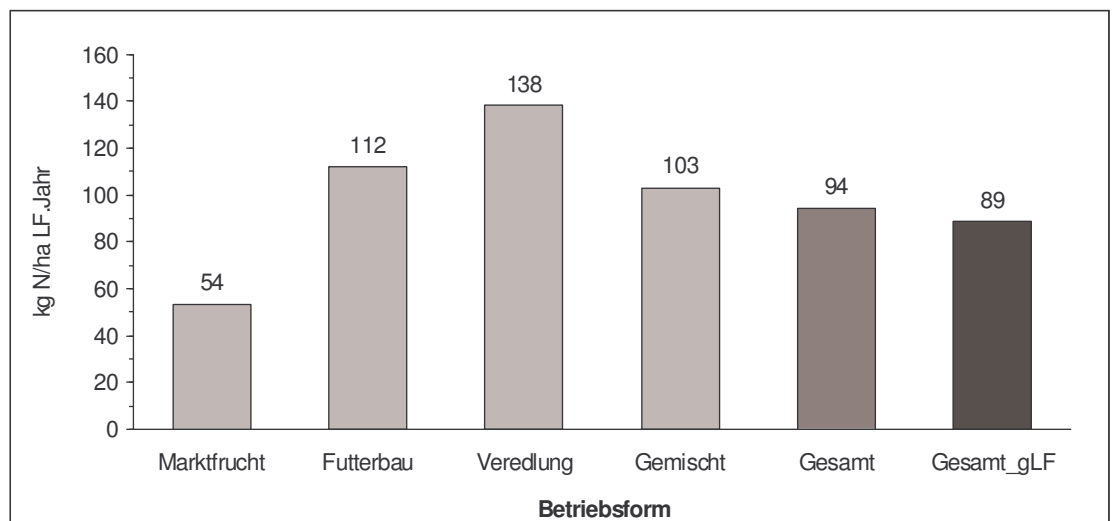




Nährstoffbilanz im Futterbaubetrieb



Dr. Martin Elsäßer

Nährstoffbilanz im Futterbaubetrieb

Januar 2006

Landwirtschaftsdirektor PD Dr. Martin Elsässer, Bildungs- und Wissenszentrum für Viehhaltung, Grünlandwirtschaft, Wild und Fischerei, Aulendorf

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Leiter: Dr. Hardwin Traulsen

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847940, Fax: 04331-847950

Internet: www.rkl-info.de; E-mail: mail@rkl-info.de

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung 4.1.3.0

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiger Beratungsring mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

Gliederung	Seite
1. Die veränderte rechtliche Situation seit der Düngeverordnung vom Januar 2006	47
2. Vorgehen bei der Erstellung von Nährstoffvergleichen.....	49
3. Die Situation bei den Nährstoffbilanzen.....	51
4. Möglichkeiten für den Landwirt, um ausgeglichene Nährstoffbilanzen zu erreichen	54
4.1 Teure und schwer realisierbare Maßnahmen	55
4.2 Kostengünstige Maßnahmen.....	55
4.2.1 Stickstoffwiederfindungsrate als Maß für die Nährstoffeffizienz	56
4.2.2 Erhöhung der Nährstoffeffizienz durch Luftstickstoffbindung	57
4.2.3 Steigerung der Nährstoffeffizienz durch Wahl ertragreicher Sorten	58
4.2.4 Nährstoffeffizienz und Wahl des Düngezeitpunktes	59
4.2.5 Optimierung der Gülleausbringung.....	60
4.3 Kostenlose Maßnahmen	62
4.3.1 Maßnahmen im Bereich der Tierzucht und der Tierernährung	63
4.3.2 Senkung der Nährstoffausscheidungen	64
4.4 Maßnahmen zur Reduktion der Phosphatbelastung in der Landwirtschaft	65
5. Schlussfolgerungen.....	66
6. Literaturverzeichnis	66

1. Die veränderte rechtliche Situation seit der Düngeverordnung vom Januar 2006

Die seit Anfang Januar gültige neue Düngeverordnung (DüVO), verlangt in § 5 das Erstellen von Nährstoffvergleichen für abgelaufene Düngejahre in Form einer Flächenbilanz, einer Schlagbilanz bzw. einer aggregierten Schlagbilanz. Auch früher schon mussten Nährstoffvergleiche erstellt werden. Neu ist allerdings, dass der Nährstoffvergleich nicht mehr mittels einer Hoftorbilanz erstellt werden darf, von der man allgemein annehmen konnte, dass sie zwar aufwändiger, aber auch genauer sein würde als die jetzt noch zugelassenen Methoden. Die Hoftorbilanz ist aus juristischen Gründen nicht mehr zulässig, denn sie erfasst auch Futtermittel, wobei die Düngeverordnung aber nur Sachverhalte regeln darf, die sich aus dem Düngemittelrecht ergeben.

Nährstoffvergleiche dienen u.a. zur Abschätzung des Nährstoffanfalls und zur Beurteilung der Einhaltung der guten fachlichen Praxis beim Düngen. „Für den Landwirt

selbst“ können sie auch als Maßnahme zum Produktions-Controlling des eigenen Betriebes dienen. Neu ist dabei die in der DüVO vorgesehene Beschränkung des Nährstoffvergleiches auf ausschließlich zwei Nährstoffe, nämlich Stickstoff und Phosphor.

Von der Pflicht zur Erstellung eines Nährstoffvergleiches ausgenommen sind Zierpflanzen-, Baumschul-, Rebschul- und Baumobstflächen sowie nicht im Ertrag stehende Dauerkulturf Flächen des Obst- und Weinbaus. Die Ausnahme gilt auch für Flächen mit ausschließlicher Weidehaltung bei einer Stickstoffausscheidung von weniger als 100 kg N/ha, wenn keine zusätzliche Stickstoffdüngung erfolgt. Ebenfalls befreit sind Betriebe, die keine wesentlichen Nährstoffmengen an N oder P ausbringen, in denen nicht mehr als 500 kg N je Betrieb aus wirtschaftseigenen Düngemitteln anfallen oder die weniger als 10 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche bewirtschaften.

Verschärfend für die landwirtschaftlichen Betriebe ist die ab jetzt vorgesehene Bewertung des Nährstoffvergleiches. Wenn der betriebliche Nährstoffvergleich die angegebenen Grenzwerte (s. Tab. 1) nicht überschreitet, wird vermutet, dass die Aufbringung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen etc. unter Einhaltung der guten fachlichen Praxis erfolgt ist. D. h. die Anforderungen an Aufbringzeitpunkt, -menge und Anpassung der Düngung an den Nährstoffbedarf der Pflanzen wurden bei der Aufbringung eingehalten. Für Phosphat gilt eine zusätzliche Regelung: Überschreitet der betriebliche Nährstoffüberschuss den zulässigen Wert von 20 kg Phosphat, gilt dennoch die Vermutung, dass die Anforderungen erfüllt sind, wenn der gemessene Phosphatgehalt im Boden 20 mg P_2O_5 je 100 g Boden bei der CAL-Methode, 25 mg P_2O_5 je 100 g Boden nach der DL-Methode oder 3,6 mg P je 100g Boden bei EUF-Methode nicht überschreitet.

Tabelle 1: Bewertung des betrieblichen Nährstoffvergleiches - die Anforderungen im Sinne der DüVO gelten als erfüllt, wenn folgende Werte im Mittel der letzten drei Düngejahre nicht überschritten sind.

Jahr	Höhe in kg pro ha
Für Stickstoff	
In den Jahren 2006, 2007, 2008	max. 90
In den Jahren 2007, 2008, 2009	max. 80
In den Jahren 2008, 2009, 2010	max. 70
In den Jahren 2009, 2010, 2011 und später	max. 60
Für Phosphat	
Im Durchschnitt der letzten 6 Jahre	max. 20

2. Vorgehen bei der Erstellung von Nährstoffvergleichen

Die Düngeverordnung gibt zur Erstellung des Nährstoffvergleiches das in Tab. 2 aufgeführte Schema vor. Dabei wird die Nährstoffzufuhr aus der Mineraldüngung und den Ausscheidungen der landwirtschaftlichen Nutztiere (hier dürfen Lager- und Ausbringungsverluste abgezogen werden; s. Tab. 3), sowie aus der N-Bindung der Leguminosen, der Abfuhr mit dem Erntegut gegenübergestellt. Nährstoffvergleiche sind allerdings nur so gut, wie die in ihnen eingesetzten Grunddaten. Da Ertragsermittlungen bei Grünland in der Praxis nur selten durchgeführt werden, werden meist landestypische Schätzwerte für die Erträge in Abhängigkeit vom Standort und der Nutzungshäufigkeit verwendet (Tab. 4). Werden Tiere geweidet, dann müssen auch Anzahl und Art der auf der Weide gehaltenen Tiere sowie die Zahl der Weidetage erfasst werden.

