



Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.

***DLG-
Grünlandtagung 2005***

***Optimierung von
Nährstoffsalden im
Futterbaubetrieb***

**Vorträge der Tagung vom 7. Juli 2005
und ausgewählte Themen aus der internen Sitzung
des DLG-Ausschusses „Grünland und Futterbau“
vom 6. Juli 2005 in Futterkamp**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Entwicklung der Flächenanteile im Futterbau in den Regionen Schleswig-Holsteins Dr. Edgar Techow, Landwirtschaftskammer S/H, Osterröhnfeld	3
Anforderungen an das Nährstoffmanagement im Futterbaubetrieb Dr. Conrad Wiermann, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Kiel	9
Auswertung langjähriger Versuche zur P - und K - Düngung auf Niedermoorgrünland - Basis für die Bemessung der Grunddüngung Dr. Frank Hertwig, Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Referat Grünland und Futterwirtschaft, Paulinenaue Dr. Rudolf Schuppenies, Paulinenauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V., Paulinenaue	15
N-Effizienzen von Milchvieh-Futterbaubetrieben - Auswertung von Monitoring- Betrieben in Ostfriesland Dr. Matthias Benke u. Udo Hattermann, Landwirtschaftskammer Weser-Ems	23
Futterbaufruchtfolgen- eine Möglichkeit zur Erhöhung der N-Effizienz in Milchviehbe- etrieben Friedhelm Taube, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel	29
Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Leguminosen-Gras-Bestände in Norddeutschland – Konsequenzen für die N-Bilanz Dr. Ralf Loges, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Grünland und Futter- bau/Ökologischer Landbau -Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	35
Zur Kaliumdüngung auf nordostdeutschem Grünland Dr. Heidi Jänicke, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklen- burg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion Dummerstorf	45
Langjährige Erfahrungen zu den N-Bilanzen der ersten Aufwüchse mehrschnittiger Fut- terpflanzen in Mecklenburg-Vorpommern Dr. Martin Piehl, LMS Landwirtschaftsberatung	51
Einfluss von Düngung und Schnitthäufigkeit auf die Nährstoffbilanzen des Niedermoor- grünlandes Horst Käding, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Paulinenaue	55
Zu den Wechselwirkungen langjähriger N-, P-, K-Gaben bezogen auf die bodenchemi- schen Werte von Mähweiden verschiedener Höhenlagen Prof. Dr. Dr. h.c. W. Opitz v. Boberfeld, Gießen	61
Adressen der Referenten	71
Anlage: Grafiken Prof. Dr. Taube	

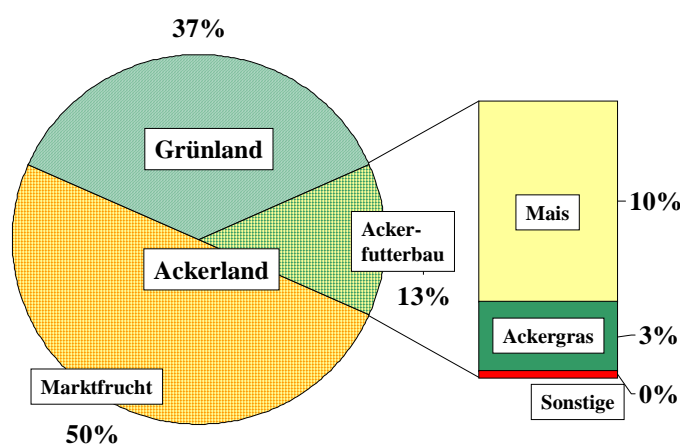
Entwicklung der Flächenanteile im Futterbau in den Regionen Schleswig-Holsteins

Dr. E. Techow; Landwirtschaftskammer Schleswig- Holstein,
Abt. Pflanzenbau/Landtechnik

Die Bedeutung der Rindviehhaltung in Schleswig-Holstein wird bei der Betrachtung des Flächenumfanges zur Grundfutterproduktion deutlich. Von der landwirtschaftlich genutzten Fläche (1,01 Mill. ha) in unserem Bundesland werden z. Z. etwa 50% für diesen Produktionszweig genutzt. Trotz abnehmender Tierbestände ist der Anteil der LF für die Grundfutterproduktion an der Gesamtfläche in den vergangenen Jahren nur leicht rückläufig, innerhalb der produzierten Grundfutter hat es aber insbesondere in den letzten Jahren deutliche Veränderungen gegeben. Grund für diese Veränderung ist die wirtschaftliche Lage in der Rindviehhaltung und die dadurch bedingte strukturelle Entwicklung. Unbefriedigende Ertragslöhre im Fleischbereich und weiter sinkenden Milchauszahlungspreise zwingen den Betriebsleiter weiter zu Anpassungsmaßnahmen. Da der Unternehmer in der Regel nur einen geringen Einfluss auf die Preissituation hat, müssen die Kosten im Mittelpunkt seiner ökonomischen Betrachtungen stehen. Der hohe Anteil der Futterkosten an den Direktkosten bzw. Produktionskosten in der Rindviehhaltung zwingt zu einem ständigen Nachdenken an dem wirtschaftlichen Einsatz der Grundfuttermittel, dabei muss neben der Produktion von qualitativ hochwertigen und kostengünstigen Grundfuttermitteln auch der Standort (auch „Naturraum“) mit in die Überlegungen einbezogen werden. Neben der Kulturart hat dieser einen entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Grundfutterproduktion.

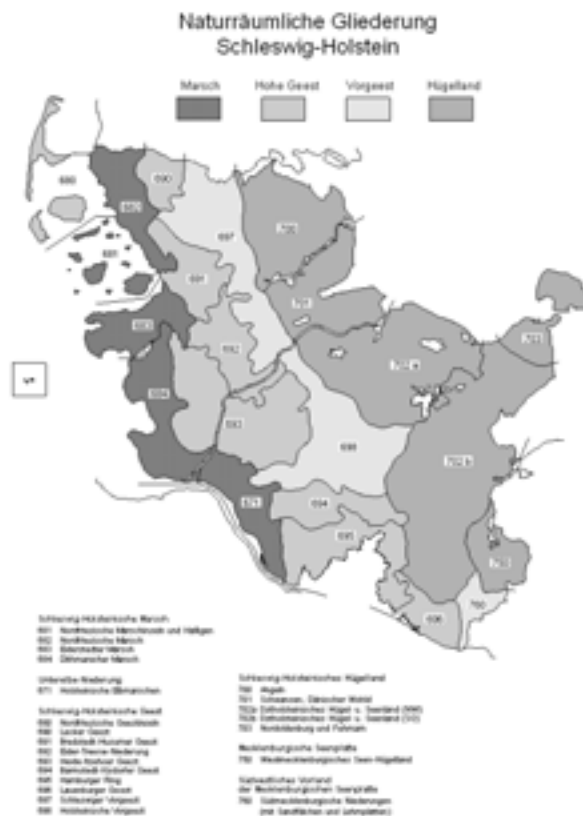


Landwirtschaftlich genutzte Fläche in Schleswig-Holstein
insges. 1.010.192 ha (davon 8.089 ha Baumschulfl., Gärten u. Obstanlagen)



Quelle: Statistisches Landesamt S.-H.

LK S.-H.; Abt. Pflanzenbau/Landtechnik



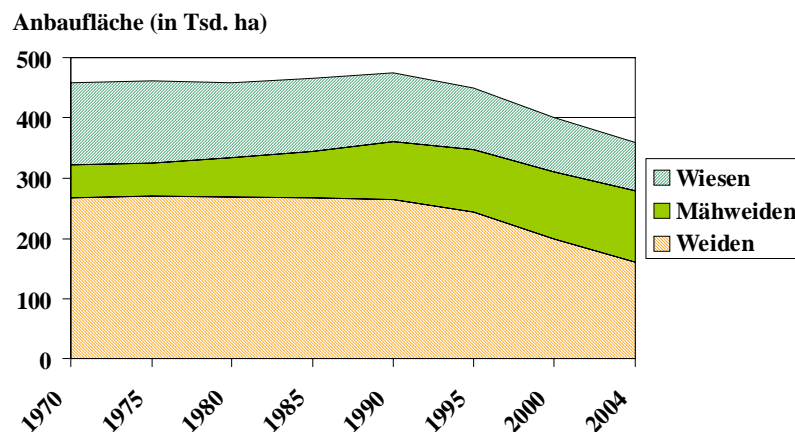
Das Land Schleswig-Holstein ist in vier Hauptnaturräume unterteilt, die im einzelnen wie folgt gekennzeichnet sind:

- Die Marschen (aus Schwemmland entstanden) müssen durch Deiche vor dem Hochwasser und den Sturmfluten an der Nordsee geschützt werden. Großflächige Überschwemmungen durch Niederschläge und Oberflächenwasser werden durch ein System von Vorflutern, Speicherbecken, Schöpfwerken und Sielbauwerken verhindert. Hierdurch ist es möglich geworden, größere Teile der Marsch als früher mit gutem Erfolg ackerbaulich zu nutzen.
- Auf der Hohen Geest und der Vorgeest herrschen gering ertragfähige sandige Böden und Schwemmsande mit Bodenzahlen zwischen 20 und 40 Punkten vor. Die Niederungen der Geest weisen Moore (überwiegend Niedermoor) und anmoorige Sande auf.
- Das Hügelland im Osten Schleswig-Holsteins besteht überwiegend aus lehmigen Böden mittlerer bis hoher Ertragsfähigkeit. Besonders der Küstenstreifen sowie die Insel Fehmarn zeichnen sich durch fruchtbare Böden aus. Die durchschnittlichen Bodenzahlen liegen zwischen 40 und 55 Punkten, in einigen Teilen jedoch auch bedeutend höher.

Bei einer Gesamtbetrachtung des Bundeslandes sind sehr unterschiedliche Veränderungen im Flächenanteil der Kulturen des Futterbaues zu beobachten.

Die Nutzungsformen des Dauergrünlandes „Weide, Mähweide und Schnittnutzung“ verändern sich in den Jahren von 1970 bis 1990 nur gering im Umfang. Ab 1990 setzt jedoch nicht nur eine deutliche Abnahme der Dauergrünlandfläche ein, sondern auch eine erhebliche Verschiebung innerhalb der Nutzung dieser Kultur. Die stärkste Flächenabnahme tritt im Bereich Weide ein, aber auch der Anteil reiner Schnittflächen nimmt ab. Der Grund für den Rückgang der reinen Schnittnutzung ist nicht nur die Erkenntnis, dass Schnitte in der 2. Vegetationshälfte in der Qualität abfallen, sondern auch, dass die Wechselnutzung Schnitt – Weide die Ertragsstabilität der Grünlandnarben deutlich erhöht. Die Mähweide ist somit die einzige Nutzungsform im Dauergrünlandbereich, die im Flächenumfang zunimmt.

Dauergrünland in Schleswig-Holstein
Entwicklung der Nutzung (in ha); 1970 - 2004



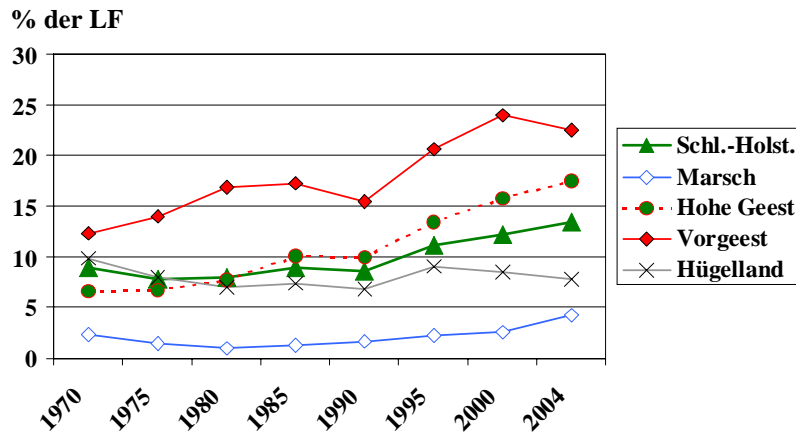
Quelle: Statistisches Landesamt S.-H.

LK S.-H.; Abt. Pflanzenbau/Landtechnik

Deutlich stärkere Veränderungen sind im Ackerfutterbau zu erkennen. Die Rüben, vor 1970 noch stärkste Kultur im Ackerfutterbau, sind in der Statistik wegen des geringen Flächenumfanges in den letzten Jahren nicht mehr erfasst. Gewinner ist eindeutig der Silomais mit einem Flächenumfang, der 2005 100.000 ha überschreiten dürfte. Wie eine Auswertung der Universität von Versuchsdaten dieser Kultur zeigt, ist die Ertragssteigerung durch züchterischen Fortschritt nur in den letzten 30 Jahren in unserer Region nur sehr bescheiden ausgefallen. Wie die Landessortenversuche und Praxiserhebungen jedoch zeigen hat es erhebliche Fortschritte in der Abreife, der Standfestigkeit und des Stärkegehaltes gegeben. Dadurch ist diese Kultur in Verbindung mit der leichten Mechanisierung nach dem Gras zu einem wesentlichen Bestandteil der Grundfütterration geworden.

Flächenanteil in den Regionen Schleswig-Holsteins

Ackerfutterbau 1970 - 2004

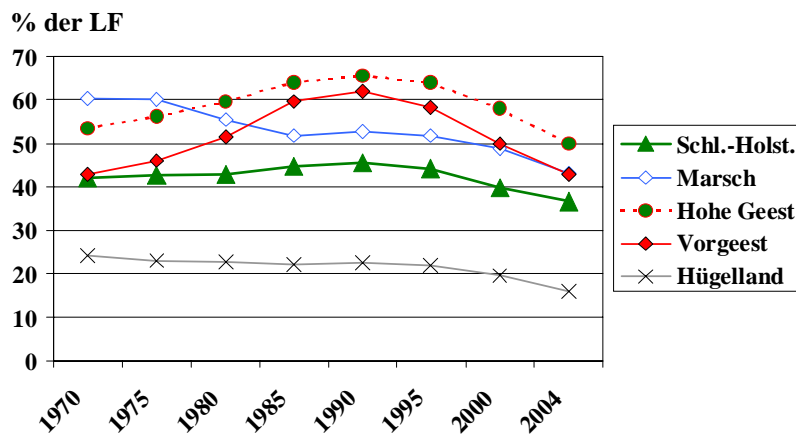


Quelle: Agarbericht S.-H. 2005

LK Schleswig-Holstein, Abt. Pflanzenbau/Landt.

Flächenanteil in den Regionen Schleswig-Holsteins

Dauergrünland 1970 - 2004



Quelle: Agarbericht S.-H. 2005

LK Schleswig-Holstein, Abt. Pflanzenbau/Landt.

Deutlich steigender Flächenanteil des Ackerfutterbau auf den leichten Standorten bei nur leicht ansteigenden Werten in der Marsch und relativ konstanten im östlichen Hügelland kennzeichnen die letzten 15 Jahre in diesem Bereich. Der Anteil des Dauergrünlandes in den Regionen Hügelland und Marsch ist dagegen im gesamten Zeitraum rückläufig. Die Konstanz des Flächenanteils „Dauergrünland“ landesweit

im dargestellten Zeitraum bis 1990 ergibt sich durch den Anstieg auf den leichten Standorten. Ein dann folgender Rückgang des Flächenanteils in den Folgejahren führt im Jahr 2004 zu einem Dauergrünlandanteil vorhanden, der dem der 70iger Jahre gleichkommt. Von einem weiteren Rückgang des Dauergrünlandes in allen Naturräumen in den nächsten Jahren ist auszugehen. Gründe sind unter anderem der anhaltende Strukturwandel, der Anstieg der Einzeltierleistung und dem damit verbundenen Zwang zur Ausdehnung der Sommerstallhaltung.

Wie lassen sich jedoch die Grundfutterkosten bei den zu erwartenden politischen Rahmenbedingungen weiter reduzieren bei einer gleichzeitig angestrebten Erhöhung der Einzeltier- und Grundfutterleistung. Das landwirtschaftliche Versuchswesen und die Beratung muss auf die regionalen Besonderheiten bei der Produktionstechnik und Sortenwahl weiter eingehen. Eine standortgerechte und damit umweltschonende Landbewirtschaftung liegt nicht nur im Interesse der Landwirtschaft.

Anforderungen an das (zukünftige) Nährstoffmanagement in Futterbaubetrieben

Dr. Conrad Wiermann, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

Die Umweltwirkungen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Produktionssysteme sind in der Vergangenheit zunehmend in das öffentliche Interesse gerückt. Anhand von Agrar- und Umweltindikatorensets ist es gelungen, je nach Gewichtung der einzelnen Indikatoren, die Nachhaltigkeit verschiedener Landnutzungssysteme zu beurteilen. Ein zentrales Kriterium in sämtlichen Indikatorensets ist der Nährstoffbilanzsaldo, so dass das Nährstoffmanagement der landwirtschaftlichen Betriebe insgesamt an Bedeutung gewonnen hat.

Welche Anforderungen an das Nährstoffmanagement bestehen bereits?

Mit der Düngeverordnung (DüV) aus 1996 ist die Einhaltung der „guten fachlichen Praxis beim Düngen“ für die Landwirtschaft verbindlich geworden. Düngemittel sind grundsätzlich im Rahmen der guten fachlichen Praxis zeitlich und mengenmäßig so auszubringen, dass die Nährstoffe von den Pflanzen weitestgehend ausgenutzt werden können und damit Nährstoffverluste bei der Bewirtschaftung vermieden werden. Mit der Kalkulation von Nährstoffvergleichen wird dem Betriebsleiter in Abhängigkeit von dem gewählten Berechnungsansatz ein geeignetes Beratungs- und Kontrollinstrumentarium hinsichtlich des Nährstoffmanagements an die Hand gegeben. Für die Düngung mit Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft gelten 170 bzw. 210 kg N/ha auf Acker- bzw. Grünland als Höchstgrenze.

Werden die Anforderungen an das Nährstoffmanagement zukünftig steigen?

Mit der nationalen Umsetzung der EU-Nitratrichtlinie, der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der NEC-Richtlinie ist zu erwarten, dass die Anforderungen an das Nährstoffmanagement der landwirtschaftlichen Betriebe ansteigen. Im Hinblick auf das Nährstoffmanagement der landwirtschaftlichen Betriebe sind insbesondere folgende Ziele der genannten europäischen Richtlinien von Bedeutung:

a) EU-Nitratrichtlinie (91/676/EWG):

Die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und weiterer Gewässerverunreinigung dieser Art vorzubeugen.

b) EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG):

Durch u. a. Reduzierung von stofflichen Einträgen in aquatische Ökosysteme den „guten ökologischen Zustand“ der Gewässer in Sinne dieser Richtlinie bis 2015 zu erreichen.

c) EU-NEC-Richtlinie (2001/81/EG):

Senkung der Ammoniakemissionen auf 550.000 t/Jahr ab 2010. Umgesetzt in Deutschland durch das Programm der Bundesregierung zur „Senkung von Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft“.

Um diese Ziele in Deutschland realisieren zu können, müssen also Nährstoffverluste in den einzelnen landwirtschaftlichen Produktionssystemen reduziert bzw. die Nährstoffausnutzung verbessert werden.

Wie ist das Nährstoffmanagement der Futterbaubetriebe aktuell zu beurteilen?

Von Bach et al. (1999) wird für Futterbaubetriebe in Deutschland ein durchschnittlicher Stickstoffbilanzsaldo (Nettobilanz nach Hoftoransatz) von +107 kg N/ha kalkuliert. Demgegenüber zeigen Ergebnisse von Hege und Offenberger (2003), dass sich für Rinderhaltende Betriebe in Deutschland, auf Basis einer Umfrage in verschiedenen Bundesländern, ein Bruttostickstoffbilanzsaldo von durchschnittlich + 98 kg N/ha errechnet. Die Autoren weisen ausdrücklich auf die regionalen Unterschiede hin, die aus den variierenden Standortverhältnissen resultieren. Für Schleswig-Holstein weisen die Ergebnisse der Rinderspezialberatung (Rinderreport der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein) im langjährigen Mittel einen Bruttostickstoffsaldo von ca. + 150 bis + 170 kg N/ha für die erfassten Futterbaubetriebe aus. Diese Größenordnung wird durch eine Erhebung in Schleswig-Holstein für typische Futterbaubetrieben bestätigt (Abbildung 1): Bei einem Viehbesatz von 1,5 bis 2,0 GV/ha liegen die Bruttostickstoffsalden (Hoftoransatz) für Futterbaubetrieb im Bereich von + 150 bis + 200 kg N/ha.

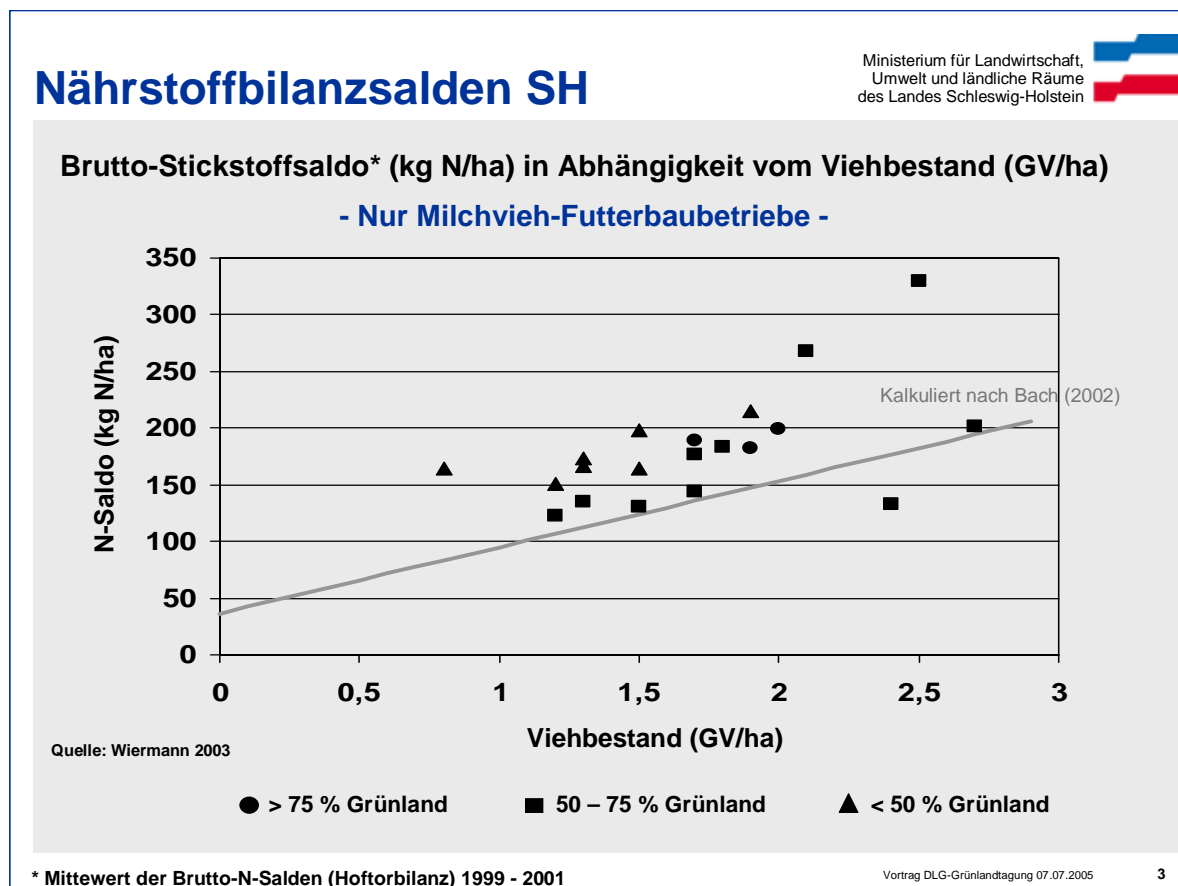


Abb. 1: Brutto-Stickstoffsalden im Mittel der Jahre 1999 – 2001 (Hoftoransatz) für ausgewählte Futterbaubetriebe in Schleswig-Holstein.

Welche zusätzlichen Anforderungen sind für das Nährstoffmanagement der landwirtschaftlichen Betriebe mit der Neufassung der DüV zu erwarten?

Mit dem Entwurf zur Neufassung der DüV (Stand: 21.06.2005) wird zunächst die Höchstgrenze zur Ausbringung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft im Betriebsdurchschnitt auch für Grünland auf 170 kg N/ha begrenzt. Allerdings strebt die Bundesregierung eine Ausnahmeregelung für intensiv genutzte Grünland- und Gemüsebauflächen an: Für diese Flächen ist eine maximale Düngung für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft bis zu 230 kg N/ha geplant. Über die Zulassung einer solchen Ausnahmeregelung hat der Nitratausschuss der EU-Kommission zu befinden, der allerdings erst nach vollständiger Umsetzung der Nitratrichtlinie und damit dem Inkrafttreten der neuen DüV über die Zulassung der geplanten Ausnahmeregelung entscheiden will.

Außerdem sieht der Entwurf zur Novellierung der DüV (Stand: 21.06.2005) die Berechnung von Stickstoff- und Phosphatbilanzen zunächst für Einzelschläge bzw. Bewirtschaftungseinheiten vor. In einem zweiten Schritt werden die einzelnen Schlagbilanzen zu einer Gesamtbetriebsbilanz zusammen geführt. Da bei der Berechnung der Schlagbilanzen bereits die Wirksamkeit der Wirtschaftsdünger in festgelegten Größenordnungen berücksichtigt werden soll, ergeben sich Nettobilanzen, die im Mittel von drei Jahren durch zeitlich gestaffelte Toleranz- bzw. Grenzwerte beurteilt werden sollen. Im dreijährigen Mittel der Jahre 2006 – 2008 ist momentan ein **Toleranzwert von + 90 kg N/ha** vorgesehen, der bei Überschreitung eine Beratungspflicht nach sich zieht. Eine Ordnungswidrigkeit soll bei Überschreitung eines **Grenzwertes von + 140 kg N/ha** für den genannten Zeitraum vorliegen. Für bestimmte Kulturarten (u. a. Gemüsearten und Winterraps) oder Qualitätsanforderungen werden zusätzliche unvermeidbare Stickstoffverluste eingeräumt.

Neben der Stickstoffbilanz sieht die Neufassung der DüV (Stand: 21.06.2005) auch eine Bewertung der zu einer Betriebsbilanz aggregierten schlagbezogenen Phosphatbilanzen vor. Als Toleranzwert ist im momentanen Entwurf ein Wert von **+ 20 kg P₂O₅/ha** vorgesehen, eine Ordnungswidrigkeit soll ab einem Überschuss von **+ 50 kg P₂O₅/ha** vorliegen.

Was bedeuten die vorgeschlagenen Toleranz- bzw. Grenzwerte für das Nährstoffmanagement der Futterbetriebe in Schleswig-Holstein?

Mit der Anwendung des, mit dem Entwurf zur Neufassung der DüV (Stand: 21.06.2005), geforderten Berechnungsansatzes zur Kalkulation von Nährstoffbilanzsalden auf die ausgewählten Futterbaubetriebe in Schleswig-Holstein, werden die Nährstoffbilanzsalden durch den Abzug der unvermeidbaren Stickstoffverluste (die N-Ausnutzung ist zu berücksichtigen) bei 1,5 bis 2,0 GV/ha im Mittel auf + 100 bis + 150 kg N/ha reduziert (Abbildung 2).

Unter Berücksichtigung der von der Bundesregierung angestrebten Toleranz- bzw. Grenzwerte würde sich unter der Annahme, dass sich das Nährstoffmanagement der Betriebe seit 1999 – 2001 nicht wesentlich verbessert hat, folgendes Bild (Abbildung 2) ergeben: Von den ausgewählten Futterbaubetrieben würden lediglich 15 % den Toleranzwert von + 60 kg N/ha für den Beurteilungszeitraum 2006 – 2008 einhalten. Weitere 40 % der Betriebe müssten sich einer Beratung unterziehen und 45 % der Betriebe würde unter den genannten Annahmen sogar den Grenzwert zu einer Ordnungswidrigkeit überschreiten.

Die in Abbildung 2 präsentierten Ergebnisse dokumentieren eindrücklich, dass die im aktuellen Entwurf zur Neufassung der DüV vorgesehenen Toleranz- und Grenzwerte für eine Vielzahl von Futterbaubetrieben in Schleswig-Holstein höchste Anforderungen an das betriebliche Nährstoffmanagement darstellen würden. Dies gilt unabhängig vom Anteil der Grünlandflächen an der Gesamtfläche der Betriebe. Einige, wenige Futterbaubetriebe sind offensichtlich bereits heute in der Lage die vorgesehenen Anforderungen zu erfüllen. Die Nährstoffmanagementstrategien dieser Betriebe gilt es zukünftig in praxistauglichen Beratungskonzepten zusammen zu führen.

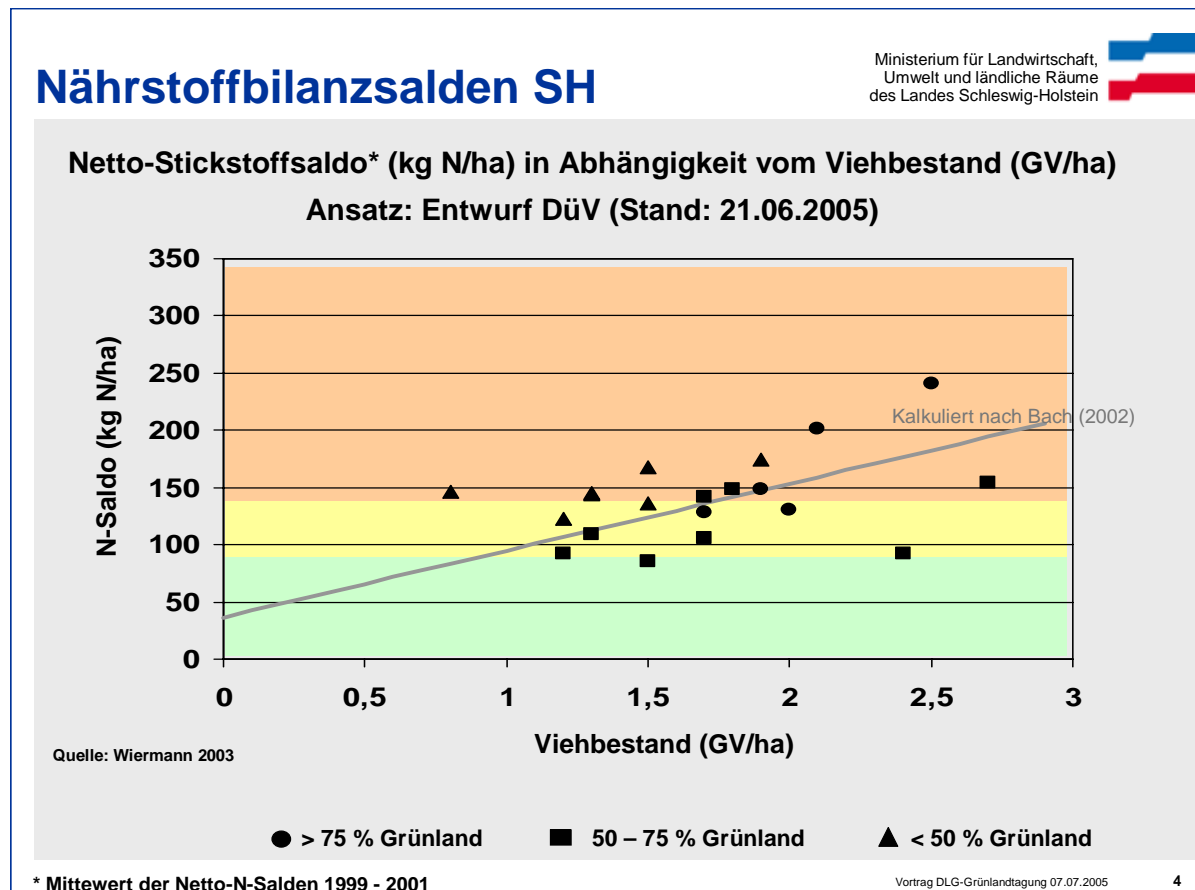


Abb. 2: Netto-Stickstoffsalden im Mittel der Jahre 1999 – 2001 (mit Ansatz des Entwurf zur Neufassung der DüV) für ausgewählte Futterbaubetriebe in Schleswig-Holstein.

