

5. DLG- Grünlandtagung 2003

Die 10.000 kg-Herde auf dem Grünland Nährstoffe optimal nutzen

**Vorträge der Tagung vom 26. Juni 2003
und ausgewählte Themen aus der internen Sitzung
des DLG-Ausschusses „Grünland und Futterbau“
vom 25. Juni 2003 in Haus Riswick, Kleve**

© 2003 DLG

Nachdruck nur mit Erlaubnis der DLG gestattet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Begrüßung <i>Wilhelm Lieven</i>	3
Anforderungen seitens der DVO an ein umweltverträgliches Nährstoffmanagement in der Futterproduktion <i>Dr. Jons Eisele</i>	5
Kriterien Nachhaltiger Milchproduktion - ein Verfahren zur Bewertung der Situation <i>PD Dr. Martin Elsäßer</i>	8
„Gruenland-online“ [©] - das Beratungssystem für Grünlandfragen im Internet <i>PD Dr. Martin Elsäßer</i>	21
Stickstoffmanagement in unterschiedlich genutzten Grünlandbeständen unter Berücksichtigung der N-Verluste" <i>Dr. Hagen Trott, PD Dr. Michael Wachendorf und Prof. Dr. Friedhelm Taube</i>	25
Einfluss der N-Düngung auf die N ₂ O-Emissionen auf Grünland" <i>Dipl.-Ing. agr. Carola Lampe, PD Dr. Michael Wachendorf, Dr. Klaus Dittert und Prof. Dr. Friedhelm Taube</i>	36
Erfahrungen und Ergebnisse aus Hochleistungsbetrieben mit integrierter Grünlandwirtschaft in NRW, <i>Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup, FH Südwestfalen, Soest;</i>	43
Nutzungsmanagement für eine qualitätsorientierte Futterproduktion bei hoher tierischer Leistung <i>Dr. Clara Berendonk, Landwirtschaftskammer Rheinland, Haus Riswick</i>	53
Welche N-Verluste sind bei hoher Leistung in der Milchviehhaltung tolerierbar? <i>Dr. Friedhelm Fritsch, Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz</i>	61
Einkommensreserven in der Grünlandwirtschaft – Wie viel darf Qualitätsfutter vom Grünland für Hochleistungskühe kosten? <i>Dr. Olaf Steinhöfel, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Köllitsch</i>	69
Adressen der Referenten	75

Begrüßung

Wilhelm Lieven, MdL, Präsident der Landwirtschaftskammer Rheinland

Sehr geehrte Damen und Herren!

Zur heutigen 5. DLG-Grünlandtagung begrüße ich Sie hier im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick recht herzlich.

Mein besonderer Gruß gilt dem DLG-Ausschuss für Grünland und Futterbau und dessen Vorsitzendem, Herrn Privatdozent Dr. Martin Elsäßer. Ich danke Ihnen dafür, dass Sie unserer Einladung gefolgt sind, diese Tagung hier auf Haus Riswick durchzuführen. Haus Riswick, das Landwirtschaftszentrum für die flächenabhängige Tierhaltung, ist sicherlich ein prädestinierter Standort, um sich mit dem Thema des heutigen Tages „Die 10.000 kg-Herde auf dem Grünland / Nährstoffe optimal nutzen“ zu befassen.

Ich freue mich insbesondere darüber, diese Tagung an einem Standort auszurichten, der sich weit über die Grenzen von Nordrhein-Westfalen hinaus durch viele zukunftsweisende Impulse für die Grünlandwirtschaft einen Namen gemacht hat.

Bereits vor 51 Jahren im September 1952 wurde in der benachbarten ehemaligen Molkereifachschule in Kleve-Kellen die Grünlandforschungsstelle des Landes Nordrhein-Westfalen zur Förderung der Grünland- und Futterbauforschung errichtet. Dieses von der landwirtschaftlichen Praxis kurz als „Grünlandforschung Kleve-Kellen“ benannte Institut wurde 1995 mit dem Aufgabenbereich „Grünland und Futterbau“ von der Landwirtschaftskammer übernommen. Heute ist dieser Aufgabenschwerpunkt im Landwirtschaftszentrum Haus Riswick ein Eckpfeiler bei der Erprobung und Demonstration nachhaltiger leistungsfähiger Grünlandnutzungssysteme.

Hierbei hat auch die Weidehaltung in Haus Riswick eine fast 30-jährige Tradition. Die Fütterung in der Sommerperiode – namentlich der Vergleich von Stand- und Umtriebsweide bei unterschiedlichen N-Düngungsniveaus, der Einfluss der Beifütterung und der Vergleich einer Halbtags- mit einer Ganztags-Beweidung – fand stets großes Interesse in der niederrheinischen Praxis der Grünlandbewirtschaftung. Ergänzend werden Weideversuche mit Jungrindern im Vergleich zu den Versuchsanstellungen mit Milchkühen durchgeführt; u.a. laufen gegenwärtig Erhebungen zur Frage: „Lohnt die Beifütterung auf der Weide?“.

Der Ökologische Landbau nimmt hier in Haus Riswick mit einem eigenen Betriebszweig einen namhaften Raum ein. So wurden schon zu Beginn der 90er Jahre Fütterungsversuche zum Vergleich konventioneller zu alternativer Mähweide in Kooperation mit dem Institut für Tiernahrung der Universität Bonn durchgeführt. Auch die Grundsatzfrage: „Weide ja oder nein?“ beschäftigt uns seit neuerem, ebenso die Erprobung der sog. Siesta-Weide, die in unserem Öko-Betrieb beispielsweise eingeführt wurde.

Mit den erfreulicherweise gewaltigen Züchtungserfolgen bei der Steigerung der Milchleistung unserer Herden ist die 10.000 Liter -Kuh heute Realität.

Milchleistung 2002:

Durchschnitt Haus Riswick: 9612 kg

Durchschnitt Kreis Kleve: 8513 kg

Realität ist aber auch: „Die Grünlandwirtschaft ist im Wandel“. 2002 betrug die Grünlandfläche in Nordrhein-Westfalen noch 417.376 ha mit einem Bruttoproduktionswert von ca. 372 Mio Euro. Diese Zahlen machen deutlich: Im Grünland liegen erhebliche Leistungsreserven, die es zu mobilisieren und durch optimierte Produktionstechnik zu nutzen gilt.

Ein Blick in die Statistik der Betriebsauswertungen zeigt aber auch: Die Anforderungen an das Grünlandmanagement sowie die Rahmenbedingungen haben sich grundlegend geändert, da heute der Anteil des Grünlandes an der Futterration in den Ackerbauregionen nur noch 20 bis 25 % ausmacht und selbst in den Grünlandregionen nur 40 bis 50 % beträgt.

Steigende Anforderungen an die Grundfutterqualität, Abnahme der Weidehaltung bei wachsenden Bestandszahlen und zunehmender Exkrementenanfall bei zunehmender Stallhaltung erfordern vor allem neue Konzepte des Nährstoffmanagements, der optimalen Nährstoffausnutzung und bedarfsgerechter Verwertung der Exkremente in Abhängigkeit vom Grünlandnutzungssystem.

Meine sehr geehrten Damen und Herren, bei der Aufzählung unserer Arbeiten zur Grünlandforschung in Haus Riswick möchte ich es nicht versäumen, an unseren, im April leider viel zu früh verstorbenen Mitarbeiter, Dr. Pierre Ernst, zu erinnern, der maßgeblichen Anteil an diesen Arbeiten hatte. Zunächst in der Grünlandforschungsstelle des Landes Nordrhein-Westfalen und nach deren Übernahme durch die Kammer hier in Haus Riswick hat er über Jahrzehnte dazu beigetragen, den Ruf von Haus Riswick als erste Adresse für Rindviehhaltung und Grünlandforschung über die Grenzen unseres Landes hinaus zu stärken. Viele von Ihnen haben ihn persönlich gekannt und werden auch in den Vorträgen des heutigen Tages die Ergebnisse seiner Arbeit wiedererkennen.

Meine Damen und Herren,
ich erwarte von der heutigen Veranstaltung zukunftsweisende Antworten auf diese für die hiesige Region so wichtigen Fragen und darf schon im Voraus den zum großen Teil von weit angereisten Gastrednern vielmals für ihre Ausführungen danken.

In diesem Sinne wünsche ich unserer Tagung viel Erfolg.

Anforderungen seitens der Düngeverordnung an ein umweltverträgliches Nährstoffmanagement in der Futterproduktion

Dr. Jons-A. Eisele, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

1 Grundlagen der Düngeverordnung

Nach § 1a des deutschen Düngemittelgesetzes darf die Anwendung von Düngemitteln nur nach guter fachlicher Praxis (gFP) erfolgen. Die 1996 in Kraft getretene „Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) konkretisiert die Regeln der gFP auf der Grundlage der Ermächtigung in § 1a des Düngemittelgesetzes. Die Düngeverordnung **regelt** die Anwendung von Düngemitteln auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und

- **bestimmt** flächenbezogene Obergrenzen für die Aufbringung von Wirtschaftsdüngern.

Sie ist das zentrale Element zur nationalen Umsetzung von Art. 4 (1)a der Richtlinie 91/676/EWG (Nitratrichtlinie) und gilt für ganz Deutschland, d. h. es wurden entsprechend Art. 3 (5) der Nitratrichtlinie keine besonders gefährdeten Gebiete ausgewiesen. Wegen der unterschiedlichen Standort-, Witterungs- und Bewirtschaftungsbedingungen können die einzelnen Maßnahmen der gFP nicht im Detail definiert werden; eine Anpassungen an die betrieblichen Gegebenheiten vor Ort muss sowohl aus pflanzenbaulicher als auch aus Sicht der Umwelrelevanz möglich sein.

2 Anforderungen der Düngeverordnung an das Nährstoffmanagement

Nach § 2 der Düngeverordnung dürfen Düngemittel zeitlich und mengenmäßig nur so ausgebracht werden, dass die Nährstoffe von den Pflanzen weitestgehend ausgenutzt werden und das die Nährstoffe stickstoffhaltiger Düngemittel während der Zeit des Wachstums der Pflanzen in einer **am Bedarf orientierten** Menge verfügbar werden. Die Grundsätze der Ermittlung des Düngebedarfes sind in § 4 ausführlich beschrieben. Er ist für jeden Schlag bzw. mehrere Schläge mit vergleichbaren Standortbedingungen und einheitlicher Bewirtschaftung bis zu 5 Hektar zu ermitteln. Dabei ist zu berücksichtigen:

- der Nährstoffbedarf des Pflanzenbestandes für die unter den jeweiligen Standort- und Anbaubedingungen zu erwartenden Erträge und Qualitäten,
- die im Boden verfügbaren und die voraussichtlich während des Wachstums zusätzlich pflanzenverfügbar werdenden Nährstoffmengen,
- Nährstofffestlegung sowie
- der Kalkgehalt bzw. pH-Wert und der Humusgehalt des Bodens und
- Anbaubedingungen, die die Nährstoffverfügbarkeit beeinflussen wie Kulturart, Vorfrucht, Bodenbearbeitung und Bewässerung.

Die im Boden verfügbaren Nährstoffmengen sind für jeden Schlag bei Stickstoff jährlich und für Phosphat und Kali mindestens alle 6 Jahre (bei extensivem Dauergrünland alle 9 Jahre) zu ermitteln. Die Unterscheidung "extensives Dauergrünland"/"Dauergrünland" wird in NRW an Hand der Kriterien der Grünlandextensivierung im Rahmen der Agrarumweltprogramme vorgenommen. Bei Teilnahme an entsprechenden Programmen gilt der 9-Jahres-Untersuchungssturnus.

Während Kalium und Phosphat auf Grundlage repräsentativer Bodenproben untersucht werden muss, können die Stickstoffmengen auch durch Übernahme von Ergebnissen vergleichbarer Standorte nach Empfehlung der zuständigen Beratung oder durch Berechnungs- und Schätzverfahren ermittelt werden.

Insgesamt dürfen im Betriebsdurchschnitt mit Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft höchstens 210 kg Gesamtstickstoff je Hektar und Jahr auf Grünland und 170 kg auf Ackerland **jeweils ohne Anrechnung von Ausbringungsverlusten** aufgebracht werden. Beim Weidegang anfallende Nährstoffe sind zu berücksichtigen. Für die **Düngebedarfsermittlung** dürfen neben 10% Lagerungsverlusten bis zu 20 % Ausbringungsverluste angerechnet werden.

Für Stickstoff muss jährlich, für Phosphat und Kalium alle 3 Jahre ein Nährstoffvergleich auf Betriebsebene durchgeführt werden, der die Zufuhr dieser Nährstoffe aus Mineral- Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern und ggf. der N-Bindung durch Leguminosen sowie die Abfuhr mit dem Erntegut einschließlich Beweidung oder die Abgabe von Nährstoffen mit tierischen und pflanzlichen Produkten enthält.

3 Spezielle Anforderungen der Düngeverordnung für Grünland

Grundsätzlich gilt die Düngeverordnung für alle landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Flächen. Grünland wird jedoch bei mehreren Punkten gesondert betrachtet:

1. Im Gegensatz zu Ackerland dürfen nach der Düngeverordnung auf Grünland 210 statt 170kg N aus Wirtschaftsdüngern im Betriebsdurchschnitt aufgebracht werden. Die Nitratrichtlinie erlaubt dagegen grundsätzlich nur 170kg N je Hektar, die Mitgliedsstaaten durften jedoch für ihr erstes Vierjahresprogramm (in Deutschland von 1996-2000) bis zu 210 kg zulassen. Somit entspricht die bestehende Regelung der Düngeverordnung nicht mehr den Anforderungen der Nitratrichtlinie. Die Mitgliedsstaaten können jedoch andere Mengen zulassen, wenn sie nach objektiven Kriterien wie z. B.

- lange Wachstumsphasen,
- Pflanzen mit hohem Stickstoffbedarf,
- hohem Nettoniederschlag oder
- Böden mit außergewöhnlich hohem Denitrifikationsvermögen

begründet sind. Dänemark hat von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht und lässt für intensive Rinderhaltungsbetriebe mit nachgewiesenermaßen hoher Nährstoffabfuhr bis zu 230 kg N je Hektar aus Wirtschaftsdüngern zu. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass in Dänemark für alle Betriebe individuelle N-Quoten einschließlich Mineraldüngung festgelegt sind, die insgesamt nicht überschritten werden dürfen. Ein ähnliches Vorgehen wird im Zusammenhang der Beratungen zur Novellierung der Düngeverordnung auch für Deutschland diskutiert. Ohne eine gleichzeitige Begrenzung der Mineraldüngung ist eine weitere Erhöhung der Stickstoffaufbringung über Wirtschaftsdünger vor dem Hintergrund der häufig hohen Nährstoffüberhänge gerade bei intensiv genutztem Grünland jedoch kritisch zu beurteilen. Je höher der Stickstoffanteil aus Wirtschaftsdüngern an der gesamten N-Düngung, desto schwieriger wird die Kalkulation der Stickstoffverfügbarkeit; das Risiko für Stickstoffverluste steigt an. Daher hat sich NRW so wie der Arbeitskreis zur Novellierung der Düngeverordnung mehrheitlich gegen eine Erhöhung der durch die Nitratrichtlinie vorgegebenen Stickstoffobergrenzen auf der Grundlage der aktuellen Düngeverordnung ausgesprochen.

2. Bei der Herbstausbringung gibt es für Grünland keine Restriktionen bezüglich der N-Menge wie bei Ackerland. Entscheidend ist der Pflanzenbedarf.
3. Bei der Feststellung der Bodenstickstoffgehalte ist für Dauergrünland die Möglichkeit durch Untersuchung repräsentativer Proben ausgenommen. Hier handelt es sich um einen offensichtlichen Fehler der Düngeverordnung, der mit der nächsten Novellierung geändert werden soll. Hintergrund dieser Regelung war die Tatsache, dass die Bodenstickstoffgehalte bei der Düngebedarfsermittlung bei Grünland in der Regel nicht berücksichtigt werden, daher liegen auch keine Empfehlungen der landwirtschaftlichen Beratung auf Grundlage von Untersuchungen anderer Standorte vor. Die jährliche Ermittlung der im Boden verfügbaren Stickstoffmengen soll daher für Dauergrünland zukünftig entfallen.

4 Spezielle Aspekte des Nährstoffmanagements bei Grünland

Aus ökonomischen und ökologischen Gründen sind sowohl auf Betriebs- als auch auf Schlägebene möglichst ausgeglichene Nährstoffbilanzen anzustreben. Grundlage für die Stickstoffdüngung ist eine möglichst genaue Kenntnis der Erträge und somit der Nährstoffentzüge. Mit den im Rahmen der Düngeverordnung verwendeten Faustzahlen wird dabei häufig die Leistungsfähigkeit des Grünlandes vor allem in Mittelgebirgslagen und somit der Stickstoffentzug über die Ernte überschätzt, infolgedessen liegt die Stickstoffdüngung oft zu hoch. Neben der Höhe der N-Düngung ist die Ausnutzung des Stickstoffs ent

scheidend. Vor allem die Art der Nutzung beeinflusst maßgeblich die N-Ausnutzung. Während bei reiner Mähnutzung eine Ausnutzung von 50-90% erreicht werden kann, wird der bei der Beweidung mit dem Futter aufgenommene Stickstoff zu 70-95% wieder ausgeschieden. Diese auf der Weide verbleibenden Nährstoffmengen werden häufig nicht berücksichtigt. Dies kann zu hohen Bilanzüberschüssen und hohen Reststickstoffmengen im Herbst mit der Gefahr der Nitratauswaschung führen. Die Überführung eines reinen Weidesystems in eine Mähweidewirtschaft kann über die Verbesserung der N-Ausnutzung durch höhere Ernteentzüge zu einer Reduzierung der N-Überschüsse im Grünland beitragen. Ein weiterer Faktor zur Verminderung von Stickstoffverlusten ist die Ausbringtechnik. Hohe Ausnutzungsraten des Güllestickstoffs bei geringer Futterverschmutzung sind vor allem bei bodennaher Ausbringung, insbesondere mit Schleppschuh- oder Schlitztechnik auf dem Grünland zu erreichen. Ammoniakverluste bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern sind nach § 3 der Düngeverordnung insbesondere durch **bodennahe Ausbringung** und die Berücksichtigung von Vegetationsstand und Witterung, vor allem Sonneneinstrahlung und Temperatur, zu vermeiden.

Im Rahmen der nach § 5 der Düngeverordnung durchzuführenden Nährstoffvergleiche ist auch die N-Zufuhr über Leguminosen zu berücksichtigen. Dabei kommt im Dauergrünland der Etablierung und Förderung des Weißklee besondere Bedeutung zu. Je nach Ertragsanteil können erhebliche Mengen an Mineraldüngung eingespart werden.

Die Optimierung des Nährstoffmanagements in Grünlandbetrieben ist ein wesentlicher Schwerpunkt der durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen geförderten „Leitbetriebe Grünlandbewirtschaftung“. Hier werden auf Praxisbetrieben in verschiedenen Grünlandregionen Nordrhein-Westfalens unter anderem individuelle einzelbetriebliche Strategien zur Verbesserung des Stickstoffmanagements erarbeitet und demonstriert.

5 Ausblick: Weiterentwicklung der Düngeverordnung

Nach einem Beschluss der Agrarministerkonferenz vom 23. März 2001 soll die Düngeverordnung überprüft und ggf. novelliert werden. Ein Arbeitskreis aus einigen Düngungsreferenten und Düngungssachverständigen der Länder und des Bundes erarbeitet derzeit einen ersten Entwurf einer Änderung. Einer der Kernpunkte ist die Einführung einer Nährstoffbilanzierung (im Vergleich zum bisher durchgeführten Nährstoffvergleich mit Ausweisung eines Saldos) mit Berücksichtigung differenzierter unvermeidlicher Nährstoffverluste. Nach einem Vorschlag einer Arbeitsgruppe des Bundesarbeitskreises Düngung (BAD) soll der **verwertbare Stickstoffanteil** von Wirtschaftsdüngern nach Abzug von unvermeidbaren Stall- und Lagerungsverlusten differenziert nach Tierart und Wirtschaftsdüngerform berücksichtigt werden. Er liegt bei Rindern zwischen 83% und 87% bei Gülle und zwischen 72% und 74% bei Stallmist und Jauche. Dieser Anteil ist für die betriebliche N-Obergrenze der Düngeverordnung (210 kg N je Hektar auf Grünland) relevant. Darüber hinaus werden die **unvermeidbaren Verluste** im Rahmen der Düngung als Orientierungswerte für den Nährstoffvergleich angegeben. Sie liegen auf Grünland bei überwiegender Schnittnutzung zwischen 60 und 90 kg N je Hektar und bei überwiegender Weidenutzung zwischen 80 und 130 kg N je Hektar.

Hinsichtlich der N-Obergrenze bei Grünland lässt sich derzeit nicht absehen, ob es zu einer nach den Vorgaben der Nitratrichtlinie notwendigen Absenkung auf maximal 170kg N je Hektar aus Wirtschaftsdüngern kommt oder ob sich die Mehrheit der Länder für eine Sonderregelung mit einer höheren N-Grenze unter bestimmten Bedingungen nach dem Beispiel Dänemarks entscheiden wird. Das BMVEL strebt die Vorlage eines ersten Referentenentwurfs noch im Sommer 2003 an.

Kriterien Nachhaltiger Milchproduktion - ein Verfahren zur Bewertung der Situation

Ausgearbeitet vom Innovationsteam in der Tierhaltung der staatlichen Beratung in Baden-Württemberg unter der Federführung von D. Müller, RP Freiburg
Beteiligte: Ackermann, Elsässer, Herre, Jäckle, Ruetz, Welsch, Zückert, Bäuerle

Einführung:

Mit dem vorliegenden System soll es auf relativ einfache Art und Weise möglich sein, die Nachhaltige Milchproduktion für Baden-Württemberg auf Betriebsebene zu erfassen. In mehreren Teamsitzungen wurde ein System der Bewertung unterschiedlicher Kriterien erarbeitet, das die in der Brundlandt - Kommission beschriebenen Faktoren: Ökonomie - Ökologie - Soziales zu gleichen Teilen bewertet und ausweist.

Die Schwierigkeit des Verfahrens besteht darin, diese Faktorengruppen zu untergliedern und deren Einzelteile vergleichend zu bewerten. Das dargestellte System ist ein Versuch der Bewertung und der Abgrenzung.

Im folgenden ist der Kriterienkatalog für den Faktor: Ökologie dargestellt. Gleiche Kataloge existieren für die Ökonomie und Soziales.

Exemplarische Aufteilung der Ökologischen Kriterien für die Nachhaltige Milchproduktion

	Dimension	Punkte	Unterpunkte
Bewertung der Energiebilanz (n. Murschel)		25	
Energiesaldo auf Gesamtbetriebsebene	GJ/ha	25	
< -100			25
-99 - -60			17
-60 - -30			10
-29 - 0			5
> 0			0
Nährstoffbilanzen		35	
Stickstoffsaldo (Hofator)	kg/ha	20	
< + 50			20
+ 51 bis +75			15
+ 76 bis +100			10
+ 101 bis +125			5
> + 125			0
Phosphatsaldo (Hofator)	kg/ha	10	
< +10			10
+11 - +20			8
+21 - +30			5
+31 - +40			2
> +40			0
Kaliumsaldo (Hofator)	kg/ha	5	
< +50			5
+51 - +100			2
> +100			0
Emissionen/Immissionen/Gefährdungspotential		18	
Anteil Flächen zur Ausbringung wi.eig. Dünger	%	5	
100%			5
99 - 90 %			4
89 - 80 %			3
79 - 70 %			2
69 - 60 %			1
< 60 %			0
Lagerkapazität Gülle	m ³ /GV u. Jahr	5	
> 15			5
12 - 15			2
< 12			0
Gülle - Ausbringung bodennah? <i>Verwendung bodennaher Gülleausbringungstechnik</i>	Ja nein	5	5 0
Güllebehandlung <i>Biogas</i> <i>Verdünnung < 5%TS</i>	Ja / nein Ja Ja	5	3 3
Flächennutzung		22	
<u>Anteil Dauergrünland an Gesamtfläche</u>	%	7	
>75 %			7
74 - 50 %			4
49 - 30 %			1
< 30 %			0
<u>Anteil Ackerfutterbau an Gesamtackerfläche</u>	%	2	
> 50 oder 100 % Grünland			2
50 - 30 %			1

< 30 %			0
<u>Anteil artenreiches Grünland am Dauergrünland (MEKA B4)</u>	%	2	
> 50 %			2
Erosionsschutz - Anteil Grünland an Hangflächen (über 10% Hangneigung) und Überschwemmungsgebieten	%	6	
100 %			6
99 - 70 %			4
69 - 30 %			2
< 30 %			0
Verwendung von chemischem Pflanzenschutz		5	
• kein Einsatz nach Öko			5
• MEKA 31 und 53 (kein flächiger Einsatz im GL und ganzflächiger Verzicht im Ackerfutter mit Ausnahme eines schmalen Behandlungsbandes)			3
• MEKA 31 oder 53			1
Gesamtpunktzahl		100	

Nachhaltige Milchviehhaltung



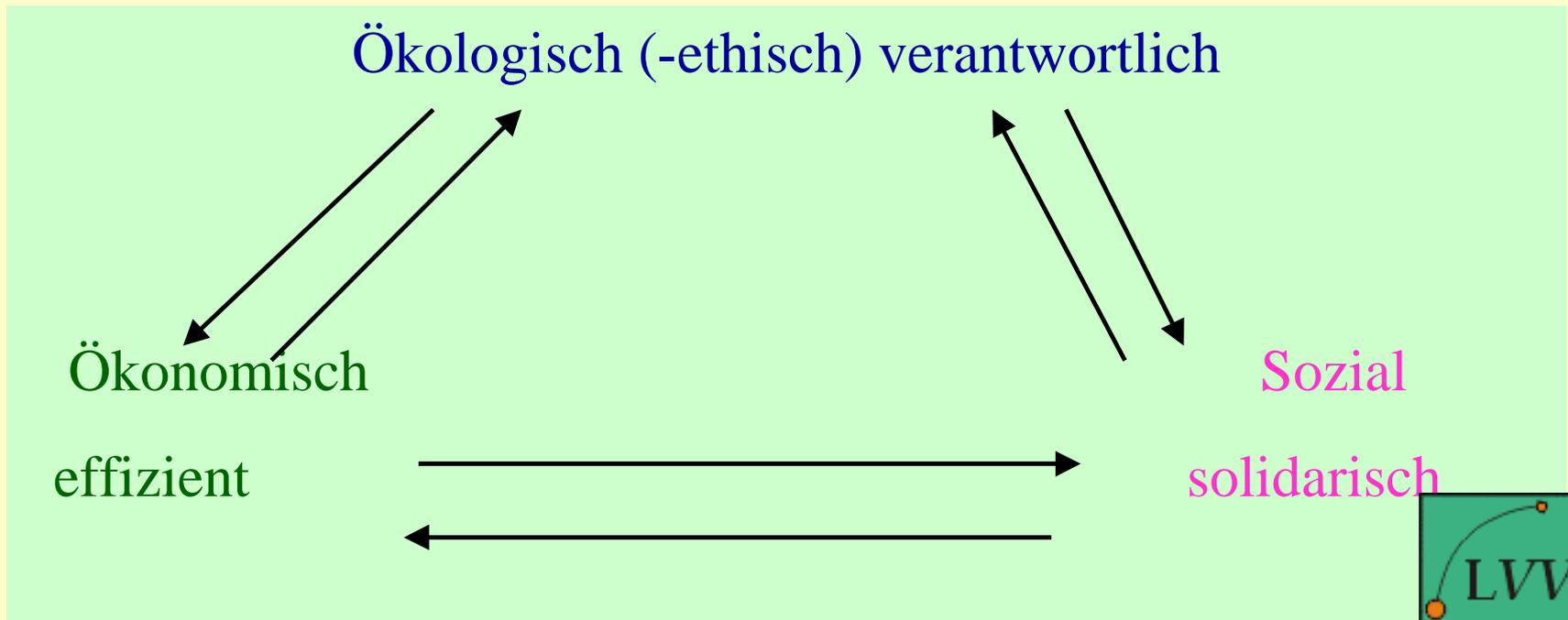
Projekt des Innovationsteams Nachhaltige Milchviehhaltung
in Baden-Württemberg

Autoren: Müller, Herre, Elsäßer, Jäckle, Ruetz, Ackermann,
Zückert, Welsch



Was heißt „nachhaltig“

Nach der Definition des sogen. „Brundtland-Berichtes“ ist eine Wirtschaftsform „nachhaltig“, welche die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation befriedigt, ohne die Entwicklungschancen der künftigen Generationen zu schmälern.



Nachhaltige Milchviehhaltung ist:

- tiergerecht und umweltverträglich
- berücksichtigt den Standort und die spezielle Struktur der Milchviehhaltung des Landes Baden-Württemberg
- ist gleichzeitig unter Einbeziehung arbeitswirtschaftlicher und sozialer Aspekte wirtschaftlich!

Projektbeschreibung/Ziele

- Beratungsunterlage zur Bewertung der Nachhaltigkeit der Milchviehhaltung in Form eines EDV-unterstützten Bewertungsschemas für Fachschulen, Beratung und Landwirte
- Bewertung und Zusammenfassung vorhandener Unterlagen
- Literaturverzeichnis

Anforderungen an die Indikatoren

Sie sollen:

- gesicherte wissenschaftliche Grundlagen haben
- dennoch einfach, überwiegend aus vorhandenen Grundlagen zu erheben sein
- kontrollierbar und je nach Machbarkeit ergebnis- oder maßnahmenorientiert sein
- auf eine Mindestzahl begrenzt sein

Punktverteilung bei den Indikatoren

Punkte

- **Ökonomie**

100

Eigenkapitalentwicklung (Betrieb)

15

Gewinn (Betrieb) /kg FCM ?

13

Nettorentabilität

12

kostendeckender Milchpreis **Vollkosten/kg FCM?**

45

Direktzahlungen je (kg FCM?)

15

Stand der Technik?