Auch die Werte für die Nährstoffausscheidungen werden aus Tabellen entnommen. Einige Beispiele sind in Tab. 5 für verschiedene Produktionsverfahren der Rinderhaltung aufgeführt. Die Bilanzsalden fallen naturgemäß günstiger aus, wenn es durch verschiedene Maßnahmen im Fütterungsmanagement oder im Bereich der Viehhaltung gelingt, die Nährstoffausscheidungen zu senken. Darauf wird aber noch in einem späteren Abschnitt (Kap. 4.3) eingegangen werden.

Ein Beispiel für die Ermittlung von Stickstoffhöchstmengen: Im Nährstoffvergleich werden netto 170 kg N/ha aus Rindergülle ausgebracht. Unter Berücksichtigung der anzurechnenden prozentualen Mindestwerte an den Ausscheidungen an Gesamtstickstoff in Tab. 3 (70%, das entspricht 15% Lager- und 15% Ausbringungsverlusten) dürfen brutto tatsächlich ca. 240 kg Stickstoff je Hektar aus Nährstoffausscheidungen anfallen. Zur Ermittlung der betrieblichen Obergrenze für Gesamtstickstoff (170 kg N/ha) werden dagegen nur die Stall- und Lagerungsverluste herangezogen (also im Beispiel der Mindestwert für Rindergülle mit 85%).

Tabelle 2: Vorgehen bei der Erstellung des Nährstoffvergleiches auf Grünlandflächen

Zufuhr (auf die Gesamtfläche, Bewirtschaftungseinheit, Einzelschlag)	Nährstoff in kg	Abfuhr (von der Gesamtfläche, Bewirtschaftungseinheit, Einzelschlag)	Nährstoff in kg
Mineralische Düngemittel		Ernteprodukte ²⁾	
Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft ¹⁾		Nebenprodukte	
Sonstige organische Düngemittel			
Bodenhilfsstoffe			
Kultursubstrate			
Pflanzenhilfsmittel			
Abfälle zur Beseitigung (§ 27 Abs. 2 oder 3 KrW-/AbfG)			
Stickstoffbindung durch Leguminosen			
Summe der Zufuhr		Summe der Abfuhr	
Differenz zwischen Zufuhr und Abfuhr			
Differenz je Hektar (nicht für Schlagbilanzen)			

- 1) bei Weidegang anteilige Nährstoffzufuhr in Abhängigkeit von d. Zahl der Weidetage nach § 4 Abs. 1; Tab. 3
- 2) bei Grünland in Abhängigkeit der standortabhängigen Nutzungshäufigkeit u. d. Standortgüte (s. Tab. 4)

Tabelle 3: Anzurechnende **Mindestwerte** in % der Ausscheidungen an Gesamtstickstoff in Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft

	Ausbringung		Zufuhr	
	Nach Abzug der Stall- und Lagerungsverluste		Nach Abzug der Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverluste	
Tierart	Gülle	Festmist, Jauche, Tiefstall	Gülle	Festmist, Jauche, Tiefstall
Rinder	85	70	70	60
Schweine	70	65	60	55
Geflügel		60		50
andere (Pferde, Schafe)		55		50
Weidegang, alle Tierarten ¹⁾	25			

- 1) bei ausschließlichem Weidegang. Bei anteiliger Schnittnutzung sind für diese die obigen Werte anzusetzen.

Tabelle 4: Nettoerträge von Dauergrünland sowie Nährstoffbedarf und Stickstofflieferung als Grundlage für den Nährstoffvergleich (Schnittnutzung) (TAUBE et al., 2002; ergänzt *)

Nutzungshäufigkeit	Nettoertrag dt T/ha	N-Entzug kg /ha	N-Lieferung **) kg/ha	K ₂ O-Entzug kg/ha	P ₂ O ₅ -Entzug kg/ha
2	55	100	30	140	40
3	75	165	45	220	70
4	90	245	50	270	90
5	110	305	60	330	110

*) In Abhängigkeit vom Standort können weitere Differenzierungen sinnvoll sein.

**) Standardwert N-Fixierungsleistung Leguminosen (mögliche Bandbreite: 0-150 kg/ha)

Tabelle 5: Beispiele für die mittlere N-Ausscheidung beim Rind (NAEBI-Programm, Baden-Württemberg, 2005; ergänzt n. SPIEKERS, 2005)

Futterbasis	Grünland *)	Ackerfutterbau
Milchkuh 7000 kg Milch/Kuh kg N pro Kuh und Jahr	122	104
Milchkuh 8000 kg Milch/Kuh kg N pro Kuh und Jahr	132	118
Jungvieh über 1 bis 2 Jahre kg N je aufgezogenes Rind	50	42
Mutterkuh (kg N/Kuh u. Jahr)		
500 kg LM (extensiv)	87	k.A.
700 kg LM	106	k.A.
Holstein (625 kg LM) Fleckvieh (700 kg LM)	k.A.	53 60

*) Mehr als 75 % der Grobfuttertrockenmasse aus Gras; k.A. = keine Angabe

3. Die Situation bei den Nährstoffbilanzen

Zahlreiche Untersuchungen in den vergangenen Jahren belegen, dass der Stickstoffüberschuss, berechnet über N-Bilanzen, ein guter Indikator für potentielle N-Verluste sowohl auf Betriebsniveau als auch auf Schlagniveau ist. Mit zunehmendem Stickstoffinput und steigender Weideintensität steigt der N-Saldo massiv an (TROTT et al., 2004; QUIRIN et al., 2004) und auch zwischen Viehbesatz und N-Überschuss werden positive Korrelationen festgestellt (DOLUSCHITZ et al., 1992). Indes zeigen andere Erhebungen (HEGE, 2005), dass selbst bei hohem Viehbesatz bei entsprechender Betriebsführung eine weitgehend ausgeglichene N-Bilanz auf Schlagniveau gestaltbar ist. Auch BENKE u. HATTERMANN (2005) fanden in ersten Untersuchungen

gen aus Ostfriesland nur eine schwache Beziehung zwischen dem Viehbesatz und der Höhe des N-Bilanzsaldos (Abb. 1).

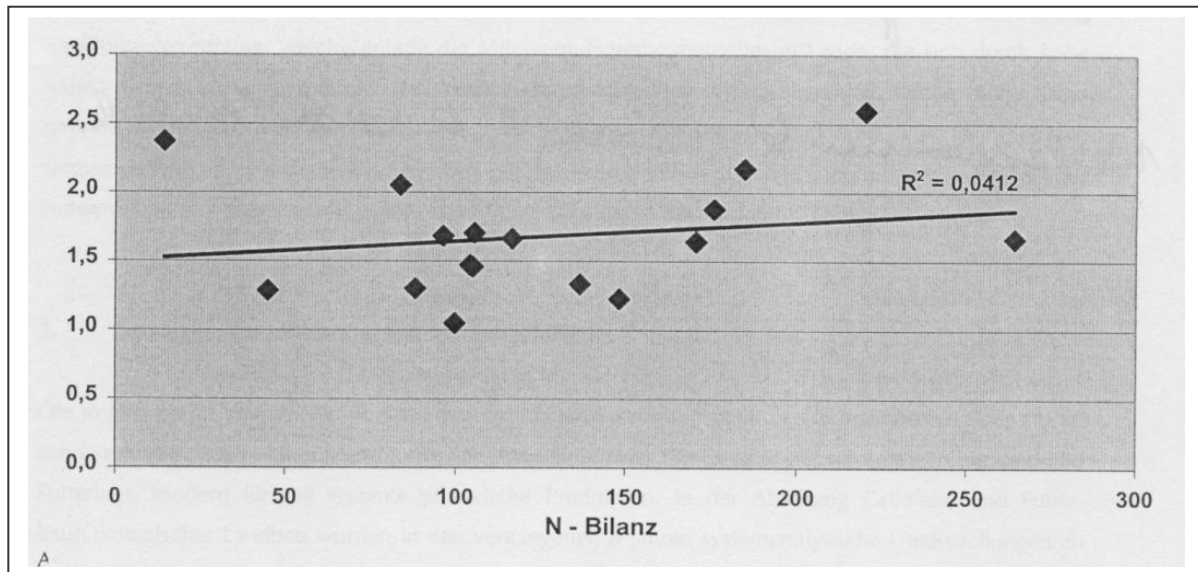


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Viehbesatz und Stickstoff - Saldo (BENKE u. HATTERMANN, 2005)

