mitteilungen von Lohnunternehmern und Anlagenbetreibern
• MDÄ* des Gärrestes	50	%	nach GUTSER <i>et al.</i> (2005)
• Lagerungs- und Ausbringungsverluste Gärrest	10	%	
• Substrat- und Gärrestmengen, sonstige Kennzahlen des Anlagenbetriebs			Berechnung mit dem KTBL-Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas (www.ktbl.de/energie/index.htm); FNR (2005)
* MDÄ: Mineraldüngeräquivalente			

Ergebnisse und Diskussion

Der gesamte fossile Energieeinsatz für die Erzeugung von 3,6 Mio. kWh/Jahr aus Biogas (eine typische Größenordnung für eine 500 kW_{el.}-Anlage) ist bei Verwendung von Grassilage weitaus höher als mit Maissilage als NaWaRo. Auf Grassilagebasis müssen 60-106% der erzeugten elektrischen Energie bereits in Form von fossiler Energie vorab „investiert“ werden. Dieser fossile Energieeinsatz steigt mit zunehmender mineralischer N-Düngungsintensität und mit längeren Transportentfernungen. Intensiv gedüngtes Grünland als NaWaRo zur Biogaserzeugung ist demnach – insbesondere im Fall anlagenferner Flächen – mit einem negativen Energiegewinn verbunden. Die Energieeffizienz (eingespeiste Energie je Einheit investierter fossiler Energie) liegt unter 1,0 (Abb. 1, oben). Mit einer Kraft-Wärme-Kopplung der Biogasanlage lässt sich diese Relation deutlich verbessern, liegt

allerdings immer noch signifikant unterhalb der Energieeffizienz, die mit Maissilage erzielt wird (Abb. 1, unten).

Ohne Kraft-Wärme-Kopplung kann jedoch auch mit Maissilage bestenfalls eine Energieeffizienz von 3-4 kWh regenerativ / kWh fossil erzielt werden (bei mittleren Transportentfernungen und moderater N-Düngungsintensität, siehe Abb. 1 oben). Mit zunehmender Distanz zwischen Feld und Biogasanlage verschlechtert sich diese Relation.

Schlussfolgerungen

Nach Aussage von Lohnunternehmern in Schleswig-Holstein (persönliche Mitteilungen) sind Transportentfernungen von 50 km zwischen Feld und Biogasanlage eher die Regel als die Ausnahme. Auch ist die Kraft-Wärme-Kopplung bei Biogasanlagen die Ausnahme (FNR, 2005). Demnach kann für NaWaRo-Anlagen auf Maisbasis in der Regel von einer Energieeffizienz in der Größenordnung von 2,5-3,0 kWh regenerativ / kWh fossil ausgegangen werden. Anders ausgedrückt: 33-40% des eingespeisten Biogas-Stroms müssen in fossiler Form investiert werden. 120-146 Tage im Jahr läuft die „typische“ Biogasanlage nur zur Kompensation des eigenen Energieaufwandes. Die CO₂-Bilanz verhält sich nahezu proportional zur Energiebilanz. Neben dieser bedenkenswerten Relation ist aus ökologischer Sicht der hohe Flächenverbrauch für den Maisanbau zu berücksichtigen, der

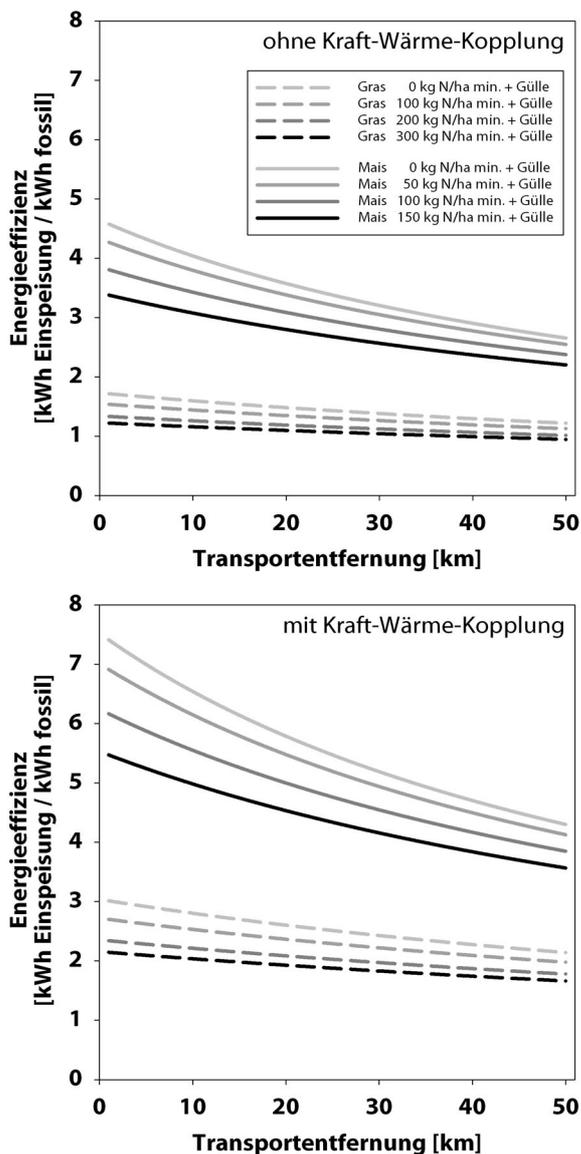


Abb. 1:
Energieeffizienz der Biogaserzeugung aus
Gras- und Maissilage in Abhängigkeit von
der Transportentfernung.
Oben: ohne Kraft-Wärme-Kopplung,
unten: mit Kraft-Wärme-Kopplung.

negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt in Agrarlandschaften nach sich ziehen könnte (ANDERSON & FERGUSON, 2006) und der Nahrungsmittelproduktion Flächen entzieht bzw. deren Faktorkosten über steigende Pachten erhöht.

Literatur

ANDERSON, G. Q. A. & FERGUSON, M. J. (2006): Energy from biomass in the UK: sources, processes and biodiversity implications. *Ibis* 148, 180-183.

FNR (2005): Ergebnisse des Biogas-Messprogramms. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow.

GUTSER, R., EBERTSEDER, T., WEBER, A., SCHRAML, M. & SCHMIDHALTER, U. (2005): Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168, 439-446.

KELM, M., WACHENDORF, M., TROTT, H., VOLKERS, K. & TAUBE, F. (2004): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. III. Energy efficiency in forage production from grassland and maize for silage. *Grass and Forage Science* 59, 69-79.

TROTT, H., WACHENDORF, M., INGWERSEN, B. & TAUBE, F. (2004): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass and Forage Science* 59, 41-55.

WACHENDORF, M., VOLKERS, K., LOGES, R., RAVE, G. & TAUBE, F. (2006): Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. IV. Impact of slurry application, mineral N fertilizer and grass understorey on yield and nitrogen surplus of maize for silage. *Grass and Forage Science* 61, 232-242.

Biogas-Expert – ein fakultätsübergreifendes Projekt zur Untersuchung der Ertragspotentiale und des Stickstoffhaushaltes in ausgewählten Biogaserfruchtfolgen

A. Pacholski¹, K. Dittert², H. Andree³, E. Hartung³, A. Hermann⁴, H. Kage¹, K. Sieling¹ und F. Taube⁴

¹Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Acker- und Pflanzenbau, Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel, Kontakt: pacholski@pflanzenbau.uni-kiel.de

²Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Abteilung Pflanzenernährung, Olshausenstraße 40-60, 24118 Kiel

³Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Max-Eyth-Strasse 6, 24118 Kiel

⁴Institut für Pflanzenbau und –züchtung, Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau, Hermann-Rodewald-Strasse 9, 24118 Kiel

Einleitung und Problemstellung

Wie in der gesamten Bundesrepublik besteht in Schleswig-Holstein seit Inkrafttreten des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) ein verstärkter Trend zur Installation von Biogasanlagen. Waren im Jahr 2005 ca. 46 Biogasanlagen am Netz, wird für Ende 2007 eine Zunahme des Bestandes auf ca. 200 Anlagen prognostiziert. Der langfristig ökonomisch tragfähige Ausbau der Biogasproduktion in Schleswig-Holstein setzt eine bedarfsgerechte Bereitstellung geeigneter Substrate voraus. Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft schließt dies die Abnahme und Verwertung der in der Fermentation anfallenden Gärreste ein. Das Umweltbundesamt steht dem großflächigen Anbau von Energiepflanzen nicht unkritisch gegenüber, da (i) hohe Biomasseerträge einen entsprechenden Input an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erfordern, welche bereits heute in Schleswig-Holstein kritisch zu betrachten sind, und (ii) die räumliche Allokation von Biogasanlagen zu regionalen „hot spots“ im Hinblick auf die Gärrestapplikation führen kann. Darüber hinaus entstehen bei der Lagerung und Ausbringung der Gärreste unerwünschte Treibhausgas-(Lachgas, Methan) und Ammoniakemissionen. Eine nachhaltige Optimierung der Biogasproduktion muss daher die Umweltauswirkungen über die gesamte Prozesskette berücksichtigen. Bisher ist das Wissen über die räumlichen Auswirkungen der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse gering. Die Abschätzung der ökologischen und raumwirksamen Konsequenzen dieser Entwicklung sowie möglicher damit verbundener Interessenskonflikte ist von zentraler Bedeutung, um energetische Biomassepfade ökologisch verträglich auszubauen. Zur Bewertung der verschiedenen Produktionssysteme zur Bereitstellung von Biogassubstraten und der Wirkung der Applikation von Biogassgärresten als Wirtschaftsdünger ist ein systemorientierter Ansatz, der die Effekte variiert Produktionstechnik auf die Stoffflüsse im gesamten System berücksichtigt, notwendig.

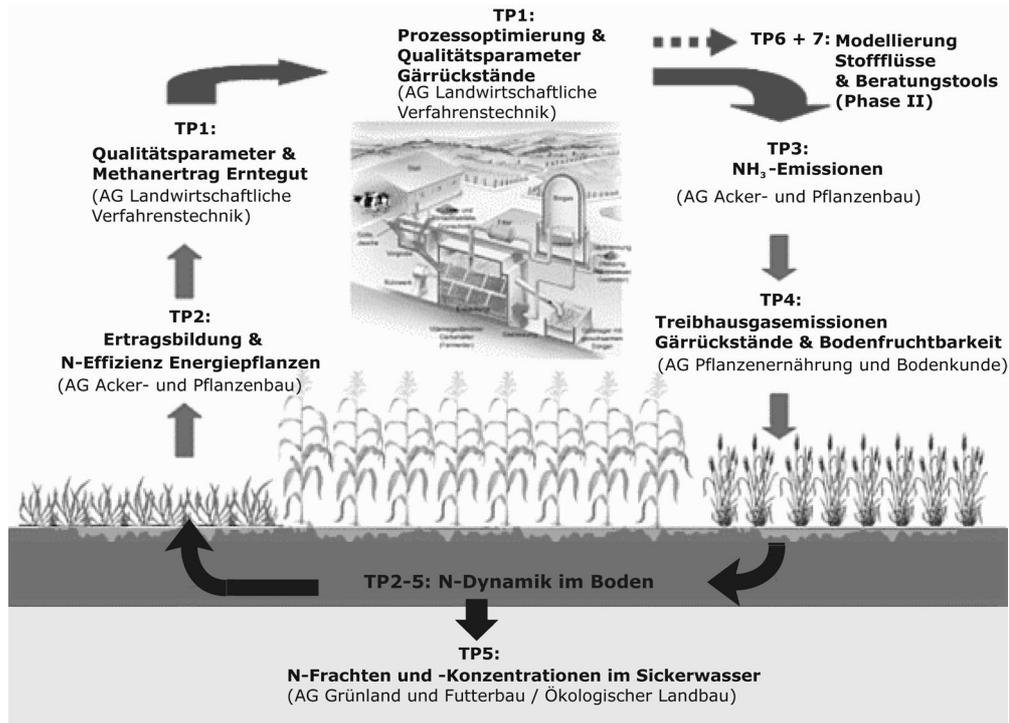


Abb. 1: Verknüpfung der Projekte im Verbundprojekt „BIOGAS-EXPERT“

Material und Methoden

Ziele des Verbundprojektes

Das Verbundprojekt „BIOGAS-EXPERT“ (BIOGAS-EXPERT 2007, Abb. 1) wurde im Rahmen des Kompetenzzentrums Biomassenutzung Schleswig-Holstein eingerichtet, um in zwei Projektphasen (bereits bewilligte Phase I: Teilprojekte 1-5, Phase II: TP 1-5 (Abschluss), TP 6 und 7) für zwei repräsentative Standorte Schleswig-Holsteins in der Geest (Versuchsgut Karkendamm) und im Hügelland (Versuchsgut Hohenschulen) einen systemorientierten Ansatz durch Erreichen folgender Teilziele zu etablieren:

Phase I (2006-2009)

- I. landschaftsraumbezogene, repräsentative Erfassung der Stoffflüsse (N,C) im System Boden-Pflanze-Fermenter,
- II. quantitative Ermittlung der Sensitivität produktionstechnischer Maßnahmen (Terminierung und Dosierung der Gärrestapplikation) auf die Ausprägung von Verlustpfaden (Ammoniakemission, Emission klimarelevanter Gase und N-Sickerwasseraustrag), sowie
- III. Erfassung der Wirkung der Gärrestapplikation auf die Ertragsbildung der Energiepflanzen, die Bodenfruchtbarkeit (Humus-C) und die Methanausbeute des Substrats in Abhängigkeit von definierten Prozessteuerungen im Fermenter, um daraus in der

Phase II (2009-2011)

- IV. bestehende Modellansätze zur Abbildung der Stoffflüsse und Verlustpfade im System Boden-Pflanze-Fermenter auf Betriebsebene mit den erhobenen Daten zu parametrisieren,
- V. diese Modellansätze zu verknüpfen und auf Basis repräsentativer Landschaftsräume (Hügelland, Geest) zu regionalisieren,
- VI. diese Paket als ein Beratungs-Tool zu implementieren, was der landwirtschaftlichen Praxis auf einzelbetrieblicher Ebene die Umsetzung einer guten fachlichen Praxis erlaubt und der Politik ein landschaftsraumbezogenes Planungsinstrument an die Hand gibt, welches Fehlallokationen von Biogasanlagen verhindert.

Grundlage der Arbeiten sind experimentelle Untersuchungen von ca. 2,5 Jahren Dauer (Teilprojekte 1-5). Die Teilprojekte 6 und 7 in Phase II widmen sich der zusammenfassenden Synthese der Teilergebnisse, wobei das abschließende Resultat ein biophysikalisches Prozessmodell für die Stoffflüsse im System Boden-Pflanze (TP6) bzw. ein mathematisches Modell zur Planung und Optimierung des Biogasprozesses (TP 7, Prozessmodell) sein wird.

Umsetzung in der ersten Projektphase

In der Projektphase I wurde begonnen, auf den zwei repräsentativen Standorten charakteristische Szenarien im Hinblick auf die Energiepflanzenproduktion abzubilden und in vernetzten Teilprojekten (TP 1- 5) die Stoffflüsse im Produktionssystem zu ermitteln

Kurzbeschreibung der Teilprojekte

Teilprojekt 1: Substratqualität/ Methanausbeute und Prozess-Steuerung im Fermenter (Gruppe Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik): Das Ziel des Teilprojektes (TP 1) ist die umfassende Beschreibung der Gaserträge und des Gärverhaltens unterschiedlicher Biogassubstrate durch a.) Ermittlung des maximalen Gasertrags im Batch-Ansatz, und b.) Ermittlung des technisch realisierbaren Gasertrags im kontinuierlichen Ansatz. Die Prozesscharakterisierung bildet die Basis eines Prognosemodells zur Prozessoptimierung (Phase II)

Teilprojekt 2: Ertragsbildung und N-Effizienz (Gruppe Acker- und Pflanzenbau gemeinsam mit Gruppe Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau): Das beantragte Teilprojekt hat zum Ziel, unterschiedliche Energiepflanzenanbausysteme im Hinblick auf Ihre Leistungsfähigkeit und die Verwertungsmöglichkeiten von Gärrückständen zu untersuchen. Auf den zwei Versuchsstandorten wurden im Herbst 2006 Feldversuche etabliert, in denen Maismonokulturen, Energiepflanzenrotationen und Grünlandbestände in unterschiedlichen Düngungsregimen untersucht werden.

TP 3: Ammoniakemission (Gruppe Acker- und Pflanzenbau): Auch nach Applikation von Gärresten im Feld ist von hohen N-Verlusten durch NH_3 -Verflüchtigung auszugehen, da Gärreste hohe pH-Werte und hohe NH_4^+ -Gehalte aufweisen. Zur Quantifizierung dieser NH_3 -Emissionen wird die NH_3 -Verflüchtigung mit einer mikrometeorologischen Methode, der Standard Comparison Methode und einer dynamischen Kammermethode gemessen. Neben begleitenden Prozessstudien werden auch Modellmodule zur dynamischen Berechnung der NH_3 -Verflüchtigung mit Computersimulationsmodellen entwickelt.

TP 4: Treibhausgasemissionen und Bodenfruchtbarkeit (Gruppe Pflanzenernährung): Lachgas entsteht nach der Ausbringung von mineralischen und organischen Düngemitteln in Böden. Neben der Wirkung der Ausbringung von Gärresten auf die Lachgasemissionen ist auch ein Effekt auf die Methanflüsse aus bzw. in den Boden zu erwarten. Die Lachgas- und Methanflüsse werden ganzjährig in definierten Zeitfenstern mittels der Closed-Chamber-Methode erfasst. Durch die Abbildung der Prozesse im Simulationsmodell soll die Grundlage für ein effizientes und umweltschonendes Management der Gärrestdüngung bereitgestellt werden.

Teilprojekt 5: Auswirkung der Gärrestapplikation auf das N-Auswaschungspotential unterschiedlicher Fruchtfolgen (Gruppe Grünland und Futterbau/ Ökologischer Landbau): Ziel des Projektes ist die systematische Analyse und Bewertung des N-Auswaschungspotentials der ausgewählten Energiepflanzenproduktionssysteme in Abhängigkeit der N-Düngung und der Düngesubstrate. Seit November 2006 werden in den 2 Versuchsstandorten in wöchentlichen Abständen Sickerwasserbeprobungen durchgeführt und die Proben auf die Gehalte an NO_3^- , NH_4^+ und N_{org} analysiert. Die erhobenen Daten dienen außerdem dazu, Module dynamischer Simulationsmodelle zur Quantifizierung des Bodenwasser- und N-Haushaltes anzupassen und weiter zu entwickeln.

Teilprojekt 6: Modellkopplung und Regionalisierung (GIS) (Gruppe Acker- und Pflanzenbau & Gruppe Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau): Ziel ist die Entwicklung und Anwendung eines gekoppelten Gesamtmodells für das System Fermenter-Boden-Pflanze. Das Modell soll der Quantifizierung der Ertragsleistungen von Energiefruchtfolgen auf unterschiedlichen Standorten, der N-Verluste (NO_3^- , N_2O -, NH_3 -Verluste) und N-Nutzungseffizienz, sowie der Humusbilanz dienen. Hiermit können Strategien entwickelt werden, die zu einer Minderung von potentiell negativen Umwelteffekten der Gärrestapplikation und des Energiepflanzenanbaus beitragen. Planungen der regionalen Allokation von Biogasanlagen können durch das Modellsystem unterstützt werden.

Teilprojekt 7: Entwicklung eines mathematischen Modells zur Planung und Optimierung des Biogasprozesses (Gruppe Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik): Es soll ein mathematisches Modell entwickelt werden, mit dem der anaerobe Gärprozess im Fermenter für eine große Auswahl von Substraten aus Energiepflanzen unter unterschiedlichen Umgebungsbedingungen simuliert werden kann. Die Prozessmodellierung erlaubt Vorhersagen über die möglichen Gasausbeuten einer zu projektierenden Anlage bei gegebenen Substraten, Anlagentechnik und Umgebungsbedingungen und ermöglicht außerdem eine optimierte Prozesssteuerung während des Betriebs einer Anlage. Somit können wechselnde Substratqualitäten ausgeglichen werden, um vermeidliche Störeinflüsse zu kompensieren.

Literatur

BIOGAS-EXPERT, 2007, www.biogas-expert.uni-kiel.de

Workshop II: Natur - Umwelt - Erholung



Neue Bewirtschaftungsstrategien für den Wiesenvogelschutz: Leader+ Projekt am Großen Meer im Auftrag des LHV-Ostfriesland

G. Lange

Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich 3.1.5 – Grünland und Futterbau,
Johannsenstraße 10, 30159 Hannover

Einleitung und Problemstellung

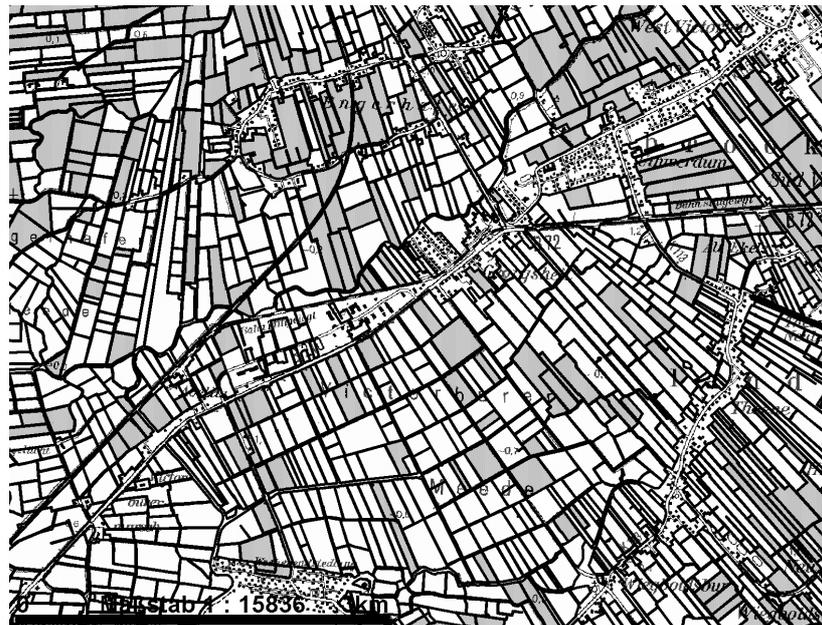
Die Region um das Große Meer bei Aurich hat besondere Trittsteinfunktion für den Schutz vieler Limikolen wie Kiebitz, Uferschnepfe, Rotschenkel, u.a. mehr und wurde deshalb als EU-Vogelschutzgebiet in die FFH Gebietskulisse aufgenommen. Die Einhaltung von Bewirtschaftungsauflagen wird im Rahmen des Kooperationsprogramms Feuchtgrünland vom Land Niedersachsen gefördert. Dieser Vertragsnaturschutz erreicht nur einen Bruchteil der Grünlandflächen. Die Mehrzahl der Limikolen brütet in intensiver genutzten landwirtschaftlichen Nutzflächen. Im Rahmen dieser Studie sollen in enger Kooperation von Landwirtschaft und Naturschutz neue Bewirtschaftungsstrategien für den Wiesenvogelschutz abseits konventioneller Naturschutzauflagen entwickelt werden, die zum einen die Akzeptanz der Landwirte erhöhen und zum anderen durch eine art- und standortbezogene Anpassung der Bewirtschaftungsvorgaben einen effektiven Wiesenvogelschutz ermöglichen. Der Gelegeschutz soll günstige Bedingungen für die erfolgreiche Etablierung von Gelegen schaffen, und diese bei Bedarf durch geeignete Maßnahmen während der Schlupf- und Aufzuchtzeit schützen. Dabei wird die Bewirtschaftungsintensität nur geringfügig oder gar nicht eingeschränkt. Es handelt sich um verschiedene Maßnahmen in Abhängigkeit von der landwirtschaftlichen Nutzung.

Material und Methoden

Ausgehend von ornithologischen Brutkartierungen ab Ende März werden seit 2004 in einem intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebietsteil die Gelege von Wiesenvogelarten markiert. Die Markierungen erfolgen durch armlange Bambusstöckchen, die in Bearbeitungsrichtung vor und hinter dem Gelege gesetzt werden. Bewirtschafter, auf deren Flächen Brutvorkommen sind, werden direkt kontaktiert und gebeten, die markierten Gelege bei der Bewirtschaftung möglichst nicht zu beeinträchtigen. Als Anreiz wurde zunächst eine Prämie in Höhe von € 25,- je erfolgreich geschütztem Gelege ausgezahlt. Die Bewirtschafter wurden nach dem ersten Projektjahr zu ihren Erfahrungen mit dem Gelegeschutz interviewt, um ihre Erfahrungen zu erfragen sowie eigene Ideen für einzelne Maßnahmen zu diskutieren, die zusätzlich gefördert werden können, wenn Sie dem Schutz der Brutvögel dienen oder deren Brutbedingungen verbessern helfen. Vertraglich vereinbarte Ausgleichszahlungen für konkrete Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden mit Hilfe von Richtwertdeckungsbeiträgen bewertet.

Vorraussetzung für die Annahme eines Vertrages ist die naturschutzfachliche Genehmigung durch die beteiligte NABU-Station vor Ort. Während der gesamten Brutzeit werden regelmäßig Gelegevorkommen kartiert und Schlupferfolge sowie prädierte Nester

festgehalten. Diese Arbeit wird durch das Büro für Biologie & Umweltplanung in Oldenburg, namentlich Herrn Tim Roßkamp geleistet.



Grünlandanteil: 79 %

Acker: 21 %

Abb. 1: Nutzungskartierung

Ergebnisse und Diskussion

Die am Projekt direkt beteiligten Betriebe zeichnen sich durch eine vielfältige Betriebsstruktur aus. Sie bewirtschaften zusammen etwa 340 Hektar Grünland und 460 Hektar Ackerland. Die vorherrschende Grünlandnutzung sowie durch unterschiedliche Ackerkulturen aufgelockerte Mosaikstruktur des Gebietes bieten offensichtlich sehr günstige Bedingungen für eine Vielzahl von Kiebitzbruten. Die Flächennutzung im Gebiet ist durch einen Grünlandanteil von fast 80 % der LF gekennzeichnet. Daneben stellen der Maisanbau sowie Getreideanbau mit jeweils ca. 10 % den zweitgrößten Anteil (vgl. Abb. 1).

Die Aufwendungen der Landwirte konnten durch die Honorierung der geschützten Gelege sehr zielorientiert auf die mit Vogelgelegen besetzten Flächen fokussiert werden. Der Mitteleinsatz wird auf das eigentliche Ziel in der Gebietskulisse, den Erhalt der Wiesenvogelpopulation gelenkt. Dieses einfache Honorierungsmodell weist eine Kostenquote von 7,50 € je potenziell geschlüpftem Ei auf.

Die Markierung und Meldung der Gelege erfolgt teilweise durch Landwirte selbst. Besonders viele Kiebitzgelege werden auf Ackerflächen während der Feldarbeiten markiert und geschützt. Grünlandgelege von Uferschnepfe, Austernfischer und Rotschenkel werden vorwiegend von den beauftragten Ornithologen im Projekt markiert. Fast 60 % aller geschützten Gelege fanden sich 2006 in Ackerkulturen und lediglich 40 % wurden im Dauergrünland geschützt. Die Art Kiebitz hat sich an die zunehmende Ackernutzung im Gebiet besonders gut angepasst und brüten zu mehr als 75 % in Ackerkulturen.

Tab. 1: Verteilung der Brutrevierpaare (n. Roßkamp, 2007)

Brutrevierpaare Brutzeiträume	Kiebitz			Uferschnepfe			Austernfischer		
	1995	2001	2006	1995	2001	2006	1995	2001	2006
Ackerkulturen	2	1	50	1		1	2		8
Intensivgrünland	23	40	13	10	18	10	5		3
Mesophiles Grünland	5	3	1	1	2	1	2		
Naßgrünland	3	1	2			2			
Revierpaare insgesamt	33	45	66	12	20	14	9	0	11

Die Arten Uferschnepfe (12 bis 20 BP) und Rotschenkel (1 bis 5 BP) wurden jeweils zu > 80 % in Intensivgrünland kartiert und geschützt (Tab. 1). Auch Austernfischer (9 – 11 BP) traten schwerpunktmäßig in intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen auf (77 bis 100% in Acker und Intensivgrünland. Die Prädation durch Räuber war 2006 im Grünland (46%) deutlich höher als im Acker (32%). Die in den Vorjahren geschützten Gelege lagen bei 83-85 Gelege (83-85% der Gelege des Jahres 2006), wobei die *Prädationsraten im Grünland bei 60 %* lagen.

Unsicherheiten sind bei Bewirtschaftern bezüglich der richtigen Verhaltensweise vorhanden, wenn Gelege entdeckt werden. Fragen der Näherung und Markierung sowie des gefahrlosen Umsetzens von Gelegen müssen kommuniziert und von erfahrenen Landwirten und Vogelschützern an Auszubildende und Mitarbeiter weitergegeben werden. Familienbetriebe sind grundsätzlich besser geeignet als Betriebe mit mehreren wechselnden Arbeitskräften. Für Bewirtschafter ist mit der Zunahme von Arbeitsspitzen im Frühjahr die aktive Gelegesuche und Markierung kaum noch möglich.

2006 konnten durch den Einsatz von weniger als € 8.000,- insgesamt 100 Gelege geschützt werden. Insgesamt wurde in den Jahren 2006/2007 gegenüber 2004/2005 ein deutlich besseres Ergebnis in Bezug auf die Wiesenvogelpopulation erreicht. Für die ornithologische Betreuung im Projekt werden € 12.000,- jährlich veranschlagt, so dass je Brutpaar 2006 nochmals € 120,- verausgabt werden. Je Gelege werden im Mittel € 200,- verausgabt.

Schlußfolgerungen

Der Gelegeschutz am Großen Meer zeigt, dass der Erhalt hoher Brutvogelaufkommen in intensiv bewirtschafteten Futterbauregionen möglich ist. Die Effizienz des Mitteleinsatzes wird durch das erfolgsorientierte Honorierungsprinzip sichergestellt. Für wirtschaftende Betriebe ergeben sich eine hohe Akzeptanz und die Bereitschaft, sich aktiv zu beteiligen, so dass auch ein Gewinn für die Landwirtschaft gegeben ist.

Literatur

ROßKAMP, TIM (2007): Bewirtschaftungsstrategien für den Wiesenvogelschutz, unveröffentlichter Vorbericht zum Projektverlauf, Büro für Biologie & Umweltplanung, Oldenburg 2007.

Effect of long-term nitrogenous losses to the ^{15}N natural abundance

M. Kriszan, W. Kühbauch, W. Amelung, J. Schellberg und T. Gebbing

Department of Crop Science and Resource Conservation, University Bonn

Introduction

High amendments of nitrogenous fertilizers stimulate biomass production and increase the N content in plant material. However, any N fertilization is accompanied by undesirable side effects related to N losses through ammonia volatilization, NO_3^- leaching or nitrogenous trace gas emissions (DITTERT ET AL., 1998). The N transformations in any ecosystem lead to N isotope fractionation, i.e. discrimination occurs against the heavier ^{15}N form. Such $\delta^{15}\text{N}$ fractionations range from 0‰ to 35‰ for N_2 fixation and NH_3 volatilization, respectively (HÖGBERG, 1997). According to the Rayleigh model (ROBINSON, 2001) all products that are emitted to the environment (NH_3 , N_2O , NO , N_2 , NO_3^-) are generally ^{15}N depleted, and, hence, the remaining natural N-sources are enriched in ^{15}N (HÖGBERG, 1997). Such enrichment might be a promising signature to reconstruct N losses due to management in different compartments of an agricultural farm (WATZKA ET AL., 2006).

The aim of the present study was to report on the variety of $\delta^{15}\text{N}$ values and total N stocks in a grassland farm. We hypothesized that different forms of N fertilization can be traced back by characteristic $\delta^{15}\text{N}$ values in soils and plants. Furthermore, we hypothesized that elevated $\delta^{15}\text{N}$ values of various N-pools indicate an N-surplus emitted to the environment. We explored whether the $\delta^{15}\text{N}$ values of harvested plant biomass is secondarily influenced by floristic composition, due to plant specific isotope discrimination processes.

Materials and Methods

To relate N losses to fertilizer N, samples were collected from a 22 year old field lysimeter experiment that has been conducted at the Research Station Rengen (Eifel Mountains, Germany). The experiment was performed in three different treatments in randomised complete block design, with 3 blocks consisting of 5 permanent grassland plots (2 x 6 m). N was (Tab.1) either applied in organic fertilizer (cattle slurry), mineral fertilizer (calcium ammonium nitrate) or as a mixture of both (Tab. 1). Four cuts per season were performed.

Tab. 1: Experimental design of fertilizer treatments

Type I	unfertilized control
Type II	240 kg org N
Type III	480 kg org N
Type IV	200 kg min N
Type V	200 kg min N + 160 kg org N

Bulk soil samples were taken from each plot concurrently and were then divided into subsamples from 0-5 cm, 5-10 cm and 10-30 cm soil depth. Total N content as well as natural ^{15}N abundances in all samples were determined by dry combustion using an elemental analyzer (NA 1108, Carlo Erba, Milan, Italy) coupled with a continuous-flow isotope ratio mass spectrometer (Delta Plus, ThermoFinnigan, Bremen, Germany).

All laboratory N and $\delta^{15}\text{N}$ measurements were carried out at the Department of Grassland Science at TUM, Weihenstephan.

Results and Discussion

With increased N fertilization the total N contents of soils did not hardly changed (data not shown), suggesting that N losses in soils increased as a result of increased fertilizer application. Indeed the $\delta^{15}\text{N}$ values of both soils and harvested plant biomass increased with the amount of applied N fertilizer (Fig. 1 and 2). Soil $\delta^{15}\text{N}$ values ranged from $1,8 \pm 0,2\text{‰}$ to $6 \pm 0,2\text{‰}$ in upper horizons and $3,5 \pm 0,5\text{‰}$ to $5,5 \pm 0,6\text{‰}$ in deeper soil layers. The results support the hypothesis, that increasing N applications were reflected by increased soil $\delta^{15}\text{N}$ values.