Ökologie

100

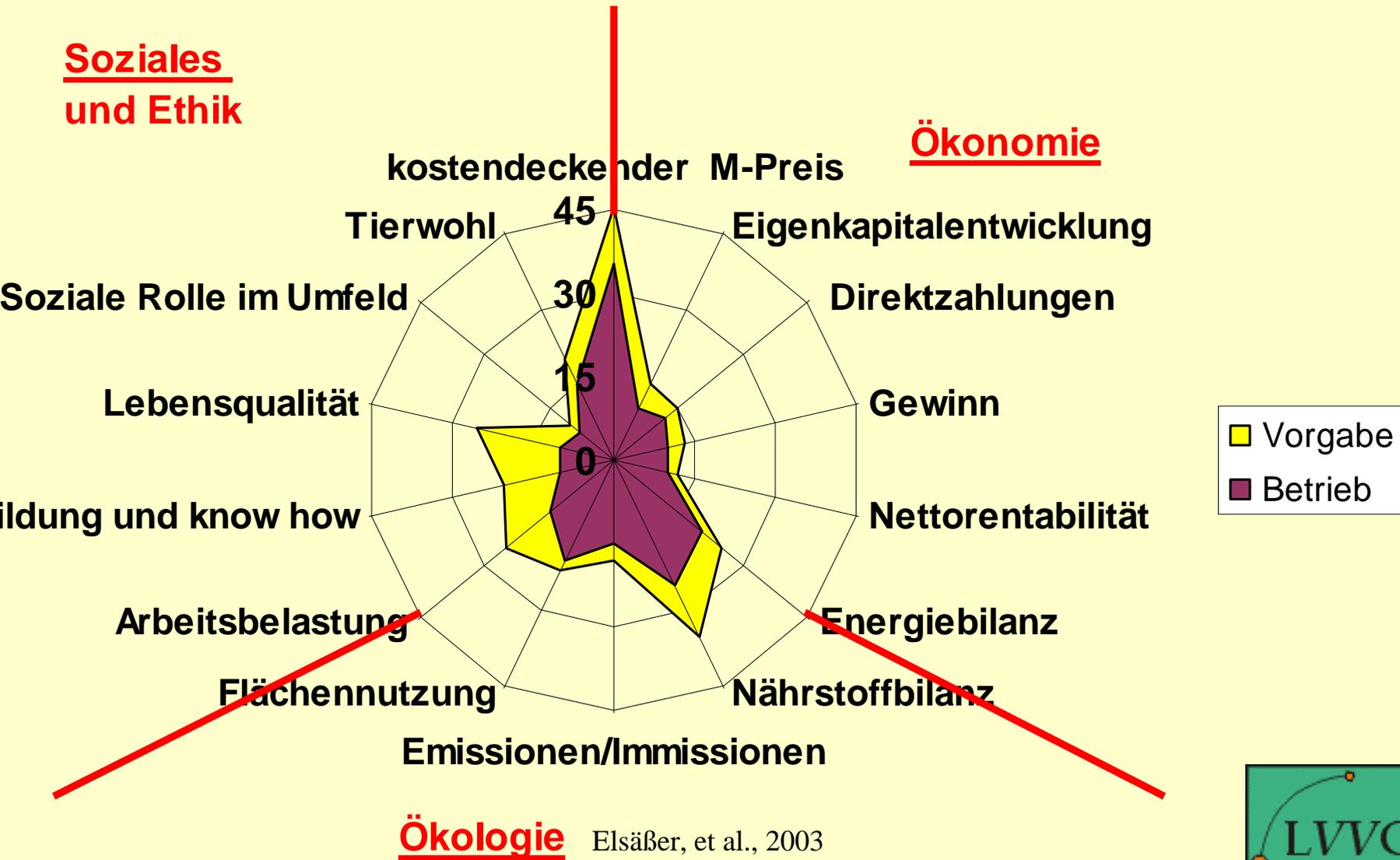
Energiebilanz im Betrieb (nach Murschel)	25
Nährstoffbilanzen	35
Emissionen/Immissionen / Gefährdungspotential	18
Flächennutzung	22

• Soziale Aspekte und Ethik	100
Arbeitsbelastung	25
Bildung und know how	20
Hofnachfolge	10
Lebensqualität (Zufriedenheit / Stress)	15
Soziale Rolle im Umfeld	10
Tiergerechtheitsindex	20

Beurteilungsschema

Soziales
und Ethik

Ökonomie



Ökologie Elsäßer, et al., 2003



Zielerreichung

sehr gut

gut

befriedigend

ausreichend

mangelhaft

- > 85 Punkte
- 70 - 84 Punkte
- 50 - 69 Punkte
- 30 - 49 Punkte
- < 30 Punkte

„gruenland-online[®]“ - das Beratungssystem für Grünlandfragen im Internet

Martin Elsässer* und Ulrich Thumm**, Swantje Marie Schloen**, Vera Trumpfheller** und Serge Turmes**

*Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft Aulendorf;

** Universität Hohenheim

Einleitung

Der personelle Abbau der staatlichen Beratung bei gleichzeitig gestiegenem Beratungsbedarf der Landwirte setzt neue, veränderte Methoden an ein umfassendes Beratungsangebot voraus. Das Internet bietet hierfür eine geeignete Plattform. Es mangelte allerdings bislang an ganzheitlichen Beratungskonzepten, die ausgehend von der botanischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes viele der Routinefragen der Landwirte beantworten konnten. Eine Lücke im Beratungsangebot schließen, kann das Internetberatungssystem für Grünlandfragen „gruenland-online[®]“, das in gemeinsamer Arbeit zwischen der Lehr- und Versuchsanstalt Aulendorf und dem Institut für Pflanzenbau und Grünlandlehre der Universität Hohenheim im Rahmen eines Hochschulseminars entstand. „gruenland-online[®]“ begleitet die ratsuchenden Landwirte und interessierten Berater von der Analyse der Pflanzenbestände bis hin zur Bestimmung der Futterqualität. Der Nutzer bekommt zusätzlich rechtliche Aufklärung und hat einen leichten und optisch ansprechend gestalteten Zugang zur Bestimmung und Bekämpfung von Problempflanzen.

Wie findet man zu „gruenland-online[®]“ im Netz?

„gruenland-online[®]“ finden Sie im Internet entweder direkt unter www.gruenland-online.de oder unter der Adresse der LVVG Aulendorf www.lvvg.bwl.de. Die Rubrik Grünland und Futterbau führt Sie dann zum neuen Beratungssystem. Seit 1. April ist das gesamte System am Bildschirm verfügbar.

Zentral ist die Überlegung, dass die Grundlage jeglicher erfolgreicher Grünlandwirtschaft die Ausrichtung der Nutzungsmöglichkeiten an den ökologischen Eigenschaften des Standortes ist. Deswegen steht die Bewertung des Standortes am Anfang. Unser Ziel war ein umfassender Ansatz für die Problematik in ganz Baden-Württemberg. Das wird erreicht durch die Trennung in Standorte mit günstiger und ungünstiger Ertragslage. Zudem werden je nach Düngungs- und Nutzungsintensität jeweils 5 unterschiedliche Grünlandbestände zur Auswahl angeboten. Interaktiv geht es dann weiter, denn der Benutzer wählt die Problemlage seiner Grünlandflächen mittels Bildern aus. Die botanische Zusammensetzung des Wiesenbestandes wurde stark vereinfacht in Abhängigkeit von Düngung und Nutzungsfrequenz dargestellt (THOENI ET AL., 1985), wobei diese Zusammenstellung bereits die Kernbotschaft des Beratungssystems ausmacht: Gute Grünlandbestände sind nur dann zu erhalten, wenn Düngung und Nutzung aneinander angepasst und auf die Standorteigenschaften abgestellt sind.

„Und dann habe ich Futter mit bester Futterqualität?“ mag sich der Interessierte fragen, doch ganz so einfach ist es bekanntlich nicht, denn natürlich ist der Nutzungszeitpunkt das entscheidende Kriterium und auch das wird bei „gruenland-online[®]“ berücksichtigt und optisch hinterlegt. Beste Futterqualität wird bei hohen Grasanteilen oder ausgewogenen Beständen mit einem Klee:Gras:Kraut-Verhältnis von 15:70:15

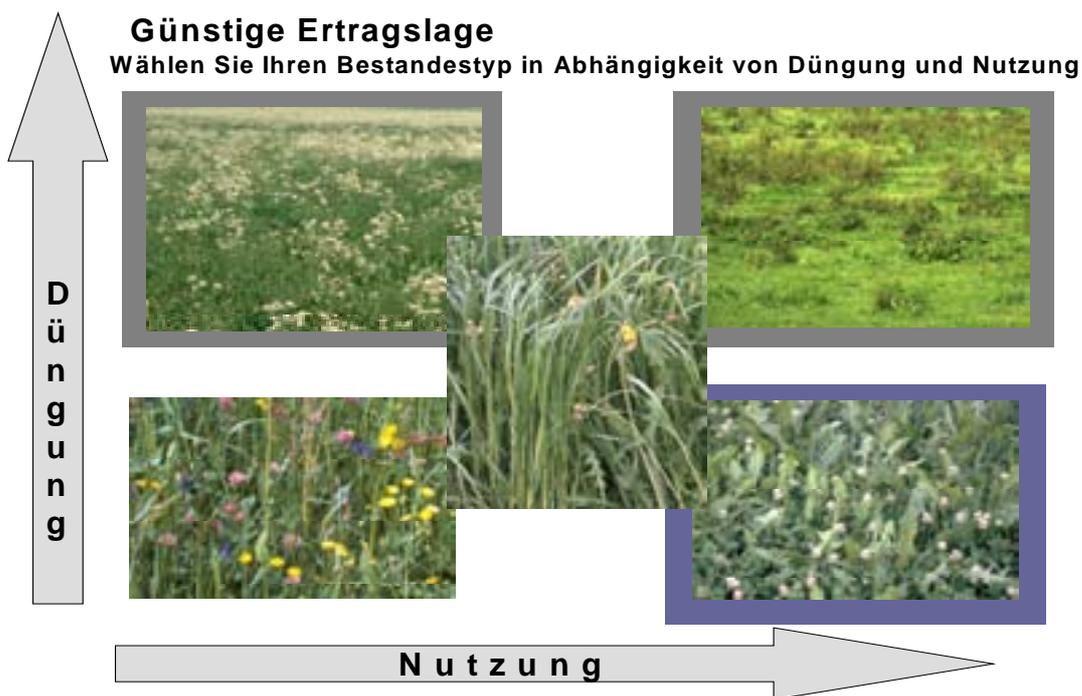


Abb. 1: Auswahlseite für Bestandestypen in Abhängigkeit von Düngung und Nutzung

Prozent erreicht. Aber nur, wenn gleichzeitig zum optimalen Nutzungszeitpunkt geerntet wird. Und auch hier bekommt der Nutzer qualifizierte Auskünfte, denn in Anlehnung an den maßgeblich in Aulendorf entwickelten DLG-Sinnenprüfungsschlüssel zur Bewertung von Grassilage und Heu werden in Abhängigkeit vom Nutzungszeitpunkt unterschiedliche Energiegehalte ausgewiesen.

Natürlich besteht auch die Möglichkeit die Bereiche Düngung, Unkrautbekämpfung, Grünlandverbesserung und Futterqualität direkt von der Startseite aus zu erreichen.

Die Lösung für Stumpfblättriger Ampfer und Gemeine Rispe

Es wäre vermessen zu behaupten, dass „gruenland-online“ die ultimative Lösung für die allfälligen Probleme mit *Stumpfblättrigem Ampfer* oder *Quecke* ist (Abb. 2 und 3), aber die Ursachen des Auftretens dieser allgemein unerwünschten Pflanzen und Lösungsansätze werden detailliert beschrieben. Und zwar umfassend, denn alle Bekämpfungsstrategien beseitigen Unkräuter, die dann Lücken im Bestand hinterlassen und die müssen umgehend wieder geschlossen werden. Hier bietet „gruenland-online“ eine umfassende Erläuterung zu Mischungen, den Ansaatzeitpunkten und der Methodik für Über- und Durchsaaten im Grünland. Zusätzlich kann das umfangreiche Bildmaterial dem Landwirt beim Erkennen seiner Unkräuter und Ungräser die nötige Sicherheit geben.

Auch Düngungsfragen werden behandelt

Nicht allein die Fragen der Unkrautbekämpfung oder Nachsaat werden erörtert, sondern auch die rechtlichen Aspekte sachgerechter und ordnungsgemäßer Düngung von Grünland. Wirtschaftsdüngeranfall, Ausbringungsmenge, Erstellung von Hof- oder Feld/ Stall-Bilanzen, Düngezeitpunkte, Ausbringungsverbote und Gestattungen – „gruenland-online“ versucht umfassend Antworten zu geben und zwar so, dass sie verständlich sind und speziell auf die Verhältnisse des deutschen Grünlandes zugeschnitten.

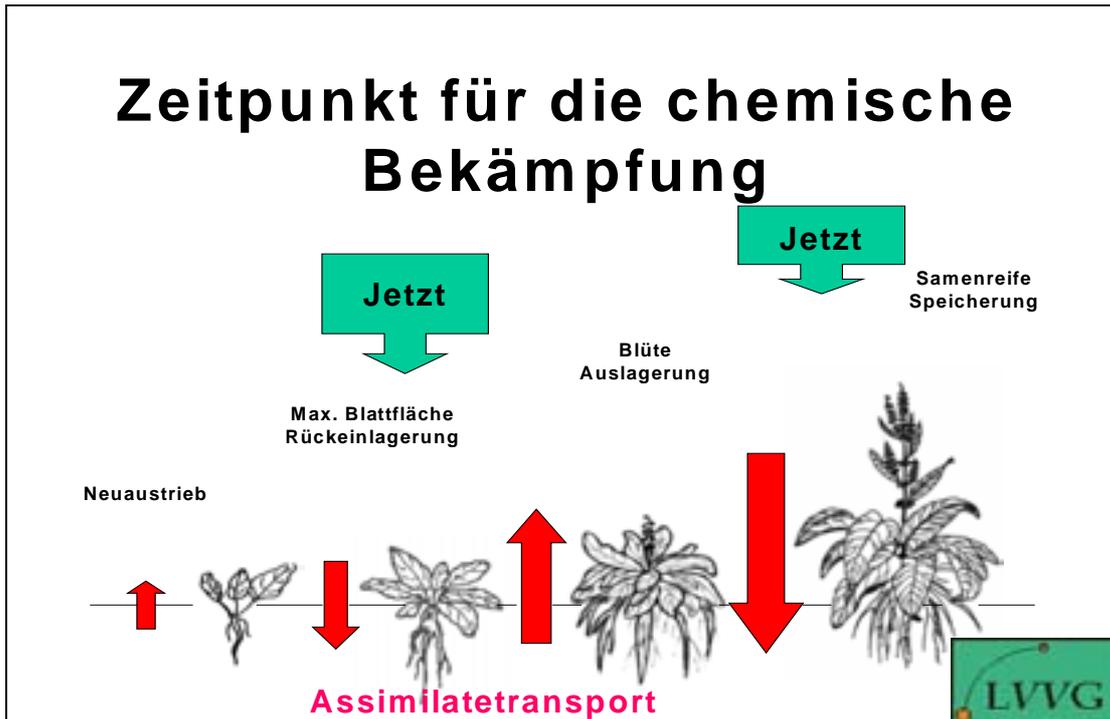


Abb. 2: Stark vereinfachte Beschreibung der Einsatzzeitpunkte chemischer Wirkstoffe beider Bekämpfung von *Rumex obtusifolius*

Quecke (*Elymus repens*)

Vorkommen:
 Flächenhaft oder nesterweise in stark gedüngten (Hofdünger, NPK, N) Wiesen; nach Trockenperioden; oft auch Zeiger früherer Ackernutzung.

Futterbauliche Bewertung:
 Mittelwertig in Mähwiesen bis 20 %, in Weiden bis 10 %, da wegen des intensiven Geruchs und der Behaarung nicht gerne gefressen. Nach SPATZ (1981) wirkt sie sich erst bei 30 % Bestandesanteil negativ auf die Futterqualität aus. Die Quecke tritt vor allem in Trockenjahren auf, verbreitet sich bei erhöhter und starker Stickstoffdüngung aber auch in Normaljahren und kann nach hohen Stickstoffgaben sogar bestandesbildend werden. Sie vermag anscheinend einmalige hohe N-Gaben im Frühjahr besser zu verwerten als die anderen Gräser, während ihre Ausbreitung bei mehrmaligen Stickstoffgaben dementsprechend geringer ist (PETERSEN, 1988).

Integrierte Bekämpfung:
 Weniger düngen; mähen, wenn der Blütenstand erscheint (also nicht besonders früh oder spät). Zurückzudrängen durch hohe Nutzungsfrequenz. Vermeiden von frühzeitiger Stickstoffdüngung im Jahr und Düngung in wenigen hohen Gaben. Deshalb Verlagern der N-Düngung mehr in die zweite Jahreshälfte. Vermeiden von Narbenschäden; konsequente Nachmahd nach jeder Beweidung (Nährstoffverausgabung der Speicherorgane) und zu Vegetationsende (Verhinderung der Reservestoffsammlung). Bei Überschreiten der Schadschwelle von 25 - 30 % ist Neuansaat unumgänglich. Wird umgebrochen, sollte kein Fräsen, sondern Überkreuzgrubbern erfolgen mit Ausschütteln und Abtrocknen der Rhizome.

Abb. 3: Exemplarische Beschreibung der Botanik und der Bekämpfungsmöglichkeiten von *Elymus repens* stellvertretend für etwa 30 Unkraut- und Ungrasarten

Zusammenfassung

„gruenland-online[®]“ ist ein Internetberatungssystem für die Nutzung von Dauergrünland und wurde aus folgenden Gründen entwickelt:

1. Landwirte suchen immer mehr kompetente und umfassende Beratung und auf der anderen Seite werden staatliche Beratungskapazitäten reduziert. Das passt nicht zusammen.
2. Das Internet ist das Medium der Zukunft und sehr viele Landwirte sind längst schon online und da sollten bei der Suche nach wichtigen Grünlandfragen auch entsprechend kompetente Angebote verfügbar sein. „gruenland-online[®]“ schließt hier eine entscheidende Lücke.
3. Bei telefonischen Beratungsanfragen ist es nicht immer ganz einfach, dass Ratsuchender und Berater den gleichen Bestandestyp vor Augen haben. „gruenland-online[®]“ löst dieses Problem durch das Bereitstellen entsprechender Fotos.

Literaturübersicht

THOENI, E., HERREN, W., HOFMANN, H.U., KRAFT, B., SCHÜPBACH, H. UND K. WASER, 1985: Futterbau und Futterkonservierung. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen (CH), 258 S..

Stickstoffmanagement in unterschiedlich genutzten Grünlandbeständen unter Berücksichtigung der N-Verluste

Dr. Hagen Trott, PD Dr. Michael Wachendorf, Manfred Büchter und Professor Dr. Friedhelm Taube
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau
Christian-Albrechts-Universität Kiel

Zusammenfassung

Im Rahmen eines 5 jährigen Grünlandversuches wurde der Einfluss der N-Düngung auf die Weißkleeleistung, die Produktivität, die N-Bilanz und die N-Auswaschung von Dauergrünland in unterschiedlich genutzten Beständen erfasst. In den 5 Nutzungssystemen (4-Schnittnutzung (CO), Umtriebsweide (GO), simulierte Weide (SG), Mähweiden mit einem (MSI) und mit zwei Silageschnitten (MSII)) wurde die mineralische Düngung in 4 Stufen (0-300 kg N ha⁻¹ a⁻¹) und die organische Düngung in 2 Stufen (0/20 m³ Gülle ha⁻¹ a⁻¹) variiert. In den kleeärmeren intensiv beweideten Systemen war die N-Düngung effizienter (GO/MSI: 70/88 MJ NEL kg⁻¹ N) als in den kleereicheren Beständen mit höherem Schnittanteil (MSII/CO/SG: 60 MJ NEL kg⁻¹ N). Während die Produktivität von MSI sich nicht von GO unterschied, profitierte MSII bei niedriger N-Intensität von den höheren Kleeanteilen und der damit verbundenen N₂-Fixierung. Die Energiegehalte (6.5–7.0 MJ NEL kg TM⁻¹) wurden durch die Bewirtschaftung nur geringfügig beeinflusst. Weitaus mehr variierten die Rohproteingehalte (16–24%), die im wesentlichen von der Nutzungsfrequenz, der mineralischen N-Düngung, dem Exkrement-N und den Kleeanteilen determiniert wurden. Reduzierte N-Intensitäten erforderten vor allem auf Mähweiden und unter 4-Schnittnutzung eine Regulierung von *Taraxacum officinale*. N-Düngung und Beweidungsintensität waren die zentralen Parameter des N-Saldos, der zwischen -63 und +369 kg N ha⁻¹ a⁻¹ variierte. In Weiden und Mähweiden traten selbst bei fehlender N-Düngung N-Überschüsse auf, die im Vergleich zu den ausschließlich schnittgenutzten Beständen CO und SG mit zunehmender N-Düngung überproportional anstiegen. Während die Nitratfrachten im Sickerwasser in den beweideten Systemen den EU-Grenzwert von 50 mg NO₃ l⁻¹ selbst bei fehlender N-Düngung überschritten, war in den ausschließlich schnittgenutzten Systemen die Gefahr kritischer Nitratausträge selbst bei hoher N-Intensität gering.

Einleitung

Die zunehmende Spezialisierung der landwirtschaftlichen Produktion in Deutschland sowie in anderen europäischen Staaten hat in den letzten 30 Jahren zu einer räumlichen Konzentration der Tierbestände und damit zu einer Konzentration der wirtschaftseigenen Düngemittel geführt. Dadurch kam es vor allem in Regionen mit hoher Tierdichte zu hohen Nährstoffüberschüssen. Die durch Stickstoff hervorgerufenen Umweltbelastungen entstehen vor allem durch Nitrateintrag in die Hydrosphäre (Pricker, 1996; Umweltbundesamt, 1998) und durch Ammoniak- (Umweltbundesamt, 1998) sowie Lachgasemissionen (Ryden, 1985; Poggemann et al., 1999) in die Atmosphäre. Das Risiko der Nitratauswaschung ist besonders hoch auf sandigen, sorptionsschwachen Böden (Benke et al., 1992). Solche pedogenen Bedingungen herrschen in großen Teilen Nordeuropas auf den glazialen sandigen Sedimenten vor (Norddeutschland, Niederlande, Dänemark, Polen). Diese Regionen sind oft durch intensive Viehhaltung gekennzeichnet. So führte die Spezialisierung der Agrarstrukturen in Schleswig-Holstein zu einer Konzentration der Viehhaltung in den Naturräumen Hohe Geest und Vorgeest (Landesregierung Schleswig-Holstein, 1999). Flächendeckende Untersuchungen des oberflächennahen Grundwassers in Schleswig-Holstein ergaben, dass 31% der Messstellen den EU-Grenzwert von 50 mg Nitrat l⁻¹ (Anonymus, 1991) überschritten. Der größte Teil davon lag in den Geestregionen (Steinmann, 2002).

Strategien zur Reduzierung von N-Verlusten müssen alle Kompartimente des betrieblichen N-Kreislaufes berücksichtigen. Dauergrünland ist eine der wichtigsten Futtergrundlagen in spezialisierten Milchviehbetrieben Nordeuropas und damit ein zentrales Systemkompartiment im N-Zyklus der Milchproduktion. Im Sinne einer leistungsorientierten und umweltverträglichen Milcherzeugung muss die Grünlandbewirtschaftung folgende Kriterien erfüllen: i) Erzeugung möglichst großer Mengen eines hochwertigen Grundfutters; ii) Vermeidung von N-Verlusten. Eine Optimierung des Grünlandmanagements – insbesondere des Stickstoffeinsatzes – erfordert Kenntnisse über die Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsstrategien auf die Produktivität, die Futterqualität und die N-Verluste. Unter diesen Gesichtspunkten wurde auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel 1997 ein Grünlandversuch etabliert, der über einen Zeitraum von 5 Jahren einen weiten Gradienten von typischen

Nutzungsformen und N-Intensitäten abbildete. Die Untersuchungen fanden im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes („N-Projekt Karkendamm“) statt, in dem auf betrieblicher Ebene Maßnahmen zur Steigerung und Ausnutzung von Stickstoff im Produktionsprozess der Milcherzeugung analysiert und bewertet wurden (Taubе und Wachendorf, 2000).

Material und Methoden

Über den 5 jährigen Versuchszeitraum (1997-2001) wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die N₂-Fixierung, den Ertrag, die Futterqualität, die N-Auswaschung und die N-Bilanz untersucht. Innerhalb der 5 Nutzungssysteme (4-Schnittnutzung (CO), Umtriebsweide (GO), simulierte Weide (SG), Mähweiden mit einem (MSI) und mit zwei Silageschnitten (MSII)) wurde die mineralische Düngung in 4 Stufen (0, 100, 200, 300 kg N ha⁻¹ a⁻¹ als KAS) und die organische Düngung in 2 Stufen (0/20 m³ Rindergülle ha⁻¹ a⁻¹; ~ 3,5 kg N m⁻³) variiert. Die Beweidung erfolgte mit Färsen bei einer mittleren Beweidungsdauer von 2 Tagen und jeweils anschließender Nachmahd. Herbizidapplikationen wurden bei Überschreiten kritischer Krautanteile in allen Varianten simultan durchgeführt. Zu jeder Nutzung wurde der Trockenmasseertrag und - im Falle der beweideten Varianten - der Weiderest ermittelt. Die botanische Zusammensetzung wurde durch Fraktionierung der Ernteproben in Gras, Klee und Kraut bestimmt. Jeweils im September/Oktober der Versuchsjahre sind die Ertragsanteile einzelner Arten nach Klapp und Stählin (1936) geschätzt worden. Die Bestimmung der Qualitätsparameter der Ernte- und Weiderestproben (Rohproteingehalt, Energiekonzentration) erfolgte mittels NIRS. Gemäß der Differenzmethode sind die N₂-Fixierungseffizienzen (kg N_{fix} dt⁻¹ Klee-TM) anhand von Klee gras- und korrespondierenden klee freien Beständen jeweils unter Schnitt- und Weidenutzung berechnet worden (Hardy und Holsten, 1977; Marriot und Haystead, 1993). Durch Multiplikation mit den Kleeerträgen ergab sich die Menge an fixiertem N in diesen Varianten. Die Werte für MSI und MSII wurden anteilig aus der N₂-Fixierung unter Schnitt- und Weidenutzung ermittelt. Die Beprobung des Sickerwassers erfolgte in 50-60 cm Tiefe durch Saugkerzen, die durch eine elektrische Tensiometeranlage gesteuert wurden (Büchter et al., 2000). Der Unterdruck an den Saugkerzen betrug -400 hPa. Im Labor wurden die Proben umgehend auf Nitrat analysiert. Basierend auf der kumulativen klimatischen Wasserbilanz sind die N-Frachten berechnet worden (Wendling, 1995). Die Kalkulation der N-Bilanzen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1 N-Input- und N-Outputkomponenten zur Berechnung der N-Bilanz

N-Input	
Mineraldünger-N	N-Stufen: 0, 100, 200, 300 kg N/ha
+ Gülle-N	Güllestufen: 0 / 71 kg N/ha (Laboranalyse)
+ biologisch fixierte N-Menge	Schätzung durch Differenzmethode (Hardy und Holsten, 1977; Marriott und Haystead, 1993)
+ atmosphärischer N-Eintrag	Pauschal 20 kg N/ha (Wellbrock, 2002)
N-Output	
N-Ertrag	Ermittelt durch Beprobung unmittelbar vor der Nutzung
- Ernteverlust-N	Beweidung: Ermittelt durch Beprobung unmittelbar nach der Nutzung Schnitt: Durch optimiertes Ernteverfahren vernachlässigbar
- Exkrement-N (Beweidung)	Pauschal 93% des vom Tier (Jungvieh) aufgenommenen Stickstoffs: (N-Ertrag - Weiderest-N) x 0.93 (Lantinga et al., 1987)
N-Saldo = N-Input – N-Output	

Ergebnisse und Diskussion

N₂-Fixierung

Hinsichtlich des Stickstoffmanagements von Dauergrünlandbeständen nimmt die biologische N₂-Fixierung eine zentrale Position ein. In beweideten Beständen betrug die N₂-Fixierungseffizienz durchschnittlich 45 kg N t⁻¹ TM Klee und in schnittgenutzten Beständen 53 kg N t⁻¹ TM Klee. Entsprechend der Kleeanteile nahm die biologische N₂-Fixierung mit steigender N-Düngung exponentiell ab (Abb. 1). Ein Effekt der Gülle auf die fixierte N-Menge konnte nicht nachgewiesen werden (Tab. 2).

Tab. 2 Ergebnisse der Varianzanalyse (P >F) für verschiedene Parameter des Grünlandes. F-Werte und Signifikanzen beziehen sich den Jahresdurchschnitt im Mittel der Versuchsjahre (1997-2001).

	sys	n	s	sys*n	sys*s	n*s	sys*s*n
Kleeanteil (% der TM)	17.38***	296.83***	10.67*	7.58***	4.29*	NS	NS
Fixierte N-Menge (kg ha ⁻¹)	31.88***	333.01***	NS	14.33***	NS	NS	NS
Energieertrag (GJ NEL ha ⁻¹)	NS	160.69***	13.79***	2.82**	6.50***	NS	NS
Energiekonz. (MJ NEL kg ⁻¹ TM)	56.73***	8.55***	NS	4.20***	NS	NS	NS
RP-Gehalt (% der TM)	53.32***	196.23***	NS	12.17***	NS	NS	NS
NO ₃ Auswaschung (kg N ha ⁻¹)	27.52**	8.39***	4.67*	4.25***	3.15*	NS	NS
N Saldo (kg ha ⁻¹)	259.96***	489.37***	663.89***	34.98***	NS	NS	NS

NS, nicht signifikant; *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001

sys: Nutzungssystem; n: Mineraldünger; s: Gülle

Exkrementausscheidungen weidender Tiere in intensiv beweideten Systemen (GO, MSI) führten zu reduzierten Kleeanteilen und dementsprechend niedrigeren N₂-Fixierungsraten. Die fixierte N-Menge in ungedüngten Beständen lag in GO und MSI mit durchschnittlich 57 und 60 kg ha⁻¹ a⁻¹ deutlich unter der des 4 Schnittsystems mit 118 kg ha⁻¹ a⁻¹ und der simulierten Weide mit 166 kg ha⁻¹ a⁻¹. Durch die Integration von 2 Silageschnitten wurde der Klee begünstigt, woraus ähnliche Fixierungsraten resultierten wie bei 4 Schnittnutzung. Im Rahmen eines angepassten Stickstoffmanagements ist zu berücksichtigen, dass die Kleeanteile und damit auch die Fixierungsleistungen in Abhängigkeit der Umweltbedingungen von Jahr zu Jahr erheblichen Schwankungen unterliegen können. So traten in Einzeljahren Maximalwerte von 358 kg N ha⁻¹ a⁻¹ in SG, 215 kg N ha⁻¹ a⁻¹ in CO und MSII, 190 kg N ha⁻¹ a⁻¹ in GO und 160 kg N ha⁻¹ a⁻¹ in MSI auf.

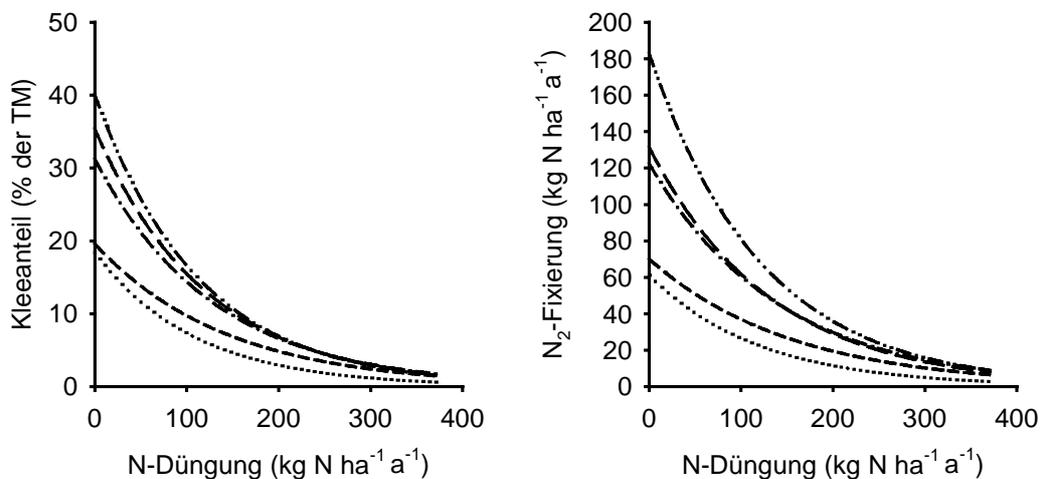


Abb. 1 Einfluss der N-Düngung [Mineraldünger + Gülle] auf die Weißkleeanteile (I) und die biologische N₂-Fixierung (II) in unterschiedlich genutzten Grünlandbeständen [Weide (.....), Mähweide 1 (- - - - -), Mähweide 2 (- · - · - ·), Schnitt (— — —), simulierte Weide (— · — · —)], 1997-2001.

Produktivität der Bestände

Im Mittel der 5 Versuchsjahre variierten die Brutto-Energieerträge in Abhängigkeit von der N-Düngung zwischen 40 und 73 GJ NEL ha⁻¹ a⁻¹. Während die mineralische N-Düngung in allen Nutzungssystemen ertragssteigernd wirkte, hatte die Gülleapplikation nur in GO und MSI einen positiven Effekt auf das Ertragspotential (Tab. 2). Über den gesamten Düngungsgradienten ergab die regressionsanalytische Betrachtung lineare Funktionen zwischen Energieertrag und N-Düngung (Abb. 21). Offenbar ist bei Klee-grasbeständen in Abhängigkeit der Standortverhältnisse erst bei N-Intensitäten von mehr als 400 kg ha⁻¹ a⁻¹ eine Abnahme der Grenzerträge zu erwarten (vgl. Morrison et al., 1980; Wilhelmy, 1993). Die ertragssteigernde Wirkung der N-Düngung lag im Mittel der Versuchsjahre in den intensiv beweideten, kleeärmeren Nutzungssystemen GO (70 MJ NEL kg⁻¹ N) und MSI (88 MJ NEL kg⁻¹ N) höher als in den kleereicheren Beständen der Systeme CO, SG und MSII (60 MJ NEL kg⁻¹ N). Wie bereits gezeigt, induzieren gesteigerte N-Gaben einen Rückgang der biologischen N₂-Fixierung, wodurch ein Teil des zugeführten Dünger-N teilweise kompensiert wird. Dieser Mechanismus ist besonders in kleereichen Beständen ausgeprägt. Durch Integration von 2 Schnitten (MSII) konnten die Kleeanteile und das Ertragspotential von Umtriebsweiden bei geringer N-Intensität deutlich verbessert werden. Offenbar profitierte dieses Nutzungssystem von den höheren N₂-Fixierungsraten. Dieser Effekt war bei MSI nicht erkennbar.