Umfangreiche Untersuchungen von GAMER u. ZEDDIES (2002) ergaben in Baden-Württemberg in Abhängigkeit von der Betriebsform unterschiedliche Bilanzsalden. Höchste Werte hatten die Veredlungsbetriebe aufzuweisen, wobei auch die Futterbaubetriebe mit im Mittel 112 kg N/ha und Jahr einen deutlichen N-Überschuss zeigten (Abb. 2). Für Schleswig-Holstein weisen die Ergebnisse der Rinderspezialberatung (Rinderreport der LWK S.H.) im langjährigen Mittel einen Bruttostickstoffsaldo von ca. +150 bis +170 kg N/ha für die erfassten Futterbaubetriebe auf (Basis: Hoftorbilanz). Bei einem Viehbesatz von 1,5 bis 2,0 GV/ha liegen die Bruttostickstoffsalden für Futterbaubetriebe im Bereich von +150 bis +200 kg N/ha. In Abhängigkeit vom Spezialisierungsgrad der Milchvieh-Futterbaubetriebe (GV/ha) bleibt festzuhalten, dass auf Basis der Hoftorbilanz ausgeglichene Nährstoffbilanzsalden nicht erreichbar sind. Vielmehr zeigen die einschlägigen Daten (TAUBE u. PÖTSCH, 2001), dass bei ausschließlichem Nährstoffexport via tierischer Produkte (Milch/Fleisch) je GV ein Bilanzsaldo in der Größenordnung von +70 kg N/ha systembedingt nicht unterschritten werden kann.

Auf der Basis Feld/Stall- oder Schlagbilanz wird anders als bei den Hoftorbilanzen die N-Verwertungseffizienz des Pflanzenbestandes in den Mittelpunkt gerückt. Hierbei sind unter den Bedingungen der guten fachlichen Praxis bei geringer externer N-Zufuhr (<100 kg N/ha) sogar geringfügig positive N-Bilanzsalden möglich. Schlagbilanzen verursachen allerdings einen beachtlichen Aufzeichnungsaufwand bei den Landwirten und leider können einige Bilanzkomponenten (N - Deposition, biologische

N-Fixierung, Abgasung etc.) nur abgeschätzt werden. Grünland ist zudem nicht gleich Grünland, sondern abhängig vom Pflanzenbestand, der Nutzungsform und -häufigkeit und der standörtlichen Lage variieren die Bilanzsalden sehr stark (Abb. 3). Reine Schnittnutzung oder auch Mähweidenutzung mit hohem Anteil an Schnittnutzungen sind offensichtlich weitgehend unproblematisch. Weidenutzung dagegen und hier vor allem Weide mit hoher zusätzlicher N-Düngung ist am problematischsten. Das bestätigen auch Untersuchungen von TAUBE und Mitarbeitern in Kiel (Abb. 4). Zudem zeigte sich in vielen Untersuchungen, dass die mittels Feld/ Stall-Bilanzen erstellten Nährstoffvergleiche geringere Nährstoffüberschüsse ausweisen, als die Hoftorbilanzen.

Es ist also davon auszugehen, dass:

- mit Nährstoffvergleichen jedweder Art zwar rechtliche Anforderungen erfüllt werden, die tatsächlichen Verhältnisse im Einzelfall aber vermutlich nicht immer genau erfasst werden.
- die neue DüVO auch ihr Gutes hat, denn der Übergang auf Feld/Stall- oder Schlagbilanz unter Verzicht auf die Hoftorbilanzen zeigt methodenbedingt meist weit geringere Stickstoffsalden (s. a. Tab. 11).

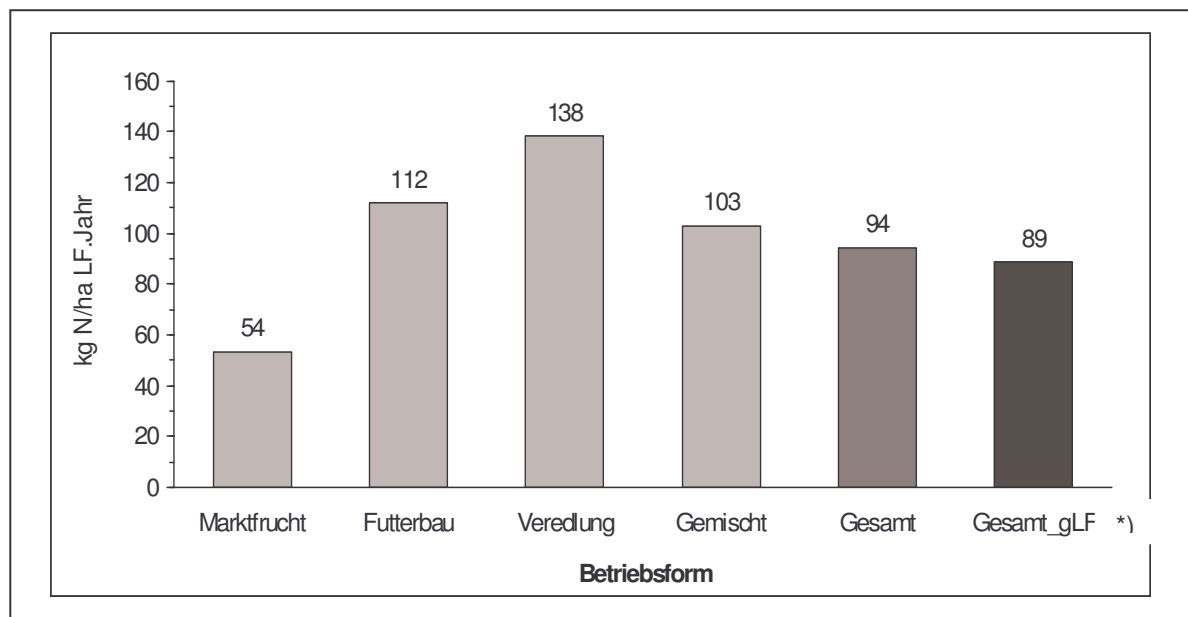


Abb. 2: N-Bilanzsaldo (kg N/ha LF.Jahr) nach Betriebsformen WJ 96/97 – J 00/01; Gesamt-LF (GAMER u. ZEDDIES, 2002)
*) gLF = gesamte landw. genutzte Fläche

4. Möglichkeiten für den Landwirt, um ausgeglichene Nährstoffbilanzen zu erreichen

Nährstoffvergleiche lassen sich grundsätzlich entweder durch Senkung der Nährstoffzufuhr einerseits oder aber durch Steigerung der Nährstoffabfuhr andererseits ausgleichen. Mögliche Maßnahmen zur Gestaltung eines ausgeglichenen Nährstoffhaushaltes lassen sich dabei in teure, kostengünstigere und nahezu kostenlose Maßnahmen unterscheiden.