At present we only have the $\delta^{15}\text{N}$ value for the mineral fertilizer, which averaged $-1 \pm 0,2\text{‰}$. Thus, the increased addition of the $\delta^{15}\text{N}$ value with increased inorganic fertilization is not due to the fertilizer signal itself – it must be due to N isotope fractionation which discriminates against the heavier ^{15}N (DAWSON, 2002, HANDLEY and RAVEN, 1992 YONEYAMA, 1996) when N losses increase (HÖGBERG, 1997). Processes leading to N losses result in considerable fractionations, especially during NH_3 volatilization (29‰), denitrification (0-33‰) and nitrification (15-35‰). Accordingly, products of N fractions lost to the environment (NH_3 , N_2O , NO , N_2 , NO_3^-) are ^{15}N depleted while the residual N-sources are enriched in ^{15}N (HANDLEY and RAVEN, 1992, YONEYAMA, 1996).

Plots receiving organic fertilizer compared to mineral fertilizer showed higher $\delta^{15}\text{N}$ values in each soil depth (Fig. 1), primarily due to microbial processes and ammonia volatilization processes during storage (CHOI, 2003). Moreover, differences in soil and plant $\delta^{15}\text{N}$ could be caused by high amounts of N lost to the atmosphere during slurry application (YONEYAMA, 1996).

Similarly to soils, plant $\delta^{15}\text{N}$ increased with increasing amount of applied N, depending on the N form applied. The above ground total biomass $\delta^{15}\text{N}$ values ranged from $-1,2 \pm 0,5\text{‰}$ to $4,4 \pm 0,3\text{‰}$ (Fig. 2). This finding suggests that major N signals from the fertilizer N were recovered in the plants, as expected. Plant $\delta^{15}\text{N}$ values were correlated with the corresponding top soils (Fig. 3) for 4 out of 6 plant species (Fig. 3). Exceptions were the $\delta^{15}\text{N}$ signals of *T. repens* L. and *T. pratense* L. ($-0,8 \pm 0,3\text{‰}$ to $-0,3 \pm 0,1\text{‰}$), which did less clearly follow the $\delta^{15}\text{N}$ signals of the surface soils (Fig 3). Differences between isotope signatures of sources and sinks could be explained furthermore by enzyme-mediated reaction discriminating against ^{15}N (HANDLEY and RAVEN, 1992).

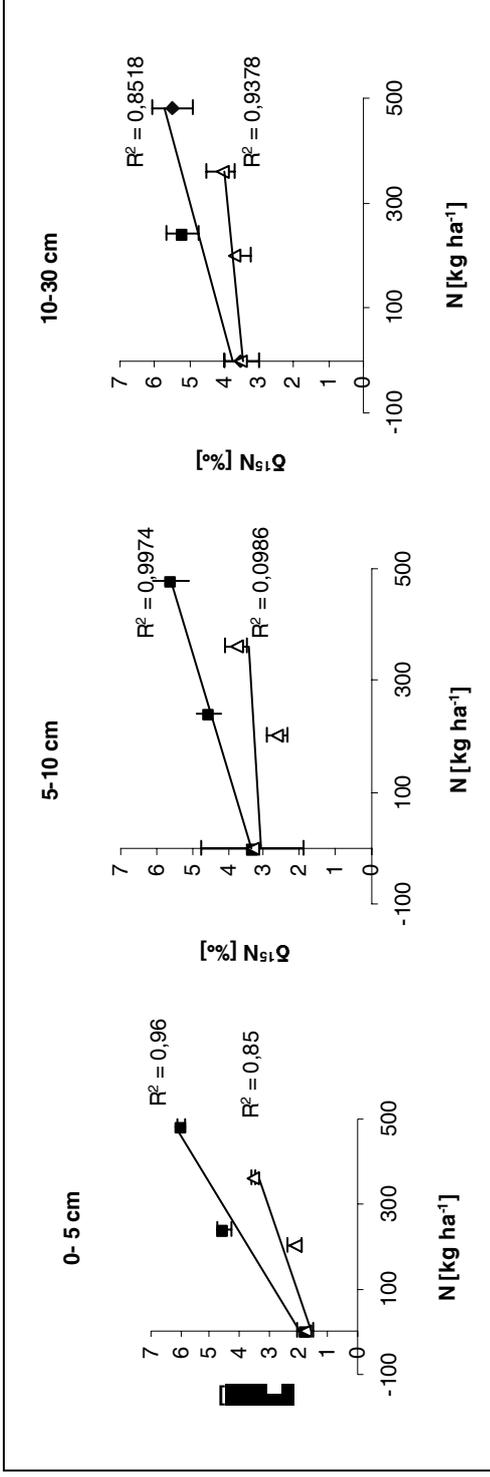


Fig. 1: $\delta^{15}\text{N}$ abundances of soils in relation to amount of N applied as organic fertilizer (closed symbols) and mineral/ mixed fertilizers (open symbols) in different soil depths

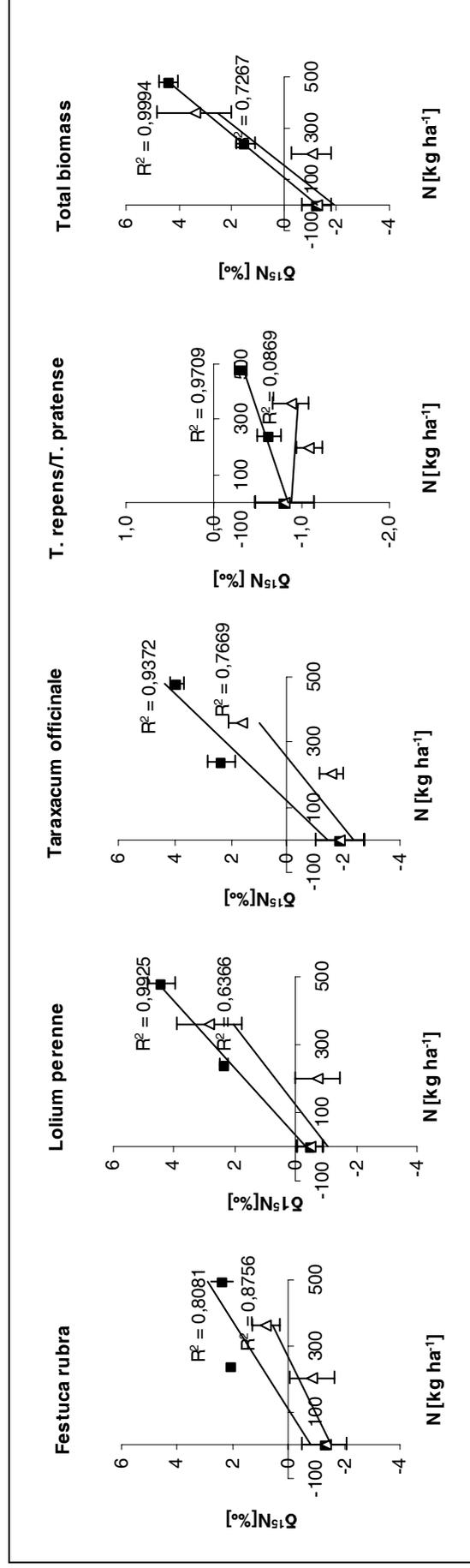


Fig. 2: $\delta^{15}\text{N}$ abundances of harvested plant material in relation to the amount of N applied (for symbols see Fig.1)

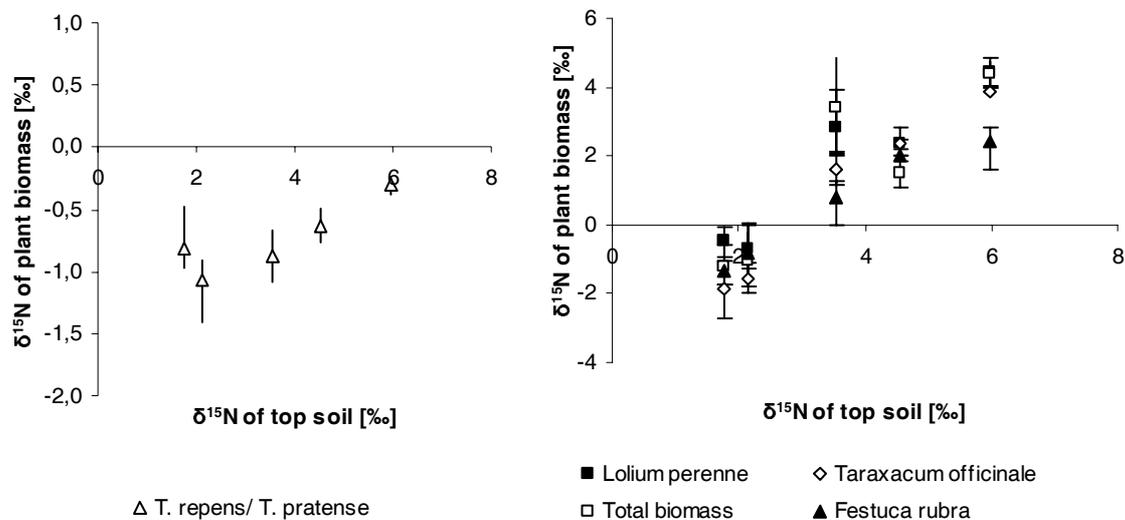


Fig. 3: Relation between $\delta^{15}\text{N}$ of top soils and $\delta^{15}\text{N}$ of plant biomass

Especially mineral N that is taken up by plants is potentially depleted in heavier N isotopes because of discrimination processes when liberated from organic pools by mineralization (KERLEY and JARVIS, 1996). Even microbial heterotrophs produce ^{15}N depleted excreta, which are available for N uptake by plants (NADELHOFFER et al., 1996).

Distinctions in $\delta^{15}\text{N}$ among plant species may reflect differences in plant growth, resource acquisition strategies or varieties in $\delta^{15}\text{N}$ of soil N pools for which they compete (NADELHOFFER et al. 1996).

The $\delta^{15}\text{N}$ values of soils and above ground biomass were highly correlated with the fertilizer management. Thereby not only the quantity but also the chemical form of applied N- fertilizer was reflected by the variations in ^{15}N abundance of each component. Despite the large variability of $\delta^{15}\text{N}$ values found in different compartments of the ecosystems, our results thus clearly showed that it is possible to use the $\delta^{15}\text{N}$ natural abundance technique to track hot spots of inefficient N usage in a 22 year old experiment.

References

- CHOI, W-J, RO, H-M, HOBBI, E.A. (2003): Patterns of natural ^{15}N in soils and plants from chemically and organically fertilized uplands. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 1493-1500
- DAWSON, T.E., MAMBELLI, S., PLAMBOECK, A.H., TEMPLER, P. H. AND TU, K.P. (2002): Stable Isotopes in Plant Ecology. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33, 507-559
- DITTERT, K., GEORGES, T., SATTLEMACHER B. (1998): Nitrogen turnover in soil after application of animal manure and slurry as studied by stable isotope ^{15}N : a review. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 161, 453-463
- HANDLEY, L.L., RAVEN, J.A. (1992): The use of natural abundance of nitrogen isotope in plant physiology and ecology. *Plant, Cell and Environment* 15, 965-985

- HÖGBERG, P., HÖGBOM, L. SCHINKEL, H., HÖGBERG, M., JOHANNISSON, C., WALLMARK, H. (1996): ^{15}N abundance of surface soils, roots and mycorrhizas in profiles of European forest soils. *Oecologia* 108, 207-214
- HÖGBERG, P. (1997): ^{15}N natural abundance in soil- plant systems. *New Phytol.* 137, 179-203
- KERLEY, S.J., JARVIS, S.C. (1996): Preliminary studies of the impact of excreted N on cycling and uptake of N in pasture systems using natural abundance stable isotope discrimination. *Plant and Soil* 178, 287-294
- NADELHOFFER, K., SHAVER, G., FRY, B., GIBLIN, A., JOHNSON, L., MCKANE, R. (1996): ^{15}N natural abundance and use by tundra plants. *Oecologia* 107, 386-394
- ROBINSON, D. (2001): $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle. *TRENDS in Ecology & Evolution* 16, 153-162
- WATZKA, M., BUCHGRABER, K., WANEK, W. (2006): Natural ^{15}N abundance of plants and soils under different management practise in a montane grassland. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 1564-1576
- YONEYAMA, T. (1996): Characterization of natural ^{15}N abundance of soils. In *Mass Spectrometry of Soils*, ed. Boutton, T.W., Yamasaki, S., pp 204-223, New York: Dekker

Ökologische und gesellschaftliche Bedeutung der Rasenkultur

H. Schulz

Institut für Pflanzenbau und Grünland, Rasen-Fachstelle, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart

Einleitung

Rasenkultur ist der Begriff für die Herstellung, Erhaltung und Nutzung bodensichernder, ökologisch wertvoller Flächen zur Verbesserung der Umweltbedingungen sowie für Sport und Erholung. Sie hat sich aus landwirtschaftlichen und gärtnerischen Erfahrungen entwickelt und durch technische und biologische Forschung inzwischen einen hohen Kenntnisstand erreicht. Die ökologische und gesellschaftliche Bedeutung der Rasenkultur ergibt sich aus dem Bedarf an begrünter Flächen für mannigfaltige Funktionen.

Rasen sind von überwiegend ausdauernden Gräsern in wechselnder Zusammensetzung bedeckte Grünflächen, die der Repräsentation, der Erholung und/oder der Verbesserung der Umwelt dienen und fast nie landwirtschaftlich genutzt werden. Rasen kann in fünf Typen unterteilt werden (Tab. 1).

Tab. 1: Rasentypen

Rasentypen	Anwendungsbereich	Eigenschaften	Pflegeansprüche
Landschaftsrasen	Kräuterrasen, Rekultivierung	Erosionsschutz, Artenvielfalt	gering
Gebrauchsrasen	Hausgärten, Wohnsiedlungen,	gering belastbar	mittel
Strapazierrasen	Sportplätze, Spielplätze	hoch belastbar, strapazierfähig	hoch
Zierrasen	Repräsentationsgrün	dichtwachsend	bis sehr hoch
Tiefschnitt- rasen	extreme Sportrasen (Golfgrün)	hohe Triebdichte, geringe Schnitthöhe	sehr hoch

Umfang

In der Bundesrepublik Deutschland werden von den 35 702 000 ha Bodenfläche (100 %) etwa 53 % landwirtschaftlich und 5 % als Rasen genutzt. Einen großen Teil nehmen Böschungsrasen und Straßenbegleitgrün ein, der Anteil an Sportrasen und Golfanlagen ist mit 0,8 bzw. 0,1 % sehr gering.

Aufgaben

Rasenflächen haben drei Hauptaufgaben zu erfüllen: ökologische, regenerativ-kompensatorische und ästhetische. Zu den ökologischen Aufgaben der Rasenkultur gehören neben der Minderung der Treibhausgasemissionen der Boden- und Grundwasserschutz sowie die Erhaltung der Artenvielfalt von Flora und Fauna.

Boden- und Grundwasserschutz

Die Bodenerosion unter Grünland (Rasen) ist sehr gering. Nach SCHWERTMANN (1997) geht sie gegenüber Schwarzbrache (100 %), Silomais (50 %) und Zuckerrüben (28 %) unter Dauergrünland gegen Null. Nach Untersuchungen von QUIST (1984) beträgt der jährliche Bodenabtrag bei 5 bis 7 % Neigung bei Zuckerrüben 80 bis 120 dt/ha, bei Grünland dagegen nur 0 bis 1 dt/ha.

Auf Intensivrasenflächen kann der Düngermiteinsatz sehr hoch sein (HARDT u. SCHULZ, 1989), dagegen werden Landschaftsrasen kaum gedüngt. Gegenüber der Landwirtschaft liegt er auf Golfplätzen für N und K₂O bei 30 - 40 %, bei P₂O₅ bei 10 - 20 % (SCHULZ und HARDT, 1996). Diese Tatsache spiegelt sich auch in den N_{min}-Werten wider (Tab. 2).

Tab. 2: N_{min}-Werte (kg N_{min}/ha) in verschiedenen Bodenschichten auf Landwirtschafts- und Golfflächen bei Stuttgart (SCHULZ u. HARDT, 1996)

Bodenschichten (cm):		0 – 30	30 – 60	60 – 90	0 – 90
Landwirtschaft (Mittelwert aus 17 Proben)		33	22	9	64
Golfplatz in unmittelbarer Nähe (25 Jahre alte Anlage)	Grüns	9	3	3	15
	Fairways	12	8	3	23
Golfplatz in 10 km Entfernung (neue Anlage)	Rauhes	6	3	2	10
	Grüns	4	9	6	19
	Fairways	6	3	2	11

Flora und Fauna

Auf Intensivrasenflächen sind nur einige wenige Pflanzenarten den speziellen Anforderungen bei Belastung gewachsen. Nach Untersuchungen auf verschiedenen Grünland- und Rasenflächen (ALBRACHT, 1997) kamen im Mittel von 16 Standorten auf Fußballrasen 17

Arten vor, auf Weideflächen 41 Arten und auf Fairways 21 Arten. Auf Golfanlagen mit ihren verschiedenen Funktionsflächen sind insgesamt viele Pflanzenarten zu erwarten. Bei Bestandsaufnahmen auf süddeutschen Golfplätzen wurden in Donaueschingen mehr als 100 (SGONINA, 1990), auf drei Anlagen in Bayern sogar über 200 (MICHAELSEN, 1991) verschiedene Pflanzenarten notiert. Als Beispiel für Entwicklungsmöglichkeiten in Rauhflächen wird eine 1989 neu errichtete Anlage aufgeführt, wo sich Artenzahl und Deckungsgrad der Wiesenkenntarten erhöht haben und Zeigerpflanzen für N-Überschuß und gestörte Flächen zurückgegangen sind (Tab. 3). Auf landwirtschaftlichen Grünflächen im württembergischen Allgäu haben wir dagegen einen Rückgang der Artenzahl je Aufnahmefläche von 25 auf 19 innerhalb von 10 Jahren festgestellt (GROSS und SCHULZ, 1980).

Tab. 3: Veränderung der botanischen Zusammensetzung einer Rauhfläche von 1990 bis 1998 in Wörthsee (SCHULZ u. HARDT, 1999)

	Artenzahl		Deckungsgrad %	
	1990	1998	1990	1998
Kennarten der Glatthaferwiesen	11	17	34	53
Zeigerpflanzen für N-Überschuß	3	2	13	5
Zeigerpflanzen für gestörte Flächen	4	2	5	2

Auch das Bodenleben wird unter Dauerbegrünung gegenüber Ackerland gefördert. Als Beispiel sind Biomasse und Abundanzen der Regenwürmer angeführt (Tab. 4).

Tab. 4: Biomasse und Abundanzen der Regenwürmer (ALBRECHT, 1998)

	Biomasse g/m ²	Individuen/m ²
Ackerflächen	13	67
Intensiv-Wiesen	28	130
Rauhflächen	67	240
Fairways	15	31

Regenerativ-kompensatorische Aufgaben

Rasen hat vielfältige positive Wirkungen auf das soziale, physische und psychische Wohlbefinden der Menschen. Sportliche Aktivitäten, Erholung und Naturerlebnis sind Faktoren, die den Wert der Rasenflächen ausmachen. Voraussetzung für die Sportausübung auf Rasen sind strapazierfähige, dichtwachsende, homogene und einheitlich zusammengesetzte Rasennarben. Sie sind nur durch intensive Pflege (Nährstoffversorgung, Pflanzenbehandlung, Bewässerung) zu erhalten. Aus ökologischen Gründen sollte jedoch der Einsatz der Mittel auf den Strapazierrasenflächen (Fußball, Rasentennis, Golfgrün) in dem Ausmaß begrenzt werden, dass die Funktionserfüllung gewährleistet ist und dem Umweltschutz Rechnung getragen wird. Dazu ist es wichtig, die in den letzten Jahren erarbeiteten Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen in die Praxis umzusetzen.

Ästhetische Aufgaben

Die überbaute Umwelt nimmt stark zu. Deshalb haben Rasenflächen als Gestaltungselement und zur Verschönerung des Ortsbildes eine wichtige Funktion. Das ästhetische Empfinden beim Anblick von Rasen kann nicht verallgemeinert werden. Ein Teil der Bevölkerung wird einen homogenen, einheitlich zusammengesetzten Zierrasen als schön empfinden, während der andere Teil begeistert ist von einem nicht sonderlich gepflegten Landschaftsrasen mit schön blühenden Kräutern und nektarsuchenden Insekten. Es ist eine wesentliche Aufgabe für Stadtplaner und Landschaftsarchitekten, die verschiedenen Rasentypen auch nach ästhetischen Gesichtspunkten sinnvoll einzusetzen.

Schlußfolgerungen

Die Bedeutung der Rasenkultur ergibt sich aus dem Bedarf an ökologisch wertvollen (Boden-, Grundwasserschutz, Emissionsminderung, Artenschutz), für Erholung und sportliche Aktivitäten geeigneten, ästhetisch anzusehenden Grünflächen. Besonders in Verdichtungsgebieten erfüllen die verschiedenen Rasentypen wichtige Funktionen. Für die Pflege der Rasenkultur ist ein gut ausgebildetes Management notwendig, das die wissenschaftlichen Ergebnisse der internationalen Untersuchungen in die Praxis umsetzen kann.

Literatur

- ALBRACHT, R. (1997): Zur Variabilität des Arteninventares verschiedener Bereiche von Fußballrasen, Golfplätzen und Mähweiden. *Dissertation*. Universität Gießen.
- ALBRECHT, M. (1998): Vergleichende Untersuchungen der Regenwurmpopulation differenziert bewirtschafteten und genutzten Grünlandes verschiedenen Alters sowie von Acker und Wald. *Diplomarbeit*. Universität Hohenheim.
- GROSS, G. und SCHULZ, H. (1980): Vergleichende Grünlanddaten aus dem Württembergischen Allgäu unter besonderer Berücksichtigung der Pflanzenbestände. *Das wirtschaftseigene Futter* 26, 207-215.
- HARDT, G. und SCHULZ, H. (1989): Vergleichende N_{min} -Untersuchungen unter einer Sportrasenfläche. *Zeitschrift für Vegetationstechnik* 12.
- MICHAELSEN, J. (1991): Pflanzenbestände auf extensiv genutzten Golfflächen – Untersuchungen anhand von drei Golfplätzen im Großraum München. *Diplomarbeit*. Universität Hohenheim.
- QUIST, D. (1984): Zur Bodenerosion im Zuckerrübenanbau des Kraichgaus: ein Vergleich ausgewählter nicht flurbereinigter und flurbereinigter Gebiete. *Dissertation*. Universität Heidelberg.
- SCHULZ, H. und HARDT, G. (1996): Boden- und Grundwasserbelastung durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel auf Golfplätzen im Vergleich zur Landwirtschaft. In der Reihe *Golf + Naturschutz* vom Deutschen Golf Verband Wiesbaden.
- SCHULZ, H. und HARDT, G. (1999): Flora und Fauna auf Golfplätzen. In der Reihe *Golf + Naturschutz* vom Deutschen Golf Verband Wiesbaden.
- SCHWERTMANN, M. (1997): Stand der Erosionsforschung in Bayern. *Ökologische Probleme in Agrarlandschaften* 30. Universität Hohenheim.
- SGONINA, M. (1990): Einsaat und Einpflanzung ausgewählter Arten zur Erweiterung des Artenspektrums in extensiv genutzten Golfgrasflächen (Rough) – Ergebnisse einer Untersuchung. *Diplomarbeit*. Universität Hohenheim.

Ökonomische Bewertung von FFH-Maßnahmen zur Ermittlung wirtschaftlicher Nachteile landwirtschaftlicher Unternehmen Sachsens: Gesamtbetriebliche Untersuchungen

A. Münnich*, M. Bathke**, C. Franke* und G. Riehl*

* Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, astrid.muennich@smul.sachsen.de

** Ingenieurgesellschaft entera, bathke@entera.de

Einleitung und Problemstellung

Ziel eines von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) beauftragten Forschungsvorhabens (MÜNNICH & BATHKE, 2007) war die ökonomische Bewertung von FFH-Maßnahmen und die Ermittlung wirtschaftlicher Nachteile für landwirtschaftliche Unternehmen Sachsens aufgrund von Bewirtschaftungseinschränkungen in FFH-Gebieten, Schwerpunkt Grünlandflächen.

Hierzu wurden Betriebsplanungsrechnungen für sieben ausgewählte Betriebe durchgeführt, die in stärkerem Maße von Nutzungseinschränkungen in FFH-Gebieten betroffen sind. Als Planungsinstrument wurde das Sächsische Betriebsführungskonzept (SBFK) der Landesanstalt für Landwirtschaft genutzt. In verschiedenen Szenarien wurden die Auswirkungen unterschiedlicher förderpolitischer Rahmenbedingungen untersucht sowie die Einkommenseinbußen infolge von nach FFH-Managementplan empfohlenen Erhaltungsmaßnahmen für FFH-Schutzgüter kalkuliert (Gesamtertrag, Futterqualität, Arbeitsbedarf, Maschinenkosten). Für einzelne Betriebe wurden spezielle Anpassungsmöglichkeiten (spezialisierte Färsenaufzucht, Reduzierung der Milchleistung) näher untersucht. Hierbei stellte sich die Frage, in welchem Umfang die Betriebe Futter mit geringer Nährstoffkonzentration innerbetrieblich noch sinnvoll verwerten können. In enger Abstimmung mit den Betriebsleitern wurde hierzu ein Bewertungsschema erarbeitet.

Material und Methoden

Die sieben Auswahlbetriebe liegen überwiegend im Erzgebirge und im Vogtland. Es handelt sich um Ackerbau-Milchviehverbundbetriebe und um reine Milchviehbetriebe. Ein Betrieb hält ausschließlich Mutterkühe und führt in stärkerem Umfang Landschaftspflegearbeiten durch.

Auf der Grundlage von Planungsrichtwerten der Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL, 2005) sowie ergänzender betriebsspezifischer Daten (Produktionsverfahren, Erträge, Dünger- und Pflanzenschutzmittelaufwand, Arbeitsbedarf und anderer Faktoransprüche bzw. Faktorleistungen) wurden die jeweiligen Deckungsbeiträge der verschiedenen Verfahren der Tier- und Pflanzenproduktion ermittelt (Ist-Zustand 2006). Die für die Planungsansätze verwendeten Grünlanderträge konnten auf der Grundlage einer gesamtbetrieblichen Futtermittelbilanzierung festgelegt werden.

In verschiedenen Szenarien wurden die naturschutzfachlichen Restriktionen mit ihren Auswirkungen auf Erträge, variable Kosten und Arbeitszeitbedarf eingearbeitet. Hierzu

mussten die Produktionsverfahren teilweise neu definiert und kombiniert werden. Das resultierende Betriebsergebnis wurde anschließend mit dem Referenzzustand verglichen.

Von Interesse waren in erster Linie Veränderungen des Gesamtdeckungsbeitrages. Veränderungen im Festkostenbereich wurden nur vereinzelt mit bewertet, wenn die Produktionsstruktur in einem solchen Umfang verändert werden musste, dass Anpassungen bei der Maschinen- und Gebäudeausstattung erforderlich schienen.

Die Ergebnisse der gesamtbetrieblichen Kalkulationen werden wesentlich davon bestimmt, welche Annahmen über die Verwertungsmöglichkeiten von Futter mit geringer Energiekonzentration getroffen werden. Dieser Aspekt war daher mit den Betriebsleitern intensiv zu diskutieren. Als Ergebnis wurde der verwertbare Anteil von geringerwertigem Futter festgelegt (Tab. 1)

Tab. 1: Maximaler Anteil geringerwertigen Futters am Gesamt-Rauhfutter

	< 5,0 MJ NEL/kg	< 5,8 MJ NEL/kg
Frischmelkende Kühe (Milchleistung >7500 kg pro Kuh und Jahr)	0 %	0 %
Altmelkende Kühe, Trockensteher	0 %	10 %
Färsenaufzucht	10 %	30 %
Mastvieh	0 %	20 %

Bei geringerer Intensität der Milchviehhaltung und niedriger Milchleistung könnten auch größere Mengen an Futter geringer Energiekonzentration verwertet werden. Das Schema wäre also an das jeweilige Leistungsniveau anzupassen.

Sofern aufgrund von Naturschutzauflagen die maximal verwertbare Futtermenge überschritten wurde, wurden für die anfallenden Aufwuchsmengen Kosten für die Kompostierung in Ansatz gebracht.

Auf der Grundlage des erstellten Betriebsmodells wurden für die Auswahlbetriebe u. a. Kalkulationen zu den folgenden Szenarien durchgeführt:

- Szenario 1: Wegfall aller Naturschutzprämien, betriebswirtschaftlich optimierte Nutzung der bisherigen Vertragsnaturschutzflächen (Intensivierung und/oder Mulchen der nicht für die Futterproduktion benötigten Flächen),
- Szenario 2: vollständige Umsetzung aller Erhaltungsmaßnahmen nach Vorgaben des FFH-Managementplans,
- zusätzliche Szenarien für einzelne Betriebe: Reduzierung der Milchleistung, Ausweitung der Färsenaufzucht.

Vorab wurden Modellrechnungen zu den Auswirkungen der Entkopplung der Direktzahlungen und von Milchpreisänderungen auf das Betriebseinkommen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertungen zeigen, dass die besonders grünlandstarken Betriebe zunächst von der Entkopplung der Direktzahlungen und der ab 2010 zu erwartenden Anhebung der Zahlungsansprüche für Grünland profitieren. Berücksichtigt man aber die prognostizierten Milchpreissenkungen (um 10 % auf ca. 0,24 €/kg in 2013), ergibt sich für die analysierten Grünlandbetriebe unter sonst gleichen Bedingungen ein Rückgang des Betriebseinkommens um 30-50 €/ha. Lediglich ein sehr flächenstarker Betrieb profitiert von der Neuregelung (+30

€/ha). Demgegenüber haben die viehstarken Ackerbau-Milchviehbetriebe erhebliche Verluste von teilweise über 200 €/ha zu verkraften.

Alle untersuchten Betriebe nahmen bisher in starkem Maße am sächsischen Agrarumweltprogramm „Umweltgerechte Landwirtschaft“, Teil E: Naturschutz und Erhalt der Kulturlandschaft (NAK) (Teilprogramme Feuchtwiesenpflege und Bergwiesenpflege) teil. Nach den durchgeführten Variantenrechnungen liegen die betriebsspezifischen Kosten der Umsetzung der NAK-Maßnahmen zwischen 191 und 364 €/ha. Vergleichsmaßstab ist die jeweils optimale Nutzungsalternative (Mulchen und/oder Intensivierung).

Die entstehenden Bewirtschaftungskosten werden durch die NAK-Prämie bisher abgedeckt. Eine Teilnahme am Vertragsnaturschutzprogramm ist damit für die Betriebe sinnvoller als das Mulchen der Flächen, da der Futteraufwuchs auch weitgehend in der Färsenaufzucht noch verwertet werden kann.

Modellkalkulationen zeigen, dass die innerbetrieblichen Kosten für die Umsetzung von Naturschutzmaßnahmen aber stark ansteigen würden, wenn die nach Tabelle 1 noch verwertbaren Aufwuchsmengen überschritten werden.

Nach den vorliegenden FFH-Managementplänen ist dies aber nur in geringem Umfang zu erwarten, da die Betroffenheit der untersuchten Betriebe von FFH-Erhaltungsmaßnahmen auf Grünland relativ gering ist.

Die Kosten für die vollständige Umsetzung der Erhaltungsmaßnahmen liegen zwischen 284-355 €/ha und können auch zukünftig durch die vorgesehenen Prämiensätze (SMUL, 2006) gedeckt werden.

Schwierigkeiten in der Umsetzung ergeben sich weniger durch Art und Umfang der Bewirtschaftungseinschränkungen als vielmehr durch eine kleinräumige Abgrenzung von Maßnahmenflächen (Zerschneidungseffekte) sowie wechselnde Auflagenkombinationen und die damit verbundenen arbeitswirtschaftlichen Probleme. Hier ist es von großer Bedeutung, dass durch die Abstimmung der Managementpläne mit den Bewirtschaftern ein sinnvoller Kompromiss zwischen naturschutzfachlich wünschenswerter Zielgenauigkeit der Maßnahmenumsetzung und betriebs- und arbeitswirtschaftlichen Erfordernissen gefunden wird.

Modellrechnungen mit dem Datenmaterial eines Auswahlbetriebes, der über einen hohen Überschuss an Grünlandflächen verfügt, haben gezeigt, dass für den betrachteten Betrieb eine Extensivierung der Grünlandnutzung (v. a. Nutzungshäufigkeit) und eine Reduzierung der Milchleistung von ca. 8.000 kg/Kuh und Jahr auf 6.000 kg/Kuh und Jahr ohne weitergehende Anpassungen keine ökonomisch sinnvolle Strategie ist. Insbesondere die steigenden Personalkosten bei Aufstockung des Milchviehbestandes führen zu einem deutlichen Rückgang des Betriebsgewinns, der durch die erhöhten Prämienzahlungen bei Ausweitung der Naturschutz-Vertragsflächen nicht aufgefangen wird.

Die früher häufiger praktizierte Auslagerung der Färsenaufzucht aus den Ackerbau- in die Grünlandgebiete wird auch zukünftig nicht zu einer deutlichen Sicherung der tiergebundenen Grünlandnutzung in den sächsischen Mittelgebirgslagen führen können. Mit weiter zunehmender Milchleistung steigen die Anforderungen an das Erstkalbealter und an die Einsatzleistungen der Färsen. Eine eher extensiv betriebene Färsenaufzucht auf Grünland mit einem Erstkalbealter von 28-30 Monaten wird diesen Anforderungen nicht gerecht werden können (vgl. SACHER et al., 2006).