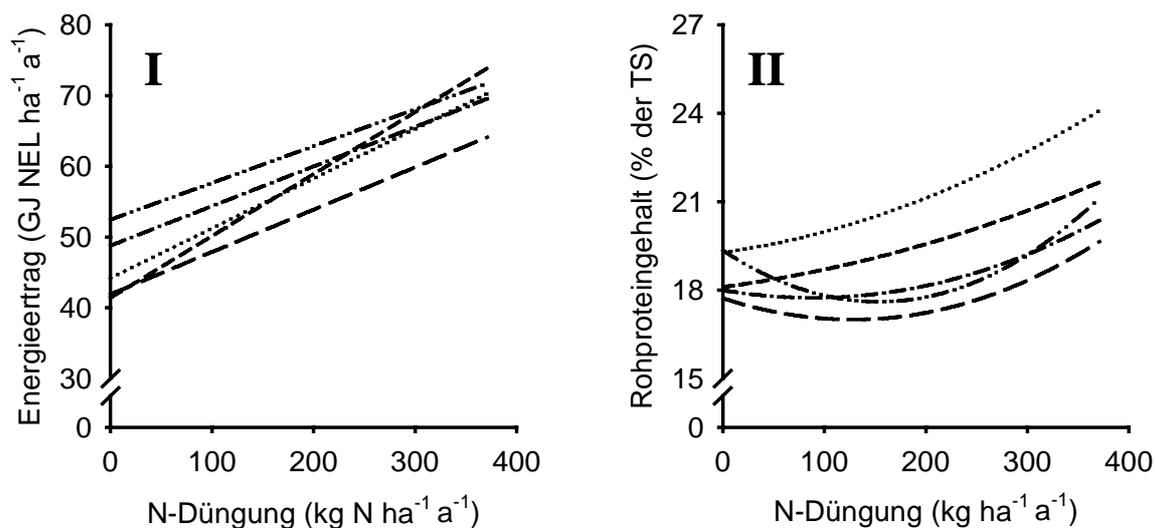


Abb. 2 Einfluss der N-Düngung [Mineraldünger + Gülle] auf den Brutto-Energieertrag (I) und den Rohproteingehalt (II) in unterschiedlich genutzten Grünlandbeständen [Weide (·····), Mähweide 1 (-----), Mähweide 2 (- - - - -), Schnitt (— — —), simulierte Weide (- · - · -)], 1997-2001.

Rohproteingehalt und Energiekonzentration

Neben den Kleeanteilen (Wilman und Hollington, 1985) sind Nutzungsfrequenz (Thöni, 1982; Skinner and Allen, 1991), N-Düngung (Reid, 1983; Frame, 1987) und Exkrement-Stickstoff (Wolton, 1963) zentrale Determinanten des Rohproteingehaltes. Im vorliegenden Versuch konnte kein Effekt der Gülle auf den Rohproteingehalt nachgewiesen werden. Die Wirkung der mineralischen Düngung war dagegen hoch signifikant (Tab. 2). Bei den intensiv beweideten, kleeärmeren Beständen in GO und MSI stiegen die Rohproteingehalte mit steigender N-Düngung an (Abb. 2II). Durch Reduzierung der N-Intensität konnten in solchen Systemen sehr hohe Proteingehalte, die aus ernährungsphysiologischer Sicht ungünstig zu bewerten sind, vermieden werden (Van Vuuren und Meijs, 1987; Taube et al., 1995). In CO und MSII war mit steigender N-Düngung keine kontinuierliche Zunahme der Rohproteingehalte zu verzeichnen. Diese profitierten bei geringer N-Intensität von hohen Kleeanteilen. Es sei erwähnt, dass in Spätsommer- und Herbstaufwüchsen aufgrund des Klees auch bei geringer N-Intensität in allen Nutzungssystemen das Risiko hoher Rohproteingehalte gegeben war.

Die Energiegehalte lagen in allen Behandlungen auf einem hohen Niveau (6.5–7.0 MJ NEL kg TM⁻¹). Bei ausschließlicher Weidenutzung (6.9 MJ NEL kg TM⁻¹) waren die Energiegehalte geringfügig höher als bei 4-Schnittnutzung (6.6 MJ NEL kg TM⁻¹), was mit der höheren Nutzungsfrequenz bei Beweidung erklärt werden kann (Thöni, 1982). Die Mähweidesysteme nahmen eine Zwischenstellung ein. Im Gegensatz zur 4-Schnittnutzung führte eine Reduzierung der mineralischen N-Düngung in den übrigen Nutzungssystemen zu einer Abnahme der Energiegehalte. Die Gülleapplikation hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Energiekonzentration (Tab. 2).

Narbenzustand

Die Ertragsanteile an *Taraxacum officinale* und *Agropyron repens* können auf den sandigen Standorten Norddeutschlands zur Beurteilung des Narbenzustandes herangezogen werden. Herbizidapplikationen verhinderten weitgehend ein Überhandnehmen des Löwenzahns. In nur 14% aller Aufwüchse überschritten die *Taraxacum*-Ertragsanteile den unter agronomischen Gesichtspunkten kritischen Wert von 20% der TM. Generell war das Risiko hoher Krautanteile bei geringer oder ausbleibender N-Düngung am höchsten. In ausschließlich weidegenutzten Beständen lagen die mittleren Krautanteile bei 6% und waren damit deutlich geringer als in den anderen Nutzungssystemen. In beiden Mähweidesystemen lagen die mittleren Krautanteile bei 10-12% und erreichten damit das Niveau der 4-Schnittnutzung. Neben *Taraxacum officinale* konnten höhere Ertragsanteile der Quecke (*Agropyron repens*) zur Verminderung der Narbenqualität führen. Die mittleren Ertragsanteile lagen bei etwa 10%. In Einzelfällen wurden Werte von bis zu 46% erreicht. Während das Nutzungssystem keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf die Entwicklung der Queckenanteile hatte, nahmen diese mit steigender N-Düngung deutlich zu. Im Mittel der 5 Versuchsjahre lagen die Ertragsanteile der Quecke bei allen Behandlungen unter 20%. Obgleich die Unterschiede zwischen den Jahren sehr ausgeprägt waren, ließen sich keine zeitlichen Entwicklungstendenzen erkennen. Die Schwelle der Bekämpfungswürdigkeit von 30 - 40% des Gesamtertrages

wurde nur in einzelnen Aufwüchsen z.B. bei extremer Trockenheit überschritten. Maßnahmen zur Bekämpfung der Quecke waren insofern nicht erforderlich.

N-Bilanz

N-Bilanzen auf Grünland stehen in engem Zusammenhang mit der Nutzungsform sowie der mineralischen und der organischen N-Düngung (Tab. 2). Im Gegensatz zu MSI und MSII stiegen die N-Salden in GO, SG und CO mit zunehmender N-Düngung linear an (Abb. 3I). Durch die Anwendung von Gülle wurde der N-Saldo um durchschnittlich $66 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ erhöht. Die varianzanalytische Betrachtung ergab keine signifikanten Wechselwirkungen der Gülleapplikation mit den Faktoren Nutzungssystem und mineralischer N-Düngung.

Bei reiner Schnittnutzung kann über einen weiten Düngungsgradienten von geringen Belastungspotentialen ausgegangen werden, da durch den Abtransport der geernteten Biomasse große N-Mengen der Fläche entzogen werden. Im Gegensatz zur Schnittnutzung müssen auf Weiden unbalancierte Nährstoffverhältnisse berücksichtigt werden. Im Mittel der 5 Versuchsjahre übertraf der N-Input den N-Output in ungedüngten Weidevarianten um mehr als $65 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Weidende Wiederkäuer scheiden in Abhängigkeit des Leistungsniveaus mehr als 75% des aufgenommenen Stickstoffs in Form von Kot und Harn wieder aus (Whitehead, 1970; Van der Meer, 1982). Auf den Kot- und Harnstellen kommt es zu lokalen N-Konzentrationen. Die Pflanzen sind nicht in der Lage, diese hohen N-Mengen zu verwerten, zumal die Leistungsfähigkeit der Grasnarbe unter Weidenutzung – insbesondere unter Exkrementstellen – herabgesetzt ist (Lantinga et al., 1987). Besonders gravierend ist die geringe Verwertung des Exkrementstickstoffs bei Beweidung im Spätsommer und Herbst, da zu dieser Zeit die Zuwachsraten des Pflanzenbestandes vermindert sind. In der Regel liegt die Ausnutzung des Exkrementstickstoffs unter 30%. Aus Abbildung 3I geht hervor, dass durch Steigerung der N-Düngung die N-Überhänge der Weide gegenüber schnittgenutzten Beständen überproportional anstiegen. Die Ursache dafür kann auf den Exkrementstickstoff zurückgeführt werden. Mit zunehmender N-Zufuhr stieg das Futterangebot und damit auch die ausgeschiedene N-Menge. Bei Weiden und Mähweiden mit einer Schnittnutzung (MSI) kam hinzu, dass die Rohproteinüberschüsse des Futters durch steigende mineralische N-Düngung kontinuierlich erhöht wurden (Abb. 3II). Es wird deutlich, dass der Effekt einer reduzierten N-Düngung auf die N-Bilanz von Weiden und Mähweiden vor allem auf eine geringere Rückführung von ineffizientem Exkrementstickstoff zurückgeführt werden kann. Gegenüber ausschließlich beweideten Beständen waren die N-Überhänge in Mähweiden vor allem in den gedüngten Varianten deutlich reduziert, da in Abhängigkeit der Schnitzzahl größere N-Mengen mit dem Schnittgut dem N-Kreislauf der Fläche entzogen wurden. Im Mittel der 5 Jahre traten bereits in ungedüngten Mähweiden N-Überhänge von mehr als $28 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auf.

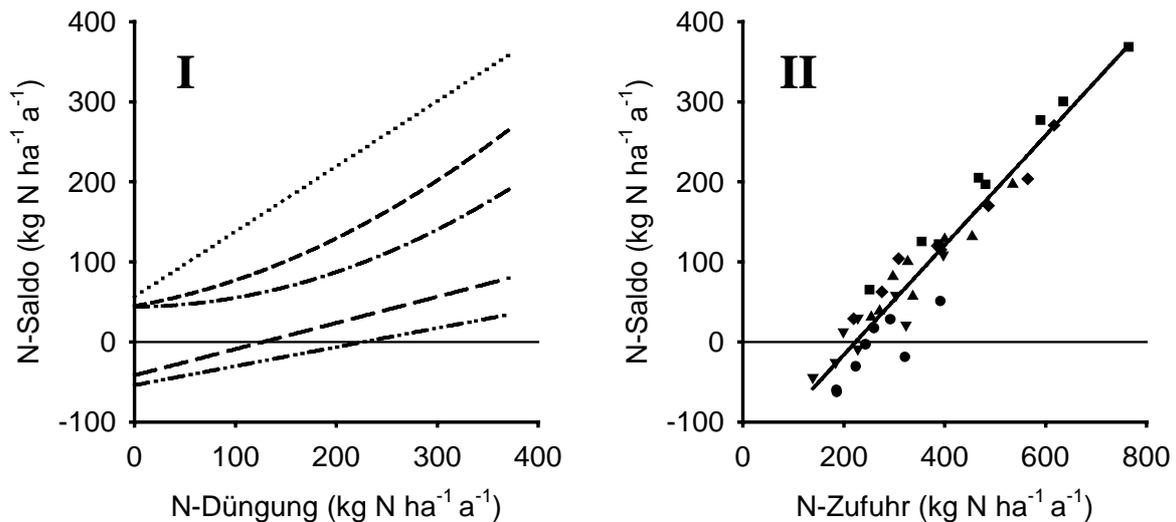


Abb. 3 Einfluss der N-Düngung (I) [Mineraldünger + Gülle N] und der N-Zufuhr (II) [Mineraldünger + Gülle + atmosphärischer Deposition + Exkrementen + Weiderest] auf den N Saldo in unterschiedlich genutzten Grünlandbeständen [Weide (...../), Mähweide I (- - - - /), Mähweide II (- · - · - · /), Schnitt (- - - - /), simulierte Weide (- - - - /), Regression (———)], 1997-2001.

N-Auswaschungsverluste

Die Auswertungen der Sickerwasseranalyse beziehen sich auf die Sickerwasserperioden 1997/1998, 1998/1999, 1999/2000 und 2000/2001 (Büchter, 2003). Die NO₃-Konzentration im Sickerwasser und die NO₃-Auswaschung hingen in hohem Maße von dem Nutzungssystem ab (Tab. 2; Abb. 4). Wie bei den Bilanzsalden waren die mit dem Sickerwasser ausgetragenen N-Mengen bei ausschließlicher Weidenutzung aufgrund des geringen N-Exports deutlich höher als in den schnittgenutzten Systemen.

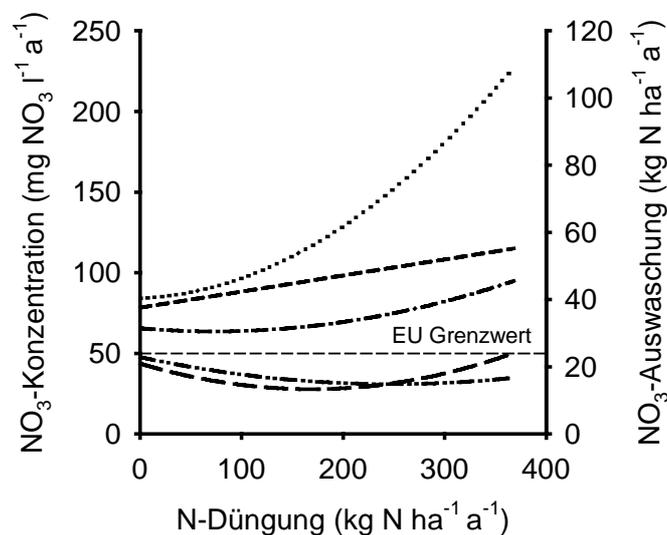


Abb. 4 Einfluss der N-Düngung [Mineraldünger N + Gülle N] auf die NO₃-Konzentration im Sickerwasser und die NO₃-Auswaschung in unterschiedlich genutzten Grünlandbeständen [Weide (.....), Mähweide 1 (- - - -), Mähweide 2 (- · - · - ·), Schnitt (- - - -), simulierte Weide (- - - -)], 1997-2001.

Unter intensiv gedüngten Umtriebsweiden traten maximale NO₃-Konzentrationen von 250 mg NO l⁻¹ auf. Das entspricht bei einer mittleren Sickerwassermenge von 205 mm einer N-Fracht von 114 kg N ha⁻¹ a⁻¹. Durch Integration von Silageschnitten in Umtriebsweiden konnte die NO₃-Konzentration im Sickerwasser und damit auch die NO₃-Auswaschung effektiv vermindert werden. In allen beweideten Systemen lagen die NO₃-Konzentrationen über dem Grenzwert der EU-Nitratrictlinie von 50 mg NO₃ l⁻¹. Dieser Wert korrespondiert bei der erwähnten Sickerwassermenge mit einer N-Fracht von 23 kg N ha⁻¹. In den

ausschließlich schnittgenutzten Systemen lag die Konzentration in allen Varianten unter dem EU-Grenzwert. Der Einfluss der mineralischen N-Düngung auf die NO_3 -Konzentration und die NO_3 -Auswaschung war in diesen Systemen gering.

Im Rahmen des Versuches wurden die N-Frachten den ermittelten N-Salden gegenübergestellt (Abb. 5). Die regressionsanalytische Betrachtung zeigt eine lineare Beziehung zwischen N-Saldo und N-Fracht. Wird der EU-Grenzwert der Nitratrictlinie von $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ als Mindeststandard für eine gute fachliche Praxis (Taube et al., 2001) und für eine umweltverträgliche Landwirtschaft (Eckert et al., 2000) zugrunde gelegt, ergibt sich aus der ermittelten Beziehung ein maximal tolerierbarer Flächenbilanzsaldo von etwa $+30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Die z.T. systembedingte Streuung (Abb. 5) macht deutlich, dass eine weitergehende Interpretation der ermittelten N-Bilanzen eine nutzungsspezifische Differenzierung erfordert.

In dem vorliegenden Bilanzierungsansatz wurden unter Aspekten der Praktikabilität N-Akkumulations- und N-Mineralisationsprozesse im Boden nicht berücksichtigt. Letztere könnten eine Ursache für das Auftreten der negativen Bilanzsalden und der damit einhergehenden Nitratauswaschung in den ausschließlich schnittgenutzten Systemen (CO, SG) sein (Abb. 5). Darüber hinaus ist auch eine Unterschätzung des N-Inputs (N_2 -Fixierung, atmosphärische Deposition) möglich. Im Bereich mittlerer und hoher N-Salden machten die Auswaschungsverluste etwa 30-40% des N-Überhanges aus. Die verbleibenden N-Überschüsse gingen entweder auf anderen Verlustpfaden (Ammonifikation, Denitrifikation) dem System verloren oder wurden durch Akkumulation organischer Substanz im Boden festgelegt.

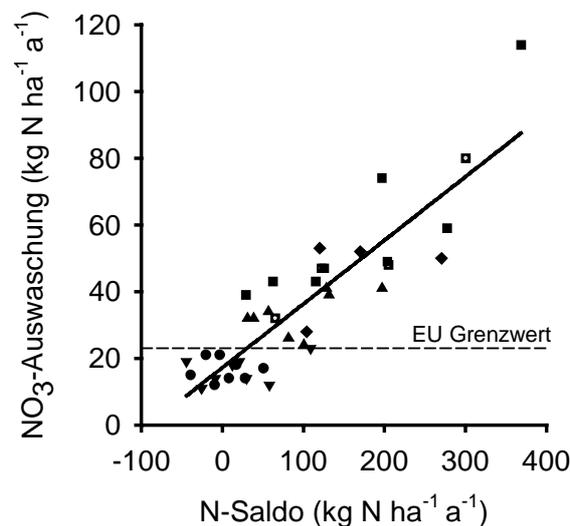


Abb. 5 Beziehung zwischen N-Saldo und NO_3 -Auswaschung bei unterschiedlicher Grünlandnutzung [Weide (), Mähweide I (), Mähweide II (), Schnitt (), simulierte Weide ()], 1997-2001. Regression: $y = 17,2200 + 0,1907x$; $r = 0,77$; S.E. = 10,4.

Implikationen für das Stickstoffmanagement

Gemäß Düngeverordnung (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1996) sind Düngemittel nach den Grundsätzen einer „guten fachlichen Praxis“ so anzuwenden, dass Nährstoffe von den Pflanzen weitestgehend ausgenutzt werden können und damit Nährstoffverluste bei der Bewirtschaftung sowie damit einhergehende Einträge in Gewässer weitestgehend vermieden werden. Die Ergebnisse des Karkendamm-Projektes zeigen, dass in schnittgenutzten Systemen N-Überhänge erst bei einer N-Intensität von mehr als $100 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ vorkommen. Bei Weiden und Mähweiden treten generell N-Überhänge auf, die durch zunehmende Beweidungsintensität und steigende N-Düngung verschärft werden. Hauptursache ist die geringe Effizienz der N-Ausscheidungen weidender Tiere. Durch die Integration von Silageschnitten und durch eine Reduktion der N-Düngung lassen sich die Überhänge effektiv reduzieren. Legt man den EU-Grenzwert für eine gute fachliche Praxis zugrunde, so ist die Gefahr kritischer N-Frachten bei ausschließlicher Schnittnutzung selbst bei hohen N-Intensitäten von $200\text{-}300 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ gering. Im Gegensatz dazu ist in den beweideten Beständen des Versuches eine höhere N-Zufuhr durch mineralischen und organischen Dünger kritisch zu würdigen. Eine reduzierte N-Intensität kann zu erheblichen Ertragsverlusten führen. In den ungedüngten Weideparzellen wurden nur 65% des Ertragspotentials der mit $300 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ gedüngten Variante erreicht. Die Ergebnisse einer Grenzkostenanalyse zeigen, dass ein Düngungsverzicht im Kontrast zu den ökonomisch optimalen N-Intensitäten steht (Storm, 2001). Diese liegen für MSI, CO und GO oberhalb $300 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Nur in MWII lag die ökonomisch optimale N-Düngung deutlich niedriger bei $40 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Bei geringer N-Intensität ist unter ökonomischen Gesichtspunkten MWII den anderen praxisrelevanten Nutzungssystemen deutlich überlegen. Weißklee-basierte Low-Input-Systeme stellen aufgrund der sich jahreszeitlich stark ändernden Kleeanteile und der unsichere Ertragsleistung des Klees erhöhte Anforderungen an das Grünlandmanagement. Darüber hinaus ist bei einer geringen N-Zufuhr auf den sandigen Standorten vor allem bei Mähweiden und bei ausschließlich schnittgenutzten Beständen die Regulierung von *Taraxacum officinale* erforderlich.

Literatur

- ANONYMUS (1991) Council Directive 91/676/EEC of 12. December concerning the protection of waters against pollutions caused by nitrates from agricultural sources (OJL375, 31.12.91, pl). European Communities, Brussels.
- BENKE, M., KORNHER A. und TAUBE F. (1992) Nitrate leaching from cut and grazed swards influenced by nitrogen fertilization. In: *Proceedings of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation*, 184-188.
- BÜCHTER M., WACHENDORF M. UND TAUBE F. (2000) Nitratauswaschung unter Grünland in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsform und der N-Düngungsintensität. *Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Kurzfassungen der Referate und Poster, 44. Jahrestagung, Kiel*, 197-200.
- BÜCHTER M. (2003) Nitratauswaschung unter Grünland und Silomais in Monokultur auf sandigen Böden Norddeutschlands, Dissertation (unveröffentlicht).
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.) (1996) Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (DüngeVO), BGBl 1996 Nr. 6, 118 ff.
- ECKERT H., BREITSCHUH G. und SAUERBECK D.R. (2000) Criteria and standards for sustainable agriculture. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **162**, 337-351.
- FRAME, J. (1987) The effect of strategic fertilizer nitrogen and date of primary harvest on the productivity of a perennial ryegrass/white clover sward. *Grass and Forage Science*, **42**, 33-42.
- HARDY R.W.F. und HOLSTEN H.D. (1977) Methods for measurement of dinitrogen fixation. In: JOHN WILEY and Sons (eds) *Agronomy and ecology*, 451-486.
- KLAPP, E. und STÄHLIN, A. (1936) *Standorte, Pflanzengesellschaften und Leistung des Grünlandes*. Stuttgart: Verlag E. Ulmer.
- LANDESREGIERUNG SCHLESWIG-HOLSTEIN (Hrsg.) (1999) Agrarreport 1999. Kiel, Teil II, S. 3.
- LANTINGA E.A., KEUNING J.A., GROENWOLD J. und DEENEN P.J.A.G. (1987) Distribution of excreted nitrogen by grazing cattle and its effects on sward quality, herbage production and utilization. In: VAN DER MEER H.G., UNWIN R.J., VAN DIJK T.A. und ENNIK G.C. (Hrsg.) *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste?*, 103-117.
- MARRIOTT C.A. und HAYSTEAD A. (1993) Nitrogen fixation and transfer. In: DAVIES A., BAKER D., GRANT S. und LAIDLAW A.S. (Hrsg.) *Sward Measurement Handbook (second edition)*, BGS Publications, 245-264.

- MORRISON J., JACKSON M.V. und SPARROW P.E. (1980) The response of perennial ryegrass to fertilizer nitrogen in relation to climate and soil: report of the joint ADAS/GRI grassland manuring trial – GM20. *Grassland Research Institute Technical Report No. 27*, Hurley.
- POGGEMANN S., WEISSBACH F. und KÜNTZEL U. (1999) Reduktion der N-Überschüsse und Freisetzen von N₂O aus Grünland. *Berichte über Landwirtschaft*, **77**, 21-34.
- PRICKER H. (1996) Betriebswirtschaftliche Bewertung von Verfahren zur Minderung der Umweltbelastung in der Schweinemast. Dissertation, Universität Kiel.
- REID, D. (1983) The combined use of fertilizer nitrogen and white clover as nitrogen sources for herbage growth. *Journal of Agricultural Sciences*, **100**, 613-623.
- RYDEN J.C. (1985) Denitrification loss from managed grassland. In: GOTTERMAN H.L. (Hrsg.) *Denitrification in the nitrogen cycle*. London: Plenum Publishing Corporation, 121-134.
- SKINNER R.J. und ALLEN J.W. (1991) Response to late season nitrogen of upland swards in Wales. *Grass and Forage Science*, **46**, 269-276.
- STEINMANN F. (2002) Bericht zur Grundwasserbeobachtung – Trendmessnetz 1995 – 2000. *LANU-Berichtsreihe H* (im Druck).
- STORM W.-D. (2001) Quantifizierung wirtschaftlicher Effekte von Maßnahmen zur Beeinflussung der Stickstoffflüsse im spezialisierten Milchvieh-Futterbaubetrieb. Dissertation, Institut für Agrarökonomie, Universität Kiel.
- TAUBE F., WACHENDORF M und KORNHER A. (1995) Leistungsfähigkeit weißkleebasierter Produktionssysteme auf dem Dauergrünland Norddeutschlands. *Das wirtschaftseigene Futter*, **41**, 28-42.
- TAUBE F. und WACHENDORF M. (2000) The Karkendamm Project: A system approach to optimize nitrogen use efficiency on the dairy farm. In: SØEGAARD K., OHLSSON C., SEHESTED J., HUTCHINGS N.J. und KRISTENSEN T. (Hrsg.) *Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation*, 449-451.
- TAUBE F., WACHENDORF M. und LOGES R. (2001) Auswirkungen reduzierter Produktionsintensitäten im Futterbau auf Qualität und ökologische Effekte. *Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel*, **92**, 71-82.
- THÖNI E. (1982) Die Wirkung von Schnitthäufigkeit und Stickstoffdüngung auf verschiedene Mischungstypen im Kunstfutterbau. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung*, **21**, 111-126.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (1996b) Stoffbilanzen in der Landwirtschaft – ein Instrument für den Umweltschutz? Tagungsbericht, Band 20, Wien.
- VAN DER MEER H.G. (1982) Effective use of nitrogen on grassland farms. In: CORRALL A.J. (Hrsg.) *Proceedings of the 9th General Meeting of the European Grassland Federation*, 61-68.
- VAN VUUREN A.M. und MEIJS J.A.C. (1987) Effects of herbage composition and supplement feeding on the excretion of nitrogen in dung and urine by grazing dairy cows. In: VAN DER MEER H.G., UNWIN R.J., VAN DIJK T.A. und ENNIK G.C. (Hrsg.) *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste?*, 17-24.
- WELLBROCK N. (2002) Veränderungen und ökosystemare Bewertung der atmosphärischen Deposition eines Buchenwaldes und Übertragung des Bewertungskonzeptes auf ausgewählte Waldökosysteme in Schleswig-Holstein. *EcoSys - Beiträge zur Ökosystemforschung*, **35**.
- WENDLING, U. (1995) Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO Penman-Monteith-Beziehung. *Wasserwirtschaft* **85**, 602-604.
- WHITEHEAD D.C. (1970) The role of nitrogen in grassland productivity. Bulletin 48, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, United Kingdom.
- WILHELMY B. (1993) Untersuchungen zur Ertragsbildung und zur Veränderung ausgewählter Qualitätsparameter im Zuwachsverlauf von Grünlandbeständen in Abhängigkeit von der botanischen Zusammensetzung (mit/ohne Weisklee), der Stickstoffdüngung und der Nutzungshäufigkeit. Dissertation, Lehrstuhl Grünland und Futterbau Kiel.
- WILMAN D. und HOLLINGTON P.A. (1985) Effects of white clover and fertilizer nitrogen on herbage production and chemical composition and soil water. *Journal of Agricultural Science*, **104**, 453-467.
- WOLTON K. M. (1963) An investigation into the simulation of nutrient returns by the grazing animal in grassland experimentation. *Journal of the British Grassland Society*, **18**, 213-219.

Anhang

Tab. A Ergebnisse der Regressionsanalyse für ausgewählte Parameter der untersuchten Grünlandbestände. Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Standardfehler (S.E.) beziehen sich auf den Jahresdurchschnitt im Mittel der Versuchsjahre (1997-2001).

Abhängige Variable (y) und Regressionsgleichung	System	a	b	c*10 ⁻³	r ²	S.E.
Kleeanteil (% der TM) $y=a*e^{(-b*Nt)}$	GO	18.3993	0.0092	-	0.88	2.23
	SG	40.0798	0.0088	-	0.88	4.86
	CO	35.3794	0.0083	-	0.89	4.10
	MSI	19.5836	0.0070	-	0.75	3.33
	MSII	31.2345	0.0078	-	0.93	2.99
N₂-Fixierung (kg ha⁻¹) $y=a*e^{(-b*Nt)}$	GO	61.1800	0.0084	-	0.85	8.25
	SG	183.0000	0.0082	-	0.85	24.60
	CO	131.5000	0.0076	-	0.89	14.85
	MSI	70.0336	0.0064	-	0.73	12.02
	MSII	122.5000	0.0071	-	0.91	12.55
Brutto-Energieertrag (GJ NEL ha⁻¹) $y=a+b*Nt+c*Nt^2$	GO	44.1938	0.0704	-	0.82	4.48
	SG	52.4462	0.0520	-	0.94	1.83
	CO	41.9072	0.0599	-	0.80	4.02
	MSI	41.4082	0.0875	-	0.94	3.06
	MSII	48.7902	0.0560	-	0.88	2.74
Rohproteingehalt (% der TM) $y=a+b*Nt+c*Nt^2$	GO	19.2798	0.0048	0.0217	0.92	0.57
	SG	19.3494	-0.0228	0.0742	0.64	1.04
	CO	17.7249	-0.0114	0.0045	0.79	0.54
	MSI	18.1038	0.0046	0.0135	0.90	0.48
	MSII	17.9941	-0.0058	0.0329	0.76	0.62
N Bilanz (kg ha⁻¹) $y=a+b*Nt+c*Nt^2$	GO	56.5737	0.8145	-	0.99	11.23
	SG	-53.9873	0.2375	-	0.53	30.40
	CO	-41.7280	0.3270	-	0.71	28.23
	MSI	44.7047	0.2249	0.9948	0.95	21.45
	MSII	43.8212	0.0085	1.0440	0.86	25.06
$y=a+b*NSf+c*NSf^2$	Gesamt	-153.0721	0.6848	-	0.92	30.21
NO₃ Konzentration (mg NO₃ l⁻¹) $y=a+b*Nt+c*Nt^2$	GO	84.1651	0.0244	0.9919	0.80	29.98
	SG	47.5873	-0.1348	0.2720	0.60	5.52
	CO	43.6470	-0.1890	0.5618	0.74	5.55
	MSI	78.3405	0.0995	-	0.46	14.51
	MSII	65.4911	-0.0519	0.3577	0.63	10.14

Nt: N-Düngung (kg ha⁻¹) = Mineraldünger-N + Gülle-N

NSf: N-Zufuhr (kg ha⁻¹) = Mineraldünger-N + Gülle-N + N₂-Fixierung + N-Deposition
+ Exkrement-N + Weiderest-N

GO: Weide; SG: Simulierte Weide; CO: 4-Schnitt; MSI: Mähweide 1; MSII: Mähweide II

Einfluss der N-Düngung auf die N₂O-Emissionen auf Grünland

Carola Lampe¹, K. Ditter², B. Sattelmacher², M. Wachendorf¹, K. Butterbach-Bahl³, H. Papen³, R. Gasche³, F. Taube¹

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

²Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Christian-Albrechts-Univ. Kiel;

³Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Atmosphärische Umweltforschung, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Garmisch-Partenkirchen

1. Einleitung

Die Verluste gasförmiger N-Komponenten (N₂, N₂O) aus Böden in die Atmosphäre als Ergebnis der mikrobiellen Aktivität, reduzieren die N-Verfügbarkeit in Böden. Zudem ist Lachgas (N₂O) ein wirksames Treibhausgas und besitzt einen großen Einfluss auf den Abbau von stratosphärischem Ozon und auf die globale Erwärmung. Die Bedeutung von N₂O nimmt durch dessen steigende Konzentration (ca. 0,3% pro Jahr) in der Atmosphäre zu (Mosier, 1998). N₂O wird im Boden im Zuge mikrobieller Prozesse, der Denitrifikation und der Nitrifikation, gebildet. Bei der Denitrifikation wird NO₃⁻ oder NO₂⁻ über N₂O zu N₂ reduziert, wobei dieses der einzige Prozess ist, bei dem N₂ in Böden entsteht. Als Nitrifikation bezeichnet man die mikrobielle Oxidation von NH₃ zu NO₃⁻. Die N₂O-Emissionen werden wesentlich von den Standortfaktoren Boden (Bodenfeuchte, pH, Bodendichte, Bodenart), Witterung und Stickstoff (N)-Versorgung (Gehalt von NH₄⁺ bzw. NO₃⁻ und der Verfügbarkeit mineralisierbarer organischer Substanz) bestimmt. Böden mit feiner Textur (tonreich) setzen im allgemeinen mehr N₂O frei als gut durchlüftete, sandige Böden, da sie eine bessere Wasserretention und verminderte Sauerstoffkonzentration aufweisen und damit fördernde Bedingungen für die Denitrifikation schaffen. Nach umfangreicher Auswertung von Versuchen auf Ackerland und auf mit N gedüngtem Weidegrünland stellt Mogge (1995) heraus, dass für längerfristig angelegte Betrachtungen die emittierte N₂O-Menge vorrangig vom NO₃⁻-Gehalt des Bodens abhängt. Aus mineralischen Grünlandböden emittieren jährlich etwa 1% des applizierten N (Velthof und Oenema, 1995). In der Bewirtschaftung des Grünlandes als Weide bewirken die Exkrementflecken eine hohe N-Zufuhr zum Boden und damit eine Freisetzung von beträchtlichen Mengen an N₂O (Poggemann *et al.* 1999). Zur exakten Quantifizierung der N₂O Emissionen von Grünlandstandorten fehlen bisher systematische Langzeituntersuchungen von ein oder mehreren Jahren. Die meisten Studien decken nur die Vegetationsperiode ab, dabei finden gerade im Winter nennenswerte Emissionsraten statt. Zudem ist die Messfrequenz meist vergleichsweise gering, so dass Emissionsspitzen z.B. nach der Düngerapplikation nur unzureichend oder gar nicht erfasst werden.