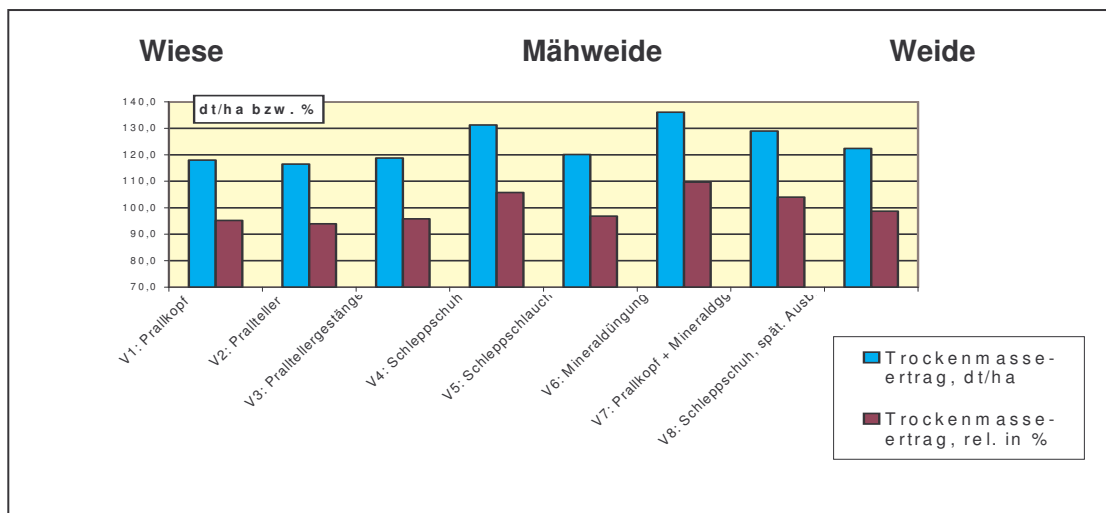


Abb. 3: Zusammenhang zwischen dem Stickstoffinput und dem Stickstoffsaldo von Grünland (Wiesen, Mähweiden und Weiden) (QUIRIN et al., 2004)

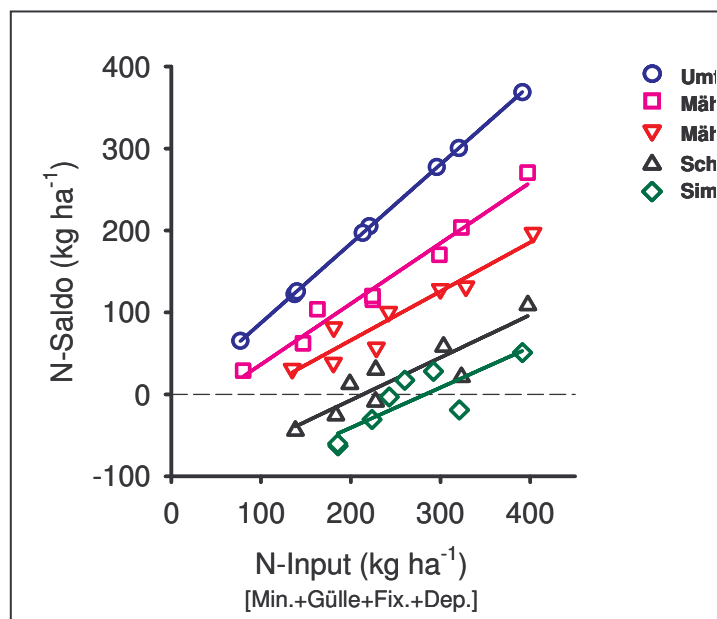


Abb. 4: Stickstoff-Salden der Grünlandssysteme im Karkendammprojekt (Mittel 1997 – 2001) ($N\text{-Input} = N_{\text{KAS}} + N_{\text{Gülle}} + N_{\text{Fix}} + N_{\text{Deposition}}$) (TROTT et al., 2004)

4.1 Teure und schwer realisierbare Maßnahmen

Hier sind Maßnahmen zusammengefasst, die zwar einen hohen Wirkungsgrad bezüglich der Reduzierung der Nährstoffsalden bringen, aber entweder sehr teuer sind oder aber aufgrund nicht vorhandener echter Realisierungschancen eher unmöglich erscheinen.

1. mehr Güllelagerraum schaffen
2. überregionaler Gülleexport
3. Abstockung des Viehbestandes
4. Flächenzupacht oder -zukauf

Die Schaffung von mehr Lagerraum beeinflusst den Nährstoffvergleich nur mittelbar, denn zunächst verändert sich die letztlich auszubringende Nährstoffmenge nicht. Andererseits ist davon auszugehen, dass die Möglichkeit besteht, Gülle zu einem geeigneteren Zeitpunkt zu düngen und damit erstens die Nährstoffausnutzung und zweitens den Ertrag zu steigern. Der Neubau von Güllelagerraum ist zudem meist recht teuer, aber die einschlägigen Umweltvorschriften verlangen ab 01.01.2005 mit einer Übergangsfrist bis zum Jahr 2008 die Schaffung von Mindestlagerkapazitäten bei Gülle von 6 Monaten. Fehlender Lagerraum muss also entweder neu geschaffen oder aber auf anderen Betrieben mit freien Kapazitäten angepachtet werden. Ein überregionaler Gülleexport über große Distanzen ist trotzdem meist ebenso unwirtschaftlich, wie die Abstockung der Tierbestände. In viehstarken Regionen ist darüber hinaus davon auszugehen, dass die Zupacht von Flächen kaum noch möglich ist, bzw. sich die Pachtpreise infolge des sich stark ausdehnenden Flächenbedarfes bei der Biomasseproduktion sehr stark erhöhen werden. Hier müssen andere Maßnahmen zur Erreichung eines ausgeglichenen Nährstoffvergleiches ergriffen werden.

4.2 Kostengünstige Maßnahmen

Kostengünstige Maßnahmen sind solche, die eine gute Chance auf Realisierung haben und die, zumindest gilt das für eine verbesserte Nährstoffeffizienz, einem guten betriebswirtschaftlichen Ergebnis ohnehin gut zu Gesicht stehen. Als Maßnahmen kommen in Frage:

1. Abschluss von Gülleabgabeverträgen
2. Steigerung der Nährstoffeffizienz im Futterbau (Kap. 4.2.1 - 4.2.4)
3. Optimierung der Gülleausbringung (Kap. 4.2.5)

Vor allem in Mischgebieten kommt dem Abschluss von Gülleabgabeverträgen eine große Bedeutung zu und die Angebote werden auf regionalen Güllebörsen auch gut angenommen.

Die Steigerung der Nährstoffeffizienz dient einerseits dazu, die Ausnutzung mineralischer N-Dünger zu verbessern ohne gleichzeitig große Ertragsrückgänge befürchten zu müssen und um den Aufwand an mineralischen Stickstoffdüngern zu reduzieren. Gleichzeitig sind Ertragssteigerungen bei gegebenem Stickstoffaufwand ebenfalls eine Möglichkeit die N-Bilanzsalden auszugleichen. Bessere Nährstoffeffizienz ist z.B. möglich durch u.a.: • Steigerung der Futterqualität; • verstärkte Nutzung von Leguminosen; • Verwendung besserer Sorten und • verbesserte Ausbringung von Gülle u.a. durch Ausbringung der Gülle zu Zeiten des höchsten Nährstoffbedarfes und Nutzung umweltschonender Ausbringtechnik.

4.2.1 Stickstoffwiederfindungsrate als Maß für die Nährstoffeffizienz

Um gezielt die Nährstoffeffizienz zu verbessern, ist es zunächst interessant zu wissen, wie gut eingesetzter Stickstoff auf Grünland wirkt. Ein Maß dafür ist die sogenannte Stickstoffwiederfindungsrate, die den Aufwand an Düngestickstoff mit dem über das Erntegut entzogenen N vergleicht. Die Wiederfindungsrate wird wie folgt berechnet:

$$\text{NWR} = (\text{N-Ertrag mit N-Düngung}) \text{ minus } (\text{N-Ertrag ohne N-Düngung}) \text{ im Verhältnis zur Düngemenge}$$

In Untersuchungen an verschiedenen Grünlandflächen in Baden-Württemberg zeigte sich, dass die NWR in aller Regel meist recht gering ist, Stickstoff also zum Teil an die Luft oder in den Boden abgegeben oder in den Humuskörper eingebaut wird. Die Angaben in Tab. 6 setzen zudem modellhaft die Annahme voraus, dass etwa 2 Drittel des eingesetzten Stickstoffes oberirdisch im Erntegut und etwa 1 Drittel des N in den Wurzeln ankommt. Da letzterer nur schwer analysiert werden kann, entspräche eine Ausnutzung von 66 % in der Tabelle einer maximalen Ausnutzung des eingesetzten Stickstoffs.