Schlussfolgerungen

Auch unter veränderten Rahmenbedingungen wird allein eine effiziente Milchviehhaltung eine wirtschaftlich tragfähige Grünlandnutzung ermöglichen. Im Zuge der hiermit verbundenen Färsenaufzucht kann Futter geringer Energiekonzentration von Extensivflächen in begrenztem Umfang verwertet werden. Die damit vorhandenen betrieblichen Spielräume können für die Umsetzung von Vertragsnaturschutzmaßnahmen sinnvoll genutzt werden, sie dürfen aber auch nicht überstrapaziert werden.

Die an eine Grünlandnutzung geknüpften Erhaltungsziele in vielen FFH-Gebieten können langfristig nur erreicht werden, wenn die Rahmenbedingungen seitens der Agrarpolitik so gestaltet werden, dass eine rentable Milchproduktion auch auf schwierigen Standorten in den Mittelgebirgsregionen zukünftig noch möglich sein wird.

Literatur

LFL, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2005): Planungsdatenbank Landwirtschaft, <http://www.smul.sachsen.de/BPSPlan>

MÜNNICH, A. & M. BATHKE (2007): Ökonomische Bewertung von FFH-Maßnahmen zur Ermittlung wirtschaftlicher Nachteile landwirtschaftlicher Unternehmen Sachsens. Infodienst Sächs. LfL, 03/2007, 6 - 14.

SACHER, M., J. STRÜMPFEL & E. GRÄFE (2006): Ökonomische Bewertung der Färsenaufzucht aus dem Blickwinkel der Grünlandnutzung, Vortrag Deutscher Grünlandtag, 16+17. Juni 2006 Burg Hohnstein

SMUL (2006): Entwurf des Entwicklungsprogramms für den Ländlichen Raum für die Förderperiode 200-2013, Land Sachsen; http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/foerderung/index_1698.html

Die Häufigkeit von drei Singvogelarten auf extensiv genutztem Auegrünland an der Elbe

M. Schubert¹⁾, R. Schneider²⁾ und K. Schmalzer¹⁾

¹⁾ Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, AG Grünland und Futterbau, Invalidenstr. 42, D-10115 Berlin;

²⁾ Institut für Biologie, Invalidenstr. 43, D-10115 Berlin

Einleitung und Problemstellung

Seit über 15 Jahren gibt es verschiedenste Förderprogramme für die Grünland-Extensivierung. Haben diese unterdessen erreicht, ökologisch stabilere und vielfältiger ausgestattete Lebensräume zu schaffen? Ist etwa auf den oft sehr intensiv genutzten, stark

bedüngten Wiesen und Weiden der früheren DDR heute eine größere Dichte und Artenzahl von Brutvögeln zu finden?

Gegenwärtig ist im Naturschutz eine gewisse Enttäuschung zu beobachten: Arten wie Kiebitz, Brachvogel, Uferschnepfe, Rotschenkel und Rebhuhn sind noch seltener geworden als zuvor. Die staatlicherseits enorm geförderten und mit großer Sachkenntnis betriebenen Bemühungen zur Erhaltung des letzten deutschen Großtrappen-Bestandes (20 bis 30 Exemplare) stehen vor dem Aus. Stattdessen haben Prädatoren wie Fuchs, Marderhund, Waschbär und Kolkkrabe ganz erheblich zugenommen und bilden nun für diese Arten Negativfaktoren, die offenbar noch stärker einwirken als diejenigen, die die intensive Grünland-Nutzung einst mit sich brachte (GRAUMANN und GORETZKI, 2002, ABRAHAM, 2003, BÜTTGER et al., 2006, THYEN und EXO, 2003). Hier kann der Landwirt keinen Beitrag mehr leisten. Doch wollten wir der Frage nachgehen, ob Bewirtschaftungsart und Schlaggröße Faktoren sind, die Einfluss auf die Häufigkeit von Wiesenbrütern haben. Um das Maß an Unwägbarkeiten zu minimieren, wurden hierzu keine Seltlinge wie Kiebitz oder Rebhuhn, sondern Feldlerche (*Alauda arvensis*), Schafstelze (*Motacilla flava*) und Wiesenpieper (*Anthus pratensis*) untersucht. Wäre extensive, diversifizierte Bewirtschaftung kleiner, benachbarter Grünlandflächen bei späten und versetzten Nutzungssterminen, in der Lage, diesen Arten günstigere Brutbedingungen zu bieten?

Material und Methoden

Von 1994 bis 2003 wurde in der Elbaue bei Lenzen (heute Biosphärenreservat "Flusslandschaft Elbe - Brandenburg") auf seit 1990 nicht mehr gedüngter Fläche (60 ha) extensive Grünlandbewirtschaftung in verschiedenen Varianten untersucht (SCHUBERT und SCHWARTZ, 1997, SCHUBERT et al., 2003). Große Teile sind von 1994 bis 2000 als Rotationsbrache bewirtschaftet worden: Mosaikartig lagen hier 120 0,5 ha große Flächen nebeneinander, auf denen die Nutzung jährlich wechselte. Anliegen der Versuche war der Erhalt der Bewirtschaftbarkeit von Grünland mit sehr geringem Einsatz von Leistungen und Weidevieh im gleichzeitigen Bemühen um die Entwicklung attraktiver Lebensräume für gefährdete Pflanzen- und Tierarten. Die Rotationsbrache-Untersuchungen wurden im Jahre 2000 abgeschlossen und die Flächen fortan als Mähweiden mit einem subventionierten Sonderstatus genutzt (Fördermaßnahme des Landes Brandenburg nach KULAP 2000 Abs. 4.2.1.4, s. u.).

Das 2002 untersuchte Gebiet umfasste 12 Parzellen, die als Referenzflächen in den genannten Versuch einbezogen und schon seit 1994 in völlig gleichbleibender Weise bewirtschaftet worden waren bzw. brachlagen:

- 4 Dauerbrachen (DB), Gesamtgröße 2,2 ha
- 4 alljährlich gleichbleibend beweidete Flächen (DW), Gesamtgröße 2,2 ha, jährlich 3 Auftriebe, rechnerische Besatzdichte 1,4 GV/ha, davon zwei Schafweiden (0,2 und 0,5 ha),
- eine Mutterkuh-Weide (0,75ha) und eine Weide für Rinder und Schafe zusammen (0,75ha)
- 4 einschürige Wiesen (DM), Mahdzeit 1. 7., Gesamtgröße 2,2 ha

Zum Vergleich wurden zwei benachbarte Mähweiden untersucht:

- Mähweide 3 (MW3), relativ krautreich, bis 2002 Teil des Rotationsbrache- Versuches, ein Schnitt im Juni, nach Ende August Beweidung durch Rinder, rechnerische Besatzdichte max. 1,4 GV/ha

- Mähweide 5 (MW5), Bewuchs weniger krautreich und heterogen als MW3, Nutzung wie MW3

Im Frühjahr 2002 wurden im bezeichneten Gebiet akustisch aktive Vögel der genannten Arten im Rahmen von Linientaxierungen gezählt (FLADE u. HELBIG, 2001). In gleichbleibender Folge sind zunächst die 12 Dauernutzungs- oder Referenzparzellen durchquert worden, Länge der Strecke 510 m, kontrollierte Fläche bei einer angenommenen „Hörbreite“ von 2 x 75 m somit 6,6 ha (je 2,2 ha DB, DW und DW). Anschließend wurde Mähweide 3 begangen (Strecke 900 m, erfasste Fläche 13,5 ha), danach Mähweide 5 (Strecke 950 m, erfasste Fläche 14,25 ha).

Die Zählungen erfolgten am 27. und 28. 4./ 12. und 13. 5./ 26. und 27. 5./ 9. und 10. 6./ 23. und 24. 6., beginnend 4 bis 16 Minuten nach Sonnenaufgang für eine Dauer von jeweils 82 bis 120 Minuten. Hier wurden nur die Termine vor Nutzung der Flächen berücksichtigt (unterstrichen). Die statistische Auswertung bestand in einer Varianzanalyse (multipler t-Test, Grenzdifferenzen bei $\alpha = 5\%$).

Ergebnisse und Diskussion

Auf den Dauernutzungsparzellen wurden die meisten Singvögel festgestellt, nämlich in der Summe der drei Arten und der 12 Flächen im Mittel für die genannten 6 Termine mehr als 37/10 ha akustisch aktive Exemplare. Am häufigsten waren hier Feldlerchen mit 19,0 Ex./10 ha. Schafstelzen und Wiesenpieper (8,6 resp. 10,1/10 ha) waren deutlich seltener (Abb. 1). Feldlerchen bevorzugten Dauerweiden (28,8/10 ha) und waren auf den Langzeitbrachen seltener (23,5/10 ha). Am schwächsten wurden einschürige Wiesen angenommen (8,0/10 ha, Differenzen signifikant). Schafstelzen kamen am häufigsten auf den Dauerbrachen vor (11,7/10 ha), seltener auf Dauerweiden und einschürigen Wiesen (9,8 bzw. 4,2/10 ha, Differenzen signifikant). Ähnlich lagen die Präferenz-Abstufungen beim Wiesenpieper: Größte Abundanz auf Dauerbrachen und –weiden (14,0 bzw. 12,9/10 ha, Differenz nicht signifikant), wesentlich und signifikant seltener war er auf einschürigen Wiesen (3,4/10 ha). Mit 22,2 bzw. 9,5 akustisch aktiven Vögeln pro 10 ha waren alle drei Arten in der Summe auf den zwei benachbarten Mähweiden deutlich seltener als auf dem klein parzellierten Grünland. Die Akzeptanz der zwei Mähweiden war sehr unterschiedlich: Feldlerchen kamen mit 16,5 Exemplaren je 10 ha auf MW3 signifikant doppelt so häufig vor wie auf MW5 (Abb. 1).

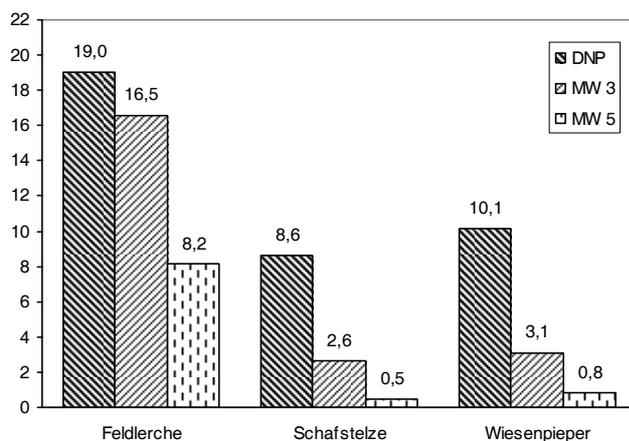


Abb. 1: Akustisch aktive Vögel je 10 ha (DNP = Dauernutzungs- bzw. Bracheparzellen; MW3, MW5 = benachbarte Mähweiden)

Bei der Schafstelze differierten die Werte noch stärker, ebenso beim Wiesenpieper. Die erhobenen Werte beziehen sich auf akustisch aktive Vögel insgesamt, nicht allein auf singende Männchen. Ungeachtet dessen liegen die Daten im Vergleich mit Literaturangaben

sehr hoch (s. u.). Eine Ursache dürfte der relativ lichte, artenreiche Bewuchs gewesen sein, denn große Halmdichte und Wuchshöhe mindern die Siedlungsdichte aller drei Arten (GLUTZ von BLOTZHEIM et al., 1985a; VAN DIJK und VAN OS, 1982; FUCHS und SAACKE, 1999; FUCHS mdl.; KALBE in RUTSCHKE, 1983; SELLIN in KLAFS und STÜBS, 1987; GLUTZ von BLOTZHEIM et al., 1985b).

Weitere Gründe für die hohe Vogeldichte im Gebiet dürften gewesen sein: keine Nutzung im Auswertungszeitraum, kein weiteres menschliches Begängnis, Datenerfassung zu Zeiten höchster akustischer Aktivität, effiziente Bejagung und dadurch eine geringe Prädatorenhäufigkeit sowie die hohe Arten- und Strukturvielfalt im Gebiet der Dauernutzungsparzellen mit kumulativ 101 Pflanzenarten (um 50 pro 0,5 ha) und die sehr langen Strukturgrenzen von 2,9 km.

Die Siedlungsdichte der Feldlerche ist auf Extensivgrünland häufig weit höher als auf Feldern: FUCHS und SAACKE (1999) geben für einen Brandenburger Öko-Betrieb maximal 5,5 Reviere bzw. 7 bis 8 singende Männchen je 10 ha an. Die Siedlungsdichte – in der Literatur werden Höchstwerte von 16,2 bzw. 13,1 bis 13,4 BP/10 ha genannt – stammen gleichfalls von Extensivgrünland (GLUTZ VON BLOTZHEIM et al., 1985a). Nach GLUTZ VON BLOTZHEIM et al. (1985b) erreicht die Schafstelze höchste Dichte in großen Stromtälern, auf Vorzugsstandorten 6 bis 33 BP/10 ha. Der Wiesenpieper ist nach RUTSCHKE (1983) selbst in optimalen Habitaten Brandenburgs selten mit mehr als 1 BP/10 ha zu finden. Nach KLAFS und STÜBS (1987) leben auf naturnahem Grünland Mecklenburgs ca. 0,2 BP/10 ha, bei stärkerer Vernässung und geringer Weideintensität auch mehr. GLUTZ (1985b) nennt für Gunststandorte Maxima von 14,2 bis 16,7 BP/10 ha. Die deutlich unterschiedliche Akzeptanz der untersuchten Flächen ist hauptsächlich struktur- und damit bewirtschaftungsbedingt. Die staatlich geförderte, späte und relativ kleinflächige Nutzungsart der erfassten Mähweiden erbrachte keine maximalen, wohl aber zufriedenstellende Ergebnisse. LÖHN (2000) stellte allerdings fest, dass zumindest bei der Feldlerche ein verspäteter Nutzungszeitpunkt auch nachteilig sein kann, weil viele Flächen erst nach erstem Schnitt oder Auftrieb stärker präferiert werden, was aber anteilig auch mit erneuter Paarungsaktivität nach bewirtschaftungsbedingten Störungen zusammenhängen könnte.

Schlussfolgerungen

Auf Extensivgrünland bei Lenzen an der Elbe wurden akustisch aktive Feldlerchen (*Alauda arvensis*), Schafstelzen (*Motacilla flava*) und Wiesenpieper (*Anthus pratensis*) in der Brutzeit 2002 vor Nutzung der Flächen erfasst. Die höchste Dichte wurde in einem kleinparzelligen Areal festgestellt, das durch unterschiedliche Bewirtschaftung seiner Teilflächen (Langzeitbrachen, einschürige Wiesen, Extensivweiden) größte Bewuchs-Vielfalt und eine erhebliche Länge an Strukturgrenzen aufwies. Hier wurden im Durchschnitt auf 10 ha 37 akustisch aktive Vögel festgestellt: 19 Feldlerchen, 8 Schafstelzen, 10 Wiesenpieper. Zwei benachbarte Mähweiden mit verspäteter Mahd wurden deutlich schwächer akzeptiert, möglicherweise durch deren geringere Strukturvielfalt bedingt. Die gefundenen Werte liegen bei allen drei Arten meistens sehr deutlich über den in der Literatur zitierten Maxima. Als Ursache werden der relativ lichte, niedrige und artenreiche Bewuchs des Gebietes, seine Strukturvielfalt und die günstigen Termine und Tageszeiten der Datenerhebungen angesehen. Verspätete Bewirtschaftung macht größeren Bruterfolg wahrscheinlich. Feldlerchen zeigen erst nach der ersten Flächennutzung die höchste Siedlungsdichte.

Literatur

ABRAHAM, R. (2003): Effektive Bejagung von Prädatoren in Küstenvogelschutzgebieten – Erfahrungen aus dem Landkreis Ostvorpommern und Lösungsansätze. *Naturschutzarbeit in M-V*. 46, 61-66.

Workshop II: Natur, Umwelt, Erholung

- BÜTTGER, H., THYEN, S. & EXO, K.M. (2006): Nistplatzwahl, Prädation und Schlupferfolg von Rotschenkeln, *Tringa totanus*, auf der Insel Wangerooge. *Vogelwarte* 44, 123-130.
- FLADE, M. und HELBIG, A.J. (2001): Vogelmonitoring. *Aula-Verlag*, Wiebelsheim.
- FUCHS, S. und SAACKE, B. (1999): Untersuchungen zur Ermittlung eines artenschutzgerechten Produktionsverfahrens auf ökologisch bewirtschafteten Feldfutterflächen. *Auftragsbericht*.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N., BAUER, K. M. & BEZZEL, E. (1985 a/b): Handbuch der Vögel Mitteleuropas Bd. 10/I./ Bd. 10/II.
- GRAUMANN, G. und GORETZKI, J. (2002): Einfluß von Prädatoren und Schwarzwild auf Bodenbrüter im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft unter besonderer Berücksichtigung der Wildschutzgebiete/Jagdruhezonen. *Naturschutzarbeit in M-V*. 45, 17-34.
- KLAFS, G. und STÜBS, J. (1987): Die Vogelwelt Mecklenburgs. *Fischer*, Jena.
- LÖHN, J. (2000): Der Dreifelderversuch in der Elbtalaue bei Lenzen 1997-1999. Die faunistische Entwicklung. *Forschungsbericht*, Humboldt-Universität Berlin, FG Nutztierökologie.
- RUTSCHKE, E. (1983): Die Vogelwelt Brandenburgs. *Fischer*, Jena.
- SCHUBERT, M. und SCHWARTZ, H.J. (1997): Untersuchungen zu Auswirkungen einer gleichbleibenden oder rotierenden Nutzung auf den Pflanzenbestand von Dauergrünland in der Lenzener Elbtalaue – erste Ergebnisse. *Z. Ökologie der Agrarlandschaften* 6, 135-139.
- SCHUBERT, M., LÖSCH, S. & MILIMONKA, A. (2003): Leguminosen unter Bedingungen extensiver Bewirtschaftung von Auengrünland - ökologische Ansprüche und Quantitäten. *Archives of Agronomy and Soil Science* 49, 357-374.
- THYEN, S. und EXO, K.M. (2003): Wadden Sea salt marshes: Ecological trap or hideway for breeding Redshanks, *Tringa totanus*? *Water Study Group Bull.* 100, 43-46.

Untersuchungen zur Entwicklung der Pflanzenbestände sowie der Lebendmasse von Kälbern auf Mutterkuhweiden

H. Giebelhausen, R. Priebe*, D. Lepetit, und K. Richter

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Invalidenstr. 42, D-10115 Berlin sowie Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung Referat Grünland und Futterwirtschaft, Gutshof 7, D-14641 Paulinenaue *

Einleitung und Problemstellung

Die Mutterkuhhaltung hat im Land Brandenburg zur flächendeckenden Grünlandbewirtschaftung sowie zur Wertschöpfung in der Rinderproduktion einen hohen Stellenwert. Die Verfahrensökonomie wird von den produktiven Leistungen der Kälber/Absetzer, den reproduktiven Leistungen der Mutterkühe sowie vom Herden- und Weidemanagement beeinflusst (FECHNER *et al.*, 1994, BAUER *et al.*, 1997; GOLTZE *et al.*, 1997; STEINWIDDER, 2003; ROFFEIS *et al.*, 2006). Für den Erfolg der Mutterkuhhaltung ist auch das Leistungsvermögen des Grünlandes bedeutsam. Von einem Grünlandstandort im Land Brandenburg werden Ergebnisse zur Entwicklung der Grünlandnarben sowie der Lebendmasse von Kälbern auf unterschiedlich bewirtschafteten Mutterkuhweiden vorgestellt.

Material und Methoden

Der 1995 eingerichtete Weideversuch mit Mutterkühen der Rasse Fleckvieh wird als Mähstandweide bewirtschaftet. Er liegt im Landkreis Havelland im Versuchs- und Demonstrationsbetrieb des Deutschen Grünlandverbandes e.V. Von 1995 bis 2001 betrug die Besatzstärke der Koppel a_1 1,4, auf Koppel a_2 1,1 und auf Koppel a_3 1,8 GV ha⁻¹, die ab 2002 an die aktuelle Ertragslage der Koppeln angepasst wurde (Tab. 1).

Tab. 1: Stufen der Bewirtschaftungsintensität des Weideversuches ab 2002

Stufen/ Koppel	Besatzstärke GV ha ⁻¹	Bewirtschaftung	
		Nachsaat *	Düngung
a_1 [#] , extensiv 8,0 ha	1,0	ohne	ohne
a_2 [#] , semi-extensiv, 14,4 ha	1,4	mit	PK-Düngung (26/80 kg ha ⁻¹)
a_3 , intensiv 16,2 ha	2,2	mit	NPK-Düngung (120/26/80 kg ha ⁻¹)

*) 18 kg ha⁻¹ *Lolium perenne* L. und 2 kg ha⁻¹ *Trifolium repens* L. im April 1995

#) bewirtschaftet nach Biopark-Richtlinien

Der zeitweilig grundwasserbeeinflusste Standort weist mit den Bodenarten Sand, lehmiger Sand und flachgründiges Niedermoor (Bodensenken) eine hohe Substratheterogenität auf.

Der Jahresniederschlag beträgt im Gebiet 502 mm bei einer Jahresmitteltemperatur von 9,2 °C. Auf den Weide- und Mäheteilflächen der Koppeln wurden Dauerbeobachtungsquadrate von 10x10 m eingerichtet. Hier erfolgten die Ertragsanteilschätzung nach KLAPP/STÄHLIN sowie die Ermittlung des Mahdertrages der Mäheteilflächen (5 mal je 2 m² bei Berücksichtigung von 5 % unvermeidbarer Verluste). Als Weidefuttermittel wurden je Großvieh-Vollweidetag 10 kg TM unterstellt, so dass sich der TM-Ertrag aus der Summe von Futtermittelverzehr der Rinder in der Weideperiode und dem Mahdertrag errechnet. Die Tiere erhielten in der Weidesaison kein Zufuttermittel. Das nicht zur Weide benötigte Futtermittel wurde gemäht und als Heu konserviert. Die Lebendmasse der Tiere wurde durch Wägung beim Auf- und Abtrieb ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Entwicklung und Ertrag der Grünlandpflanzenbestände

Die botanische Zusammensetzung der Weideteilflächen der drei Versuchskoppeln ist für den Zeitraum von 1996 bis 2006 in Abb. 1 dargestellt.

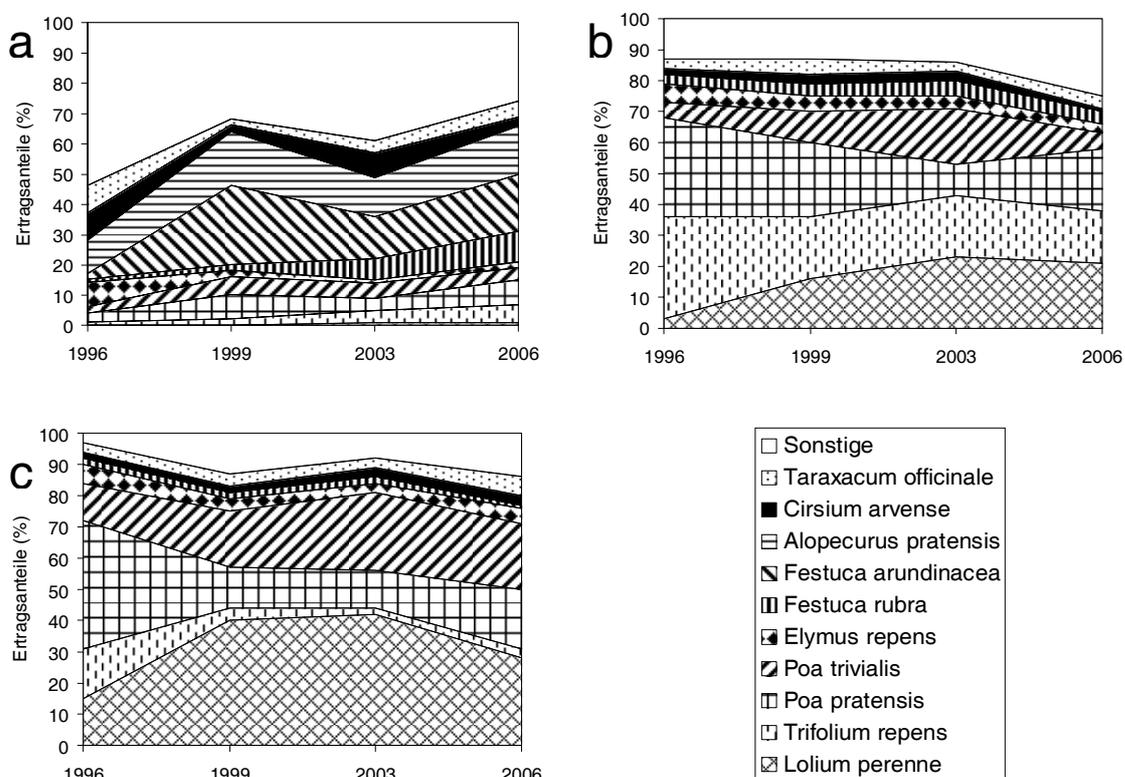


Abb. 1: Ertragsanteile der bestandsprägenden Pflanzenarten auf den Weideteilflächen: Extensiv-Koppel (a), semi-extensiv bewirtschaftete Koppel (b), Intensiv-Koppel (c)

Auf den Weideteilflächen der Extensiv-Koppel (a) bestimmen Rohr- und Rotschwingel, Wiesenfuchsschwanz, Ackerkratzdistel sowie Glatthafer, Knautgras und Wiesenkerbel (Sonstige) die Narbenstruktur, während auf den stets beweideten Teilflächen der semi-extensiv und der intensiv bewirtschafteten Koppeln (b, c) ab 1996 die nachgesäten Arten Dt. Weidelgras und Weißklee die Grünlandnarbe prägen. Im Bestand der semi-extensiv bewirtschafteten Koppel etablierten sich die nachgesäten Arten ohne stärkere Verdrängung der Wiesenrispe, während auf der Intensiv-Koppel zunehmende Anteile des Dt. Weidelgrases den Weißklee und die Wiesenrispe zurückdrängten. Die nachgesäten Arten prägen seit über 10 Jahren die Struktur der Weidenarben auf der semi-extensiv und intensiv

genutzten Koppel. Auf der Extensiv-Koppel siedelte sich durch den zu geringen Narbenverbiss neben Ackerkratzdistel auch Weißdorn (*Crataegus spec.*) an, so dass zum Erhalt nutzungswürdiger Grünlandnarben ihre Ausbreitung durch Nachmahd verhindert und die Sukzession zu einer halboffenen Weidelandschaft (KAPHENGST *et al.*, 2005) eingeschränkt wird.

In den Beständen der feuchten Mähteilflächen aller Versuchskoppeln dominieren neben Rohrglanzgras und Wiesenfuchsschwanz zunehmend diverse Seggenarten (KUPKE, 2005; LEPETIT, 2007). Ursachen für die Zunahme der Seggen sind auf der Extensivfläche Konkurrenz Nachteile der wertvolleren Arten durch Nährstoffmangel und zu späten Schnitt sowie auf den gedüngten Koppeln hohe Nährstoffentzüge, die durch die verabreichte Minereraldüngung offenbar nicht kompensiert werden (GIEBELHAUSEN *et al.*, 2004).

In Gebieten mit 500 mm Niederschlag ist eine stabile Futtermittellieferung vom Grünland nur eingeschränkt möglich. Die mittleren TM-Erträge betragen von 1995 bis 2005 auf der Extensiv-Koppel 53 dt ha⁻¹ (62 %), während auf den Vergleichskoppeln „Semi-extensiv“ 62 dt ha⁻¹ (73 %) und „Intensiv“ 85 dt ha⁻¹ (100 %) heranwachsen (Tab. 2).

Tab. 2: Weide- und Mahdertrag (dt TM ha⁻¹) von Mähstandweiden mit Mutterkühen. Weideversuch Ebereschenhof 1995 bis 2005

Jahr	Bewirtschaftungsintensität								
	Extensiv			Semi-extensiv			Intensiv		
	Weide	Mahd	ges.	Weide	Mahd	ges.	Weide	Mahd	ges.
1995	36	33	69	28	28	56	43	22	65
1996	36	20	56	27	31	58	39	41	80
1997	36	22	58	30	40	70	43	40	83
1998	34	18	52	28	36	64	45	49	94
1999	36	14	50	29	33	62	47	51	98
2000	35	20	55	31	37	68	44	51	95
2001	37	24	61	30	32	62	49	36	85
2002	26	22	48	32	32	64	49	44	93
2003	18	10	28	20	23	43	33	29	62
2004	30	25	55	32	35	67	50	42	92
2005	30	22	52	30	34	64	45	42	87
Mittel	32	21	53	29	33	62	44	41	85

Nachsaat und (N-)PK-Düngung stabilisierten die Weidenarben und erhöhten die TM-Erträge gegenüber der Extensiv-Koppel. Das Grünland der Extensiv-Koppel zeigte sich bei größerer Trockenheit (Jahr 2003) deutlich ertragschwächer. Auf Standorten mit einer Ertragserwartung von über 60 dt TM ha⁻¹ ist auf eine entzugsabhängige PK-Düngung zu orientieren (MILIMONKA *et al.*, 2002), wobei in Abhängigkeit vom Weißkleeanteil eine Option zum Einsatz von Mineralstickstoff gegeben sein sollte. Mit den erreichten TM-Erträgen können auf der Extensiv-Koppel bis 0,8, auf der semi-extensiv bewirtschafteten Koppel bis 1,4 und auf der Intensiv-Koppel 1,8 GV ha⁻¹ Mutterkuh-Einheiten mit Weidefutter und Konservaten im Winter ernährt werden. Ob Klimaänderungen die TM-Erträge der Grünlandbestände und die Leistungen der Weidetiere stärker verändern, sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Lebendmasse und tägliche Lebendmassezunahme der Kälber

Dass bei geringerer gegenüber höherer Besatzstärke die Tiere größere Chancen zur Futterselektion haben, weniger Stress in der Herde ist und so bessere Bedingungen für höhere Zunahmen der Kälber gegeben sind, bestätigen in der Tendenz die Ergebnisse des Weideversuches (Tab. 3).

Tab. 3: Lebendmasse (LM in kg) und tägliche Lebendmassezunahme (t LMZ in g) der Kälber in der Weideperiode in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität der Mutterkuhweide. Weideversuch Ebereschenhof 1995 bis 2005

Jahr	Bewirtschaftungsintensität					
	Extensiv		Semi-extensiv		Intensiv	
	LM	t LMZ	LM	t LMZ	LM	t LMZ
1995	178	1120	213	1326	188	1070
1996	207	1312	213	1497	185	1300
1997	198	1338	166	1285	160	1270
1998	221	1450	225	1272	172	1106
1999	194	1328	159	1187	180	1239
2000	195	1461	225	1301	211	1350
2001	231	1317	212	1218	194	1116
2002	198	1436	200	1597	207	1076
2003	157	1066	155	1089	129	853
2004	124	1096	128	1350	145	1229
2005	187	1169	174	969	150	939
Mittel	190	1281	188	1287	175	1141

Im Jahr 2004 kamen erstmalig abkalbende Tiere mit späteren Abkalbeterminen (normal ab Anfang Mai bis Anfang Juli) in die Herden, so dass 2004 die Kälberleistungen auf zwei Koppeln gegenüber dem Versuchsmittel deutlicher abfielen. Trotz guter Lebendmassezunahmen der Kälber auf der Extensiv-Koppel werden aufgrund ihrer reduzierten Besatzstärke geringere Weideleistungen je Hektar gegenüber den Vergleichskoppeln erreicht (MILIMONKA et al., 2004).

Schlussfolgerungen

Die differenzierten Wasserverhältnisse des Versuchsstandortes prägen die botanische Zusammensetzung des Grünlandes. Nachsaat verbesserte die Ertragsfähigkeit der Weidenarben. Auf den feuchten Mäheteilflächen der Koppeln sind Bestandsverbesserungen durch Düngung und frühere Nutzung anzustreben. Durch Nachmahd ist die Ausbreitung unerwünschter Arten in den Grünlandbeständen einzuschränken. Von den untersuchten Mutterkuhweiden können auf der Extensiv-Koppel bis 0,8, auf der semi-extensiv bewirtschafteten Koppel bis 1,4 und auf der Intensiv-Koppel bis 1,8 GV ha⁻¹ Mutterkuh-Einheiten ganzjährig mit Futter versorgt werden.

Die Autoren danken dem Deutschen Grünlandverband e.V. für die Unterstützung bei der Durchführung des gemeinsamen Weideversuches.

Literatur

BAUER, K., STEINWENDER, R., STODULKA, R. (1997): Mutterkuhhaltung. L. Stocker Verlag, Graz-Stuttgart, 215 S.

FECHNER, M., SCHUPPENIES, R., BAECK, I., HERTWIG, F., KUNKEL, G., NEUBERT, G., PRIEBE, R., ROBOWSKY, K.-D., ZUBE, P. (1994): Grünland in Brandenburg. (Hrsg.) Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg, 1. Aufl., Potsdam, 124 S.

GIEBELHAUSEN, H.; PRIEBE, R.; RICHTER, K. (2004): Einfluss langjähriger Mutterkuhhaltung auf den Gehalt an Phosphor und Kalium im Boden sowie die Entwicklung der Pflanzenbestände und die Tierleistung. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 6, 125-129.