Im Rahmen des „N-Projektes Karkendamm“ der Universität Kiel wurden neben dem Verlustpfad Sickerwasser auch die gasförmigen N-Verluste in Form von N₂O gemessen. Das Ziel dieser Arbeit ist, in hoher zeitlicher Auflösung die N₂O Emissionen über ein Jahr aus einem humosen Sandboden unter Dauergrünlandnutzung zu quantifizieren. Hierbei sollen generelle Vorstellungen der N₂O-Freisetzung unter den gegebenen Standortverhältnissen im Jahresverlauf erhalten und die Bedeutung von Bewirtschaftungsmaßnahmen erfasst werden. Der Einfluss der N-Düngerart (Mineraldünger und Gülle) und der N-Düngungsmenge auf die N₂O-Freisetzung aus dem Boden wird durch tägliche Gasmessungen zur Zeit der N-Düngungsapplikation im Frühjahr geprüft. Ein weiteres Ziel ist es, die Abhängigkeiten zwischen den N-Emissionen und den parallel gemessenen Boden- und Klimafaktoren zu beschreiben.

2. Material und Methoden

Versuchsstandort: Der zugrundeliegende Feldversuch wurde auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Christian-Albrechts-Universität Kiel in der Geest-Region im Kreis Segeberg von April 2001 bis März 2002 durchgeführt. Der Boden dieses Standortes ist als humoser Sand (3.35% C) mit einem pH-Wert von 5 bis 5,5 anzusprechen. Seit 1996 wird die Versuchsfläche als Grünland in Form einer Mähweide bewirtschaftet. Diese wird zweimal geschnitten und anschließend beweidet. Die Düngungsvarianten bestehen seit 1997, so dass auch mittelfristige Effekte der Bewirtschaftung einbezogen werden. Der durchschnittliche Jahresniederschlag beträgt im langjährigen Mittel (1980-1999) 824mm a⁻¹, die durchschnittliche Jahrestemperatur 8,4°C.

Versuchsfaktoren: Der Versuch beinhaltet fünf Varianten mit je drei Wiederholungen (siehe Tabelle 1). Jede der 15 Parzellen hatte eine Größe von 2,25 m², auf der die Gas- und Bodenanalytik räumlich getrennt voneinander durchgeführt wurde. Die Düngergabe im Jahr 2001 wurde zum ersten und zweiten

Aufwuchs geteilt in 70 und 30kg N ha⁻¹. Die Flächen wurden am 21. Mai und 2. Juli 2001 geschnitten und vom 4. bis 6. August sowie vom 7. bis 9. September beweidet.

Tab. 1: Die fünf Behandlungen des N₂O-Versuches unter Mähweidenutzung (2 Schnitte+ 2 Weidezyklen).

Behandlung	mineralischer N (kg ha ⁻¹ a ⁻¹)	Gülle-N (kg ha ⁻¹ a ⁻¹)	N ₂ -Fixierung (kg N ha ⁻¹ a ⁻¹)	Gesamt-N-Zufuhr (kg ha ⁻¹ a ⁻¹)
Kontrolle (C)	0	0	89	89
¹⁵ N Gülle (S)	0	74	41	115
¹⁵ N 100 KAS-N (M)	100	0	34	134
¹⁵ N Gülle+100N (SM)	100	74	88	262
Gülle+ ¹⁵ N 100N (MS)	100	74	59	233

Gasanalytik: Im Zentrum der Versuchspartellen wurde ein PVC-Bodenring (Ø 60 cm) 5 cm tief in den Boden eingelassen. Dieser verblieb während der gesamten Versuchszeit im Boden und wurde nur zum Schnitt bzw. zur Beweidung kurzzeitig entfernt. Die Gasprobenahme wurde nach der Closed-Chamber-Methode durchgeführt. Dazu wurde auf den Bodenring eine PVC-Haube (V=0,1 m³) gesetzt und gasdicht verschlossen. Die Abgabe bzw. Aufnahme von Gasen durch den Boden führte zu einer Veränderung des Gasmischungsverhältnisses in der Messkammer, die durch das Messsystem erfasst wurde. Gasproben wurden 15, 30 und 45 min nach Schließung der Hauben entnommen. Die Gasprobenahme erfolgte während der ersten zwei Wochen nach der jeweiligen Düngung täglich, danach 2 bis 3 mal wöchentlich und über Winter einmal pro Woche. Die N₂O-Gehalte der Gasproben und die isotopische Zusammensetzung des N₂O wurden an einem Continuous-Flow-Stabilisotopen-Massenspektrometer (Thermo-Finnigan 'Delta Plus') gemessen. Die Untersuchung des Verhältnisses der stabilen ¹⁵N zu ¹⁴N Isotope des emittierten N₂O gestattet die Differenzierung des boden- und düngerbürtigen N₂O.

Bodenanalytik: Parallel zu jeder Gasmessung wurden auf der Parzelle außerhalb des PVC-Bodenringes Bodenproben aus der Bodentiefe 0-15 cm mittels Wurzelbohrer genommen. Die Gehalte an Nitrat- und Ammonium-N der Bodenproben wurden durch den Autoanalyzer (Traacs 800 Bran und Luebbe, Norderstedt) bestimmt. Eine zusätzliche Bodenprobe diente zur Ermittlung der Bodenfeuchte. Alle zwei Wochen wurden 10g der feld-frischen Mischprobe zur pH-Wert Bestimmung verwendet.

Zusätzliche Messung von N₂O:N₂: Die Messungen der N₂O und N₂ Emissionen wurden in Kooperation mit dem Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Atmosphärische Umweltforschung - in Garmisch-Partenkirchen durchgeführt. Anfang September 2002 wurden von der Versuchsfläche sechs intakte Bodensäulen mit einem Durchmesser von 12,5 cm und einer Höhe von 30 cm entnommen und am nächsten Tag ins Labor nach Garmisch-Partenkirchen transportiert. Zwei der Bodensäulen dienten als Kontrollvariante (C), zwei wurden mit umgerechnet 70kg KAS-N ha⁻¹ (M) und zwei weitere Bodensäulen wurden mit umgerechnet 42kg Gülle-N ha⁻¹ (S) gedüngt. Es wurde ein Niederschlag von 10 mm simuliert, um den trockenen Boden anzuweichen und ein schnelleres Eindringen des Düngers in die Bodensäule zu gewährleisten. Der Stahlzylinder, in dem die Bodensäule eingelassen war, wurde gasdicht verschlossen und 48 Stunden mit Helium gespült, um eine N₂-freie Atmosphäre herzustellen. Anschließend ruhten die Bodensäulen 4-6 Stunden, um eine natürliche Einstellung innerhalb der Bodensäule zu bewirken. Um die Zunahme der N₂ und N₂O Konzentrationen in der Headspace-Atmosphäre (7 cm zwischen Grasnarbe und oberem Stahlzylinderdeckel) zu quantifizieren, wurden alle 4 Minuten Gasproben angesaugt und zum Gaschromatographen transportiert. Die Messungen wurden über 24 Stunden durchgeführt. Diese neu entwickelte Methode wird bei Butterbach-Bahl *et al.* (2002) genau beschrieben.

3. Ergebnisse und Diskussion

N₂O-Emissionsraten im Jahresgang: In der Abb. 1 werden die N₂O-Emissionsraten im zeitlichen Verlauf über ein Jahr für vier Varianten dargestellt. Zum Zeitpunkt der ersten Düngung im Frühjahr traten relativ hohe N₂O-Freisetzen auf. Die Variante SM setzte im April 2001 bis zu 200µg N₂O-N m⁻² h⁻¹ frei, die Variante M 130µg N₂O-N m⁻² h⁻¹ und die Variante S 38µg N₂O-N m⁻² h⁻¹. Die Kontrollbehandlung erreichte zur gleichen Zeit 20µg N₂O-N m⁻² h⁻¹. Während der zweiten Düngung im Frühjahr fanden keine erhöhten N₂O-Emissionen statt. Flessa *et al.* (1998) erforschten N₂O-Emissionsraten auf Grünland während der Vegetationsperiode vergleichbar mit denen der vorliegenden Studie (Kontrollvariante: 44µg N m⁻² h⁻¹; 96kg N ha⁻¹ a⁻¹: 47µg N m⁻² h⁻¹).

Die hohen N_2O -peaks im Sommer sind offensichtlich auf Exkrementapplikationen der weidenden Rinder zurückzuführen. Der Grünlandnarbe werden bezogen auf eine Urinstelle 400 bis 1200 kg N ha^{-1} und bezogen auf einen Kotfleck 750 bis 1330 kg N ha^{-1} zugeführt (Holmes, 1968). Diese N-Konzentration im Boden ist viel zu groß, als dass diese durch den Pflanzenbestand auch nur annähernd vollständig verwertet werden könnte und führt zu N-Verlusten. Wie den Graphiken zu entnehmen ist, wurde mit steigender Verfügbarkeit von N mehr N_2O freigesetzt. Im Winter wurden periodisch erhöhte Emissionen in allen Varianten festgestellt, wofür Frost-Tau Ereignisse verantwortlich sein dürften, denn durch den Frost werden organische Reststoffe im Boden mechanisch zerkleinert. Die Mikroorganismen werden während der Tauperiode vermehrt aktiv und im feuchten Boden kommt es zu einer erhöhten Denitrifikation und folglich N_2O -Freisetzung (Christensen & Christensen, 1991).

Gesamt- N_2O -N Emissionen: Für den Zeitraum April 2001 bis März 2002 variierten die jährlichen N_2O -N Emissionen zwischen 2 und 5 kg N_2O -N $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ (Abb. 2). Zur Ermittlung dieser Werte wurden die Messergebnisse der Messtermine linear interpoliert und anschließend aufsummiert. Die statistische Verrechnung mit dem Programmpaket SAS ergab, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten gibt. Das heißt, dass offensichtlich eine 4jährig unterschiedliche Bewirtschaftungsintensität und eine niedrige bis mittlere N-Düngungsintensität nur unerhebliche Effekte auf die Gesamt- N_2O -Freisetzungen ausübten. Die Höhe der jährlichen N_2O -N Emissionen stimmt mit Ergebnissen von Flessa *et al.* (1998) und Poggemann *et al.* (1999) u.a. überein. Von diesem Standort emittierten ungefähr 0,6% des applizierten mineralischen N und 0,8% des applizierten Gülle-N. Werte in diesem Bereich wurden auch von Clayton *et al.* (1997) ermittelt.

Die jährlichen N_2O -Emissionsraten bezogen auf eine Einheit produzierte Nettoenergie (GJ NEL ha^{-1}) betragen im Mittel aller Varianten 38 g N_2O -N/GJ NEL (20g-62g). Die Abbildung 3 zeigt, dass unabhängig von der Bewirtschaftungsintensität die produzierte Einheit Futter mit vergleichbaren N_2O Emissionen belastet ist. Weiterführende Informationen über die Grünlanderträge von diesem Standort werden bei Trott (2003) dargestellt.

Die Gesamt- N_2O -N Emissionen zeigten zwar keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von den Versuchsfaktoren. Die folgende Analyse ausgewählter Zeiträume in der Messkampagne dokumentiert jedoch, dass gesicherte Effekte unter Schnittnutzung (2.4.-2.7.2001) durch die hohen Streuungsmaße während der nachfolgenden Weideperiode maskiert werden.

N_2O -Emissionsraten – 1. Düngungsperiode (2.4.-14.4.2001): Zur Bestimmung der mittleren N_2O Emissionen zur Zeit der ersten Düngung im Frühjahr wurden die Werte von 10 Messterminen gemittelt und das arithmetische Mittel der drei Einzelhauben gebildet (Abb. 4). Die mittleren N_2O -Emissionsraten der Varianten variierten zwischen 15 und 92 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$ (ganzer Balken). Die Varianzanalyse mit dem Dunnett-Test ergab, dass sich bis auf die Güllevariante alle Varianten signifikant von der Kontrollvariante unterscheiden. Mit dem T-Test konnte festgestellt werden, dass sich die Gülle- und die mineralisch gedüngte Variante signifikant voneinander unterscheiden. Der gestreifte bzw. karierte Teil der Balken stellt den mineraldünger- bzw. güllebürtigen Anteil des N_2O dar, die Zahl oberhalb des Balkens den düngerbürtigen Anteil in Prozent der Emissionsrate. Aus dem Mineraldünger emittierte signifikant mehr N_2O -N (49%) als aus der Gülle (22%), was darauf zurückzuführen ist, dass der gesamte Mineraldünger für die Mikroorganismen sofort verfügbar war, aber nur etwa 50% des Gülle-N in Form von $\text{NH}_4\text{-N}$. Das bedeutet auch, dass mit steigender N-Intensität der Anteil des N_2O aus dem Dünger steigt. Es wird gezeigt, dass der Boden-N-Vorrat einen erheblichen Beitrag zur N_2O -Bildung leistet. Ein Vergleich mit anderen Studien ist derzeit nicht möglich, da es zu diesem Thema kaum vergleichbare Versuchsansätze gibt.

N_2O -Emissionsraten – 2. Düngungsperiode (28.5.-8.6.2001): Zur Zeit der 2. Düngung schwächte sich der Effekt der vermehrten N_2O -Freisetzung nach N-Applikation stark ab, dieses Ergebnis zeigt sich auch bei Poggemann *et al.* (1999). Dieses ist auf einen geringeren Bodenwassergehalt während dieser Zeit zurückzuführen, welcher 16 Gewichts % betrug und in der 1. Düngungsperiode 25%. Es emittierten zwischen 10 und 18 $\mu\text{g N}_2\text{O}$ -N $\text{m}^{-2} \text{h}^{-1}$ im Mittel über 10 Messtermine (Abb. 5). Aus dem zugeführten Mineraldünger emittierten 28% bzw. 16%. 1% bzw. 3% aus der im Frühjahr zugeführten Gülle wurde in Form von N_2O in dieser Periode freigesetzt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten konnten nicht festgestellt werden.

N_2O -Emissionsraten – Beweidungsperiode (3.8.-26.11.2001): Während der Beweidungsperiode wurde die Großparzelle an zwei Terminen über zwei Tage von etwa 20 Jungrindern beweidet. Die Unterschiede zwischen den Varianten in bezug auf die mittlere N_2O Emission (20 Messtermine) ist auf die von den Rindern willkürlich verteilten Exkremente und damit hohen N-Konzentrationen zurückzuführen (Abb. 6).

Die N_2O -Freisetzungen variierten zwischen 25 und 121 $\mu\text{g } N_2O\text{-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Es wurden noch 2% bzw. 1% des applizierten Dünger-N aus vorrangegangenen Dünungszeiträumen in dieser Periode freigesetzt.

N_2O -Emissionsraten – Winterperiode (13.12.01-4.2.02): Zur Zeit der Winterperiode (8 Messtermine) traten erhöhte N_2O Emissionen von 23 bis 62 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ aufgrund von Frost-Tau Ereignissen auf (Abb. 7). 1% bzw. 2% des applizierten Dünger-N der Dünungsperioden wurde noch in dieser Periode freigesetzt.

Diurnale Variabilität der N_2O Emissionen: Generell wurde die Gasprobenahme zwischen 13 und 14 Uhr durchgeführt. Da N_2O Emissionen eine diurnale Variabilität z.B. in Abhängigkeit von der Bodentemperatur in 5 cm Tiefe aufzeigen können (Velthof 1997), sollte die Aufnahme einiger Tagesgänge Aufschluss darüber liefern, ob zu dem Messzeitpunkt eine erhöhte oder erniedrigte Emission gegenüber dem Tagesmittelwert auftrat. Die Abbildung 8 bestätigt die Annahme einer signifikanten Beziehung zwischen der Bodentemperatur in 7 cm Tiefe und der N_2O -Emissionsrate. Während der 40 Stunden (23.3.-25.3.2002) schwankte die Bodentemperatur in 7 cm Tiefe zwischen 1,1 und 5,3°C und parallel dazu die N_2O Emissionen der Kontrollvariante zwischen 2,9 und 11,8 $\mu\text{g } N_2O\text{-N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Zwischen 15 und 17 Uhr waren die Bodentemperatur und die N_2O Emission am höchsten und am frühen Morgen am niedrigsten.

N_2 - und N_2O -Emissionsraten: Die Abb. 9 zeigt die N_2 - und N_2O -Emissionsraten, die durch die intakte Bodensäulen-Methode zur direkten Bestimmung dieser Gase im September 2002 gemessen wurden. Die N_2 Emissionen der Kontroll- und der Güllevariante waren bedeutend höher (C:1700, S:3500 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), als deren N_2O -Emissionen (C:28, S:250 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). Die N_2 und N_2O Emissionen der mineralisch gedüngten Variante waren annähernd gleich (M:~1200 $\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). Nach varianzanalytischer Untersuchung mit dem Dunnett- und dem T-Test konnte festgestellt werden, dass sich die drei Varianten in den N_2O Emissionen signifikant unterscheiden, in den N_2 Emissionen aber nicht. Dies bedeutet, dass mit einer NO_3^- Zufuhr die N_2O -Freisetzung überproportional ansteigt, denn NO_3^- hemmt die N_2O -Reduktion, so dass N_2 nicht mehr das dominante Endprodukt der Denitrifikation ist (Butterbach-Bahl *et al.* 2002). Die N_2O Emissionen der Güllevariante waren absolut niedriger als die der mineralisch gedüngten Variante, das liegt daran, dass den Mikroorganismen nur etwa 21kg leicht verfügbares $NH_4\text{-N ha}^{-1}$ zur Verfügung stehen, bei der mineralisch gedüngten Variante sind es 70kg leicht verfügbares N ha^{-1} . Das $N_2O:N_2$ Verhältnis nahm mit steigender N-Intensität zu (0,02 - 1,12); diese Ergebnisse stimmen mit Messungen von Butterbach-Bahl *et al.* (2002), in Nadelwäldern Süddeutschlands, überein (0,01 - 1,26).

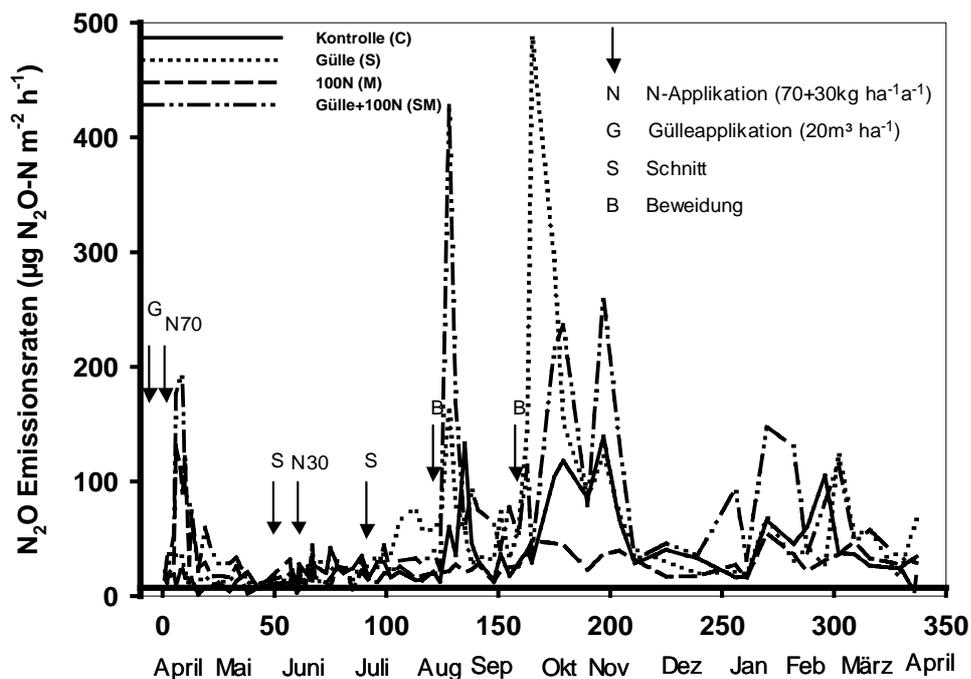


Abb. 1: N_2O -Emissionsraten ($\mu\text{g N m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) für den Zeitraum April 2001 bis März 2002.

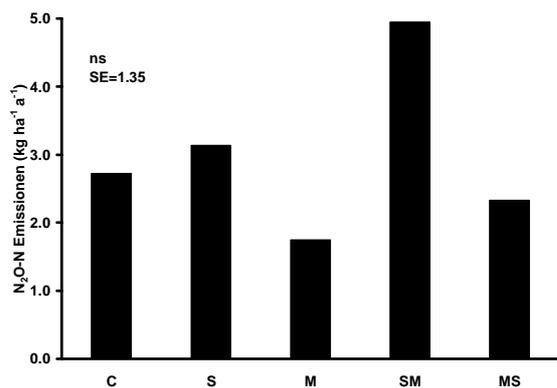


Abb. 2: Gesamt-N₂O-N Emissionen (kg N ha⁻¹ a⁻¹) für den Zeitraum April 2001 bis März 2002.

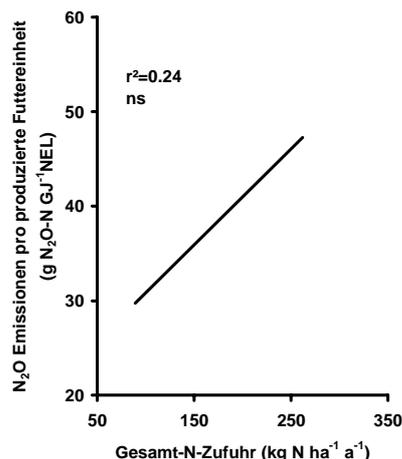


Abb. 3: N₂O Emissionen pro produzierte Einheit Futter (g N₂O-N GJ⁻¹ NEL) in Abhängigkeit von der N-Intensität.

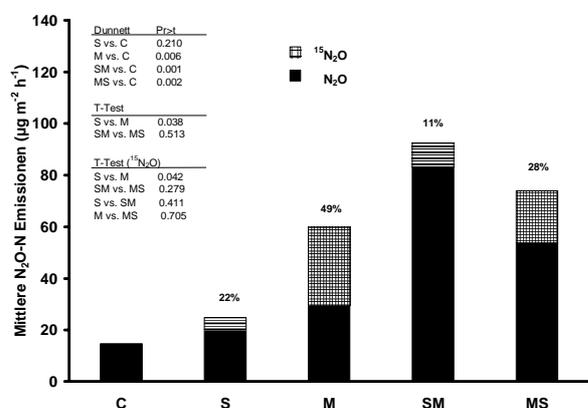


Abb. 4: Mittlere N₂O Emissionen (µg N m⁻² h⁻¹) und düngerbürtiger Anteil (%) während der 1. Düngungsperiode (2.4.-14.4.2001).

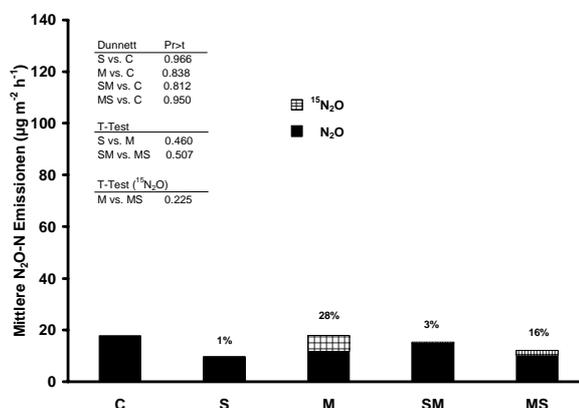


Abb. 5: Mittlere N₂O Emissionen (µg N m⁻² h⁻¹) und düngerbürtiger Anteil (%) während der 2. Düngungsperiode (28.5.-8.6.2001).

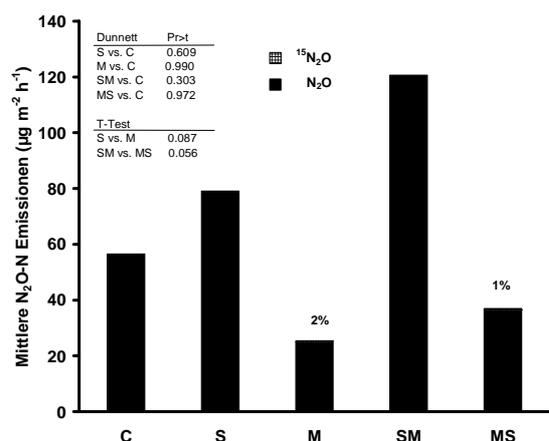


Abb. 6: Mittlere N₂O Emissionen (µg N m⁻² h⁻¹) und düngerbürtiger Anteil (%) während der Beweidung (3.8.-26.11.2001).

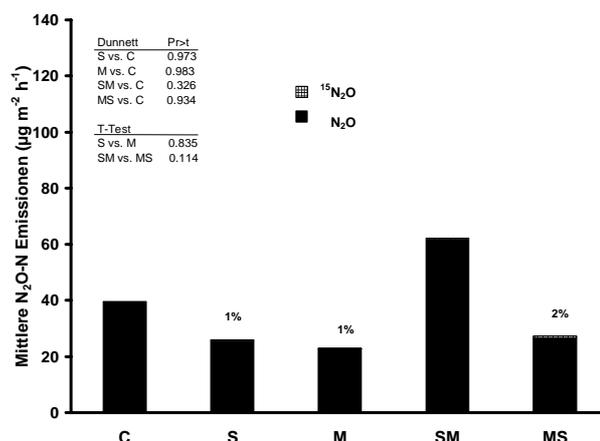


Abb. 7: Mittlere N₂O Emissionen (µg N m⁻² h⁻¹) und düngerbürtiger Anteil (%) während der Winterperiode (13.12.01-4.2.2002).

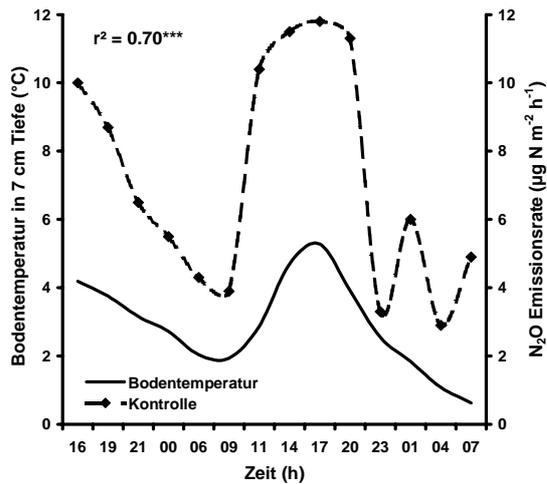


Abb. 8: Diurnale Schwankungen der N₂O Emissionen ($\mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$) der Kontrollvariante vom 23.3.-25.3.2002 und zeitlich entsprechende Bodentemperaturen in 7 cm Tiefe.

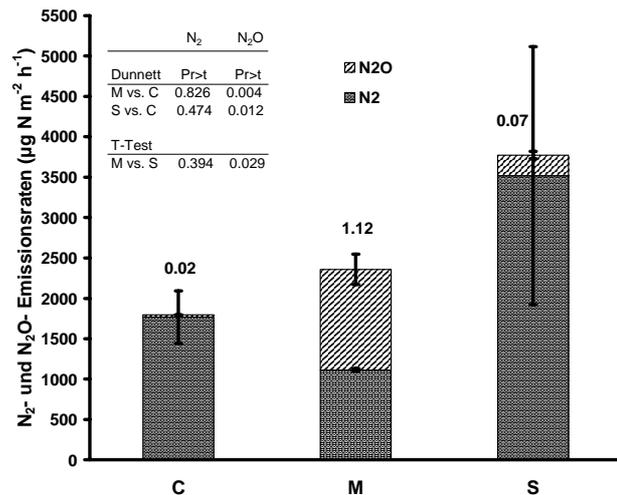


Abb. 9: N₂- und N₂O-Emissionsraten ($\mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$) der in-takten Bodensäulen, die von der Versuchsfläche im September 2002 entnommen und im Labor über 24 h gemessen wurden. Werte über den Säulen zeigen das N₂O:N₂ Verhältnis.

4. Zusammenfassung

Die N₂O Emission aus einer mehrjährig unterschiedlich intensiv mit N gedüngten Mähweide wird untersucht. Die jahreszeitliche Variabilität der N₂O Emissionen wird durch diese 11 monatige Langzeitmessung und der hohen Messfrequenz besonders zu Zeiten der Düngerapplikation dargestellt. Es zeigt sich, dass zur Zeit der Düngung im Frühjahr und insbesondere zur Zeit der Beweidung erhöhte Emissionen auftreten. Die N₂O-Freisetzungen werden durch unterschiedliche Klimafaktoren beeinflusst (u.a. Frost-Tau Zyklen). Es wird dargestellt, dass unter den gegebenen Standortbedingungen die jährlich freigesetzte N₂O-Menge nicht von der Höhe der N-Düngung abhängt. Durch die ¹⁵N-Markierung des Düngers kann gezeigt werden, dass aus dem Mineraldünger deutlich mehr N₂O emittiert als aus der Gülle und dass der Boden-N-Vorrat einen erheblichen Beitrag zur N₂O-Freisetzung leistet. Ebenso zeigt sich, dass N₂O-Emissionsraten in enger Beziehung zur Bodentemperatur stehen. Durch Messungen mit der intakten Bodensäulen-Methode wird gezeigt, dass der Versuchsstandort ein erhebliches Denitrifikationspotential besitzt und dass eine N-Dünger Zufuhr einen überproportionalen Anstieg der N₂O-Emission zur Folge hat. Über die quantitativen Ausprägungen wird eine weiterführende statistische Auswertung unter Berücksichtigung der Umweltvariablen Aufschluss geben.

5. Literatur

- AUGUSTIN, J., W. MERBACH, L. STEFFENS & B. SNELINSKI (1998). Nitrous oxide fluxes of disturbed minerotrophic peatlands. *Agribiological Research*, 51, 47-57.
- BUTTERBACH-BAHL, K., G. WILLIBALD & H. PAPAN (2002). Soil core method for direct simultaneous determination of N₂ and N₂O emissions from forest soils. *Plant and Soil*, 240, 105-116.
- CHRISTENSEN, S. & B.T. CHRISTENSEN (1991). Organic matter available for denitrification in different soil fractions: effect of freeze/thaw cycles and straw disposal. *Journal of Soil Science*, 42, 637-647.
- CLAYTON, H., I.P. MC TAGGART, J. PARKER, L. SWAN & K.A. SMITH (1997). Nitrous oxide emissions from fertilised grassland: A 2-year study of the effects of N fertiliser form and environmental conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 25, 252-260.
- FLESSA, H., U. WILD, M. KLEMISCH & J. PFADENHAUER (1998). Nitrous oxide and methane fluxes from organic soils under agriculture. *European Journal of Soil Science*, 49, 327-335.
- HOLMES, W. (1968). The use of nitrogen in the management of pasture for cattle. *Herb. Abstr.* 38, 265-277.
- MOGGE, B. (1995). N₂O-Emissionen und Denitrifikationsabgaben von Böden einer Jungmoränenlandschaft in Schleswig-Holstein. Dissertation Projektzentrum Ökosystemforschung der Christian-Albrechts-Universität Kiel.