Tabelle 6: N-Wiederfindungsrate (NWR) in Abhängigkeit von der Höhe der Stickstoffdüngung auf ausgewählten Grünlandstandorten in Baden-Württemberg (ELSÄSSER, 1999) (ordnungsgemäß = Düngg. lt. Beratungsempfehlung; wasserschutzgemäß = ordnungsgemäß minus 20%; Düngg.)

N-Düngung Standorte	Düngeaufwand kg N/ha	Ordnungsgemäß	Wasserschutzgemäß	
			Mineraldünger	Gülle
Neresheim	87	50%	27%	24%
Oberndorf	125	34%	29%	48%
Bad Teinach	125	41%	55%	56%
Mittel 3 Standorte (GD n.s.)		42%	37%	43%

Aus Tab. 6 geht hervor, dass längst nicht der gesamte Stickstoff über den Ertrag wieder entzogen wird. Die Tabelle zeigt auch im Vergleich der beiden nährstoffgleichen Düngevarianten mit Mineraldünger oder Gülle eine generelle Schwierigkeit der Bewertung des Stickstoffs im Grünland. Gedüngter Stickstoff verändert nicht nur den Ertrag und die Inhaltsstoffgehalte, sondern auch die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes. Im Versuch steigerte ausschließliche Gülledüngung die Weißkleeanteile und erhöhte damit indirekt Eiweiß- oder N-Gehalte im Ernteprodukt. Das kann auch als Indiz dafür gewertet werden, dass Weißklee im Dauergrünland wesentlich für die Erhöhung der Stickstoffeffizienz ist. Für die Erstellung der Nährstoffvergleiche ist dieser Effekt im Moment noch besonders lohnend, weil es sich bei dem von Leguminosen gebundenen Luftstickstoff quasi um Stickstoff handelt, „der nur teilweise über die Bücher geht“. In die Nährstoffvergleiche gehen nämlich derzeit nur Normwerte ein, die als Stickstofflieferung des Standortes berücksichtigt werden (s. Tab. 4). Wird in der Realität tatsächlich mehr Luftstickstoff gebunden als mittels Normwert veranschlagt, dann kann dieser Stickstoff für den Ertragsaufbau genutzt werden. Geht man von der höchsten angegebenen N-Lieferung von 60 kg N/ha aus, dann sollten durchschnittlich etwa mindestens 17 % Weißklee oder mehr im Bestand sein, damit dieser Effekt zum Tragen kommt (je Prozent Weißklee wird von einer Luftstickstoffbindung von etwa 3,5 kg ausgegangen).

4.2.2 Erhöhung der Nährstoffeffizienz durch Luftstickstoffbindung

Die bekannten positiven Effekte der Bindung von Luftstickstoff durch Leguminosen wurden erneut durch ein Experiment an der LVVG Aulendorf bestätigt. Unterschiedliche Anbausysteme des Deutschen Weidelgrases bei variiertem Nutzungs- und Düngintensität (4, 5 oder 6-malige Nutzung) wurden mit Weißklee oder Luzerne verglichen. Geprüft wurden unterschiedliche Nutzungstermine des Primäraufwuchses „früh“ und „spät“ (2 Wochen zeitliche Differenz). Luzerne wurde jeweils viermal „früh“

oder „spät“ genutzt. Die Ergebnisse nach drei Jahren Versuchsdauer zeigten, dass bei höchster Nutzungsintensität auch die höchsten Energieerträge zu verzeichnen waren. Der Verzicht auf eine Nutzung je Jahr verminderte die Trockenmasseerträge deutlich. Die Varianten mit Luzerne entzogen dabei am meisten Stickstoff und zwar etwa 400 kg N/ha, den sie aber bei einer Düngung von nur 90 kg N/ha überwiegend durch symbiontische N₂-Bindung selbst oder durch verstärkte N-Aufnahme aus dem Stickstoffvorrat des Bodens deckten. Sechsmalige Nutzung des Deutschen Weidelgrases (Variante 1) erforderte dagegen einen mineralischen N-Aufwand von 340 kg/ha, der in etwa dem Entzug entspricht. Die Stickstoffeffizienz war demnach in den Grasvarianten relativ gering.

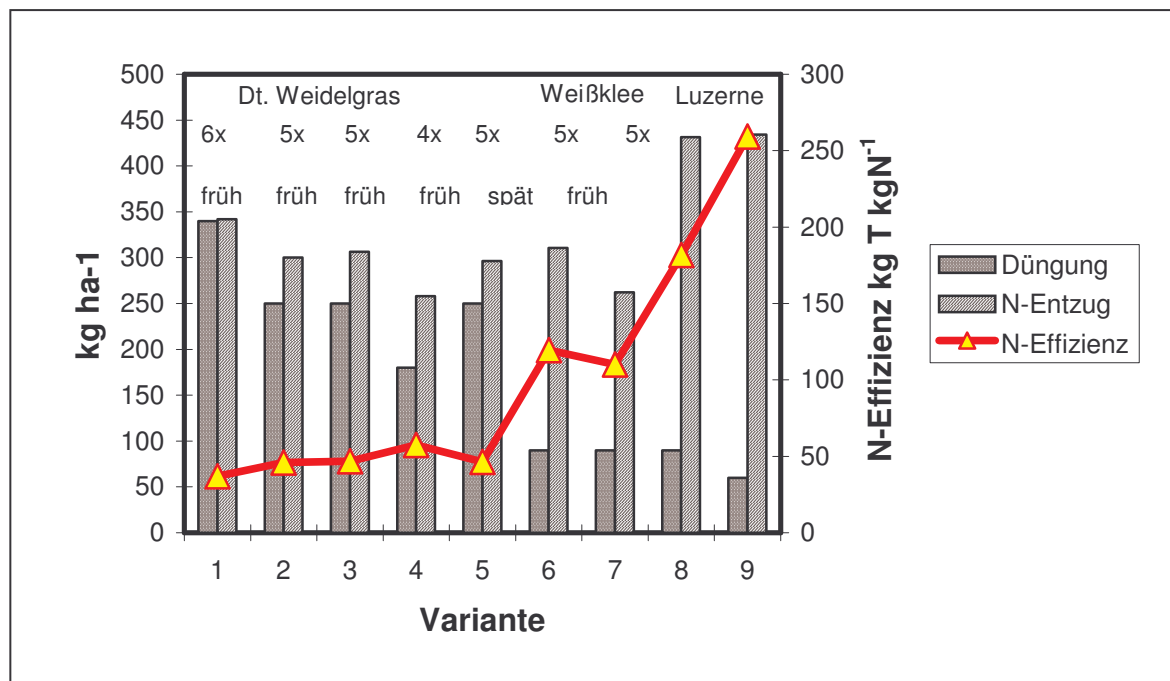


Abb. 5: Stickstoffdüngung (kg N/ha), N-Ertrag (kg N/ha) und N-Effizienz unterschiedlicher Futterbausysteme in einem Anbauversuch in Aulendorf (2001 bis 2003)

4.2.3 Steigerung der Nährstoffeffizienz durch Wahl ertragreicher Sorten

Eine weitere Möglichkeit auf einfache Weise die Stickstoffeffizienz zu erhöhen, ist die Steigerung der Grünlanderträge u.a. durch Nutzung des Zuchtfortschrittes bei Gräsern für Ansaaten oder Nachsaaten. Das nachstehend aufgeführte Beispiel mit einem Ergebnis aus Landessortenversuchen mit Deutschem Weidelgras zeigt dies eindrücklich (Tab. 7). Allein durch bessere Sorten ließe sich demzufolge die N-Effizienz um 18% steigern.