- GOLTZE, M, BALLIET, U., BALTZER, J. (1997): Extensive Rinderhaltung: Fleischrinder-Mutterkühe; Rassen, Herdenmanagement, Wirtschaftlichkeit. BLV-Verl. Ges., VerlagsUnion Agrar, München.
- KAPHENGST, T., PROCHNOW, A., HAMPICKE, U. (2005): Ökonomische Analyse der Rinderhaltung in halboffenen Weidelandschaften. *Naturschutz und Landschaftsplanung*: 37, 152-157.
- KUPKE, S. (2005): Entwicklung von Pflanzenbeständen auf Mähteilflächen von Mutterkuhweiden bei unterschiedlicher Nutzungsintensität. *Diplomarbeit*. Humboldt-Universität zu Berlin, 91 S.
- LEPETIT, D. (2007): Auswirkungen der Extensivierung von Mähstandweiden auf Pflanzenbestand und Tierleistungen von Mutterkühen. *Diplomarbeit*. Humboldt-Universität zu Berlin, 85 S.
- MILIMONKA, A., GIEBELHAUSEN, H., RICHTER, K. (2002): Wirkung differenzierter Bewirtschaftungsintensität auf die Zusammensetzung einer Weidenarbe. *Naturschutz und Landschaftsplanung*: 34, 152-157.
- MILIMONKA, A., GIEBELHAUSEN, H., RICHTER, K. (2004): Nachhaltige Grünlandnutzung durch Mähstandweide mit Mutterkühen. Schriftenreihe Deutscher Grünlandverband e.V.: 2, 33 S.
- ROFFEIS, M., FREIER, E., MÜNCH, K., RUNNWERTH, G. (2006): Untersuchungen zu Produktionsvoraussetzungen und Leistungen in Brandenburger Mutterkuhbeständen. Abschlussbericht. (Hrsg.) Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, Potsdam, 40 S.
- STEINWIDDER, A. (2003): Qualitäts-Rindermast im Grünland. L. Stocker Verlag, Graz-Stuttgart, 216 S.

Naturwert und floristische Zusammensetzung der Waldwiesen unter verschiedenen Standortbedingungen

H. Czyż, T. Kitczak, M. Trzaskoś und M. Bury¹

Lehrstuhl für Grünland, Agraruniversität Szczecin, 71-434 Szczecin,
ul. Słowackiego 17

¹ Fachlabor für Speziellen Pflanzenbau, Agraruniversität Szczecin

Einleitung

Waldwiesen nehmen die mittlere Stelle zwischen Wald- und Grasgesellschaften ein (KOZŁOWSKI et al., 1993). Unter dem Gesichtspunkt des Standortes weckt die

Aufmerksamkeit die große Boden- und Wasservariabilität und spezifisches Mikroklima. Interessant ist auch ihre floristische Zusammensetzung (TRZASKOŚ et al., 1997).

Ziel der Arbeit lag in der Bestimmung der floristischen Zusammensetzung, Nutzungs- und Naturwertes der Waldwiesen unter verschiedenen Standortbedingungen.

Untersuchungsmethoden

Untersucht wurden die Waldwiesen bei Chociwel, Voivodschaft Zachodniopomorskie (Westpommern). Untersuchungen wurden im Jahre 2006 durchgeführt. Die Vegetation wurde nach der botanischen Gewichtsanalyse bestimmt. Auf der Grundlage der Gesamtbeurteilung der Vegetation wurden: a) feuchte Standorte ausgesondert mit Hilfe Phytoinduktionmethode nach KLAPP, modifiziert durch OŚWIT (1992), b) Futterwert des Auswuchses nach FILIPEK (1973) bestimmt und c) Naturwert (ökologischer Wert) nach OŚWIT (2000) beurteilt.

Ergebnisse

Auf dem Moorstandort (Feuchtzahl [Fz] = 7,78), auf dem Hochmoortorf bildete sich Pflanzengesellschaft von Typ *Eriophorum angustifolium* mit sehr kleinem Anteil an Gräser – 0,10% und hohem Anteil von Binsen und Seggen – 74,3%, umgeben von Mischwald. Bedeutenden Anteil hatte auch *Sphagnum palustre* – 20% und *Oxycoccus palustris* – 5,5%. Die Vegetation war artenarm (Tab. 1).

Im Laubwald auf dem Torfboden (tiefgründiger Niedermoor) unter nassen und stark feuchten Verhältnissen (Fz = 7,78) bildete sich Pflanzengesellschaft von Typ *Juncus conglomeratus*, die auch einen kleinen Anteil an Gräser und hohen Anteil an Binsen und Seggen besaß. Bei den Binsen und Seggen dominierten *Juncus conglomeratus* (Bestandsbildner) und *Carex fusca*. Zweikeimblättrige repräsentieren 5 Arten, von denen *Filipendula ulmaria* 11,0% des Aufwuchses ausmachte (Tab. 1).

Unter mäßig feuchten Verhältnissen, auf dem frischen und feuchten Standort (Fz = 5,95), wo der Boden degradiertes Niedermoor (Morsch) war, trat spezifische Grasgesellschaft auf mit hohem Anteil an Kräuter – 66,2%. Hier dominierten Pflanzengesellschaften von Typ *Urtica dioica* mit *Achillea millefolium* (Tab.1). Von den Gräsern zeichneten sich aus *Agropyron repens*, *Arrhenatherum elatius*, *Phleum pratense* und *Alopecurus pratensis*. Unter Binsen und Seggen dominierte *Scirpus silvaticus*.

Unter gleichen Feuchteverhältnissen (Fz = 5,88), auf dem Morschsand mit dem Gytia im Unterboden tritt die Pflanzengesellschaft vom Typ *Calamagrostis canescens* (Tab. 1 und 2) auf. Auf dem Standort entwickelten sich wertvolle Futtergräser wie *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata* und *Festuca pratensis*.

Folgende Gräsergesellschaft vom Typ *Calamagrostis epigejos* bildete sich unter ähnlichen Feuchteverhältnissen, aber mit einer Tendenz zum Austrocknen (Fz = 5,56). Hier tritt organischer Boden auf - Mull-Torf Boden (Tab. 1). In der Pflanzengesellschaft treten sowohl Arten, die Trockenstandorte bevorzugen wie *Calamagrostis epigejos*, *Arrhenatherum elatius*, als auch Arten, die feuchte Bedingungen mögen, wie *Phalaris arundinacea* und *Iris pseudoacorus* auf. Dies bedeutet, dass der Standort im Wandel ist.

Unter trockeneren Verhältnissen (Fz = 4,00) auf dem lehmigen Sand entwickelte sich die Pflanzengesellschaft vom Typ *Rumex acetosella* mit *Helichrysum arenarium*, in denen Gräser 46,4% des Aufwuchses betragen. Kräuter nehmen 53,6% des Bewuchses ein, dagegen treten hier keine Schmetterlingsblütler und Binsen und Seggen auf. Die unter

solchen Bedingungen ausgebildete Gesellschaft zeichnete sich durch Auftreten von Arten mit kleinen Feuchtenbedürfnissen aus – von den Gräsern: *Deschampsia flexuosa*, *Calamagrostis epigejos*, *Festuca ovina*, und von Zweikeimblättrigen: *Rumex acetosella* und *Helichrysum arenarium* (Tab. 1).

Grosse Variabilität der Standortbedingungen und verbunden damit floristische Zusammensetzung der Vegetation verursachte, dass der Futterwert auf einzelnen Flächen niedrig war und von 0,45 bis 4,92 reichte (Tab. 2). Nach KOZŁOWSKI et al. (1997) soll Aufwuchs von solchem Wert nicht als Futter dienen, also er stellt nur einen hohen Naturwert dar. Dies bestätigen die berechneten Evaluierungsindizes, wessen Werte von 4,25 bis 2,19 schwankten. Nach diesen Kriterien kann man diese Pflanzengesellschaften in ausgezeichnete (2 Pflanzengesellschaften) und angemessene (3 Pflanzengesellschaften) Naturwerte einstufen (Tab. 2).

Schlussfolgerungen

Die floristische Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften und der Futterwert wies auf ihre geringe wirtschaftliche Bedeutung hin, wohingegen die Anwesenheit von Arten, die typisch für die Waldvegetation sind, dazu beitrug, sie als Gesellschaften mit hohem Naturwert anzuerkennen, was in der Beurteilung sichtbar wurde.

Pflanzengesellschaften, die die Vegetation der Waldwiesen auf den Moorstandorten und stark feuchten und nassen Standorten bilden, wurden als Flächen mit ausgezeichnetem Naturwert in der Wertklasse IX D eingestuft. Sonstige Pflanzengesellschaften auf frisch-feuchten und trockenen Standorten vertraten mäßig angemessene, angemessene und geringe Naturwerte.

Ermittelte Ergebnisse begründen die Erfordernis des Erhaltens von Biodiversität, was durch extensive Weidewirtschaft und Schutz von existierender Umwelt auf einzelnen Weiden realisiert werden konnte.

Literatur

FILIPEK J. (1973): Projekt klasyfikacji roślin łąkowych i pastwiskowych na podstawie liczb wartości użytkowej. *Post. Nauk. Roln.*, Nr 44972, 59-68.

KOZŁOWSKI S., JAŚKIEWICZ E., KROEHNKE R. (1993): Zmiany w siedlisku glebowym oraz w runi łąk śródleśnych w latach 1960 – 1990 na przykładzie wybranych obiektów w Wielkopolsce. *Roczn. A.R. w Poznaniu, CCLI, Roln.*, 43., 93 -113.

KOZŁOWSKI S., JĘDRZEJEWSKI P., SABINIARZ A. (1997): Aspekt florystyczny i chemiczny produkcji pasz na łąkach czerskich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 453: 105-111.

OŚWIT J. (1992): Identyfikacja warunków wilgotnościowych za pomocą wskaźników roślinnych (metoda fitoindykacji). W: *Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe. Bibl. Wiad. IMUZ* 79: 40-66.

OŚWIT J. (2000): Metoda przyrodniczej waloryzacji mokradel i wyniki jej zastosowania na wybranych obiektach. *Wyd. IMUZ, Falenty* 3-32.

TRZASKOŚ M., CZYŻ H., KITCZAK T., GOS A. (1997): Skład florystyczny i wartość pastewna runi łąk śródleśnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 453: 153-165.

Tab. 1: Futterwert und Naturwert des Aufwuchses von Pflanzengesellschaften in Waldwiesen auf verschiedenen Standorten

Pflanzengesellschaft	Boden	Artenzahl	Naturwert		Auswuchsbeurteilung	
			Wertbeurteilung und ZNW.*	Evaluierungsklasse	ZNW	Wert des Aufwuchses
Moorstandort (8,43)**						
<i>Eriophorum angustifolium</i>	Hochmoortorf	7	ausgezeichnet (4,14)	IX (D)	1,01	arm
Stark feucht und nass (7,78)						
<i>Juncus conglomeratus</i>	Niedermoortorf tiefgründig	8	ausgezeichnet (4,25)	IX (D)	0,45	arm
Frisch und feucht (5,56 – 5,95)						
<i>Urtica dioica</i> mit <i>Achillea millefolium</i>	Morschtorf	20	Mäßig angemessen (2,75)	V (B)	4,28	mäßig
<i>Calamagrostis canescens</i>	Morschsand auf Gytia	16	klein 2,19	III (A)	4,92	mäßig
<i>Calamagrostis epigejos</i>	Mulltorf	18	Angemessen (2,50)	IV (B)	3,31	mäßig
Trocken schwach feucht (4,00)						
<i>Rumex acetosella</i> mit <i>Helichrysum arenarium</i>	Lehmiger Sand	10	Angemessen 2,60	IV (B)	3,46	mäßig

* ZNW - Zahl von Naturwert

** - in Klammern wurde mittlere Feuchtenzahl angegeben

Tab. 2: Floristische Zusammensetzung (%) des Aufwuchses der Waldwiesen

Art	1 <i>Er. a</i>	2 <i>Ju. c.</i>	3 <i>Ur.d. mit Ac. m.</i>	4 <i>Ca. c.</i>	5 <i>Ru. a. mit He. a</i>	6 <i>Ca.e.</i>
<i>Agropyron repens</i>			10,66	4,83	6,59	0,10
<i>Agrostis capillaris</i>					15,80	
<i>Agrostis stolonifera</i>		0,10				
<i>Deschampsia flexuosa</i>					6,87	
<i>Calamagrostis epigejos</i>					10,00	23,00
<i>Calamagrostis canescens</i>				39,69		
<i>Alopecurus pratensis</i>			5,00	8,67		4,00
<i>Arrhenatherum elatius</i>			6,00	10,00	0,10	7,00
<i>Dactylis glomerata</i>			0,10	9,30		6,00
<i>Deschampsia caespitosa</i>	0,10					
<i>Festuca pratensis</i>			0,10			
<i>Phragmites australis</i>				8,00		
<i>Phleum pratense</i>			7,60	1,10		
<i>Festuca pratensis</i>				9,00		
<i>Festuca ovina</i>					7,00	
<i>Poa trivialis</i>				1,10		
<i>Phalaris arundinacea</i>						6,00
<i>Poa pratensis</i>			0,10			0,10
Gräser zusammen	0,10	0,10	29,56	91,69	46,36	46,20

Art	1 <i>Er. a</i>	2 <i>Ju. c.</i>	3 <i>Ur.d. mit Ac. m.</i>	4 <i>Ca. c.</i>	5 <i>Ru. a. mit He. a</i>	6 <i>Ca.e.</i>
<i>Carex fusca</i>	0,03	0,10				
<i>Juncus conglomeratus</i>	0,10	88,40	0,10			
<i>Eriophorum angustifolium</i>	74,21					
<i>Scirpus sylvaticus</i>			4,00			
Binsen und Seggen zusammen	74,34	88,50	4,10			
<i>Lathyrus paluster</i>			0,10			
<i>Lotus corniculatus</i>				3,10		
<i>Vicia cracca</i>				2,78		4,21
Schmetterlingsblütler			0,10	5,88		4,21
<i>Anthriscus sylvestris</i>						3,00
<i>Viola palustris</i>		0,10				
<i>Stellaria palustris</i>		0,10				
<i>Ranunculus flamula</i>		0,10				
<i>Veronica scutellata</i>		0,10				
<i>Filipendula ulmaria</i>		11,00				4,84
<i>Iris pseudoacorus</i>						6,21
<i>Achillea millefolium</i>			24,87	0,10		
<i>Cirsium arvense</i>			6,00			7,15
<i>Cirsium rivulare</i>			0,10			
<i>Cirsium oleraceum</i>			0,10			2,00
<i>Daucus carota</i>				0,10		
<i>Glechoma hederacea</i>				0,46		
<i>Geum rivale</i>			0,10			
<i>Helichrysum arenaria</i>					18,29	
<i>Polygonum bistorta</i>			0,10			
<i>Ranunculus acris</i>					0,10	
<i>Rumex acetosa</i>					23,25	
<i>Rumex acetosella</i>					12,00	
<i>Taraxacum officinale</i>			0,10	0,10		
<i>Veronica chamaedrys</i>			0,10			0,10
<i>Urtica dioica</i>			34,67	1,67		19,47
<i>Viola tricolor</i>			0,10			
<i>Viola odorata</i>						0,10
<i>Oxycoccus palustris</i>	5,50					
<i>Galium verum</i>						3,72
<i>Symphytum officinale</i>						3,00
Kräuter zusammen	55,50	11,40	66,24	2,43	53,64	49,59
<i>Sphagnum palustre</i>	20,00					
<i>Vaccinium uliginosum</i>	0,06					
Moose zusammen	20,06					

Überlebensfähigkeit der Samen von Feuchtwiesenarten in Abhängigkeit von Grundwasserstand und Lagerungstiefe – erste Ergebnisse nach dreijähriger Lagerungsdauer

T. Kaiser

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Institut für
Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, Eberswalder Straße 84, 15374
Müncheberg

Einleitung und Problemstellung

Die Restitution artenreichen Grünlandes ist umso erfolgversprechender, je mehr lebensfähige Samen sich aus früheren extensiven Nutzungsperioden im Boden erhalten konnten. Viele Feuchtwiesenarten bilden jedoch nur eine kurzfristige Bodensamenbank aus, wobei standörtliche Unterschiede differenzierend wirken können. Der Einfluss der Bodenfeuchte auf die Lebensdauer der Samen ist zweideutig. Literaturangaben besagen zwar, dass die Samen länger haltbar sind, wenn der Boden mit Wasser vollgesogen ist (VILLIERS, 1973; HOWE & CHANCELLOR, 1983; CAVERS & BENOIT, 1989; MURDOCH & ELLIS, 1992; BEWLEY & BLACK, 1982). Andererseits reduziert zuviel Wasser die Sauerstoffzufuhr für die Samenrespiration, wodurch die Lebensdauer der Samen rapide sinken kann (MURDOCH & ELLIS, 1992). Dementsprechend fallen die wenigen Untersuchungen zum Einfluss des Wasserregime auf die Zusammensetzung Bodensamenbank unter natürlichen Bedingungen widersprüchlich aus (siehe BEKKER, OOMES & BAKKER, 1998 und HÖLZEL & OTTE, 2001).

In einem Vergrabungsexperiment soll überprüft werden, inwieweit unterschiedliche Grundwasserstände und Lagerungstiefen den Verlust der Samenlebensfähigkeit bei 8 ausgewählten Feuchtwiesenarten beeinflussen. Es werden Ergebnisse nach 3 Jahren Lagerungsdauer unter kontrollierten Lysimeterbedingungen vorgestellt.

Material und Methoden

Varianten des Lysimeterexperimentes

- 2 Bodentypen: Niedermoor über Sand und Auenlehm
- Grundwasserflurabstände: 5 cm (nur Niedermoor), 30 und 70 cm unter Flur
- 2 Vergrabungstiefen: 5 cm und 25 cm
- 3 Sektoren je Lysimeter für Entnahme in 1., 3. und 5. Jahr nach Vergrabung
- 8 Arten – eingefüllt in Polyamidbeutel im Gemisch mit Quarzsand, je Beutel 100 Samenkörner einer Art
- Wiederholungen: 6 Beutel je Art, Prüfvariante und Entnahmeterrmin, verteilt auf 2 Lysimeter gleichen Boden- und Grundwassertyps

- Bewuchs - Niedermoor 5 cm Flurabstand: Großseggen / die übrigen Lysimeter: Futtergräserbestand

Vergraben der Beutel im April 2003. Die Anfang Mai 2006 entnommenen Beutel des 2. Segmentes sind Untersuchungsgegenstand dieses Beitrags.

Nach Bodenentnahme Auswaschen des Probenmaterial in Siebfraktionen nach der Methode von HEERDT et al. (1996) und Keimprüfung bei Wechseltemperaturen und Langtagsimulation im Klimaschrank

Ergebnisse und Diskussion

Als potenziell lebensfähig werden neben den gekeimten Samen auch die harten und nicht verfärbten eingestuft (siehe BALL & MILLER, 1989; BEKKER, KNEVEL et al. 1998). Aus Platzgründen ist in den Abb. 1 bis 3 nur die potenzielle Lebensfähigkeit dargestellt worden. Ungequollene Lotus-Samen wurden durch Anritzen zum Keimen gebracht. Die Variabilität innerhalb der Wiederholungen ist z.T. beträchtlich. Die Arten reagierten unterschiedlich auf die Grundwasserstandsvariation.

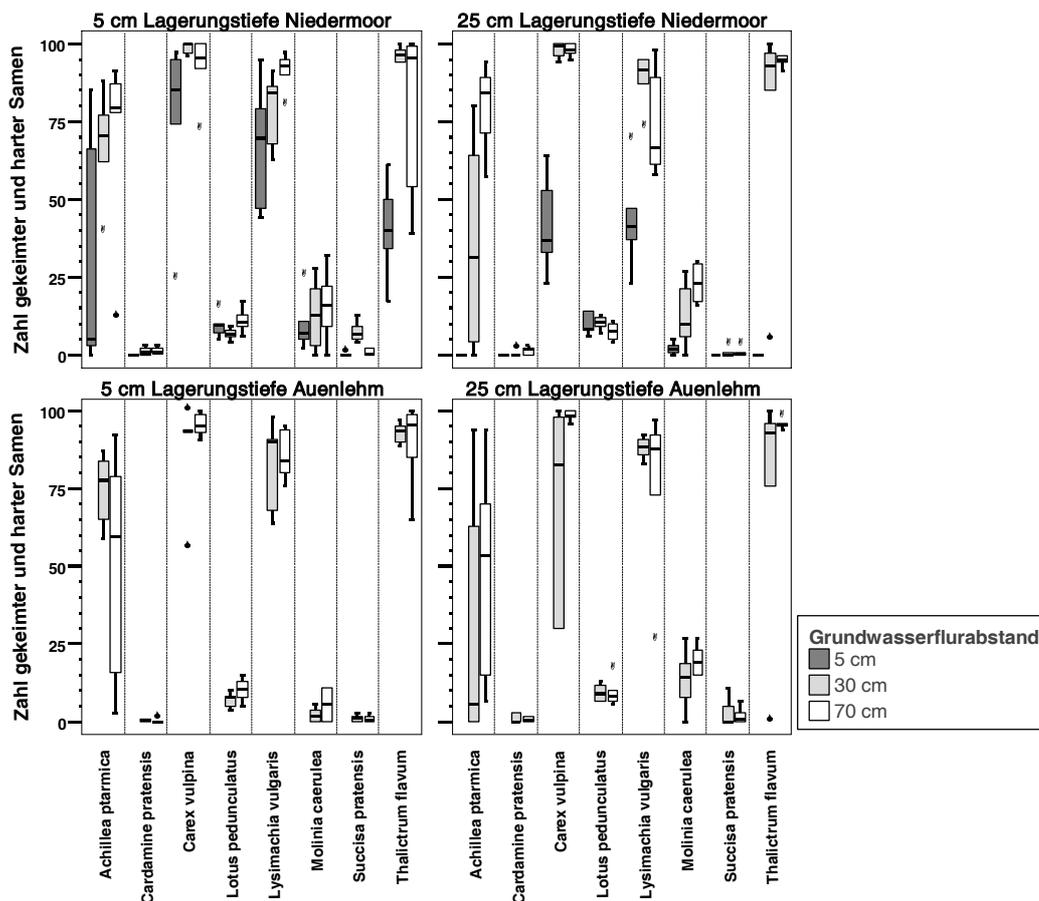


Abb. 1: Boxplotdarstellung der potenziell lebensfähigen Samen je Polyamidbeutel nach 3 Jahren Bodenlagerung

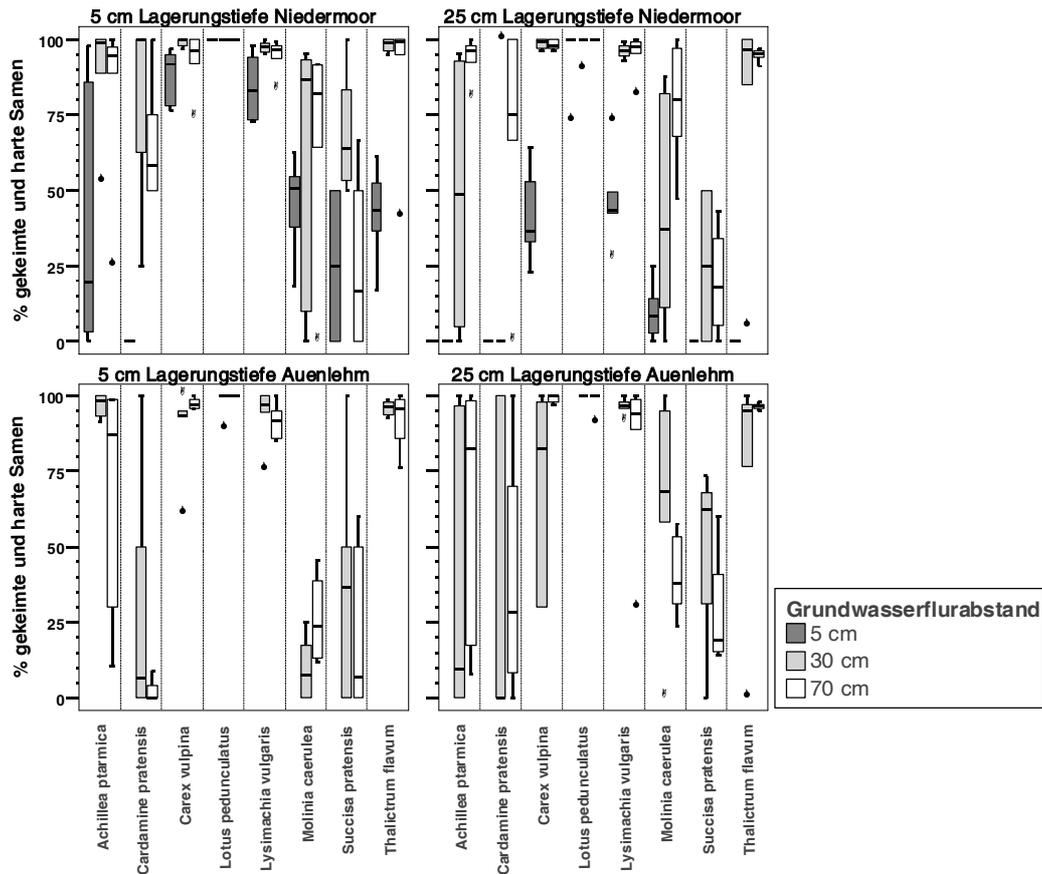


Abb. 2: Boxplotdarstellung der potenziellen Keimfähigkeit nach 3 Jahren Bodenlagerung

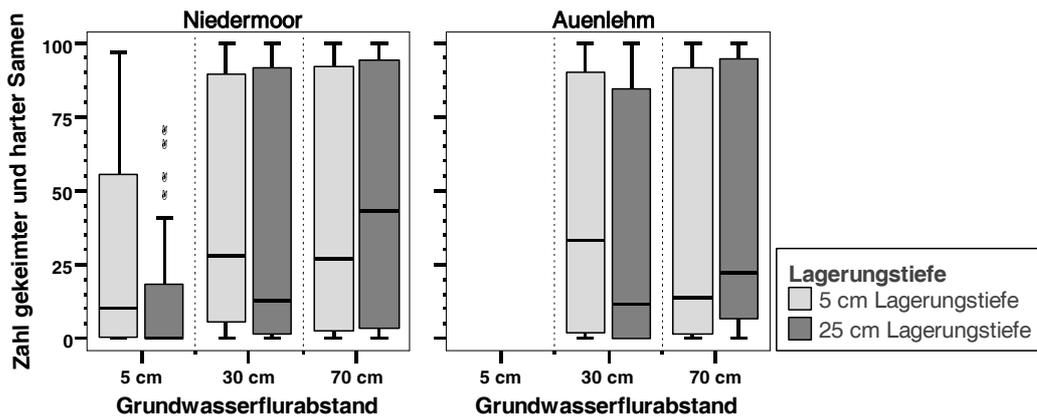


Abb. 3: Potenziell lebensfähige Samen in Abhängigkeit von der Lagerungstiefe

Arten mit festerer Samenschale sind offenkundig robuster gegenüber Grundwassereinflüssen. Die Ergebnisse nach 3jähriger Lagerungsdauer deuten darauf hin, dass *Carex vulpina*, *Lysimachia vulgaris* und *Thalictrum flavum* eine längerfristige Samenbank aufbauen, *Achillea ptarmica* und *Molinia caerulea* eine mittelfristige Samenbank und *Cardamine pratensis* und *Succisa pratensis* eine eher kurzfristige Samenbank.

pedunculatus keimt einerseits sehr leicht im Boden aus, die wenigen verbliebenen, oft hartschaligen Samen sind jedoch hoch lebensfähig und können als persistente Samenbankbildner angesehen werden. Die Ergebnisse lassen sich gut in die Literaturzusammenstellung der Samenbanktypen von THOMPSON et al. (1997) einordnen.

Der Einfluss der Lagerungstiefe steht in Wechselwirkung mit der Wassersättigung (Abb. 3). Wegen der hohen Variabilität der Einzelwerte können nur Tendenzen abgelesen werden. Unter trockeneren Bedingungen (Grundwasser 70 cm unter Flur) ist die Zahl an lebensfähigen Samen in der tiefen Lagerungsschicht leicht erhöht (Ursache: höhere Temperaturschwankungen in oberen Bodenschichten führen zu Dormanzbrechung und vorzeitigem Auskeimen, EGLEY, 1995). Andererseits bewirkt die Wassersättigung in tieferer Schicht bei hohen Grundwasserständen Sauerstoffarmut, was die Lebensdauer der Samen herabsetzt (MURDOCH & ELLIS, 1992).

Literatur

- BALL, D.A. & MILLER, S.D. (1989): A comparison of techniques for estimation of arable soil seed banks and their relationship to weed flora. *Weed Research* 29, 365 – 373.
- BEKKER, R.M., OOMES, M.J.M. & BAKKER, J.P. (1998): The impact of groundwater level on soil seed bank survival. *Seed Science Research* 8, 399 – 404.
- BEKKER, R.M.; KNEVEL, I.C.; TALLOWIN, J.B.R.; TROOST, E.M.L. & BAKKER, J.P. (1998): Soil nutrient input effects on seed longevity: a burial experiment with fen-meadow species. *Functional Ecology* 12, 673 – 682.
- BEWLEY, J.D. & BLACK, M. (1982): Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Vol. 2: Viability, Dormancy and Environmental Control. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- CAVERS, P.B. & BENOIT, D.L. (1989): Seed banks in arable land. In: M.A. Leck, V.Y. Parker & R.L. Simpson (eds): Ecology of Soil Seed Banks: Academic Press, San Diego, 309 – 328.
- EGLEY, G.H. (1995): Seed Germination in Soil: Dormancy Cycles. In: J. KIGEL & G. GALILI (eds): Seed Development and Germination. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, Hongkong, 529 – 543.
- HEERDT, G.N.J. TER, VERWEIJ, G.L., BEKKER, R.M. & BAKKER, J.P. (1996): An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. *Functional Ecology* 10, 144 – 151
- HÖLZEL, N. & OTTE, A. (2001): The impact of flooding regime on the soil seed bank of flood-meadows. *Journal of Vegetation Science* 12, 209 – 218.
- HOWE, C.D. & CHANCELLOR, R.J. (1983): Factors affecting the viable seed content of soils beneath lowland pastures. *Journal of Applied Ecology* 20, 915 – 922.
- MURDOCH, A.J. & ELLIS, R.H. (1992): Longevity, Viability and Dormancy.- In: M. Fenner (ed.): Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CAB International, Wallingford (UK), 193 – 229.
- THOMPSON, K.; BAKKER, J.P. & BEKKER, R.M. (1997): The soil seed banks of north west Europe : methodology, density and longevity . Cambridge Univ. Press.

VILLIERS, T.A. (1973): Ageing and the longevity of seeds in field conditions. In : W. Heydecker (ed.): "Seed ecology", Butterworths, London, 265 – 280.

Möglichkeiten der Diversifizierung von Grasland durch Endozoochorie

M. Hofmann¹, H. Langholz², S. Bonn³ und J. Isselstein²

¹ Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Grünland und Futterbau

² Universität Göttingen, Abteilung Graslandwissenschaft,

³ Universität Regensburg, Lehrstuhl für Botanik

Einleitung und Fragestellung

Die Einbeziehung artenreicher Graslandvegetation in das Weidesystem könnte eine aussichtsreiche Möglichkeit sein, artenarmes Grasland kostengünstig und effizient zu diversifizieren. In einem Fütterungsversuch wurde daher geprüft, welche Bedeutung der Samenausbreitung durch landwirtschaftliche Nutztiere zukommt und wie effektiv dieses Ausbreitungsmedium für das Keimlingsaufkommen verschiedener Graslandarten in den Kotstellen ist.

Material und Methoden

Ein Samengemisch von folgenden acht Grünlandarten (Abkürzung in Klammern) wurde an je fünf Mutterkühe und Schafe verabreicht: *Centaurea jacea* (Cen jac), *Daucus carota* (Dau car), *Leontodon autumnalis* (Leo aut), *Lotus corniculatus* (Lot cor), *Medicago lupulina* (Med lup), *Plantago lanceolata* (Pla lan), *Tragopogon pratensis* (Tra pra), *Trifolium pratense* (Tri pra). Je nach Samengröße und Samenverfügbarkeit wurden zwischen 5.000 und 30.000 Samen je Tier in den Schlund der Tiere appliziert. Nachfolgend wurden über einen Zeitraum von zehn Tagen die jeweils neu abgesetzten Kotstellen – getrennt nach Tierart – täglich markiert. Das Keimlingsaufkommen in den Kotstellen wurde über neun Monate erfasst. Um den Aufgang unter konkurrenzfreien und kontrollierten Bedingungen zu ermitteln, wurden ca. zehn Prozent der täglich abgesetzten Kotstellen mit steriler Versuchserde vermischt in Pflanzschalen in einer Vegetationshalle exponiert. Parallel zur Samen-Verfütterung wurden Samen der selben Arten unmittelbar benachbart in definierter Menge in Dauerquadraten über der Grasnarbe ausgestreut und über neun Monate der Aufgang der Keimlinge in der beweideten Grasnarbe erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Zwei von den acht verfütterten Arten liefen auch unter konkurrenzfreien und somit günstigen Bedingungen in den Kotstellen der Rinder in der Vegetationshalle nicht oder in sehr geringen Keimlingszahlen auf (Tra pra, Leo aut). Bei den übrigen Arten liefen in der Vegetationshalle zwischen 3,4 (Dau car) und 22,9 % (Pla lan) der verfütterten Samen auf (Abb. 1). Die hohe

artspezifische Variabilität zeigt, dass verschiedenen Pflanzenarten unterschiedlich gut an endozoochore Ausbreitung angepasst sind und für einige Arten andere – hier nicht untersuchte - Ausbreitungsvektoren von größerer Bedeutung sind. PAKEMAN et al. (2002) konnten in Vergleichen zwischen dem Artenspektrum in der vorhandenen Vegetation und im Keimlingsaufkommen in Kotstellen auf der Weide zeigen, dass vorwiegend Arten mit kleinen und runden Samen keimten, wogegen Arten mit eher langgestreckten Samen nicht oder selten aus dem Kot aufliefen. Dies stimmt mit den hier gezeigten Ergebnissen überein, da in unserer Untersuchung die einzigen beiden Arten mit langgestreckten Samen nicht oder sehr gering keimten. Möglicherweise ist die geringere Aufgangsrate länglicher Samen darin begründet, dass diese länger für die Darmpassage benötigen und somit auch länger der keimungsschädigenden Wirkung der Verdauungsenzyme ausgesetzt sind. Erhebungen zur mittleren Zeitdauer der Ausscheidung keimfähiger Samen in der eigenen Untersuchung deuten daraufhin; bei den Arten *Lea aut* und *Tra pra* lag der Schwerpunkt der Ausscheidung keimbereiter Samen zeitlich am weitesten entfernt von dem Zeitpunkt der Verfütterung der Samen.