Schlussfolgerungen

Zur Erreichung der ehrgeizigen Ziele der EU-Nitratrichtlinie, der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der NEC-Richtlinie sind wesentliche Verbesserungen des Nährstoffmanagements der Futterbaubetriebe in Schleswig-Holstein erforderlich. Geeignete Schwachstellenanalysen (z.B. Agrar- und Umweltindikatoren-systeme) müssen genutzt werden, um ineffiziente Produktionssysteme im Gesamtbetrieb zu identifizieren. Hierbei sind auch Fütterungsstrategien zu durchleuchten sowie Verlustquellen im Stall und bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern zu berücksichtigen.

Aus pflanzenbaulicher Sicht sind u. a. folgende Ansätze zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz in landwirtschaftlichen Produktionssystemen denkbar:

- Bodennahe und exakte Ausbringungsverfahren für Wirtschaftsdünger
- Überregionales Güllemanagement
- Abdeckung von Lagerbehältern
- Alternative Fruchtfolgegestaltung für den Ackerfutterbau
- Verbesserte Qualitäten der Grünlandnarben
- Betriebsinterne Verwertung von Marktfrüchten

Die genannten Maßnahmen sollten in Zukunft durch praxisnahe Erprobungs- und Forschungsvorhaben weiterentwickelt und zu wirkungsvollen Beratungskonzepten zusammengestellt werden.

Auswertung langjähriger Versuche zur P - und K - Düngung auf Niedermoorgrünland - Basis für die Bemessung der Grunddüngung

Dr. Frank Hertwig, Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Referat Grünland und Futterwirtschaft, Gutshof 7, 14641 Paulinenaue

Dr. Rudolf Schuppenies, Paulinenaauer Arbeitskreis Grünland und Futterwirtschaft e.V., 14641 Paulinenaue

1. Einleitung

Die allgemeine Empfehlung zur praktischen Grunddüngung des Grünlandes beinhaltet, die durch die Nutzung entzogenen Pflanzennährstoffe zu ersetzen und den durch die Gehaltsklassen charakterisierten Versorgungszustand des Bodens über Zu- oder Abschläge zu berücksichtigen.

Die Berücksichtigung der natürlichen Standortfaktoren ist dabei eine wesentliche Voraussetzung. In Nordostdeutschland ist das Niedermoor einer der wichtigsten Grünlandstandorte. Es stellt einerseits aufgrund der nahezu ganzjährigen Mineralisierung organischer Substanz große Mengen an Stickstoff bereit, ist aber andererseits durch niedrige Gehalte an Makronährstoffen, besonders Kalium, gekennzeichnet. Die Düngungsempfehlungen für Niedermoorgrünland müssen diesen Besonderheiten Rechnung tragen und dabei ständig auf ihre Aktualität überprüft werden.

2. Material und Methoden

In den nachfolgenden Ausführungen werden Ergebnisse von Phosphor- und Kaliumdüngungsversuchen auf Niedermoor (Mo IIa) am Standort Paulinenaue im Havelländischen Luch in Brandenburg dargestellt. Bei der Konzipierung der Versuche wurden bei der Düngung nach Entzug durch die Pflanzenbestände Trockenmasseerträge von 65 und 105 dt/ha bei einer N-Gabe von 0 bzw. 150 kg/ha nach Dreischrittnutzung unterstellt. Für den Entzug (1,0 E) wurden ein in langjährigen Untersuchungen abgeleiteter P-Gehalt in der Pflanze von 3 g/kg TS und ein K-Gehalt von 20 g/kg TS in den jeweiligen Versuchen veranschlagt. Die Variation der Grunddüngergaben auf der Grundlage des Entzuges betrug im P-Versuch 0,5 und 1,5 E und im K-Versuch wegen der erwarteten schnelleren Reaktion 0,7 und 1,3 E. Bei der N-Stufe von 150 kg/ha wurde auf das sonst im üblichen Düngungsversuch enthaltene Prüfglied „ohne K-Düngung“ verzichtet, weil diese Kombination langjährig keine praktische Bedeutung hat. Die PK-Düngung erfolgte stets zum 1. Aufwuchs. Der Versuch wurde 1997 angelegt, sodass 2004 die Messwerte von insgesamt 8 Versuchsjahren vorlagen. Die Bestimmung der Mineralstoffgehalte im Boden und in der Pflanze erfolgte entsprechend den Untersuchungsmethoden des VDLUFA im Landeslabor Brandenburg.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse im P-Versuch

Die in den Tabellen 1 und 2 dargestellten Ergebnisse bestätigen, dass im Mittel der Versuchsjahre der bei der Versuchsplanung erwartete „Standardertrag“ in Abhängigkeit von der jeweiligen N-Düngungsvariante erreicht wurde.

Im P-Versuch (Tab. 1) sind die Ertragsdifferenzen zwischen den Prüfgliedern auf gleicher N-Stufe statistisch nicht gesichert. Nur bei der Variante mit einer N-Gabe von 150 kg/ha ohne gleichzeitige P-Düngung ist im 8. Versuchsjahr der Ertrag signifikant niedriger.

Der P-Gehalt im Pflanzenmaterial als gewogenes Mittel für den Gesamtertrag liegt 2004 in allen Varianten, außer in der mit N und ohne P, im Bereich von 2,8 bis 3,9 g/kg TS. In dem Prüfglied mit 150 kg/ha Stickstoff aber ohne P-Düngung ist dagegen der P-Gehalt kontinuierlich gesunken und erreicht 2004 nur noch 2,1 g/kg TS. Für die P-Bilanz (Düngung minus Entzug) ergeben sich in den ungedüngten Varianten mittlere negative Bilanzen von jährlich 21 bzw. 24 kg/ha. Mit einer Entzugsdüngung auf der Basis von 3 g P/kg TS kann die P-Bilanz sowohl mit als auch ohne N-Düngung ausgeglichen gestaltet werden. Der höhere Ertrag nach N-Düngung wird durch einen geringeren P-Gehalt im Aufwuchs wieder ausgeglichen. Die Reduzierung der P-Gabe um 50 % führte langjährig zu negativen Bilanzen von 12 bzw. 15 kg P/ha, bisher aber nicht zu einer statistisch gesicherten Reduzierung des Ertrages und zu keiner Absenkung des P-Gehaltes im Boden.

Der Zusammenhang zwischen der P-Bilanz und dem P-Gehalt im Boden ist nicht immer eindeutig und verläuft auch unerwartet, wie das die Korrelationskoeffizienten für die 8 Versuchsjahre und die entsprechenden Bodengehalte zeigen. Die jährlichen Schwankungen der P-Gehalte im Boden können erheblich sein. Eine deutlich über den Entzug hinausgehende Düngung hat zu beachtlichen Steigerungen des P-Gehaltes im Boden geführt, aber keine Ertragssteigerung bewirkt.

Langjährig gedüngte Niedermoore verfügen über beträchtliche Phosphorreserven, und eine suboptimale P-Düngung mit 0,5 E führt nicht zu Ertragsverringerungen, wenn sich die P-Gehalte in der Pflanzenmasse in einem Bereich über 2,5 g/kg TS bewegen.

3.2 Ergebnisse im K-Versuch

Im K-Versuch (Tab. 2) sind bei gleicher N-Stufe die Ertragsunterschiede im Bereich der Entzugsdüngung von 0,7 E bis 1,3 E im 8. Versuchsjahr ebenfalls nicht signifikant. Dagegen ist ohne K-Düngung der Ertragsabfall bedeutend. So wurden mit fallender Tendenz im 8. Versuchsjahr nur noch 56 % des Ertrages der nach Entzug gedüngten Parzellen erzielt. Der Ertragsrückgang ging mit einer drastischen Abnahme des K-Gehaltes unter 10 g/kg TS einher. Der negativen K-Bilanz in dieser Variante von insgesamt 384 kg/ha in den 8 Versuchsjahren steht auch ein Rückgang des K-Gehaltes im Boden von 12,6 mg auf 7,7 mg/100 g Boden und damit in die Gehaltsklasse B (7-10 mg/100 g Boden) gegenüber. Das kommt auch in einem Korrelationskoeffizienten von -0,89 zum Ausdruck. Dieser eindeutige Zusammenhang zwischen K-Bilanz und Bodengehalt lässt sich ansonsten nicht feststellen. Es zeigt sich aber, dass durch die Düngung nach Entzug auf der Basis eines mittleren K-Gehaltes von 20 g/kg TS in der Variante ohne Stickstoff die K-Bilanz ausgeglichen gestaltet

werden kann und dass der Bodengehalt im Gleichgewicht gehalten wird. Das trifft auch für die Variante mit einer N-Gabe von 150 kg/ha zu, bei der es zwar zu einer negativen K-Bilanz, aber zu keiner Verringerung des Ertrages und des K-Gehaltes im Boden gekommen ist. Entgegen der oft geäußerten Befürchtung, dass auf Niedermoor eine hohe K-Düngung mit K-Verlusten verbunden ist, war das in dem vorgestellten Versuch nicht der Fall, was auch durch die Korrelationskoeffizienten unterstrichen wird.

Die Ergebnisse weisen auf eine schwierige Beurteilung der K-Dynamik auf Niedermoorgrünland hin. Die Bodenuntersuchungswerte unterliegen jährlichen Schwankungen, die sich nicht mit K-Bilanzen erklären lassen. Das gilt auch für das Problem der Aufdüngung und die zumindest bei extensiver Nutzung übertriebene Gefahr der Auswaschung von Kalium.

3.3 P- und K-Gehalt in der Pflanzenmasse

Aus den dargestellten Ergebnissen wird deutlich, dass der Zusammenhang zwischen Ertrag und Bodennährstoffgehalt nicht immer eindeutig ist. Deshalb kommt es darauf an, den Nährstoffgehalt in der Erntemasse stärker zu beachten, um auf den Versorgungszustand der Grünlandbestände mit Phosphor und Kalium schließen zu können. Die Ergebnisse in den Tabellen 3 und 4 zeigen, dass in den einzelnen Aufwüchsen die Unterschiede beim K-Gehalt wesentlich höher ausfallen als beim P-Gehalt. Das gilt vor allem für die mit Stickstoff gedüngten Prüfglieder. Insgesamt nimmt der P-Gehalt mit den Aufwüchsen eher zu, während der K-Gehalt im Allgemeinen rückläufig ist. Das ist bei K-Düngung als einmalige Frühjahrsgabe besonders ausgeprägt und wird durch eine N-Düngung noch verstärkt.

Wenn nach Unterlassung oder Einschränkung der P-Düngung die P-Gehaltswerte in der Pflanzenmasse der einzelnen Aufwüchse unter 2,5 g P/kg TS absinken, ist ein P-Mangel angezeigt, und es muss mit Ertragseinbußen gerechnet werden.

Eindeutiger K-Mangel herrscht vor, wenn in der Pflanzenmasse weniger als 10 g K/kg TS ermittelt werden. Dann sind erhebliche Ertragseinbußen in Größenordnungen um 50% zu erwarten. Aus niedrigen K-Gehalten ungedüngter, später Aufwüchse im Bereich von 12 bis 15 g/kg TS kann nicht gesichert auf geringere Aufwuchserträge geschlossen werden, allerdings deutet sich damit eine Unterversorgung mit Kalium an. Andererseits wird Luxuskonsum bewirkt, wenn für erwartete hohe Erträge eine hohe einmalige K-Gabe zum 1. Aufwuchs verabreicht wird.

Wenn in gedüngten Aufwüchsen ein P-Gehalt von 3,0 bis 3,5 g und ein K-Gehalt von 25 bis 30 g/kg TS ermittelt wird, deutet das darauf hin, dass ein Versorgungsgrad mit Phosphor bzw. Kalium vorliegt, der keine negativen Auswirkungen auf den Ertrag erwarten lässt. Gehaltswerte, die darüber liegen, lassen auf Luxuskonsum schließen.

4. Zusammenfassung

Auf Niedermoorgrünland sichert eine Entzugsdüngung, die sich an dem erwarteten Jahresertrag und einem Gehalt von 3 g P/kg TS sowie 20 g K/kg TS in der Pflanze orientiert, standorttypische Erträge. Die Über- bzw. Unterversorgung in den untersuchten Bereichen hat in 8 Versuchsjahren keine signifikanten Veränderungen des Ertrages bewirkt. Die Unterlassung der K-Düngung führt dagegen stets zu einem kontinuierlichen Ertragsrückgang. Die Dynamik hängt vom Ausgangswert des K-Gehaltes im Boden ab. Das gilt prinzipiell auch für die P-Düngung. Allerdings spielt sich der Ertragsrückgang wegen der gegenüber Kalium geringeren Aufnahme in größeren Zeiträumen ab und ist nach 8 Jahren nur bei gleichzeitiger N-Düngung in der Tendenz sichtbar.

Die N-Düngung zum ersten und zweiten Aufwuchs führt auch auf Niedermoor zu einem deutlichen Ertragsanstieg, aber nur bei der K-Düngung in allen Entzugsstufen zu negativen K-Bilanzen. Das ist die Folge von Luxuskonsum bei sehr hohen K-Gaben ausschließlich zum ersten Aufwuchs. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen PK-Bilanzen und der Entwicklung des PK-Gehaltes im Boden ist nicht immer festzustellen. Das gilt vor allem für die Prüfglieder mit PK-Düngung und lässt die Schlussfolgerung zu, dass unabhängig vom Bodengehalt die Entzugsdüngung für die Gewährleistung standorttypischer Erträge ausreicht.

Mangelbereiche für den K-Gehalt in der Pflanzenmasse sind durch Gehalte von weniger als 10 g/kg TS gekennzeichnet. Gedüngte Bestände sollten im Mittel der Aufwüchse mindestens 20 g/kg TS aufweisen. Bei entzugsgerechter K-Düngung als einmalige Gabe im Frühjahr enthalten dann häufig der 1. Aufwuchs über 25 und die Folgeaufwüchse nur noch 17 bis 19 g/kg TS. Ungedüngte Folgeaufwüchse, deren K-Gehalt bei Dreischnittnutzung unter 15 g/kg TS abfällt, deuten auf Mangel hin. Luxuskonsum an Kalium lässt sich bei hoher Entzugsdüngung nur durch Teilung der Gaben vermeiden.

Der Mangelbereich für den P-Gehalt beginnt bei weniger als 2,5 g/kg TS. Das kann durch Entzugsdüngung auf der Grundlage eines Entzuges von 3 g P/kg TS verhindert werden. Bei entzugsgerechter P-Düngung ist kein ausgesprochener Luxuskonsum zu erwarten.

Tabelle 1: Phosphordüngung nach Entzug auf Niedermoorgrünland

Prüfglied ¹	P kg/ha	Ertrag dt TM/ha		P-Gehalt i. d. Pflanze g/kg TS		P-Bilanz kg/ha		P-Gehalt im Boden mg/100 g		
		2004	1997/04	2004	1997/04	2004	1997/04	1997	2004	r ²
Ohne Stickstoff										
Ohne P	0	65,5	69,3	2,78	3,08	-18	-21	9,4	6,3	- 0,61
0,5 E	10	76,1	68,6	3,02	3,18	-13	-12	8,3	12,1	0,74
1,0 E	20	65,0	68,3	3,26	3,25	-1	-2	7,6	13,1	0,78
1,5 E	30	69,5	68,3	3,60	3,44	5	6	9,7	18,5	0,91
150 kg N/ha (80/70/0)										
Ohne P	0	86,8	101,7	2,09	2,38	-18	-24	7,3	7,0	- 0,31
0,5 E	16	112,9	108,1	2,79	2,88	-15	-15	7,3	8,1	0,04
1,0 E	32	109,9	105,6	3,57	3,37	-7	-4	6,9	13,7	0,80
1,5 E	48	111,2	110,0	3,94	3,72	4	7	8,6	20,2	0,92

¹ gleichzeitig 210 kg K/ha, ² Korrelationskoeffizient: Versuchsjahre/ Bodengehalt

Tabelle 2: Kaliumdüngung nach Entzug auf Niedermoorgrünland

Prüfglied ¹	K kg/ha	Ertrag dt TM/ha		K-Gehalt i. d. Pflanze g/kg TS		K-Bilanz kg/ha		K-Gehalt im Boden mg/100 g		
		2004	1997/04	2004	1997/04	2004	1997/04	1997	2004	r ²
Ohne Stickstoff										
Ohne K	0	46,1	50,0	6,5	9,5	-30	-48	12,6	7,7	- 0,89
0,7 E	91	79,1	68,9	16,6	17,2	-40	-27	8,2	9,2	- 0,07
1,0 E	130	82,0	67,5	21,9	21,3	-49	-14	12,0	13,9	- 0,05
1,3 E	169	82,7	71,0	27,0	24,4	-54	-4	13,6	23,7	0,68
150 kg N/ha (80/70/0)										
0,7 E	147	111,3	107,2	16,4	17,9	-36	-45	8,1	5,8	- 0,24
1,0 E	210	118,0	115,2	23,9	23,3	-72	-59	10,3	10,4	0,32
1,3 E	273	117,4	112,1	26,4	26,2	-37	-21	8,9	17,4	0,47

¹ gleichzeitig 32 kg P/ha, ² Korrelationskoeffizient: Versuchsjahre/ Bodengehalt

Tabelle 3: Phosphorgehalt der Aufwüchse

Prüfglied ¹	P-Gehalt im Prüffjahr 2004 (g/kg TS)			P-Gehalt im Mittel 1997/2004 (g/kg TS)		
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Ohne Stickstoff						
Ohne P	2,72	2,69	3,01	2,97	3,17	3,13
0,5 E	2,90	2,99	3,25	3,09	3,22	3,26
1,0 E	3,19	3,01	3,62	3,14	3,30	3,37
1,5 E	3,37	3,53	3,99	3,31	3,49	3,59
150 kg N/ha (80/70/0)						
Ohne P	1,79	2,40	2,19	2,41	2,32	2,41
0,5 E	2,92	2,32	3,42	2,99	2,71	2,93
1,0 E	3,59	3,29	4,19	3,49	3,18	3,42
1,5 E	3,93	3,61	4,81	3,82	3,62	3,66

¹ gleichzeitig 210 kg K/ha

Tabelle 4: Kaliumgehalt der Aufwüchse

Prüfglied ¹	K-Gehalt im Prüfjahr 2004 (g/kg TS)			K-Gehalt im Mittel 1997/2004 (g/kg TS)		
	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Ohne Stickstoff						
Ohne K	7,7	6,1	5,3	10,8	8,6	9,4
0,7 E	20,8	13,1	13,7	21,6	16,0	13,3
1,0 E	25,5	18,6	20,0	25,1	20,8	17,5
1,3 E	29,3	24,3	24,0	27,7	24,1	21,0
150 kg N/ha (80/70/0)						
0,7 E	18,2	14,3	16,1	23,1	14,3	13,0
1,0 E	29,8	18,9	18,5	28,7	20,5	17,3
1,3 E	28,5	25,1	19,3	31,5	23,8	19,8

¹ gleichzeitig 32 kg P/ha

N-Effizienzen von Milchvieh-Futterbaubetrieben - Auswertung von Monitoring-Betrieben in Ostfriesland

Dr. Matthias Benke u. Udo Hattermann, Landwirtschaftskammer Weser-Ems

Einleitung

Ostfriesland ist durch eine traditionsreiche landwirtschaftliche Nutzung geprägt, in deren Zentrum die Milchviehhaltung steht. Typisch für die Grünlandnutzung ist der sommerliche Weidegang der Kühe, wodurch das Landschaftsbild geprägt wird und viel des so reichlich vorhandenen Grünlandes verwertet wird. Die moderne Milchviehhaltung in den Grünlandregionen ist durchaus zur Erzielung hoher tierischer Leistungen befähigt (Milchleistungen von ca. 7.500 - 8.000 kg/Kuh/Jahr). Dies geht jedoch mit einer schlechten Nährstoffausnutzung auf Betriebsebene einher. Besonders problematisch ist hier der Stickstoff zu sehen, da die Überschüsse vor allem durch Nitratauswaschung ins Grundwasser und Ammoniakemissionen in die Atmosphäre die Umwelt belasten können.

Die ökonomischen Rahmenbedingungen in der EU begünstigen seit der Agrarreform von 1992 ein intensiveres Produktionssystem (High Input - High Output), bei dem auf der Basis von Totalmischrationen Milchleistungen von 10.000 kg/Kuh/Jahr und mehr erzielt werden. Bei diesen Systemen wird Weidegang reduziert bzw. entfällt ganz. Auch in Ostfriesland befindet sich dieses Produktionssystem auf dem Vormarsch, so dass hier zunehmend weniger Grünland über die Milchviehhaltung verwertet wird.

Ohne Einführung von Innovationen werden Grünlandstandorte weiter an relativer Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Futterbaustandorten auf der Basis von Feldfutterbau verlieren. Die Problematik der Grünlandstandorte verschärft sich durch ökologische Anforderungen, bessere Nährstoffeffizienzen erreichen zu müssen.

Im Rahmen eines Projektes wird untersucht, ob ein reduzierter Einsatz von Mineraldüngerstickstoff durch verstärkten Einsatz von Weißklee und der damit verbunden biologischen N-Fixierung kompensiert werden kann ohne Rückgang der Milchleistung. Weiterhin wird untersucht, wie sich diese Veränderungen des N-Inputs auf die N-Effizienzen und N-Bilanzen auswirken.

Material und Methode

Auf 40 ostfriesischen Milchviehbetrieben werden seit Juni 2003 alle produktionstechnischen Daten mehrerer Wirtschaftsjahre erhoben und mit Hilfe einer Hoftorbilanz ausgewertet. Mit einer Vollkostenrechnung werden die betriebswirtschaftlichen Kosten erfasst. Untersuchungen für futterbestimmende Merkmale werden in der LUFA Nord-West durchgeführt. Projektträger ist der landwirtschaftliche Hauptverein für Ostfriesland. Projekt- und Kooperationspartner sind die Beratungsringe für Rindviehhaltung und Futterbau in Ostfriesland, die Fachgruppe Pflanzenbau / Pflanzenschutz des Landwirtschaftsamtes Ostfries-

land und der Fachbereich Grünland und Futterbau der Landwirtschaftskammer Weser-Ems sowie das Forschungs- und Studienzentrum für Veredelungswirtschaft Weser-Ems (FOSVWE) in Vechta. Das Projekt wird von der Modellregion Ostfriesland finanziert.

Ergebnisse

Bei den Ergebnissen handelt es sich um erste Ergebnisse, wobei hier nur auf die Stickstoffbilanz eingegangen wird.

In dem Wirtschaftsjahr (WJ) 2002 / 2003 lag die durchschnittliche Stickstoffbilanz am Projekt teilnehmender Betriebe bei 148 kg N / ha pro Jahr (Abb. 1). Zum Vergleich mit den Daten aus Holland werden in dieser Darstellung dabei Stickstoff - Verluste aus der Lagerung und Ausbringung sowie der Anteil an Stickstoffanreicherung über Klee in der Grasnarbe zunächst nicht berücksichtigt.

Die Schwankungsbreite reicht im WJ 20/03 von unter 50 kg N / ha bis über 250 kg N / ha und Jahr. Der Durchschnitt der 5 oberen Betriebe liegt dabei bei 78 kg N /ha, der der 5 unteren Betriebe bei 234 kg N /ha.

Betrachtet man dazu im Vergleich die Stickstoffeffizienz (Verhältnis der zugeführten Menge zu der abgeführten Menge an Stickstoff), so ergibt sich folgendes Bild: Die mittlere Stickstoffeffizienz von 26 Betrieben lag für das WJ 02/03 bei 27 %. Die oberen 5 Betriebe haben eine durchschnittliche Effizienz von 37%, die unteren Betriebe von 17 %. Mit sinkender N-Bilanz steigt die Stickstoffeffizienz deutlich an (siehe Abb. 1 gelbe Punkte). Dieser Effekt ist nicht zwangsläufig, wie in der Tabelle 1 modellhaft dargestellt.

Tab. 1: Modellhafte Berechnung zur Wechselwirkung von Bilanz und Effizienz

Modellbetrieb Nr.	Zugang kg N	Abgang kg N	Bilanz kg N	Effizienz %
A1	100	40	60	40
A2	300	100	200	33
A3	500	140	360	28
B1	100	50	50	50
B2	300	250	50	83
B3	500	450	50	90
C1	100	50	50	50
C2	300	210	90	70
C3	500	380	120	76

Bei den Betrieben A1 bis A3 sinkt die Effizienz bei steigender Bilanz. Wird der Abgang z.B durch eine gesteigerte Milchleistung erhöht, kann bei gleicher Bilanz die Effizienz steigen (B1 bis B3). Je nach Verhältnis von Zugang zu Abgang kann die Effizienz bei steigender Bilanz sogar ansteigen (C1 bis C3). Es kommt daher nicht alleine darauf an, die Höhe der N-Bilanz als absoluten Wert zu betrachten, sondern auch die Effizienz in die Bewertung mit einzubeziehen.

In dem darauf folgenden Wirtschaftsjahr 2003/2004 tritt eine ähnliche Streuung der Einzelbilanzen von unter 50 kg N/ha bis über 250 kg N/ha auf (Abb. 2). Bei zwei Betrieben wird eine N-Bilanz von über 300 kg N /ha erzielt. Die durchschnittliche Stickstoffbilanz liegt mit 166 kg N /ha und Jahr geringfügig höher als im Vorjahr. Die Stickstoffeffizienz liegt im Schnitt in diesem Jahr bei 24%. Betrachtet man die 5 oberen und die 5 unteren Betriebe, zeigt sich eine ähnliche Tendenz wie im vorangegangenen Jahr. Die Ursache für diese Ergebnisse ist dabei vorrangig in den unterschiedlichen Witterungsbedingungen der beiden Jahre zu suchen. Eindeutige Wirkungen sind eher über einen längeren Zeitraum zu erwarten bzw. auswertbar.

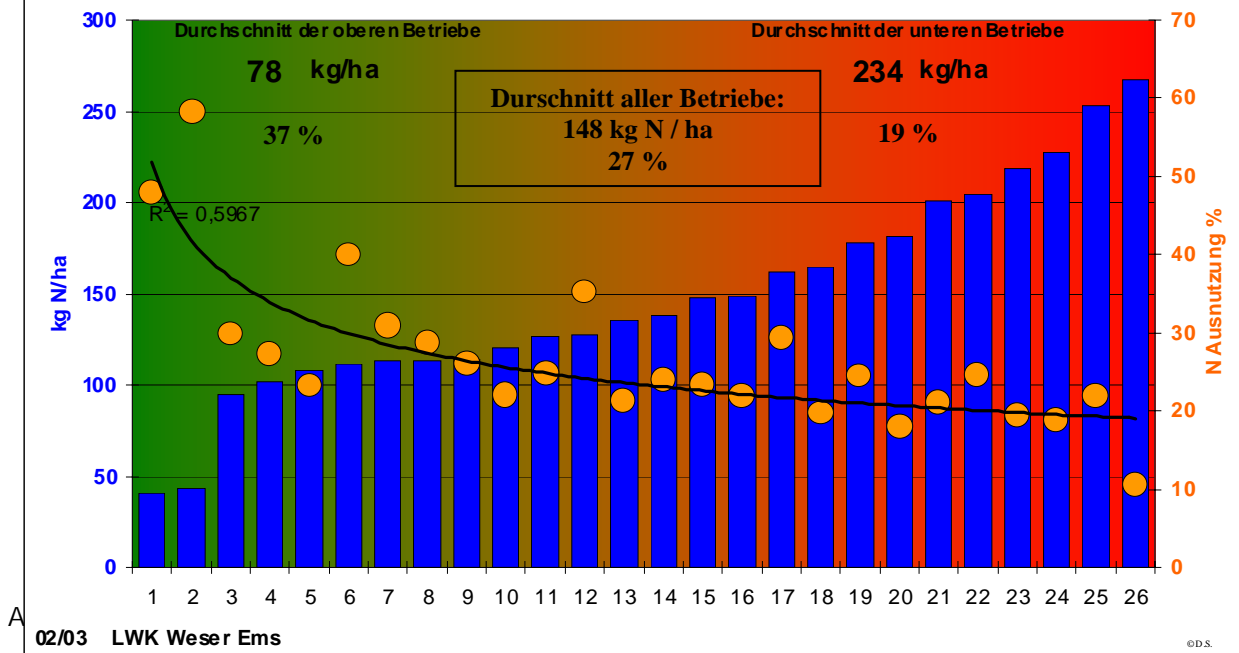
Das bei einer Steigerung der Stickstoffeffizienz die Direkt- und futterkostenfreie Leistung pro Kuh durchaus steigen kann, macht die Abbildung 3 deutlich. Dabei steht eine steigende Stickstoffausnutzung in direktem Zusammenhang mit einer steigenden Leistung (€ pro Kuh).

Die Abbildung 4 zeigt, dass eine hohe Stickstoffbilanz bei den am Projekt teilnehmenden Milchviehbetrieben in diesem Fall nicht von dem GV-Besatz pro ha abhängt. So kann ein Betrieb unter bestimmten Umständen mit einer geringeren Flächenausstattung bzw. einem höheren GV-Besatz durchaus niedrige Stickstoffbilanzen erzielen. Umgekehrt bedeutet es aber auch, dass Betriebe mit weniger Vieh und mehr Fläche nicht automatisch niedrige Stickstoffbilanzen erwarten können.