Tabelle 7: Ertragssteigerung durch bessere Sorten von Deutschem Weidelgras und Verbesserung der Stickstoffeffizienz (Ergebnisse des Landes-Sorten-Versuches in Kisslegg im Allgäu 2004) (N-Aufwand: 360 kg N/ha)

	Mittel	Minimum	Maximum
Trockenmasseertrag dt/ha	162,7	138,0	179,5
Rohproteingehalt	16%	16%	16%
N-Entzug kg/ha	260	221	287
N-Effizienz	71%	60%	78%

4.2.4 Nährstoffeffizienz und Wahl des Düngezeitpunktes

Auch die Verteilung des Stickstoffes im Jahresverlauf beeinflusst die Stickstoffwirkung. In einem Versuch in Aulendorf hatte die frühjahrsbetonte N-Düngung einen besseren Ertragseffekt (Var. 8) als die nährstoffgleiche Düngung mit hohen Gaben zum zweiten Aufwuchs bzw. Ausdehnung der Düngung bis in den Herbst hinein (Var. 6 u. 7). Geschickte Verteilung der Stickstoffgaben spart dabei bis zu 80 kg N/ha, wie ein Vergleich der Varianten 5 und 8 ergab. Infolge gezielter Ausbringung von Stickstoff lässt sich also die N-Zufuhr reduzieren, eine Maßnahme die nicht nur den Nährstoffvergleich entlastet, sondern darüber hinaus noch bares Geld wert ist.

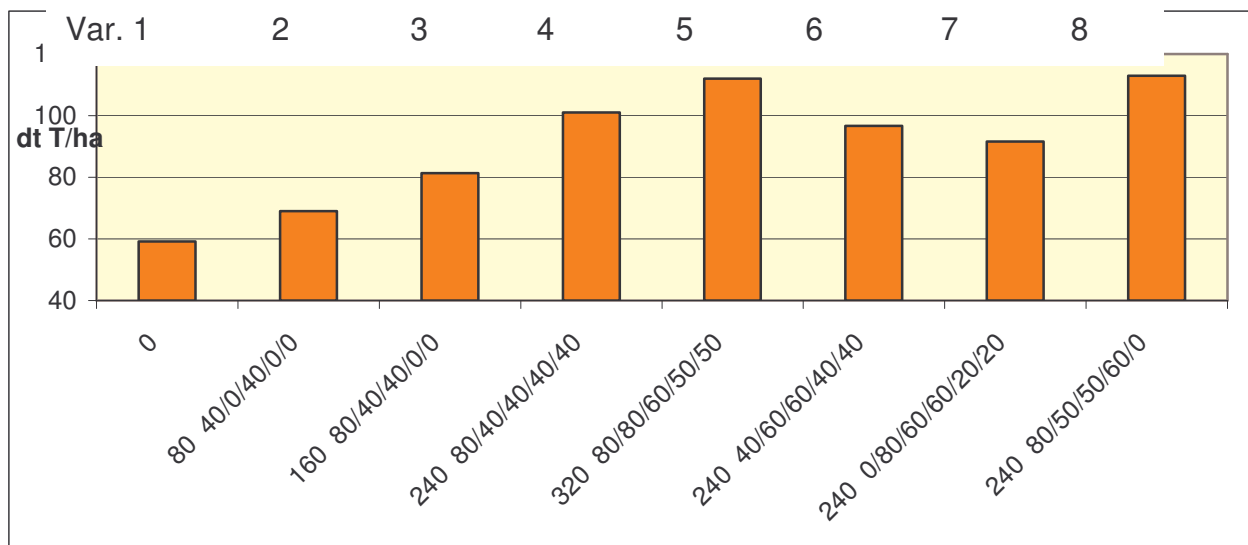


Abb. 6: Effekt steigender und unterschiedlich verteilter Stickstoffgaben auf Grünlandbestände mit und ohne Weißklee (Mittel aus 2 Versuchsjahren; ELSÄSSER, 2005, unveröff.) (Angaben zur N - Düngung in kg N/ha als KAS)

4.2.5 Optimierung der Gülleausbringung

Infolge Optimierung der Gülleausbringung nach Anwendungszeitpunkt, Menge und Verfahren kommt es einerseits zur Verringerung der Ammoniakabgasung andererseits zu einer verbesserten Nährstoffausnutzung. Erwünscht ist eine bodennahe Gülleausbringung. Förderlich sind:

- die Ausbringung in großen Tropfen,
- bei bedecktem Boden,
- nicht bei Starkregen oder wassergesättigtem Boden;
- die Anpassung der Güllemenge an den Bedarf
- Homogenisierung der Gülle Ausbringung mit Wasser verdünnt auf eine kurze Stoppel.

Während TROTT et al. (2004) bei kurzfristigem Gülleinsatz auf Sandboden in Norddeutschland Mineraldüngergleichwerte von unter 20% dokumentieren, weisen Autoren aus dem süddeutschen und alpinen Raum auf humusreichen Standorten und langjährigem Gülleinsatz Werte in der Größenordnung von 75 - 90% (SCHECHTNER, 1981; ELSÄSSER & KUNZ, 1992; SCHECHTNER, 1992; DIEPOLDER & SCHRÖPEL, 2002; ELSÄSSER, 2002; KIEFER et al. 2004) bzw. bis zu 100% nach (PÖTSCH, 1998; ELSÄSSER, 1999; NEFF, 2005). Die Effizienz der Gülleredung verbessert sich demnach mit zunehmender Anwendungsdauer (u.a. SCHECHTNER, 1981; ELSÄSSER & KUNZ, 1988; ELSÄSSER et al., 1995).

Die hauptsächlichen Verluste bei der Gülleredung entstehen durch Abgasung von Ammoniak, die je nach Applikationstechnik variiert, wobei die geringsten Abgasungswerte bei Ausbringung mit Schlitzgeräten gemessen wurden (Tab. 8).

Tabelle 8: Ammoniakemissionen bei verschiedenen Applikationstechniken (zusammengestellt nach verschiedenen Autoren)

Ausbringungsart	Verteilerart	NH ₃ -Verluste (in % des applizierten NH ₃ -Stickstoffs)
Werfend, hoch, weit, kleintropfig	Regner, Prallteller, Pendelverteiler, Prallkopf	20 - 100
Bodennah, an den Boden, großtropfig	Schleppschauch, Schleppschuh bzw. Schleppstiefel	10 - 50
In den Boden	Schlitzgeräte, Injektoren	0 - 15

Versuche zur Ausbringung von Gülle wurden an vielen Versuchsorten durchgeführt. So wurden z.B. in einem Experiment auf Dauergrünland im württembergischen Allgäu bei gleichen Nährstoffmengen deutliche Ertragsdifferenzen festgestellt (Abb. 7). Im Vergleich der Applikationstechniken zeigte sich, dass die Ausbringung mittels

Schleppschuh die nach Mineraldüngung höchsten Trockenmasseerträge zeitigte. Prallteller, Prallkopf oder Ausbringung mittels Pralltellergestänge fielen dagegen deutlich ab.

In einem anderen Versuch zur Optimierung des Gülleinsatzes auf Grünland wurden auf dem Versuchsgut Eichhof in Hessen 20 – 20 – 15 m³ Rindergülle zu den ersten drei Aufwüchsen gegeben und die Prallteller- mit einer Schleppschlauchverteilung bzw. Mineraldüngung verglichen. Im Mittel der Versuchsjahre von 1996 bis 2001 wurden mit Gülle 226 und mit mineralischer Düngung 206 kg N/ha verabreicht. Die Ergebnisse zeigten zwischen den einzelnen Varianten eine nahezu gleiche N-Ausnutzung, wobei die Güllevarianten etwas mehr Weißklee aufwiesen. Unter Einbeziehung des Leguminosen - Stickstoffs ergab sich ein Mineraldüngergleichwert von 100% bei breit ausgebrachter Gülle und sogar eine leichte Ertragsüberlegenheit gegenüber Mineraldüngung bei Schleppschlauchverteilung. Dem gegenüber stehen allerdings unterschiedliche Kosten für die Ausbringung, die für den Prallteller ca. 2.- €/m³ und in etwa den doppelten Betrag für die Ausbringung mittels Schleppschlauch betragen.