Der Aufgang war in den Kotstellen auf der Weide bei vier der verfütterten Arten deutlich geringer als in der Vegetationshalle, bei zwei Arten auf ähnlichem Niveau (*Lea aut*, *Tri pra*) und bei einer Art mehr als doppelt so hoch (*Med lup*).

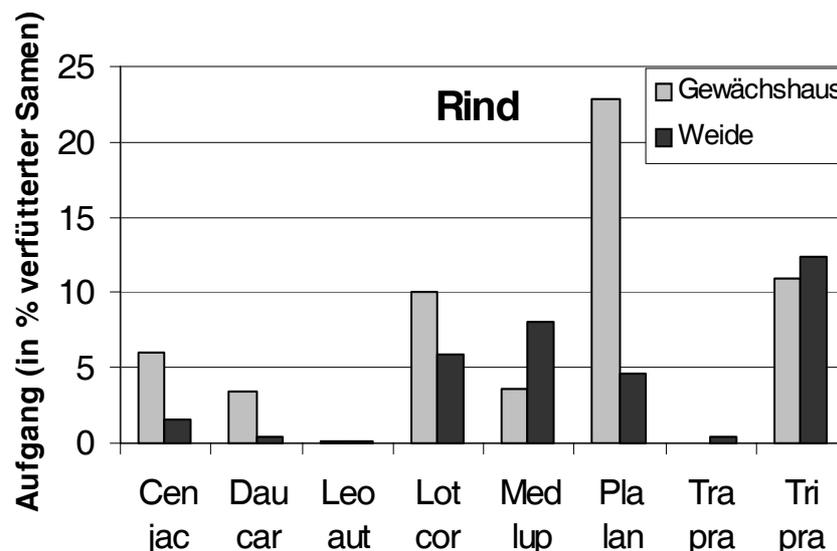


Abb. 1: Aufgangsrate von Keimlingen (in % verfütterter Samen) aus den Kotstellen der Rinder in der Vegetationshalle und auf der Weide

Das Keimlingsaufkommen in den Kotstellen der Schafe war auf der Weide mit Ausnahme von zwei Arten (*Cen jac*, *Pla lan*) auf vergleichbarem Niveau oder höher als in der Vegetationshalle (Abb. 2). Besonders bei den Leguminosen war der Aufgang auf der Weide drei- bis sechsfach so hoch wie in der Vegetationshalle. Ursache könnte hier die keimungsfördernde Wirkung von Bodenorganismen sein, die durch das Nährstoffangebot in den Kotstellen optimale Vermehrungsbedingungen fanden und die Hartschaligkeit der Leguminosen abbauten; in der sterilen Versuchserde in der Vegetationshalle war dies nicht möglich. Auf der Weide betrug der Aufgang aus den Kotstellen der Schafe nur ungefähr die Hälfte verglichen mit dem Aufgang aus den Kotstellen der Rinder. Mögliche Ursachen hierfür können unterschiedliche Intensität von Kauvorgängen und Darmpassage sein sowie verschiedene Milieu und Konsistenz der Kotstellen; der deutlich härtere bzw. trockenere Schafkot hat vermutlich ein erfolgreiches Auflaufen der Keimlinge in vielen Fällen verhindert (MOUISSIE et al. 2005).

Der Aufgang der nicht verfütterten, sondern direkt über der Grasnarbe ausgesäten Arten auf der Weide variierte zwischen 0,3 (Lot cor) und 5,3 % (Pla lan). Eine der ausgesäten Arten lief nicht auf (Tri pra) und im Unterschied zum Verfütterungsexperiment war Mel lup nicht ausgesät worden. Insgesamt sind die Unterschiede zwischen Keimlingsaufgang nach Direktübersaat und Aufgang nach Verfütterung vergleichsweise gering. Dies ist zunächst erstaunlich, da von den Weidetieren aufgenommene Samen erheblichen mechanischen und chemischen Einflüssen durch Kau- und Verdauungsvorgänge ausgesetzt sind, die die Anzahl lebensfähiger Diasporen vermindern (GARDENER et al. 1993, EDWARDS & YOUNGER 2006). Jedoch können die mit dem Kot ausgeschiedenen Samen gegenüber den direkt ausgesäten Samen auch von günstigeren Aufgangsbedingungen profitieren, die die negativen Einflüsse teilweise kompensieren; zum einen decken die Kotstellen einen gewissen Teil der Grasnarbe ab und vermindern so in der ersten Zeit nach dem Absetzen der Kotstellen die Konkurrenz der Grasnarbe, zum anderen können die Nährstoffe in den Kotstellen keimungs- und etablierungsfördernde Bedingungen für die auflaufenden Keimlinge schaffen (OLFF & RITCHIE 1998, COSYNS et al. 2006).

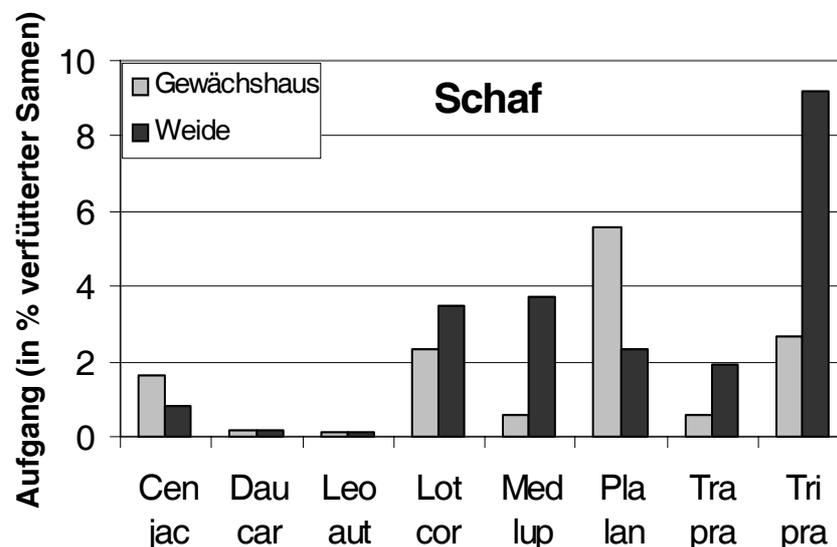


Abb. 2: Aufgangsrate von Keimlingen (in % verfütterter Samen) aus den Kotstellen der Schafe in der Vegetationshalle und auf der Weide

Neben den verfütterten Arten liefen auch zahlreiche weitere Arten spontan in den Kotstellen auf (Tab. 1). Mit Abstand den höchsten Anteil hatten *Plantago major*-Keimlinge, aber auch zahlreiche futterbaulich wertvolle Arten wie *Lolium perenne*, *Trifolium repens* und *Poa pratense* liefen in den Kotstellen auf. Diese Samen hatten die Weidetiere in den Tagen unmittelbar vor Versuchsbeginn beim Grasens auf einer benachbarten Fläche mit dem Weidefutter aufgenommen. Die im Experiment verfütterten Arten waren auf dieser Fläche allerdings nicht vertreten. Dies zeigt das erhebliche Potenzial, welches das Einbeziehen von artenreichen, an ausgereiften Samen reichen Pflanzenbeständen für die gezielte Artenanreicherung von artenarmen Pflanzenbeständen bieten kann. Dabei sollte aber auch die potenzielle Gefahr berücksichtigt werden, die die endozoochore Verbreitung von Diasporen aus nährstoffreicheren oder verunkrauteten Pflanzenbeständen für die Bestandentwicklung an nährstoffärmeren Standorten darstellt (MOUISSIE et al. 2005).

Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, artenarme Graslandbestände durch kurzzeitige Einbeziehung von artenreicher, samentragender Vegetation in ein Umtriebsweide-System zu diversifizieren. Der Aufgang endozoochor verbreiteter Samen ist bei der Hälfte der untersuchten Arten zwar niedriger als bei der direkten Übersaat in die Grasnarbe, jedoch ist die Aufnahme und Verbreitung über die Weidetiere wesentlich zeit- und kostengünstiger als ein Sammeln und Ausbringen der Samen durch den Menschen. Zudem sind einige Arten - wie die Leguminosen - offenbar optimal angepasst an diesen Ausbreitungsmodus und weisen nach endozoochorer Verbreitung einen deutlich höheren Aufgang auf als bei Übersaat in die Grasnarbe.

Tab. 1: Anzahl auflaufender Keimlinge je Kotstelle von nicht verfütterten Arten

Pflanzenart	Rind	Schaf	Pflanzenart	Rind	Schaf
<i>Agrostis spec.</i>	0.2		<i>Poa pratensis</i>	5.1	0.5
<i>Asperula cynanchica</i>		0.2	<i>Poa trivialis</i>	8.0	14.0
<i>Bellis perennis</i>	0.1		<i>Polygonum aviculare</i>	0.1	0.5
<i>Bromus hordeaceus</i>	0.1		<i>Polygonum lapathifolium</i>		0.6
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0.3	0.6	<i>Ranunculus repens</i>	0.1	
<i>Cerastium holosteoides</i>	2.1	2.6	<i>Ranunculus spec.</i>	0.5	
<i>Cirsium arvense</i>	<0.1		<i>Rumex obtusifolius</i>	0.4	
<i>Dactylis glomerata</i>	1.9	0.6	<i>Senecio jacobaea</i>	0.3	
<i>Elymus repens</i>	<0.1		<i>Sonchus spec.</i>	0.2	
<i>Epilobium spec.</i>	0.4	0.2	<i>Stellaria media.</i>	0.2	0.8
<i>Festuca rubra</i>	<0.1	0.1	<i>Trifolium repens</i>	11.5	0.3
<i>Geranium molle</i>	<0.1		<i>Urtica dioica</i>	0.9	0.6
<i>Lolium perenne</i>	13.0	0.5	<i>Urtica minor</i>	0.3	0.6
<i>Phleum pratense</i>	4.0	0.2	<i>Veronica arvensis</i>	0.2	0.5
<i>Plantago major</i>	438.2	134.0	<i>Veronica serpyllifolia</i>	0.8	0.6

Literatur

- COSYNS, E., BOSSUYT, B., HOFFMANN, M., VERVAET, H. and LENS, L. (2006): Seedling establishment after endozoochory in disturbed and undisturbed grasslands. *Basic and Applied Ecology* 7, 360-369.
- EDWARDS, A.R. and YOUNGER, A. (2006): The dispersal of traditionally managed hay meadow plants via farmyard manure application. *Seed Science Research* 16, 137-147.
- GARDENER, C.J., MCIVOR, J.G. and JANSEN, A. (1993): Survival of seeds of tropical grassland species subjected to bovine digestion. *Journal of Applied Ecology* 30, 75-85.
- MOUISSIE, A.M., VOS, P., VERHAGEN, H.M.C. and BAKKER, J.P. (2005): Endozoochory by free-ranging, large herbivores: Ecological correlates and perspectives for restoration. *Basic and Applied Ecology* 6, 547-558.
- OLFF, H. and RITCHIE, M. (1998): Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution* 13, 261-265.
- PAKEMAN, R., DIGNEFFE, G. and SMALL, J.L. (2002): Ecological correlates of endozoochory by herbivores. *Functional Ecology* 16, 296-304.

Biodiversity and plant-environmental interaction in semi-arid rangeland in western Iran

M. Faramarzi, S. Kesting, N. Wrage und J. Isselstein

Institute of Grassland Science, Department of Crop Sciences, von-Siebold-Str. 8, Georg-August-University Göttingen, 37075 Göttingen

Introduction

Of the total land area of Iran (164,819,500 ha), 55% is rangeland. Most rangeland is located in the arid and semi-arid areas. In the Kermanshah province in western Iran (2,443,400 ha total area, 30% rangeland), 26% of the rangeland is considered as good rangeland, 27% fair, and 48% poor (BADRIPOUR, 2004).

The loss of biodiversity under land use intensification is a particularly relevant issue on rangelands because of their vulnerability to land use conversions (FLATHER and HUL 2000). REZAEI et al. (2005) suggested the most important biophysical resource of rangeland to be the soil because of strong relationships with plant properties and plant cover.

The objective of this study was to analyze plant diversity and to explore plant-environmental interactions, including interactions with soil parameters, in the semi-arid rangeland of the Kermanshah province.

Material and Methods

The study areas are formed by two catchments, the Kabodeh (1,494 ha) and the Merek (24,207 ha) catchment, located in the Kermanshah province. The rangeland area of both catchments accumulates to 6,741 ha. Some dominant species are *Aegilops sp.*, *Phlomis sp.*, *Bromus danthoniae*, *Festuca arundinacea*, *Bromus tectorum*, *Euphorbia sp.*, *Gundelia tournefortii*, *Taeniatherum crinitum*, *Heterantherium piliferum*. The rangeland is grazed mostly by sheep, goats, and sometimes cattle, including both sedentary and migrating animals.

For field sampling, a stratified double sampling design was used. To this end, both study areas were stratified into classes of rangeland condition after selecting the 44 study sites on satellite images.

Per site, vegetation was sampled in eight quadrates of 1*1 m² for herbaceous plants and four subplots of 10*10 m² for trees and shrubs. Species number, biomass and percentage cover was measured and plant diversity calculated. Soil was sampled in two locations per site (0-20 cm) and analyzed for available phosphorus (P), available potassium (K), organic carbon (OC), pH, and soil texture.

Data collected per site were averaged for further analyses. Detrended correspondence analysis (DCA), canonical correspondence analysis (CCA), and correlation matrix were used (CANOCO and SPSS software) for interpretation of species diversity and plant-environmental interaction.

Results and Discussion

In total, 108 plant species were found in the 44 sites. With DCA of the vegetation data, eigenvalues of 0.329, 0.140, 0.106 and 0.084 were found for axes one to four, respectively, and the variation accounted for by each axis was 13.2, 5.7, 4.2 and 3.4%, respectively. The first two axes thus described most of the dispersion of the species. Fig. 1 shows their spatial distribution in a DCA ordination diagram. Some species at the positive end of the first axis were *Medicago radiata*, *Medicago rotata*, *Dianthus* sp., *Trifolium tomentosum*, *Boissiera squarrosa*, i. e. species more abundant in the Kabudeh catchment in the best class of rangeland. This might be due to exclosures in these areas, where the number of species, diversity, biomass, percentage cover, and the amount of palatable plants such as *Trifolium* spp. and *Medicago* spp. were larger than in other areas. KARAAIJ and MILTON (2006) also reported that species richness in a 7-year study was significantly higher in fenced than in open plots.

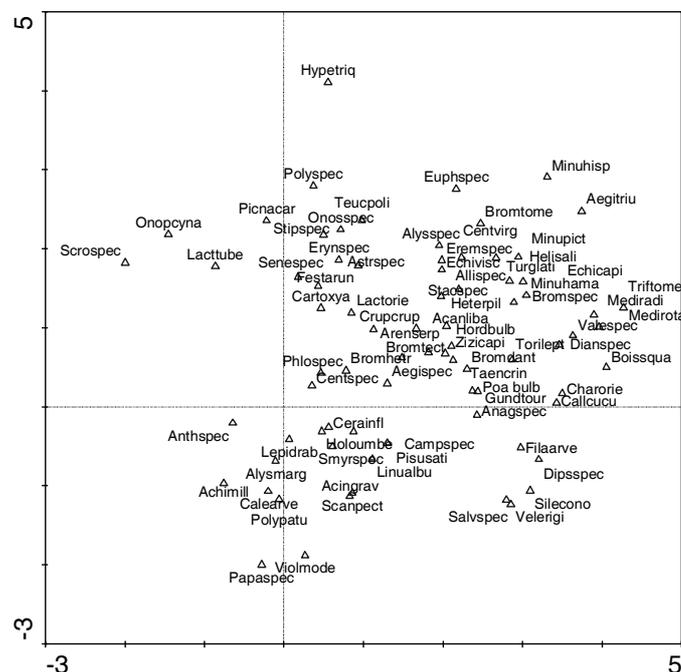


Fig. 1: DCA ordination diagram displaying main plots and plant species. For species labels, please see Appendix.

Fig. 2 and Tab. 1 show strong positive correlations between percentage cover and biomass, percentage cover and species number, as well as species number and biomass, between OC and P as well as K, and between P and K. In addition, there were positive relationships between percentage cover and OC, as well as K. OC was also negatively correlated with pH. The most important environmental variables for the spatial distribution of many species were P, K, and OC. These results are similar to those of DALLE (2004) who found that in his study area in Ethiopia, P, K, and CEC were the most important environmental variables determining species distribution. Analysis of frequency data for the spatial distribution of species in each main plot gave results similar to the presented accumulative data.

In other studies of rangeland in the Kermanshah province, an interaction between diversity and environmental variables had not been found. That was the reason to use multivariate techniques in this study to analyse the relationship between environmental variables and plant species.

The current study illustrates that the more fertile sites, which had more P, K, and OC, had also a larger percentage cover. However, there was no significant correlation between P and percentage cover. This might be due to P fertilization that some farmers applied to part of the sample units 2-5 years ago (data not shown).

In contrast to biomass and percentage cover variables, there were no significant relationships between species number and environmental variables. Similar results were found by DALLE (2004) and REED et al. (1993).

In conclusion, these results suggest that in this area, management measures like exclosures seem to have a larger impact on species numbers, biomass, percentage cover, and amount of palatable plants than the environmental factors measured.

Tab. 1: Correlation matrix of environmental variables

	Cover	Bio- mass	Species No.	Clay	Silt	Sand	OC	K	P	pH
Cover (%)		**	**	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
Biomass (m ²)	0.69		**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Species No.	0.54	0.53		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Clay (%)	-0.12	-0.16	0.17		ns	**	ns	ns	ns	ns
Silt (%)	0.01	-0.04	-0.07	-0.15		*	ns	ns	ns	ns
Sand (%)	0.13	0.18	-0.15	-0.09	-0.32		*	ns	ns	ns
OC (%)	0.30	0.04	-0.13	-0.29	-0.05	0.30		**	**	*
K (ppm)	0.30	-0.08	-0.01	0.10	0.11	-0.14	0.57		**	ns
P (ppm)	0.02	-0.21	-0.08	0.01	0.09	-0.06	0.42	0.64		ns
pH	-0.13	-0.05	0.62	-0.10	0.24	-0.03	-0.32	-0.20	0.02	

Rho-value and statistical significance were derived using Spearman's rank correlation.

(**p < 0.01, * p < 0.05, and ns = not significant)

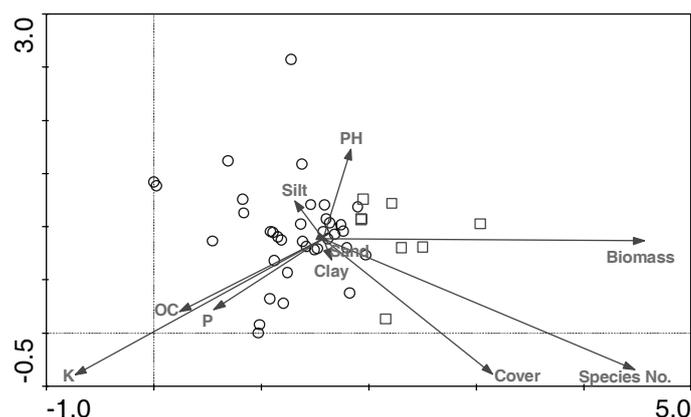


Fig. 2: Ordination diagram based on DCA indirect gradient analysis of samples and environmental variables in the Kabodeh and the Merek catchments (squares and circles, respectively).

Appendix: Plant species codes

Acanliba (Acantholimon libanoticum), Achimill (Achillea millefolium), Acingrav (Acinus graveolens), Aegispec (Aegilops sp.), Aegitriu (Aegilops triuncialis), Allispec (Allium sp.), Alysmarg Alyssum marginatum, (Alysspec) Alyssum sp., (Anagspec)

Anagallis sp., (Anthspec) (Anthemis sp.), Arenserp (Arenaria serpyllifolia), Astrspec (Astragalus sp.), Boissqua (Boissiera squarrosa), Bromdant (Bromus danthoniae), Bromhetr (Bromus hetrantum), Bromspec (Bromus sp.), Bromtect (Bromus tectorum), Bromtome (Bromus tomentellus), Calearve (Calendula arvensis), Callcucu (Callipeltis cucullaria), Campspec (Campanula sp.), Cartoxya (Carthamus oxyacantha), Centspec (Centaurea sp.), Centvirg (Centaurea virgata), Cerainfl (Cerastium inflatum), Charorie (Chardinia orientalis), Crupcrup (Crupina crupinastrum), Dianspec (Dianthus sp.), Dipsspec (Dipsacus sp.), Echicapi (Echinaria capitata), Echivisc (Echinops viscosus), Eremspec (Eremopoa sp.), Erynspec (Eryngium sp.), Euphspec (Euphorbia sp.), Festarun (Festuca arundinacea), Filaarve (Filago arvensis), Gundtour (Gundelia tournefortii), Gypscapi (Gypsophila capillaris), Helisali (Helianthemum salicifolium), Heterpili (Heterantheum piliferum), Holoumbe (Holosteum umbellatum), Hordbulb (Hordeum bulbosum), Hypetriq (Hypericum triquetrifolium), Lactorie (Lactuca orientalis), Lacttube (Lactuca tuberosa), Lepidrab (Lepidium draba), Linualbu (Linum album), Mediradi (Medicago radiata), Medirota (Medicago rotata), Minuhama (Minuartia hamata), Minuhisp (Minuartia hispanica), Minupict (Minuartia picta), Onopcyna (Onopordum cynarocephalum), Onosspec (Onosma sp.), Papaspec (Papaver sp.), Phlospec (Phlomis sp.), Picnacar (Picnoman acarna), Pisasati (Pisum sativum), Poa bulb (Poa bulbosa), Polypatu (Polygonum patulum), Polyspec (Polygonum sp.), Salvspec (Salvia sp.), Scanpect (Scandix pecten-veneris), Scrospec (Scrophularia sp.), Senespec (Senecio sp.), Silecono (Silene conoidea), Smyrspec (Smyrniopsis sp.), Stacspec (Stachys sp.), Stipspec (Stipa sp.), Taencrin (Taeniatherum crinitum), Violspec (Viola sp.), Teucpoli (Teucrium polium), Torilept (Torilis leptophylla), Triftome (Trifolium tomentosum), Turglati (Turgenia latifolia), Valespec (Valerianella sp.), Velerigi (Velezia rigida), Violmode (Viola modesta Fenzl), Zizicapi (Ziziphora capitata).

Acknowledgements

The authors would like to thank Eng. M. Ghaderi, Eng. A.H. Ahmadi, and Eng. Gaitouri for their help during sampling and for their technical assistance. We are thankful to Dr. M. Farshadfar, and Mr. Gh. Azizi who provided the appropriate facilities for field data collection.

References

- BADRIPOUR, H. (2004): Pasture/forage resource profiles of Iran, Technical Bureau of Rangeland – Forest, Rangeland and Watershed Management Organization (FRWO) - Ministry of Jihad e Agriculture, Iran.
- BAUER J.J. (1990): The analysis of plant-herbivore interactions between ungulates and vegetation on alpine grasslands in the Himalayan region of Nepal. *Vegetation* 90, 15–34.
- DALLE, G. (2004): Vegetation ecology, rangeland condition and forage resources evaluation in the Borana lowlands, southern Oromia, Ethiopia, PhD thesis, Goettingen University.
- FORBES, T.J., DIBB, C., GREEN, J.O., HOPKINS, A., & PEEL, S. (1980): Factors affecting the productivity of permanent grassland: a national farm study. Joint permanent pasture group, Hurley, Maidenhead, Berks.
- KARAAIJ, T., AND MILTON, S.J. (2006): Vegetation changes (1995–2004) in semi-arid Karoo shrubland, South Africa: Effects of rainfall, wild herbivores and change in land use. *Journal of Arid Environments*, 174-192.
- REED, R.A., PEET, R.K., PALMER, M.W., & WHITE, P.S. (1993): Scale dependence of vegetation-environment correlation: A case study of a North Carolina piedmont woodland. *Journal of Vegetation Science* 4, 329-430.
- REZAEI, S.A., ARZANI, H., & TONGWAY, D. (2006): Assessing rangeland capability in Iran using landscape function indices based on soil surface attributes. *Journal of Arid Environments* 65, 460–473.

Untersuchungen zum P-Austrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen

M. Diepolder und S. Raschbacher

Institut für Agrarökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

Einleitung und Problemstellung

Mit der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) hat sich die europäische Wasserpolitik das Ziel „sauberer und lebendiger Gewässer in Europa“ gesetzt. Bei der Vorgabe, bis zum Jahr 2015 einen „Guten Zustand aller Wasserkörper“ zu erreichen und unter der Prämisse eines generell bestehenden Verschlechterungsverbots sieht die WRRL speziell für Oberflächengewässer die Herbeiführung sowohl eines guten chemischen, wie auch ökologischen Zustandes vor. Dies beinhaltet die fach- und grenzüberschreitende Entwicklung von Strategien und Normen gegen die Wasserverschmutzung.

Zielsetzung des INTERREG-III-A-Projektes „*Saubere Seen*“ war es, im Einzugsgebiet von zwei eutrophierten Stauseen in der Oberpfalz/Bayern anhand von mehrjährigen Messreihen den Phosphoreintrag zu quantifizieren sowie Erkenntnisse über die Ursachen und Wege des Phosphoreintrags zu gewinnen und daraus Möglichkeiten zu dessen Reduzierung abzuleiten.

Aus diesem Projekt werden Forschungsergebnisse der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft speziell zum P-Austrag aus landwirtschaftlichen Nutzflächen vorgestellt. Weitere Teilergebnisse des gesamten Forschungsvorhabens finden sich bei DIEPOLDER *et al.*, 2005 sowie DIEPOLDER UND RASCHBACHER, 2007.

Material und Methoden

Bei vier Teileinzugsgebieten (TEZG) im Einzugsgebiet des Eixendorfer Stausees in der Oberpfalz/Bayern wurden bei den Abläufen Messstellen installiert. Die TEZG waren unterschiedlich groß (A: 73,5 ha, B: 288,5 ha, C: 63,6 ha, D: 43,4 ha) und wiesen unterschiedliche Flächenanteile an Acker-, Grünland-, Wald- und Siedlungsflächen, unterschiedliche Erosionsgefährdung der Ackerflächen sowie einen unterschiedlichen Grad der Extensivierung (u.a. Viehdichte, siehe Tab. 1) der landwirtschaftlichen Produktion auf. An diesen Hauptmessstellen wurden die P-Einträge sowohl qualitativ als auch quantitativ erfasst, d.h. es wurde zum Einen die Abflussmenge und zum Anderen die P-Konzentration in den aus den jeweiligen Einzugsgebieten austretenden Fließgewässern bestimmt. Zur kontinuierlichen Probenahme an den Hauptmessstellen wurden automatische Probenehmer (Fa. ISCO) eingesetzt, die mit einem Einperlmodul versehen waren, welches die Pegelhöhe misst und diese in Intervallen von 15 Minuten abspeichert. Aus den Pegelhöhen wurde der Durchfluss über Formeln für geeichte V-Wehre errechnet. Aus der Abflussmenge und der P-Konzentration wurden die P-Frachten ermittelt und EDV-technisch zu Monats- bzw. Jahresdurchschnittswerten aggregiert. In Ergänzung dazu wurden durch Schöpfprobenahmestellen weitere Werte über P-Konzentrationen erhoben.

Die Berechnung des durchschnittlichen jährlichen Eintrags an Gesamt-P (TP-Fracht) aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) in die Vorfluter erfolgte indirekt durch Differenzbildung. Es wurden von der (gemessenen) gesamten TP-Fracht aus einem Einzugsgebiet die aus der Literatur und eigenen stichpunktartigen Untersuchungen für die Region bekannten (hochgerechneten) TP-Frachten aus Wald, Teichwirtschaft, Siedlung und Verkehr abgezogen.

Die Ermittlung des Umfangs der jeweiligen Einzugsgebiete erfolgte mittels topographischer Karten im Maßstab 1:25.000 mit Hilfe des EDV-Programmes „ArcView“ anhand der Höhenlinien. Es erwies sich hierbei als hilfreich, vor Ort eine weitere Überprüfung vorzunehmen. Die Ermittlung der Flächengröße und Flächennutzungen erfolgte mittels Luftbilder sowie topographischer Karten in ArcView und mit Hilfe der InVeKos-Daten der bayerischen Landwirtschaftsverwaltung. Informationen zum Viehbesatz und zur Nutzung landwirtschaftlicher Förderprogramme stammen ebenfalls aus InVeKos-Daten. Ein ortsansässiger Gebietsberater erhob darüber hinaus bei Einzelbetriebsbesuchen weitere notwendige Daten.

Die TP-Austräge in Tab. 1 sind in Elementform angegeben. Sie basieren auf Messzeiträumen von 68 (A, B), 56 (C) und 27 (D) Monaten. Die in dieser Zeit aufgetretenen durchschnittlichen Niederschlagsmengen pro Jahr lagen bei 820 mm/a (A, B), 850 mm/a (C) bzw. 750 mm/a (D).

Ergebnisse und Diskussion

Die in Tab. 1 zusammengefaßten Daten zeigen, dass durch die gezielte Auswahl von Teileinzugsgebieten eine große Variation der landwirtschaftlichen Flächennutzung als Basis für eine weitere Interpretation bezüglich des Einflusses der Landnutzung auf den P-Eintrag in Oberflächengewässer erreicht wurde. Dies spiegelt sich auch in den ermittelten P-Frachten pro Hektar und Jahr aus der LN wieder.

Die durchschnittlichen jährlichen P-Frachten aus den landwirtschaftlichen Nutzflächen bewegten sich in einer Spannweite von 0,20 kg TP/ha und 0,64 kg TP/ha. Dies entspricht in der Oxidform 0,46 bzw. 1,47 kg P₂O₅ pro Hektar und Jahr.

Die Obergrenze wurde dabei bei demjenigen Teileinzugsgebiet (A) mit dem höchsten Anteil an Ackerflächen (76 % der LN), welche zudem überwiegend mittel bis stark erosionsgefährdet waren, ermittelt.

Die Untersuchungen belegten ferner, dass in allen Teileinzugsgebieten sowie auch (hier nicht explizit dargestellt) direkt am für den Gesamteinzugsgebiet repräsentativen Seezulauf hohe monatliche P-Frachten meist in Verbindung mit hohen monatlichen Abflussraten vor allem im Winterhalbjahr auftraten, während die Extrema der TP-Konzentrationen vor allem in den Sommermonaten zu verzeichnen waren.

Aus den im TEZG A gewonnenen Erkenntnissen lässt sich für vergleichbare Einzugsgebiete mit einem hohen Anteil an Ackerbau in erosionsgefährdeten Lagen übertragen und belegen, dass gerade in der Förderung von erosionsmindernden Maßnahmen sowie in einem langfristigen Abbau des P-Gehalts hoch versorgter Ackerflächen wesentliche Ansatzpunkte für die Minderung von diffusen P-Austrägen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen zu sehen sind.

Tab. 1: Durchschnittliche TP-Austräge (Gesamt-Phosphor) aus den landwirtschaftlichen Nutzflächen von vier Teileinzugsgebieten mit unterschiedlicher Nutzung

Teil-einzugs- gebiet	Charakterisierung				
	Acker (% LN)	Erosionsgefähr- dung bei Acker	Grünland (% LN)	Ø Viehbesatz (GV/ha)	Ø P-Fracht von der LN (kg TP/ ha und Jahr)
A	76	hoch	24	1,8	0,64
B	42	mittel bis hoch	58	1,6	0,55
C	50	mittel	50	1,8	0,47
D	30	sehr niedrig	70	1,1	0,20

Bei den Teileinzugsgebieten B und C lag die von der LN stammende durchschnittliche jährliche P-Fracht bei 0,47 bzw. 0,55 kg TP (ca. 1,1 bzw. 1,3 kg P₂O₅) pro Hektar und Jahr.

Die Untergrenze beim P-Austrag aus der LN bildete mit durchschnittlich 0,20 kg TP/ha und Jahr das Teileinzugsgebiet D. Dieses wies den höchsten Grünlandanteil, sehr niedrig erosionsgefährdete Ackerflächen und den geringsten Viehbesatz aller vier TEZG auf.

Die Größenordnung der dort abgeleiteten P-Frachten kann somit als ein Anhalt dafür gewertet werden, bis zu welcher Grenze sich diffuse P-Belastungen aus der Landwirtschaft senken lassen.

Die mittlere P-Konzentration im Vorfluter aus diesem siedlungsarmen TEZG mit weitgehender Ausschöpfung landwirtschaftlicher Extensivierungsmöglichkeiten, einem hohen Grünland- und Waldanteil lag bei 0,09 mg TP/l mit Monatsmaxima von 0,20 mg TP/l. Sie lag jedoch damit immer noch weit über dem Grenzwert (0,03 mg TP/l) der für einen mesotrophen Zustand des Eixendorfer Sees, d. h. für eine nur mäßige Algenbildung anzustreben ist.