- MOSIER, A.R. (1998). Soil processes and global change. *Biology and Fertility of Soils*, 27, 221-229.
- POGGEMANN, S., F. WEIßBACH & U. KÜNTZEL (1999). Reduktion der N-Überschüsse und Freisetzungen von N₂O aus Grünland. *Berichte über Landwirtschaft Band 77*, 21-34.
- TROTT, H.T. (2003). Mittelfristige Auswirkungen einer variierten Bewirtschaftungsform und N-Intensität auf Leistungsparameter und die Stickstoffbilanz von Dauergrünland. Dissertation, Lehrstuhl Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau der Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- VELTHOF, G.L. & O. OENEMA (1995). Nitrous oxide fluxes from grassland in the Netherlands: 2. Effects of soil type, nitrogen fertilizer application and grazing. *European Journal of Soil Science*, 46, 541-549.
- VELTHOF, G. L. (1997). Nitrous oxide emission from intensively managed grasslands. Doctoral thesis, Wageningen Agricultural University (Netherlands).

Diese Untersuchung wurde mit finanzieller Unterstützung des Ministeriums für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein durchgeführt.

Untersuchungen zur Grünlandbewirtschaftung in nordrhein-westfälischen Betrieben – Pflanzenbestände, Erträge, Futterqualitäten, Nährstoffbilanzen

Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup, Hubert Kivelitz, Gudrun Schlett,
Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft Soest

Einleitung

Dauergrünland ist nach wie vor in vielen Regionen Deutschlands ein prägender Bestandteil des Landschaftsbildes und hat mit seinen vielfältigen Funktionen für den Biotop- und Artenschutz eine herausragende Stellung. Gleichzeitig hat das Dauergrünland aber auch in den letzten 20 Jahren in regional unterschiedlichem Ausmaß an Bedeutung verloren. Die Ursachen sind in erster Linie in der mit steigenden Einzeltierleistungen verbundenen Abnahme der Zahl der Milchkühe zu sehen. Die sehr hohen Ansprüche von Hochleistungstieren an die Grundfutterqualität können durch das Grünlandfutter allein nicht mehr erfüllt werden, so dass das Grünland als Futterlieferant seine vorrangige Stellung verloren hat (HOCHBERG 2002). So nimmt mit steigender Milchleistung in Richtung 9.000 und 10.000 kg/Kuh/Jahr der Anteil des Grünlandfutters in der Gesamtration deutlich ab (ERNST 2001a). Dagegen nehmen kostengünstiges Kraftfutter und zusätzliches Grundfutter (Mais, Pressschnitzel, Biertreber etc.) größere Anteile in der Futtermischung ein. Durch den ökonomischen Druck, die Einzeltierleistung weiter zu erhöhen, verbunden mit vermehrtem Einsatz von Kraftfutter, wird der Prozess der Freisetzung von Grünland infolge der Verdrängung von Grünlandfutter durch Kraftfutter nicht nur in Ackerbauregionen weiter fortgesetzt (OPITZ VON BOBERFELD 2001).

Der hohe Kostendruck der Milcherzeugung und die Anforderungen der Hochleistungskühe an strukturiertes Grundfutter mit hoher Energiedichte zwingt zu einer intensiven Grünlandfutterproduktion, die alle produktionstechnischen Möglichkeiten ausnutzt. Das genetische Leistungspotenzial der Milchkuh ist durch ein effizientes Qualitätsmanagement der Futtererzeugung auszuschöpfen, um die ökonomische Nachhaltigkeit des Betriebes zu realisieren. Sinkende Milchpreise erhöhen dabei den Druck auf die betriebliche Leistungssteigerung sowie auf die Senkung der variablen und fixen Kosten.

Das Problem der reinen Grünlandbetriebe, wie sie vielfach in den Mittelgebirgsregionen anzutreffen sind, besteht nach KÜHBAUCH und ANGER (1999) darin, dass das Leistungspotenzial von Hochleistungskühen nur mit erheblichem Kraftfutteraufwand ausgereizt werden kann. Dadurch werden in zunehmendem Umfang Nährstoffe in den Grünlandbetrieb importiert. Dem steht jedoch kein adäquater Nährstoffexport durch Fleisch und Milch gegenüber. Weiterhin werden über Mineraldünger häufig hohe Stickstoffmengen importiert. So entsteht gerade in flächenknappen, intensiv wirtschaftenden Grünlandbetrieben ein unausgewogenes Verhältnis zwischen Nährstoffinput und Nährstoffoutput mit betrieblichen N-Überhängen von 150 - >200 kg/ha. Diese Nährstoffüberhänge können ein erhebliches ökologisches und wasserwirtschaftliches Problem bedeuten, der Grenzbereich der guten fachlichen Praxis wird durch solche Bilanzsalden deutlich überschritten. Insbesondere die Höhe des Bilanzsaldos ist ein geeigneter Indikator für eine umweltverträgliche Grünlandbewirtschaftung. Allerdings besteht noch kein Konsens über die Toleranzgrenzen von Bilanzüberhängen.

Im Rahmen des Modellvorhabens „Integrierte Grünlandbewirtschaftung in nordrhein-westfälischen Leitbetrieben“, ein Verbundprojekt der Fachhochschule Südwestfalen, FB Agrarwirtschaft Soest mit den Landwirtschaftskammern Rheinland und Westfalen-Lippe, werden in vier Grünlandbetrieben in Nordrhein-Westfalen Strategien und Verfahren für eine umweltverträgliche, standortangepasste und ökonomisch effiziente Grünlandbewirtschaftung entwickelt und praktisch umgesetzt. Pflanzensoziologische Untersuchungen, Ertragsdaten, Qualitätsanalysen und Nährstoffbilanzen sowie ökonomische Kennziffern sind dabei Bausteine von Analysen der Bewirtschaftungssysteme in diesem Modellvorhaben. Über die Öffentlichkeitsarbeit mit und in den Betrieben soll das Interesse und die Akzeptanz für integrierte Konzepte der Grünlandbewirtschaftung gefördert werden.

Standort- und Betriebsbeschreibung

Die vier Grünland-Leitbetriebe befinden sich in typischen Mittelgebirgs-Grünlandregionen Nordrhein-Westfalens und sind bezüglich der Beratung den Kreisstellen der Landwirtschaftskammer Westfalen-

Lippe bzw. Rheinland zuzuordnen. Die beiden westfälischen Leitbetriebe liegen im Hochsauerlandkreis (Grünlandanteil rd. 66 % der LF). Die rheinländischen Betriebe liegen im Landkreis Aachen in der Eifel (Grünlandanteil rd. 57,2 % der LF) bzw. im Bergischen Rhein-Sieg-Kreis (Grünlandanteil rd. 45,6 % der LF). Aufgrund der Feuchteverhältnisse und der Topographie (starke Hanglagen) sind große Areale der Betriebsflächen nicht ackerfähig. Auch der Silomaisanbau hat insbesondere in den Höhenlagen nur eine begrenzte Bedeutung. Die verschiedenen Grünlandnutzungsformen und Bewirtschaftungsintensitäten der Leitbetriebe spiegeln die Bandbreite der Praxis in den nordrhein-westfälischen Grünlandregionen wieder.

Die Standortverhältnisse, Betriebsdaten und Nutzungsintensitäten des Grünlandes sowie die Milchleistungsdaten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Darstellung der Betriebs- und Standortverhältnisse der Leitbetriebe

Standort	Klima / Boden	Betriebsgröße /GV	Grünlandnutzung	ges. Milchleistung Milchleistung aus GF* (kg/Kuh/Jahr)
Meschede Sauerland (hohe Mittelgebirgslage)	380-450 m ü. NN, 1.100 mm JNS, 7,5°C JDT, flachgründige, steinige Schieferthonböden	50 ha GL, 10 ha SM, 65 MK + WNZ, 2 GV/ha	4-Schnitt-Nutzung, hofnahe Flächen z.T. Mähweidenutzung	8.500 4.000
Medebach Sauerland (hohe Mittelgebirgslage)	400-750 m ü. NN, 750 mm JNS, 6,5°C JDT, flachgründige sandige Lehm- bzw. Lehmböden, z.T. heterogene Standortverhältnisse	80 ha GL, 7 ha SM, 85 MK + WNZ, 2 GV/ha	Ausschl. Schnittnutzung (3-5 Schnitte je nach Witterung und Standort)	7.100 4.950
Much (Rheinisch-Bergischer Kreis),	200 m ü. NN, 900 mm JNS, 7,5°C JDT, steinige Lehmböden	60 GL, 55 MK + WNZ, 1,4 GV/ha seit 1997 Extensivierung	Standweidenutzung hofnaher Flächen, Mähweidenutzung (3 Schnitte + Herbstweide) eine Naturschutzfläche	6.500 3.000
Monschau Eifel (hohe Mittelgebirgslage)	500 m ü. NN, > 1000 mm JNS, steiniger, schluffiger Lehm	72 ha GL, 90 MK, 2 GV/ha, seit 2001 Öko-Betrieb nach EU-Richtlinien	Ausschl. Schnittnutzung (4 Schnitte) hofnahe Fläche als Auslauf für Kühe	8.500 4.500

JNS = Jahresniederschläge, JDT = Jahresdurchschnittstemperatur, GL = Grünland, SM = Silomais, GF = Grundfutter, MK = Milchkühe, WNZ = Weibliche Nachzucht

*GF beinhaltet Raufutter (Grassilage, Heu), Maissilage/CCM, Biertreber

Pflanzensoziologische Untersuchungen und Bestandeswertzahlen

Im Rahmen des Untersuchungsprogramms wurden zu Beginn der Projektphase die Grünlandflächen der Leitbetriebe hinsichtlich Artenzusammensetzung und Dominanzgefüge untersucht (Tabelle 2). Aus den Ergebnissen dieser pflanzensoziologischen Untersuchungen lassen sich Aussagen über die Standortverhältnisse und -potenziale, den Pflegezustand, die Nährstoffversorgung und die Nutzungsintensität sowie den Futter- und Ertragswert des jeweiligen Standortes ableiten. Weiterhin geben die Ergebnisse der pflanzensoziologischen Untersuchungen wichtige Hinweise auf notwendige Pflege- und Verbesserungsmaßnahmen (z.B. Nachsaat, Einbringen von Weißklee, Entwässerung).

Ein Ziel des Projektes ist die Optimierung der Grünlandflächen im Hinblick auf Bestandeszusammensetzung und Narbenqualität. Diese Optimierung wiederum bildet eine wichtige Grundlage zur Erzeugung von hochwertigem, energie- und ertragreichem Futter als Voraussetzung für hohe Grundfutterleistungen.

Mit Hilfe der Bestandeswertzahlen (BWZ) lässt sich der futterbauliche Wert von Dauergrünlandflächen quantifizieren. Dadurch lassen sich Grünlandbestände verschiedener oder ähnlicher Zusammensetzung

miteinander vergleichen. Zur Berechnung des Bestandeswertes müssen die vorkommenden Pflanzenarten und deren Ertragsanteile erfasst werden.

Die ermittelte BWZ einer Fläche muss als Momentaufnahme gewertet werden. Insbesondere bei heterogenen, artenreichen Grünlandbeständen, ohne herausragende Dominanz bestimmter Arten, kann die Bestandeswertzahl im Jahresverlauf schwanken, da sich die Dominanz- und Ertragsverhältnisse der Arten innerhalb eines Jahres ändern. Sehr homogene Bestände (z.B. Weidelgras-Weißklee-Weiden mit hohen Anteilen von Deutschem Weidelgras) unterliegen eher geringen BWZ-Schwankungen. Die BWZ spiegelt das futterbauliche Potenzial einer Grünlandfläche wieder, der eigentliche Futterwert wird jedoch wesentlich über die zeitliche und verfahrenstechnische Nutzung des Aufwuchses bestimmt.

Tabelle 2: Pflanzengesellschaften des Grünlandes sowie Bestandes- bzw. Futterwert von Grünlandbeständen in den Leitbetrieben

Betrieb	Pflanzengesellschaft des Grünlandes	Charakterisierung	durchschn. BWZ	Durchschn. AZ	Ertrag zu den Nutzungsterminen* (dt TM/ha)			
					1.	2.	3.	4.
Meschede	<p>Überwiegend artenarme, leistungs-starke Weidelgras-Weißkleeweiden (<i>Lolium Cynosuretum</i>) auf mäßig feuchten Flächen</p> <p>sonstige Grünlandgesellschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Überflutungsrasen mit Knickfuchs-schwanz - mäßig feuchte Berg-Glatthafer-wiese - Rotschwingel-Straußgrasweide 	<p>Hohe Nutzungsintensität, intensive Pflege, regelmäßige Nachsaaten, rel. hohes N-Niveau führten zu sehr homogenen Beständen mit hohen Ertragsanteilen von Deutschem Weidelgras 70-80 %</p>	7,4	10	31	33	32	14
					ges. Ertrag 110 dt/ha TM			
					relativer Ertragsanteil			
					28%	30%	29%	13%
Medebach	<p>meist Weidelgras-Weißkleeweiden (<i>Lolium Cynosuretum</i>)</p> <p>sonstige Grünlandgesellschaften:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rotschwingel-Straußgrasweide - Weidelgras-Weißkleeweiden mit Frauenmantel - mäßig feuchte Berg-Glatthafer-wiese - wechselfeuchte Goldhaferwiese - Binsen-Pfeifengraswiese - Sumpfdotterblumenwiese - Knickfuchsschwanzrasen - Überflutungsrasen mit Flutenden Schwaden 	<p>Früher typische Pflanzengesellschaften (z.B. Berg-Glatthaferwiesen, Goldhaferwiesen, Rotschwingel-Straußgrasweiden) kommen nur noch fragmentarisch vor. Durch hohe N-Düngung sowie durch Nach- und Neusaaten mit Deutschem Weidelgras ist der Wiesencharakter nahezu verschwunden. Flächen sind sehr leistungsstark. Knaulgras, Wiesenlieschgras und Wiesenrispe haben aufgrund der Höhenlage noch größere Bedeutung in den Beständen.</p>	7,0	14	43	28	24	18
					ges. Ertrag 113 dt/ha TM			
					relativer Ertragsanteil			
					38%	25%	21%	16%

Fortsetzung Tabelle 2

Betrieb	Pflanzengesellschaft des Grünlandes	Charakterisierung	durchschn. BWZ	durchschn. AZ	Ertrag zu den Nutzungsterminen* dt TM/ha			
					1.	2.	3.	4.
Much	überwiegend Weidelgras-Weißkleeweiden (<i>Lolium Cynosuretum</i>) auf mäßig feuchten Standorten in unterschiedl. Ausprägung sonstige Grünlandgesellschaften: - Fuchsschwanz-Frischwiesen - feuchte Rotschwingelweide - Kickfuchsschwanzrasen	Die einzelnen Schläge sind hinsichtlich der Artenzusammensetzung bzw. des Dominanzgefüges eher heterogen. Dies hängt einerseits mit den unterschiedlichen Feuchtigkeitsverhältnissen zusammen, andererseits aber auch damit, dass regelmäßige Nachsaaten mit Deutschem Weidelgras bislang nicht durchgeführt wurden. So ist beispielsweise die Gemeine Rispe in den meisten Grünlandschlägen stark bis dominant vertreten, die aufgrund ihrer geringen Ertragsleistung unerwünscht ist. Des Weiteren tritt auf einigen Flächen das Wollige Honiggras (FWZ 4) in unerwünschten Anteilen auf (6 bis 60 %). Auch der Kriechende Hahnenfuß sowie der Brennende Hahnenfuß treten insbesondere in vernässten Bereichen auf und senken den Bestandeswert erheblich. Bemerkenswert sind die insbes. zum zweiten Schnitt zu beobachtenden Weißkleeanteile bis zu >50%. Im Jahresdurchschnitt betragen die Kleeanteile rd. 20%.	6,3	10	35	42	28	-
					ges. Ertrag 105 dt/ha TM			
					relativer Ertragsanteil			
					33%	40%	27%	
Monschau	überwiegend Weidelgras-Weißkleeweiden (<i>Lolium Cynosuretum</i>) auf mäßig feuchten Standorten in unterschiedl. Auspräg. sonstige Grünlandgesellschaften: - Weidelgras-Weißkleeweiden unterschiedl. Ausprägung - feuchte Rotschwingel-Straußgrasweide - Glatthaferwiese - Reine Berg-Glatthaferwiese - Knickfuchsschwanzrasen - Waldbinsenwiese	Der durchschnittliche Anteil an Deutschem Weidelgras beträgt rd. 30%. Das auf einem Großteil der Betriebsflächen bis zum Jahr 2001 regelmäßig nachgesäte Bastard-Weidelgras (<i>Lolium hybridum</i>) (FWZ 7) wies im Jahr 2001 einen durchschnittlichen Ertragsanteil von ca. 40 % auf. Seit der Umstellung des Betriebes auf ökologische Bewirtschaftung im Juli 2001 erfolgen Nachsaaten mit einer G V Standardmischung. Es ist daher davon auszugehen, dass der Anteil des Bastard-Weidelgras abnehmen wird	6,6	12	29	25	24	23
					ges. Ertrag 101 dt/ha TM			
					relativer Ertragsanteil			
					29%	25%	29%	23%

BWZ = Bestandeswertzahl; FWZ = Futterwertzahl; AZ = Artenzahl, *Mittelwert aus 2001/2002

Erträge und Qualitäten der Grünlandaufwüchse

Hohe Leistungen aus dem Grundfutter erfordern eine intensive Nutzung sowie eine Anpassung der Düngung, um dichte Narben sowie eine entsprechende Zusammensetzung der Pflanzenbestände mit qualitativ hochwertigen Gräsern, Leguminosen und Kräutern zu erreichen. Die Nutzungstermine spielen im Hinblick auf die Futterqualität, die Jahreserträge und die Regenerationsfähigkeit der Narbe eine ebenso große Rolle. Ertragsmessungen ohne gleichzeitige Darstellung der Futterqualitäten haben nur eine relativ geringe Aussagefähigkeit.

Die Erträge der Grünlandaufwüchse und deren Qualitäten (Tabelle 3) müssen vor dem Hintergrund des Witterungsverlaufes und des Nutzungstermines jährlich neu beurteilt werden. So haben im Zeitpunkt der Siloernte ungünstige Witterungsbedingungen zum wenig nutzungselastischen ersten Schnitt eine verzögerte Ernte mit steigenden Erträgen und geringer werdenden Futterqualitäten zur Folge. Homogene Grünlandbestände mit höheren Anteilen vor allem später Sortentypen des Deutschen Weidelgrases und Anteilen von Weißklee weisen eine deutlich höhere Nutzungselastizität auf als Pflanzenbestände mit hohen Anteilen weniger erwünschter Gräser wie Wiesenfuchsschwanz und Gemeine Rispe. Dies zeigen eindeutig die Pflanzenbestände auf dem intensiv wirtschaftenden Betrieb in Meschede und dem Extensivierungsbetrieb in Much. Der Intensivbetrieb in Meschede mit seinen stark Weidelgras betonten Grünlandbeständen erzielt auch bei etwas verzögerter Nutzung noch gute Grasqualitäten. Bei den z.T. ungünstiger strukturierten Beständen des Extensivierungsbetriebes sind zur Schnittrife des Deutschen Weidelgrases Gräser wie Wiesenfuchsschwanz, Gemeine Rispe oder das Honiggras bereits überständig. Auch die z.T. Knautgras betonten Bestände des Betriebes in Medebach zeigen eine sehr geringe Nutzungselastizität. Witterungsbedingte späte Nutzungen führen hier sehr rasch zu Qualitätseinbußen, die sich in der Milchleistung und in der ökonomischen Effizienz des Grundfutters bemerkbar machen.

Tabelle 3: Qualitäten der Frischgrasproben 2001 und 2002 (Ergebnisse aus Mischproben der Beprobungsschläge)

Betrieb	Jahr	1. Schnitt		2. Schnitt		3. Schnitt		4. Schnitt	
		RF (% in TM)	MJ NEL/kg TM						
Meschede	2001	22,3	6,6	23,4	6,2	24,5	6,1	22,2	6,2
	2002	25,4	6,3	24,5	6,2	26,9	6,0	23,4	6,2
Medebach	2001	25,9	6,3	23,3	6,3	25,9	6,2	23,6	6,1
	2002*								
Much	2001	21,4	6,5	29,9	5,8	26,7	6,0	-	-
	2002	27,4	5,9	24,4	6,1	k.A.	k.A.	-	-
Monschau	2001	k.A.	k.A.	23,2	6,7	25,5	6,6	24,7	6,3
	2002	22,5	6,6	26,7	6,3	22,6	6,3	20,8	6,3

*aufgrund unterschiedlicher Schnittermine der Flächen wurden Einzelflächenanalysen durchgeführt

Nährstoffvergleiche in Grünlandbetrieben

Übergeordnetes Ziel des Projektes „Integrierte Grünlandbewirtschaftung“ ist die Frage nach der Bewirtschaftungsintensität, die in Grünlandbetrieben aus ökologischer und ökonomischer Sicht noch vertretbar ist. Nährstoffbilanzsalden stellen dabei wichtige Indikatoren zur Bewertung der Nachhaltigkeit in der Grünlandwirtschaft dar. Die Grundlage der Untersuchungen ist eine möglichst genaue quantitative Erfassung und Transparenz der Nährstoffflüsse in den Leitbetrieben. Dies erfordert regelmäßige Nährstoffanalysen der wirtschaftseigenen Düngemittel (Gülle, Mist) und der Zukauffuttermittel. Darüber hinaus werden schlagspezifische Ertragserhebungen durchgeführt. Die Aufwüchse werden auf Futterwert und Nährstoffgehalt analysiert. Aus den Ergebnissen erstellter Nährstoffbilanzen auf Hoforbasis (Tabelle 4), Feld-Stall-Basis sowie auf der Basis des Einzelschlages lassen sich optimierte Produktionsstrategien zur Verbesserung der Effizienz der eingesetzten Nährstoffe ableiten. Die Analyse der betrieblichen Nährstoffflüsse soll die Ursachen von möglichen Nährstoffüberhängen bzw. -defiziten aufzeigen (Überhänge verursacht z.B. vor allem durch hohe Mengen Zukauffuttermittel oder durch Zukauf mineralischer Düngemittel). Mögliche Einsparpotenziale müssen in Zusammenarbeit mit den Beratern der Landwirtschaftskammern und den Betriebsleitern erarbeitet werden. Im engen Zusammenhang mit möglichen Einsparpotenzialen bei der mineralischen Düngung muss die Leistung der biologischen N-Fixierung aus Leguminosen und der effiziente Einsatz wirtschaftseigener Düngemittel gesehen werden.

Durch die schlagspezifische Ermittlung der Erträge und durch Nährstoffanalysen ist eine relativ genaue Erfassung der Nährstoffimporte und Nährstoffexporte möglich, so dass individuellere Düngeplanungen möglich sind, die z.B. die Leistungen der Einzelflächen (Pflanzenbestände, Exposition der Flächen u.a.) stärker berücksichtigen.

Besonderes Augenmerk muss den Weideflächen geschenkt werden, da die Rückführung der Exkremente (85-90 %) Hauptursache für die geringe Stickstoffverwertungseffizienz ist (vgl. ERNST 2001a, ERNST 2001b, TAUBE, 2001). Durch die Reduktion des Weideanteils oder die Überführung von Weidesystemen in Mähweidewirtschaften kann die Stickstoffeffizienz deutlich erhöht werden. Auf jeden Fall ist bei der Düngung von Weideflächen die Rückführung der Nährstoffe über die Exkremente sowie die N-Bindung der Leguminosen zu berücksichtigen. Bei hohen Weideintensitäten sind dann oftmals nur noch geringe bis keine Ergänzungsdüngergaben erforderlich.

Tabelle 4: Vergleich der N-Flüsse in den Leitbetrieben auf Hoforbasis (Wirtschaftsjahr 2001/2002)

N-Flüsse	Meschede	Medebach	Much	Monschau
N-Import FuMi kg/ha	144	102	68	152
N-Import Mineral-N kg/ha	172	157	-	(72)
N-Import ges. kg/ha	316	259	68	224
Verluste (Ausbr./Lager) kg/ha	47	52	38	51
N-Export WD kg/ha	38	17	-	22
N-Export Vieh, Milch kg/ha	58	44	37	69
N-Überhang/Defizit kg/ha	+ 172	+ 139	- 7	+ 82
N aus WD (netto) kg/ha	108	125	132	124
N ges. (WD+Mineral.) kg/ha	280	282	132 + 80 kg WK	196 + 40 kg WK

FuMi = Futtermittel; WD = Wirtschaftsdünger, WK = Weißklee

Die N-Bilanz der Betriebe im Vergleich

Der Betrieb in Meschede repräsentiert im Rahmen des Projektes flächenknappe, intensiv wirtschaftende Grünlandbetriebe (2 GV/ha) des nordrhein-westfälischen Mittelgebirges mit relativ hoher Milchleistung.

Die hohe Bewirtschaftungsintensität führt beim Stickstoff (N) zu deutlichen Nährstoffüberhängen. Wie in Tabelle 4 dargestellt, werden über Futtermittel (144 kg/ha) und Mineraldünger (172 kg/ha) insgesamt 316 kg/ha N in den Betrieb importiert. Dem steht ein Export von N über Wirtschaftsdünger, tierische Produkte (v.a. Milch) und unvermeidbare gasförmige N-Verluste durch Ausbringung und Lagerung in Höhe von insgesamt 143 kg/ha gegenüber. Dadurch ergibt sich ein rechnerischer N-Überhang von 172 kg/ha.

Wissenschaftlich schwierig zu klären ist die Frage, inwieweit der hohe N-Überhang von 172 kg/ha ein Umweltbelastungspotenzial darstellt. Geringe Nmin-Werte zu Vegetationsende belegen, dass nur relativ wenig auswaschungsgefährdetes Nitrat im Boden vorliegt. Auch sind die N-Überhänge bezogen auf

die Schlagbilanzen relativ gering. Es ist daher davon auszugehen, dass die gasförmigen N-Verluste, die bei der Lagerung von Wirtschaftsdünger entstehen deutlich höher sind, als dies nach den Angaben der Düngeverordnung berücksichtigt wird. So betragen die N-Verluste im Stall nach Untersuchungen von LÜTKE ENTRUP et al. (2001), im Mittel der untersuchten Veredelungsbetriebe und im Mittel der Jahre durchschnittlich etwa 20 %. Diese sind als gasförmige Verluste zu betrachten. Zusammen mit den gasförmigen Ausbringungsverlusten beim Einsatz von Wirtschaftdüngern in Höhe von 20 % gemäß Düngeverordnung, sind demnach Gesamtverluste von 40 % N zu veranschlagen, die den Betrieben effektiv nicht zur Verfügung stehen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt JACOBS (2003). Danach können die gasförmigen N-Verluste bei der Güllelagerung etwa 17 %, bei der Festmistwirtschaft sogar bis zu 28 % betragen. Die Düngeverordnung erlaubt dem Landwirt bisher in der Hoftorbilanzierung die Berücksichtigung von 10 % Stallverlusten. Nach der überarbeiteten Düngeverordnung dürfen künftig auch diese Verluste nicht mehr angerechnet werden.

Eine Grünlandextensivierung im Sinne des Extensivierungsprogrammes Nordrhein-Westfalen ist bei der gegebenen Flächenausstattung des Betriebes in Meschede nicht zu empfehlen. Aus ökonomischer Sicht muss eine hohe Bewirtschaftungsintensität praktiziert werden, ohne die Nährstoffsalden aus den Augen zu verlieren. Wirtschaftseigene Düngemittel müssen noch stärker als bisher entsprechend dem Vegetationsverlauf und den Witterungsverhältnissen eingesetzt werden, um die Effizienz dieser Nährstoffquellen zu erhöhen und gleichzeitig mögliche Einsparpotenziale bei der Mineraldüngung auszuschöpfen.

Mit 139 kg/ha N-Überschuss bei rd. 2 GV/ha entspricht der Betrieb in Medebach (Tabelle 4) im Durchschnitt den intensiv wirtschaftenden, konventionellen Betrieben des Sauerlandes (BLUMENDELLER 2002). Die N-Überhänge sind im Rahmen des Demonstrationsvorhabens ohne Einbeziehung der unvermeidbaren Verluste auf einen anzustrebenden Wert von etwa 100 kg/ha N zu reduzieren. Einsparpotenziale in Höhe von 20-30 % sind insbesondere bei der mineralischen N-Düngung zu nutzen. Einen wesentlichen Beitrag leistet die Optimierung der Grundfutterleistung. Nährstoffspielräume können so erhöht werden. Dies setzt eine intensive Nutzung der Grünlandbestände mit entsprechenden Pflegemaßnahmen (Übersaat, Optimierung der Bestandszusammensetzung, frühzeitige Nutzung) voraus, wodurch sich die Nährstoffeffizienz verbessern wird.

Allerdings reichen 125 kg/ha N, die dem Betrieb aus Wirtschaftsdüngern nach Abzug der unvermeidbaren Verluste zur Verfügung stehen, bei intensiver Grünlandnutzung nicht aus, um hohe Erträge und hohe Qualitäten zu erzielen. Bei der im Betrieb praktizierten ausschließlichen Schnittnutzung der Grünlandflächen ist eine mineralische Ergänzungsdüngung mit Stickstoff unverzichtbar, die in der Höhe die Toleranzgrenzen der N-Bilanz berücksichtigen muss. Weniger N-Import über Zukauffuttermitteln dürfte im Beispielbetrieb ökonomisch nicht zu vertreten sein. Weiterhin sind die sehr heterogenen Leistungen der Einzelflächen des Betriebes (Höhenlage, Exposition) stärker zu beachten.

Die Bewertung der nach der Düngeverordnung berechneten Nährstoffsalden des Betriebes in Much (Tabelle 4) ergibt eine nahezu ausgeglichene Nährstoffbilanz. Für N ist im Wirtschaftsjahr 2001/2002 ein leicht negativer N-Saldo von -7 kg/ha N errechnet worden; im Vorjahr waren es noch -52 kg/ha N. Selbst wenn die N-Verluste bei der Berechnung der N-Salden nicht in Ansatz gebracht werden, beträgt der N-Überhang lediglich +30 kg/ha.

Die leicht negativen N-Salden des Extensivierungsbetriebes sind durch nicht erlaubte N-Importe durch Düngemittel begründet. Auch über Zukauffuttermittel werden verhältnismäßig wenig Nährstoffe importiert (68 kg/ha N). Gegenüber den Betrieben in Meschede und Medebach wird in dem Betrieb in Much nur etwa die Hälfte des N über Futtermittel importiert. Im Bereich der Zukauffuttermittel bestehen daher noch Nährstoffspielräume, die bei der Rationsgestaltung stärker genutzt werden können.

Aus Wirtschaftsdüngern stehen dem Betrieb 138 kg/ha N zur Verfügung. Durch die ganzjährige Weidewirtschaft auf hofnahen Flächen verbleibt ein Großteil der Exkremente jedoch noch auf den Weideflächen, was die N-Effizienz für den überwiegenden Teil der Flächen, die 3mal geschnitten werden zusätzlich reduziert. Die zur Verfügung stehenden N-Mengen allein würden nicht ausreichen, dauerhaft genügend hochwertiges Grünlandfutter zu erzeugen. Gerade in Extensivierungsbetrieben kann vor allem der Stickstoff (N) ein minimierender Nährstoff sein. Große Bedeutung hat daher die Etablierung von Weißklee in den Grünlandbeständen als biologische N-Quelle. Für den Betrieb in Much können nach Schätzungen etwa 20 % Weißkleeanteil (Ertragsanteil) in Ansatz gebracht werden. Das N-Nachlieferungspotenzial aus

Weißklee beträgt damit etwa 80 – 100 kg/ha. Damit stehen dem Betrieb effektiv etwa 210 – 230 kg/ha N zur Verfügung.

Würden die 80 – 100 kg/ha N aus dem Weißklee in der betrieblichen Nährstoffbilanz in Ansatz gebracht werden, ergäbe sich ein positiver N-Saldo von 70 – 90 kg/ha. Nährstoffspielräume für N-Importe aus Zukauffuttermittel würden damit etwas eingeschränkt werden.

Der Stickstoffsaldo des Betriebes in Monschau in der Eifel (Tabelle 4) ist vor dem Hintergrund politisch diskutierter Grenzwerte für Nährstoffüberhänge als relativ niedrig einzustufen. Ein N-Überhang von 82 kg/ha verweist auf eine hohe N-Effizienz des bis Juli 2001 „intensiv“ wirtschaftenden Betriebes.

Da eine Umstellung des Betriebes auf ökologische Bewirtschaftung erst ab Juli 2001 erfolgte, fließen im Betrachtungszeitraum (30.04.2001 bis 01.05.2002) auch mineralische Düngemittel in den Nährstoffvergleich auf Hoforbasis mit ein.