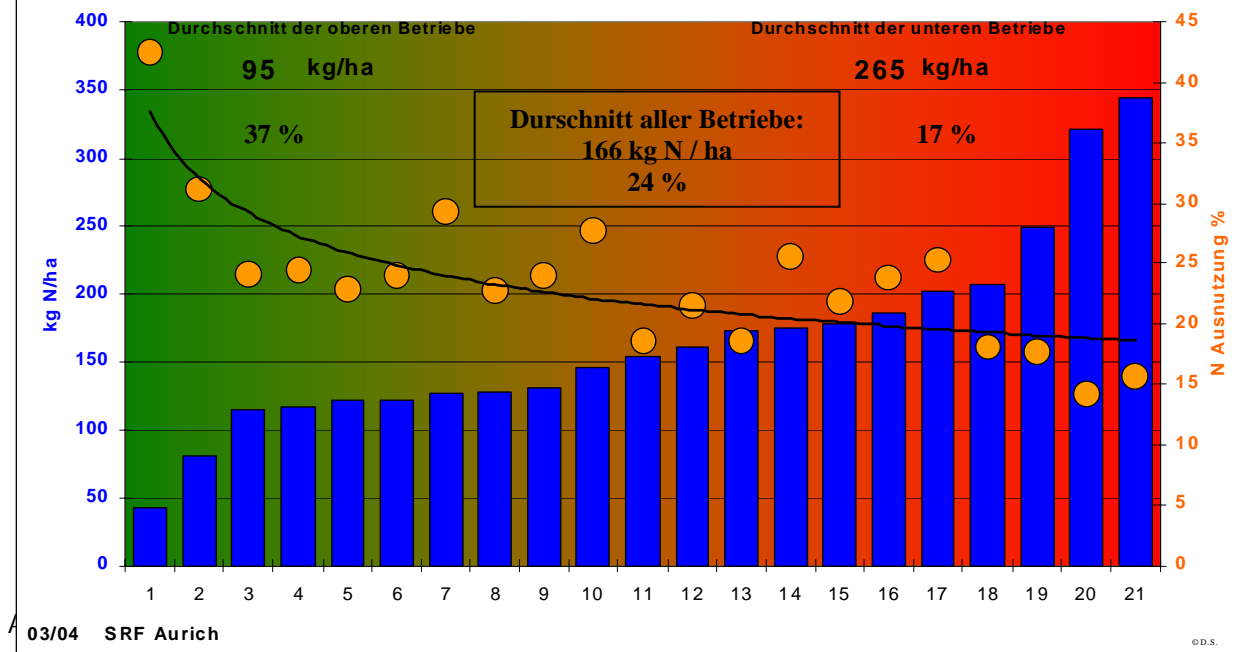
Zusammenfassung

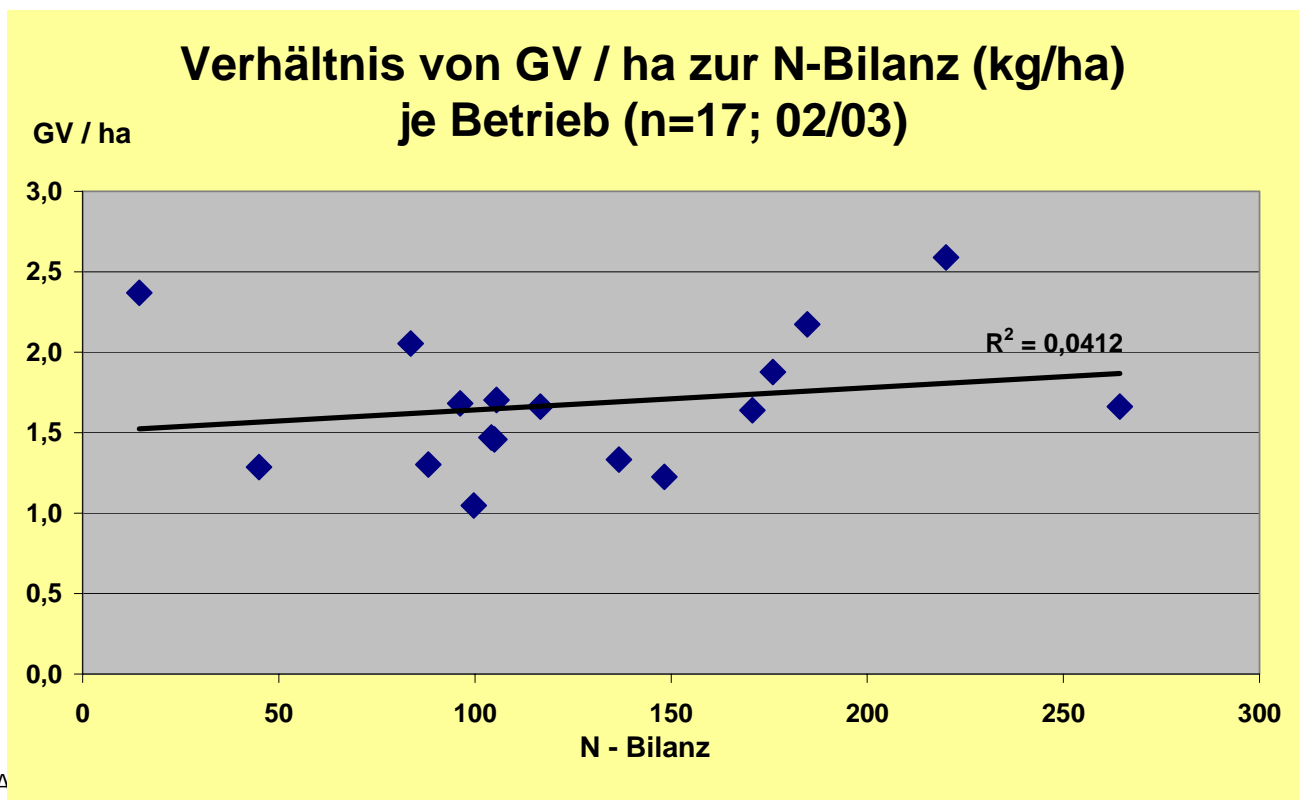
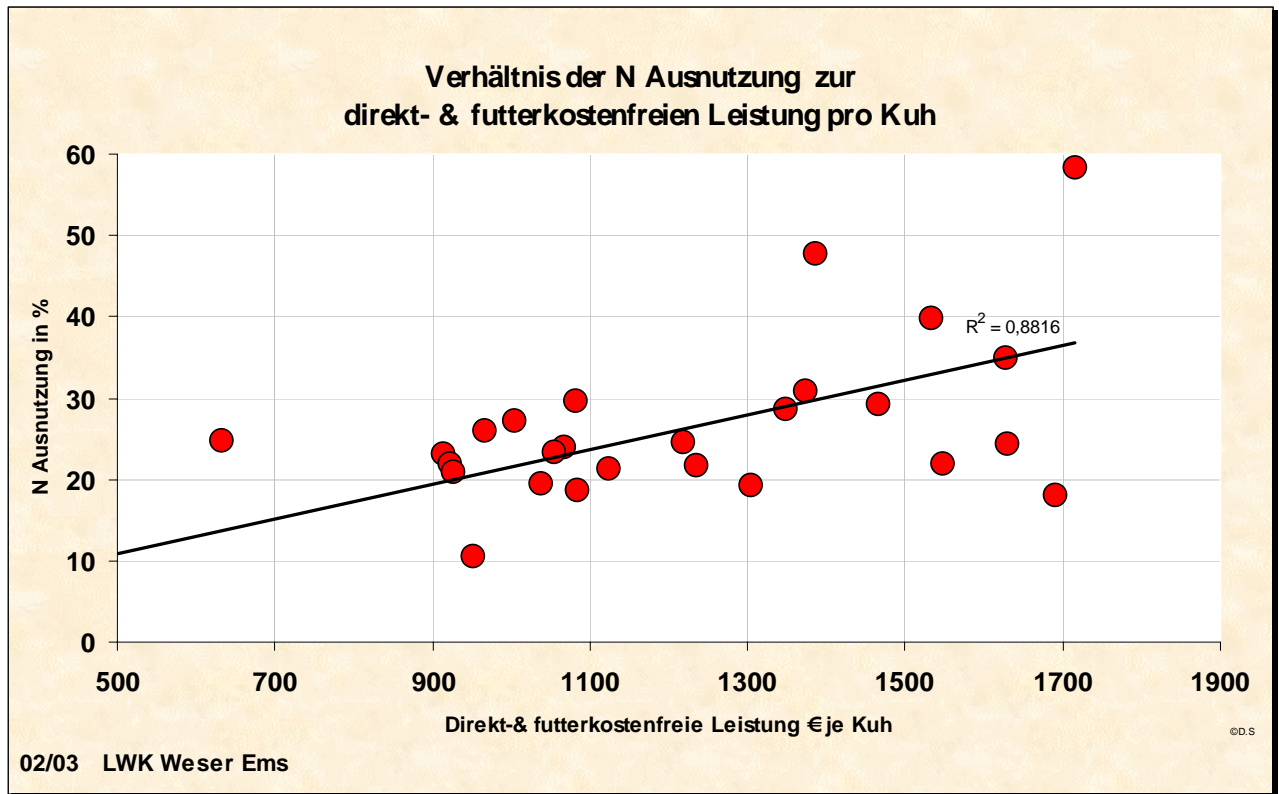
Erste Ergebnisse aus einem von der Modellregion Ostfriesland finanzierten Grünlandprojekt zeigen, dass eine pauschale Betrachtung der ostfriesischen Milchviehbetriebe ausschließlich mittels einer Hoftorbilanz zu verfälschenden Schlussfolgerungen führen kann. Die Stickstoffeffizienz bietet ein anderes bzw. erweitertes Beurteilungskriterium. Eine Analyse mit Hilfe einer Vollkostenrechnung bietet zudem die Möglichkeit, genauer und individuell die Situation des einzelnen Betriebes zu betrachten.

Mineralbilanz kg N pro ha und N Ausnutzung in % 02/03



Mineralbilanz kg N pro ha und N Ausnutzung in % 03/04





Futterbaufuchtfolgen- eine Möglichkeit zur Erhöhung der N-Effizienz in Milchviehbetrieben

Friedhelm Taube, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, CAU Kiel

1. Einleitung

Die Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland mit der Entkoppelung der Direktzahlung führt ebenso zu Veränderungen bezüglich der Ansprüche an die gute fachliche Praxis wie die bestehenden Richtlinien, die auf eine Verbesserung der Wasserqualität in Europa ausgerichtet sind (z.B. EU-Wasserrahmenrichtlinie). Die Reform der gemeinsamen Agrarpolitik betrifft die futterbauliche Produktion insofern, als mit den Neuregelungen im Rahmen von Cross compliance Anforderungen an die gute fachliche Praxis im Futterbau gestellt werden, die bei Nichteinhaltung Reduktionen der Direktzahlungen beinhalten können bzw. im Rahmen der Modulation zusätzliche vertragliche Angebote anbieten, die eine über das normale Maß hinausgehende Ressourcenschonung gewährleisten sollen. Cross compliance Anforderungen betreffen den Futterbau insbesondere bezüglich der Vorgaben zur Erhaltung des Dauergrünlandes, der Anbauverhältnisse von Kulturpflanzen im Ackerfutterbau und der Anforderung an eine ausgeglichene Humusbilanz. Daneben stellen die Rahmenbedingungen des Bundesnaturschutzgesetzes, welche eine schlagspezifische Dokumentation der Nährstoffflüsse vorschreiben, ebenso Herausforderungen für die landwirtschaftliche Betriebe dar, wie die aktuelle, in der Diskussion befindliche Novellierung der Düngeverordnung, welche gerade die Milchvieh-Futterbaubetriebe im Lande, die sich durch hohe Nährstoffüberschüsse auszeichnen, vor neue Herausforderungen. Im vorliegenden Beitrag sollen daher zentrale Felder der zukünftigen Anforderung beschrieben werden und Strategien für eine zukünftige leistungsorientierte und gleichzeitig umweltverträgliche, Ressourcen schonende Landnutzung im Bereich der Futterproduktion anhand von Ergebnissen aus dem „N-Projekt Karkendamm“ behandelt werden.

2. Strategien zur Minderung von N-Überschüssen

Die in Diskussion befindliche Novellierung der Düngeverordnung stellt die Nährstoffbilanzsalden insbesondere für Stickstoff in den Mittelpunkt der guten fachlichen Praxis nicht nur im Bereich Grünland und Futterbau, sondern für die gesamte pflanzliche Produktion. In der Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau wurden in den vergangenen 8 Jahren systemanalytische Untersuchungen zu Stickstoffflüssen im Milchvieh-Futterbaubetrieb im Rahmen des „N-Projektes Karkendamm“ durchgeführt. Es wurde ein Datenmaterial erstellt, welches in hervorragender Weise geeignet ist, Möglichkeiten zur Nährstoffeffizienzsteigerung aufzuzeigen.

Zunächst ist bezüglich der Optimierungsstrategien zur Lösung der N-Effizienz zu klären, welche Beziehungen zwischen Nährstoffüberschüssen auf der Fläche und der Nitratauswaschung bzw. Nährstoffbelas-

tung des oberflächennahen Grundwassers bestehen. Die Abb. 1 zeigt dazu die entsprechenden funktionalen Beziehungen zwischen dem N-Saldo auf der Fläche und der daraus resultierenden Nitratauswaschung sowohl für das Dauergrünland als auch für den Silomaisanbau in Monokultur.

Diese jeweils 4- bis 5-jährigen Daten dokumentieren, dass auf den sandigen Böden der Geeststandorte Schleswig-Holsteins eine sehr enge funktionale Beziehung zwischen dem N-Saldo und der Nährstoffauswaschung sowohl für das Dauergrünland als auch für den Mais in der Weise besteht, dass bei Nährstoffsalden jenseits von +50 kg N/ha im Durchschnitt der Versuchsjahre der EU-Trinkwassergrenzwert von 50 mg N³/l im Sickerwasser überschritten wird. Dies bedeutet für das Dauergrünland, dass sämtliche geprüften Weidenutzungssysteme (N-Intensitäten von 0 bis 300 kg N/ha) zu kritischen Nitratfrachten in das Sickerwasser führen. Durch den Einsatz von Mischnutzungen (Mähweidenutzung mit 2 Schnitten und zwei bis drei nachfolgenden Beweidungen) kann diese Problematik erheblich reduziert werden, aber dennoch liegen auch hier die Werte im kritischen Bereich des EU-Trinkwassergrenzwertes. Lediglich die ausschließliche Schnittnutzung (4 Schnitte pro Jahr) führt gesichert zu Nitratauswaschungen unterhalb des Trinkwassergrenzwertes. Beim Silomais wird deutlich, dass durch zusätzliche produktionstechnische Maßnahmen, wie der Einführung einer Untersaat, diese funktionale Beziehung zwischen N-Saldo und N-Auswaschung erheblich dahingehend modifiziert werden kann, dass auch bei höheren N-Salden die Nitratauswaschung unterhalb eines kritischen Wertes bleibt, da durch diese Untersaaten Stickstoffmengen in der Größenordnung von etwa 60 kg N in der Spross- und Wurzelmasse der Untersaaten konserviert und somit vor Auswaschung geschützt werden. Es kann damit als gesichert gelten, dass unter den gegebenen Standortverhältnissen der intensiven Milchvieh-Futterbauregionen Schleswig-Holsteins eine enge Beziehung zwischen N-Saldo und N-Auswaschung besteht und dass im Vergleich zum Status quo der N-Düngung sowohl auf dem Grünland als auch in Maismonokultur Reduktionen der Bewirtschaftungsintensität notwendig sind, um die Nährstoffverluste auf ein tolerierbares Maß zu reduzieren. Um diese Reduktion der Intensitäten systematisch zu gliedern, ist zu unterscheiden zwischen einer Situation, in der absolutes Dauergrünland vorherrscht und damit eine ackerbauliche Nutzung mehr oder weniger ausgeschlossen ist einerseits, und fakultativem also ackerfähigem Dauergrünland, welches alternative Nutzungen möglich macht, andererseits. Im ersten Fall konzentrieren sich die Optimierungsstrategien zur Erhöhung der N-Effizienz und zur Reduktion der Nährstoffbelastung im Sickerwasser auf drei Komplexe, nämlich a) Reduktion der mineralischen N-Düngung, b) Optimierung des Wirtschaftsdüngermanagements und c) Erhöhung des Schnittanteils im Vergleich zum Weideanteil in der Nutzungsstrategie.

Dem gegenüber gibt es im zweiten Fall, dem fakultativen Dauergrünland, weitere Möglichkeiten, um die N-Effizienz zu erhöhen, in dem z. B. eine Umwandlung von Dauergrünland in Wechselgrünland bzw. in Ackerfutterbaunutzung vorgenommen wird und somit Ackerfutterbaufolgenten zur Futtererzeugung eingeführt werden. Dies ermöglicht den Einsatz von Silomais zur Erhöhung der N-Effizienz ebenso wie den Einsatz von Getreide sowohl zur Ganzpflanzenutzung als auch zur Körnernutzung, wobei letzteres die Möglichkeit der Nährstoffexporte vom Betrieb in Form von pflanzlichen Produkten ermöglicht. Das bedeutet, dass in diesem Fall der hohe Grad der Spezialisierung auf Futterpflanzen aufgehoben wird und sich der Betrieb damit in Richtung eines Gemischtbetriebes (Futterbau-Marktfucht) entwickelt. Dies kann

innerhalb des Betriebes stattfinden, aber auch durch Tausch von Flächen etc. zwischen verschiedenen Betrieben organisiert werden und ermöglicht wesentlich größere Effizienzsteigerungen und Reduktionspotentiale bezüglich der positiven N-Bilanzsalden als dies in der Situation des absoluten Dauergrünlandes der Fall ist. Dass jedoch auch auf dem Dauergrünland durch eine Reduktion der mineralischen N-Düngung bei gleichzeitiger intensiver Nutzung erhebliche Effizienzsteigerungen möglich sind, zeigt die Abb. 2. Dort ist abgeleitet aus Versuchsergebnissen aus Karkendamm dargestellt, wie sich eine Reduktion der Stickstoffdüngungsintensitäten auf dem Dauergrünland auf ein Niveau entsprechend des ökologischen Landesbaus (ausschließlich Gülle plus legume N-Quellen) auf die vier Indikatoren Energieertrag, N-Saldo, N-Fracht im Sickerwasser und Energieeffizienz auswirkt. Es zeigt sich, dass bei einer Reduktion in entsprechendem Ausmaße ausgehend von einer aktuellen N-Intensität von 200 kg Mineraldünger plus ca. 70 kg Gesamtstickstoff aus Gülle eine vergleichsweise geringe Reduktion der Energieerträge (- 26,2 %) verbunden ist mit einer weit überproportionalen Reduktion der Nährstoffbilanzsalden und der Stickstofffracht, während sich die Energieeffizienz (der Energieertrag je eingesetzter fossiler Energieeinheit) deutlich positiv entwickelt. D. h. zusammenfassend, dass eine Reduktion der mineralischen N-Düngung auf dem Dauergrünland mit vergleichsweise geringen Ertragseinbussen, aber gleichzeitig weit überproportional positiven ökologischen Effekten verbunden ist. Dieses Ergebnis legt nahe, dass sich die Dauergrünlandbewirtschaftung der intensiven Futterbaubetriebe Schleswig-Holsteins noch weiter in diese Richtung bewegen kann, ohne dass signifikante Ertragseinbussen damit verbunden wären. Dies trifft insbesondere für die Weidenutzung zu, da hier die Grenzerträge mit zunehmender N-Düngung am geringsten ausfallen.

3. Potentiale von Futterbaufruchtfolgen zur Steigerung der N-Effizienz

Neben dem Dauergrünland ist der Silomaisanbau in Monokultur die dominante zweite Futtergrundlage der Milchvieh-Futterbaubetriebe in Schleswig-Holstein. Diese beiden Säulen repräsentieren zurzeit mehr als 80 % der Futterbasis auf den Milchvieh-Futterbaubetrieben. Im Dauergrünland auf ackerfähigen Standorten ist die Frage zu stellen, inwieweit eine Abkehr von dieser traditionellen Futterproduktion eine Erhöhung der N-Effizienz und auch eine Erhöhung der Leistung möglich macht. Die Abb. 3 stellt schematisch die aktuelle Situation und die Situation in einem auf die Zukunft projizierten Fruchtfolgesystem im Hinblick auf die Stickstoffflüsse dar. Die aktuelle Situation mit Dauergrünland und Silomaismonokultur ist bezüglich der N-Flüsse dadurch gekennzeichnet, dass unter Dauergrünland aufgrund der Bodenruhe über viele Jahre in erheblichem Maße organische Masse und Stickstoff im Boden akkumuliert werden, bevor ein dynamisches Gleichgewicht entsteht. Auf Mineralboden konnte in verschiedenen Versuchen gezeigt werden, dass dieser Prozess der Nährstoffakkumulation unter Dauergrünland über 30 bis 40 Jahre andauert, bevor ein Equilibrium erreicht wird. Das bedeutet, dass hier im erheblichem Maße Stickstoff im Boden konserviert wird, der nur in begrenztem Maße für die Biomasseproduktion nutzbar ist, vielmehr handelt es sich um eine klassische Stickstoff- und Kohlenstoffsenke. Unsere Arbeitshypothese bezüglich der zukünftigen Futterbaustrategien baut darauf auf, Dauergrünland zum Teil in Klee gras bzw. Wechsel-

grünland zu überführen und damit den akkumulierten Stickstoff während der Gras/Kleeergrasphase in einer Fruchtfolge für die Ertragsbildung der Folgefrüchte nutzbar zu machen. Wir haben dazu eine dreigliedrige Fruchtfolge bestehend aus überwiegend Kleeergras, Silomais und Triticale etabliert, um mit einer solchen Fruchtfolge drei Ziele zu erreichen:

1. Erhöhung der Produktivität im Vergleich zur aktuellen Situation
2. Erhöhung der Düngerverwertung durch Nutzung der Kleeergrasresiduen über die Folgefrüchte
3. Reduktion der Nährstoffbilanzsalden und damit eine Reduktion des Nährstoffverlustpotentials.

Als weitere Prüffaktoren wurden drei N-Intensitäten geprüft. Neben den Trockenmasse- und Energieerträgen wurden die Nitratverlagerungen mittels Saugkerzen ermittelt (vgl. *Volkers, 2004; Bobe, 2005*). Die Ergebnisse der dreijährigen Rotation (2000-2002) lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Im Vergleich zur Mähweidennutzung auf Dauergrünland werden bei Ackerkleeergrasnutzung (Deutsches Weidelgras + Weißklee) gleich hohe bzw. bei steigender N-Düngung deutlich höhere Trockenmasse- und Energieerträge erzielt als bei der Dauergrünlandnutzung (siehe Abb. 4). Dies ist deshalb überraschend, weil beim Ackerkleeergras in der Fruchtfolge der letzte Aufwuchs im Herbst nicht mehr einer futterbaulichen Nutzung zugeführt wurde, sondern die Beweidung ab Mitte September eingestellt wurde und der danach folgende Aufwuchs als Gründüngungsaufwuchs „catch crop“ für die Folgefrucht Silomais für die futterbauliche Ertragsbildung ausfiel. D. h., mit einem Aufwuchs weniger im Vergleich zum Dauergrünland wurden gleich hohe Erträge auf dem Dauergrünland realisiert und zusätzlich wurde der letzte Aufwuchs genutzt, um überschüssiges Nitrat im Wurzelraum in die pflanzliche Biomasse zu überführen und vor Auswaschung im Winterhalbjahr zu schützen. Dieser Bestand wurde erst im Frühjahr direkt vor der folgenden Maisensaat einer Bodenbearbeitung unterzogen (Fräse, Pflug). Die Abb. 5 zeigt die Auswirkungen dieser Strategie auf die Silomaisenergie und N-Erträge sowie dem N-Saldo in der Fruchtfolge im Vergleich zum Silomaisanbau in Monokultur. Es wird deutlich, dass die pflanzlichen Residuen des Kleeergrases ohne jegliche zusätzliche mineralische N-Düngung das maximale Ertragspotential des Silomaises auf dem Standort gewährleisten, ja sogar höhere N-Erträge erzielt werden, als bei einem Monokultursilomaisanbau mit optimaler mineralischer N-Düngung. Die Stickstofferträge verdeutlichen, dass dem Mais nach dem Kleeergras im Vergleich zur Maismonokultur ohne jegliche mineralische N-Düngung 120 kg Stickstoff zusätzlich zur Verfügung standen und somit N-Erträge von etwa 170 – 180 kg N/ha realisiert wurden, die zum Erreichen des maximalen Trockenertrages ausreichten. Dies führt in der Konsequenz zu extrem negativen Stickstoffsalden auf Schlagniveau, da die residualen N-Mengen der Vorfrucht in der N-Bilanz des Silomaises keine Berücksichtigung finden. Damit ist die Arbeitshypothese, dass der Silomais in der Fruchtfolge die Residuen des Kleeergrases weitestgehend zur Ertragsbildung nutzen kann, voll bestätigt. Die geringen Stickstofferträge in der nachfolgenden Frucht Triticale, genutzt zur Ganzpflanzensilage, von weniger als 50 kg N ohne jegliche Stickstoffdüngung (Abb. 6), zeigen schließlich, dass der Silomais offensichtlich die Stickstoffresiduen des Klees weitestgehend ausgenutzt hat und dem dann folgenden Fruchtfolgeglied Triticale kaum noch zusätzlicher Stickstoff aus der Vor-Vorfrucht zur Verfügung stand, was dazu führt, dass die N-Düngerwirkung auf den Ertrag der Triticale vergleichsweise stark ausgeprägt ist.

In der Abb. 7 wird dies noch einmal verdeutlicht, indem die Grenzerträge je kg zusätzlicher mineralischer bzw. organischer Stickstoffdüngung auf die Ertragswirkung der einzelnen Fruchtfolgeglieder vergleichend dargestellt werden. Während beim Klee gras und beim Silomais die Grenzerträge mit 8 bzw. 7 MJ NEL je kg N unterhalb einer ökonomisch sinnvollen N-Düngung liegen, werden bei der Triticale mit 20 MJ NEL je kg TM hoch signifikante Stickstoffwirkungen auf den Ertrag erzielt. Ausgedrückt als Potential für die Weiterentwicklung des Stickstoffmanagements in dieser Fruchtfolge lässt sich daraus ableiten, dass mit der gegebenen Fruchtfolgegestaltung und der Akkumulation der vorhandenen Güllemengen, bezogen auf den Gesamtbetrieb, die Gülle weitestgehend für die Triticale eingesetzt werden könnte, was bei einem GV-Besatz 1,6 bis 1,8 GV bedeutet, dass etwa 280 kg N aus Gülle für die Triticale im Betrieb zur Verfügung stünden, was nach unseren Ergebnissen dazu führen würde, dass ausschließlich auf der Basis betriebseigener Düngemittel ein Ertragspotential von über 80 % des Maximalertrages bei optimaler Düngung realisiert werden könnte. Dies unterstellt zwar eine optimale Ausnutzung des Güllestickstoffs, macht aber deutlich, dass derartige Fruchtfolgen im Vergleich zum Status quo erhebliche Reduktionspotentiale der mineralischen N-Düngung ohne wesentliche Reduktion des Ertragspotentials gewährleisten. Die zusammenfassende Betrachtung einer solchen Fruchtfolge Klee gras, Silomais und Triticale in ihren Leistungsparametern im Vergleich zu der aktuellen Situation Mähweide + Mais in Monokultur ist schließlich in der Abb. 8 dargestellt, wobei unterstellt wird, dass die aktuelle Situation Mähweide/Mais-Monokultur in einem Verhältnis von 70 : 30 % auf der LN eingesetzt wird. Dabei zeigt sich, dass alle Ziele, die mit der Fruchtfolge formuliert worden sind, im Vergleich zur aktuellen Situation erzielt werden, nämlich dass

1.) die Energieerträge insbesondere bei geringer N-Versorgung deutlich erhöht sind (ca. Ø 10 GJ NEL/ha), dass 2.) der Nährstoffsaldo bis zu Düngungsintensitäten von etwa 100 kg N/ha ausgeglichen gestaltet werden kann und dass 3.) der N-Saldo bezogen auf die produzierte Energieeinheit Futter ebenfalls deutlich günstiger einzustufen ist als beim Mähweide/Maismonokultur-Anbausystem. Dies korrespondiert schließlich mit sehr geringen Nitratausträgen bei ausgeglichenen Nährstoffbilanzsalden, so dass festzuhalten bleibt, dass die vorgestellte Strategie der Fruchtfolgebau-Fruchtfolgen in Zukunft eine effiziente Maßnahme darstellt, um die Leistungsfähigkeit (Erträge und Futterqualität) zu erhöhen und gleichzeitig die Nährstoffbelastung zu reduzieren.

3. Ausblick

Die vorgestellte Strategie, Futterbaufolgefruchtfolgen in Milchvieh-Futterbaubetriebe zu etablieren, kann als Zukunftsstrategie für die intensiv wirtschaftenden Milchvieh-Futterbaubetriebe formuliert werden. Um so kritischer ist die seitens der EU-Agrarreform im Rahmen von Cross compliances vorgegebene Unterlassung des Grünlandumbruches auch auf fakultativen Grünlandstandorten zu würdigen. Dies widerspricht unter den norddeutschen Standortverhältnissen der Weiterentwicklung von umweltverträglichen Futterproduktionssystemen und sollte in der Umsetzung dahingehend modifiziert werden, dass dieses Grünlandumbruchsverbot auf absolute Grünlandstandorte beschränkt wird.

Literatur

- ANONYMUS, 2004:** Meilensteine der Agrarpolitik – Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), 11055 Berlin
- Bohe, J., 2004:** Nitratbelastung von Sickerwasser und Grundwasser in Futterbausystemen auf sandigen Böden Norddeutschlands. Diss. Uni Kiel.
- Büchter, M., Wachendorf, M., Volkers, K., und Taube, F. (2003):** Silomaisanbau auf sandigen Böden Norddeutschlands: Einfluss von Untersaat, Gülle- und Mineral-N-Düngung auf den Nitrataustrag. *Pflanzenbauwiss.*, **7** (2), 64-74.
- Kelm, M., Wachendorf, M., Trott, H., Volkers, K., and Taube, F. (2004).** Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. III. Energy efficiency in forage production from grassland and maize for silage. *Grass and Forage Science* **59**, 69-79.
- Trott, H., Wachendorf, M., Ingwersen, B., and Taube, F. (2004).** Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass and Forage Science* **59**, 41-55.
- Trott, H; (2003):** Mittelfristige Auswirkungen einer variierten Bewirtschaftungsform und N-Intensität auf Leistungsparameter und die Stickstoffbilanz von Dauergrünland. Diss. Uni Kiel.
- Volkers, K, (2004):** Auswirkungen einer variierten N-Intensität auf Leistung und Stickstoffbilanz von Silomais in Monokultur sowie einer Ackerfutterbaufolgerfolge auf sandigen Böden Norddeutschland. Diss. Uni Kiel.
- Wachendorf, M., Büchter, M., Trott, H., and Taube, F. (2004).** Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. *Grass and Forage Science* **59**, 56-68.

Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Leguminosen-Gras-Bestände in Norddeutschland – Konsequenzen für die N-Bilanz

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

Durch die Gleichstellung von Mais mit Ackergras bzw. Klee gras in Bezug auf die Anbauprämien hat der Mais bei der Anbauplanung einen wichtigen Vorteil gegenüber den anderen Möglichkeiten des Ackerfütterbaus verloren. Zu den unbestrittenen Vorteilen des Maisanbaus gehören mit Sicherheit: sein hohes Ertragspotential, sein hoher Nettoenergiegehalt, seine gute Silierfähigkeit und die nur zu einem einzigen Zeitpunkt erfolgende Ernte. Im Gegensatz dazu sprechen für den Anbau von Ackergras bzw. Klee gras deren deutlich höhere Rohproteingehalte, die mehrjährige Nutzbarkeit derselben Ansaat, der geringere Pflegeaufwand sowie deren höheres Potential in Bezug auf Bodenschutzaspekte begründet durch eine geringere Erosionsanfälligkeit bzw. eine deutlich größere Humusbildung. Auf ackerfähigen Standorten gelten Ackergras bzw. Klee gras als qualitativ hochwertiger bzw. ertragreicher als Dauergrünland bzw. bei maisbasierter Fütterung als ideale Grundfütterrationsergänzung.

Steigende Preise für Proteinfuttermittel bei gleichzeitig gesunkenen Milchauszahlungspreisen haben in letzter Zeit zusätzlich das Interesse am Klee grasanbau als kostengünstige Erzeugungsmöglichkeit für eigene proteinreiche Grundfüttermittel geweckt.