Obwohl die mittleren P-Konzentrationen von Seezuläufen keinen direkten Rückschluss auf die mittlere P-Konzentration im stehenden Gewässer erlauben (Einbau von P in Biomasse, Sedimentations- und Umschichtungsprozesse), konnte dennoch für solche polytrophen flache Seen mit im Verhältnis zur Oberfläche sehr großen Einzugsgebieten (ca. 400:1 beim Eixendorfer Stausee) geschlossen werden: Nur extrem extensive, grünland- und walddreiche Landnutzungssysteme in Kombination mit einer optimalen Abwassersituation im Siedlungsbereich können eine für touristische Zwecke befriedigende Gewässerqualität gewährleisten.

Erkennbar wurden damit aber auch Grenzen des möglichen Gewässerschutzes in sensiblen Gebieten. Es zeigt sich ferner die nicht vollständig aufzuhebende Diskrepanz zwischen einer seit langem bestehenden landwirtschaftlich betonten Flächennutzung unter gegebenen ökonomischen Rahmenbedingungen einerseits sowie andererseits den aus gesamtgesellschaftlicher Sicht ebenfalls nachvollziehbaren Anforderungen durch Freizeit und Tourismus an die Gewässerqualität eines künstlichen (flachen) Sees, der ursprünglich primär dem Hochwasserschutz dienen sollte.

Schlussfolgerungen

Aus mehrjährigen Untersuchungen der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft bei vier Teileinzugsgebieten in der Region des oberpfälzischen Eixendorfer Stausees ließen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen: Der durchschnittliche Austrag an Gesamt-Phosphor aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche konnte im Gesamtmittel auf knapp 0,5 kg TP (Elementform) pro Hektar LN und Jahr quantifiziert werden. Je nach Flächennutzung und Topographie der LN bestanden jedoch für die einzelnen Teileinzugsgebiete erhebliche

Unterschiede, welche Spannweiten der TP-Frachten von 0,20 bis 0,64 kg TP/ha LN und Jahr ergaben. Die Untergrenze wurde nur bei sehr extensiver Landnutzung erzielt.

Wie im Untersuchungsgebiet bleiben auch bei der Übertragung der Ergebnisse auf andere Regionen die Anforderungen unterschiedlicher Zielgruppen (Landwirtschaft, Freizeit, Tourismus) und Möglichkeiten einer ökonomischen wie ökologischen Realisierung sorgfältig und kritisch abzuwägen.

Literatur

DIEPOLDER, M., RASCHBACHER, S., EBERTSEDER, TH. (2005): Versuchsergebnisse zum P-Austrag aus Drainagen unter Grünland bei Düngerapplikation unmittelbar vor einem Starkregenereignis. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 17 „Wasser und Pflanzenbau – Herausforderungen für zukünftige Produktionssysteme“, Verlag Günter Heimbach, Stuttgart.

DIEPOLDER, M. und RASCHBACHER, S. (2007): Quantifizierung von P-Austrägen aus landwirtschaftlichen Flächen – Ergebnisse eines Forschungsprojektes. In: Schule und Beratung, (in Vorbereitung; geplante Veröffentlichung August-September 2007), Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.

Leguminosenanbau und Austrag von Stickstoff im Grundwasser

G. Schalitz und A. Behrendt

Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Müncheberg (ZALF), Forschungsstation Paulinenaue

Einleitung und Problemstellung

In der Bindung von Luftstickstoff und der guten CO₂-Verwertung werden große Vorteile der Leguminosen in der zukünftigen Pflanzenproduktion gesehen. Es gibt aber auch Hinweise, dass ein verstärkter Austrag von N ins Grundwasser eintritt. Nach Umbruch von Leguminosen ergaben sich eindeutig höhere NO₃-Mengen im Boden, die auswaschungsgefährdet waren (SCHARPE und WEHRMANN 1991, KOCH et. al. 1995).

Die Beigabe eines Grasparkers ist daher als wichtig anzusehen, um den freigesetzten Stickstoff aufzunehmen (DREYMANN et. al. 2005). Die N- Akkumulationsleistung wird durch Klee gras deutlich verbessert, was der nachfolgenden Kultur zugute kommt.

Es ergaben sich für grundwassernahe Grünlandstandorte folgende Fragestellungen:

- Wird beim Anbau von Leguminosen und Leguminosengrasgemischen N ausgetragen und welche Relationen bestehen?
- Welche Unterschiede ergeben sich zum reinen Grasanbau mit und ohne zusätzliche N-Düngung?

Material und Methoden

Der Versuch wurde in 4 Lysimeter-Monolithen vom Standort Kalksandandmoor Wagenitz (Havelländisches Luch) angelegt (SCHALITZ und BEHRENDT, 2005). Es handelte sich um Moornachfolgeböden unter Grünlandnutzung mit einem einheitlichen Grundwasserstand von 70 cm. Im Spätsommer des Jahres 2003 kamen 4 Varianten nach Grünlandumbruch zur Aussaat:

Variante	Aussaatmenge pro Lysimeter (1m ²)								
1. Weißklee in Reinsaat	4 g Weißklee								
2. Weißklee – Grasmischung	2,5 g Gräsermischung + 2 g Weißklee								
3. Gräsermischung ohne N	<table> <tr> <td>Wiesenschweidel</td> <td>1 g</td> </tr> <tr> <td>Wiesenlieschgras</td> <td>1,5 g</td> </tr> <tr> <td>Wiesenrispe</td> <td>1,5 g</td> </tr> <tr> <td>Weißes Straußgras</td> <td>1,0 g</td> </tr> </table>	Wiesenschweidel	1 g	Wiesenlieschgras	1,5 g	Wiesenrispe	1,5 g	Weißes Straußgras	1,0 g
Wiesenschweidel		1 g							
Wiesenlieschgras		1,5 g							
Wiesenrispe		1,5 g							
Weißes Straußgras	1,0 g								
4. Gräsermischung mit N (120 kg/ha in 2 Teilgaben)									

Weißklee und Klee gras erhielten keinen Stickstoff. Die Grunddüngung belief sich einheitlich auf 30 kg/ha P und 120 kg/ha K. Die Nutzung geschah ortsüblich 3-schnittig. Prüfmerkmale waren die Stoffgehalte (N, P, K, Ca) im Grundwasser und in der Erntesubstanz, Grün- und Trockenmasseertrag, Gesamtwasserverbrauch und spezifischer Wasserverbrauch.

Die Varianten wurden über die Versuchsjahre 2003 bis 2006 geprüft, wobei die Stoffbilanzen jeweils über das hydrologische Jahr d.h. vom 01.10.2003 bis 30.09.2006 berechnet worden sind.

Ergebnisse und Diskussion

Entwicklung der botanischen Zusammensetzung

Nach der Aussaat entwickelte sich die Reinsaat Weißklee zu einem geschlossenen Bestand. Die Weißklee-Grasmischung hatte zunächst einen Flächenanteil (Deckungsgrad) von 50% Weißklee und 50% Gras. Die Gräseransaat bildeten ebenfalls geschlossene Bestände.

Erstaunlicherweise ging der Weißkleeanteil von Jahr zu Jahr deutlich zurück, so dass im 3. Aufwuchs 2006 kaum noch Weißklee zu finden war. Im Weißklee- Lysimeter hatten sich Grünlandkräuter und Gras-Fremdbesatz durchgesetzt (Tab. 1). Möglicherweise hatte die starke Selbstauflockerung des Anmoorbodens dazu beigetragen.

Damit war ein Effekt, wie er nach Umbrüchen von Leguminosenbeständen verschiedentlich beobachtet wurde, ausgeschlossen. Der Stickstoff der Leguminosen war während des allmählichen Absterbens der Pflanzen über den ganzen Versuchszeitraum freigesetzt worden.

Tab. 2: Durchfluss und Frachten in den Versuchsjahren 2003 bis 2006

Σ 2003 bis 2006	Weißklee	Weißklee gras	Gras ohne N	Gras + 120 kg/ha N
mm Abfluss (Durchfluss)	967	951	536	728
g/ha NH ₄ -N	3281,0	1543,9	1553,8	782,9
g/ha NO ₃ -N	413,8	370,2	214,5	1006,3
g/ha ges. N	3694,8	1914,1	1768,3	1789,2
g/ha P	27,5	24,0	8,0	2,4
g/ha K	14675,0	14664,9	6481,6	4722,3
kg/ha Ca	1022,355	777,239	460,379	694,058

Ertrag und Stoffentzug

Das gut etablierte Weißklee gras war dem mit 120 kg N/ha gedüngtem Grasbestand in allen Jahren im Ertrag überlegen (Tab. 3).

Gras ohne N fiel sogar gegenüber dem reinen Weißklee ab. Die N-Erträge machen die hohe N-Bindungsleistung der Leguminosen deutlich. Das ungedüngte Gras wies eine stark negative N-Bilanz auf, d.h. es verbrauchte in hohem Maße bodenbürtigen Stickstoff. Die 120 kg/ha N konnten den Bedarf des Grases nicht decken (Tab. 3).

Tab. 3: Erträge und Stoffentzüge, Mittelwerte Versuchsjahre 2003-2006

Kultur	GM dt/ha	TM dt/ha	N-Entzug kg/ha	P-Entzug kg/ha	K-Entzug kg/ha	Ca-Entzug kg/ha
Weißklee	514,55	96,14	224,38	30,58	161,61	118,08
Weißklee gras	563,9	119,60	257,95	36,12	179,23	130,41
Gras ohne N	310,48	79,22	151,47	21,67	155,66	53,21
Gras+120kg/ha N	396,13	100,31	198,25	29,43	137,50	74,94

Beim P-, K- und Ca-Entzug machten die Leguminosen ihre hohen Ansprüche sichtbar. Der Ca-Entzug konnte aus dem beträchtlichen Bodenvorrat gut gedeckt werden.

Schlussfolgerungen

Die durch Leguminosen geprägten Bestände weisen einen etwas höheren N-Austrag ins Grundwasser auf, die Werte sind aber als unkritisch anzusehen.

Die Vorteile der Leguminosen in den Stickstoffbilanzen wiegen dies mehr als auf.

Literatur

DREYMAN, S., LOGES, R. und TAUBE, F. (2005): Bedeutung der Rotklee gras-Bewirtschaftung für den ökologischen Weizenanbau in Norddeutschland. *Mittl. Ges. Pflanzenbauwiss.* 17, 181-184

KOCH, H. J., BRANDES, A. und BECKER, C. (1995): Einfluss unterschiedlicher Begrünung der Rotationsbrache auf die Nitratverlagerung über Winter und das Wachstum von Winterweizen. *Mittl. Ges. Pflanzenbauwiss.* 8, 125-128

MUNDEL, G. (1993): 25 Jahre Grundwasserlysimeteranlage in Paulinenaue *Lehr –und Versuchsanstalt für Grünland und Futterwirtschaft Paulinenaue*, 43 S.

- SCHALITZ, G. und BEHRENDT, A. (2002): Versuchsführer der Forschungsstation Paulinenaue des ZALF Müncheberg, 70 S.
- SCHARF, H.-C. und WEHRMANN, J. (1991): Nitrat in Grundwasser und Nahrungspflanzen. *Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*, Bonn, 29 S.
- SPIESS, E. und STAUFFER, W. (2007): Bestimmung der biologischen N-Fixierung von Leguminosen und der Nitratauswaschung mittels Lysimeter. *12. Gumpensteiner Lysimetertagung*, Tagungsband S. 177-178
-

Stickstoffkreisläufe und –auswaschungsverluste auf konventionellen und ökologischen Praxisbetrieben – Ergebnisse aus dem Projekt COMPASS –

M. Kelm, R. Loges und F. Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

Einleitung und Problemstellung

Dem Stickstoff(N)-Saldo sowie N-Auswaschungsverlusten kommt im Rahmen der Umweltbewertung landwirtschaftlicher Produktionssysteme eine zentrale Bedeutung zu. Stickstoff trägt in Form von Auswaschung (v.a. NO_3 (Nitrat)) und Ausgasung (NH_3 (Ammoniak), N_2O („Lachgas“)) zur Eutrophierung von Ökosystemen, zur Belastung von Grund- und Oberflächenwasser und zum anthropogenen Treibhauseffekt bei. Im Rahmen der Ausgestaltung der EU-Wasserrahmenrichtlinie ist in den kommenden Jahren mit einem verstärkten Anpassungsdruck vor allem für intensiv wirtschaftende Betriebe zu rechnen.

Dem ökologischen Landbau wird im Allgemeinen ein geringeres Risiko für Nährstoffverluste zugeschrieben. Belastbare repräsentativ und systematisch erhobene Daten aus der Praxis fehlten bislang jedoch.

Im interdisziplinären Projekt COMPASS der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel wurde auf 32 konventionellen und ökologischen Praxisbetrieben in Schleswig-Holstein ein umfassendes Monitoring der Nährstoffflüsse (im vorliegenden Beitrag vorgestellt) sowie des Pflanzenschutz- und Tiergesundheitsmanagements durchgeführt. Die Ergebnisse dienen als belastbare und repräsentative Daten- und Entscheidungsgrundlage für Praxis, Beratung, Forschung und Politik.

Material und Methoden

Stickstoffflüsse und -bilanzen

32 Praxisbetriebe in allen Naturräumen Schleswig-Holsteins wurden für das Projekt COMPASS ausgewählt. Die Auswahl erfolgte nach folgenden Kriterien:

- Spezialisierung: 16 Ackerbaubetriebe + 16 Milchvieh-Futterbaubetriebe;
- Intensität: 16 konventionelle + 16 ökologische Betriebe;
- Positivauswahl überdurchschnittlich leistungsfähiger Betriebe.

Die Betriebe wurden als Betriebspaare (ein konventioneller und ein ansonsten vergleichbarer ökologischer Betrieb am selben Standort) zusammengestellt, um den Vergleich konventioneller und ökologischer Wirtschaftsweisen unter Ausschluß verzerrender Standortfaktoren (Witterung, Böden) vornehmen zu können.

Auf allen Betrieben wurden die Bewirtschaftungsmaßnahmen und Erträge/Leistungen in Pflanzenbau und Tierhaltung dokumentiert. Des Weiteren wurden sämtliche Zu- und Verkäufe an Produktionsmitteln und Produkten erfasst. Parameter, die unter Praxisbedingungen kaum hinreichend genau bestimmt werden können, wurden auf repräsentativen Schlägen beprobt, so z.B. Artenzusammensetzung, Erträge und Futterqualitäten von Dauergrünland-, Ackergras- und Klee grasflächen. Die Berechnung der Stickstofffixierung von Leguminosenbeständen erfolgte nach HØGH-JENSEN *et al.* (2004).

Anhand sämtlicher interner und externer Nährstoffflüsse der Betriebe erfolgte die Berechnung der N-Bilanzsalden auf Hoftorbasis und auf Feld-Stall-Basis, jeweils mit beprobten (tatsächlichen) Werten sowie – als Gegenüberstellung – mit Tabellenwerten für die N₂-Fixierung von Leguminosen. Die Abzüge für „unvermeidbare“ NH₃-Verluste aus Wirtschaftsdüngern wurden nach den Vorgaben der Düngeverordnung vorgenommen.

Stickstoffauswaschung

Auf acht ausgewählten Betrieben wurde die Stickstoffauswaschung (NO₃-N + NH₄-N + organische N-Verbindungen) in den Sickerwasserperioden 2004/05 und 2005/06 mit Saugkerzen gemessen:

- 2 Betriebspaare Ackerbau (Hügellandstandorte 1 und 2, lehmige Böden);
- 2 Betriebspaare Milchvieh-Futterbau: ein Geeststandort (humoser Sand) und ein Hügellandstandort (sandiger Lehm).

Auf den Ackerbaubetrieben wurden folgende Fruchtfolgeglieder beprobt:

- Winterweizen nach Rapsvorfrucht (konventionelle Betriebe) bzw. nach Klee grasvorfrucht (ökologische Betriebe), Erwartung: Fruchtfolgeglied mit der höchsten N-Auswaschungsgefährdung;
- nach dem abtragenden Fruchtfolgeglied; Erwartung: Fruchtfolgeglied mit der niedrigsten N-Auswaschungsgefährdung.

Auf den Milchvieh-Futterbaubetrieben wurde die N-Auswaschung unter Dauergrünland sowie nach der Silomaisernte gemessen, da diese Kulturen die Hauptfutterfrüchte spezialisierter Milchvieh-Futterbaubetriebe darstellen.

Die Berechnung der Sickerwassermengen erfolgte anhand einer klimatischen Wasserbilanz unter Berücksichtigung boden- und bestandesspezifischer Parameter.

Statistische Auswertung

Neben einer varianzanalytischen Verrechnung der Datensätze wurde eine Pfadkoeffizientenanalyse anhand ausgewählter Parameter durchgeführt, von denen ein Erklärungswert im Hinblick auf die Ausprägung der N-Bilanzsalden zu erwarten war. Es standen die Bewirtschaftungsdaten und Erträge der Wirtschaftsjahre 2003/04 und 2004/05 zur Verfügung. Das Wirtschaftsjahr 2005/06 ist zum Zeitpunkt des Erscheinens des vorliegenden Beitrages noch nicht abschließend ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

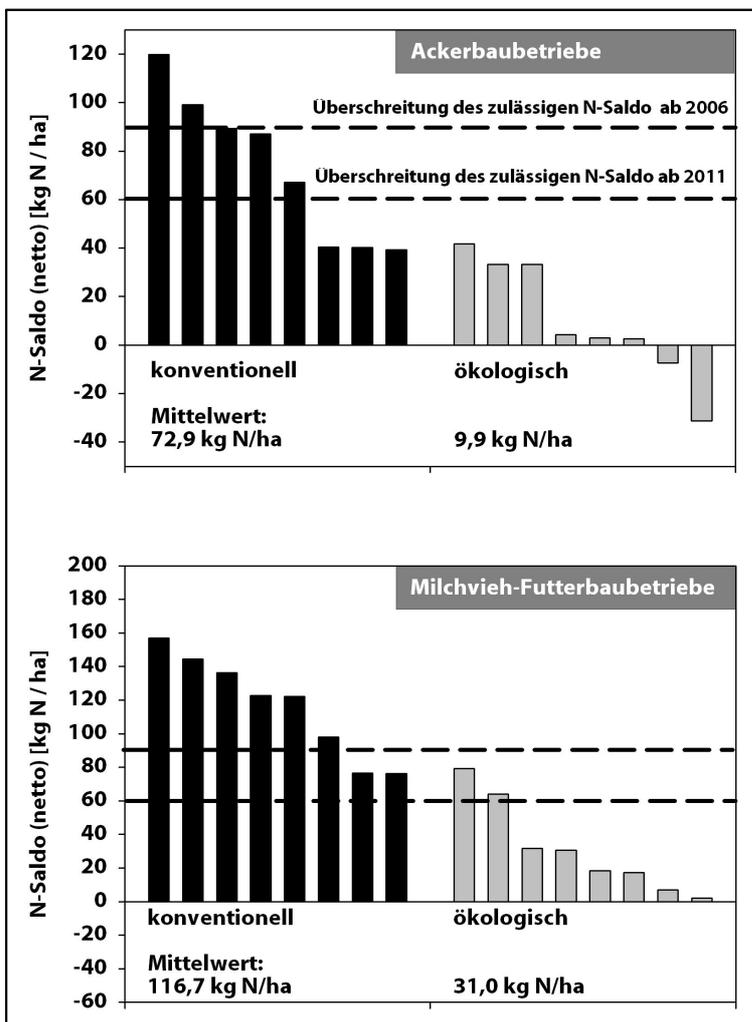


Abb. 1:
N-Bilanzsalden*:
Ackerbaubetriebe (oben),
Milchvieh-Futterbaubetriebe
(unten);
Mittel der Wirtschaftsjahre
2003/04 und 2004/05.

* Hoftorbasis, netto,
mit gemessenen Werten
für die N₂-Fixierung

Nach der derzeitigen Fassung der Düngeverordnung ist ab 2011 ein N-Bilanz-saldo von maximal 60 kg N/ha zulässig, allerdings auf Feld-Stall-Basis. Da Angaben auf Hoftorbasis und unter Verwendung realistischer Werte für die N₂-Fixierung durch Leguminosen aussagekräftiger sind, stellt Abb. 1 die auf diese Weise berechneten N-Salden dar. Ökologische Betriebe beider Spezialisierungsrichtungen weisen signifikant niedrigere N-Salden auf. Höhere N-Überschüsse liegen generell auf Milchvieh-Futterbaubetrieben vor. Bemerkens-wert sind die hohen N-Salden der Mehrzahl der konventionellen Betriebe, sowie die starke Variation der N-Salden innerhalb einer Gruppe von Betrieben. Dem-nach sind die Optimierungspotenziale im N-Management auf der Mehrzahl der konventionellen Betriebe

bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Diese Optimierungspotenziale sind in erster Linie in der Düngeplanung gegeben. Sowohl die Bemessung der notwendigen N-Düngung als auch die Anrechnung von Wirtschaftsdüngern entsprach auf etlichen Betrieben nicht der guten fachlichen Praxis. Auf Milchvieh-Futterbaubetrieben bestehen darüber hinaus Schwachstellen im Bereich der Tiergesundheit und der Fütterung, was sich auf konventionellen wie ökologischen Betrieben indirekt auf die Höhe der N-Salden auswirkt.

Bezüglich der N-Auswaschung (Tab. 1) fallen die hohen N-Frachten nach dem abtragendem Fruchtfolgeglied auf konventionellen Ackerbaubetrieben auf, die unter Berücksichtigung des Düngemanagements der Betriebe allerdings plausibel sind. Auf ökologischen Betrieben wurden erwartungsgemäß hohe N-Frachten nach dem Klee grasumbruch im Herbst gemessen, aber auch nach der Silomais ernte. Aufgrund der Klee grasvorfrucht zum Silomais sowie hoher Mengen an Wirtschaftsdünger im ökologischen Silomaisanbau sind auch diese Werte plausibel. Die „kritische N-Fracht“, entsprechend einer mittleren Konzentration von 50 mg NO₃/l, lag je nach Standort und Kulturart zwischen 15 und 25 kg N/ha.

Tab. 1: N-Auswaschung (Summe aus NO₃-N + NH₄-N + organ. N) unter ausgewählten Kulturarten konventioneller und ökologischer Praxisbetriebe auf Sandstandorten (Geest) und Lehmstandorten (Hügelland) in Schleswig-Holstein, Mittelwerte der Sickerwasserperioden 2004/05 und 2005/06.

	Ackerbau				Futterbau			
	Winterweizen nach Raps bzw. Klee gras		abtragendes Fruchtfolgeglied		Dauergrünland (1 Siloschnitt, Beweidung)		nach Silomais	
	konv.	ökol.	konv.	ökol.	konv.	ökol.	konv.	ökol.
Hügelland 1	32,1	45,4	28,7	13,2	40,1	26,2	22,1	27,8
Hügelland 2	45,5	37,5	42,2	15,2				
Geest					38,2	19,5	52,4	65,5

Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Daten geben einen repräsentativen Einblick in den Status quo des Anbau- und Nährstoffmanagements praxistypischer Betriebe. Auf der Mehrzahl der konventionell wirtschaftenden Ackerbau- wie Milchvieh-Futterbaubetriebe besteht ein erheblicher Anpassungsbedarf in Bezug auf das Stickstoffmanagement. Eine flächendeckende Intensivierung der Beratung erscheint aus Sicht des Wasserschutzes notwendig. Optimierungspotenziale betreffen vor allem die Düngeplanung einschließlich der Berücksichtigung der Wirtschaftsdünger, sowie die Bereiche der Fütterung und Tiergesundheit. Auch ökologische Anbausysteme sind in Bezug auf Stickstoffausträge weiter zu optimieren.

Literatur

- HØGH-JENSEN, H.; LOGES, R.; JØRGENSEN, F.; VINHER, F. & JENSEN, E. (2004): An empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. *Agricultural Systems* 82, 181-194.
- TAUBE, F., KELM, M. & VERREET, J.-A. (Hrsg.) (2007): Wissen wo man steht – Ergebnisse des Projektes COMPASS. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau – und Institut für Phytopathologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. ISBN 3-9811625-0-9.

Räumliche und zeitliche Variabilität der Grundwasserqualität eines degradierten Niedermoorstandortes in Nordostdeutschland

L. Dittmann, P. Kahle, B. Tiemeyer und J. Frings

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

Einleitung und Problemstellung

Viele der einst weit verbreiteten Niedermoore Nordostdeutschlands wurden im Zuge intensiver Landwirtschaft entwässert und sind durch Torfdegradierung und – mineralisierung geprägt (SUCCOW & JOOSTEN, 2001). Dieses Prozessgeschehen geht mit erhöhten Verlusten der gewässerrelevanten Nährstoffe und folglich Belastungen für benachbarte Fließgewässer einher. Ausgehend von vorgefundenen hohen Nitratkonzentrationen am Gebietsauslass eines degradierten Niedermoors (TIEMEYER et al., 2007) zielt die vorliegende Untersuchung darauf ab, die bestimmenden Einflussfaktoren der räumlich und zeitlich variablen Stoffkonzentrationen mittels multivariater Statistik und Raum-Zeitdiagrammen zu analysieren.

Material und Methoden

In einem kleinen Einzugsgebiet (85 ha) Nordostdeutschlands (15 km südöstlich von Rostock) mit vorherrschend degradierten Niedermoorböden unter intensiver landwirtschaftlicher Nutzung (Wiese mit bis zu 5 Schnitten pro Jahr) wurden einem Graben am Gebietsauslass über die Winterhalbjahre (November bis April) 2003 bis 2006 täglich Mischproben entnommen sowie Durchfluss, Niederschlag und Lufttemperatur erfasst (TIEMEYER et al., 2007). Im Winter 2005/06 wurden zusätzlich drei Transekte (A, B, C mit 65 bis 95 m Länge) mit insgesamt 18 flachen Grundwasserrohren (R 1 bis 24) an 28 Terminen beprobt. Zudem erfolgten eine räumlich hoch aufgelöste Bodenprobennahme (n=200) zur Untersuchung der Gehalte an C_{org} und N_t des Oberbodens und Profilaufnahmen je Transekt. An den Wasserproben wurden mittels Ionenchromatographie NO_3^- , SO_4^{2-} und Cl^- gemessen. Zur Analyse der Stoffkonzentrationen im Grundwasser wurden der Grundwasserflurabstand (GWFA), die Bodeneigenschaften (C_{org} , N_t), die Witterung (Niederschlag, Lufttemperatur) sowie deren Wechselwirkungen ($C_{org} \times GWFA$; Lufttemperatur $\times N_t$) herangezogen und deren Wirksamkeit mittels multipler Regression geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bodenaufnahme lieferte in Transekt A den Übergang von einem anthropogen überdeckten Niedermoor zu einem Erdniedermoor über tiefem Moorgley, in Transekt B herrscht ein Erdniedermoor mit unterlagerter Kalkmudde vor und in Transekt C steht ein tiefgründiges Erdniedermoor an (>1,50 m). Die C_{org} - und N_t -Gehalte der Oberböden, die eng mit der Bodengenese verknüpft sind, variieren im Größenbereich von 1,4-39,0 % bzw. 0,1-2,5 % und erreichen in Transekt C (R 18 bis R24) erwartungsgemäß die Höchstwerte (Abb. 1). Die Stoffkonzentrationen sind räumlich und zeitlich sowohl zwischen als auch innerhalb der Transekte sehr variabel und schwanken zwischen 0 und 65,4 mg l⁻¹ NO_3 -N, 1 und 269,4 mg l⁻¹ SO_4 -S und 4,6 und 34,5 mg l⁻¹ Cl^- . Der Graben am Gebietsauslass wies im

Vergleichszeitraum mit 0-12,9 mg l⁻¹ NO₃-N, 18,8-105,4 mg l⁻¹ SO₄-S und 11,7-34,4 mg l⁻¹ Cl geringere NO₃-N und SO₄-S-Konzentrationen auf

Sowohl mit Hilfe der multiplen Regressions- (Tab. 1) als auch der kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) (Abb.2) erwies sich in allen Transekten der variierende Grundwasserflurabstand als prägender Faktor zur Erklärung der Stoffkonzentration des Grundwassers (Abb. 1). Beleg dafür sind die vergleichsweise hohen partiellen Korrelationskoeffizienten $r = 0,299$ bzw. $-0,422$. Für den Cl-Gehalt des Grundwassers ist der GWFA hingegen weniger relevant ($r = -0,16$). Die Wirkung der Bodenparameter spiegelt sich - abgesehen von der Wirkung der Einzelfaktoren C_{org} und N_t - auch in den Wechselbeziehungen zwischen GWFA und C_{org} sowie Lufttemperatur und N_t wider (Abb. 2). Die multiplen Regressionen (Tab. 1) belegen zudem, dass der N_t-Gehalt auf den NO₃-Gehalt und der C_{org}-Gehalt auf den SO₄-Gehalt des Grundwassers bestimmenden Einfluss haben. Zudem wirkt das Pentadenmittel der Lufttemperatur auf beide Anionen.

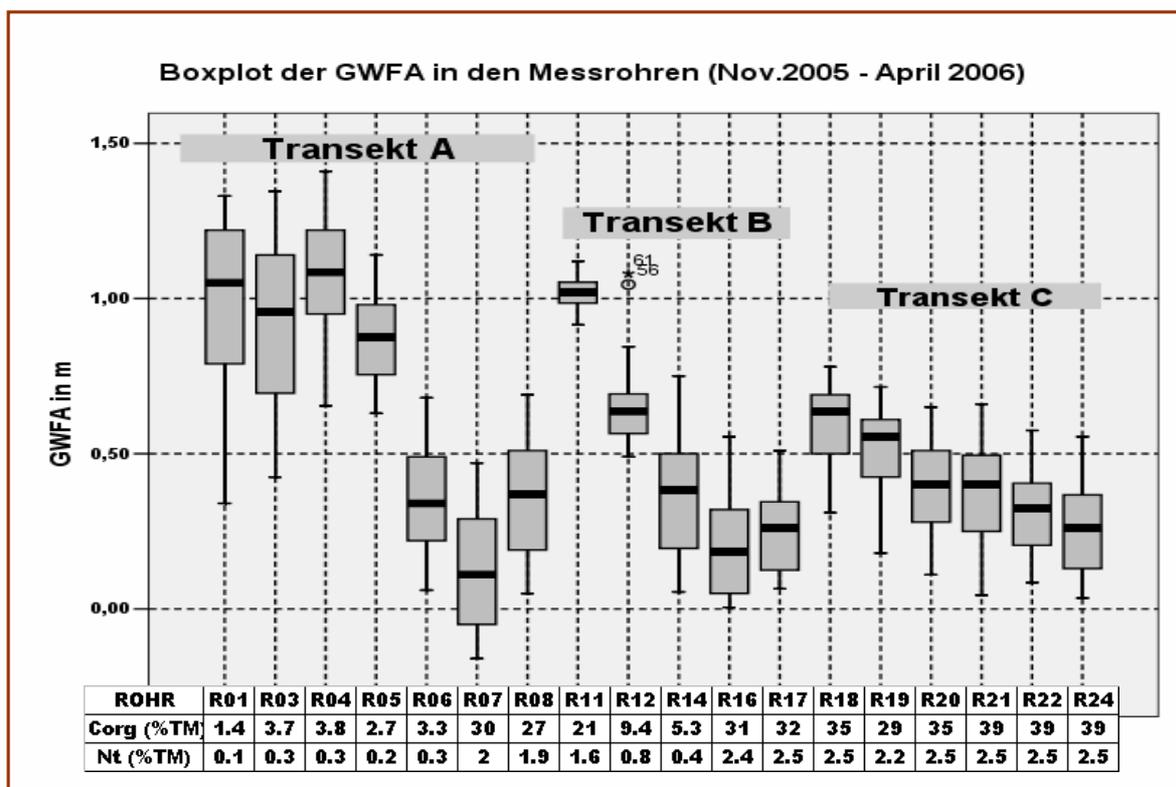


Abb. 1: Grundwasserflurabstände (GWFA) in den Transekten A, B und C während des hydrologischen Winterhalbjahres 2005/06

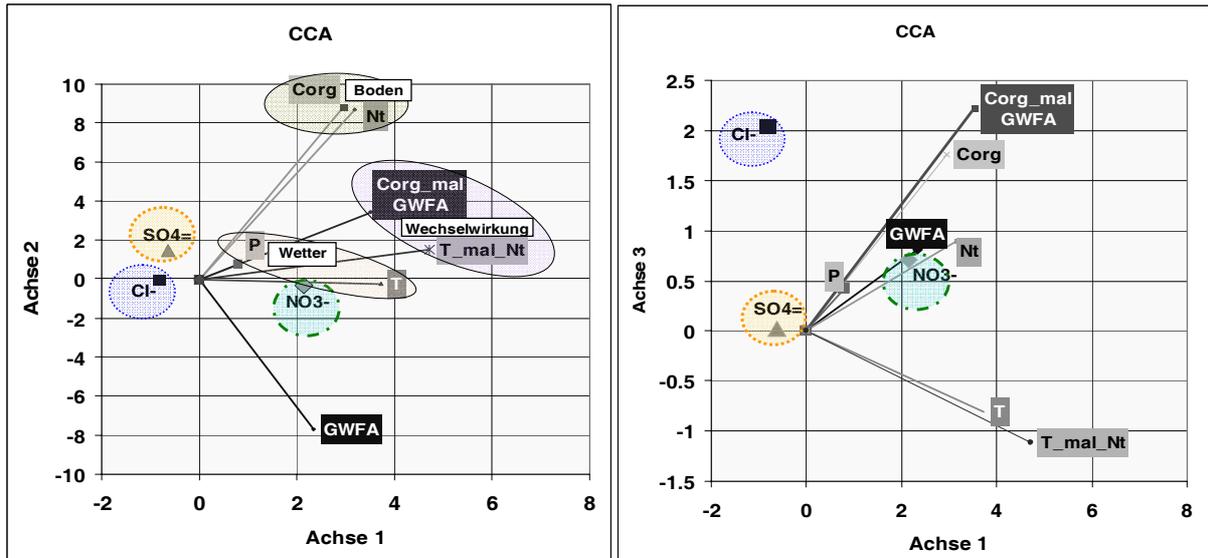


Abb. 2: Einflussfaktoren auf die Stoffkonzentration des Grundwassers an NO₃⁻, SO₄²⁻ und Cl⁻ (CCA:Achse 1 zu Achse 2 bzw. Achse 1 zu Achse 3)

Tab. 1: Regressionsschätzung zur Konzentration der Anionen NO₃⁻, SO₄²⁻ und Cl⁻ im Grundwasser

	Konstante	Regressionskoeffizienten				
NO ₃ ⁻ mg/l		GWFA	Nt	T-Pent-Mittel		
		cm	% TM	°C		
	-19.98	0.625	14.781	4.222		
Signifikanz alpha	0.036	0.000	0.000	0.000		
part. Korr-Koeff.	-	0.299	0.211	0.281		
n=450; Standardfehler der Regression: 55.5; multipler Korr.Koeff.:r(mult)= 0.356+++						
SO ₄ ²⁻ mg/l		GWFA	C-org.	T-Pent-Mittel		
		cm	% TM	°C		
	357.31	-2.142	-1.75	-5.296		
Signifikanz alpha	0.000	0.000	0.001	0.001		
part. Korr-Koeff.	-	-0.422	-0.162	-0.158		
n=450; Standardfehler der Regression: 127.08; multipler Korr.Koeff.:r(mult)= 0.435 +++						
Cl ⁻ mg/l		Nt	C-org.	C-org./Nt	T*Nt	GWFA
		% TM	% TM	Faktor	°C*% TM	cm
	46.971	-21.804	1.535	-2.27	-0.133	-0.026
Signifikanz alpha	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
part. Korr-Koeff.	-	-0.358	0.337	-0.264	-0.208	-0.160
n=450; Standardfehler der Regression: 4.47; multipler Korr.Koeff.:r(mult)= 0.457 +++						

Aus der Raum-Zeit-Darstellung des Transekts A (Abb. 3) geht einerseits die enge Verknüpfung von Niederschlag und Grundwasserflurabstand hervor; andererseits wird erkennbar, dass insbesondere nach Starkniederschlagsereignissen (März 2006) erhöhte NO₃-Gehalte im Grundwasser vorkommen. Unabhängig vom Niederschlagsangebot wird die NO₃-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Temperatur und der davon abhängigen Nitrifikation weiter differenziert. Daraus erklären sich die vergleichsweise höheren NO₃-Konzentrationen im März (> 0°C) gegenüber denen im Februar 2006 (< 0°C).