Gegenüber dem vorherigen Wirtschaftsjahr (2000/2001) haben sich die Nährstoffüberhänge leicht erhöht (bei N + 25 kg/ha). Dieser Sachverhalt erklärt sich durch den geringeren Export organischer Dünger an einen Nachbarbetrieb (4.740 kg N 2000/2001, 1.600 kg N 2001/2002). Die Zahlen verdeutlichen insgesamt, dass auch bei intensiv wirtschaftenden Grünlandbetrieben (ohne Ackerfutterbau) die Nährstoffüberhänge für Stickstoff ohne Berücksichtigung von Weißklee nicht zwangsläufig deutlich über 100 kg/ha liegen müssen. Eine angepasste Düngung sowie eine hohe Effizienz wirtschaftseigener Dünger tragen wesentlich zur Entlastung der Nährstoffüberhänge bei.

Da dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb künftig nur noch Wirtschaftsdünger zur Verfügung stehen und das N-Nachlieferungsvermögen der Böden begrenzt ist, ist der Etablierung von Weißklee in die Grünlandbestände als biologische N-Quelle größere Aufmerksamkeit zu schenken. Die derzeit noch zu geringen Weißkleeanteile sind über angepasste Nutzungsregime zu fördern.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Ertragshebungen und Qualitätsanalysen auf Dauergrünland in den Leitbetrieben über zwei Jahre zeigen zum einen das Leistungspotenzial der Grünlandbestände auf, zum anderen geben die Zahlen konkrete Hinweise für eine schlagspezifische Narbenpflege- und -verbesserungsmaßnahmen sowie über die Anpassung der Düngung an den Nährstoffbedarf. Eine weitere Optimierung der Effizienz betriebseigener Wirtschaftsdünger bei gleichzeitiger Reduktion mineralischer Düngemittel sind anzustreben. Dies bedeutet für alle Leitbetriebe zum einen alle Möglichkeiten zu nutzen, ertragreiche und intensiv nutzbare Grünlandbestände zu entwickeln bzw. zu erhalten, zum anderen optimale Nutzungszeitpunkte zu realisieren. Gerade dem optimalen Nutzungstermin ist in Zukunft noch größere Aufmerksamkeit zu schenken, da mit der Grundfutterqualität entscheidend die Grundfutterleistung und damit das ökonomische Gesamtergebnis beeinflusst werden kann. Hohe Grundfutterleistungen verbessern die Nährstoffeffizienz der Betriebe und erhöhen die Nährstoffspielräume.

Die Untersuchungsergebnisse über die Nährstoffbilanzen der ersten beiden Projektjahre liefern einen Gesamtüberblick über die derzeitige Situation bei den Nährstoffflüssen. Die ermittelten Nährstoffsalden geben wichtige Hinweise auf ein mögliches Umweltbelastungspotenzial, das gerade für den Nährstoff Stickstoff (N) auf Fachebene diskutiert wird. In den intensiv wirtschaftenden Grünlandbetrieben (Metschede und Medebach) sind die derzeitigen N-Überhänge sukzessive zu reduzieren. Flächenspezifische Düngeplanungen bilden eine wichtige Grundlage. Einsparpotenziale bei Mineraldüngern sind zu nutzen. Im Rahmen des Projektes sind aber auch die Nährstoff-Spielräume gerade bei intensiv wirtschaftenden, flächenknappen konventionellen Betrieben zu ermitteln und aufzuzeigen. Pflanzenbauliche und technische Maßnahmen zur Verbesserung der Grundfüttererträge und -qualitäten sind zwar zu nutzen, die ökonomische Rentabilität der Grünlandwirtschaft muss jedoch auch in konventionellen Betrieben ohne zusätzliche Bewirtschaftungsprämien erhalten bleiben. Es gilt daher auch die Grenzen des Abbaus von Nährstoffüberhängen in intensiv wirtschaftenden Betrieben aufzuzeigen.

Im Hinblick auf die Nährstoffüberhänge sind Erfahrungen und Erkenntnisse aus diesem Projekt in der Praxis deutlich zu machen. So unterstreichen die Ergebnisse den Aufklärungsbedarf in Grünlandbetrieben, die überwiegend über Faustzahlen Ertrag und Düngung kalkulieren und das tatsächliche Ertragspotenzial des Standortes überschätzen bzw. die Nährstoffwirkung der wirtschaftseigenen Dünger (Gülle) nicht ausreichend berücksichtigen.

Literatur

BLUMENDELLER, D. (2002): Nährstoffvergleiche in Grünlandbetrieben. Vortrag vom 20.08.2002 in Meschede

ERNST, P. (2001a): Anpassung des Grünlandmanagements an die hohe Leistung der Weidetiere. Kurzfassung der Vorträge des Sauerländer Grünlandtages am 07.11.2001 in Olpe.

ERNST, P. (2001b): Grünlandmanagement für Hochleistungstiere aus pflanzenbaulicher Sicht. Arbeitsunterlagen zur DLG-Grünlandtagung 2001: Nachhaltige Futterproduktion aus dem Grünland, S. 13-16, DLG, Frankfurt a.M.

HOCHBERG, H. (2002): Grünland und Milchvieh – Widerspruch oder Notwendigkeit? Kommentar zum Deutschen Grünlandtag in Echem vom 10.-11- August 2001. Internet: www.gruenlandverband.de, März 2002.

JACOBS, G. (2003): mündliche Information. Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Münster.

KÜHBAUCH W., M. ANGER (1999): Modellrechnungen zur Senkung von Stickstoffverlusten und Nährstoffüberschüssen im Milchviehbetrieb auf Grünland. Sonderdruck aus Agrarbiological Research, Hrsg. M. Kirchgeßner, Band 52, Heft 1, 1999, S. 77-84, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

LÜTKE ENTRUP, N., P. ZERHUSEN-BLECHER, F.-F. GRÖBLINGHOFF (2002): Leitbetriebe Integrierter Landbau in Nordrhein-Westfalen. Abschlußbericht zum Demonstrationsprojekt des Fachbereichs Agrarwirtschaft der FH Südwestfalen.

OPITZ VON BOBERFELD, W. (2001): Grünlandumwidmung: von konventioneller Milch- zur ökologischen Fleischerzeugung. Arbeitsunterlagen zur DLG-Grünlandtagung 2001: Nachhaltige Futterproduktion aus dem Grünland, S. 27-36, DLG, Frankfurt a.M.

TAUBE, F. (2001): N-Bilanzsalden auf Grünland – Ein Indikator für die gute fachliche Praxis? Arbeitsunterlagen zur DLG-Grünlandtagung 2001: Nachhaltige Futterproduktion aus dem Grünland, S. 5-12, DLG, Frankfurt a.M.

Nutzungsmanagement für eine qualitätsorientierte Futterproduktion bei hoher tierischer Leistung

P. Ernst † und C. Berendonk

Landwirtschaftskammer Rheinland, LWZ Haus Riswick, 47533 Kleve

In den vergangenen Jahren haben sich in der Landwirtschaft allgemein und in den Futterbau-Veredlungsbetrieben insbesondere gewaltige Strukturveränderungen vollzogen. Von 1989 bis 2000 nahm z. B. die Anzahl der Milchkühe in Nordrhein-Westfalen um 30 % ab. Mehr als doppelt so hoch war mit 65 % die Reduzierung der milchviehhaltenden Betriebe in NRW. Daraus ergibt sich eine starke Konzentration der Milchproduktion in stark wachsenden Futterbau-Veredlungsbetrieben. Im gleichen Zeitraum hat sich die Kuhzahl je Betrieb mit einer Zunahme von 110 % mehr als verdoppelt.

Gleichzeitig mit dem Strukturwandel hat der biologisch technische Fortschritt bei Zucht und Fütterung zu einer beachtlichen Leistungssteigerung geführt. Die Entwicklung der Milchleistung seit 1990 zeigt eine jährliche Leistungssteigerung von 100 kg Milch/Kuh. Mit steigender Milchleistung nehmen, wegen begrenzter Futteraufnahmekapazität der Milchkuh, die Anforderungen an die Energiekonzentration in der Futtermischung deutlich zu. Die Bedeutung der Grundfutterqualität für maximale Futteraufnahme und Milchleistung verdeutlicht Übersicht 1, in der die Zusammenhänge aus Angaben von Rieder (1990), Taysen (1996), Groß (1997) und Steinhövel (2000) zusammengefasst hat.

Um auch auf Grünlandflächen eine hohe Energieleistung zu realisieren, muss das Grünlandnutzungssystem dem tatsächlichen Grünlandfutterbedarf angepasst werden. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass der Einsatz von energiereichen Zufuttermitteln wie Kraftfutter, Mais und Pressschnitzeln sowie von Raps und Soja zum Proteinausgleich, auf Kosten des Grünlandfutters deutlich zugenommen hat. Bei hoher Milchleistung liegt der Grünlandfutteranteil in der Ration in den Grünlandregionen unter 50 % und in den Ackerbauregionen sogar unter 25 %.

Diese veränderten Bedingungen bei Milchleistung und Zufütterung erfordern eine ökonomisch notwendige und ökologisch sinnvolle Anpassung von Düngung und Nutzung in der Grünlandwirtschaft. Beim abnehmenden Grünlandfutterbedarf muss die Futterproduktion und somit die Düngung zurückgefahren werden. Gleichzeitig erfordern höhere Zufuttermengen automatisch längere Stallhaltungsperioden und erlauben dadurch weniger Weidegang. Mit steigender Milchleistung vollzieht sich somit der Wandel in der Grünlandwirtschaft ausgehend von hoher Düngung, hoher Beweidungsintensität und geringen Zufuttermengen hin zu weniger Düngung, verstärkter Zufütterung, mehr Stallhaltung und weniger Weidegang.

Im Rahmen einer nachhaltigen Grünlandwirtschaft wird gleichzeitig das Weidenutzungssystem von der Ganztagsweide mit weniger Zufutter über die Halbtagsweide mit mittlerer Zufütterung hin zur Kurztagsweide mit stundenweiser Beweidung und hoher Zufütterung im Stall angepasst. Die intensivste Form, die Sommerstallfütterung, wird in der Weideperiode häufig mit einigen Stunden Weidegang als Siesta-Beweidung und mit bis zu 2 kg TM Aufnahme/Kuh aus Weidegras kombiniert (siehe Übersicht 2).

Die höchste Leistungsreserve liegt nach unseren Vergleichsuntersuchungen bei Weide- und Schnittnutzung auf der Weide. Voraussetzung ist selbstverständlich eine hohe Nutzungsintensität mit angepasster Besatzdichte sodass das Weidefutter stets frühzeitig im jungen Wachstumsstadium aufgenommen wird. Eine zu geringe Besatzdichte hingegen führt zum Futterüberschuss. Das überschüssige Weidefutter wird überständig, altert und geht durch einen zunehmenden Rohfasergehalt und eine abnehmende Verdaulichkeit in der Futterqualität stark zurück. Die überschüssigen Futtermengen erhöhen die Beweidungsverluste und verschlechtern durch Auflockerung, Vergrasung und Verunkrautung die Narbenqualität. Auch gehen die Weißkleeanteile zurück. Gerade bei Beweidung mit Hochleistungskühen ist eine intensive Nutzung mit angepasster Besatzdichte eine erste Voraussetzung sowohl für eine hohe Futteraufnahme als auch für eine hohe Qualität des Weidefutters. Nach Riswickener Erfahrungen lassen sich diese Bedingungen optimal bei der Standweidenutzung realisieren.

In den Riswicker Beweidungsversuchen mit Milchkühen und Jungrindern wird ab 2000 in der Weideperiode etwa ab Ende Mai alle zwei Wochen das Futter auf den Weideflächen beprobt und auf Rohnährstoffgehalte untersucht. Die Energiegehalte im Weidefutter von Ende Mai bis Mitte Oktober sind im Mittel von 2000 – 2002 in der Übersicht 3 dargestellt. Der höhere Energiegehalt Ende Mai wurde kurz nach Auftrieb auf den Frühjahrsschnittflächen ermittelt. Bei intensiver Standweidenutzung lag die Energiekonzentration nicht nur im Sommer, sondern auch im Spätsommer und Herbst mit Werten zwischen 6,4 und 6,6 MJ NEL/kg TM hoch.

Bei der von uns praktizierten Standweidenutzung richtet sich die Besatzdichte auf der Weidefläche (Tierzahl/ha bei Beweidung) daher einerseits nach dem weidezeitabhängigen Futterbedarf der Weidetiere und andererseits nach dem täglichen Futterzuwachs auf den Weideflächen. Der Futterzuwachs ist abhängig von Standort und Düngungsintensität (siehe Übersicht 4). Die Besatzdichte ist ausschlaggebend sowohl für die Futteraufnahme als auch für die Futterqualität. In der Abb. 5 sind diese Zusammenhänge zwischen dem täglichen Futterzuwachs als Futterangebot einerseits und dem täglichen Futterbedarf und der Besatzdichte andererseits verdeutlicht. Bei einem Futterzuwachs von 60 kg TM/ha/Tag bei mittlerer Standortgüte können beim Bedarf von 20 kg TM/Kuh/Tag bei Ganztagsweide 3 Kühe und beim Bedarf von 6 kg TM/Kuh/Tag bei Halbtagsweide 10 Kühe aufgetrieben werden. Bei Sommerstallfütterung mit nur stundenweiser Beweidung (als Auslauf) und etwa 3 kg TM/Kuh/Tag Futterbedarf können 20 Kühe/ha geweidet werden. In der nachfolgenden Periode bis etwa Ende Juni können bei erhöhten Futterzuwachsraten auf den Weideflächen mehr Kühe je ha aufgetrieben werden. Beim nachlassenden Futterzuwachs in den nachfolgenden Abschnitten der Weideperiode muss die Besatzdichte reduziert werden. Bei gleichbleibender Tierzahl wird bis zum Herbst hin mehr Fläche für die Beweidung benötigt. Auf den sehr leistungsfähigen Standorten in begünstigten Lagen müssen die Besatzdichten dem Futterzuwachs in den jeweiligen Perioden angepasst werden.

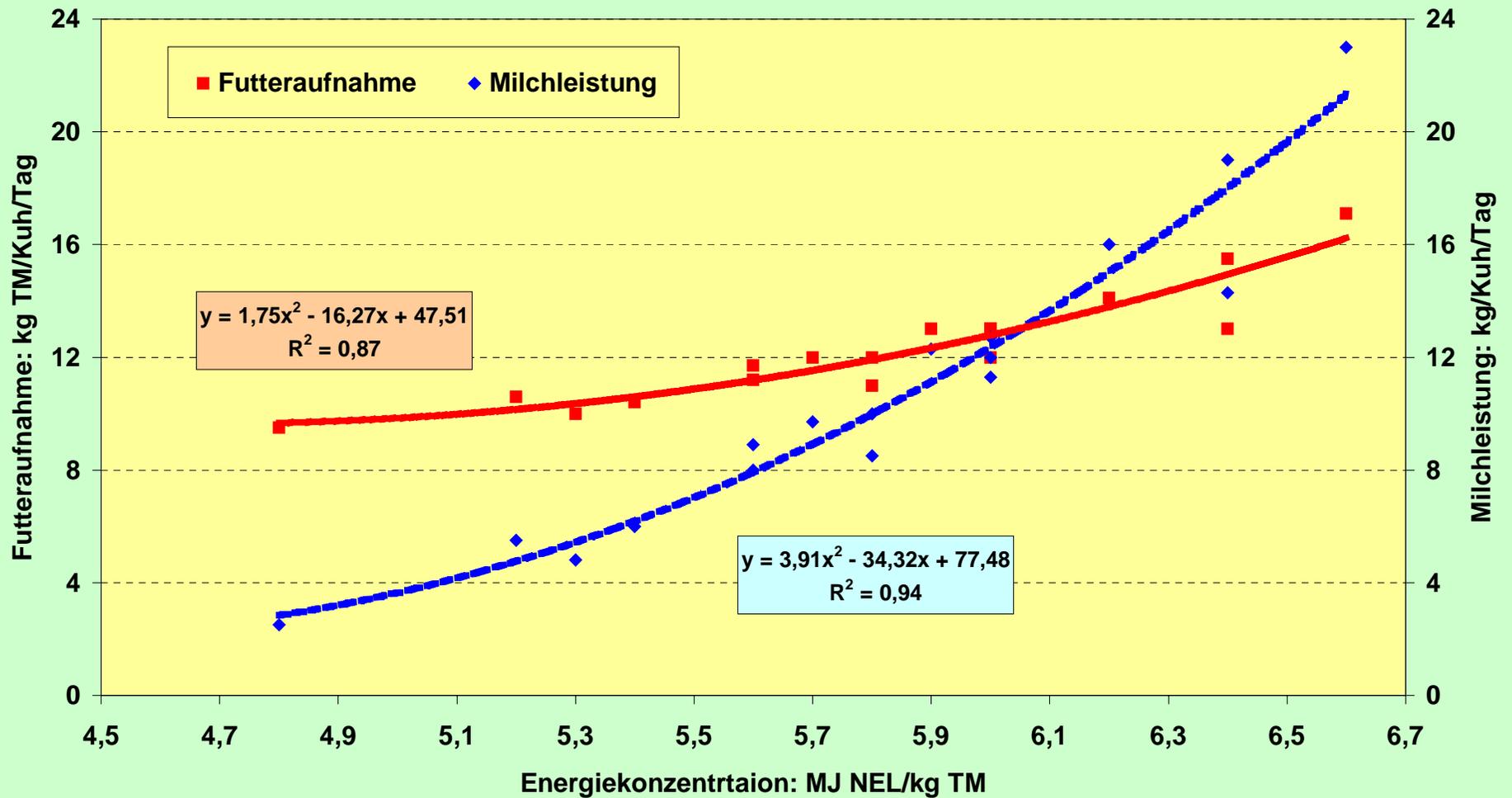
Düngung

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt für die Futterbedarfsermittlung ist eine sinnvolle N-Düngeplanung. Die N-Düngermenge richtet sich einzig und alleine nach dem von der Leistung und der Zufuttermenge abhängigen Futterbedarf und der daraus abgeleiteten Futterproduktion je ha Grünland. Die landesweit gültige standort- und nutzungsabhängige N-Düngungsempfehlung für Grünland ist in der Übersicht 6 zusammengefasst. Es wird deutlich, dass bei Verbesserung der Wachstumsbedingungen sowie auch bei steigendem Mähanteil der N-Bedarf für die Futterproduktion steigt. Das bedeutet, dass mit höherem N-Bedarf für eine stärkere Futterproduktion zur Reduzierung des N-Überschusses eine Nutzungsanpassung in Richtung Mähweide- und bis hin zur reinen Mähnutzung unumgänglich ist. Nahezu unabhängig vom Standort wird bei reiner Beweidung aufgrund der geringen N-Ausnutzung mit 50 – 60 kg/ha eine dem Netto-Entzug (durch Mahd und Lebendgewichtszuwachs) entsprechend geringe N-Düngung empfohlen. Ist ein höherer Futterbedarf vorhanden, muss zur optimalen N-Ausnutzung eine Nutzungsanpassung mit höherem Schnittanteil erfolgen.

Fazit für die Praxis

Mit zunehmender Anforderung an die Weideleistung nimmt die Bedeutung der Weideführung zu. Für eine optimale Ausnutzung und Leistung des Weidefutters kann auf ein an Leistung und Zufütterung der Weidetiere angepasstes Weidemanagement nicht verzichtet werden. Eine hohe Futterqualität und eine hohe Futteraufnahme auf der Weide sind nur bei intensiver Nutzung mit Anpassung des Viehbesatzes an das Futterangebot in den einzelnen Abschnitten der Weideperiode möglich. Eine intensivere Weidenutzung mit optimaler Futterausnutzung ist auch eine wichtige Voraussetzung für die Erhaltung einer guten, dichten und leistungsfähigen Weidenarbe.

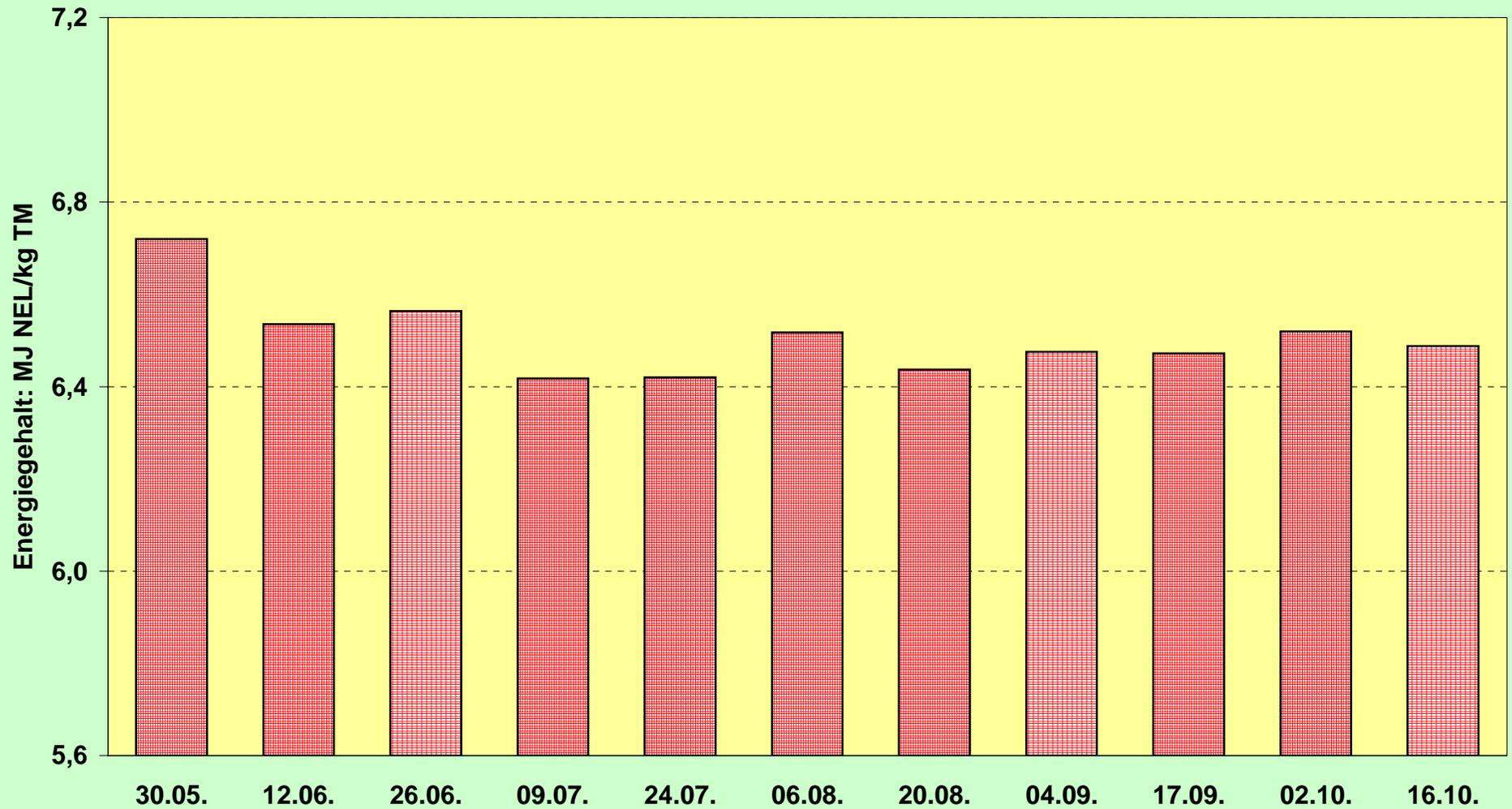
Übersicht 1: Futteraufnahme und Milchleistung aus Grünlandgrundfutter (Frischgras, Grassilage) bei zunehmender Energiekonzentration; nach RIEDER (1990), THAYSEN (1996), GROß (1997) und STEINHÖVEL (2000)



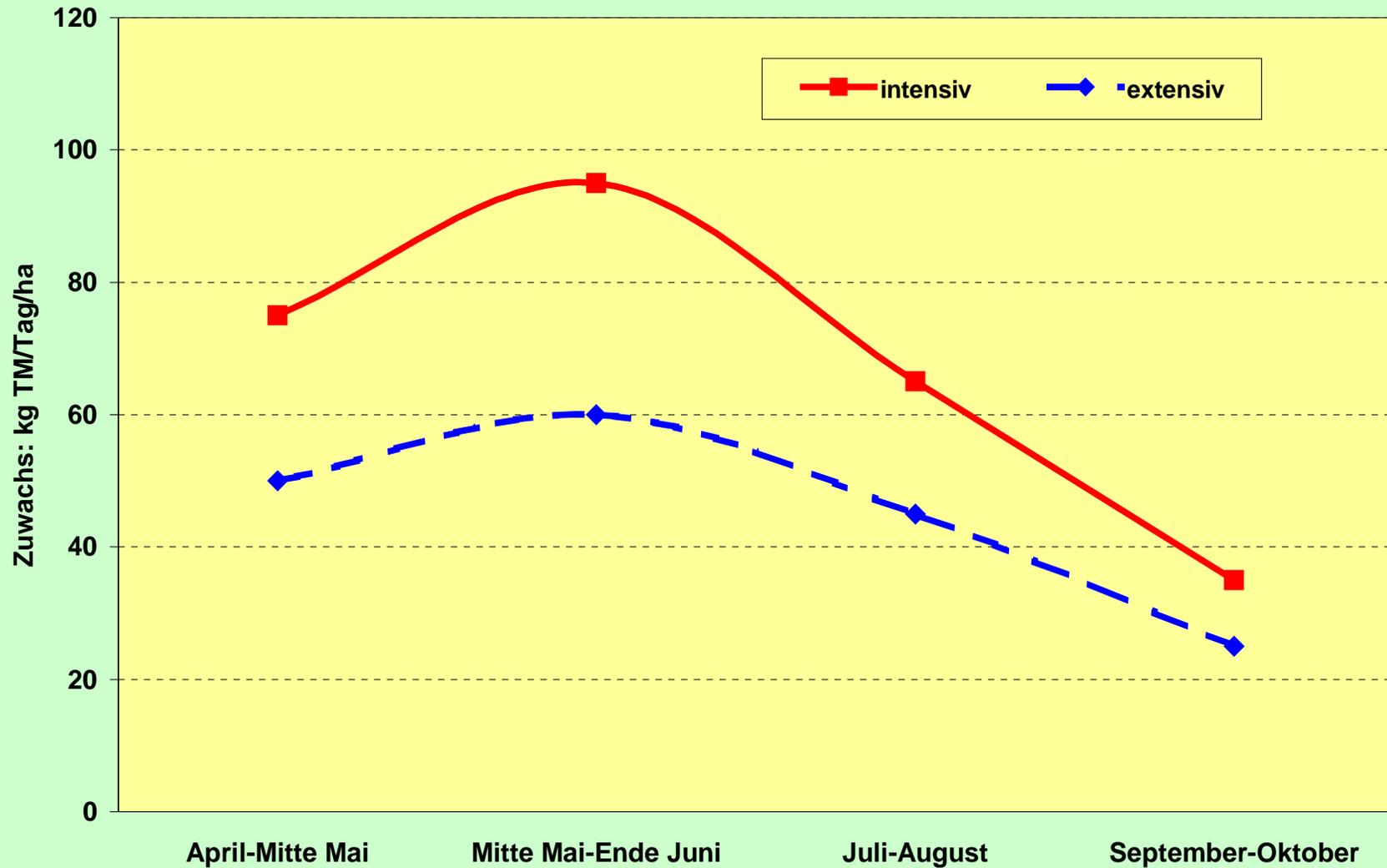
Übersicht 2: Anpassung der Weidewirtschaft mit weniger Weidegang und mehr Stallhaltung bei steigender Milchleistung

Milchleistung	Grünland- futteraufnahme	Weidenut- zungssystem	Weidezeit	Täglicher Futterbedarf bzw. erforderliche Futterproduktion im Sommer (bei 25 % Beweidungsverluste)	
kg/Kuh/Jahr	kg TM/Kuh/Tag		Stunden/Tag	kg TM/Kuh/Tag	dt TM/Kuh/ Weideperiode (180 Tage)
7000	15	Ganztags	20	20	36
8000	9	Halbtags	10	12	22
9000	4	Kurztags (stundenweise)	4	6	11
10000	bis zu 2	Sommerstall- fütterung (mit Auslauf)	bis zu 2	3	6

Übersicht 3: Energiegehalt im Weidefutter bei intensiver Standweidenutzung, 2000-2002; Beweidungsversuche mit Milchkühen in Riswick



Übersicht 4: Futterzuwachs auf Grünland auf günstigen Standorten



Übersicht 5: Besatzdichte auf Weideflächen in Abhängigkeit vom Futterbedarf und Futterangebot

Futterbedarf: kg TM/Kuh/Tag	Besatzdichte auf der Weidefläche: Kühe/ha			
	April/Mitte Mai	Mitte Mai/Ende Juni	Juli und August	September und Oktober
	bei täglich hohem Futterzuwachs von: kg TM/ha/Tag			
	75 (April bis Mitte Mai)	95 (Mitte Mai/Ende Juni)	65 (Juli/August)	35 (Sept./Oktober)
20 kg Futterbedarf/Kuh/Tag	3,8	4,8	3,3	1,8
12 kg Futterbedarf/Kuh/Tag	6,3	7,9	5,4	2,9
6 kg Futterbedarf/Kuh/Tag	12,5	15,8	10,8	5,8
	bei täglich geringern Futterzuwachs von: kg TM/ha/Tag			
	50 (April/Mitte Mai)	60 (Mitte Mai/Ende Juni)	45 (Juli/August)	25 (Sept./Oktober)
20 kg Futterbedarf/Kuh/Tag	2,5	3	2,3	1,3
12 kg Futterbedarf/Kuh/Tag	4,2	5	3,8	2,1
6 kg Futterbedarf/Kuh/Tag	8,3	10	7,5	4,2

Übersicht 6: Standort- und nutzungsabhängige N-Düngungsempfehlung*) auf Grünland zur Erzeugung von qualitativ hochwertigem Grundfutter

Wachstumsbedingungen	Bruttoertrag	N-Düngermenge: kg/ha					Summe
		Teilgabe					
	dt TM/ha	1.	2.	3.	4.	5.	
ungünstig							
Beweidung	65	30	20				50
1 Schnitt + Beweidung	75	80	30				110
2 Schnitte + Beweidung	80	80	80	30			190
3 Schnitte	85	90	80	70			240
mittel							
Beweidung	75	30	30				60
1 Schnitt + Beweidung	80	80	30				110
2 Schnitte + Beweidung	85	80	60	20			160
3 Schnitte + beweidung	90	90	70	50			210
4 Schnitte	100	90	80	70	70		310
günstig							
Beweidung	85	30	30				60
1 Schnitt + Beweidung	90	70	30	20			120
2 Schnitte + Beweidung	100	80	70	30			180
3 Schnitte + Beweidung	110	80	70	60	30		240
4 Schnitte + Beweidung	120	100	80	70	60		310
5 Schnitte	130	100	80	80	70	60	390

*) inklusive N aus Wirtschaftsdüngern

Welche N-Verluste sind bei hoher Leistung in der Milchviehhaltung tolerierbar?

Dr. Friedhelm Fritsch, Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz

Landwirtschaft ist grundsätzlich mit dem Risiko von N-Austrägen in die Atmosphäre oder das Grundwasser behaftet. Bei viehhaltenden Betrieben ist eine Abhängigkeit der Höhe der N-Überschüsse in kg/ha vom Viehbesatz in GV/ha naheliegend. Ein Zusammenhang mit der tierischen Leistung wäre zu prüfen, denn mit zunehmender Milchleistung liegen bei Kühen höhere N-Ausscheidungen vor. In diesem Beitrag soll daher anhand der Hoftorbilanzen landwirtschaftlicher Betriebe der Frage nachgegangen werden, welchen Einfluss Kennwerte wie Viehbesatz, Betriebsgröße, Grünlandanteil oder Milchleistung auf die N-Überschussalden haben.

Datenbasis

Ausgewertet wurden jeweils eine Hoftorbilanz aus den Jahren 1999 bis 2002 von insgesamt 261 landwirtschaftlichen Betrieben in Rheinland-Pfalz, darunter 104 Milch erzeugende Betriebe, von denen 36 als "Milchvieh-Futterbaubetriebe" mehr als 60 % ihrer Flächen mit Futterbau nutzen und nahezu ausschließlich Rinder halten (Abb. 1). Die Nährstoffvergleiche wurden von der staatlichen Pflanzenbauberatung erhoben oder im Rahmen der Kontrolle der guten fachlichen Praxis der Landesanstalt vorgelegt. Um "unerklärlich" hohe N-Salden zu vermeiden, wurden nur Betriebe ausgewählt, die keine Sekundärrohstoffdünger (Klärschlamm, Bioabfallkompost) verwenden.