Futterleguminosen, wie Rotklee, Luzerne und Weißklee zeichnen sich gegenüber den Weidelgräsern im Ackerfütterbau durch höhere Rohproteingehalte aus. Die Proteinabbaubarkeit von Weißklee ist mit der von rechtzeitig geernteten Weidelgras-beständen vergleichbar. In der Literatur wird im Gegensatz dazu das Rohprotein von Luzerne bzw. Rotklee als für den Wiederkäuer deutlich hochwertiger eingestuft. Polyphenole und Chinone schützen das Protein von Rotklee vor einer zu raschen Verdauung im Pansen, so dass sehr große Teile davon „geschützt“ den Pansen passieren und in optimalem Zustand in den Dünndarm als Ort der Proteinaufnahme des Rindes gelangen. Im Falle der Luzerne gelangt das hochwertige Protein gestützt auf einen anderen Prozess zur optimalen Aufnahme. Dieser Effekt wird als „particle breakdown“ bezeichnet. Luzerne zerfällt im Pansen sehr rasch, was dazu führt, dass diese den Pansen sehr schnell passiert und somit relativ viel hochwertiges Protein den Pansen unzersetzt zur Proteinaufnahme in den Dünndarm des Rindes gelangt.

Im Vergleich zu Mais und Gras, welche in der Regel sehr hohe Kaliumgehalte besitzen, zeichnen sich Kleearten bzw. Luzerne durch hohe Gehalte an Kalzium- und Magnesium aus, so dass deren Einsatz auch zu einem Ausgleich der Mineralstoffgehalte in Futterrationsen beiträgt.

Ein weiterer besonders von ökologisch wirtschaftenden Betrieben geschätzter Vorteil des Klee grasanbaus liegt darin, dass Klee grasbestände durch ihrer Eigenschaft zur Bindung von Luftstickstoff selbstversorgend mit Stickstoff sind und keinerlei kostenträchtige N-Düngung erfordern. Gerade dieser Punkt hat vor dem Hintergrund einer langfristig, mit der Verknappung der fossilen Energiereserven, drohenden Verteuerung von mineralischen N-Düngemitteln an Bedeutung gewonnen.

Alles in allem stellt das eben Aufgezählte eine Reihe von Argumenten dar, die es lohnend machen, sich näher mit dem Klee grasanbau zu beschäftigen. Vor diesem Hintergrund ist die Erforschung des Anbaupo-

tentiales verschiedener Klee grasbestände seit Mitte der 90er Jahre einer der Forschungsschwerpunkte am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau -. In diesen Arbeiten wurde und werden vor allem die Effekte unterschiedlicher pflanzenbaulicher Steuergrößen wie Leguminosen- bzw. Begleitgrasart (Rotklee, Weißklee, Luzerne, Hornschotenklee (Lit: 4, 8, 13, 14, 15) bzw. Dt. Weidelgras, W. Weidelgras, Knautgras sowie aktuell Rohrschwengel (Lit: 1, 2, 3,)), Nutzungsart (Schnittnutzung, Beweidung, Gründüngung bzw. Mischnutzung (Lit: 1, 2, 4, 5, 6, 15)) sowie Nutzungsdauer (einjährig, überjährig, zweijährig (Lit: 2, 9)) sowie der Ansaatmethode (Untersaat versus Blanksaat (Lit: 9)) auf die Erfolgskenngrößen: Ertragsleistung, Futterqualität, Luftstickstoffbindeleistung sowie Vorfruchtwert unter Schleswig-Holsteinischen Anbaubedingungen umfassend untersucht.

Zur näheren Prüfung, inwieweit der Klee grasanbau auch für nicht nach den Rahmenrichtlinien des ökologischen Landbaus eine Anbaualternative in der Grundfutterproduktion darstellt, wurden an den Versuchstandorten Hohenschulen bzw. Karkendamm unterschiedlich intensiv mit N gedüngte Ackergrasbestände als Vergleichsvarianten geprüft. Ziel dabei war es, Landwirten, die beabsichtigen einen Teil ihrer Grundfutterproduktion über Klee gras abzudecken, Vergleichsdaten für ihre Anbauplanung an die Hand zu geben.

Im Folgenden wird das Anbaupotential von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat sowie im Gemenge mit Deutschem Weidelgras im Vergleich zu Dt. Weidelgras-Reinsaaten, die alternativ 0, 100, 200, 300, 400 kg Stickstoff je Hektar und Jahr erhielten, besprochen.

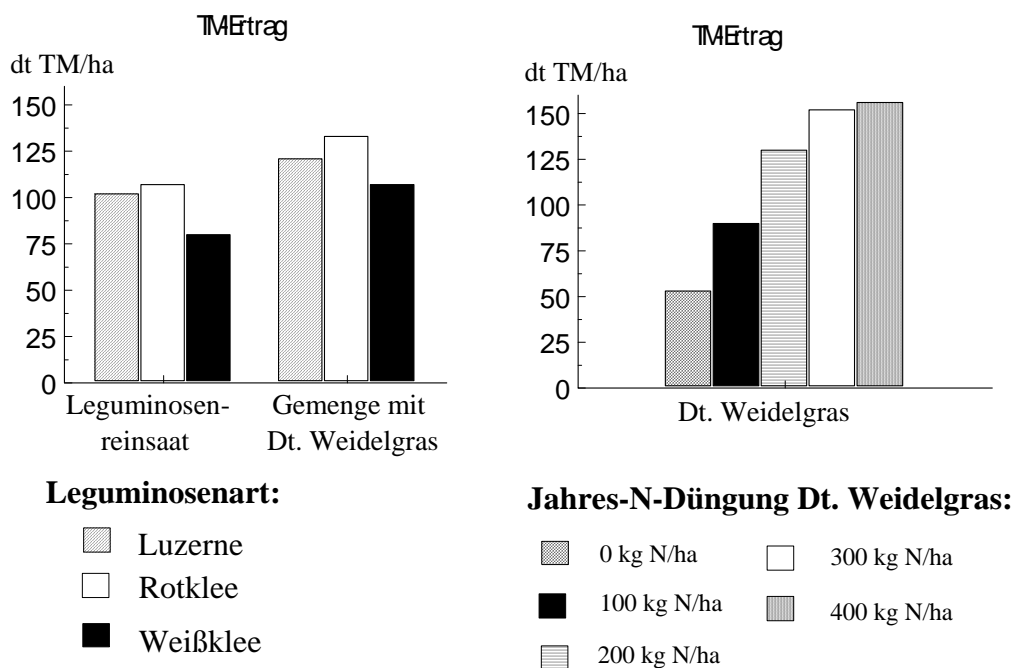


Abb. 1: Trockenmassenerträge von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat bzw. im Gemenge im Vergleich zu Erträgen von unterschiedlich gedüngten Dt. Weidelgras-Reinsaaten.

Die dargestellten Daten entstammen aus einem zweijährigen Feldversuch auf dem Versuchsgut Hohenschulen (Bodenart: sandiger Lehm, 50-55 Bodenpunkte; Ø-Jahresniederschlag: 685 mm; Ø-Jahrestemperatur: 8,8°C) in dem jeweils Bestände im ersten Hauptnutzungsjahr nach Blanksaat jeweils

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

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

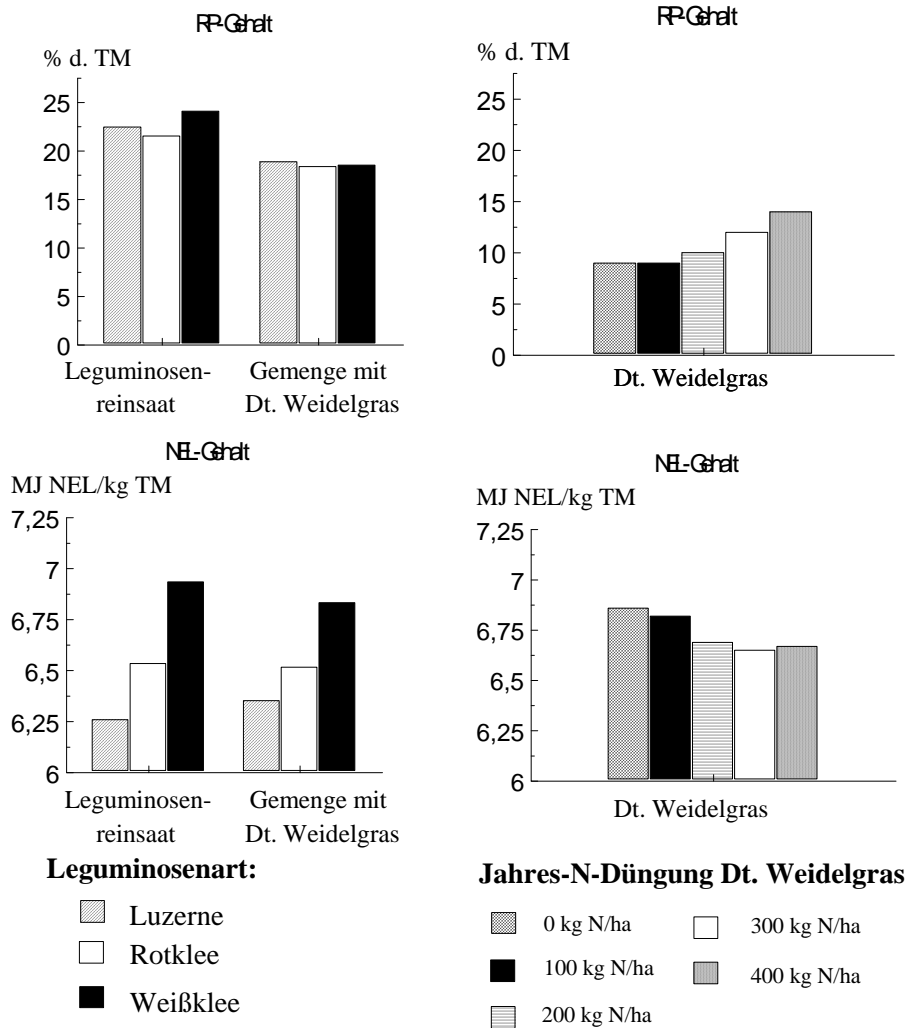


Abb. 2: Futterqualitätsparameter von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat bzw. im Gemenge im Vergleich zu unterschiedlich gedüngten Dt. Weidelgras-Reinsaat

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

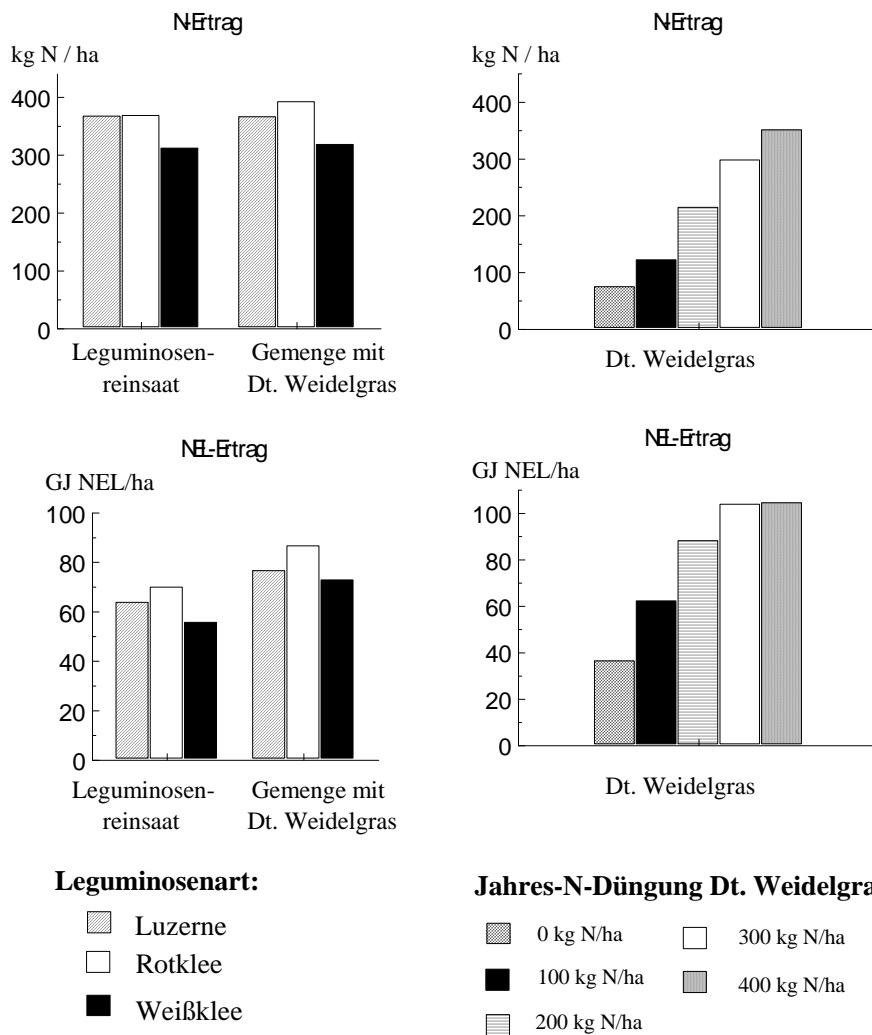


Abb. 3: N- bzw. Nettoenergieerträge von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat bzw. im Gemenge im Vergleich zu Erträgen von unterschiedlich gedüngten Dt. Weidelgras-Reinsaaten

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

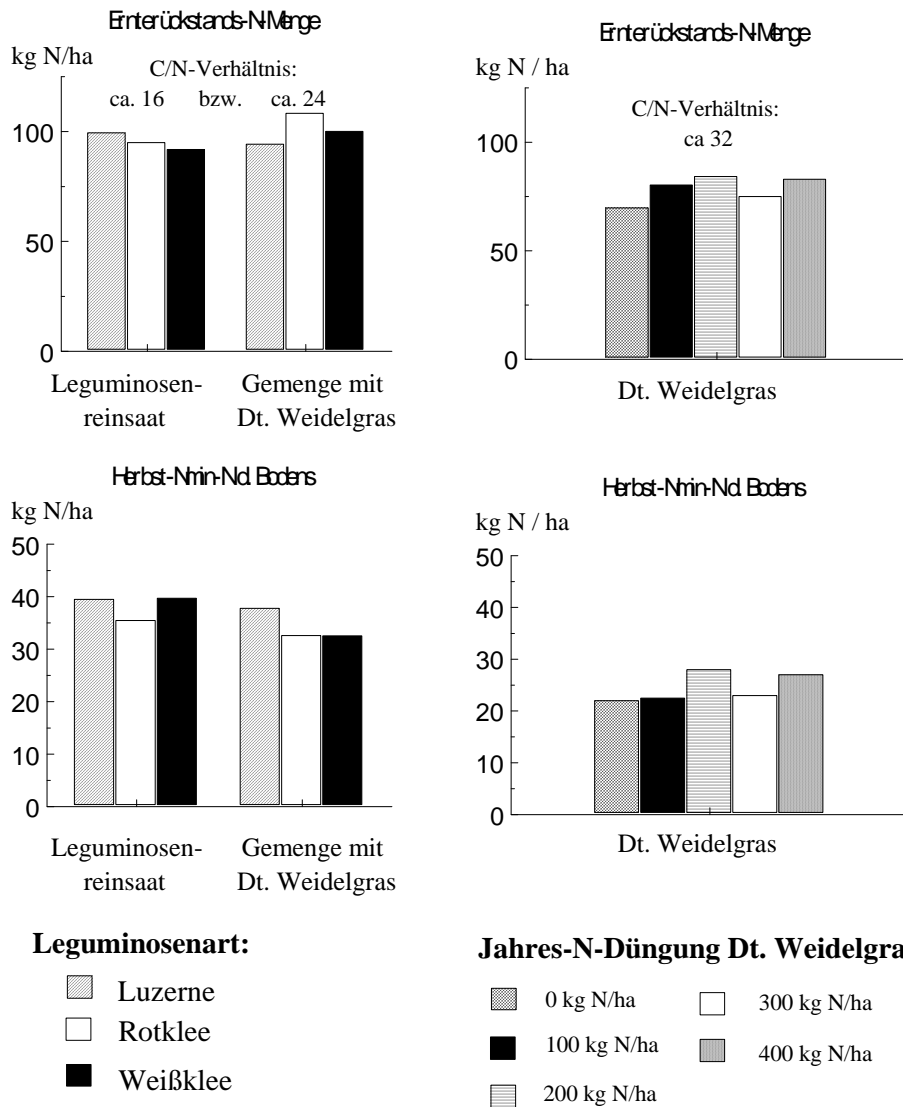


Abb. 4: Ernterückstands-N-Mengen sowie Herbst-N_{min}-N-Gehalte des Bodens von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat bzw. im Gemenge im Vergleich zu Erträgen von Dt. Weidelgras-Reinsaaten

In Abb. 4 sind die nach dem letzten Schnitt, Ende September, auf den Flächen verbliebenen N-Mengen der Ernterückstände (Wurzeln und Stoppeln) sowie die Gehalte des Bodens an mineralischem Stickstoff (N_{min}) der geprüften Varianten dargestellt. Während die Leguminosen-Bestände im Mittel ca. 100 kg N ha⁻¹ in Form von Wurzeln und Stoppeln auf der Fläche hinterließen, wurden im Durchschnitt bei den Dt. Weidelgrasbeständen Ernterückstands-N-Mengen von etwa 70 kg N ha⁻¹ festgestellt. Hierbei traten beim internen Vergleich der leguminosenbasierten Bestände keine statistischen Unterschiede auf. Ebenso ließen sich die einzelnen Düngerstufen beim Dt. Weidelgras statistisch nicht in Bezug auf die N-Mengen der Ernteresiduen unterscheiden. Im Mittel der beiden Versuchsjahre lagen die zu Vegetationsende festgestellten N_{min}-Gehalte des Bodens auf moderatem bis niedrigem Niveau. Im Mittel der leguminosenhaltigen Saatmischungen wurden um ca. 15 kg höhere N_{min}-Werte als unter den gedüngten Grasbeständen festgestellt. Diese Daten deuten an, dass an fruchtbaren Standorten wie z.B. Hohenschulen hohe Mineraldünger-N-Gaben (bis 400 kg N ha⁻¹) bei schnittgenutztem Dt. Weidelgras zwangsläufig zu keinen erhöhten N-Auswaschungspotentialen führen müssen.

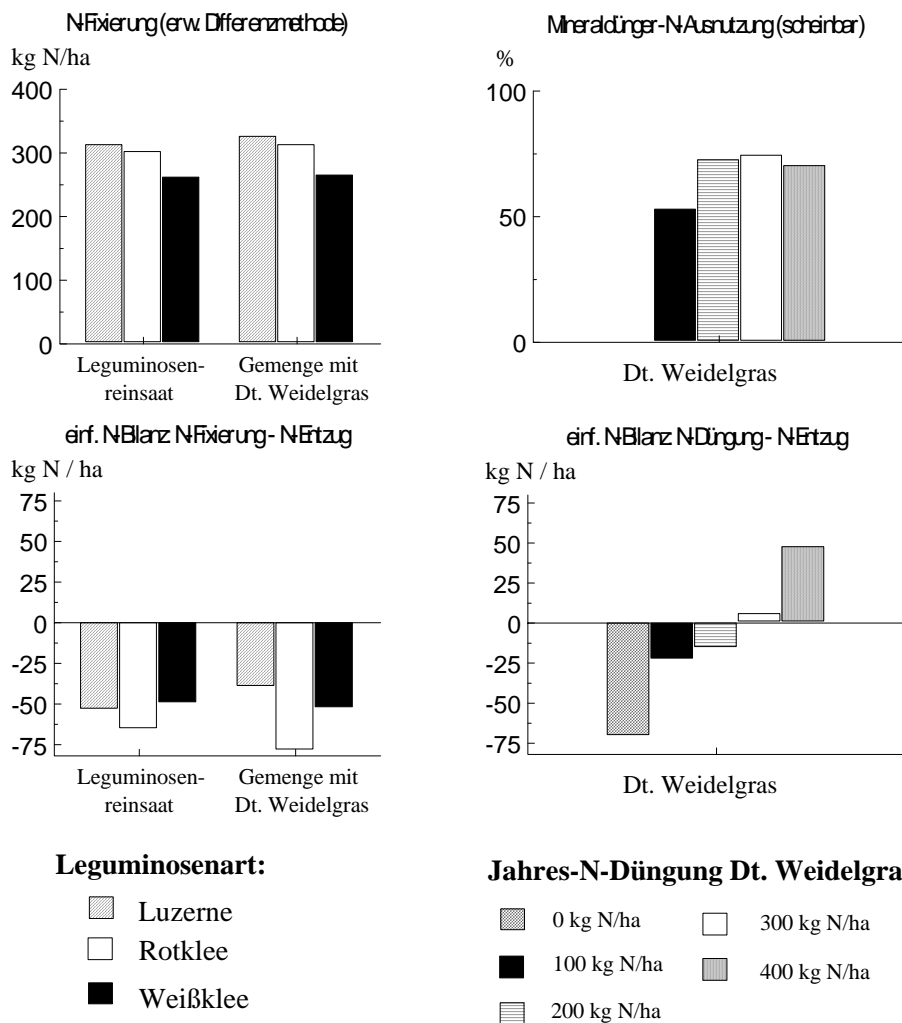


Abb. 5: Luftstickstoff-Bindeleistung von Luzerne, Rotklee und Weißklee in Reinsaat sowie im Gemenge, scheinbare Mineraldünger-N-Ausnutzung verschieden gedüngter Dt. Weidelgras-Reinsaat sowie einfache N-Schlagbilanz der geprüften Varianten bei verlustloser Bergung des Erntegutes

Abb. 5 zeigt die Akkumulation von Luftstickstoff der leguminösen Saatmischungen. Unabhängig davon, ob die Bestände als Reinsaat oder Gemenge mit Dt. Weidelgras angebaut wurden, weisen die Bestände mit Luzerne bzw. Rotklee N_2 -Fixierungsleistungen im Bereich von ca. 300 kg N ha^{-1} auf. Diese fielen damit um ca. 40 kg höher aus als die vergleichbarer Weißkleebestände. Die hier festgestellten Größenordnungen liegen damit auch deutlich höher als die Tabellenwerte, die in Deutschland von offizieller Stelle für die N-Bilanzierung verwendet werden. Im Vergleich werden von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (Lit. 16) 235 kg N ha^{-1} für Rotklee bzw. 170 kg N ha^{-1} für Klee-Grasbestände mit 70% Kleeanteil bzw. von der Landwirtschaftskammer Weser-Ems (Lit. 17) für letztere 136 kg N ha^{-1} angesetzt. Gründe für diese Überlegenheit liegen sicherlich in den optimalen Wachstumsbedingungen, die am Standort herrschten und denen Pauschalangaben ohne Einbezug der Ertragsleistung nicht gerecht werden können. Als weiteren Grund für die hohen N_2 -Fixierungsleistungen des hier vorgestellten Experimentes kann angeführt werden, dass hier im Gegensatz zu anderen Studien die nicht erntbaren N-

Mengen (Wurzeln, Stoppeln, N_{\min} -N) mit in die Berechnung der N_2 -Fixierungsleistung eingeflossen sind. Dieses führte im Vergleich zu N_2 -Fixierungsleistungsberechnungen, die nur auf den N-Mengen im Erntegut beruhen, zu um 60 kg N ha^{-1} höheren Werten (Lit. 11).

In zahlreichen Experimenten wurde ein sehr enger Zusammenhang zwischen der Leguminosen-Ertragsleistung und der Höhe der N_2 -Fixierungsleistung festgestellt. Mittels solcher Beziehungen lassen sich im Vergleich zu Pauschalwerten deutlich gerechter auf das Produktionspotential des Standortes abgestimmte Schätzungen der Luftstickstoffbindung durchführen. Von vielen Autoren (z.B. Lit. 10) wird der Zusammenhang zwischen Klee-Ertrag und N-Fixierung außerdem als wesentlich dichter eingestuft als der ebenfalls ertragsunabhängige Zusammenhang zwischen Leguminosenanteil und N-Fixierung. Untermauert wird diese Aussage auch durch die Darstellung solcher Beziehungen, wie sie sich in einem ebenfalls am Standort Hohenschulen durchgeführtem Experiment mit unterschiedlich ertragreichen Rotkleeergrasbeständen ergeben haben (Abb. 6). Auf Basis der von der Universität Kiel sowie vom Danish Institute of Agricultural Science erarbeiteter Daten zur N-Fixierung wurde unter Einbezug von Literaturdaten ein empirisches Modell erarbeitet und international veröffentlicht, mit dem sich unter Einbezug der Ertragsleistung die Höhe der N-Fixierungsleistung abschätzen lässt (Lit. 10).

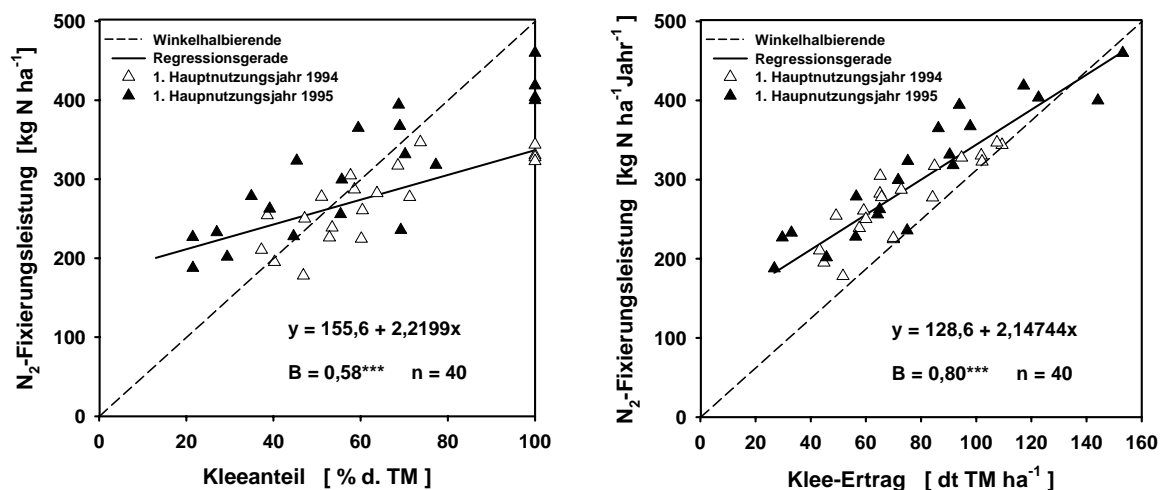


Abb. 6: Einfluss des Kleeanteiles am TM-Ertrag bzw. des Klee-Ertrages auf die Ausprägung der N_2 -Fixierungsleistung unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee/Gras-Bestände am Standort Hohenschulen.

Ebenfalls in Abb. 5 dargestellt ist die scheinbare Ausnutzung der zu den Dt. Weidelgrasbeständen applizierten N-Düngermenge. Für die Berechnung wurde vom N-Ertrag der jeweils gedüngten Variante der N-Ertrag der ungedüngten abgezogen und die Differenz in Beziehung zum N-Düngereinsatz gesetzt. Während die mit 100 kg N ha gedüngte Variante nur eine N-Effizienz von 50 % aufwies wurde bei den höher gedüngten Grasbeständen die mineralische Zudüngung zu 70 % direkt in N-Ertrag umgesetzt.

Trotz sehr hoher N-Erträge, die sich damit in der Betriebs-N-Bilanz sehr positiv niederschlagen, ergaben sich im vorliegenden Experiment in der Regel negative bis nur sehr schwach positive N-Flächenbilanzsalden. Einzige Ausnahme bildete der mit 400 kg N ha^{-1} sehr hoch gedüngte Grasbestand. Hauptursache hierfür ist die, durch den N-Ertrag der ungedüngten Grasvariante angezeigte, hohe N-Nachlieferung des Standortes von ca. 70 kg N ha^{-1} . Es gilt allerdings auch zu Berücksichtigen, dass das

Erntegut im Rahmen des Versuches verlustlos (also ohne die üblichen Bröckelverluste bei der Silagewerbung) aus vollproduktiven lückenlosen Beständen gewonnen wurde. Nicht ausgenutzter Stickstoff in Bestandeslücken bzw. typische Ernteverluste im Bereich von 15 % hätte zu ausgeglicheneren N-Bilanzen geführt.

Fazit: Zur Erzeugung rohproteinreicher Grundfüttermittel bieten sich Leguminosenreinsaaten sowie deren Gemenge mit Weidelgräsern als Produktionsalternative zum Ackergrasanbau an.

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

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

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

Literatur:

1. WACHENDORF, M., 1995: Untersuchungen zur Ertrags- und Qualitätsentwicklung von Rotklee und Rotklee gras in Abhängigkeit von der Nutzungsfrequenz, der Stickstoffdüngung und der Grasart. Dissertation, Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Lehrstuhl Grünland und Futterbau. Dissertation Uni Kiel
2. LOGES, R., 1998: Ertrag, Futterqualität, N₂-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotklee grasbeständen. Diss. Univ. Kiel. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
3. LOGES, R., 1994: Untersuchungen zur Stickstoffdynamik von gras- bzw. rotklee basierten Feldfütterbeständen in Abhängigkeit von der Bestandeszusammensetzung und der Stickstoffdüngung. Diplomarbeit (unveröffentlicht).
4. KASKE, A., 2000: Leistungen unterschiedlich bewirtschafteter Futterleguminosenbestände und deren Auswirkungen auf Ertrag und ausgewählte Kenngrößen des Stickstoffhaushaltes der Folgefrucht Winterweizen. Diss. Univ. Kiel. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
5. DREYMAN S., 2005: N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Diss. Univ. Kiel. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung.
6. DREYMAN S., LOGES R., TAUBE F., 2005: Schnittgutabfuhr oder Gründüngung? Auswirkung der Klee gras-Nutzung auf Nitrat im Sickerwasser und Folgefrüchte in HESS, J and RAHMANN, G, Eds. Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Kassel university press GmbH, Kassel.
7. LOGES, R., KASKE, A., TAUBE, F 1999: Dinitrogen fixation and residue nitrogen of different managed legumes and nitrogen uptake of subsequent winter wheat. In: Designing and testing crop rotations for organic farming, edited by J. Olesen, R. Eltun, M. Gooding, E. Jensen, and U. Köpke. 1999, p 181-190.
8. LOGES, R., WICHMANN, S., TAUBE, F., 2001: Ertrag und Futterqualität von Luzerne, Rotklee und Weißklee als Reinsaat sowie im Gemenge mit Deutschem Weidelgras. In '45. Jahrestagung vom 23. bis 25. August 2001 in Gumpenstein Kurzfassungen der Referate und Poster'. (Ed. Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften.) pp. 93-4. (Wissenschaftlicher Fachverlag: Giessen.)
9. LOGES, R., DREYMAN, S., WICHMANN, S., 2002: Leguminosenanbau richtig machen. bio-land 1, 14-15
10. HØGH-JENSEN, H., LOGES, R., JENSEN, E. S., JØRGENSEN, F. V. and VINTHER, F. P., 2004: Empirical model for quantification of symbiotic nitrogen fixation in grass-clover mixtures. Agricultural Systems 82:pp. 181-194.