Schlussfolgerungen

Die Untersuchung der Anionenkonzentrationen an NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- im flachen Grundwasser eines degradierten Niedermoors in Nordostdeutschland liefert erhebliche Variationen in räumlicher und zeitlicher Hinsicht und verdeutlicht, dass ein in großen räumlichen und zeitlichen Abständen betriebenes Monitoring das Prozessgeschehen nur unzureichend abbildet und zu Fehlinterpretationen bei den Stoffausträgen führt. Als bestimmende, statistisch gesicherte Einflussfaktoren für die Grundwasserqualität erwiesen sich der Grundwasserflurabstand, der Abstand zum Graben, die Witterung, die Bodenparameter und deren Wechselbeziehungen.

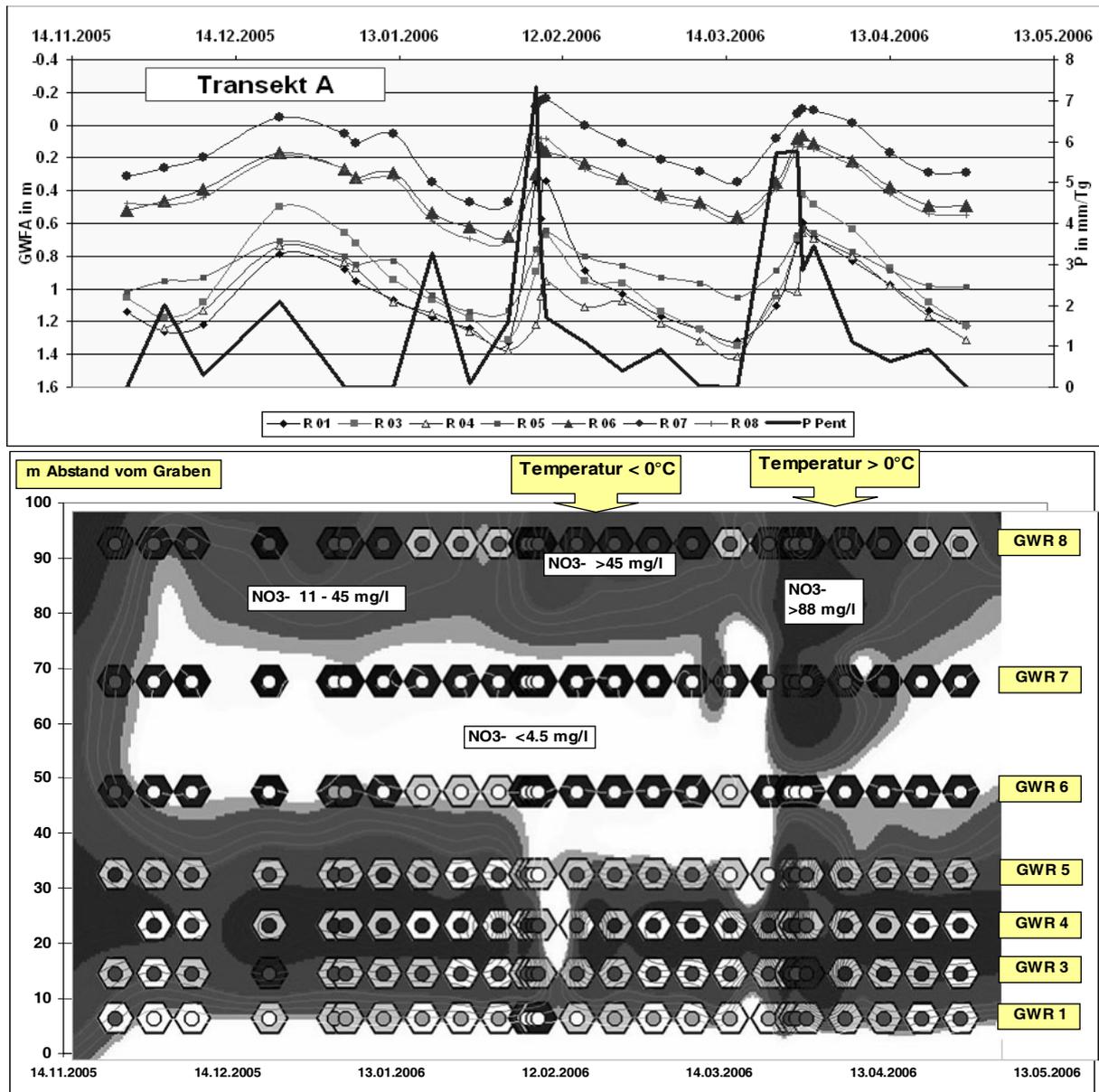


Abb. 3: Niederschlag, Grundwasserflurabstand (GWFA) der Rohre im Transekt A und NO_3^- -Gehalte des Grundwassers in Abhängigkeit von Raum und Zeit

Literatur

SUCCOW, M., JOOSTEN, H. (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

TIEMEYER, B., (2007): A comprehensive study of nutrient losses, soil properties and ground water concentrations in a degraded peatland used as an intensive meadow – implications for rewetting. *Journal of Hydrology* (EINGEREICHT)

Boden- und Nährstoffbilanzen für die Rollrasenproduktion am Beispiel eines Landschaftsbaubetriebes in Mecklenburg-Vorpommern

R. Bockholt und M. Schingen

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät der Universität Rostock

Einleitung und Problemstellung

Anlass für die Bearbeitung des Themas sind die Sorgen des Besitzers der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Hinblick auf die Erhaltung des landwirtschaftlichen Wertes der Fläche, auf der der Pächter, „Garten- und Landschaftsbaubetrieb Schingen in Petschow“, seit 1994 nun schon 13 Jahre regelmäßig Rollrasen produziert. Der Landschaftsbaubetrieb baut Sport- und Gebrauchsrasen mit der dominierenden Grasart Deutsches Weidelgras sowie den begleitenden Rasengräsern Rotschwingel, Rotstraußgras, Wiesenrispe auf einem Pseudogley (lehmiger Sand mit 33 Bodenpunkten, pH-Wert 5,8 (5,5-6,7) an. Nach 2-jähriger Anbauzeit ist der Rollrasen erntereif und wird in einer Schichtstärke von 2 cm (Sprosse und Wurzeln mit Erde) von der Fläche abgeschält und entfernt.

Material und Methoden

- Pseudogley (lehmiger Sand) mit 33 Bodenpunkten, 35 m über NN, 641 mm Jahresniederschlag + Beregnung von bis zu 100 mm bei Sommer-trockenheit, Ganzflächendränage, 8,2 %C Jahrestemperatur
- Flächendeckende Bohrungen, Feststellung der Variation der Stärke des humushaltigen A-Horizontes
- Entnahme von Rasenproben (Grassoden) der geernteten oberen 2 cm – Schicht, Entnahme von Bohrkernen (2,1 bis 30 cm Tiefe) unterhalb der geernteten 2 cm – Schicht für die Feststellung des Wurzelanteils und der Trockenrohichte
- Trennung der anorganischen von den organischen Bestandteilen und Bestimmung des Nährstoffgehaltes der Bestandteile

- Bestimmung des Dränwasserabflusses und der Nährstoffe im Dränwasser zur Berücksichtigung weiterer Verluste
- Recherchierung von Nährstoffeintrag über die Düngung und Nährstoffeintrag aus der Luft
- Berechnung von Bilanzen (Eintrag, Austrag, Saldo)

Ergebnisse und Diskussion

Die Bodenbilanz ist auf jeden Fall negativ, da kein Boden hinzugefügt wird, aber regelmäßig humushaltiger Oberboden abgetragen wird. Die Berechnung erfolgt aus der Menge des Bodens der Rasensoden (Sprosse und Wurzeln abgesiebt), der Bezugsfläche und der Trockenrohdichte (TRD). Die Berechnung (Tab.1) ergibt 0,98 cm Abtrag von humushaltigem Oberboden durch eine Rollrasenernte im 2-jährigen Abstand bzw. 0,49 cm jährlichen Bodenabtrag. Da im Acker- und im Grünlandschätzungsrahmen die Bodenzustandsstufe auch nach der Stärke des humushaltigen A-Horizontes beurteilt wird, ist bei häufiger Wiederholung der Ernte mit einer Wertminderung des Bodens zu rechnen.

Tab.1: Bodenabtrag durch eine Rollrasenernte (Mittel aus n = 10)

Boden (g)	TRD (g/cm ³)	Boden (cm ³)	Fläche (cm ²)	Höhe Bodenabtrag 1 Ernte (cm)	Jährlich (cm)
85,9	0,99	85,0	86,5	0,98	0,49

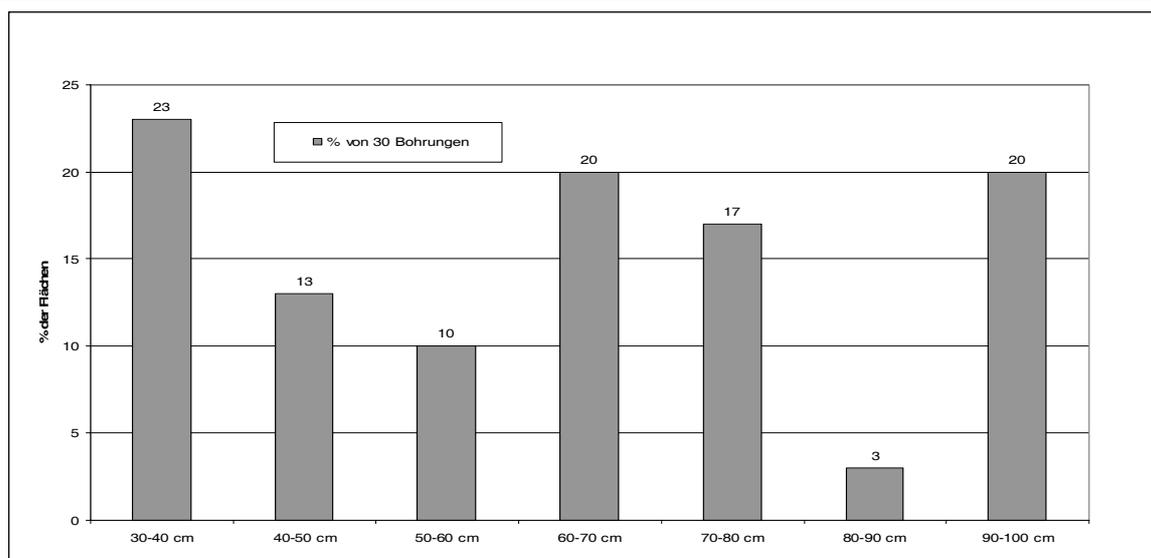


Abb. 1: Klassen – Verteilung der Stärke des humushaltigen Oberbodens

Diesem Wert steht eine durchschnittliche Stärke des Humus enthaltenden A-Horizontes von 63 cm gegenüber, wobei der A-Horizont auf den Rollrasenflächen des Betriebes zwischen 30cm auf den Kuppen und 100 cm in den Senken variiert. Die Klassen – Verteilung der Stärke des humushaltigen Oberbodens (Abb.1) zeigt, dass zumindest ein Drittel der jeweiligen Flächen einer bedrohlichen Wertminderung durch langjährige Rollrasenproduktion unterliegen. Deshalb sollte der Landschaftsbaubetrieb die Rollrasenproduktion nicht länger als 20 Jahre auf einer Fläche betreiben.

Die organische Masse – Bilanz ist insgesamt geringfügig positiv (Tab. 2).

Von 375 dt / ha produzierter organischer Substanz in 2 Jahren werden 86 % mit der Ernte wieder entfernt. Es verbleiben demnach 14% Wurzelmasse unterhalb der entfernten 2 cm –

Schicht auf der Fläche. Bei 2-jährigem Produktionszyklus ergibt sich dadurch eine jährliche positive Bilanz von 26 dt Wurzelmasse/ ha.

Die Nährstoffbilanz enthält mehrere negative, aber auch positive Komponenten. Von der Fläche wegtransportiert werden die Nährstoffe im Rollrasen (Tab. 3), getrennt dargestellt für organische Bestandteile des Rollrasens und anorganische Bodenanteile, und die Nährstoffe im Dränagewasser (Tab. 4).

Tab. 2: Produktion von organischer Substanz durch Rollrasen, davon Entfernung durch Ernte sowie Restbestandteile unterhalb von 2 cm Rasenschicht, Mittel (n=10)

	Fläche cm ²	Trockenmasse von Sprossen und Wurzeln			
		g	g je cm ²	kg je ha	dt je ha
Ernte (2cm)	86,5	28,1	0,32448	32448	324
Zufuhr (2,1-30 cm)	86,5	4,4	0,05086	5086	51
Summe org. Subst.			0,37534	37534	375
Produktion 1 Jahr			0,18767	18767	187
Zufuhr 1 Jahr			0,02543	2543	26

Unter Berücksichtigung der hohen Sandanteile (30 bis 40% Rohasche i. TM) trotz Waschens der Wurzeln fallen N-, P-, K-, Ca-Werte normal für Wurzeln aus. In Graswurzeln sind die Kalium-Gehalte grundsätzlich niedriger als in oberirdischer Sprossmasse von Gräsern. Wie in Tabelle 3 ersichtlich, kann man den Nährstoffgehalt der Bodenverluste bei der Rechnung vernachlässigen.

Tab. 3: Nährstoffaustrag je Jahr in kg/ha über Rollrasen (dt je Hektar halbiert wegen 2-jähriger Anbauzeit), (A - E = Versorgungsstufen des Bodens), *Schätz- Wert

Rollrasenernte – TM (dt/ha) für 2 Jahre und jährlich	N	P	K	Ca
375 dt/ha :2 = 187 dt/ha				
mg/100gTM		155	327	344
Prozent (% in TM)	1,17	0,15	0,33	0,34
kg/ha und Jahr	218	28	62	64
Boden – Verluste - TM (dt/ha) für 2 Jahre und jährlich				
990 dt/ha : 2 =445 dt/ha				
mg/100 g Boden - TM		7,3 (B)	28,4 (E)	150*
Prozent (% in TM)	0,4	0,007	0,028	0,15
kg/ha und Jahr	2	0,03	0,12	0,66

Tab. 4: Menge und Konzentration des Dränage-Wassers sowie Nährstoffaustrag je Hektar über Dränage (5 jähriges Mittel, 1995 - 1999 nach Bockholt u. a., 2006), * Schätzwert

H₂O (mm)	P	PO₄-P	NH₄-N	NO₃-N	N_{-min}	K	Ca
41							
mg/l	1,23*	0,31	0,1	13,0	13,1	4,1	83,6
kg/ ha	0,56	0,14	0,04	6,1	6,1	1,7	34,3

Zugeführt werden Nährstoffe aus der Luft, die nach Angaben im Internet zwischen 20-30 kg N/ha, an speziellen Orten in Höhe von 60 kg/ha N kalkuliert werden können. Da in der Nähe der Fläche keine speziellen Messungen vorgenommen werden, wird hier mit 30 kg N/ha gerechnet. In Tab. 5 ist das Bilanzsaldo mit 194 kg N/ha, 66 kg P₂O₅/ha, 77kg K₂O/ha und 137 kg CaO/ha ausgewiesen.

Tab. 5: Bilanz - Saldo und Vergleich mit dem mittleren Düngungsniveau in kg/ha

	N	P₂O₅	P	K₂O	K	CaO	Ca
Bedarf je Jahr	224	66	29	77	64	137	98
Aus der Luft	30						
Bilanz – Saldo	194	66	29	77	64	137	98
Düngung 1994-2001	100	10		40			
Düngung 2002-2006	181	22		60			

Die Schwefel- und Magnesiumbedarfswerte wurden nicht durch Laboranalysen ermittelt, können aber mit angenommenen Gehaltswerten von 0,3% in der Wurzeltrockenmasse abgeschätzt werden. Durch Produktion von 187 dt Trockenmasse je Jahr (Wurzel- und Sprossmasse des Rollrasens einer 2-jährigen Produktion halbiert) mit 0,3% S und 0,3% Mg errechnet sich ein Jahresbedarf von 56 kg Schwefel und 56 kg Magnesium je ha, der durch Düngung mit Mehrnährstoffdüngern bereitgestellt werden sollte. Nach dem Saldo der Nährstoffbilanz sind die betrieblich verabreichten Düngermengen, wie in Tabelle 5 ersichtlich, trotz Steigerung des Düngungsniveaus noch nicht ausreichend und im Hinblick auf alle berechneten Nährstoffe zu korrigieren. Für die Bereitstellung von CaO ist Kalkstickstoff zu empfehlen, der sich gleichzeitig für die Bekämpfung zweikeimblättriger Unkräuter im Rasen eignet. Möglicherweise kann durch die Anwendung auch gleichzeitig eine Herbizidbehandlung einspart werden.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Auf Grund einer negativen Bodenbilanz (Bodenabtrag) ist auf Böden mit schwach ausgeprägtem humushaltigem A-Horizont nach 20 Jahren eine Verlagerung der Produktion von Rollrasen auf andere landwirtschaftliche Nutzflächen notwendig.
- Die organische Masse – Bilanz ist mit 26 dt/ha je Jahr geringfügig positiv.
- Die Produktion und Ernte von 375 dt Trockenmasse im 2-jährigen Abstand führt mit den im Labor ermittelten Gehaltswerten und unter Berücksichtigung weiterer Quellen und Verluste zu der Empfehlung, in Höhe von 194 kg N, 66 kg P₂O₅, 77 kg K₂O, 137 kg CaO, 56 kg S, 56 kg Mg je Hektar und Jahr zu düngen.

Literatur

- BOCKHOLT, R., KAPPES, K., KÖNKER, H., 2006: Nährstoffaustrag über Entwässerungssysteme im Vergleich von Rollrasenproduktion auf lehmigem Sand und extensiver Weidenutzung auf Niedermoorgrünland, Postertext der Ges. für Pflanzenbauwissenschaften, 2 Seiten, Rostock
- RUHR-STICKSTOFF-AKTIENGESELLSCHAFT, 1988: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau, Münster-Hiltrup
- SCHINGEN, M., 2007: Boden- und Nährstoffbilanzen für die Rollrasenproduktion, Bachelorarbeit, Universität Rostock

Multifunktionalität des Grünlandes in den agrotouristischen Betrieben

T. Kitczak, H. Czyż und M. Bury¹

Lehrstuhl für Grünland, Agraruniversität Szczecin, 71-434 Szczecin, ul. Słowackiego 17

¹ Fachlabor für Speziellen Pflanzenbau, Agraruniversität Szczecin

Einleitung

Der Wert der Agro-Touristik liegt nicht nur in einem Kontakt mit landwirtschaftlicher Produktion und ländlichen Raum, sondern auch in engem Kontakt mit Natur (DZIEDZIC 1998, DUBEL 2000). Die Landschaft Westpommerns mit der Meeresküste, mit großer Anzahl von Flüssen und Seen, mit vielfältiger Geländegestaltung, mit Reichtum an Wäldern, Mooren und Wiesen und Weiden entscheidet, dass die Region sehr attraktiv für Touristik ist (WINIECKI 1987).

Das Ziel der Arbeit lag in der Bestimmung des Natur-, Futter- und Erholungswertes von Grünlandflächen in den agrotouristischen Betrieben am Beispiel der Umgebung vom Płoń-See.

Material und Methoden

Der Płoń-See liegt auf der Pyrzyce Niederung in der Gemeinde Przelewice (Kreis Pyrzyce, Voivodschaft Zachodniopomorskie), im Einzugsgebiet von Płoń-Fluß, ca. 10 km südwestlich von Miedwie-See. Die Region um den See ist bekannt wegen ihrer sehr guten Böden. Die Oberfläche des Płoń-Sees ist 790,1 ha groß und besitzt eine Ellipsenform mit Uferlinie von 15,3 km Länge. Die Untersuchungen wurden in den Jahren 2005-2006 auf Dauergrünlandflächen durchgeführt, die zu 4 agrotouristischen Betrieben in 4 Dörfern gehören (Lubiaków, Żuków, Przywodzie i Kluki). Nach der Beurteilung der Gesamtflächen wurden die Parzellen ausgesondert, wo zum Termin des 1. Schnittes Pflanzenproben entnommen wurden. Die Vegetation und die floristische Zusammensetzung wurden nach der botanischen Gewichtsanalyse bestimmt. Auf der Grundlage der Gesamtbeurteilung der Vegetation wurden der Futterwert des Auswuchses (FWZ) nach FILIPEK (1973) bestimmt und der Naturwert (ökologischer Wert) nach OŚWIT (2000) beurteilt.

Ergebnisse und Diskussion

In unmittelbarer Nachbarschaft vom See trat Röhricht mit Seggen und Gebüsch von Grauweiden entlang der Ufer auf, mit einer Dichte von ein paar Metern und hat den Zugang zum See gesperrt. Unter stark feuchten Bedingungen, auf der tiefgelegenen Stelle auf der nordwestlichen Seite (von Dorf Lubiaków), wo der Wasserstand 10 cm unter Bodenoberfläche reichte, bildete sich Pflanzengesellschaft (PflGe) von *Carex hirta*, *Carex disticha* und *Festuca rubra* (Tab. 1, PflGe von Typ **Cah**) mit kleinster floristischer Variabilität (16 Arten). Auf Wiesen, gelegen auf südöstlichem Seeufer (in Nachbarschaft von Dorf Przywodzie) mit hohem Grundwasserstand von 20 cm stellte man fest PflGe von Typ

Phalaris arundinacea und *Festuca rubra*, (Tab. 1, PflGe **Phar** – 34 Arten). Im Aufwuchs traten Arten rechtlich geschützt auf wie *Epipactis palustris* und *Menyanthes teifoliata*. Unter weniger feuchten Bedingungen mit weiterer Entfernung vom Ufer entwickelte sich PflGe von Typ *Festuca rubra* (**Fer**), die sich aus 39 Arten zusammensetzte, dabei aus *Epipactis palustris*. Das Gelände ist durch hohe Vernässung schwer zugänglich sowohl für die Landwirte, als auch Touristen und spielt deshalb eine ökologische Funktion als z.B. Standort seltener Pflanzenarten oder Brutstelle der gewässer-sumpf Vögel.

Tab. 1: Floristische Zusammensetzung Pflanzengesellschaften am Płoń-See.

ART	Pflanzengesellschaften mit Funktion						
	ökologischer		Produktions-			Erholungs-	
	Cah*	Phar*	Fer*	Php*	Fepp*	Php*	Pop*
<i>Agrostis gigantea</i>				0,2	1,3	4,9	
<i>Agrostis stolonifera</i>	8,5	4,2		0,2		0,2	1,1
<i>Alopecurus pratensis</i>				6,8	7,2	6,2	0,8
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		2,0	1,1	3,2	3,0	1,1	2,3
<i>Arrhenatherum elatius</i>				0,2	2,1	0,1	1,2
<i>Bromus hordeaceus</i>				2	2,1	0,8	0,8
<i>Calamagrostis stricta</i>							0,1
<i>Dactylis glomerata</i>					7,0	7,9	1,8
<i>Deschampsia caespitosa</i>		7,1	3,1	0,1	1,8	0,2	4,5
<i>Elymus repens</i>			1,8	7,2	2	1,6	
<i>Festuca pratensis</i>			2,1	13,6	15,1	1,1	2,6
<i>Festuca rubra</i>	14,5	10,2	25,8	4,1	8,8	13,2	17,3
<i>Glyceria fluitans</i>			0,5				
<i>Holcus lanatus</i>			0,3	1,4	1,4	0,8	2,4
<i>Lolium perenne</i>							2,2
<i>Phalaris arundinacea</i>	11,0	16,3		2,7			0,2
<i>Phleum pratense</i>		2,1		26,4	5,5	26,0	11,2
<i>Phragmites australis</i>	7,8	3,8	4,6		1,6	0,6	6,5
<i>Poa pratensis</i>				6,9	12,7	5,9	41,6
<i>Poa trivialis</i>	9,0	1,7	6,4	1,4	1,7	1,3	1,0
Gräser zusammen	50,8	47,4	45,7	76,4	73,3	71,9	84,3
<i>Lathyrus pratensis</i>		0,2	1,7	0,5			0,2
<i>Lotus corniculatus</i>	0,2		1,2			2,1	
<i>Medicago lupulina</i>							2,4
<i>Trifolium hybridum</i>			0,5	2,4			
<i>Trifolium pratense</i>			1,7		1,3	2,8	0,2
<i>Trifolium repens</i>						1,9	0,1
<i>Vicia cracca</i>			0,5				
Schmetterlingsblütler	0,2	0,2	5,6	2,9	1,3	4,9	2,1
<i>Carex disticha</i>	15,9	4,5	3,6				1,6
<i>Carex gracilis</i>			0,4	0,4	1,3	6,7	1,3
<i>Carex hirta</i>	31,0	3,2				1,7	
<i>Juncus conglomeratus</i>							3,6
<i>Juncus tenuis</i>	1,0				0,2		
Binsen und Seggen	47,9	7,7	4	0,4	1,5	8,4	1,3
<i>Achillea millefolium</i>		0,2	0,4		0,6		2,4
<i>Agrimonia eupatoria</i>		3,9		0,4			
<i>Angelica archangelica</i>		0,2					
<i>Anthriscus sylvestris</i>					0,7		0,1

ART	Pflanzengesellschaften mit Funktion							
	ökologischer		Produktions-			Erholungs-		
	<i>Cah</i> *	<i>Phar</i> *	<i>Fer</i> *	<i>Php</i> *	<i>Fepp</i> *	<i>Php</i> *	<i>Pop</i> *	<i>Fer</i> *
<i>Artemisia absinthium</i>				0,1				1,1
<i>Bellis perennis</i>							0,2	0,1
<i>Cardamine pratensis</i>					1,8			
<i>Cerastium holosteoides</i>		2,2	1,1	0,4	0,1	0,1	0,1	
<i>Cirsium arvense</i>					0,5			
<i>Cirsium oleraceum</i>			2,8	0,1		0,2	0,1	
<i>Dactylorhiza majalis</i>		0,9	7,2					0,1
<i>Epilobium hirsutum</i>					0,3			
<i>Epipactis palustris</i>			0,8	0,2				
<i>Equisetum arvense</i>		1,2	0,7					
<i>Equisetum palustre</i>					1,5			0,1
<i>Eupatorium cannabinum</i>	0,2	5,1				1,7		0,2
<i>Filipendula ulmaria</i>		4,3						
<i>Galium boreale</i>								4,9
<i>Galium mollugo</i>	0,1							
<i>Galium verum</i>			0,2					
<i>Geranium pratense</i>			0,4	0,3	1,5	0,6		0,4
<i>Geum rivale</i>			0,4	0,1		1,3		0,1
<i>Glechoma hederacea</i>					1,2	0,4	1	
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>							0,9	
<i>Iris pseudacorus</i>		0,2	1,3					
<i>Leucanthemum vulgare</i>	0,1							
<i>Lychnis flos-cuculi</i>		2,3	6,4	0,4				0,1
<i>Lytherum salicaria</i>	0,1	1,2	1,7	2,1	0,6	0,6	0,5	1,2
<i>Lysimachia nummularia</i>	0,4	5,1						
<i>Mentha piperita</i>		3,2	3,7					2,2
<i>Menyanthes teifoliata</i>		0,4						
<i>Myosotis palustris</i>	0,1							
<i>Plantago major</i>			0,4	0,1				0,1
<i>Polygonum bistorta</i>		4,0			1,3			
<i>Polygonum persicaria</i>		0,1					0,8	
<i>Potentilla anserina</i>	0,1	1,9	4,7	0,1	0,8		0,5	
<i>Potentilla erecta</i>					0,4	0,1		
<i>Ranunculus repens</i>			1,2	6,1	0,5	4,1	1,4	0,1
<i>Rumex acetosa</i>		2,1	3,5		2,2		2,1	
<i>Rumex obtusifolius</i>				4,0	3,4	1,5		
<i>Sonchus arvensis</i>		0,6	2,6		0,8	0,1		
<i>Symphytum officinale</i>		1,6	1,0	4,2	3,2		1,0	2,6
<i>Taraxacum officinale</i>			0,5	1,5	0,2	0,3	1,2	1,1
<i>Urtica dioica</i>		4,8	2,7	0,2	0,4	1,1		
<i>Veronica chamaedrys</i>		0,2	1,0		1,9	2,7	0,1	
Kräuter zusammen	1,1	45,7	44,7	20,3	23,9	14,8	12,3	14,5
Futterwertzahl	2,66	3,41	3,56	7,48	6,05	6,84	7,82	5,36
Naturwertzahl	2,88	2,82	2,59	2,29	2,51	2,24	2,27	2,73
Grundwasserspiegel	10	20	40	60	80	70	60	90

***Cah** - Carex hirta, **Php** - Phleum pratense, **Pop** - Poa pratensis, **Fepp** - Festuca pratensis i Poa pratensis, **Phar** - Phalaris arundinacea i Festuca rubra, **Fer** - Festuca rubra

Im südwestlichen und südmittleren Teil des Sees (Wiesen der Dörfer Lubiatowo und Kluki), unter mäßig feuchten Bedingungen (Grundwasserspiegel von 60-80 cm), bildeten sich 2

PflGe von Typ *Phleum pratense*, (**Php**) und *Festuca pratensis* mit *Poa pratensis* (**Fepp**). In den Gesellschaften betragen Gräser und Schmetterlingsblütler von 74,6 bis 79,3%, darunter sind wertvolle Futterpflanzen (FWZ > 6) wie *Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, *Alopecurus pratensis*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium hybridum* und *Trifolium pratense*. Die Flächen können als Futterquelle für agrotouristische Betriebe dienen. In südöstlichem (Dorf Kluki) und nordmittlerem Ufer (Dorf Żukowo) mit Grundwasserspiegel von 60-90 cm, entwickelten sich PflGe von Typ *Poa pratensis*, (**Poa**) und *Festuca rubra* (**Fer**) mit hoher floristischer Variabilität (entsprechend 30 und 32 Arten). Die Fläche mit direktem Zugang zum Wasser kann als Erholungsgelände dienen. Das untersuchte Grünland am Płoń-See, das zu agrotouristischen Betrieben gehörte, kann man in 3 Gruppen teilen: PflGe von Typ *Carex hirta* (Cah), *Phalaris arundinacea* mit *Festuca rubra* (Phar) und *Festuca rubra* (Fer) mit hohem Naturwert (NWZ = 2,88-2,69) sollen ökologische Funktion ausüben; PflGe von Typ *Phleum pratense* (Php) und *Festuca pratensis* mit *Poa pratensis* (Fepp) mit hohem Futterwert (FWZ = 6,05-7,48) sollen als Futterquelle dienen und PflGe von Typ *Poa pratensis* (Poa) und *Festuca rubra* (Fer) mit hohem Anteil an niedrig wüchsigen und stampffesten Arten und mit direktem Zugang zum Wasser können als Erholungsgebiete (Campingplätze) dienen. Nach der Untersuchungen von BACIECZKO (2003) geht hervor, dass die Vegetation der Płoń-See Umgebung 436 Arten umfasst, dabei 56 geschützten und sehr seltener Arten.

Schlussfolgerungen

Auf dem Grünland in Umgebung von Płoń-See stellte man mannigfaltige Pflanzengesellschaften mit differenziertem Futter- und Naturwert fest, was eine multifunktionelle Nutzung ermöglicht.

Die Flächen, bewachsen mit Pflanzen mit hoher wirtschaftlichen Bedeutung (Pflanzengesellschaften von Typ *Phleum pratense* und *Festuca pratensis* mit *Poa pratensis*) können als Futterreserve für agrotouristische Betriebe dienen.