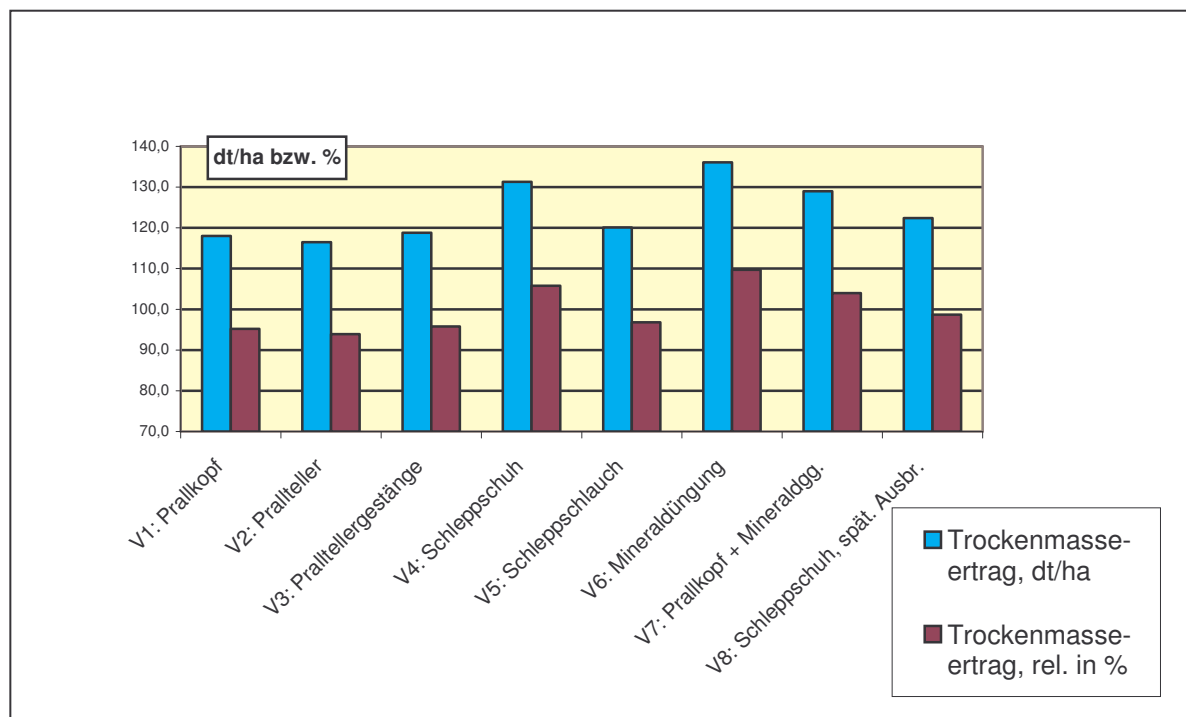


Abb. 7: Trockenmasseerträge (Mittel von 1998-2003) im Gülleversuch Kisslegg (KIEFER et al., 2004)

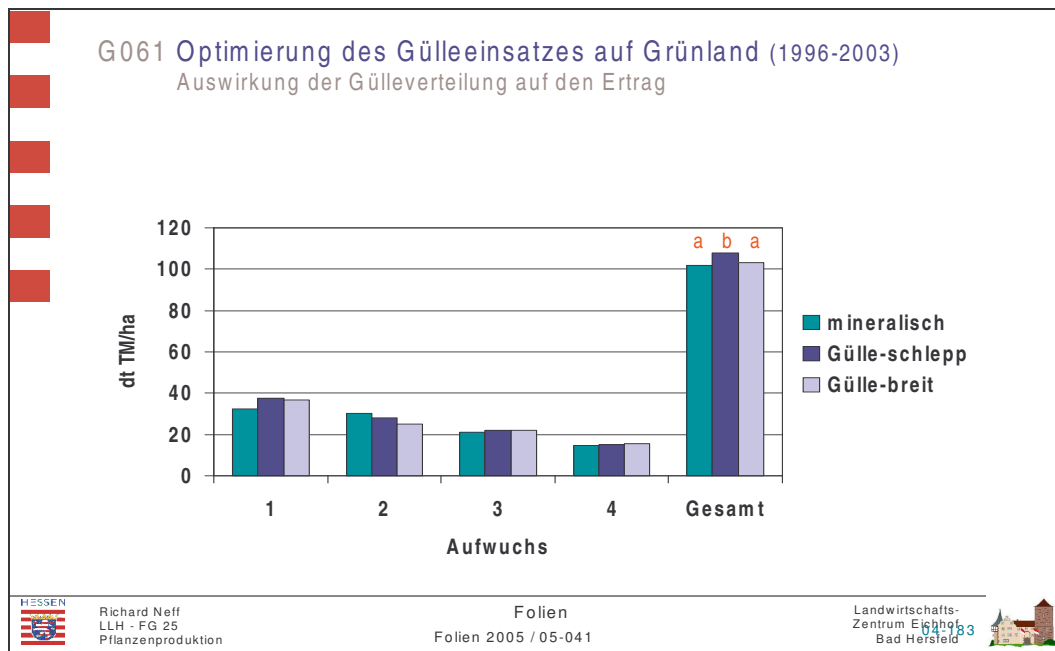


Abb. 8: Optimierung des Gülleinsatzes auf Grünland (NEFF, 2005)

Beide Versuche belegen, dass bodennahe Ausbringung die Abgasung reduziert und infolgedessen die Trockenmasseerträge ansteigen. Andererseits erhöhen sich die Ausbringungskosten und die Gefahr der Futterverschmutzung bis zur nächsten Ernte. Die Düngeverordnung trägt der Forderung nach umweltschonender Ausbringung von Gülle insofern Rechnung als sie die Anwendung von Ausbringungsgeräten untersagt, die nicht mehr dem allgemeinen Stand der Technik entsprechen. Explizit werden folgende Geräte genannt:

1. Festmiststreuer ohne gesteuerte Mistzufuhr zum Verteiler
2. Güllewagen und Jauchewagen mit freiem Auslauf auf den Verteiler
3. zentrale Prallverteiler, mit denen nach oben abgestrahlt wird
4. Güllewagen mit senkrechte angeordnete, offener Schleuderscheibe als Verteiler zur Ausbringung von unverdünnter Gülle
5. Drehstrahlregner zur Verregnung von unverdünnter Gülle

4.3 Kostenlose Maßnahmen

1. Steigerung der Milchleistung
2. Verbesserung der Grundfutterqualität
3. Rationsoptimierung
4. Verbesserung des Gesundheitsstatus der Tiere
5. Verminderung des Mineraleinsatzes
6. Realisierung von Ertragssteigerungen

4.3.1 Maßnahmen im Bereich der Tierzucht und der Tierernährung

Kostenlose Maßnahmen zur Verbesserung des Nährstoffvergleiches sind nicht zwingend Maßnahmen, die für jeden Betrieb ohne weiteres zu realisieren sind. Ganz im Gegenteil handelt es sich hier um Maßnahmen, deren erfolgreiche Anwendung ein hohes Geschick vom Betriebsleiter erfordert. Auch hierzu im Folgenden einige Beispiele. Die Effekte höherer Milchleistung sind durchaus evident. Das zeigt die in der folgenden Tabelle dargestellte modellhafte Überlegung (Tab. 9). Hinsichtlich der Umweltrelevanz ist es demnach nicht unbedeutend mit welcher individuellen Milchleistung ein gegebenes Milchkontingent erzeugt wird, denn davon wird unmittelbar auch die für die Ausbringung der wirtschaftseigenen Nährstoffe erforderliche Grünlandfläche berührt.

Tabelle 9: Modellhafte Überlegung zur Reduktion des Stickstoffanfalls eines Milchviehbetriebs auf Grünland durch Steigerung der Milchleistung

Milchleistung	7,000 kg pro Kuh	10,000 kg pro Kuh	Differenz bei gleicher Milchmenge
Nährstofflieferung N bei 700,000 kg Milchkontingent	100 Kühe x 122 kg N = 12,200 kg N	70 x 149 = 10,430 kg N	1,770 kg N
Abzüglich N-Verluste im Stall und Lager (-15%)	10,370 kg N	8,866 kg N	
Erforderliche Fläche bei Nährstoffgrenze 170 kg N/ha	61 ha	52 ha	

In Überlegungen, die STEINWENDER und GRUBER an der Bundesanstalt Gumpenstein in Österreich anstellten, wurden Kühe mit gleicher Milchleistung mit Grundfutter unterschiedlicher Qualität gefüttert. In Abhängigkeit von der Futterqualität variierten dabei die Grundfutter- und die Kraftfutteraufnahme. Letztlich wirkte sich das auch auf den möglichen Viehbesatz je Hektar Grundfutterfläche aus, der bei besserem Futter deutlich abnahm. Als Folge daraus, fallen bei Zukauf von Kraftfutter bei schlechtem Grundfutter 175 kg N/ha aus Gülle an, wohingegen gutes Grundfutter die Werte auf 83 kg N/ha reduzierte. Anders verhält es sich dann, wenn der Betrieb nicht nur Grundfutter, sondern auch Kraftfutter im eigenen Betrieb erzeugt, denn dann liegen die Werte unabhängig von der Futterqualität in gleicher Höhe.