11. LOGES, R. and TAUBE, F., 2002: Methodological aspects of determination of biological N-fixation of different forage, in HELGADÓTTIR, A. and DALMANNSDÓTTIR, S., Eds. Proceedings of the kick-off meeting, Solsona, Spain. Quality legume-based forage systems for contrasting environments., page pp. 101-104. Reykjavík: Agricultural Reserach Institute.
12. RUHE I., LOGES R., TAUBE F., 2003: Stickstoffflüsse in verschiedenen Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus – Ergebnisse aus dem CONBALE-Projekt Lindhof, In 'Ökologischer Landbau der Zukunft, Beiträge zur 7. 'Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau der Zukunft 24. - 26. Februar 2003 in Wien'. (Ed. B. Freyer.) pp. 97-100. (Manz Crossmedia GmbH & Co KG: Wien.).
13. LOGES, R., THAYSEN J., TAUBE, F., 2002: Untersuchungen zur Silagequalität und Siliereignung von Rotklee und Luzerne sowie deren Gemenge mit Dt. Weidelgras. 46. Jahrestagung vom 29.bis 31.August 2002 in Rostock, Referate und Poster herausgegeben im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 268-276.
14. LOGES, R., TAUBE, F., 1999: Ertrag und Futterqualität von Rotklee und Luzerne als Reinsaat sowie im Gemenge mit Gräsern, in HOFFMANN, H., MÜLLER, S., Eds. Vom Rand zur Mitte: Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, page pp. 501-504. Verlag Dr. Köster, Berlin.
15. KLEEN, J., GIERUS, M., TAUBE, F., 2005: Einfluss von Schnitt und Beweidung auf die Ertragsbildung von Futterleguminosen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 2005, (in Press).
16. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein 1998: Richtwerte für die Düngung
17. Landwirtschaftskammer Weser-Ems 2005: Richtwerte Düngeverordnung (http://www.lwk-we.de/lw_pp_dung_richt.html am 26. 6. 2005)

Zur Kaliumdüngung auf nordostdeutschem Grünland

Dr. Heidi Jänicke, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Institut für Tierproduktion Dummerstorf

1. Problemstellung

Die Kaliumdüngung ist ein entscheidender Faktor für Leistung und Ausdauer der Pflanzenbestände auf dem Grünland. Über dreiviertel des Grünlandes in Mecklenburg-Vorpommern ist den Moorböden (einschließlich Anmoor) zuzuordnen. Diese sind von Natur aus arm an Kalium und somit ist die K-Versorgung fortwährend eine aktuelle Aufgabe. Neben den Moorböden sind im Nordosten Deutschlands, in relativ hohem Umfang am gesamten Grünland, leichte sandige Böden anzutreffen, die ebenfalls kaum Kalium speichern und nachliefern können. Dem geringen Sorptionsvermögen dieser Böden steht die Anforderung aller futterwirtschaftlich wertvollen Gräser gegenüber, ausgewogen ernährt zu werden, insbesondere mit Kalium. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass gerade diese Grasarten, wie z.B. die für das Niedermoor wichtigen Arten Wiesenlieschgras und Wiesenschwingel, recht empfindlich auf mangelnde K-Versorgung reagieren, beispielsweise mit geringeren Erträgen und abnehmenden Anteilen im Bestand (ZÜRN 1959, WACKER und KALTOFEN 1986, MÜLLER 1995, SCHUPPENIES 1995, KÄDING 1996). Es ist also eine ausreichende und regelmäßige K-Versorgung erforderlich, um die Pflanzenbestände in möglichst günstiger Zusammensetzung zu erhalten und eine gewisse Sicherheit für Ertrag und Futterqualität zu erreichen.

Aus ökonomischen wie ökologischen Gründen ergibt sich die Notwendigkeit auch die K-Düngung weiter zu optimieren. Dazu gab es schon in früheren Empfehlungen den Hinweis (WACKER und KALTOFEN 1986), für Niedermoor die K-Düngung in Verbindung mit der N-Düngung zu betrachten und zu handhaben und nicht wie landläufig praktiziert - die PK-Düngung. Um zu einer Verbesserung der Düngungsempfehlungen beizutragen, wurde zur Frage der Kombination von N- und K-Düngung auf Niedermoor ein Parzellenversuch angelegt, aus dem im Folgenden berichtet wird. Wie aktuell die Frage der K-Düngung auf dem Grünland unter den skizzierten Gegebenheiten ist, soll zunächst mit einigen Daten aus Mecklenburg-Vorpommern belegt werden.

2. Aktuelle Situation in der K-Versorgung auf dem Grünland in Mecklenburg-Vorpommern

Zur Beschreibung werden die jährlich von der LUFA Rostock herausgegebenen und überwiegend im Agrarbericht des Landes veröffentlichten Daten genutzt. Grundsätzlich wurde aus der Zunahme der Anzahl an Bodenproben vom Grünland ein gestiegenes Interesse an der Nährstoffversorgung des Grünlandes abgeleitet, obwohl der Probenumfang noch längst nicht im Verhältnis zur relativ höheren Grünlandfläche steht. Da die K-Düngung den K-Gehalt der Pflanzen direkt beeinflusst, wird die K-Versorgung recht gut wider gespiegelt.

In Tabelle 1 sind die in den Anweilksilagen ermittelten Kaliumgehalte aufgeführt, die in den letzten drei Jahren im Durchschnitt über 2 % in der Trockenmasse lagen, im 1. Schnitt wie in den Folgeschnitten. Das Problem wird jedoch in der jeweils zweiten Zeile deutlich, in der Minimum und Maximum ausgewiesen werden und sich eine erhebliche Schwankungsbreite zeigt.

Die Bodenversorgung wird mit Hilfe der fünf Versorgungsstufen A bis E beschrieben (Tabelle 2). Aus der Gegenüberstellung des Zeitraums 1999-2003 mit dem Jahr 2004 geht hervor, dass eine Zunahme der Anteile von untersuchten Flächen mit niedriger und mangelnder K-Versorgung (A und B) und eine Abnahme des Flächenanteils mit guter und hoher K-Versorgung (C, D, E) zu verzeichnen ist. Dabei basieren die dargestellten Werte auf massebezogenen Daten. Doch notwendig wäre eigentlich der Volumenbezug, insbesondere bei Niedermoorböden, wie z.B. gefordert von KALTOFEN (1965) und KUNTZE (1984). Würde dieser vorgenommen, so ergäbe sich daraus, dass in Wirklichkeit eine eindeutig schlechtere K-Versorgungssituation vorliegt.

Tab.1: K-Gehalte (in % der TM) in Grassilagen in Mecklenburg-Vorpommern
(Quelle: LUFA Rostock)

Jahr		1. Schnitt	Folgeschnitte
2004	Ø	2,44	2,00
	Min. – Max.	0,92 – 3,89	0,42 – 4,35
2003	Ø	2,36	1,86
	Min. – Max.	0,81 – 5,10	0,50 – 5,43
2002	Ø	2,48	2,25
	Min. – Max.	1,14 – 3,76	1,42 – 3,47

Tab. 2: K-Versorgungszustand auf dem Grünland in Mecklenburg-Vorpommern,
Anteil in den K-Versorgungsstufen in % (Quelle: LUFA Rostock)

Boden	Jahre	A	B	C	D	E
Niedermoor	mg K/ 100 g Boden	< 7	7-10	11-15	16-24	> 24
	1999 - 2003	39	27	16	11	7
	2004	53	21	12	8	6
Mineralboden	1999 - 2003	3	25	34	28	11
	2004	8	32	29	23	8

3. Versuch „NK-Düngung“

3.1 Versuchsdurchführung

Auf einem für Nordostdeutschland typischen Grünlandstandort wurde dieser Versuch von 1990 bis 1994 durchgeführt. Bei der in der Peeneniederung im Kreis Demmin gelegenen Versuchsfläche handelt es sich um tiefgründiges Niedermoor (Torf-Erdfen) mit einer Moormächtigkeit von etwa 4,5 m und einem Gehalt an organischer Substanz von 72 %. Der pH-Wert zu Versuchsbeginn betrug 6,4. Ermittelt wurden weiterhin weniger als 1mg K/100 ml Boden und damit ein absoluter K-Mangel sowie allgemein eine gute bis mittlere Versorgung des Bodens mit anderen Nährstoffen. Der Versuch wurde als Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die neun Versuchsvarianten sind der Tabelle 3 sowie der Ergebnisdarstellung zu entnehmen.

Tab. 3: Versuchsvarianten

Faktoren	Stufen	Verteilung
1. N-Menge	1.1 0 N	Zum 1.,2. und 3. Aufwuchs
	1.2 120 kg N/ha	Je 40 kg N/ha
	1.3 240 kg N/ha	Je 80 kg N/ha
2. K-Menge	2.1 0 K	Zum 1. und 2. Aufwuchs
	2.2 100 kg K/ha	Je 50 kg K/ha
	2.3 200 kg K/ha	Je 100 kg K/ha

Die chemischen Analysen wurden nach VDLUFA-Methoden durchgeführt. Als Hauptbestandbildner zu Versuchsbeginn sind Knautgras und Rohrschwengel zu nennen. Es wurden drei bis vier Schnitte pro Jahr geerntet.

Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 7,9 °C, die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge 552 mm (nächstgelegene Wetterstation Greifswald). In den Jahren 1990-1992 betrug die Jahresniederschlagsmenge am Versuchsort unter bzw. gerade 500 mm, 1993 wurden 650 mm und 1994 580 mm gemessen. Die wöchentlich erfassten Grundwasserstände lagen in der Zeit von April bis September zwischen 10 und 90 cm, überwiegend im Bereich von 40 bis 60 cm unter Flur.

3.2 Versuchsergebnisse

Ausgewählte Ergebnisse sollen die Notwendigkeit unterstreichen, dass der Zusammenhang von N- und K-Düngewirkung auf Niedermoorgrünland deutlich stärker berücksichtigt werden muss. Auswirkungen der variierten Düngung auf den Ertrag sind aus den Abbildungen 1 und 2 abzulesen. Als wichtigste Aussage ist festzuhalten, dass zwischen den drei Varianten ohne N-Gabe und den beiden Varianten ohne K-Düngung keine signifikanten Ertragsdifferenzen ermittelt wurden. Damit wird an diesem Standort bestätigt, was z. B. KALTOFEN (1965), SCHUPPENIES (1995) und KÄDING (1996) aus vergleichbaren Versuchsanstellungen abgeleitet haben, dass eine N-Düngung ohne gleichzeitige ausreichende K-Düngung

nicht zu empfehlen ist. Analog wird hier sehr deutlich, dass für die Verwertung der K-Gaben ausreichend N zur Verfügung stehen muss, damit K-Jahresgaben von 100 bzw. 200 kg K/ha zu Mehrerträgen gegenüber 0 K führen bzw. zu Mehrleistungen, die den K-Düngungsaufwand rechtfertigen.

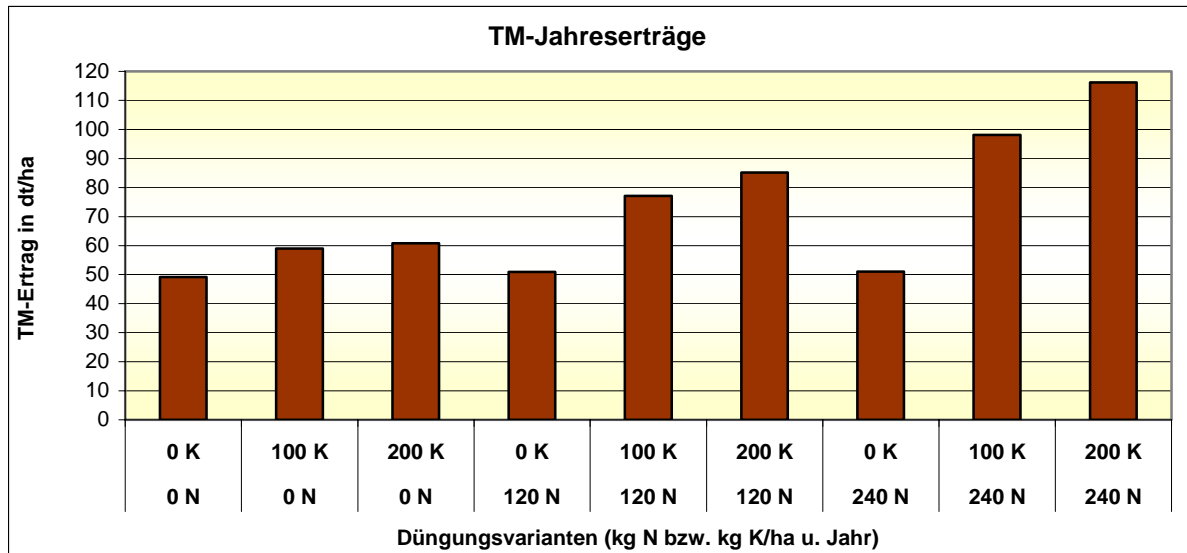


Abb. 1: TM-Jahreserträge in Abhängigkeit von N- und K-Düngung auf Niedermoor, im Mittel der ersten drei Versuchsjahre

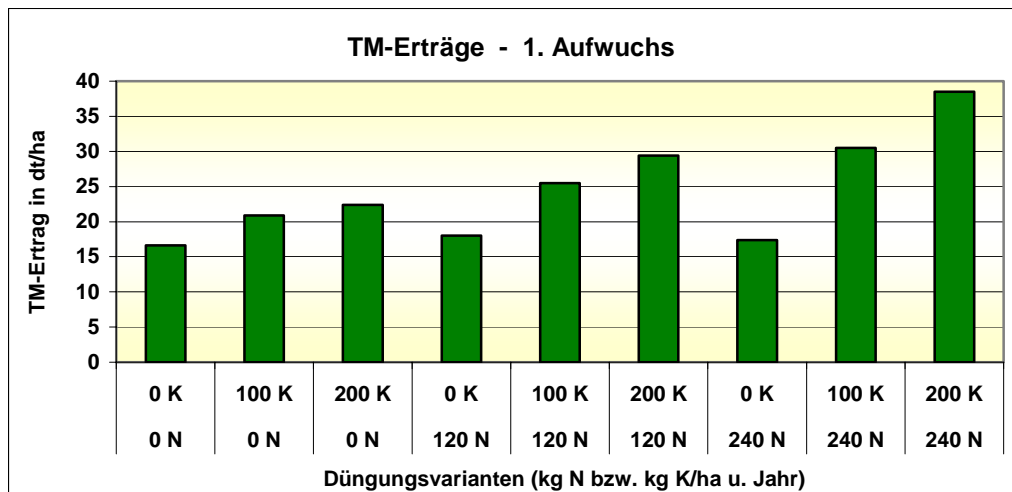


Abb. 2: TM-Erträge in Abhängigkeit von N- und K-Düngung auf Niedermoor, 1. Aufwuchs im fünfjährigen Mittel

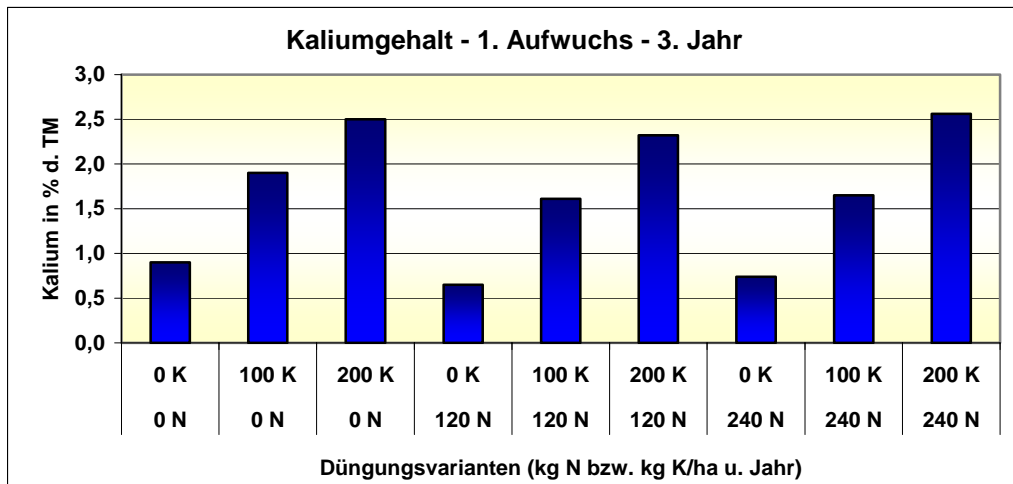


Abb. 3: Kaliumgehalt in Abhängigkeit von N- und K-Düngung auf Niedermoor,
1. Aufwuchs des 3. Versuchsjahres

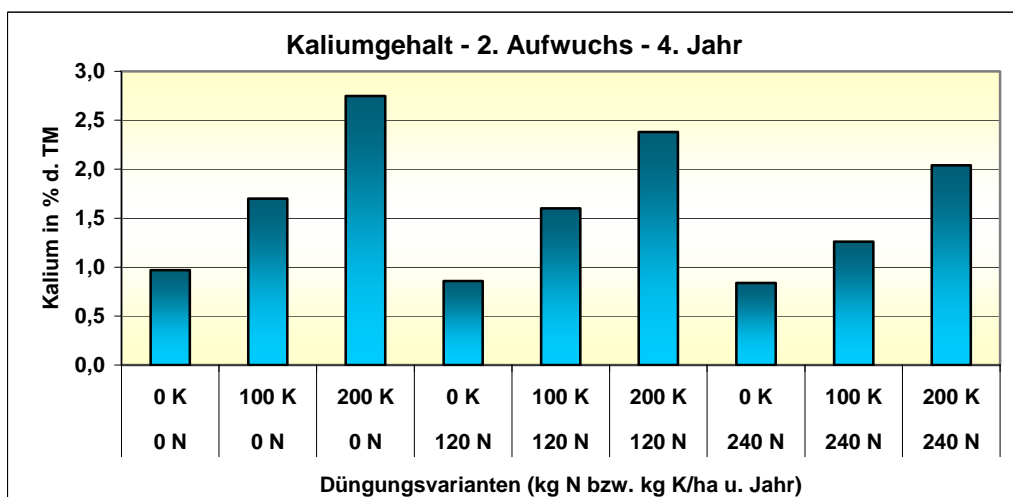


Abb. 4: Kaliumgehalt in Abhängigkeit von N- und K-Düngung auf Niedermoor,
2. Aufwuchs des 4. Versuchsjahres

Der K-Gehalt in der Pflanze gilt allgemein als aussagekräftig, was die Kaliumversorgung anbelangt. Werte unter 1 % in der Trockenmasse, wie hier bei den drei Varianten ohne K-Düngung ermittelt, weisen eindeutig auf eine mangelnde K-Ernährung hin (Abb. 3 und 4). Als normal bzw. ausreichend werden K-Gehalte von 1,6 bis 3 % in der TM bezeichnet (WACKER und KALTOFEN 1986, VOIGTLÄNDER 1987, ANONYMUS 1989). In den untersuchten Aufwüchsen war das durchgängig nur bei den Varianten mit Jahresgaben von 200 kg K/ha der Fall. Bei den K-Gaben von 100 kg/ha wurden überwiegend K-Gehalte unter 2 % in der TM erreicht, häufig zwischen 1,5 und 2 % in der TM. Für diesen Bereich gilt der Hinweis, dass mit K-Düngung noch Ertragssteigerungen möglich wären (KALTOFEN und SCHMIDT 1987, ANONYMUS 1989).

4. Folgerungen

1. Aus dem Versuch ist für vergleichbare Standorte abzuleiten: Steht nicht ausreichend Kalium für den Aufwuchs zur Verfügung, bewirken drei Gaben a 40 kg N/ha und selbst drei Gaben a 80 kg N/ha (=240 kg N/ha Jahresgabe) keine Ertragssteigerung gegenüber 0 N. Ist nicht genügend N verfügbar, so wird mit 100 bzw. 200 kg K /ha als Jahresgabe keine Ertragssteigerung gegenüber 0 K erreicht. Das zeigt auch: Nicht aus jedem Niedermoorboden wird – wie häufig unterstellt – ausreichend N nachgeliefert bzw. zur Zeit des Bedarfs mineralisierter N nutzbar. Wird über die Düngung entschieden, ist in der Regel nicht bekannt, wann und in welcher Menge N aus dem Moorboden verfügbar sein wird.

Andererseits ist ein Verzicht auf K-Gaben auch deshalb kritisch zu sehen, weil eine Abschöpfung des mineralisierten N über die Abfuhr der Aufwüchse limitiert wird (KÄDING, H. 1991, 1994, 1996; BEHRENDT, A. 1995).

2. Einseitige N- und K-Gaben sind zu vermeiden und N- und K-Mengen aufeinander abzustimmen. Für eine tatsächliche Optimierung erscheint es notwendig, für die Standortgruppe relevante Ergebnisse einer komplexen Auswertung zu unterziehen und diese für eine Aktualisierung der Düngungsempfehlungen zu nutzen.

3. Eine stärkere Nutzung von Analysen des K-Gehaltes in der pflanzlichen Trockenmasse für Entscheidungen über die K-Düngung, wie seit Jahren von vielen verschiedenen Autoren empfohlen, würde eine Verbesserung darstellen.

4. Die Ermittlung von Bodenwerten mit Volumenbezug zur Kennzeichnung der Nährstoffversorgung auf Niedermoor sollte angestrebt werden.

5. Eine Ökonomische Bewertung der K-Düngung muss unbedingt die markante Verschlechterung der Pflanzenbestandeszusammensetzung bei K-Mangel und deren Folgen einschließen.

5. Zusammenfassung

Mit der Darstellung ausgewählter Ergebnisse aus einem NK-Düngungsversuch auf Niedermoor wurden einige Aspekte der K-Düngung angesprochen, bei denen eine weitere Optimierung aus ökonomischen und ökologischen Gründen erforderlich ist. Um dazu fundierte Aussagen treffen und gezielte Verbesserungen vornehmen zu können, besteht für den Niedermoorbereich noch Untersuchungsbedarf.

Das Literaturverzeichnis liegt beim Autor vor.

Langjährige Erfahrungen zu den N-Bilanzen der ersten Aufwüchse mehrschnittiger Futterpflanzen in Mecklenburg-Vorpommern

Dr. Martin Piehl, LMS Landwirtschaftsberatung

Im Rahmen der Landbewirtschaftung steht die Futterproduktion im Hinblick auf die Höhe der N-Düngung verschiedentlich in der Kritik. In den Regelungen zur Düngeverordnung wird z.B. dem Grünland ein wesentlich höherer Einsatz von Stickstoff aus organischen Quellen gestattet. Ist diese „Sonderrolle“ gerechtfertigt oder nicht?

Die LMS-Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern GmbH bietet den von ihr betreuten Landwirten und der Fach-Öffentlichkeit seit 1993 jährlich den Service der vegetationsbegleitenden Beobachtung von mehrschnittigen Futterpflanzen (Grünland und Ackerfutter) zur Schätzung des optimalen Schnittzeitpunktes im ersten Aufwuchs. Dazu werden im Frühjahr landesweit auf Praxisflächen in der Regel 24 Versuchsflächen eingerichtet, die in wöchentlichem Abstand von Ende April bis Ende Mai/Anfang Juni zur Ermittlung von Ertrag und Qualität beprobt werden. Diese Flächen werden nach regionalen und standörtlichen Gesichtspunkten sowie nach Pflanzenbestands-zusammensetzung festgelegt. So ergeben sich neben der regionalen Verteilung 6 Kategorien:

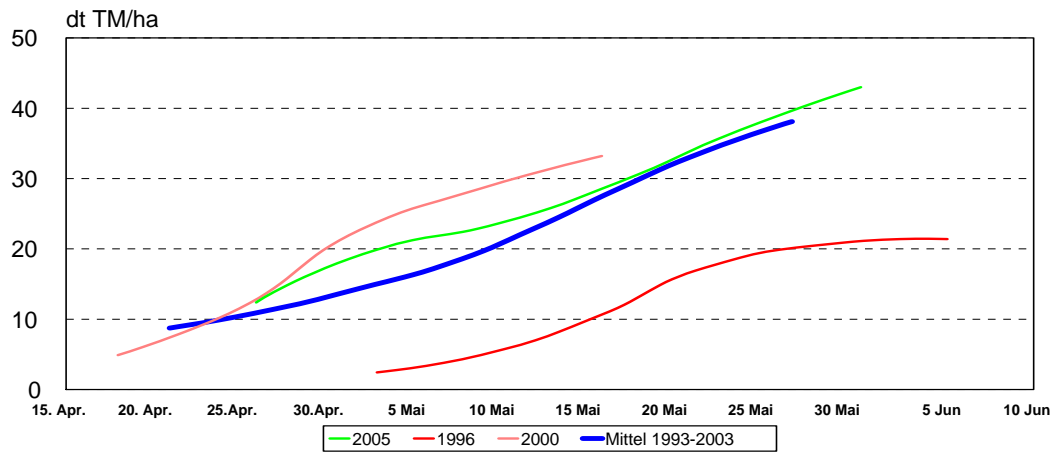
- Mineralbodengrünland Weide
- Niedermoorgrünland Weide
- Mineralbodengrünland Wiese
- Niedermoorgrünland Weide
- Ökologisch bewirtschaftetes Grünland
- Ackerfutter

Nach Abschluss der Campagne des ersten Schnittes wird die Versuchsserie beendet, da die betriebsspezifische terminliche Differenzierung der ersten Nutzung der mehrschnittigen Futterpflanzen eine weitere landesweite und seriöse Prognose bei dem oben genannten Versuchsumfang nicht mehr zulässt.

Zu den Versuchsflächen werden neben Pflanzenbestand, Standort, Bodenqualität, Wasserstufe und Grundnährstoffversorgung sowie -düngung auch Höhe und Art der Stickstoffdüngung zum ersten Aufwuchs erfasst. So ergibt sich im Laufe der Jahre ein Datenpool, der zwar nicht die wissenschaftliche Präzision und statistisch gesicherte Aussagekraft auf Basis von Exaktversuchen ermöglicht, jedoch Hinweise liefert auf Tendenzen und lohnende Fragestellungen für tiefer greifende Versuchsanstellungen der angewandten Forschung. Im Vortrag sollen Fakten und Schlussfolgerungen zu den N-Bilanzen der unterschiedlichen Standorte und Düngungsformen aufgeführt werden. Nachfolgend seien grundlegende Beobachtungen am Beispiel der Versuchsergebnisse von Mineralbodengrünland aus dem Jahr 2005 anhand von Grafiken dargestellt.

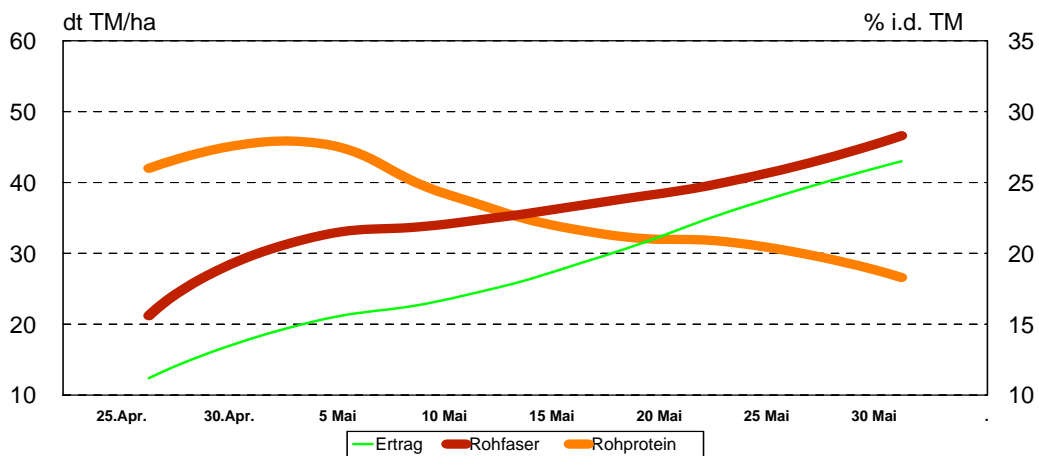
Ertragsentwicklung auf Mineralbodengrünland

Mecklenburg-Vorpommern erster Aufwuchs



Ertrags- und Qualitätsentwicklung auf Mineralbodengrünland

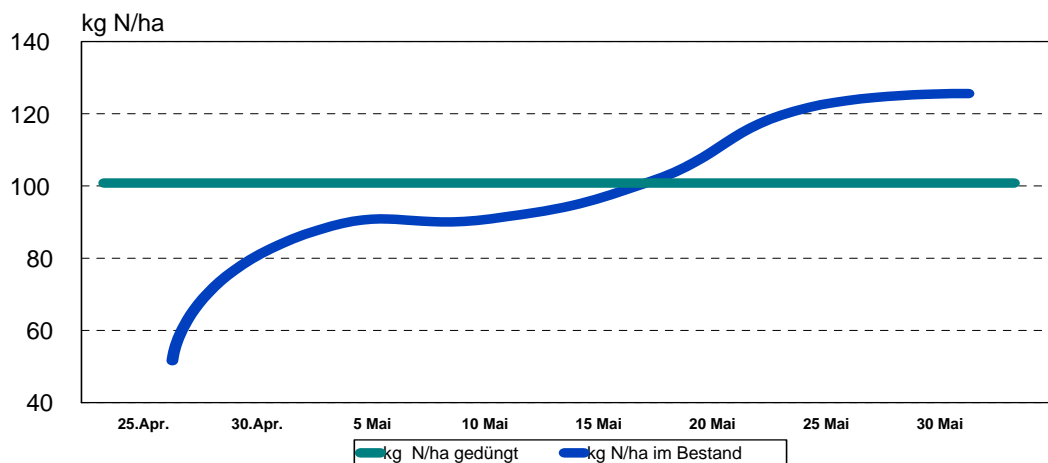
Mecklenburg-Vorpommern erster Aufwuchs 2005



Verhältnis von gedüngtem und im Pflanzenbestand vorhandenem

Stickstoff auf Mineralbodengrünland

Mecklenburg-Vorpommern erster Aufwuchs 2005



empfohlener Schnittermin: 15. Mai

Schlussfolgerungen:

- Es werden, über alle Standorte und Düngerformen im Mittel der Jahre zum ersten Aufwuchs in der Regel negative N-Salden festgestellt, d.h. es wird mehr Stickstoff entzogen als gedüngt wurde. Wenn Grünland bezüglich der N-Übersorgung ein Problem darstellt, dann auf Grund überzogener, den möglichen Ertragserwartungen nicht gerecht werdenden N-Düngung für die Folgeaufwüchse.
- Es erscheint für die Praxis ökonomisch und pflanzenbaulich unbedingt sinnvoll, zur sachgerechten Planung der nachfolgenden N-Gaben auf mehrschnittigen Futterpflanzen die Ertragserfassung der Einzelschnitte (bzw. des ersten Aufwuchses) und damit die Bilanzierungsmöglichkeiten deutlich zu verbessern. Erste Ansätze gibt es.
- Die Düngewirkung von Stickstoff ist deutlich abhängig vom Witterungsverlauf des Frühjahres, vom Ausbringungszeitpunkt, von Standort und Pflanzenbestand und besonders von der Düngform.
- Da zwischen der N-Düngung und der Ernte bei mehrschnittigen Futterpflanzen relativ geringe Zeiträume vergehen, scheinen schnell wirkende N-Dünger auch hinsichtlich der punktgenauen Wirksamkeit und der späteren Bilanzierung von Vorteil. Dazu bedürfte es auch im Hinblick auf eventuelle Verschärfung der Düngeverordnung unter Berücksichtigung der Gesamtjahresbilanz detailliertere Untersuchungen für den Einsatz von Harnstoff und Gülle auf Grünland.