Hof- oder Feld-Stall-Bilanz

Um N-Salden verschiedener Betriebe miteinander vergleichen zu können, müssen sie nach dem gleichen Berechnungsmuster vorgenommen worden sein.

Zahlreiche Viehhalter haben bereits aufgrund hoher N-Salden festgestellt, dass sie mit einer "Feld-Stall-Bilanz" scheinbar besser wegkommen als mit einer "Hoftorbilanz". Die Hoftorbilanz ist jedoch die wahre Bilanz, denn sie ist weniger fehlerbehaftet als die Feld-Stall-Bilanz, da betriebsinterne und kaum quantifizierbare Nährstoffströme, wie die Mengen an Wirtschaftsdünger oder wirtschaftseigenem Futter, umgangen werden.

Eine Bewertung von Nährstoffvergleichen viehhaltender Betriebe kann daher nur auf Basis von Hoftorbilanzen vorgenommen werden.

Die im Folgenden betrachteten N-Salden sind Bruttosalden, d.h. es wurden keine N-Verluste für Wirtschaftsdünger herausgerechnet. Die N-Bindung der Leguminosen wurde - entsprechend den Vorgaben der Düngeverordnung - lediglich im Ackerbau, nicht im Grünland erfasst.

Bewertung von N-Salden

Der Gesetzgeber verlangt in der Düngeverordnung keine Bewertung der N-Salden aus Nährstoffvergleichen. Im Zuge der anstehenden Novellierung der Düngeverordnung wurde aber von einer durch das Bundesministerium für Landwirtschaft beauftragten Arbeitsgruppe ein Vorschlag über Orientierungswerte zur Bewertung von Hoftorbilanzen erstellt (Hege, 2003).

Tab. 1: Orientierungswerte in kg N/ha für betriebstypabhängige N-Verluste bei nachhaltiger Pflanzenernährung und Bodenfruchtbarkeit (nach Hege 2003)

		Viehlose Betriebe	Viehhaltende Betriebe mit N-Ausscheidung			
			bis 100 kg/ha		über 100 kg/ha	
Standort-NO ₃ -Verluste ¹			Rinder	Schweine und Geflügel	Rinder	Schweine und Geflügel
Ackerland	5 - 15	25	60	70	80	90
	20 - 30	40	75	85	95	105
	35 - 40	55	90	100	110	120
Grünland	Über 60 % Schnittnutzung		60		90	
	Über 40 % Weidenutzung		80		130	

¹ abhängig von Bodengüte (Ackerzahl) und Niederschlagshöhe (Ebertseder et al., 2001)

Milchviehalter und andere Betriebe im Vergleich

Der durchschnittliche Hoftor-N-Saldo/ha der 261 rheinland-pfälzischen Betriebe lässt sich nach der Formel 34 kg N plus 46 kg N*GV/ha annähernd, aber auch mit einer quadratischen Funktion beschreiben (Abb. 1). Die Streubreite bei einem bestimmten GV-Besatz ist selbstverständlich gewaltig und spiegelt zu einem großen Teil die „Betriebsleiterqualität“ wider. Im rechtsrheinischen Gebiet von Rheinland-Pfalz wurde ein ähnlicher N-Saldo/ha (30 kg N plus 35 kg N*GV/ha) ermittelt (Brings, 2000). Diese Gleichung wurde (um 10 kg N erhöht) vom Herdbuchverband in Luxemburg als Maßstab der Tolerierbarkeit übernommen (Lioy et al., 2002).

Anmerkungen: Der Bezug zur Großvieheinheit ist problematisch. Der jeweils verwendete GV-Schlüssel, bei vergleichbaren Erhebungen ein einfach strukturierter, beeinflusst die abgeleitete Beziehung zwischen N-Saldo und Viehbesatz. Die Einteilung der Tiergruppen bei üblichen GV-Schlüsseln und bei den Nährstoffausscheidungen (zur Umsetzung der Düngeverordnung) stimmt nicht überein.

Die Kenndaten der betrachteten Betriebe enthält Tabelle 2. Auf Milcherzeugung spezialisierte Betriebe wirtschaften auf schlechteren Böden mit höheren Niederschlägen, so dass ihnen höhere, standortbedingt unvermeidbare N-Verluste zugestanden werden müssen. Für viehlose Betriebe ist die Abhängigkeit des N-Saldos von der Ackerzahl eindeutig belegbar und resultiert in unterschiedlichen N-Düngeempfehlungen.

Tab. 2: Kenndaten der betrachteten Betriebe (Mittelwerte)

Betriebe	alle 261 Betriebe	davon 104 Milcherzeuger	davon 36 Milchvieh-Futterbauer ¹
EMZ-Ackerland ²	49	41	36
Niederschlag ³	ca. 650 mm	über 700 mm	über 750 mm
Milchkühe/Betrieb	-	53	59
Milchleistung/Kuh	-	5940 kg	6070 kg
N-Anfall in % Gülle/Mist	-	65/35	74/26
GV/ha	0,6	1,1	1,2
N-Saldo Fläche	63 kg/ha	89 kg/ha	89 kg/ha
N-Saldo Milch	-	30 kg/t Milch	24 kg/t Milch

¹ Milcherzeuger mit mind. 60 % Futterbau und mind. 90 % der N-Ausscheidungen von Rindern

² Mittlere Ertragsmesszahl des Ackerlandes der Gemeinde, in der der Betrieb ansässig ist

³ anhand einer Karte der langjährigen Niederschlagsmengen für den jeweiligen Betriebssitz geschätzt

Setzt man 1 GV mit ca. 100 kg N-Ausscheidung gleich, so ergibt sich, dass etwa knapp die Hälfte der betrachteten Betriebe die aktuell diskutierten Zielwerte (Tab. 1) erreicht oder bereits unterschreitet.

N-Saldo der Fläche oder des Produkts?

Stickstoffsalden von Hoftorbilanzen in kg/ha sind ein geeigneter Umweltindikator, zumal die Milchviehhaltung flächengebunden ist. N-Salden bezogen auf das Produkt Milch sind ein Maßstab für die N-Verwertungseffizienz. Zur Beurteilung der Nachhaltigkeit der Produktion sollten daher beide Bewertungsansätze herangezogen werden (Scheringer u. Isselstein, 2002). Es ist jedoch zu beachten, dass der Gesamt-N-Saldo eines Betriebes, bezogen auf das Produkt Milch, durch das Vorhandensein anderer Produktionsverfahren beeinflusst wird.

Während sich mit zunehmendem Viehbesatz der N-Saldo der Fläche verschlechtert (Abb. 1), wird der N-Saldo in kg pro t Milch günstiger (Abb. 2). Während die 104 Milch erzeugenden Betriebe einen Mittelwert von ca. 30 kg N/t Milch aufweisen, verbessert sich dieser auf 24 kg/t Milch bei den 36 Milchvieh-Futterbaubetrieben. Betriebe mit "gutem" (< 24 kg) N-Saldo/t Milch haben aber nicht immer auch einen "guten", d.h. unterdurchschnittlichen N-Flächensaldo (Abb. 1).

Betriebsgröße

Die Betriebsgröße steht in keiner Beziehung zum N-Saldo/ha. Mit zunehmender Milchlieferung pro Betrieb liegen tendenziell höhere N-Salden pro ha vor (Abb. 3), weil auch ein Zusammenhang der Milchlieferung zum GV-Besatz besteht. Mit zunehmender Produktionsmenge verbessert sich aber der N-Saldo/t Milch (Abb. 4).

Grünlandanteil

Bei höheren Grünlandanteilen liegt bei gleichem Viehbesatz ein günstigerer N-Saldo vor (Abb. 5). Die Nutzung des Grünlands zur Beweidung oder zum Schnitt wurde nicht erhoben und der entsprechende Einfluss auf den N-Saldo kann deshalb nicht dargestellt werden.

Milchleistung

Zwischen Milchleistung und Hoftor-N-Saldo besteht keine Regression (Abb. 6). Es fällt jedoch auf, dass mit zunehmender Milchleistung die N-Salden weder besonders hoch, noch besonders niedrig ausfallen, sie rücken scheinbar zusammen. Offenbar ist bei hoher Leistung viel Stickstoff im Betriebskreislauf, und es geht ein eingegrenzter Anteil davon verloren. Der N-Saldo/t Milch verbessert sich daher mit zunehmender Milchleistung (Abb. 7). Der Ausreißer nach oben repräsentiert einen Bullenmastbetrieb, der auch Milchkühe hält.

Im Bereich der Betriebe oberhalb etwa 6000 kg Milch/Kuh liegt auch der Durchschnitt leistungsfähiger sowie ökologisch wirtschaftender Betriebe in Niedersachsen (Scheringer u. Isselstein, 2002). Dabei haben konventionelle Futterbaubetriebe in Niedersachsen bei 1,9 GV/ha einen Hoftor-N-Saldo von 146 kg/ha und 24 kg/1000 kg Milch, während Öko-Futterbaubetriebe bei 1,2 GV/ha 56 kg N/ha und 16 kg N/1000 kg Milch aufweisen.

Korrigierte N-Salden

Korrigiert man die Hoftor-N-Salden um die standortbedingten N-Verluste (EMZ, Niederschlag, ähnlich wie bei Ebertseder et al., 2001), um 40 kg N/GV sowie um 20 kg N pro ha kritischer Kulturen (Raps, Körnerleguminosen, Tabak, Wein, Gemüse), so zeigt sich, dass Betriebe mit "schlechtem" N-Saldo/t Milch oft zu denen gehören, die sich verbessern müssen ("Beratungsbedarf"), während Betriebe mit gutem "N-Saldo Milch" auch innerhalb der Grundgesamtheit aller Betriebe positiv auffallen. (Abb. 8).

Fazit

Tolerierbarkeit muss sich an durchschnittlichen und guten Betrieben orientieren.

Der Viehbesatz oder die N-Ausscheidungen pro ha haben dabei eine wichtige, aber nicht die größte Bedeutung. Oberhalb von etwa 1,5 GV oder etwa 150 kg N/ha LF steigen die N-Salden pro ha LF zwar deutlich an, weil der Futterbedarf die Betriebe veranlasst, den N-Aufwand - über Kraffutter oder Düngemittel - deutlich zu steigern. Da es aber auch in diesem Bereich noch Betriebe gibt, die sowohl flächen- als auch produktbezogen relativ niedrige N-Salden aufweisen, kann z.B. der GV-Besatz alleine nicht als Maßstab zur Tolerierbarkeit der landwirtschaftlichen Nutzungsintensität herangezogen werden.

Die N-Verluste Milch erzeugender Betriebe sind nicht nur am Flächensaldo zu bewerten, sondern es müssen auch die Produktsalden herangezogen werden.

Anhand der Hoftorbilanzen von auf Milchproduktion spezialisierten Betrieben lassen sich Zielgrößen für tolerierbare N-Salden pro ha und t Milch ableiten.

Hohe Milchleistung bei diesen Betrieben ist meist mit gutem Betriebsmanagement verbunden, d.h. auch mit hoher Grundfutterleistung und guter Wirtschaftsdüngerverwertung. Leistungsfähige Milchviehbetriebe wirtschaften damit in der Regel umweltgerecht und auch gemessen an der Gesamtheit aller landwirtschaftlichen Betriebe fallen sie positiv auf. Niedrige Milchleistung ist dagegen häufig mit schlechter N-Verwertung verbunden.

Literatur

Brings, G.: Die Hoftorbilanz als Teil der guten fachlichen Praxis: Einsparmöglichkeiten beim Düngen auf der Spur.

Landwirtschaftliches Wochenblatt Hessen/Rheinland-Pfalz, Heft 46, S. 24-25, 2000

Ebertseder, T., R. Gutser u. U. Hege: So viel N darf verloren gehen.

DLG-Mitteilungen, Heft 3, S. 15-17, 2001

Hege, U.: Bewertung von N-Salden landwirtschaftlicher Betriebe.

Vortrag, Bundesarbeitskreis Düngung, Würzburg, 2003

Lioy, R., J. Albers, M. Hoffmann u. D. Klöcker: Zielwerte der Nachhaltigkeit für Nährstoff-, Humus- und Energiebilanzen in landwirtschaftlichen Betrieben in Luxemburg.

Vortrag, VDLUFA-Kongress, Leipzig, 2002

Scheringer, J. u. J. Isselstein: Stickstoffflüsse in konventionellen und ökologischen Futterbaubetrieben.

Vortrag, VDLUFA-Kongress, Leipzig, 2002

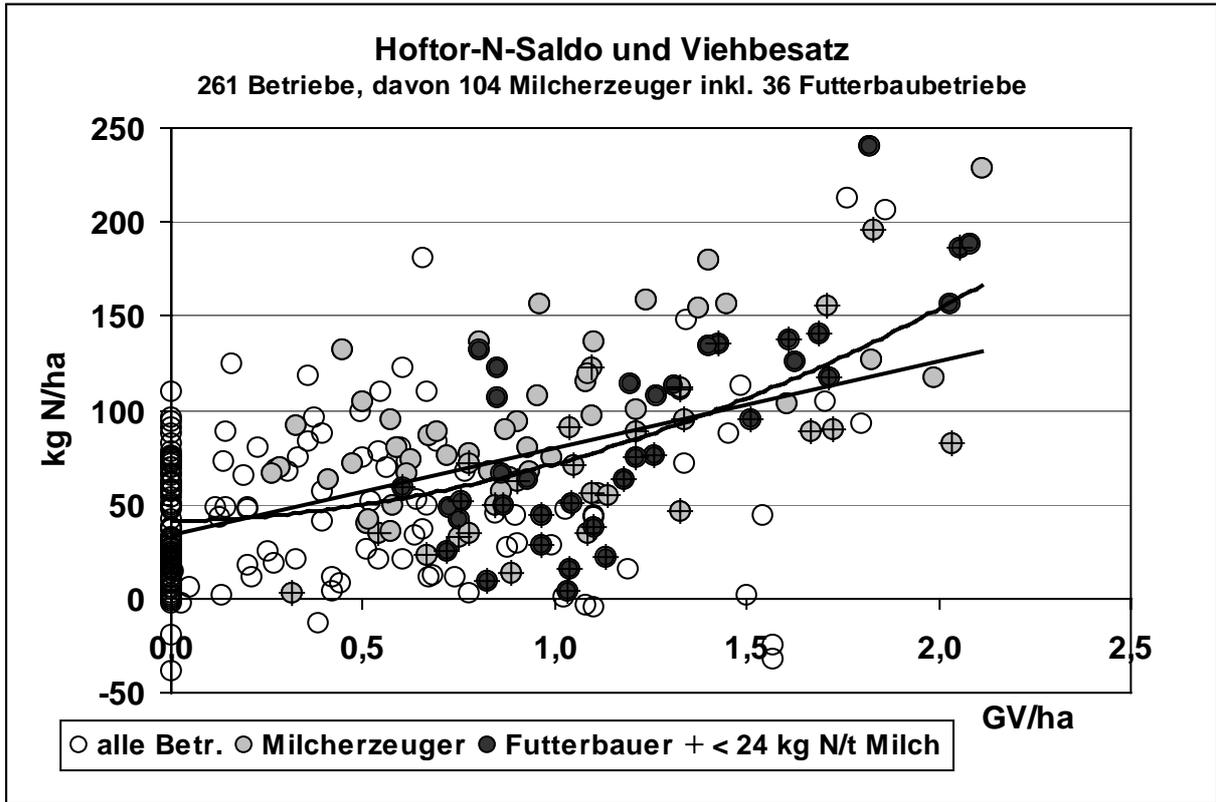


Abb. 1: Hoftor-N-Saldo (Fläche) und Viehbesatz aller sowie der Milch erzeugenden Betriebe

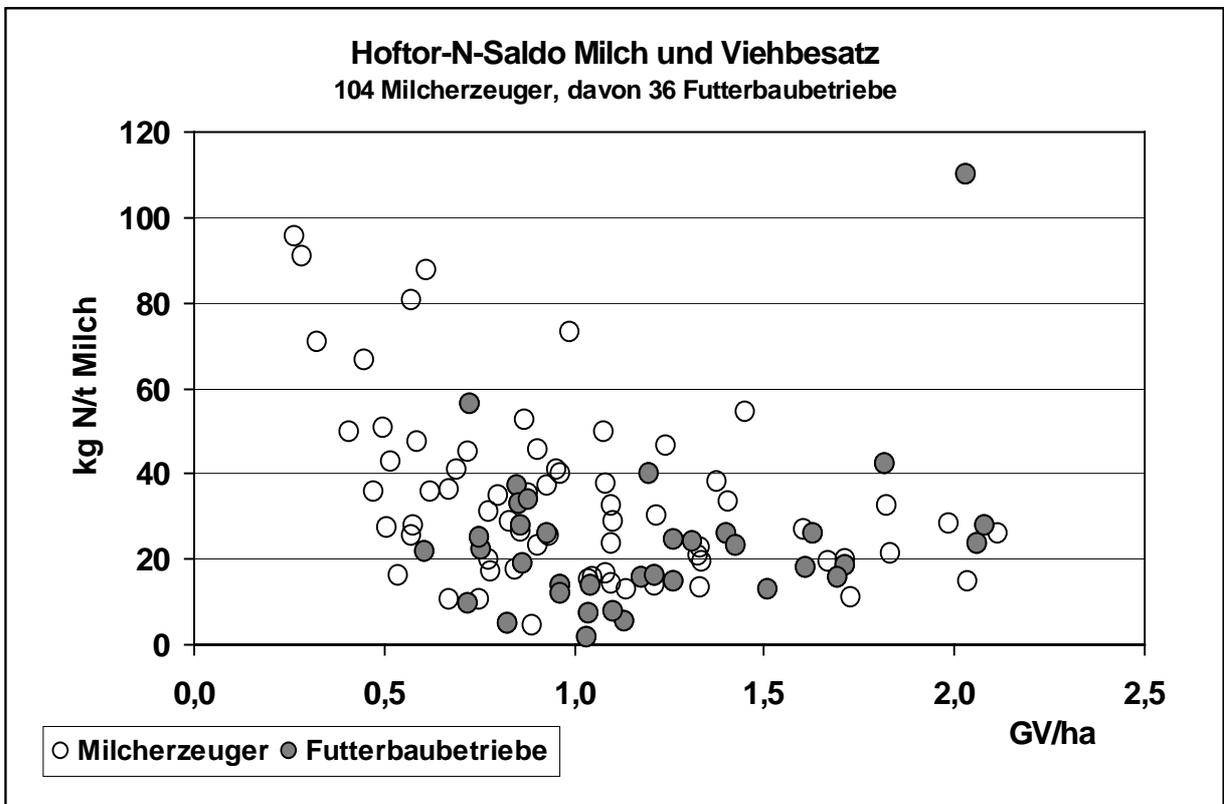


Abb. 2: Hoftor-N-Saldo (Milch) und Viehbesatz

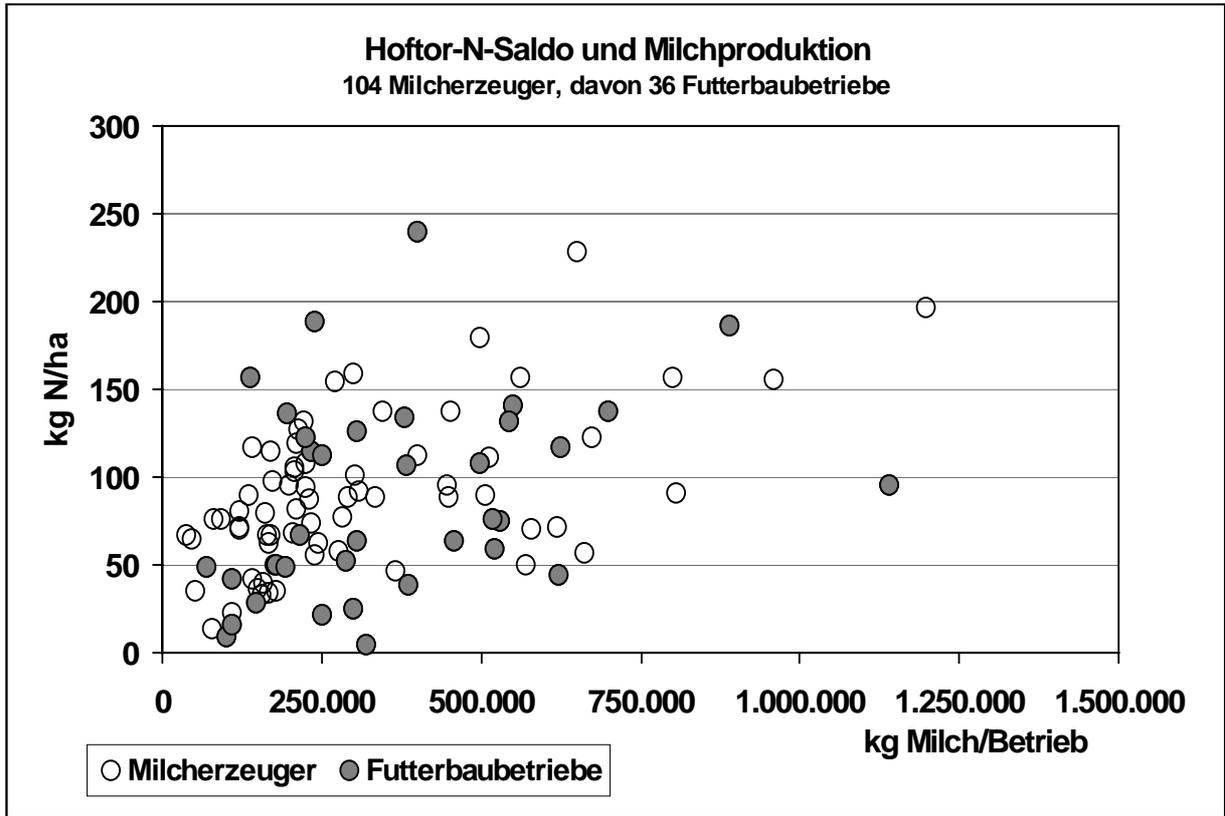


Abb. 3: Hofor-N-Saldo (Fläche) und Milchproduktion

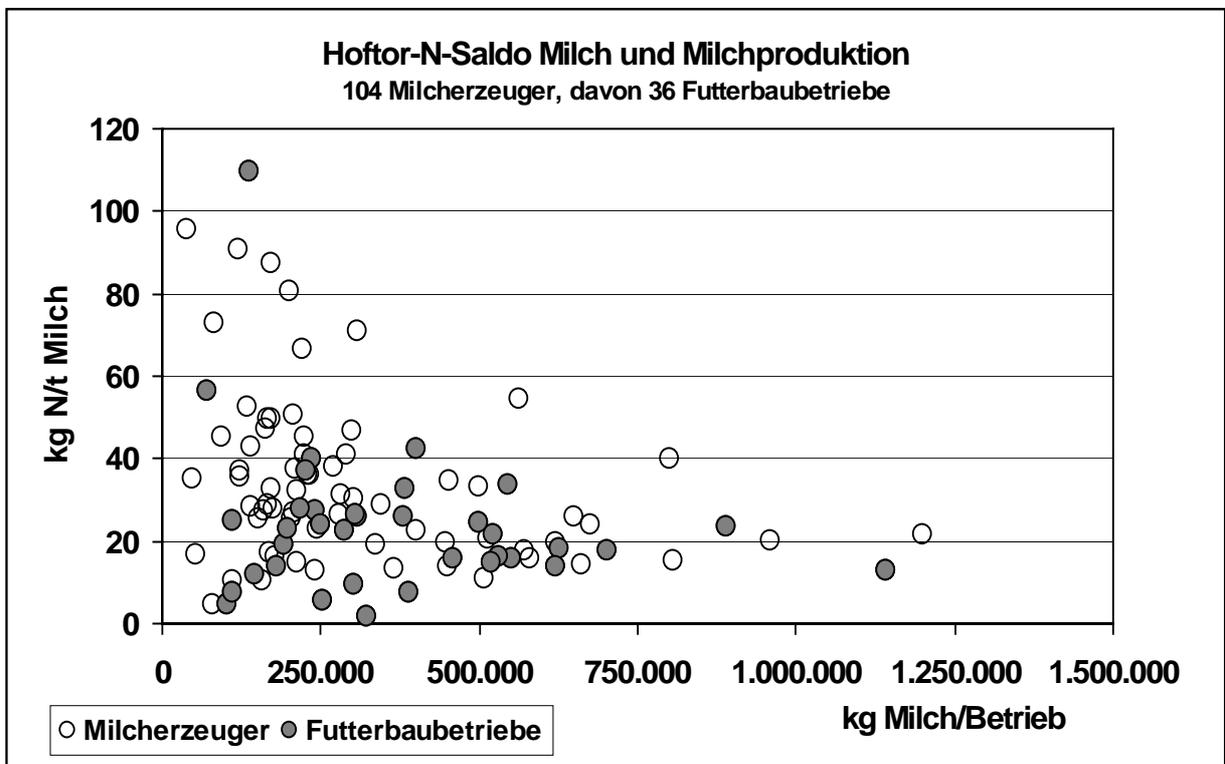


Abb. 4: Hofor-N-Saldo (Milch) und Milchproduktion

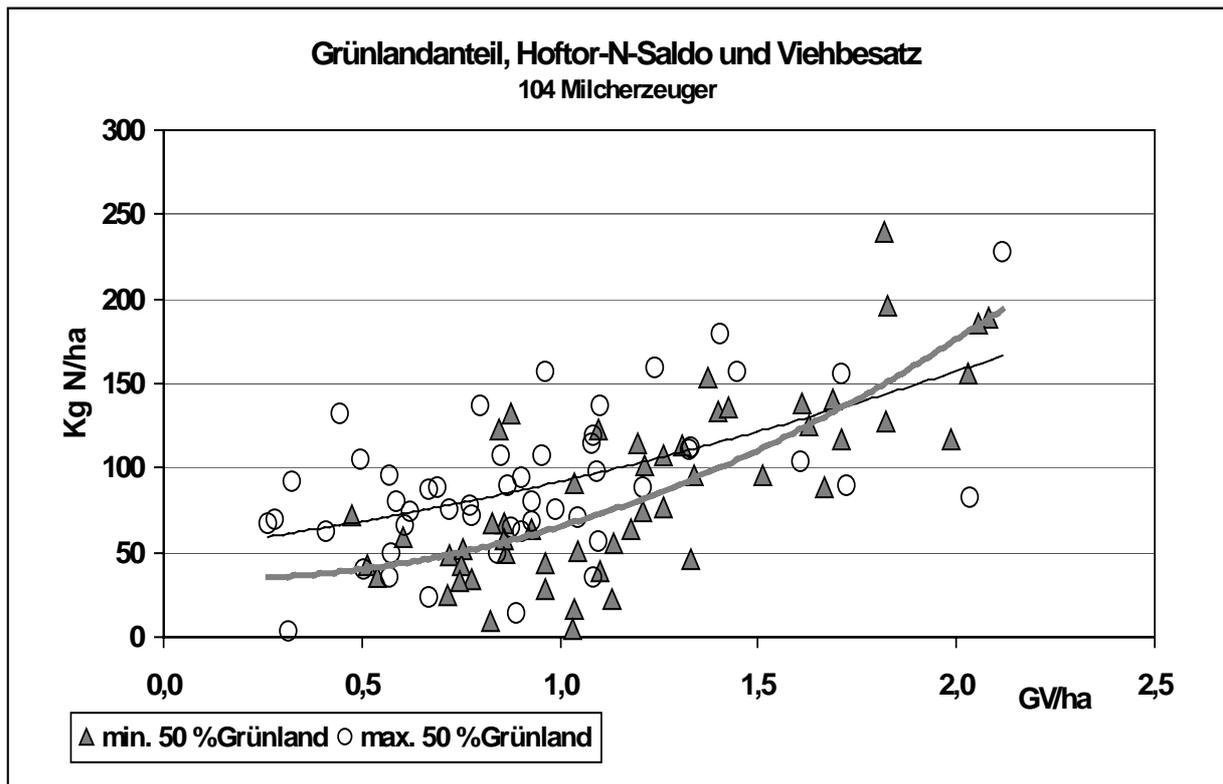


Abb. 5: Hoftor-N-Saldo (Fläche) und Viehbesatz bei unterschiedlichen Grünlandanteilen der Betriebe