Die Flächen unter sehr nassen Verhältnissen, bewachsen mit *Carex hirta*, *Phalaris arundinacea* mit *Festuca rubra* und *Festuca rubra* mit hohem Naturwert können ökologisch genutzt werden.

Pflanzengesellschaften mit hohem Anteil an niedrig wüchsigen und trittfesten Arten und mit direktem Zugang zum Wasser können als Erholungsgebiete dienen.

Literatur

BANIECZKO W. (2003): Flora naczyniowa jeziora Płoń i sąsiadujących biotopów. *Prz. Przy.* XIV, 1-2, 19-35.

DUBEL K. (2000): Uwarunkowania przyrodnicze w planowaniu przestrzennym. *Wyd. Ekonomia i Środowisko.* 1-60.

DZIEDZIC E. (1998): Uwarunkowania polityki zrównoważonego rozwoju w zakresie agroturystyki. *Mat. VI Ogólnopolskiego Sympozium Agroturystycznego w Lubniewicach. CD i EwR. Kraków,* 15-20.

FILIPEK J. (1973): Projekt klasyfikacji roślin łąkowych i pastwiskowych na podstawie liczb wartości użytkowej. *Post. Nauk Rol.* 4, 59-68.

OŚWIT J. (2000): Metoda przyrodniczej waloryzacji mokradeł i wyniki jej zastosowania na wybranych obiektach. *Wyd. Inst. Melior. i Uż. Ziel.*

WINIECKI T. (1987): Ostoja ptaków wodnych i błotnych. *Przyr. Pol.* 3, 14-17.

Sponsoren

Wir danken folgenden Sponsoren herzlich für die freundliche Unterstützung:

- Barteroder Feinkost: <http://www.barteroder-feinkost.de/>



- Beckers Bester: <http://www.beckers-bester.de>



- DLF TRIFOLIUM: <http://www.dlf-trifolium.de/>



- Dow AgroSciences: <http://www.dowagro.com/de/>



- DSV: <http://www.dsv-saaten.de/>



Innovation für Ihr Wachstum

- e-on Mitte: <http://www.eon-mitte.com/>



- Kali & Salz: <http://www.kali-gmbh.com>



- Kemira GrowHow: <http://www.kemira-growhow.com/DE>



Sponsoren

- KWS: <http://www.kws.de/>



- Saatzucht Steinach: <http://www.saatzucht-steinach.de/>



- NPZ: <http://www.npz.de/>



- Ulmer: <http://www.ulmer.de/>



Autorenverzeichnis

A

Alabsi..... 44, 48
 Amelung 221
 Andree 213

B

Bathke..... 229
 Bedenk..... 180
 Behrendt..... 261
 Benke..... 286
 Berendonk..... 161
 Beyrich..... 184
 Biewer..... 140, 144
 Bockholt..... 32, 36, 40, 44, 48, 273
 Bodarski..... 97
 Böhmel..... 202
 Bonn 250
 Bühle 188, 192
 Bury 241, 277

C

Claupein..... 169, 202, 205
 Clemens 161
 Czyż..... 241, 277

D

Diepolder 258
 Dietze..... 36, 40
 Dittert..... 155, 213
 Dittmann 32, 36, 40, 97, 269

E

Eickler..... 105
 Elsäßer 7, 14
 Emanuel 184

F

Faramarzi 254
 Franke 40, 229
 Fricke..... 140, 144, 148, 165, 180, 184
 Frings..... 269

G

Gabel..... 97
 Gebbing..... 221
 Gerke 151
 Giebelhausen..... 237
 Gierus 56, 71, 105, 112, 115, 119, 129
 Graß..... 165, 173
 Greef..... 29, 101
 Greiner 78
 Gröblinghoff..... 161
 Gruber..... 108
 Grünenwald..... 14

Günther 192

H

Hartung 213
 Heimberg..... 22
 Henrici 205
 Hermann..... 56, 176, 213
 Herrmann 60, 101, 112
 Hertwig 78, 108
 Himstedt..... 140, 144, 148
 Hochberg..... 78
 Hoedtke 97
 Hofmann..... 250
 Höppner..... 101

I

Ingwersen 115
 Isselstein..... 82, 125, 250, 254, 286

J

Jänicke 52
 Jilg 108

K

Kaden..... 90
 Kage..... 176, 213
 Kahle..... 269
 Kaiser 246
 Kalzendorf..... 137
 Kayser 125, 286
 Kelm 133, 209, 265
 Kesting..... 254
 Kitczak..... 241, 277
 Kleen..... 115, 119
 Kluth 108
 König 125
 Kriszan 221
 Kruse..... 101
 Krzywiecki 97
 Küchenmeister 82
 Kühbauch 221

L

Lange 218
 Langholz..... 250
 Laser 87, 90
 Leisen..... 18, 22
 Lepetit..... 237
 Loges..... 63, 155, 265
 Losand..... 108
 Lösche..... 56, 112
 Luesink..... 115
 Lütke Entrup..... 161

M

Manning.....	74
Mattern.....	87
Mehrtens.....	176
Menke.....	108
Müller.....	71, 125
Münnich.....	229

N

Nannen.....	155
Neff.....	184
Novák.....	290

O

Opitz von Boberfeld.....	93, 290
Ott.....	74, 97

P

Pacholski.....	213
Perbandt.....	151
Pötsch.....	105, 133
Priebe.....	237
Pries.....	22, 108

R

Raschbacher.....	258
Rath.....	101
Rauch.....	26
Resch.....	105
Reulein.....	151, 180, 184, 192, 196, 198
Richter.....	122, 144, 237
Rieger.....	18
Riehl.....	78, 229
Rutzmoser.....	122

S

Salama.....	56, 112
Schalitz.....	261
Scheffer.....	188, 196, 198
Schellberg.....	221
Schiborra.....	71, 129
Schingen.....	273

Schmalzer.....	10, 232
Schmidt.....	97
Schneider.....	232
Schönbach.....	71
Schubert.....	232
Schulz.....	202, 225
Schuppenies.....	78
Sieling.....	176, 213
Sölter.....	29
Spiekers.....	26, 108
Steinberger.....	26
Steingäß.....	108
Stülpnagel.....	151, 165, 180, 184, 188, 196, 198
Südekum.....	108
Svoboda.....	176

T

Taube.....	56, 60, 63, 71, 101, 105, 112, 115, 119, 129, 133, 155, 176, 209, 213, 265
Techow.....	60
Tholen.....	108
Thumm.....	169, 202, 205
Tiemeyer.....	269
Tonn.....	169, 202, 205
Treyse.....	133
Trzaskoś.....	241

V

Voss.....	115
-----------	-----

W

Wachendorf.....	140, 144, 148, 151, 165, 173, 180, 184, 188, 192, 196, 198
Westphal.....	63
Wienforth.....	176
Wrage.....	82, 254
Wulfes.....	74

Z

Zerr.....	188, 192
-----------	----------

Weitere Beiträge

Einfluss organischer Düngung auf Kaliumbilanzen von Grünland und Silomais

M. Kayser¹, M. Benke² und J. Isselstein³

¹Forschungs- und Studienzentrum Weser-Ems, Universität Göttingen, Driverstraße 22, 49377 Vechta; ²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mars-la-Tour Straße 1-13, 26121 Oldenburg; ³Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität Göttingen, Von-Siebold-Straße 8, 37075 Göttingen

Einleitung und Problemstellung

Kalium (K) ist ein essentieller Nährstoff für Pflanze, Tier und Mensch. Direkte negative Auswirkungen auf die Umwelt sind nicht bekannt. Vor allem Futterbaupflanzen wie Gras, Luzerne aber auch Mais benötigen und nehmen K in großen Mengen auf. Sandige Böden mit ihrer in der Regel niedrigen Kationenaustauschkapazität zeichnen sich durch eine geringe Pufferwirkung und schwache Nachlieferung aus den nicht austauschbaren K Fraktionen im Boden aus. K Bilanzüberschüsse bei intensiver Tierhaltung und Düngung oder negative Salden bei unzureichender Versorgung, die bei ökologischer Wirtschaftsweise möglich ist, wirken sich innerhalb relativ kurzer Zeit auf die Bodengehalte an austauschbarem K aus (ÖBORN et al., 2005). Höhere K Austräge stellen grundsätzlich eine Verschwendung endlicher Ressourcen dar und sind unwirtschaftlich. Der folgende Beitrag stellt für einen Sandboden einfache K Bilanzen nach mineralischer und organischer Düngung von Mähgrünland und Silomais auf. Vorgestellt werden die Beziehungen zwischen Nährstoffinput, Salden, Erträge und K Konzentrationen in Boden und Pflanze und die Schwankungen der Höhe der K Salden und K Austräge mit dem Sickerwasser zwischen den einzelnen Jahren. Die vier- bis sechsjährigen Untersuchungen liefern für sandige Standorte Nordwestdeutschlands Ergebnisse zu der Höhe von K Flüssen in Mähgrünland- und Silomaissystemen.

Material und Methoden

Die vorgestellten Daten wurden von 1994 bis 2000 auf dem Versuchsstandort Markhausen im Landkreis Cloppenburg erhoben. Der im Oberboden stark humose Sandboden (Tiefumbruch) wurde auf der Maisfläche durchgehend als Acker genutzt, das Schnittgrünland bestand seit 1991. Zu Beginn der Versuche waren beide Felder aufgrund langjähriger Gülledüngung ausreichend mit Grundnährstoffen versorgt (P und K in Gehaltsklasse C).

Der Aufbau der Versuche richtete sich in erster Linie nach der N Versorgung mit Gülle im Vergleich zu Kalkammonsalpeter (KAS). Das Mähgrünland wurde viermal im Jahr genutzt, die N- bzw. Gülledüngung erfolgten jeweils in Gaben zu 80 kg Gesamt-N/ha zu Vegetationsbeginn und nach den Ernteterminen. Beim Silomais wurden 70% der N Düngung (KAS oder Rindergülle) vor der Saat auf die Pflugfurche ausgebracht und der Rest kurz vor Reihenschluss gegeben. Die Versorgung mit P und K konnte durch eine mineralische

Ausgleichsdüngung oder die Gehalte in der Rindergülle sichergestellt werden; der Input von N und K ist damit im statistischen Sinne verbunden (confounded). (Tab. 1).

Drei fest installierte keramische Saugkerzen in 75 cm Tiefe ermöglichten die Gewinnung von Sickerwasser während des Winterhalbjahres (Oktober-April). Neben der Nitratauswaschung wurden regelmäßig die K Austräge nach Bestimmung der K Konzentrationen am AAS mittels der klimatischen Wasserbilanz errechnet.

Tab. 1: Stickstoff (N) und Kalium (K) Input zu Mähgrünland (Gras) und Silomais (Mais) in mineralischer (KAS, KCl) und organischer Form (Rindergülle, RG); Trockemasseerträge (TM) und K Salden (K Input – K Ertrag) und K Austrag mit dem Sickerwasser als Mittel aus sechs (Gras) bzw. vier (Mais) Jahren, Gehalte an austauschbarem Kalium (Kex) im Oberboden nach sechs Jahren.

		Input N	Input K	Form	Ertrag TM	Saldo K	Austrag K	Boden K ex
		[kg/ha]	[kg/ha]		[dt/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[mg/kg]
	Null	0	166	min.	50	53	6.6	58
Gras	KAS	160	166	min.	91	-18	5.0	17
		320	300	min.	115	36	5.4	32
	RG	160	213	org.	74	8	7.4	115
		320	426	org.	88	155	24.8	212
	Null	0	200	min.	136	77	31.0	75
Mais	KAS	160	200	min.	152	37	39.4	.
		240	200	min.	156	27	53.1	70
	RG	160	187	org.	143	37	43.4	85
		240	293	org.	148	140	42.5	123

Ergebnisse und Diskussion

Die K Bilanzen wurden in nicht unerheblichem Maße von der N Versorgung und damit den Erträgen beeinflusst, die im Schnittgrünland mit höheren Düngegaben anstiegen, im Mais dagegen etwa auf einem Niveau stagnierten. Der stark humose Boden des Maisfeldes muss also große Mengen an N mineralisiert haben. Bei den reinen Güllevarianten war es das nicht ausgeglichene Verhältnis von N und K, das bei hohen Gaben zu K Überschüssen führte. Die Auswirkungen von Überschüssen aber auch Unterversorgung können hier modellhaft betrachtet werden (Tab. 1; Abb. 1). Austräge an Kalium mit dem Sickerwasser lagen beim Silomais im Bereich von 40 kg K/ha; unter Mähgrünland wurden etwa 6 kg K/ha nach Salden bis 50 kg K/ha und etwa 25 kg K/ha nach durchschnittlichen Salden von 155 kg K/ha ausgetragen. Die K Austräge lassen sich beim Mähgrünland mit dem K Input, den Salden und den Bodengehalten in Beziehung setzen, beim Silomais sind die hohen K Austräge dagegen eher durch den Ladungsausgleich der sehr hohen NO_3^- Auswaschung von durchschnittlich 125 kg N/ha nach mineralischer N Düngung und 85 kg N/ha nach Rindergülle zu erklären (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 2005). Dagegen lagen die N Austräge unter Mähgrünland auf einem Niveau von 8-10 kg N/ha. Werden beim Silomais die hohen K Austräge in die Berechnung der K Salden einbezogen, so führt dies zu negativen Werten, die langfristig aus dem Bodenvorrat oder durch eine weitere Ausgleichsdüngung ergänzt werden müssen.

Nachtrag Sektion II: Natur, Umwelt, Erholung

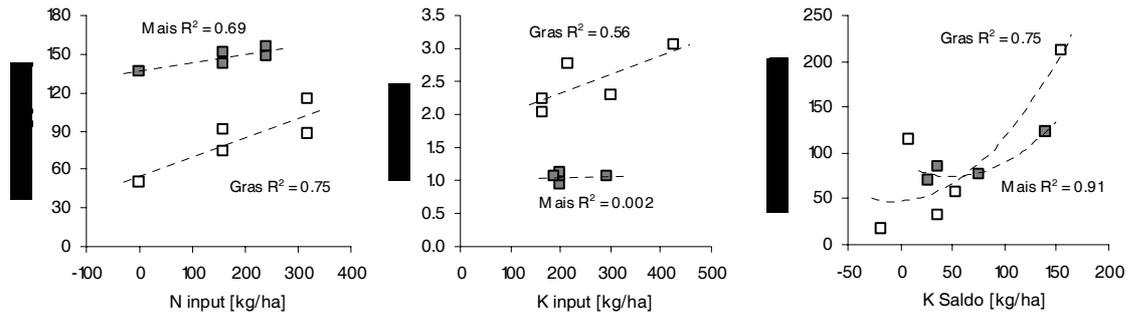


Abb. 1: Die Beziehungen zwischen N Input und TM Ertrag, K Input und K Gehalt im Erntegut, K Saldo und Gehalt an austauschbarem K im Oberboden für die Mittel aus sechs (Mähgrünland) und vier (Silomais) Jahren der einzelnen Varianten.

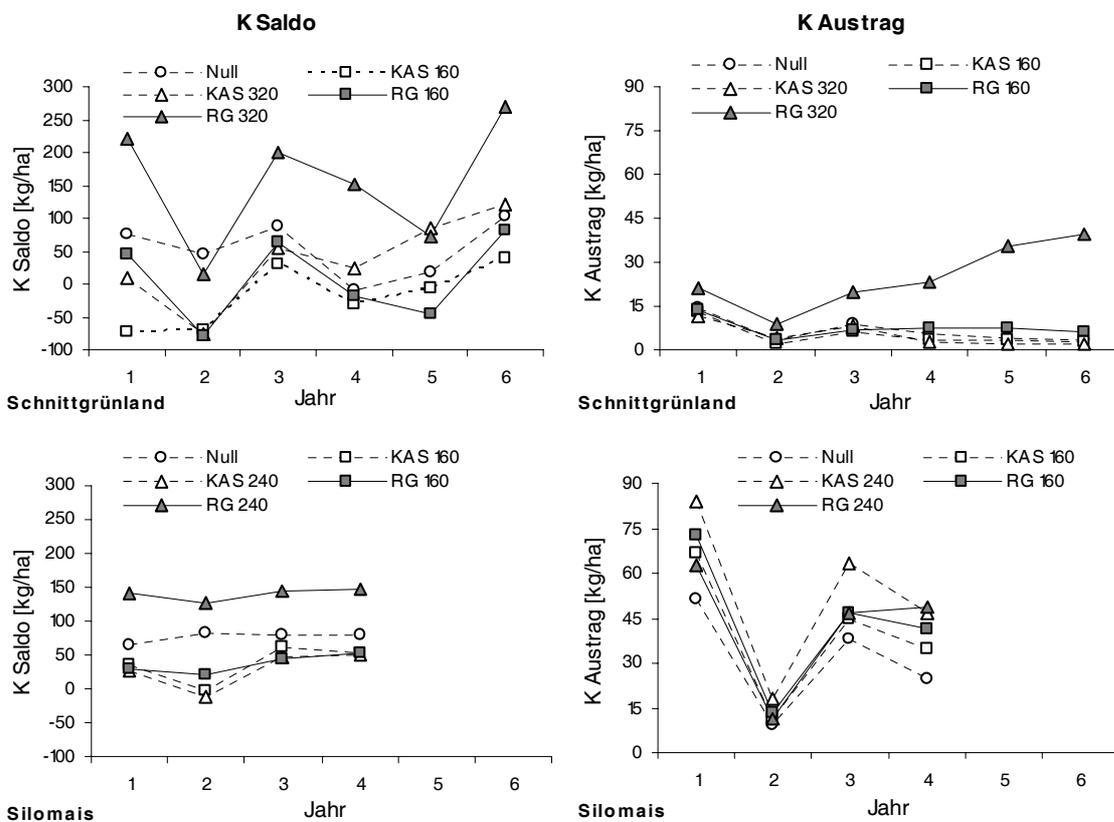


Abb. 2: Die K Salden und K Austräge mit dem Sickerwasser für Mähgrünland und Silomais in den einzelnen Versuchsjahren.

Innerhalb dieses Versuchsrahmens reagierte das Grünland, anders als der Silomais, auf N und K Input mit zunehmenden Erträgen und erhöhten K Gehalten. Etwa ab einem K Überschuss von 100 kg K/ha nahmen die Gehalte an austauschbarem K (Kex) im Oberboden deutlich zu. Ausgehend von einem Kex Gehalt im Boden, der in die Gehaltsklasse C einzuordnen ist, verändern sich die Gehalte je nach Saldo über einem Zeitraum von sechs Jahren zu einer Spanne von Gehaltsklasse A bis E im Mähgrünland und C bis D im Silomais. Die Höhe der K Auswaschung ist die Folge eines komplexen Zusammenspiels verschiedener Faktoren wie der Höhe der Niederschläge über Winter, Zeitpunkt und Höhe der K (und N) Düngung, Gehalte an austauschbarem K im Boden und die Höhe der NO_3^- Auswaschung (KAYSER und ISSELSTEIN, 2005). So folgten die K Austräge unter Silomais in etwa dem Muster der NO_3^- Austräge, die deutlich von der Höhe der

Niederschläge beeinflusst wurden, während die K Austräge unter Mähgrünland deutlicher den Effekt stetig steigender Bodengehalte zeigten. Eine nicht optimal verwertete späte Güllegabe nach dem dritten Schnitt des Mähgrünlandes bei der höchsten Düngungsstufe mit Rindergülle hat möglicherweise zu den ansteigenden Bodengehalten beigetragen. Auffällig sind die großen Schwankungen in der Höhe der K Salden zwischen den einzelnen Jahren beim Mähgrünland (Abb. 2).

Schlussfolgerungen

Die Unterschiede in der Kalium Dynamik zwischen Mähgrünland und Silomais auf Sandböden sind deutlich. K Verluste sind, ähnlich wie die N Auswaschung, beim Mähgrünland relativ gering, allerdings wirkt sich durch die hohe K Abfuhr mit dem Erntegut auf sorptionsschwachen Böden eine Unterversorgung mit K rasch auf die austauschbaren Gehalte im Boden aus. Eine Überversorgung an K durch überhöhte und unter Umständen späte Gaben führt zu zunehmender Absättigung der Bodengehalte und zu verstärkter Auswaschung. Beim Anbau von Mais auf einem Standort mit ausgeprägter Mineralisation und hoher N Auswaschung lagen die K Austräge in Größenordnungen die deutlich bilanzwirksam sind. Vor diesem Hintergrund sollte gerade im organischen Landbau bei der Bewirtschaftung von Sandböden mit geringen K Gehalten und bei der Kombination von Gras/Leguminosenanbau mit hoher K Abfuhr und anschließender Ackernutzung auf die K Versorgung geachtet werden. In intensiv wirtschaftenden viehhaltenden Betrieben können K Überschüsse und nicht angepasstes Düngungsmanagement zu unnötigen und unwirtschaftlichen Verlusten führen.

Literatur

- ÖBORN, I., ANDRIST-RANGEL, Y., ASKEGAARD, M., GRANT, C.A., WATSON, C.A. und EDWARDS, A.C. (2005): Critical aspects of potassium management in agricultural soils. *Soil Use and Management* 21, 102-112.
- KAYSER, M. and ISSELSTEIN, J. (2005): Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. *Grass and Forage Science* 60, 213-224.
- SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL, P. (2005): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 15. Ausgabe. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.

Futterqualität und Bodenverdichtungen im Spätherbst genutzter Weiden der Slowakei

J. Novák & W. Opitz von Boberfeld

Lehrstuhl für Grünlandökosysteme und Futterbau,
Slowakische Landwirtschaftliche Universität Nitra, Slowakei

Problemstellung

Die ganzjährige Außenhaltung von Fleischrindern benötigt trittfeste, nicht vernässte Böden (HOCHBERG 1998). Günstige Voraussetzungen haben Böden mit einem erhöhten Skelettanteil in Hanglagen, die frei von Grundwasser- und Stauwassereinfluss sind (OPITZ v. BOBERFELD 2001). Der erhöhte Gehalt an Wasser in der oberen Schicht macht das Substrat plastisch und damit äußerst trittempfindlich (MÖRCHEN 1996). Die Beweidung im Spätherbst und Winter bei feuchten Witterungsbedingungen bedingt ferner eine Entwertung des Futters (WHEELER 1968, KALA & MIKA 1997, OPITZ v. BOBERFELD & BANZHAF 2006, OPITZ v. BOBERFELD et al. 2006). Die Aspekte Futterqualität spät beweideter Aufwüchse und Bodenverdichtungen in Höhenlagen von 920m ü. NN des slowakischen Vepor- und Stolickegebirges wurden in diesem Beitrag einer Wertung unterzogen.

Material & Methodik

Die Versuche wurden in 920m ü. NN auf der Schnittstelle von Vepor- und Stolickegebirge, geographische Länge 48° 25' N und Breite 19° 34' E, auf einem erodierten Ranker, Ausgangsgestein Granulit (= Quarz und Feldspat) angelegt; die Hangneigung variierte zwischen 15 und 20°. Das Profil ist in der ganzen Tiefe ton-sandig, der Sandanteil liegt >60%. Der pH-Wert – KCl - der Schicht 0 bis 10 cm erreicht 4,25. Die langfristige jährliche Niederschlagsmenge beträgt 900mm, die mittlere Jahrestemperatur erreicht 6.0°C und die Periode mit geschlossener Schneedecke beträgt >80 Tage. Die Varianten der mehrjährig durchgeführten Experimente vermittelt Tab. 1. Der Bestand wurde mit Fleischrindern der Rasse Charolais genutzt. Das Pflanzenmaterial wurde am Ende der Vegetationsperiode, Ende Oktober, gewonnen, bei 60°C getrocknet, <1,0mm vermahlen und anschließend eine

Tab. 1: Varianten mit vier Wiederholungen	
Faktoren	Stufen
1. Lage	1.1 Südexposition
	1.2 Nordexposition
2. Besatzdichte	2.1 1,0 GV ha ⁻¹
	2.2 3,0 GV ha ⁻¹
3. Beobachtungsjahr	3.1 Jahr 2003
	3.2 Jahr 2004
	3.3 Jahr 2005

Mischprobe aus den vier Wiederholungen untersucht auf: Verdaulichkeit organischer Substanz über die Variablen Gasbildung, Rohprotein- und Aschegehalt nach der Formel 43f (STEINGASS & MENKE 1986, MENKE & STEINGASS 1987), die Energiedichte über die Variablen Gasbildung, Rohprotein und Rohfett nach der Formel 16e (STEINGASS & MENKE 1986, MENKE & STEINGASS 1987), Rohprotein nach KJELDAHL (ANONYMUS 1997) und Ergosterol in Petrolether mit der HPLC am UV-Detektor (SCHWADORF &

MÜLLER 1989, ANONYMUS 1993). Sämtliche Konzentrationsangaben beziehen sich auf die bei 103°C ermittelte Trockensubstanz.

Von der Vegetation wurden Artenlisten erstellt und die Deckungsgrade in Prozent geschätzt. Zur Messung von Verdichtungen wurde der Penetrometer P-BHD 3A eingesetzt; die Einstiche wurden im 1m x 1m Raster der 3m x 5m dimensionierten Parzellen vorgenommen. Die Auswertung erfolgte über die Kovarianzanalyse mit dem Tukey-Test, ergänzt durch die PCA-Analyse. Nach BAJLA (1998) wurden die Messungen mit dem Penetrometer ausgewertet.

Ergebnisse & Diskussion

Auf der Fläche stand ein *Agrosti-Festucetum rubrae* mit 40 Pflanzenarten an. *Agrostis capillaris* und *Festuca rubra* waren mit Deckungsgraden von fast 30% die Hauptbestandbildner. Von den Leguminosen erreichte *Trifolium repens* mit >10% Deckungsgrad den höchsten Anteil; bei den sonstigen Kräutern erreichte *Taraxacum officinale* mit 10% den höchsten Deckungsgrad. Infolge höherer Besatzdichten war *Rumex obtusifolius* mit 5% Deckungsgrad stärker vertreten und verursachte eine geringe Verdaulichkeit der organischen Substanz (NOVAK 2004, CAUWER et al. 2006).

Die Futterqualität variierte jahrabhängig in folgenden Bereichen: Verdaulichkeit organischer Substanz 55,3 bis 68,0%, umsetzbare Energie 7,3 bis 9,4 MJ ME kg⁻¹ TS, Rohprotein 85 bis 220g kg⁻¹ TS, Ergosterol 62 bis 323 mg kg⁻¹ TS und Rohasche 72 bis 105g kg⁻¹TS. Diese Werte sind vergleichbar mit denen von SKLADANKA (2004) aus einer Höhenlage von 553m ü. NN. Der Einfluss des Jahres auf die untersuchten Merkmale war bedeutend (= Kovarianz-, PCA-Analyse), dagegen bestanden keine signifikanten Effekte, die von der Exposition, der Besatzdichte und den Wiederholungen ausgingen. Feuchte Perioden (= Jahre 2004, 2005) bedingten im Gegensatz zu niederschlagsarmen Perioden (= Jahr 2003) vor der Probengewinnung erhöhte Konzentrationen an Ergosterol und einen insgesamt geringeren Futterwert. Die Konzentration an Rohprotein stand in Zusammenhang mit den Deckungsgraden von *Trifolium repens*. Werden die hier ermittelten Daten – Südexposition, Nordexposition – mit denen anderer Standorte verglichen (SKLADANKA 2004, OPITZ v. BOBERFELD et al. 2006), so zeigt sich, dass der Standorteinfluss offenbar gering ist. Die Messungen der Verdichtungen mit dem Penetrometer zeigen – vgl. Abb. 1, dass zwischen Besatzdichte und dem Verdichtungsgrad des Oberbodens Abhängigkeiten bestanden. Wenngleich es sich bei der Bodentextur um ein sandreiches Substrat handelt, ist der hohe Gehalt an organischer Substanz mit 10,8 bzw. 7,9% der Schicht 0 bis 10 cm und 9,4 bzw. 6,2% der Schicht 10 bis 20 cm für den erhöhten Eindringwiderstand infolge der höheren Besatzdichte maßgebend.

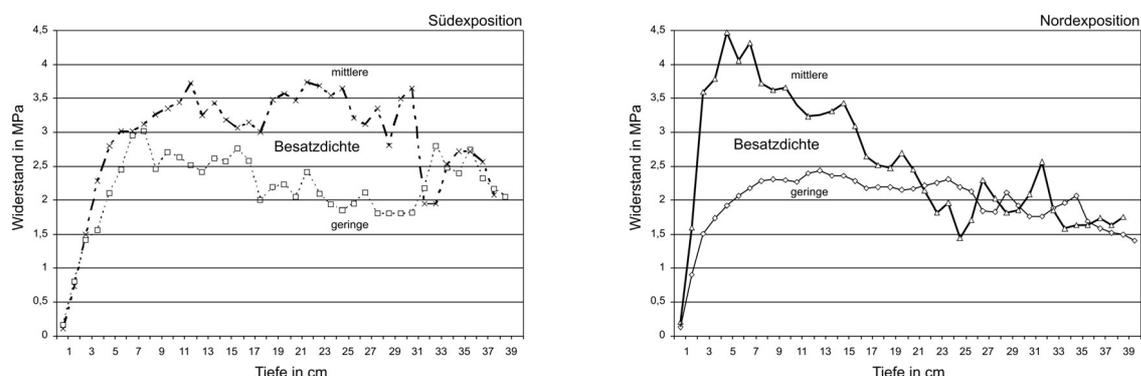


Abb. 1: Penetrometermessung in Abhängigkeit von Exposition und Besatzdichte

Zusammenfassung

In einem mehrjährigen Versuch in 920 m ü. NN wurde der Effekt der Spätherbstbeweidung auf den Futterwert und die Bodenverdichtungen in Abhängigkeit von der Exposition und der Besatzdichte untersucht. Auf der Fläche stand ein *Agrosti-Festucetum rubrae* an. Bei dem Bodentyp handelt es sich um einen sand- und an organischer Masse reichen Ranker.

Folgende Ergebnisse lassen sich hier herausstellen:

1. Der Futterwert auf Basis Verdaulichkeit organischer Substanz, umsetzbarer Energie, Rohprotein, Rohasche und Ergosterol entsprach den Erfordernissen für Mutterkühe und Fleischrinder.
2. Die Qualität war jahr-, jedoch nicht expositionsabhängig. Feuchte Witterungsperioden im Spätherbst beeinträchtigten den Futterwert. Die jahresunabhängig nicht nachweisbaren Unterschiede im Futterwert von Süd- und Nordexposition bestätigen den geringen Standorteinfluss bei extensiver Wirtschaftsweise.
3. Auf dem an organischer Masse reichen Boden war der Einfluss der Besatzdichte auf den Eindringwiderstand (= Penetrometer) nachweisbar. Von diesem Verdichtungseffekt war expositionsabhängig die Bodentiefe bis etwa 30 cm betroffen.

Literatur

- ANONYMUS, 1993: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 3. Ergänzungslieferung. Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- ANONYMUS, 1997: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung. Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- BAJLA, J., 1998: Penetrometricke meramia podnych vlastnosti. SPU, Nitra.
- CAUWER, B., D. REHEUL, I. NIJS & A. MILBAU, 2006: Dry matter yield and herbage rediny of field margin vegetation as a function of vegetation development and regime. NJAS-Wageningen J. Life Sci. **54**, 37-60.
- HOCHBERG, H., 1998: Freilandhaltung von Fleischrindern im Winter. Ber. 42. Jahrestagung AG Grünland u. Futterbau, Gießen, 30-36.
- KALAC, P. & V. MIKA, 1997: Prirodzene skodlive latky v rostlinnych krmivech. UZPI, Praha.
- MENKE, K.H. & H. STEINGASS, 1987: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 2. Mitt.: Regressionsgleichungen. Übers. Tierernährg. **15**, 59-94.
- MÖRCHEN, F., 1996: Winteraußenhaltung von Mutterkühen auf Flußauenstandorten. Hrsg.: Verb. Förderung extensiver Grünlandwirtschaft, Freilandhaltung von Rindern im Winter, Berlin, 16-20.
- NOVAK, J., 2004: Evaluation of grassland quality. Ekologia **23**, 127-143.
- OPITZ V. BOBERFELD, W., 2001: Grassland management aspects for year-round outdoor stock keeping of suckler cows. Grassl. Sci. Poland **4**, 137-147.

OPITZ V. BOBERFELD, W., K. BANZHAF, F. HRABE, J. SKLADANKA, S. KOZOLOWSKI, P. GOLINSKI, L. SZEMAN & J. TASI, 2006: Effect of different agronomical measures on yield and quality of autumn saved herbage during winter grazing. 2nd comm.: Crude protein, energy and ergosterol concentration. Czech. Anim. Sci. **51**, 271-277.

OPITZ V. BOBERFELD, W. & K. BANZHAF, 2006: The effects of sward management on mineral content of winter grazed herbage. J. Agron. Crop Sci. **192**, 1-9.

SCHWADORF, K. & H.-M. MÜLLER, 1989: Determination of ergosterol in cereals, feed components, and mixed feed by liquid chromatography. J. Assoc. Off. Anal. Chem. **72**, 457-462.

SKLADANKA, J., 2004: Produkční a kvalitativní charakteristika travních porostů pro prodlouženou podzimní a zimní pastvu. Dizertace MZLU, Brno.

STEINGASS, H. & K.H. MENKE, 1986: Schätzung des energetischen Futterwertes aus der in vitro mit Pansensaft bestimmten Gasbildung und der chemischen Analyse. 1. Mitt.: Untersuchungen zur Methode. Übers. Tierernährg. **14**, 251-270.

WHEELER, J.L., 1968: Major problems in winter grazing. Herb. Abstr. **38**, 11-18.

Der Beitrag entstand mit Unterstützung durch VEGA, Nr. 1/3453/06.

ISBN: 978-3-00-022335-8