Einfluss von Düngung und Schnitthäufigkeit auf die Nährstoffbilanzen des Niedermoorgrünlandes

Horst Käding, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Paulinenaue

1 Einleitung und Problemstellung

Extensive Grünlandbewirtschaftung ist gekennzeichnet durch reduzierten Einsatz von Produktionsmitteln, insbesondere an Düngemitteln je Flächeneinheit. Die Folge sind Ertragsrückgänge, oft Verminderung der Nutzungshäufigkeit und Futterqualitätseinbußen. Die sich verändernden Qualitätsparameter und Mineralstoffgehalte sind betriebswirtschaftlich besonders bedeutungsvoll, wenn das Erntegut als Futter für Tierbestände dienen soll. Die Kenntnis der Nährstoffdynamik und deren Berücksichtigung soll sowohl ein Überangebot als auch eine Unterversorgung der Niedermoorstandorte vermeiden helfen.

2 Material und Methoden

Zur Auswertung gelangte ein 7 Jahre dauernder Versuch (1997 bis 2003) mit variiertem Düngung und Nutzungsfrequenz. Der Parzellenversuch befindet sich auf einem talsandunterlagertem Niedermoorstandort im Havelländischen Luch mit einer Mooraufgabe von ca. 80 cm.

Als Versuchsanlage diente eine zweifaktorielle Streifenanlage mit vier Wiederholungen. Die Parzellengröße betrug 20 m².

Folgende Prüffaktoren und -stufen wurden untersucht und gewertet:

Faktor 1: Düngung (kg ha⁻¹)

Stufe 1	N 120*	P 25	K 120
Stufe 2	N 0	P 25	K 120
Stufe 3	N 0	P 0	K 120
Stufe 4	N 0	P 0	K 0

* N-Verteilung: 1.1 40+40+40+0

1.2 60+60

Faktor 2: Schnitthäufigkeit

Stufe 1 4 Schnitte

Stufe 2 2 Schnitte

Ermittelt wurden die Grün- und Trockenmasseerträge, sowie die Phosphor- und Kaliumgehalte in Pflanzen und Boden. Die Bestimmung der P-Gehalte in der Pflanze erfolgte photometrisch, die der K-Gehalte flammenemissionsspektrophotometrisch. Im Boden wurden mittels Doppellaktat-Methode (DL) die pflanzenverfügbaren P- und K-Gehalte bestimmt.

Die Trockenmasseerträge aller sieben Versuchsjahre wurden varianzanalytisch mit Hilfe des Programmpaketes SPSS 12.0 untersucht. Die Mehrfachvergleiche erfolgten mittels Tukey-Test (5%). Soweit mit der Varianzanalyse signifikante Effekte nachweisbar waren, wurden für den Vergleich von Mittelwerten Grenzdifferenzen auf der Basis des t-Tests errechnet.

P- und K-Gehalte in Boden und Pflanze wurden ebenfalls varianzanalytisch gewertet. Bedingt durch Mischprobenentnahme und somit fehlender Einzelwiederholungen je Variante wurden die sieben Versuchsjahre als Wiederholungen genutzt.

3 Ergebnisse

3.1 Erträge

Im Verlauf der Jahre sind witterungsbedingt Ertragsschwankungen in den Einzeljahren aufgetreten, ein gesicherter steigender bzw. fallender Trend ist nicht erkennbar. Der Düngereinfluss auf den Ertrag ist in allen Jahren durch etwa gleiche Ertragsdifferenzen erkennbar.

Die ermittelten Durchschnittserträge von 1997 bis 2003 sind als Boxplot dargestellt (Abb. 1). Im Mittel der Versuchsjahre erzielte die Vierschnittnutzung bei allen Düngungsvarianten statistisch gesicherte deutlich niedrigere Erträge als die Zweischnittnutzung (GD 9,49). Die höchsten Erträge wurden bei Volldüngung mit Stickstoff, Phosphor und Kalium (Stufe 1) erreicht. Der Mehrertrag ist vorrangig auf die Stickstoffdüngung zurückzuführen. Bei Zweischnittnutzung und einer Aufwandmenge von 120 kg N ha⁻¹ erzeugte ein kg Stickstoff 28,3 kg, bei Vierschnittnutzung 15,5 kg Trockenmasse.

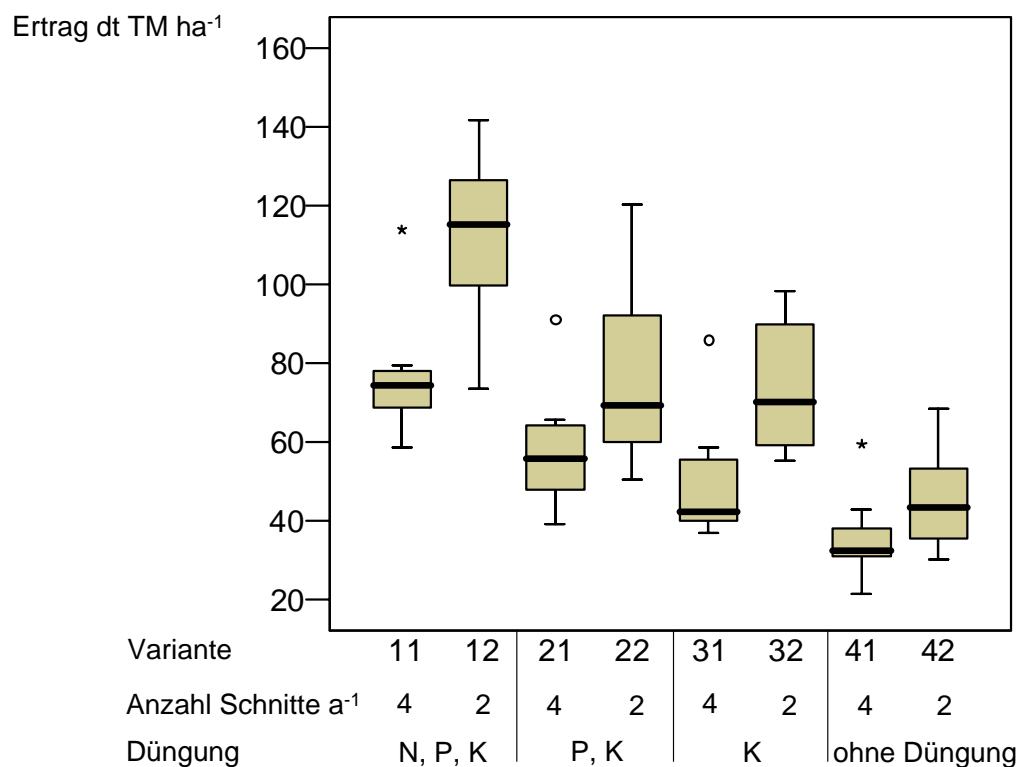


Abbildung 1

Trockenmasseerträge (dt ha⁻¹) in Abhängigkeit von Düngung und Schnitthäufigkeit

Sowohl PK-Düngung als auch reine K-Düngung führten zu signifikanten Mindererträgen gegenüber den mit N, P und K gedüngten Varianten und zu gesicherten Mehrerträgen gegenüber den ungedüngten Varianten (GD 6,24). PK-Düngung brachte bei Zwei- und Vierschnittnutzung nur geringe, statistisch nicht gesicherte, Mehrerträge gegenüber reiner K-Düngung. P-Düngung hat somit einen geringen Einfluss auf die Ertragsbildung. Wurde auf Grunddüngung ganz verzichtet erreichte der Ertrag im Mittel von Zwei- und Vierschnittnutzung nur rund 60 % der PK-Variante und 43 % der NPK-Variante.

3.2 Gehalte in Pflanze und Boden

Um Aussagen zur optimalen Nährstoffversorgung treffen zu können, sind Kenntnisse über Nährstoffgehalte im Boden und in der Pflanze erforderlich. Auch werden Nährstoffzufuhr und -entzug als Bilanz gegenüber gestellt.

Ähnlich wie bei den Erträgen gibt es bei den Nährstoffgehalten in der Pflanze jahresabhängige Unterschiede. Bei einem durchschnittlichen P-Gehalt von 2,88 g kg⁻¹ TS beträgt die Standardabweichung 0,6 und beim durchschnittlichen K-Gehalt von 15,6 g kg⁻¹ TS 6,6. Bei den Stoffgehalten ist kein Trendverlauf erkennbar. Nachweisbar war jedoch, dass in ertragsstarken Jahren durch den Verdünnungseffekt geringere Pflanzengehalte ausgewiesen wurden.

Vierschnittnutzung führte im ausgewerteten Versuch zu signifikant höheren P-Gehalten im Futter als Zweischnittnutzung (Tab. 1). Die Phosphordüngung kombiniert mit Stickstoff- und Kaliumdüngung erhöhte statistisch gesichert die P-Gehalte in der Pflanze bei Vierschnittnutzung. Die Entzüge wurden bei Vierschnitt- im Vergleich zur Zweischnittnutzung trotz höherer P-Gehalte durch die geringeren Erträge nahezu ausgeglichen.

Tabelle 1

PK-Gehalte in Pflanze und Boden (DL) sowie PK-Entzüge in Abhängigkeit von Düngung und Nutzungshäufigkeit (1997 - 2003)

Düngung (kg ha ⁻¹)			Nutzungs- häufigkeit	Phosphor			Kalium		
				Gehalt Pflanze g kg ⁻¹	Entzug Pflanze kg ha ⁻¹	Gehalt Boden mg 100g ⁻¹	Gehalt Pflanze g kg ⁻¹	Entzug Pflanze kg ha ⁻¹	Gehalt Boden mg 100g ⁻¹
N	P	K							
120	25	120	4	3,54	27,6	13,0	19,4	149,6	14,2
120	25	120	2	2,37	26,2	13,5	13,6	151,3	18,8
0	25	120	4	3,79	22,5	17,8	24,4	144,5	22,9
0	25	120	2	2,67	20,6	17,1	17,8	138,2	28,2
0	0	120	4	3,01	15,0	7,1	22,6	117,0	19,9
0	0	120	2	2,07	15,2	7,4	17,0	125,1	27,0
0	0	0	4	3,09	11,0	6,6	6,8	25,0	9,6
0	0	0	2	2,50	11,3	6,4	5,4	24,7	9,0

Verzicht auf P-Düngung reduzierte signifikant die P-Gehalte im Boden, mittels Doppellaktatmethode (DL) ermittelt, sowohl bei Zweischnitt- als auch bei Vierschnittnutzung. Stickstoffdüngung einschließlich Phosphordüngung erhöhte durch Mehrerträge die P-Entzüge und verringerte entsprechend die P-Gehalte bei Vierschnittnutzung im Boden (DL). Die durch N-Düngung geringeren P-Gehalte bei Zweischnittnutzung sind nicht signifikant.

Obwohl sich durch Verzicht auf P-Düngung die Bodengehalte verringerten, blieben diese Varianten im Mittel der 7 Versuchsjahre in der Gehaltsklasse C (Anonymus 2000). Die P-Düngungsvarianten blieben insgesamt auf sehr hohem Niveau in der Gehaltsklasse E.

Alle K-Düngungsvarianten hatten bei gleicher Nutzungsfrequenz statistisch gesichert höhere K-Gehalte in der Pflanzensubstanz als die Varianten ohne K-Düngung (Tab. 1). Signifikant höhere K-Gehalte im Boden konnten nur bei Zweischnittnutzung mit reiner K- und PK-Düngung, sowie bei Vierschnittnutzung bei PK-Düngung nachgewiesen werden.

Ohne K-Düngung erreichten die Varianten im Mittel Bodengehaltsklasse B, mit K-Düngung Klassen zwischen C und E. Die K-Gehalte in der Pflanze wiesen ohne K-Düngung mit Werten unter 10 g kg^{-1} TS einen starken Mangel auf. Extrem geringe K-Mengen im Futter zeigen Unterversorgung des Bodens an.

Wird von mittelintensiver Grünlandbewirtschaftung ($\text{N}^{120}\text{P}^{25}\text{K}^{120}$ -Düngung und Vierschnittnutzung) auf extensive Bewirtschaftung (ohne Düngung mit Zweischnittnutzung) umgestellt, so sind laut Versuchsergebnisse mit einer Reduzierung der P- und K-Gehalte im Boden um 51 bzw. 34% und in der Pflanze um 29 bzw. 72% zu rechnen.

Während im Boden die Phosphorgehalte (DL) auf den ungedüngten Varianten zwischen 5,6 und 10,6 und den gedüngten zwischen 9,8 und 21,7 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ schwanken, liegen die Einzelwerte beim KWA zwischen 82,6 und 145 bzw. 106,8 und 176,6 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ trockenen Boden. Die Kaliumgehalte (DL) im Boden variieren bei ungedüngten Varianten zwischen 7,1 und 39,3, bei gedüngten zwischen 10,3 und 45,7, während sie beim Königswasseraufschluss zwischen 29,7 und 72,9 bzw. zwischen 35,7 und 80,2 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ trockenen Boden liegen.

Die Beziehungen zwischen Düngung und Bodengehalten korrelieren bei der KWA-Methode deutlich schlechter als bei der DL-Methode. Die Doppellaktatmethode war für unsere Versuchsauswertung aussagekräftiger, da die ermittelten Ergebnisse statistisch besser gesichert sind.

3.3 Bilanzen

Durch P-Zufuhr ist die P-Bilanz nahezu ausgeglichen. Ohne P-Düngung ist die P-Bilanz negativ, insbesondere wenn durch K-Gaben eine Ertragerhöhung erzielt wurde (Tab. 2).

Tabelle 2

PK-Bilanzen in Abhängigkeit von Düngung und Nutzungshäufigkeit (1997 - 2003)

Düngung (kg ha ⁻¹)			Nutzungs- häufigkeit	P-Bilanz kg ha ⁻¹	K-Bilanz kg ha ⁻¹
N	P	K			
120	25	120	4	- 2,55	- 29,6
120	25	120	2	- 1,21	- 31,3
0	25	120	4	+ 2,53	- 24,5
0	25	120	2	+ 4,42	- 18,2
0	0	120	4	- 15,33	+ 3,0
0	0	120	2	- 15,21	- 5,1
0	0	0	4	- 11,34	- 25,0
0	0	0	2	- 10,88	- 24,3

Die K-Bilanz ist sowohl mit als auch ohne K-Düngung überwiegend negativ. 120 kg K ha⁻¹ und Jahr sind zum Bilanzausgleich nicht ausreichend, außer bei reiner K-Düngung. Allerdings ist, wie auch andere Versuche auf gleichem Standort zeigen, ein vollständiger Bilanzausgleich für Ertragsbildung und angemessene Inhaltsstoffe nicht erforderlich. Vollständiger Verzicht auf K-Düngung führte zu einem Mangel im Boden, der sich negativ auf das Pflanzenwachstum auswirkte.

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Versuchsauswertung zeigt den Einfluss unterschiedlicher Nutzungshäufigkeit und Düngung auf Ertrag, Gehalte in Boden und Pflanze, sowie Auswirkungen auf die Nährstoffbilanzen.

Durch Verzicht auf P- und K-Düngung reduzierte sich der Ertrag signifikant, besonders wenn auch auf Stickstoff verzichtet wurde. Kaliumdüngung allein bewirkte einen gesicherten Ertragszuwachs gegenüber der ungedüngten Variante. Zweischnittnutzung lieferte deutlich höhere Jahreserträge mit niedrigeren PK-Gehalten in der Erntesubstanz als Vierschnittnutzung. Junges Futter hat eine höhere Nährstoffkonzentration und dadurch einen höheren Futterwert. Da eine zwei- bis viermalige Nutzungsfrequenz nur geringe Unterschiede bezüglich dem Nährstoffentzug aufweist, ist keine differenzierte Nährstoffzufuhr notwendig.

Dass mit steigenden P- und K-Gaben die Gehalte im Boden und in der Pflanze zunehmen und mit zusätzlicher Stickstoffgabe, bedingt durch höhere PK-Entzüge, die Gehalte im Boden und in der Pflanze sinken, ist einleuchtend. Somit sind für den Nährstoffausgleich höhere Düngergaben erforderlich.

Die durch unterlassene Düngung hervorgerufene Reduzierung der PK-Gehalte im Boden um 51 bzw. 34% und in der Pflanze um 29 bzw. 72% gegenüber NPK-Düngung ist allerdings beachtlich.

Um bei der praktizierten Bewirtschaftungsintensität eine ausgeglichene P-Bilanz bei akzeptablen P-Gehalten in der Erntesubstanz auf diesem Standort zu erreichen, ist eine Phosphordüngung von 20 bis 28 kg P ha⁻¹ angemessen. Damit wird der P-Entzug des Grünlandbestandes durch die P-Zufuhr ausgeglichen. Verzicht auf P-Düngung reduzierte gesichert bei Vierschnittnutzung den P-Gehalt in der Pflanze

und im Boden bei Zwei- und Vierschnittnutzung.

K-Zufuhr bewirkte bei Zwei- und Vierschnittnutzung statistisch gesicherte Unterschiede in den Pflanzengehalten und nur teilweise in den Bodengehalten. Die Pflanzenanalyse ist ein aussagekräftiges Kriterium zur Nährstoffversorgung mit den Grundnährstoffen Phosphor und Kalium auf Niedermoorgrünland. P-Gehalte in der Erntesubstanz von weniger als $2,5 \text{ g kg}^{-1}$ TS und K-Gehalte von 10 bis 15 g kg^{-1} TS bei jährlich 3 bis 4 Nutzungen deuten auf eine Unterversorgung des Bodens hin.

Ein Verzicht auf Kaliumdüngung wirkt sich besonders auf den Niedermoorstandorten, die wenig Kalium in der Bodensubstanz enthalten und ein schwaches Sorptionsvermögen besitzen, gravierend auf Ertragsbildung und Inhaltsstoffe aus. Gleichzeitig schwindet die Möglichkeit überschüssigen Stickstoff aus der Bodensubstanz aufzunehmen und zu verwerten.

5 Zusammenfassung

Während sieben Untersuchungsjahren wurde auf einem zweifaktoriellen Parzellenversuch in Streifenanlage mit acht Varianten auf mitteltiefgründigem Niedermoorstandort im Havelländischem Luch der Einfluss von Düngung und Nutzungsfrequenz auf Ertrag, Nährstoffgehalte und Nährstoffbilanz geprüft.

Die Kombination von unterschiedlicher Düngung und variiertes Nutzungshäufigkeit zeigt statistisch gesicherte Unterschiede hinsichtlich Ertragsleistung, Pflanzeninhaltsstoffe und teilweise der Nährstoffgehalte des Bodens.

Bei der im Versuch praktizierten Bewirtschaftungsintensität sind Phosphorgaben zwischen 20 und 28 kg ha^{-1} optimal und dabei ist die Nährstoffbilanz ausgeglichen. Obwohl bis 150 kg ha^{-1} Kalium durch die Erntesubstanz entzogen wurden sind Düngermengen um 120 kg K ha^{-1} ausreichend.

Literatur

Käding, H., 2005: Effect of varied fertilization and cutting frequency on forage yields, phosphorus and potassium contents and nutrient balance of fen grassland
Arch Agron Soil Sci, im Druck

Zu den Wechselwirkungen langjähriger N-, P-, K-Gaben bezogen auf die bodenchemischen Werte von Mähweiden verschiedener Höhenlagen

Prof. Dr. Dr. h.c. W. Opitz v. Boberfeld, Gießen

1. Problemstellung

Die exakte Bemessung des Bedarfes an Grundnährstoffen ist problematisch; prinzipiell bieten sich dafür vier Möglichkeiten an, die sich gleichermaßen durch Vorzüge und Schwächen auszeichnen (KNAUER 1963, OPITZ v. BOBERFELD 1994). Für die Abschätzung der Versorgungslage bieten sich an:

- bodenchemische Analysen,
- Blattanalysen,
- Nährstoffbilanzen und
- Feldversuche mit abgestuften Gaben.

Feldversuche sind arbeits- und zeitaufwendig, sie liefern jedoch unter Einschluss von Wechselwirkungen standortspezifisch die verlässlichsten Daten. Bodenanalysen lassen sich gut standardisieren, sind nicht so aufwendig, sie bereiten jedoch unter den Aspekten Einstichtiefe, räumliche Verteilung der Proben, Zeitpunkt der Probennahme, Textur, organische Masse, Wasserhaushalt und Analytik Probleme bei der Interpretation der auf diese Weise gewonnenen Befunde (MOTT 1964, ZÜRN 1965, MUNK 1969, KIEPE 1973, KNAUER 1973, OPITZ v. BOBERFELD 1998). Wird sich hierbei auf die Versorgungsstufen "Mangel", "Versorgt" und "Überschuss" beschränkt, ist das Verfahren brauchbar.

Der Versorgungsgrad des Bodens mit den Grundnährstoffen Phosphat und Kalium wird nachhaltig durch den entsprechenden Entzug und die Zufuhr geprägt, wobei auf Weiden die ungleichmäßige Rückführung der Nährstoffe über die Exkremate ein zusätzliches Problem darstellt (MOTT 1964, HOMM 1993, ANGER 2001). Das Problem N-Düngungsniveau ist bei derartigen Fragestellungen bisher weitgehend ausgeklammert geblieben (BARTELS & SCHEFFER 1995, v. BORSTEL et al. 1995, WESSELMANN et al. 1995). Über die Beeinflussung der Ertragshöhe gehen von der N-Düngung additive Effekte auf die Versorgungslage mit Grundnährstoffen aus (VETTER & KUBA 1963, ZÜRN 1965, 1968, KLAPP 1971, VOIGTLÄNDER 1987); welchen Stellenwert vor diesem Hintergrund jedoch die Interaktionen N- x P-Gabe und N- x K-Gabe längerfristig auf *Lolium-Cynosureten* einnehmen, dazu sind der Literatur kaum Informationen zu entnehmen. Ziel dieses Beitrages ist es daher, die Effekte der Interaktionen N- x P-Gabe bzw. N- x K-Gabe auf die pflanzenverfügbaren Phosphat- und Kalium-Mengen des Bodens zu untersuchen und entsprechende Ableitungen vorzunehmen.

2. Material und Methodik

Grundlage für die Klärung der skizzierten Frage bilden vier Versuche auf *Lolium-Cynosureten* in verschiedenen Höhenlagen, vgl. Tab. 1, die im Frühjahr 1986 angelegt und nach 17-jähriger Laufzeit beprobt wurden. Einen Überblick über die Varianten vermitteln die Tab. 2 und 3. Die bodenchemischen Werte der 17-jährig ungedüngten Varianten sind in Tab. 4 zusammengestellt. Der erste Aufwuchs wurde durchweg konserviert, die restlichen wurden ausschließlich beweidet. Damit war die Nutzungsfrequenz

konstant und nicht nährstoffgabenabhängig. Um parzellenbedingte Nährstofftransfers zu begrenzen, waren die jeweils 45 x 54 m dimensionierten Versuchsflächen mit 81 Parzellen – Parzellengröße 30 m² – auf Koppeln platziert, die > 2 ha groß bemessen waren; die Versuchsflächen nahmen damit weniger als 10 % der Gesamteinheit ein.

Tab. 1: Standorte

Standort	Höhenlage m ü. NN	Mittlerer Niederschlag in mm a ⁻¹	Bodentyp
1	210	650	Kolluvium-Gley
2	260	650	Plastosol-Braunerde
3	360	900	Braunerde
4	620	1200	Sauere Braunerde

Tab. 2: Varianten angelegt als lateinisches Rechteck mit drei Wiederholungen

Faktoren	Stufen	
1. N-Düngung	1.1	0 kg N ha ⁻¹ a ⁻¹
	1.2	160 kg N ha ⁻¹ a ⁻¹
	1.3	320 kg N ha ⁻¹ a ⁻¹
2. P-Düngung	2.1	0 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ a ⁻¹
	2.2	60 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ a ⁻¹
	2.3	120 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ a ⁻¹
3. K-Düngung	3.1	0 kg K ₂ O ha ⁻¹ a ⁻¹
	3.2	80 kg K ₂ O ha ⁻¹ a ⁻¹
	3.3	160 kg K ₂ O ha ⁻¹ a ⁻¹

Tab. 3: Dünger und Teilgaben

Nährstoff	Dünger
N	Kalkammonsalpeter in vier gleichen Teilgaben verabreicht
P	Hyperphosphat im April und Superphosphat im Juni verabreicht
K	Magnesia-Kainit im April und 50er Kali im Juni verabreicht

Tab. 4: Bodenchemische Werte der ungedüngten Varianten

Standort	pH-Wert	P ₂ O ₅ in mg 100 g ⁻¹ Boden	K ₂ O in mg 100 g ⁻¹ Boden
1	5,3	7,1	12,7
2	5,5	2,9	15,7
3	5,6	7,0	11,4
4	4,8	5,0	14,2

Die Bodenproben wurden im November mit 15 Einstichen der Schicht 0 - 10 cm entnommen. Der pH-Wert wurde mit einer Glaselektrode in einer 0,01 M CaCl₂-Lösung gemessen (ANONYMUS 1991). Aus einem Calcium-Acetat-Laktat-Extrakt wurden die pflanzenverfügbaren Phosphat- und Kalium-Mengen bestimmt (ANONYMUS 1991). Mit dem Vollernter erfolgte die Beerntung der Primäraufwüchse, und zwar am 29. Mai für die Varianten der Höhenlagen 210 und 260 m ü. NN sowie am 31. Mai für die Varianten der Höhenlagen 360 und 620 m ü. NN. Die Erträge beziehen sich auf die bei 103°C ermittelte Trockensubstanz. Das Pflanzenmaterial für die Analysen wurde bei 60°C getrocknet und auf < 1 mm vermahlen; sämtliche Angaben zur Konzentration von Mineralstoffen und Rohprotein beziehen sich auf die bei 103°C ermittelten Trockensubstanz. Phosphat und Kalium der Pflanzenmasse wurden aus einer 2 %igen HNO₃-Lösung bestimmt, Phosphat kolorimetrisch (GERICKE & KURMIES 1952) und Kalium atomabsorptionsspektrometrisch (SCHINKEL 1984). Rohprotein wurde nach KJELDAHL (ANONYMUS 1997) erfasst. Die Verrechnung der Daten erfolgte getrennt für die vier Standorte nach dem Modell einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse, eine log-Transformation (MCCREA et al. 2001, AERTS et al. 2003) der bodenchemischen Ausgangsdaten erwies sich als nicht notwendig. Dargestellt sind in den Abb. 1 - 4 die signifikanten ($\alpha = 0,05$) Wechselwirkungen N- x P-Gabe bzw. N- x K-Gabe als Regression getrennt für die einzelnen N-Stufen der einzelnen Standorte.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Boden

Die Abb. 1 und 2 zeigen, dass die pflanzenverfügbaren **Phosphat-Mengen** auf den mit Phosphat ungedüngten Varianten ausnahmslos unabhängig von der N-Gabe < 10 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ Boden liegen; bei einem Ort – 260 m ü. NN – wird sogar bei sämtlichen N-Stufen der Bereich 5 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ Boden unterschritten, vgl. Abb. 1 und Tab. 1. Erwartungsgemäß geht standortunabhängig der größte Effekt auf die pflanzenverfügbaren Phosphat-Mengen von der Höhe der P-Gabe aus. Der Einfluss der N-Gabe auf diese Zielgröße ist auch signifikant, jedoch wesentlich kleiner. Ein Einfluss der K-Gabe auf die pflanzenverfügbaren Phosphat-Mengen ist standortunabhängig nicht nachweisbar. Bis auf den höchstgelegenen Standort – 620 m ü. NN – ist bei den restlichen Orten die Interaktion N- x P-Gabe signifikant. Die Abb. 1 und 2 vermitteln hierzu, dass die Wechselwirkung durch das abweichende Verhalten der Varianten mit Stickstoff gedüngt und ungedüngt ausgelöst wird. So sind die P-Gaben bedingten Differenzen der pflanzenverfügbaren P-Mengen des Bodens auf der Stufe 0 kg N ha⁻¹ a⁻¹ wesentlich größer als auf den Stufen

160 bzw. 320 kg N ha⁻¹ a⁻¹. Während bei einem Verzicht auf N-Gaben der Bereich 20 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ Boden P-versorgungslagenabhängig, vgl. Tab. 4 sowie Abb. 1 und 2, bei 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ a⁻¹ erreicht wird, ist dies bei N-Gaben von 160 bzw. 320 kg N ha⁻¹ a⁻¹ erst oberhalb von 110 kg P₂O₅ ha⁻¹ a⁻¹ der Fall, wobei sich die beiden N-Gaben nicht unterscheiden.

Aus den Abb. 3 und 4 geht hervor, dass in den meisten Fällen die pflanzenverfügbaren **Kalium-Mengen** < 10 mg K₂O 100 g⁻¹ Boden liegen. Erwartungsgemäß geht der größte Einfluss auf die pflanzenverfügbaren Kalium-Mengen von der Höhe der K-Gabe aus. Der Effekt der N-Gabe auf diese Zielgröße ist auch signifikant, auf dem am niedrigsten gelegenen Standort – 210 m ü. NN – ist er sogar vergleichbar der der K-Gabe. Auf der am höchsten gelegenen Fläche – 620 m ü. NN – ist zusätzlich die Höhe der P-Gabe von Einfluss auf die pflanzenverfügbaren Kalium-Mengen des Bodens, und zwar führt der Verzicht auf P-Gaben zu höheren pflanzenverfügbaren Kalium-Mengen, was hier offenbar in Zusammenhang mit der Höhe der Erträge steht.