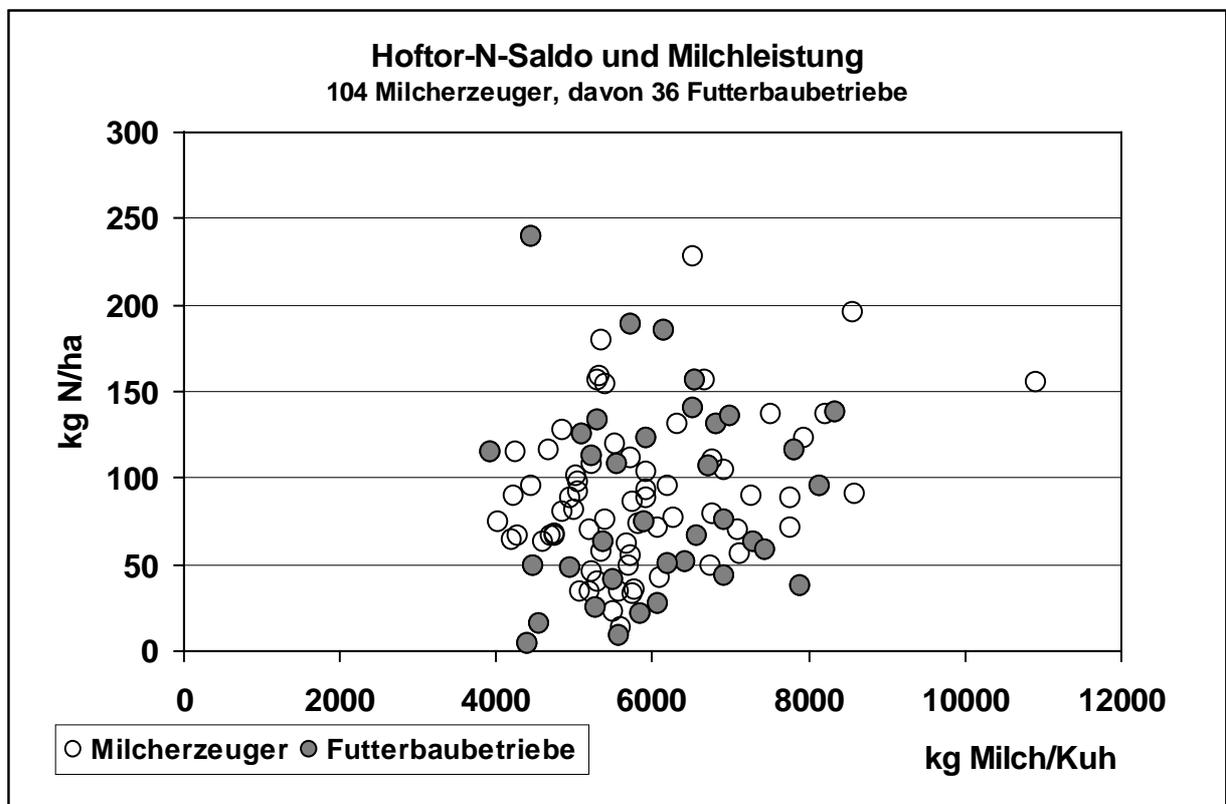


Abb. 6: Hoftor-N-Saldo (Fläche) und Milchleistung

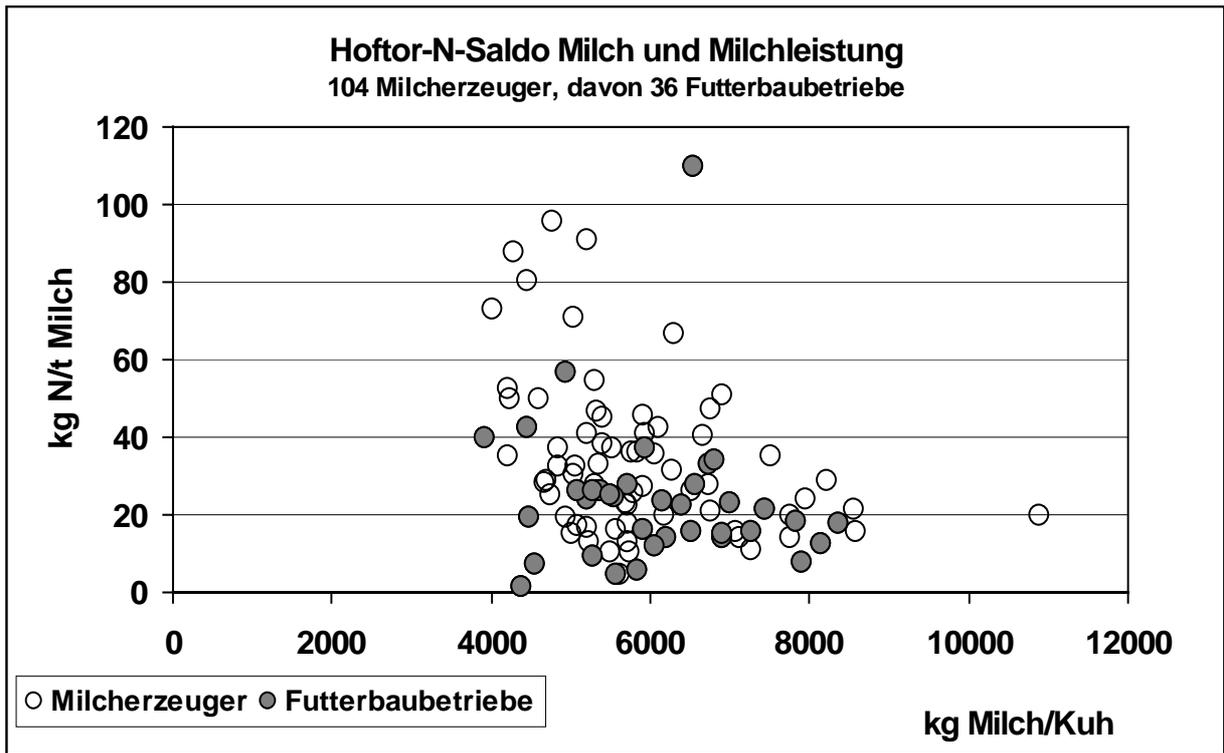


Abb. 7: Hoftor-N-Saldo (Milch) und Milchleistung

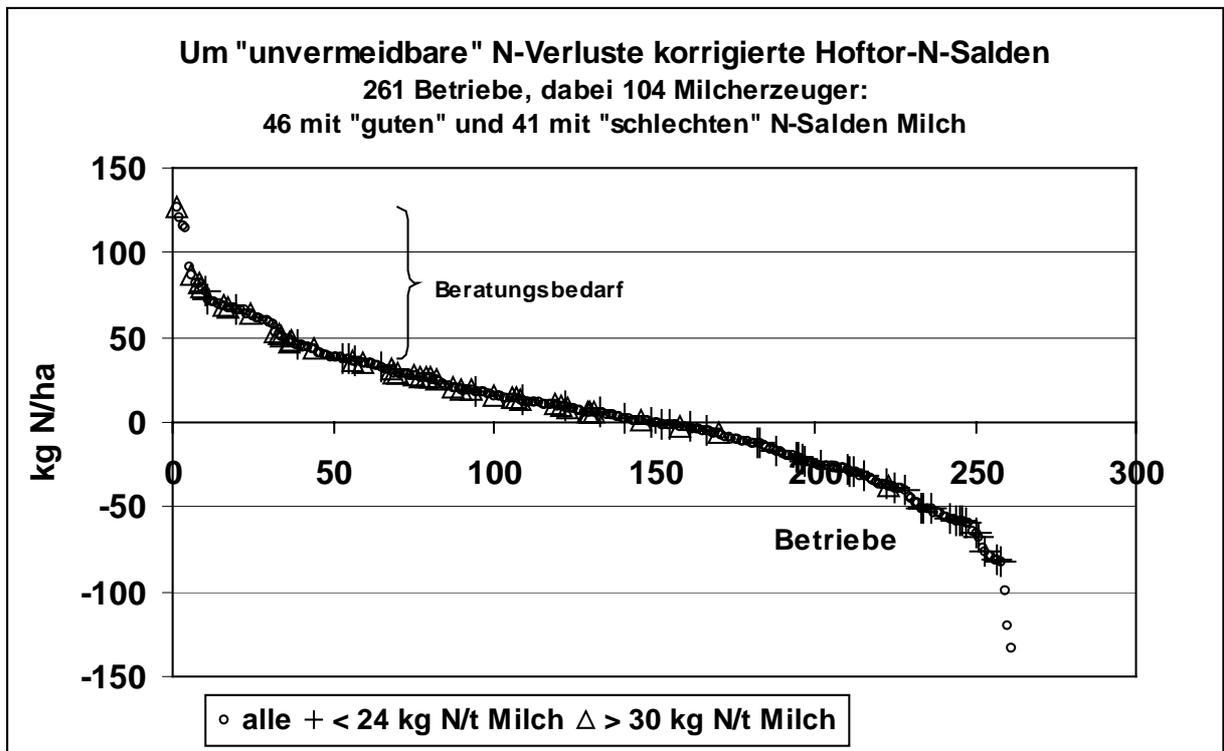


Abb. 8: Um "unvermeidbare" N-Verluste korrigierte Hoftor-N-Salden (Fläche) aller sowie der Milch erzeugenden Betriebe

Wie viel darf Qualitätsfutter vom Grünland für Hochleistungskühe kosten?

Dr. Olaf Steinhöfel, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Köllitsch

Der hohe Futterkostenanteil an den variablen bzw. Gesamtkosten der tierischen Veredelung zwingt zum ständigen Nachdenken über wirtschaftlichen Futtereinsatz. Einfluss darauf haben die Kosten der Futtererzeugung bzw. des Futterzukaufes und der Fütterungserfolg. Der eigentliche ökonomische Wert eines Futtermittels in einem Veredelungsbetrieb kann erst nach dessen Einsatz sichtbar werden. Mit steigender Leistung verteilt man bekanntermaßen die Erhaltungsfutterkosten (**Abbildung 1**) auf eine größere Produktmenge, womit die Futterkosten je kg erzeugtes Rohprodukt sinken. Das Ziel bleibt, die Futterkosten je kg Milch auf weniger als 0,08 Euro zu reduzieren. Wirtschaftliche Futterkosten sind dabei keine konstante Größe, da die Leistung der Tiere einen nicht unerheblichen Einfluss ausübt. Zum Beispiel kann das Futter für eine Milchkuh, welche 10.000 kg Milchleistung erbringt, 0,20 Euro je 10 MJ NEL kosten, um dieselbe Wirtschaftlichkeit nachzuweisen, wie das Futter für eine Milchkuh mit 5.000 kg Milch bei 0,15 Euro je 10 MJ NEL. Damit wird auch der Spielraum vorgegeben, der für eventuelle Mehraufwendungen bei der Futtererzeugung für Kühe mit höheren Leistungen möglich ist.

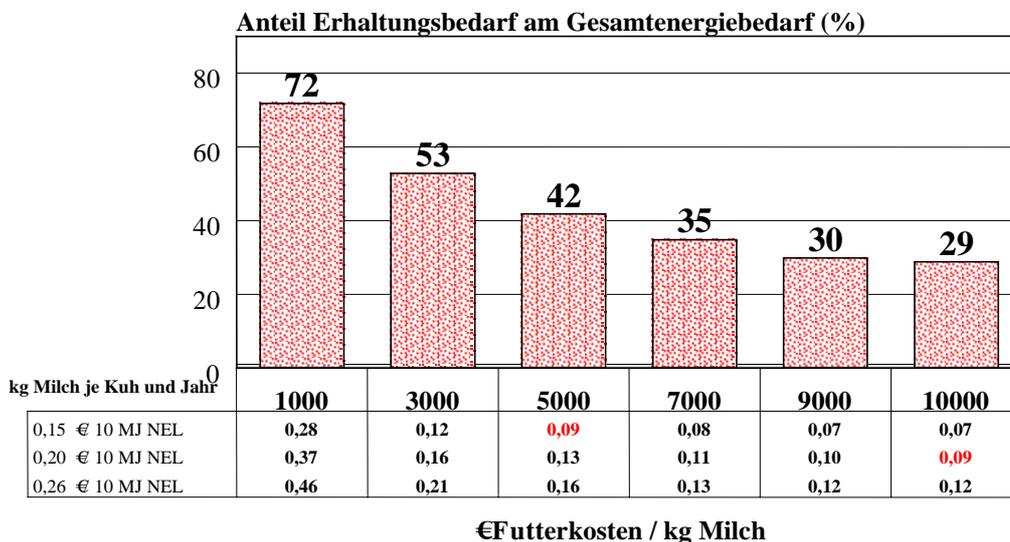


Abbildung 1: Wirtschaftlichkeit der Milchkuhfütterung

Über die tatsächlichen Erzeugungskosten für das Grundfutter wissen viele Landwirte oft sehr wenig. Oft ersetzen aus der Literatur übernommene Werte die tatsächliche Kostenkalkulation. Ist es egal, wie genau die Grundfutterkosten angesetzt werden? In der **Abbildung 2** ist eine Antwort darauf dargestellt worden. Erhöht man die Kraftfutterkosten um 2,5 Euro, das heißt von 12,5 auf 15 Euro je dt, dann erhöhen sich die Futterkosten um ca. 0,005 Euro je Liter Milch. Erhöht man dagegen die Grundfutterkosten um 2,5 , das heißt von 2,5 auf 5 Euro je dt, dann steigen die Futterkosten um 0,025 Euro je kg Milch an.

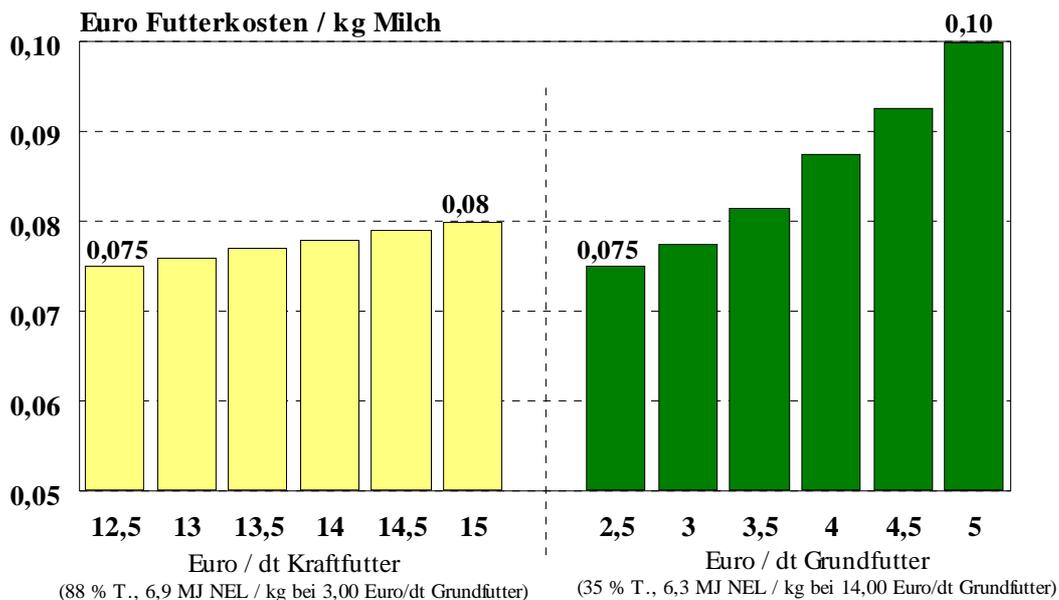


Abbildung 2: Ist es egal was Grundfutter kostet ?

Reziproke Entwicklung zum Kraftfutterpreis

Grundfutterkosten können nur untereinander sinnvoll verglichen werden, da sie ernährungsphysiologisch nicht vollständig durch Konzentratfuttermittel ausgetauscht werden können. Damit ist die übliche Preiswürdigkeitsermittlung anhand von Marktpreisen von Gerste oder Sojaextraktionsschrot nicht sinnvoll. Im Gegenteil aus der Sicht einer wirtschaftlichen Milcherzeugung heraus, müssen bei steigendem Marktpreis von Gerste- und Sojaextraktionsschrot die Kosten für die Erzeugung von Grundfuttermitteln sinken, um den höheren Kraftfutterpreis durch einen geringeren Grundfutterpreis ausgleichen zu können. Dieser Zusammenhang ist in der **Tabelle 1** modellhaft dargestellt.

Tabelle 1:

Veränderung der Preiswürdigkeit von Grundfuttermitteln bei Erhöhung der Preise für Gerste und Sojaextraktionsschrot (*Milchviehration für 32 kg Milch / Kuh und Tag*)

Futtermittel	Trocken- Masse- Aufnahme <i>Kg</i>	Energie- dichte <i>MJ NEL / kg T.</i>	Futterpreise / -kosten		
			I <i>€ / dt</i>	II <i>€ / dt</i>	III <i>€ / dt</i>
Grundfutter (35 % T.)	12	6,0	3,73	3,73	3,73
Gerste (88 % T.)	6	8,0	12,78	15,34	17,90
Sojaextraktionsschrot (88 % T.)	2	8,5	17,90	20,45	23,01
1.1.1.1 Futterkosten					
€ / Ration			2,56	2,79	3,02
€ / kg Milch			0,08	0,09	0,09
Preiswürdigkeit der Grundfuttermittel bei 0,08 €M Futterkosten / kg Milch					
€ / dt			3,73	3,05	2,37
€ / 10 MJ NEL			0,178	0,145	0,113

Grundfutterqualität setzt Leistungsgrenze

Rein betriebswirtschaftliche Logik wäre, das kostenintensive Grundfutter durch die immer preiswürdiger werdenden Kraftfuttermittel auszutauschen. Das ist aber ernährungsphysiologisch nicht möglich. Es kann nicht funktionieren, schlechte Grundfutterqualitäten durch steigende Kraftfuttermittelgaben auszugleichen. Erst bei Grundfutterleistungen von über 15 kg Milch je Kuh und Tag können mit maximal möglichen Kraftfuttermittelgaben Tagesleistungen über 35 kg erfüllt werden. Dafür sind definierte Grundfutterqualitäten erforderlich. In der **Abbildung 3** sind die Anforderungen an den mittleren Rohfasergehalt der Grundfutterrationen für Wiederkäuer mit unterschiedlichem Leistungsniveau dargestellt.

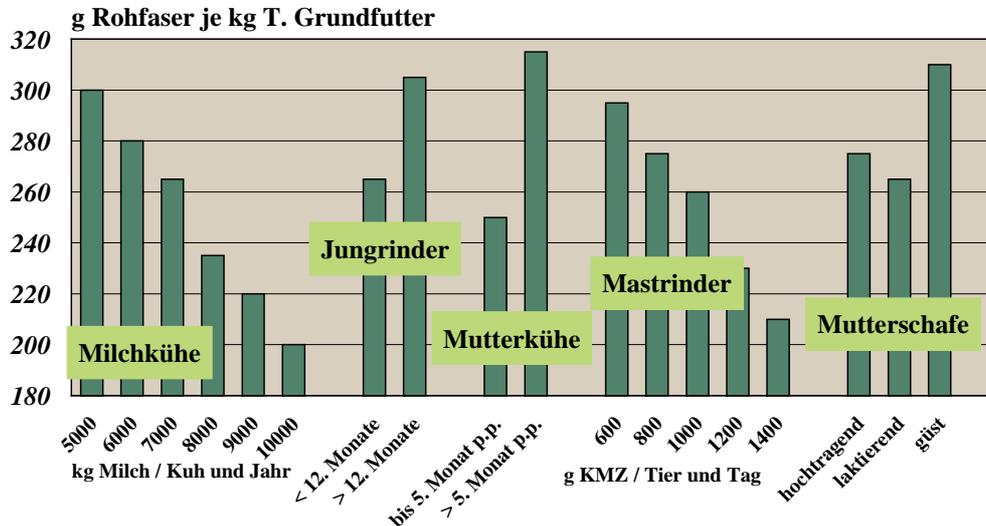


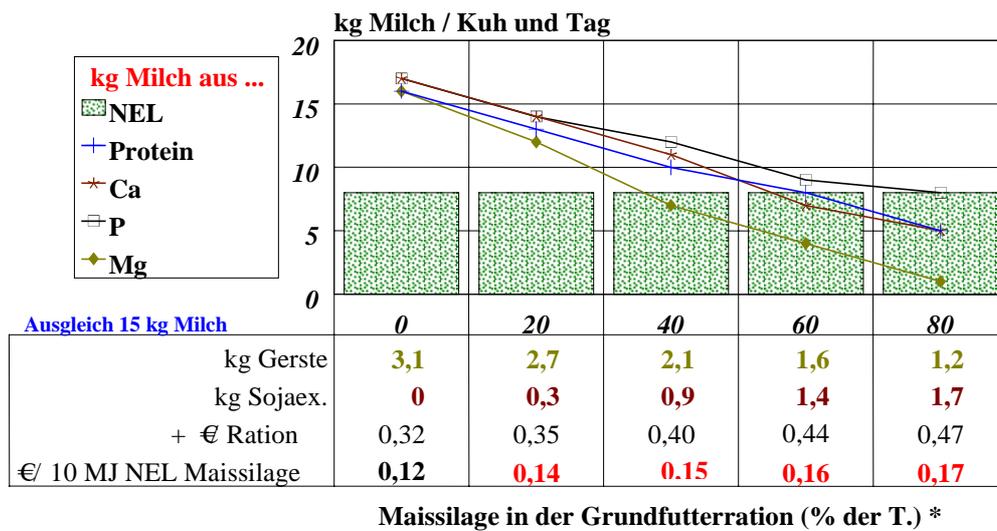
Abbildung 3: Anforderungen an den Rohfasergehalt von Grundfutterqualität für Wiederkäuer

Zur Sicherung von Milchleistungen über 9.000 kg je Kuh und Jahr dürfen die Grundfuttermittel im Mittel nicht mehr als 220 g Rohfaser, d.h. mindestens 6,5 MJ NEL, je kg Trockenmasse aufweisen. Dies heißt, die verfügbaren Grundfutterarten, -mengen und -qualitäten in den Grundfutterrationen so zusammenzustellen, dass das Leistungsniveau erfüllt werden kann. Das Rennen machen daher oft die Maissilagen. Sie sind im Vergleich zu den Gras- und Leguminosensilagen energiereicher und faserärmer, sind einfacher zu silieren, sind aufgrund des Ertragsniveaus und der EU-Beihilfen kostengünstiger und können durch Sortenwahl, Abreifeverhalten und Schnitfführung auf den gewünschten Futterwert getrimmt werden. Die Verdrängung der Grassilagen durch Maissilagen ist selbst in Mittelgebirgslagen kaum noch aufzuhalten.

Was kostet Maissilage wirklich?

Es ist eine übliche These, dass Maissilage aufgrund der EU-Beihilfen, des hohen und sicheren energetischen Futterwertes und der guten Konserviereignung das beste und preiswürdigste Grundfuttermittel für Milchrinder ist. Bei dieser These bleibt jedoch häufig unberücksichtigt, dass eine Maissilage außer Energie bzw. Stärke nur einen geringen Gehalt an anderen wertbestimmenden Nähr- und Mineralstoffen hat. In der **Abbildung 4** ist dargestellt worden, wie sich die Nährstoffkosten der Grundfutterration verändern, wenn bei gleichen energetischen Futterwerten einer Gras- und einer Maissilage der Maissilageanteil in der Grundfutterration steigt. Die Anstieg ist mit einer Steigerung der Proteinfuttermittel in der Ausgleichsration verbunden. Je nach Marktsituation hat dies Einfluss auf die Kosten der Ration. Da der Verursacher die Maissilage ist, muss dieser Aspekt der Maissilage auch angelastet werden. Beim ggw. Preisniveau für die typischen Ausgleichsfuttermittel Getreide und Sojaextraktionsschrot wird deutlich: Je höher der Anteil Maissilage in der Ration wird, desto näher kommen die Nährstoffkosten denen der Grassilage. Die Mineralstoffkosten bleiben dabei noch unberücksichtigt. An dieser Stelle sein noch einmal betont: Entscheidend sind die Futterkosten je kg Milch, nicht die Erzeugungskosten einzelner Futtermittel.

(10 kg Grundfutter - T.- Aufnahme mit 6,4 MJ NEL / kg Grundfutter T.)



* Rest ist Grassilage mit unterschiedlicher Qualität

Abbildung 4: Was kostet Maissilage wirklich?

Woher kommt die Rohfaser in Grassilagen

Das Wachstum der Futterpflanzen hat, neben der botanischen Variabilität der einzelnen Futterpflanzen, den größten Einfluss auf das Blatt-Stängel-Verhältnis und damit die stoffliche Zusammensetzung. Der Aufbau blattreicher Pflanzenmasse während der ersten Phase der Pflanzenentwicklung ist durch die Bildung hoher Anteile an Zellsaft gekennzeichnet. Dieser Zellsaft ist reich an wasserlöslichen Kohlenhydraten (auch als Zucker bezeichnet). Durch das einsetzende Streckungswachstum der Zellen und der Gesamtpflanze erfolgt eine verstärkte Synthese und Einlagerung von Zellulose bzw. Hemizellulosen in die Zellwände der Stängelfraktion. Mit fortschreitender Entwicklung wird dieser Prozess durch eine Lignifizierung begleitet. Der Rohfasergehalt steigt an. Aufgrund der rasanten Veränderung ist die optimale Nutzungszeitspanne auf maximal 5 bis 6 Tage begrenzt. In der für qualitativ hochwertiges Futter interessanten Vegetationsphase ist dabei der tägliche Rohfaserzuwachs am stärksten. Er schwankt zwischen 4 und 7 g. Aber zwischen dem Schnitzeitpunkt und dem Rohfasergehalt der Grassilagen war oft nur ein sehr loser Zusammenhang zu ermitteln. Der Grund war, dass nach dem Schnitt der Rohfasergehalt der Grassilagen von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich stieg. In 112 sächsischen Referenzbetrieben wurden deshalb, neben Frischgrasproben, Proben vom Anwelkgut, vom Siliergut kurz vor Luftabschluss, von der fertigen Silage am Siloanschnitt und von Silagen aus dem Futtertrog untersucht. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 5 zusammenfassend dargestellt.

Wenn die Futterpflanzen ihre Haftung zum Boden verlieren, wird die natürliche Schutzfunktion der Zellwände aufgegeben. Es beginnen intensive Atmungsvorgänge, bei denen insbesondere die leichtlösliche Kohlenhydrate des Zellsaftes verbrannt werden, die dann sowohl als Nahrungsquelle für die Milchsäurebakterien als auch als Energielieferanten für den Wiederkäuer verloren gehen. Bei Niederschlägen werden die leichtlöslichen Bestandteile aus dem Futter ausgewaschen. Der Faseranteil steigt. Beim nachfolgenden Wenden, Schwaden und Häckseln ist mit Blattverlusten zu rechnen, die das Stängel-Blatt-Verhältnis zugunsten der Stängel verschiebt und damit wieder zum Anstieg der Gerüstsubstanzen im Siliergut beitragen. In den untersuchten Betrieben lag der Rohfaseranstieg während des Anwelkens im Mittel bei 4 g je Tag. Wie die Abbildungen 5 deutlich zeigt, ist hier ein Bezug zum Schnitzeitpunkt zu erkennen. Relativ jung geschnittenes Futter ist deutlich sensibler.

Von Beginn der Einlagerung ins Silo bis zur Abdeckung nahm der Rohfasergehalt des Siliergutes im Mittel 8 g zu. Auch hier spielt der Rohfasergehalt des Ausgangsmaterial eine große Rolle (Abbildung 5). Mit der Feldliegezeit und Silobefüllzeit wird ein Hauptproblem der Futterbergung tangiert, welches häufig mit der Flächengröße und der betrieblichen Schlagkraft in Verbindung gebracht wird.

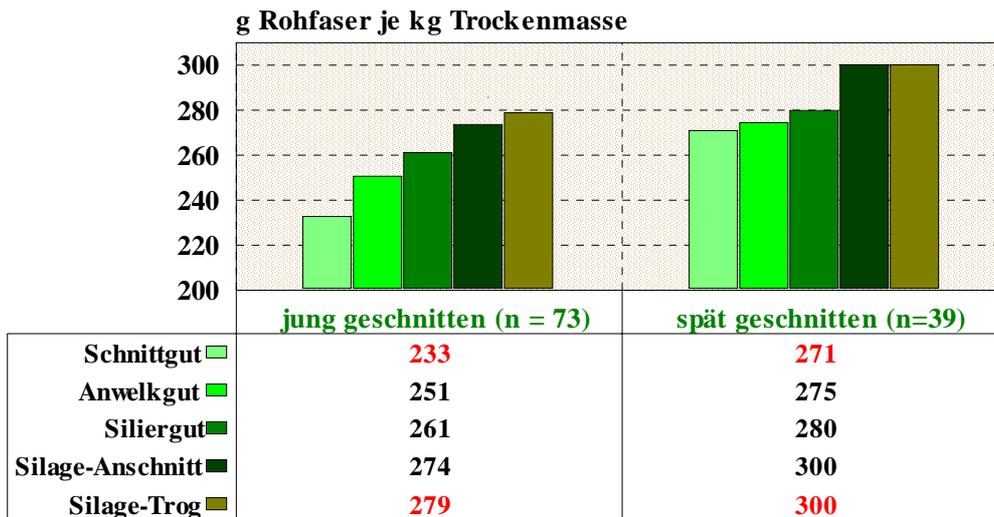


Abbildung 5: Rohfaserzuwachs während der Ernte und Konservierung von sächsischen Grasaufwüchsen bei unterschiedlichem Rohfasergehalt

Nach der Einlagerung im Silo laufen vielfältige Wettläufe zwischen verschiedenen Mikroorganismen ab. Die richtige Einschätzung der Silierbarkeit, der optimale Trockenmassegehalt, der Zuckergehalt, die Pufferwirkung gegenüber der pH-Wertsenkung durch Milchsäure, der mikrobielle Besatz des Futters, der Verschmutzungsgrad, der Luftabschluß und die Verdichtung des Siliergutes entscheiden wesentlich mit, ob die Milchsäurebakterien diesen Wettlauf gewinnen oder verlieren. Die ersten Stunden der Silierung sind dabei die wichtigsten.

In ca. 6. Wochen nach der Einlagerung ins Silo ist die Reifungsphase der Silage abgeschlossen und damit die Stabilität der Silage erreicht. Der Silierprozess, d.h. die mikrobielle Vergärung leichtlöslicher Kohlenhydrate des Futters zu Milchsäure, ist immer auch mit einem Verlust an diesen Kohlenhydraten verbunden. Das heißt, dass durch den Silierprozess immer mit einem Anstieg des Rohfasergehaltes gerechnet werden muss. Selbst bei nahezu optimaler Silierung wird der Rohfasergehalt um 10 bis 15 g je kg Trockenmasse ansteigen. Im Mittel der untersuchten Betriebe betrug der Zuwachs an Rohfaser vom Siloabschluss bis zur fertigen Silage 14 g je kg Trockenmasse (5 bis 65 g). Die Silierverluste waren bei den rohfasereichereren höher als bei den rohfasererärmeren und damit zuckerreicheren Siliergütern. Dafür kann sowohl das höhere Angebot an fermentierbaren Kohlenhydraten für die Milchsäuregärung und die bessere Verdichtung blattreicherer Siliergüter verantwortlich sein. Ein Anstieg der Rohfaserdichte von über 3 Prozentpunkten während der Silierung, deutet auf schlechte Konserviererfolge hin. Bei Siloanschnitt und damit bei Luftzutritt werden die konservierten, leichtlöslichen Nährstoffe und Gärprodukte wieder angegriffen. Die Kahlmhefen können explosionsartig den Restzucker und die Milchsäure unter Lufteinfluss zu Kohlendioxid, Wasser und thermischer Energie abbauen. Während sich rohfasereiche Grassilagen nicht bzw. nur geringfügig verändern, ist bei Silagen mit durchschnittlich 27 % Rohfaser bereits ein Rohfaserzuwachs von ca. 7 g vom Siloanschnitt bis in den Futtertrog registriert worden. Im Mittel der untersuchten Silagen nahm der Rohfasergehalt vom Siloanschnitt bis in den Futtertrog um 2 g (1...13 g) je kg Trockenmasse zu.

Grenzkosten für Grundfuttermittel

Kennt man die Grundfutterqualität und die damit verbundene Leistungserwartung muss man unter Berücksichtigung der gewünschten Gesamtfutterkosten je kg Milch, der Kraffutterkosten und der Kosten für alternative Grundfuttermittel, welche z.B. die Grassilage aus der Ration verdrängen die Grenzkosten des jeweiligen Grundfuttermittels ermitteln. In der **Tabelle 2** ist eine Beispielsrechnung dazu zusammengestellt.

Tabelle 2:

Kalkulation der Grenzkosten bei leistungsgerechter Grundfutterqualität

	kg Milch / Kuh und Jahr			
	7.000	8.000	9.000	10.000
	DM / dt Frischmasse (35 % T.)			
1. In Abhängigkeit der Gesamtfutterkosten je kg Milch bei 25 DM / dt Kraftfutter				
<i>0,16 DM / kg Milch</i>	4,50	5,20	5,60	6,20
<i>0,18 DM / kg Milch</i>	5,60	6,30	6,90	7,50
2. In Abhängigkeit der Kraftfutterkosten bei 18 DM Gesamtfutterkosten / kg Milch				
<i>30 DM / dt</i>	4,70	5,50	6,00	6,60
<i>36 DM / dt</i>	3,90	4,70	5,10	5,70
3. In Abhängigkeit des Maissilageanteils bei 6,6 MJ NEL/kg T. und 0,22 DM/10 MJ NEL				
<i>30 % T. der Grundfutterration</i>	5,80	6,80	7,70	8,60
<i>60 % T. der Grundfutterration</i>	6,30	8,20	9,60	11,20

Fazit

Die Wirtschaftlichkeit eines Grundfutters, welches für die betriebseigene tierische Veredlung und nicht zum Verkauf bestimmt ist, ist erst am Fütterungserfolg, d.h. an der Milchleistung erkennbar. Nur die Grundfutterkosten je kg Milch können über die Wirtschaftlichkeit des Grundfutters entscheiden. Da die Grundfutterqualität die Leistung und die Leistung die Wirtschaftlichkeit bestimmt, bestimmt die Grundfutterqualität auch den Preis bzw. die maximal möglichen Erzeugungskosten für das Grundfüttermittel bei wirtschaftlicher Milcherzeugung. Sowohl für den Futterverkauf / -zukauf als auch für die Betriebszweigauswertung und zur Ermittlung der wirtschaftlichen Grenzbereiche müssen die Erzeugungskosten und die Preiswürdigkeit des Grundfutters exakt bestimmt werden.

Adressen der Referenten

Wilhelm Lieven
Präsident der Landwirtschaftskammer Rheinland
Endenicher Allee 60, D-53115 Bonn
Tel.: 0228/7 03 -0, Fax: 70 3- 84 90

Dr. Jons Eisele
Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, III-1
Schwannstraße 3, D-40476 Düsseldorf
Tel.: 0211/45 66 -3 77, Fax: 4 56 63 88

Dr. habil. Martin Elsässer
Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft
Atzenberger Weg 99, D-88326 Aulendorf
Tel.: 07525/94 23 51, Fax: 94 23 33, E-mail: martin.elsaesser@lvvg.bwl.de

Prof. Dr. Friedhelm Taube, Carola Lampe, Hagen Trott
Christian-Albrechts-Universität Lehrstuhl Grünland und Futterbau
Hermann-Bodewald-Straße 9, D-24118 Kiel
Tel.: 0431/88 02 13 4 (- 3), Fax: 8 80 45 68, Handy 04302/568, E-mail: ftaube@email.uni-kiel.de

Prof. Dr. Norbert Lütke Entrup
Fachhochschule Südwestfalen FB Agrarwirtschaft
Lübecker Ring 2, D-59494 Soest
Tel.: 02921/37 82 11 / -2 28, Fax: 37 82 00, Handy 0170/3265678, E-mail: luetke-entrup@fh-swf.de

Dr. Clara Berendonk
Landwirtschaftskammer Rheinland Haus Riswick
Elsenpaß 5, D-47533 Kleve
Tel.: 02821/99 61 93, Fax: 99 61 26, E-mail: clara.berendonk@lwk-rheinland.nrw.de

Dr. Friedhelm Fritsch
Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz
Essenheimer Straße 144, D-55128 Mainz
Tel.: 06131/99 30 -0, Fax: 99 30 80

Herrn Dr. Olaf Steinhöfel
Sächsische Landesanst. f. Landwirtschaft FB Tierzucht, Fischerei und Grünland
Am Park 3, D-04886 Köllitsch
Tel.: 034222/4 61 72, E-mail: olaf.steinhoefel@fb08.lfl.smul.sachsen.de