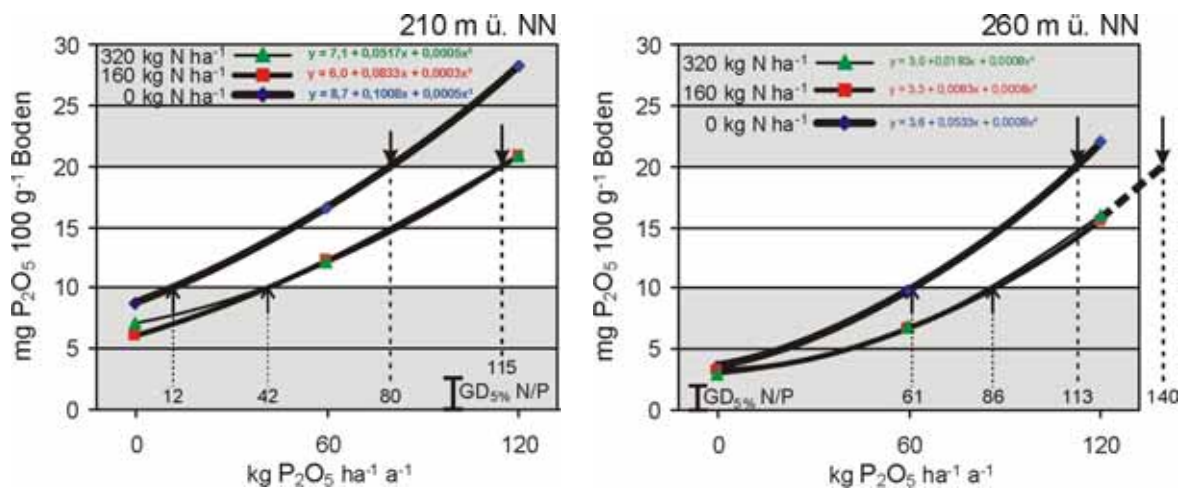


Abb. 1: P-Mengen der Böden in Abhängigkeit von den P- und N-Gaben verschiedener Standorte, 210 und 260 m ü. NN

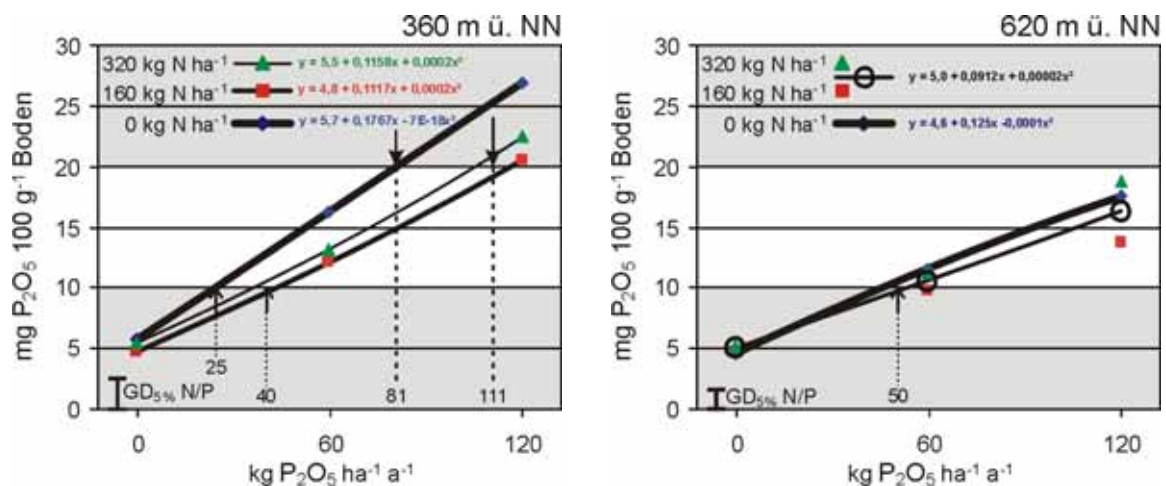


Abb. 2: P-Mengen der Böden in Abhängigkeit von den P- und N-Gaben verschiedener Standorte, 360 und 620 m ü. NN

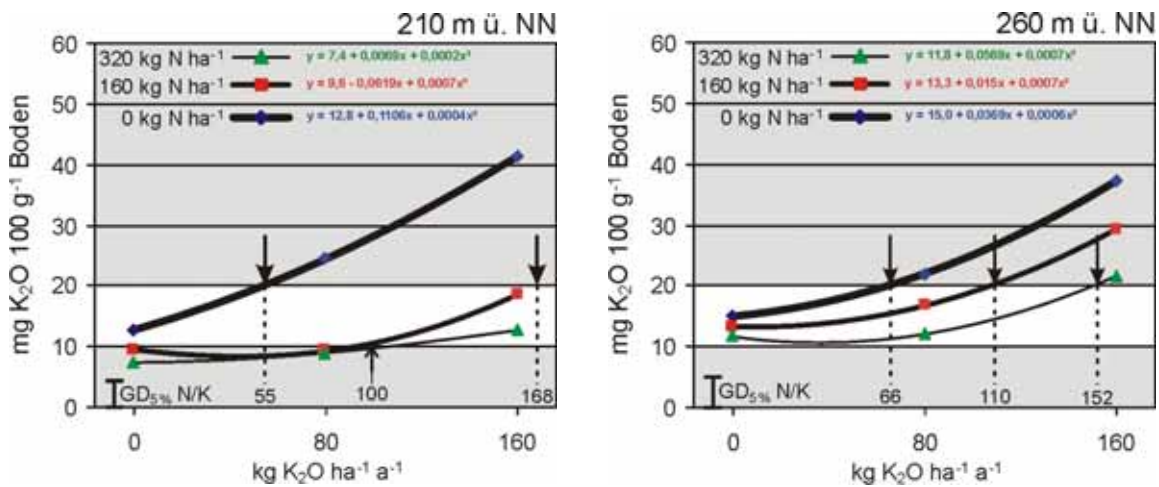


Abb. 3: K-Mengen der Böden in Abhängigkeit von den K- und N-Gaben verschiedener Standorte, 210 und 260 m ü. NN

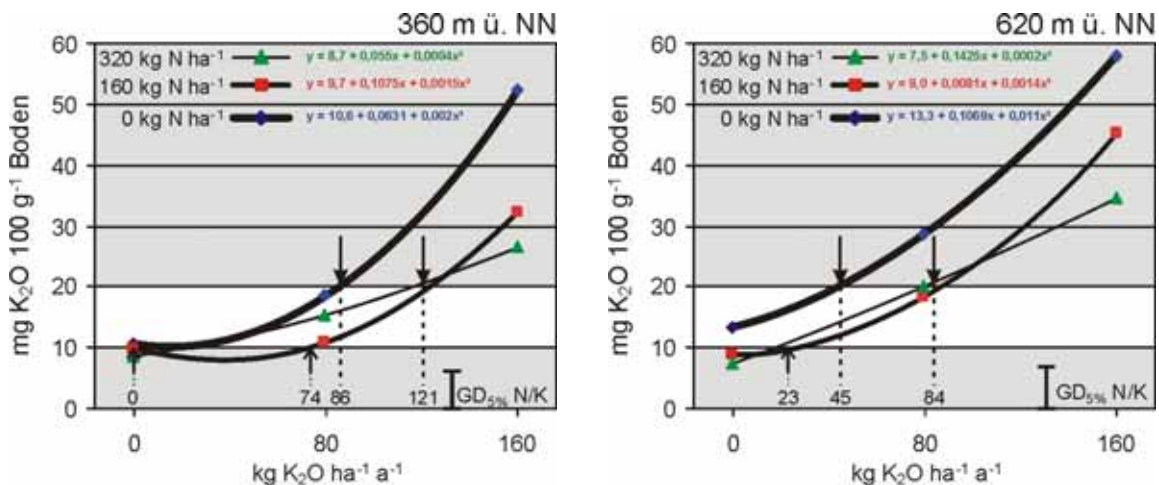


Abb. 4: K-Mengen der Böden in Abhängigkeit von den K- und N-Gaben verschiedener Standorte, 360 und 620 m ü. NN

Auf sämtlichen Standorten ist die Wechselwirkung N- x K-Gabe bezogen auf das Merkmal pflanzenverfügbare Kalium-Menge signifikant. Auch hier wird die Interaktion durch das abweichende Verhalten der N-Stufen ausgelöst; während die Differenzen infolge abgestufter K-Gaben auf der Stufe 0 kg N ha⁻¹ a⁻¹ mit > 40 mg K₂O 100 g⁻¹ Boden recht groß sind, sind die entsprechenden Unterschiede bei 160 kg N ha⁻¹ a⁻¹ mit > 20 mg K₂O 100 g⁻¹ Boden und bei 320 kg N ha⁻¹ a⁻¹ mit > 10 mg K₂O 100 g⁻¹ Boden wesentlich geringer. Bei einem Verzicht auf N-Gaben wird der Bereich 20 mg K₂O 100 g⁻¹ Boden standortabhängig bei K-Gaben zwischen 60 und 80 kg K₂O ha⁻¹ a⁻¹ überschritten, bei hohen N-Gaben wird der Bereich 20 mg K₂O 100 g⁻¹ Boden erst in dem Aufwandsbereich von 90 bis > 160 kg K₂O ha⁻¹ a⁻¹ überschritten. Dieser anscheinend höhenlagenabhängige Aufwandsbereich wird offenbar durch die Produktivität der Standorte geprägt.

Auf die **Bodenreaktion** geht standortunabhängig der größte Einfluss von der Höhe der N-Gabe aus, vgl. Abb. 5. Ein schwacher, bei drei Orten signifikanter Effekt auf die pH-Werte geht weiterhin noch von der Höhe der P-Gabe aus; werden die Stufen 0 und 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ a⁻¹ verglichen, so ist der pH-Wert bei der höchsten P-Gabe um bis zu 0,3 Einheiten erhöht. Relevante Wechselwirkungen, die den Faktor N-Gabe enthalten, bestehen nicht.

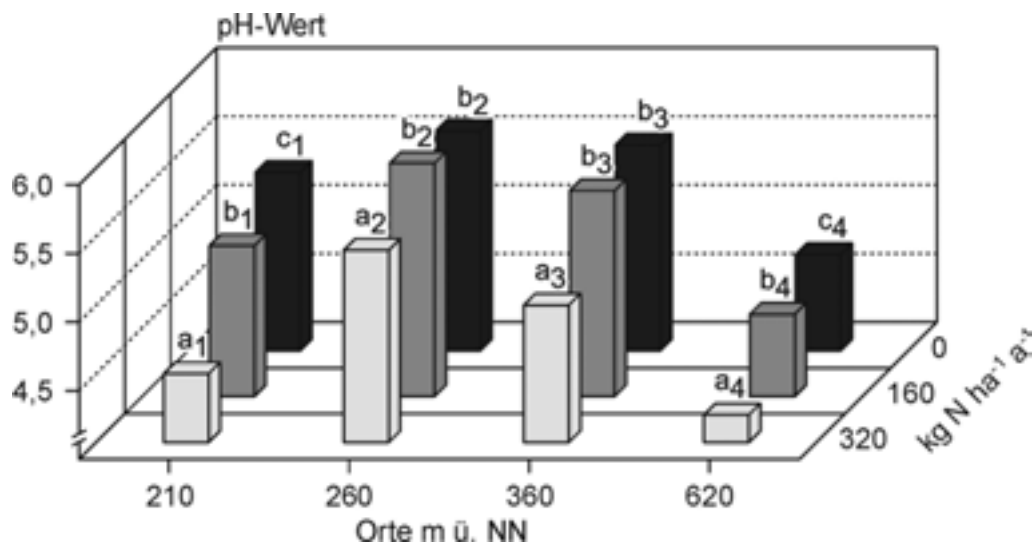


Abb. 5: Bodenreaktion in Abhängigkeit von N-Gabe und Standort

3.2 Primäraufwüchse

In Ergänzung zu den bodenchemischen Werten geben die Abb. 6 bis 10 Informationen zu den TS-Erträgen sowie den hier betrachteten Mineralstoffen und der Rohprotein-Konzentration der Primäraufwüchse, wobei die Mineralstoffe der mittleren P- und K-Stufen nicht untersucht sind. Bis auf den mit 620 m ü. NN am höchsten gelegenen Standort geht der größte Effekt auf die **TS-Erträge** von der N-Gabe aus. Die Abb. 6 und 7 vermitteln, dass sich standortunabhängig lediglich die Stufen 0 und 160 kg N ha⁻¹ a⁻¹ bzw. 0 und 40 kg N ha⁻¹ unterscheiden, die Erträge der Stufen 160 und 320 kg N ha⁻¹ a⁻¹ bzw. 40 und 80 kg N ha⁻¹ sind gleich; diese Erscheinung steht mit den bodenchemischen Werten, vgl. Abb. 1 bis 4, in Einklang. Der Einfluss des Faktors K-Gabe ist gleichfalls standortunabhängig signifikant. Abgesehen vom Ort 360 m ü. NN ist der Effekt der P-Gaben gesichert. Auf dem Standort 620 m ü. NN geht von dem Faktor P-Gabe der größte Einfluss aus, bei dem Ort 260 m ü. NN ist der Effekt größer als der der K-Gabe; diese Beobachtung korrespondiert auch mit den pflanzenverfügbaren Phosphat-Mengen, vgl. Abb. 1 und 2 sowie Tab. 4. Von den Interaktionen ist bis auf den Standort 360 m ü. NN lediglich die Wechselwirkung N- x K-Gabe signifikant. Ausgelöst wird diese Interaktion durch das abweichende Verhalten der 0 kg N ha⁻¹ a⁻¹-Variante; während auf den N-gedüngten Varianten K-Gaben die Höhe der Erträge positiv beeinflussen, unterscheiden sich die K-Varianten auf der Stufe 0 kg N ha⁻¹ a⁻¹ nicht, vgl. Abb. 6 und 7.

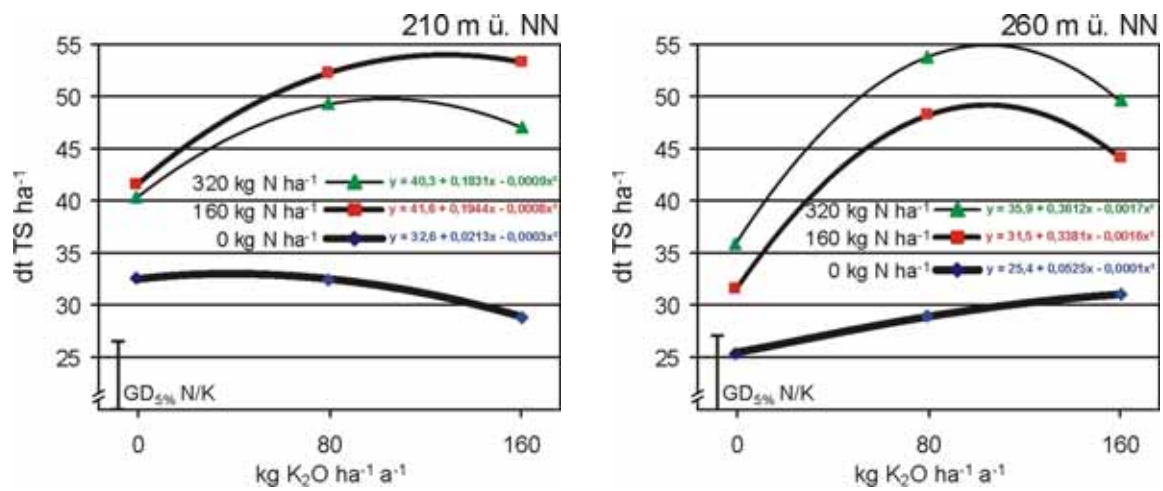


Abb. 6: TS-Erträge der Primäraufwüchse in Abhängigkeit von den K- und N-Gaben verschiedener Standorte, 210 und 260 m ü. NN

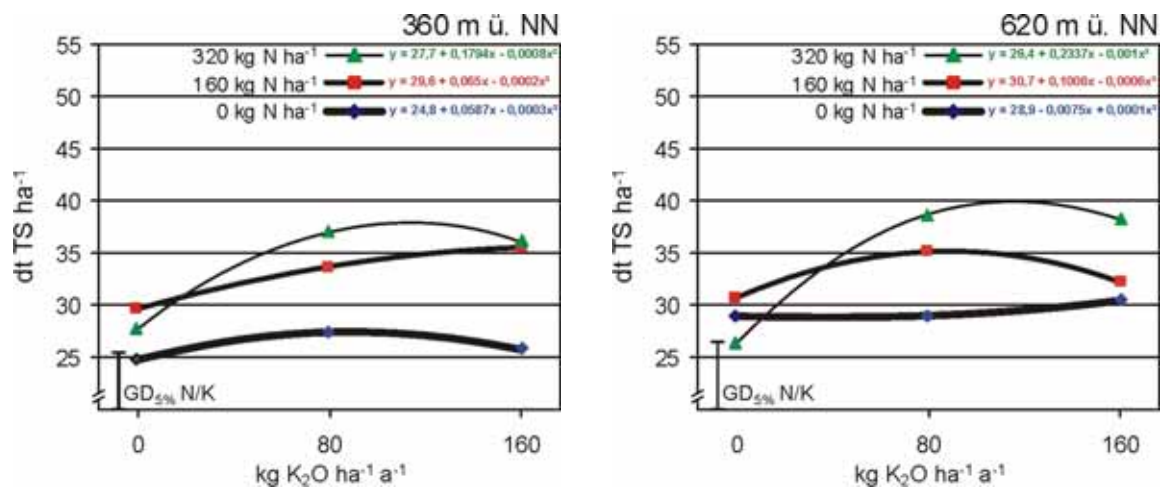


Abb. 7: TS-Erträge der Primäraufwüchse in Abhängigkeit von den K- und N-Gaben verschiedener Standorte, 360 und 620 m ü. NN

Auf die **P-Konzentration** geht standortunabhängig der größte Einfluss von der Höhe der P-Gabe aus, vgl. Abb. 8. Der Effekt der N-Gabe war lediglich auf dem Standort 210 m ü. NN signifikant, jedoch nur schwach ausgeprägt; hohe N-Gaben minderten – vermutlich "verdünnungsbedingt" – geringfügig die P-Konzentration der Pflanzenmasse. Relevante Interaktionen bestehen bezogen auf die P-Konzentration der Primäraufwüchse nicht.

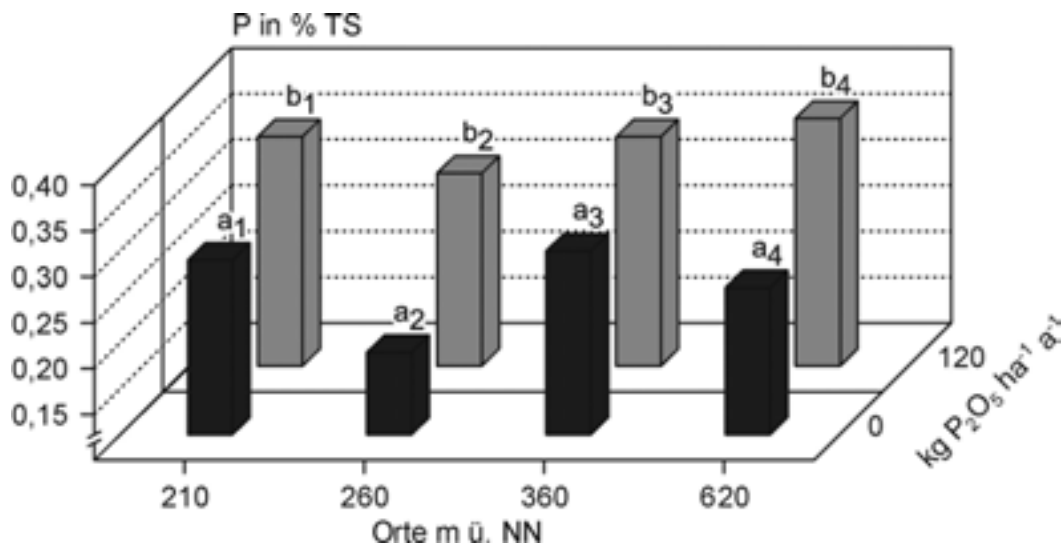


Abb. 8: P-Konzentration der Primäraufwüchse in Abhängigkeit von P-Gabe und Standort

Auf die **K-Konzentration** der Pflanzenmasse geht der größte Einfluss von der Höhe der K-Gabe aus, vgl. Abb. 9. Der Effekt der N-Gabe ist auch hier auf dem Standort 210 m ü. NN signifikant, allerdings nur schwach vorhanden; steigende N-Gaben bewirken hier eine geringfügige Zunahme der K-Konzentration. Relevante Wechselwirkungen bestehen im Hinblick auf die K-Konzentration der Pflanzenmasse nicht.

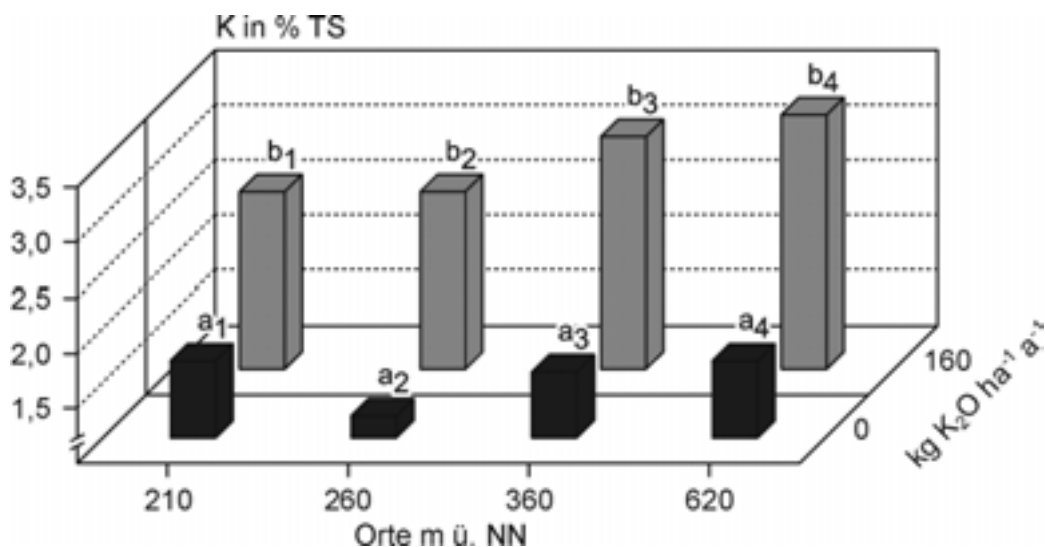


Abb. 9: K-Konzentration der Primäraufwüchse in Abhängigkeit von K-Gabe und Standort

In Abb. 10 sind die standortabhängigen **Rohprotein-Konzentrationen** zusammengestellt. Der Effekt der N-Gabe ist standortunabhängig am stärksten ausgeprägt. Auf den Standorten 210 und 620 m ü. NN ist zusätzlich der Einfluss des Faktors K-Gabe auf die Rohprotein-Konzentration signifikant, wobei aber der Effekt gering ist; hohe K-Gaben mindern die Rohprotein-Konzentration. Relevante Interaktionen sind nicht vorhanden.

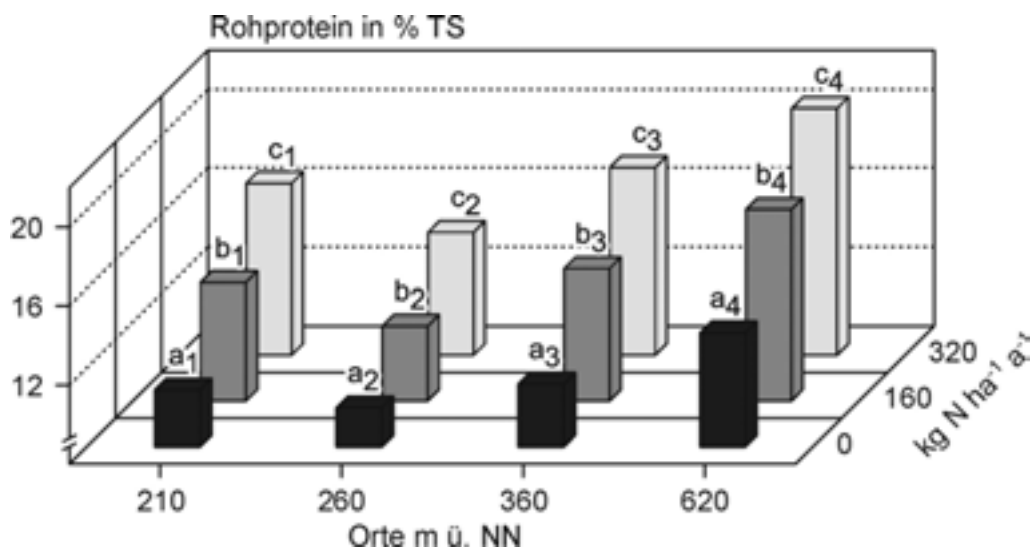


Abb. 10: Rohprotein-Konzentration der Primäraufwüchse in Abhängigkeit von N-Gabe und Standort

4. Fazit

Die vier über 17 Jahre hinweg auf *Lolium-Cynosureten* in Höhenlagen von 210 bis 620 m ü. NN durchgeführten Versuche mit abgestuften N-, P- und K-Gaben wurden ausgerichtet auf die Interaktionen N- x P-Gabe und N- x K-Gabe – bezogen auf bodenchemische Merkmale – ausgewertet. In der Mehrzahl waren diese Interaktionen signifikant. Für das praktische Handeln ließ sich daraus ableiten, dass für die Bemessung der Grundnährstoffgaben auch das N-Düngungsniveau maßgebend ist. Soll ein bestimmter Versorgungsbereich des Bodens angestrebt werden, so erlaubt die Reduzierung der N-Gaben längerfristig Einsparungen bei den Grundnährstoffgaben. Aufgrund der nachgewiesenen Wechselwirkungen sind die Einsparmöglichkeiten bei der Reduzierung der N-Gabe von 320 auf 160 kg N ha⁻¹ a⁻¹ geringer als bei einer Absenkung des N-Düngungsniveaus von 160 auf 0 kg N ha⁻¹ a⁻¹. Diese Feststellung gilt für Phosphat und Kalium gleichermaßen.

5. Literatur

- ANONYMUS, 1991: Methodenbuch Band I. Die Untersuchung von Böden. 4. Aufl., Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- ANONYMUS, 1997: Methodenbuch Band III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung, Verl. VDLUFA, Darmstadt.
- AERTS, R., H. DE ALUWE & B. BELTMAN, 2003: Is the relation between nutrient supply and biodiversity co-determined by the type of nutrient limitation? *Oikos* **101**, 489 - 498.
- ANGER, M., 2001: Kalkulation der umweltbelastenden Stickstoffverluste auf Dauergrünland und Bewertung des nachhaltigen Stickstoffeinsatzes im Grünlandbetrieb. Habil.-Schr. Bonn.
- BARTELS, R. & B. SCHEFFER, 1995: Entwicklung der Bodengehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen in Abhängigkeit von der Düngung. Ber. 40. Jahrestag. Arbeitsgem. Grünland und Futterbau d. Ges. Pflanzenbauwiss. Freising-Weihenstephan, 67 - 70.
- BORSTEL, U. V., K. SEVERIN & D. BLUMENDELLER, 1995: Einfluss der Grunddüngung auf die Erträge verschiedener Grünlandstandorte Norddeutschlands. Ber. 40. Jahrestag. Arbeitsgem. Grünland und Futterbau d. Ges. Pflanzenbauwiss. Freising-Weihenstephan, 54 - 59.
- GERICKE, S. & B. KURMIES, 1952: Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung in Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. *Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* **59**, 235 - 247.

- HOMM, A., 1993: Zur Variabilität der Nitratmengen unter Weidenarben. Diss. Gießen.
- KIEPE, H., 1973: Bodenproben im Spiegel der Jahre. Monatliche Bodenuntersuchungen auf dem Acker und Grünland. Deutsche Landw. Presse **96**, 6.
- KLAPP, E., 1971: Wiesen und Weiden. 4. Aufl., Verl. Paul Parey, Berlin u. Hamburg.
- KNAUER, N., 1963: Über die Brauchbarkeit der Pflanzenanalyse als Maßstab für die Nährstoffversorgung und das Düngedebürfnis von Grünland. Schriftenr. Landw. Fak. Univ. Kiel. Verl. Paul Parey, Hamburg u. Berlin.
- KNAUER, N., 1973: Bedeutung der Nährstoffdynamik im Boden für die Ermittlung des Nährstoffbedarfes von Grünland. Die Phosphorsäure **30**, 27 - 43.
- MCCREA, J.C. TRUEMAN, M.A. FULLEN, M.D. ATKINSON & L. BESENYEI, 2001: Relationship between soil characteristics and species richness in two botanically heterogeneous created meadows in the urban English West Midlands. Biological Conservation **97**, 171 - 180.
- MOTT, N., 1964: Einfluss der Portionsbeweidung auf den Kali- und Phosphorsäuregehalt des Bodens. Forsch. u. Beratg. R.B., H. 10, 269 - 273.
- MUNK, H., 1969: Zur Festlegung von Phosphatgrenzwerten bei der Untersuchung von Grünlandböden. Die Phosphorsäure **28**, 19 - 31.
- OPITZ v. BOBERFELD, W., 1994: Grünlandlehre, biologische und ökologische Grundlagen. UTB 1770, Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- OPITZ v. BOBERFELD, W., 1998: Zum Einfluss variiertes Narbenbeschaffenheit und N-Düngung auf die Nitratmengen des Bodens. Z. Pflanzenbauwiss. **2**, 1 - 6.
- SCHINKEL, H., 1984: Bestimmung von Calcium, Strontium, Kalium, Natrium, Lithium, Eisen, Mangan, Chrom, Nickel, Kupfer, Cobalt, Zink und Cadmium. Analytische Chemie **317**, 10 - 26.
- VETTER, H. & F. KUBA, 1963: Trockensubstanz- und Nährstoffträge bei gesteigerter Nutzungshäufigkeit und Stickstoffdüngung in Weiden und Wiesenversuchen in Hohenschulen. J. Agron. Crop Sci. **116**, 372 - 394.
- VOIGTLÄNDER, G., 1987: Düngung des Grünlandes. In: G. VOIGTLÄNDER & H. JACOB: Grünlandwirtschaft und Futterbau, Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart, 123 - 182.
- WESSELMANN, U., J. ZANDER & H.-P. SIERTS, 1995: Einfluss der Grunddüngung auf Erträge, Inhaltsstoffe, botanische Zusammensetzung und Bodennährstoffgehalte des Grünlandes in Norddeutschland. Ber. 40. Jahrestag. Arbeitsgem. Grünland und Futterbau d. Ges. Pflanzenbauwiss. Freising-Weihenstephan, 60 - 63.
- ZÜRN, F., 1965: Zum Problem der Bodenuntersuchung auf Grünland. J. Agron. Crop Sci. **122**, 65 - 78.
- ZÜRN, F., 1968: Neuzeitliche Düngung des Grünlandes. Verl. DLG, Frankfurt/M.

Adressen der Referenten

Dr. Matthias Benke	Landwirtschaftskammer Weser-Ems Mars-La-Tour-Straße 13 D-26121 Oldenburg	Telefon: 0441/801420 Telefax: 0441/801432 E-Mail: m.benke@lwk-we.de
Dr. habil. Martin Elsäßer	Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung und Grünlandwirtschaft Atzenberger Weg 99 D-88326 Aulendorf	Telefon: 07525/942351 Telefax: 07525/942333 E-Mail: martin.elsaesser@lvvg.bwl.de
Dr. Frank Hertwig	LVL, Abt. Landwirtschaft und Gartenbau Ref. Grünland- und Futterwirtschaft Gutshof 7 D-14641 Paulinenaue	Telefon: 033237/848101 E-Mail: frank.hertwig@lvl.brandenburg.de
Dr. Heidi Jänicke	LFA Mecklenburg-Vorpommern Institut für Tierproduktion Wilhelm-Stahl-Allee 2 D-18196 Dummerstorf	Telefon: 038208/63016 Telefax: 038208/63011 E-Mail: h.jaenicke@lfa.mvnet.de
Dr. Horst Käding	ZALF Müncheberg Institut für Landnutzungssysteme Gutshof 7 D-14641 Paulinenaue	Telefon: 033237/849355 Telefax: 033237/849249 E-Mail: hkaeding@zalf.de
Dr. Ralf Loges	Christian-Albrechts-Universität Lehrstuhl Grünland und Futterbau Hermann-Bodewald-Straße 9 D-24118 Kiel	Telefon: 0431/8802134 (-3) Telefax: 0431/8804568 E-Mail: rloges@email.uni-kiel.de
Prof. Dr. Dr. h.c. Wilhelm Opitz von Boberfeld	Justus-Liebig-Universität Inst. f. Grünlandwirtsch. u. Futterbau Ludwigstraße 23 D-35390 Gießen	Telefon: 0641/9937510 Telefax: 0641/9937519 E-Mail: Wilhelm.Opitz-von- Boberfeld@agrار.uni-giessen.de
Dr. Martin Piehl	LMS Landwirtschaftsberatung Neue Reihe 48 D-18209 Bad Doberan	Telefon: 038203/57737 E-Mail: mpiehl@lms-beratung.de

Prof. Dr. Friedhelm Taube	Christian-Albrechts-Universität Lehrstuhl Grünland und Futterbau Hermann-Bodewald-Straße 9 D-24118 Kiel	Telefon: 0431/8802134 (-3) Telefax: 0431/8804568 E-Mail: ftaube@email.uni-kiel.de
Dr. Edgar Techow	Landwirtschaftskammer Schleswig- Holstein Abteilung Pflanzenbau Am Kamp 9 D-24783 Osterrönfeld	Telefon: 04331/841411 Telefax: 04331/841462 E-Mail: etechow@lksh.de
Dr. Conrad Wiermann	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Postfach 5009 D-24062 Kiel	Telefon: 0431/9884931 Telefax: 0431/9885222 E-Mail: conrad.wiermann@mlur.landsh.d e

Abb.1: N-Saldo und NO₃-Auswaschung

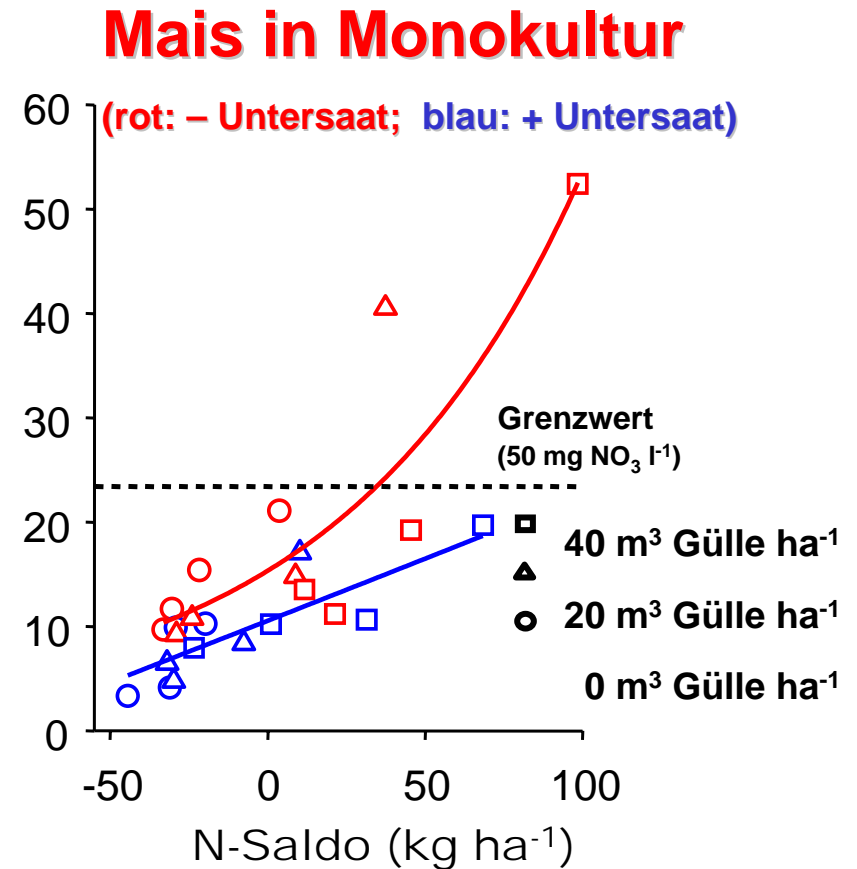
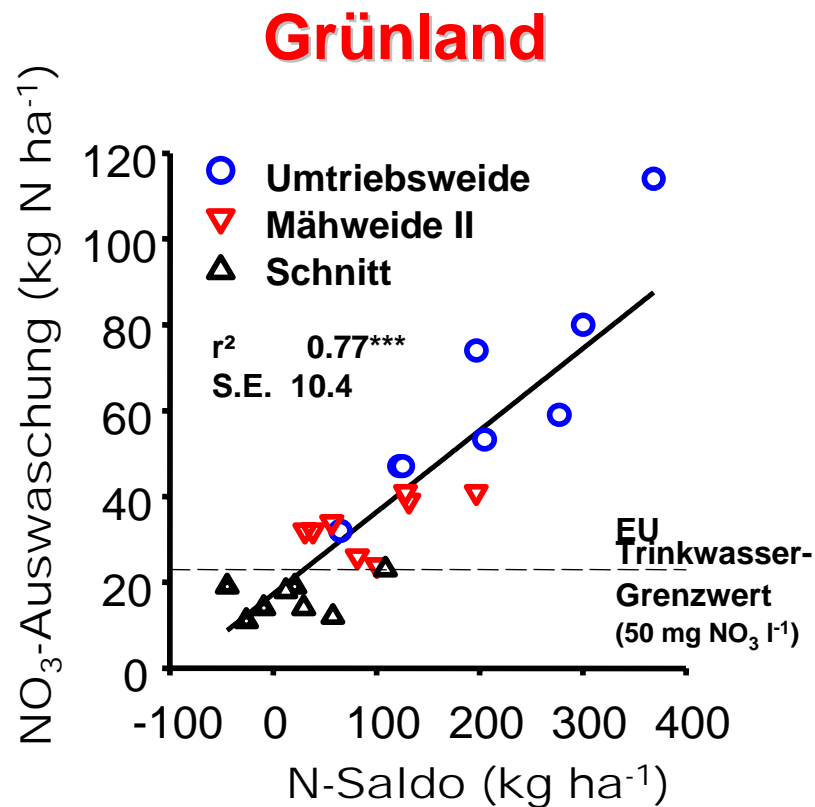
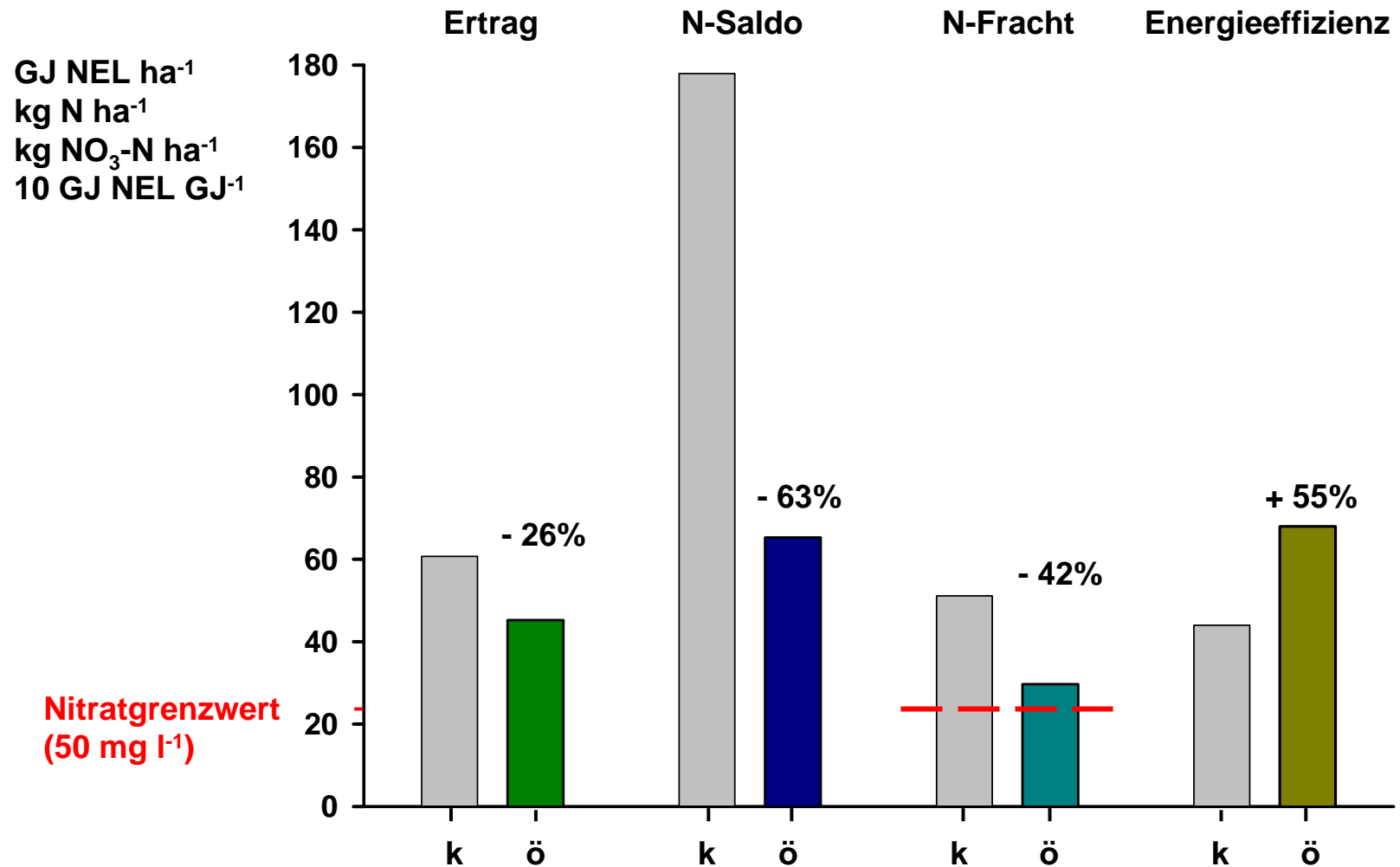


Abb. 2: Auswirkungen einer Umstellung auf Intensitäten des ökologischen Landbaus – Dauergrünland auf der Geest



Standort

System

k („konventionell“)

ö („ökologisch“)

Versuchsbetrieb Karkendamm

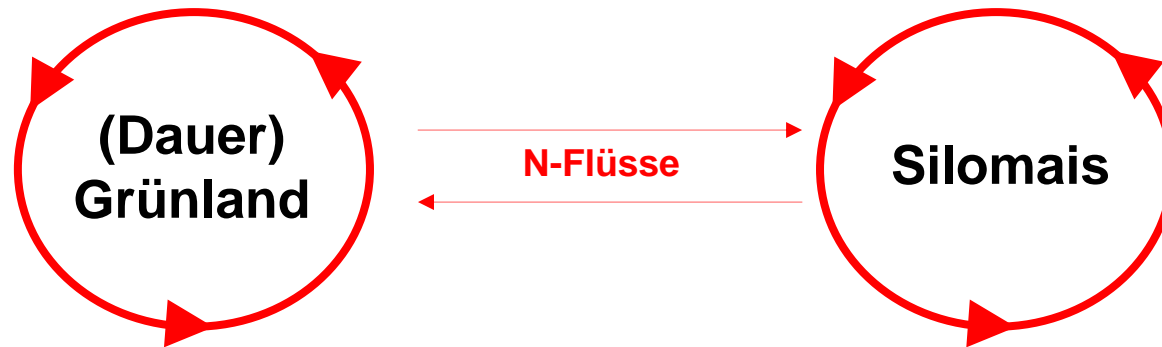
Dauergrünland, Mähweide I (1 Siloschnitt + Abweide)

200 kg N ha⁻¹ über Mineraldünger + 70 kg N_{tot} ha⁻¹ über Rindergülle

70 kg N_{tot} ha⁻¹ über Rindergülle

Abb. 3: Zukünftige Futterbaustrategien

1. Aktuelle Situation: Dauergrünland/ Monokultur Mais



2. Fruchtfolgen

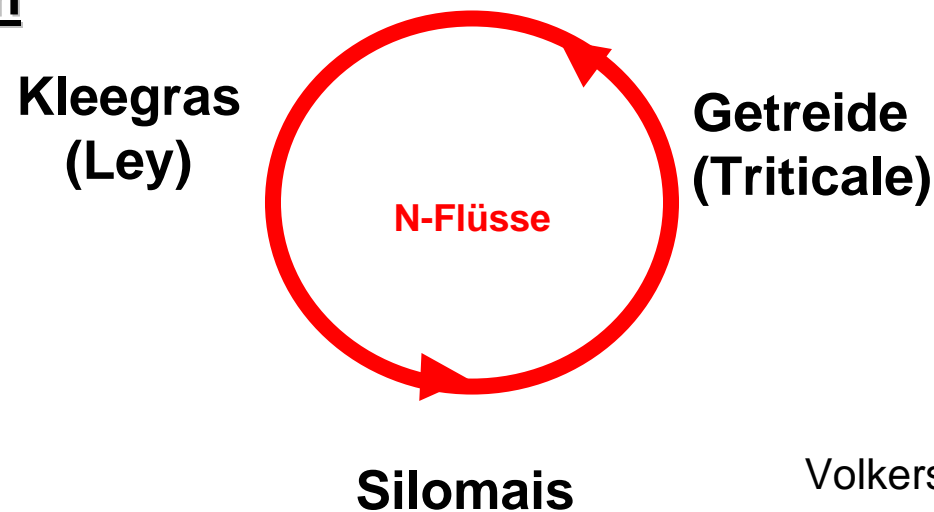
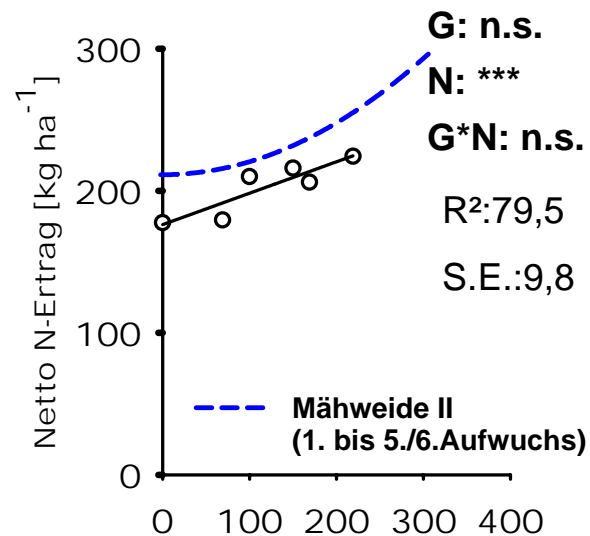


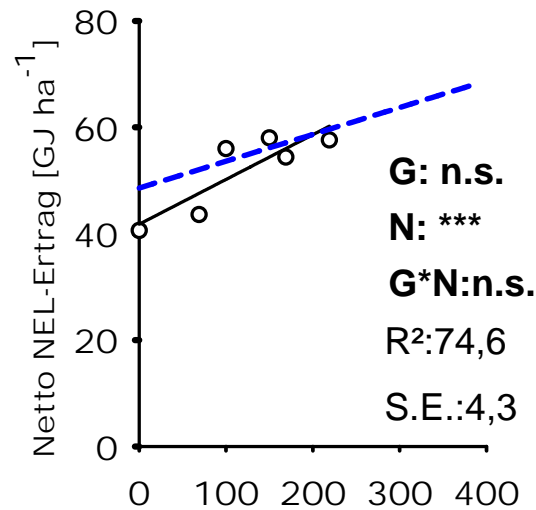
Abb. 4: Klee gras: Ertrag und N₂-Fixierung

(Ø 1.- 4. Aufwuchs)

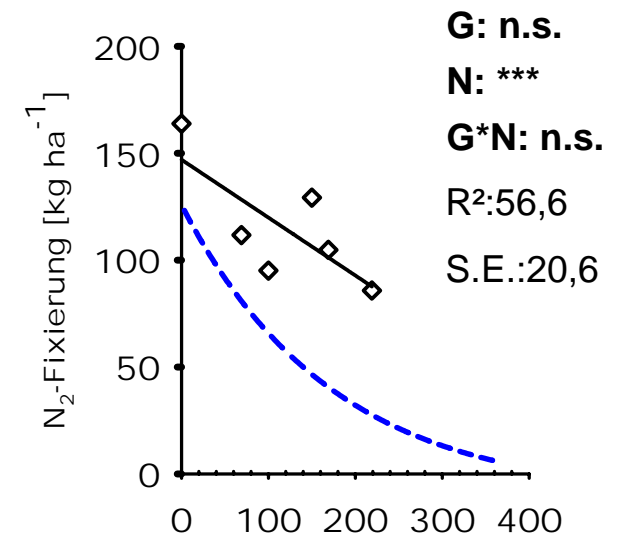
N- Ertrag



Energie- Ertrag



N- Fixierung

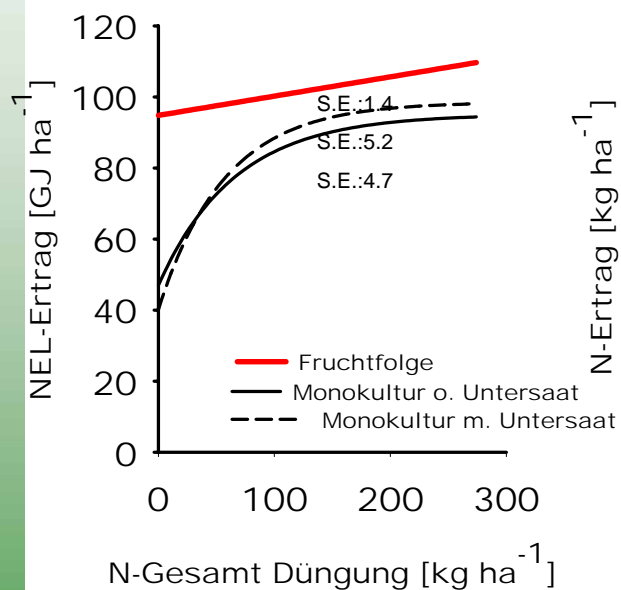


N-Düngung [kg ha⁻¹]
(Mineral+Gülle)

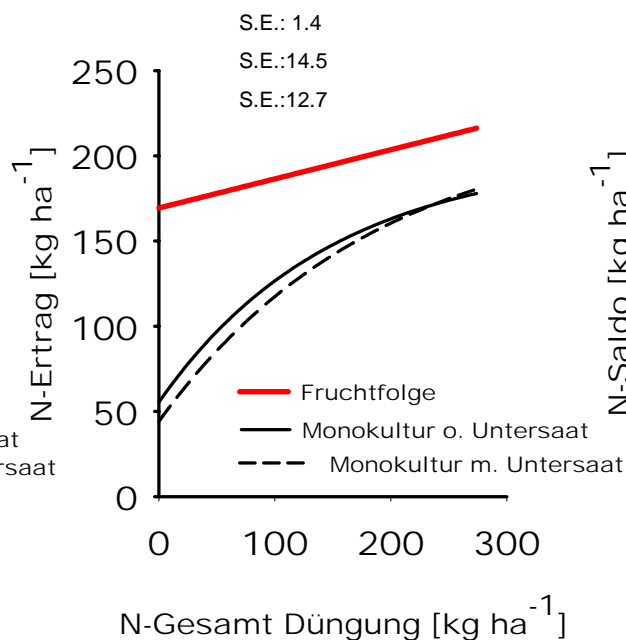


Abb.5: Silomais

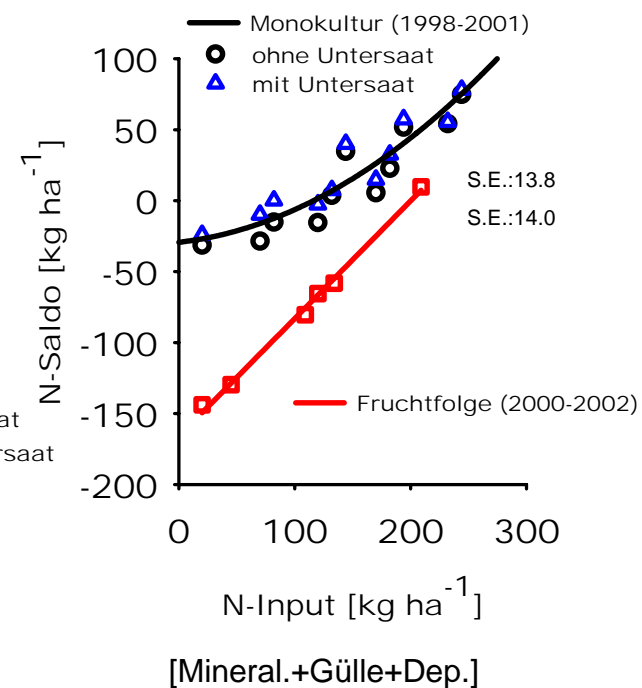
Energie-Ertrag



N-Ertrag



N-Saldo



N-Input: Gülle-N
Minerald.-N
Deposition

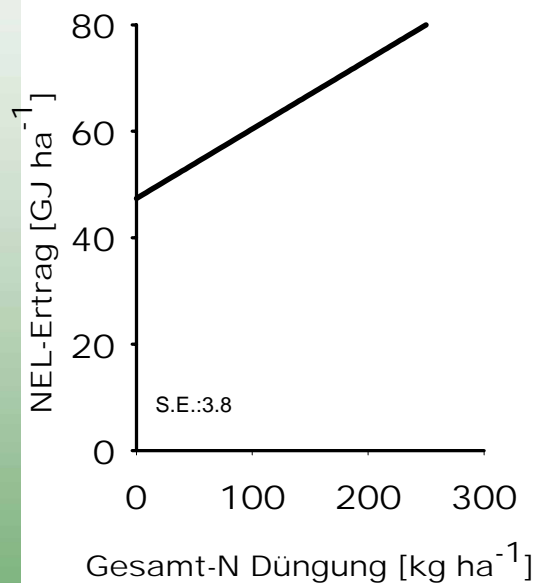
N-Output: N-Ertrag

N-Saldo: N-Input - N-Output

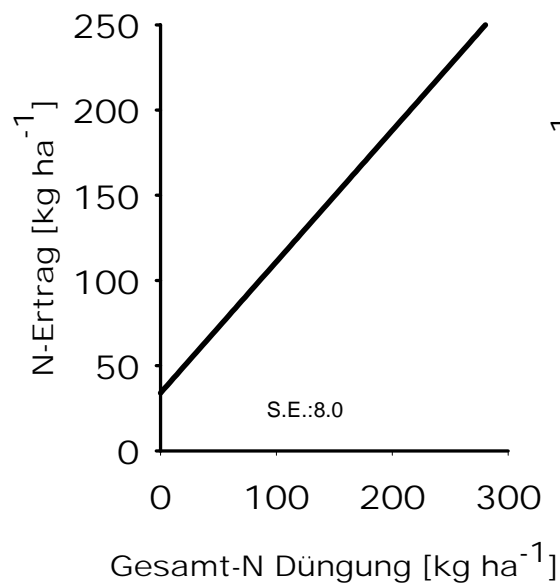


Abb. 6: Triticale – GPS*

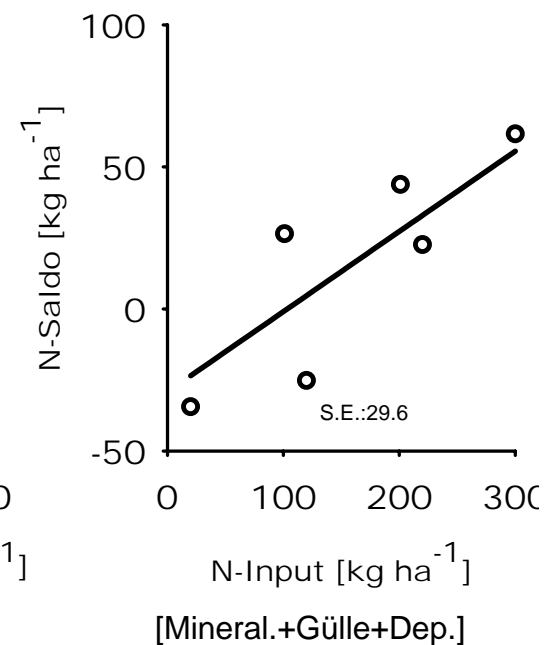
Energie-Ertrag *



N-Ertrag



N-Saldo



N-Input: Gülle-N
Minerald.-N
Deposition

N-Output: N-Ertrag

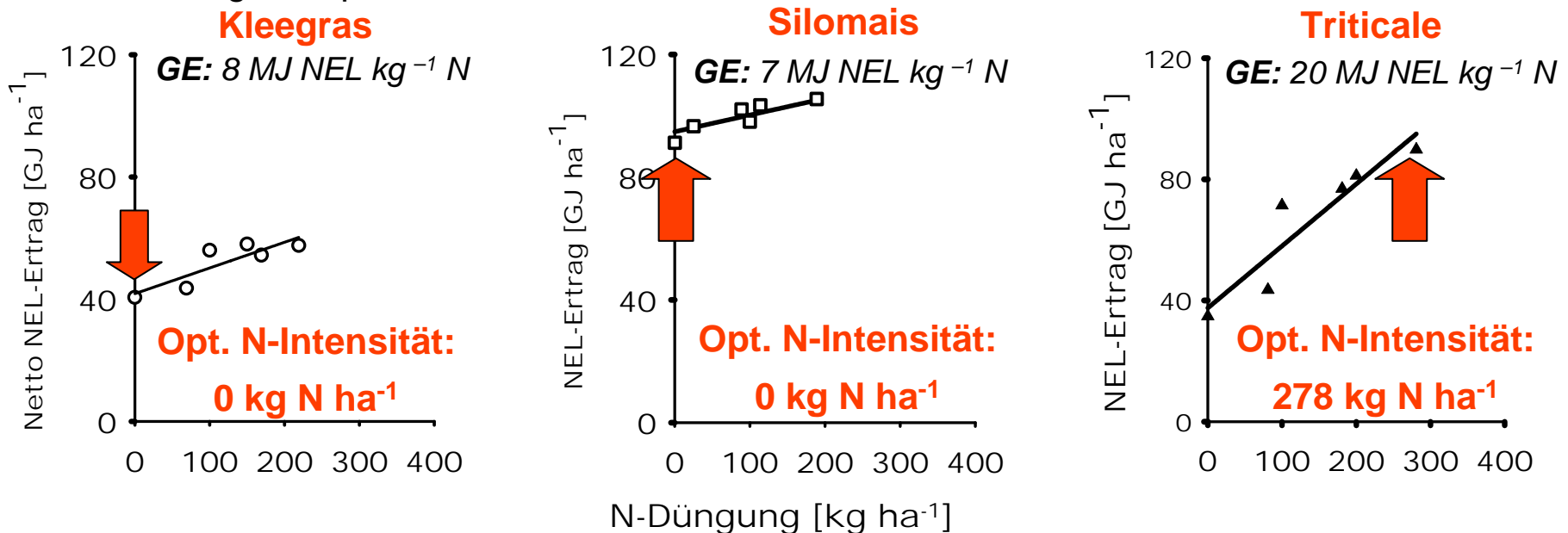
N-Saldo: N-Input - N-Output

* Energie n. Friedel u. Poppe (1990)

* vorläufige Ergebnisse

Abb.7: Potential für die Weiterentwicklung des Fruchtfolge- Managements:

- Ableitung der optimalen N-Intensität der Einzelkulturen



Folge: Potential zur Reduktion der N-Intensität der FF:

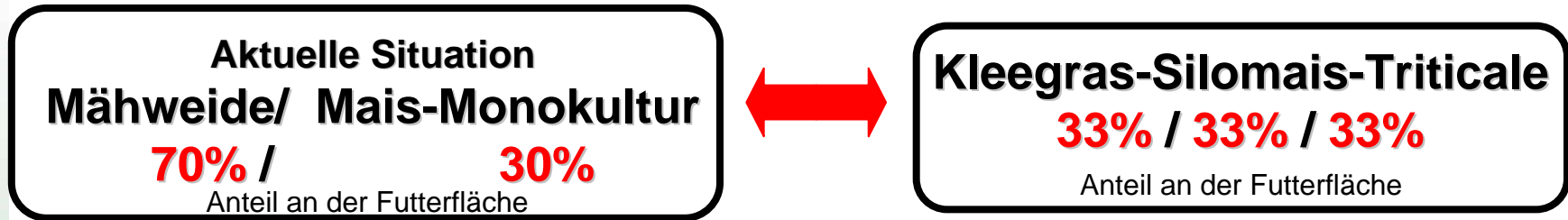
im Vergleich zum Energie-Ertrag bei „Hoher N-Intensität“ (100 %)

0 kg N ha⁻¹ zu Kleegrass und Silomais, 75 m³ Gülle (234 kg N ha⁻¹) zur Triticale

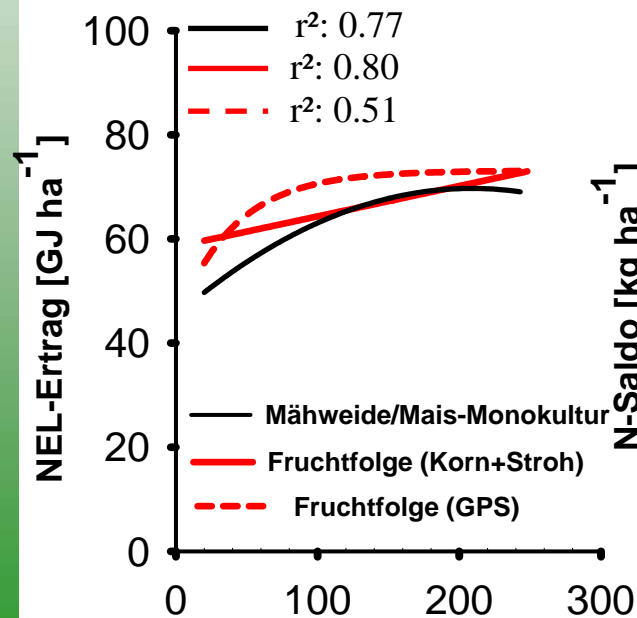
würde zu einer NEL-Ertragsreduktion der FF von ø 17,5 % führen



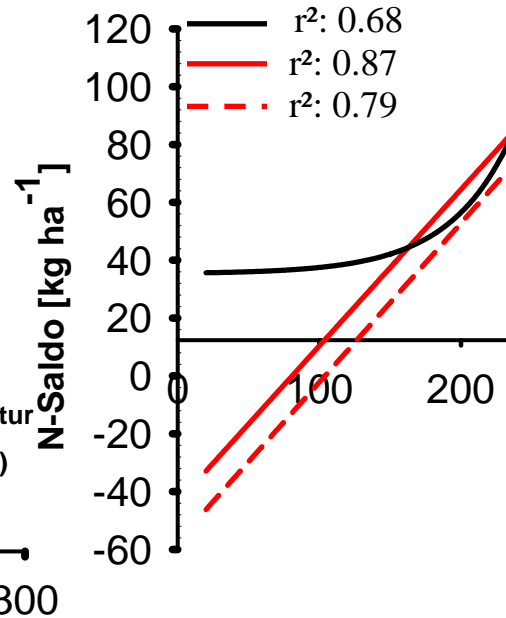
Abb. 8: Systemvergleich



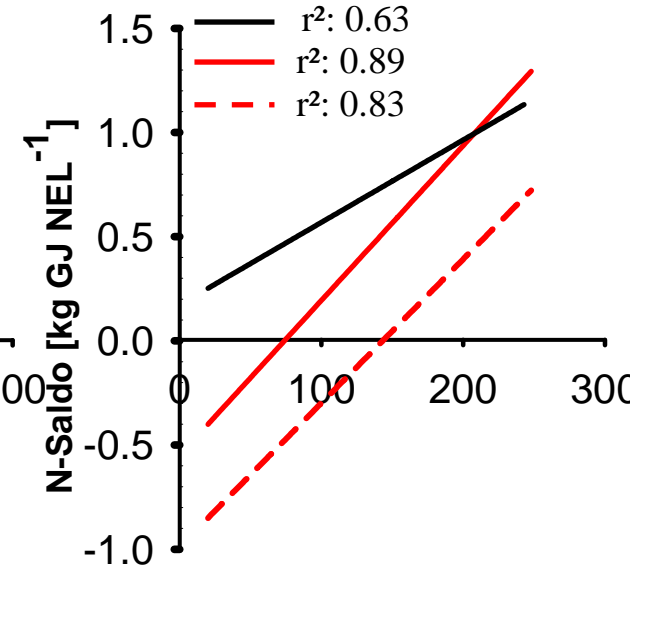
Energie-Erträge



N-Saldo



N-Saldo/GJ NEL⁻¹



N-Gesamt Düngung [kg ha⁻¹]

Volkers, 2004