Tabelle 10: Gülleanfall in der Milchproduktion bei unterschiedlicher Grundfutterqualität (STEINWENDER u. GRUBER, 1995)

Milchleistung	kg/Jahr	6000	6000	6000
Energiekonzentration im Grundfutter	MJ NEL	4,8	5,5	6,2
Grundfutteraufnahme	kg T	8,5	10,9	15,1
Krafftutteraufnahme	kg T	6,8	4,4	0,2
Kühe je ha Grundfutterfläche		2,5	1,9	1,2
<i>Bei Zukauf von Krafftutter</i> Gülle-N pro ha Grundfutterfläche	kg	175	133	83
<i>Krafftuttererzeugung i. eig. Betrieb</i> Gülle-N pro ha Gesamtfutterfläche	kg	83	86	82

Unterschiedliche Milchleistung und unterschiedliche Futterqualität wirken sich auch unmittelbar auf die Nährstoffbilanzen aus. In Berechnungen von SCHENKEL zeigte sich, dass einerseits zwischen Hof- und Feld/Stall-Bilanzen große Unterschiede auftraten, aber dass sich auch die Verfütterung besten Grundfutters bei Reduktion des Krafftuttereinsatzes positiv auf die Nährstoffvergleiche auswirkte.

Tabelle 11: Nährstoffbilanzen in der Milchviehhaltung (n. SCHENKEL, 1996)

Kühe /ha Milchleistung	2,3 6000 kg/Jahr	2,3 6000 kg/Jahr	1,7 8000 kg/Jahr	1,7 8000 kg/Jahr
Fläche	1,0 ha Grünland	1,0 ha Grünland	1,0 ha Grünland	0,4 ha Grünland
Qualität MJ NEL	100 dt/ha 6,2	90 dt/ha 5,2	100 dt/ha 6,2	0,2 Maissilage 0,4 Getreide
Import Futter (dt MLF/Kuh)	9,5	19,5	19,1	20,1
Export Milch Kälber	13800 l 115 kg	13800 l 115 kg	13800 l 85 kg	13800 l 85 kg
Bilanz				
Feld Stall				
N	-106	-80	-132	-59
P ₂ O ₅	-27	-11	-41	+5
K ₂ O	-5	-27	-107	+79
Hof- tor				
N	-22	+41	-59	-36
P ₂ O ₅	-7	+19	-21	-15
K ₂ O	+7	+42	-77	+9

4.3.2 Senkung der Nährstoffausscheidungen

Weitere Ansatzpunkte zur Verbesserung der Nährstoffvergleiche finden sich in der Minderung der N-Ausscheidung. Neben der bereits angeführten Verbesserung der

Grundfutterqualität zählen hierzu die Ausschöpfung des Leistungsvermögens und die nährstoffangepasste Fütterung. Möglich ist u.a. die Optimierung des Energie/Protein-Verhältnisses; die Verbesserung der mikrobiellen Stickstoffausnutzung u.a. durch verbesserte Energieversorgung der Mikroben und die Synchronisation von Energie und Protein sowie den Einsatz „geschützter Proteine“. Spiekers bewertet die Wirkung der unterschiedlichen Maßnahmen hinsichtlich der N- Ausscheidung in Tab. 12.

Tabelle 12: Maßnahmen zur Minderung der N-Ausscheidung (SPIEKERS, 2005)

Maßnahme	Auswirkungen auf		
	N-Minderung, Anfall in % ¹⁾	Minderung NH ₃ -Emission in Relation zu N	Kosten des Futters
1. Futterbau und Futterkonservierung <ul style="list-style-type: none"> • Flächennutzung • Steuerung der Futterinhaltsstoffe 	bis 10 bis 10	gleich hoch größer	+ bis - + bis -
2. Steigerung der Leistung	bis 20	gleich hoch	-
3. Anpassung der Fütterung			
Fütterung auf den Punkt	bis 10	gleich hoch	+ bis -

¹⁾ produktbezogen

4.4 Maßnahmen zur Reduktion der Phosphatbelastung in der Landwirtschaft

Maßnahmen zur Reduktion der Belastungen durch Phosphat finden sich wie beim Stickstoff einerseits in der Absenkung der Phosphatzufuhr, andererseits in der Steigerung des Phosphatentzuges. Die Zufuhr kann relativ leicht durch Verringerung des Kraftfutteraufwandes und durch Minderung der mineralischen Phosphordüngung reduziert werden. Dies ist nicht unmittelbar ertragsrelevant, denn so zeigen Ergebnisse aus biologisch wirtschaftenden Betrieben, erst bei reduzierter Phosphatzufuhr treten Mechanismen für eine bessere Mobilisierung von Phosphat aus dem Bodenkörper auf (z.B. Ausbildung von Mykorrhizapilzen, Ausscheidung von Wurzelexsudaten oder aktive Nährstoffmobilisierung). Die Empfehlung geht also in Richtung einer Entzugsdüngung bzw. bei Böden in den Versorgungsstufen D und E wird eine deutlich unter dem Entzug liegende Düngung empfohlen.

Der Termin der Phosphatausbringung ist in aller Regel für die Phosphatausnutzung nicht entscheidend, weil P meist ohnehin erst gelöst und in pflanzenverfügbare Formen umgebaut werden muss. Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Versuchsergebnis von SCHRÖPEL aus dem bayerischen Allgäu, der in Erosionsversuchen auf Grünland nachweisen konnte, dass Phosphat aus Gülle weniger stark als

aus Festmist ausgewaschen wurde. Offensichtlich unterlagen die Festmistteile einer stärkeren Auslaugung als die vergleichsweise rasch in den Boden eindringende Gülle.

5. Schlussfolgerungen

Die neue Düngeverordnung verlangt jährlich Nährstoffvergleiche in Form von Feld/Stall- oder Schlagbilanzen für die Nährstoffe Stickstoff und Phosphat und bewertet die Bilanzsalden. Für die Landwirte bestehen eine Reihe von Möglichkeiten mit unterschiedlichem Kostenaufwand die Nährstoffvergleiche positiv zu gestalten. Neben der Reduktion der Nährstoffausscheidungen durch Maßnahmen, die vor allem im Bereich der Fütterung und der Tierzucht liegen, sind es auch pflanzenbauliche Maßnahmen, wie Reduktion der N-Düngung, Steigerung der Nährstoffeffizienz oder Verbesserung der Ausbringung von Gülle und die Erhöhung des Schnittanteiles. Die nicht angemessene Berücksichtigung der N-Bindung durch Leguminosen in der Düngeverordnung führt zu einer Fehlinterpretation von Bilanzsalden

6. Literaturverzeichnis

- Benke, M. u. U. Hattermann, 2005: N-Effizienzen von Milchvieh-Futterbaubetrieben - Auswertung von Monitoringbetrieben in Ostfriesland. Arbeitsunterlagen DLG Grünlandtagung am 6. Juli 2005 in Futterkamp.
- Diepolder, M. & R. Schröpel, 2002: Ergebnisse eines N-Steigerungsversuches auf einer weidelgrasreichen Wiese im Allgäuer Alpenvorland (Spitalhof). Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, Schule und Beratung, Heft 4/02, Seite IV-3 bis IV-7.
- Doluschitz, R., H. Welck & J. Zeddies, 1992: Stickstoffbilanzen landwirtschaftlicher Betriebe - Einstieg in eine ökologische Buchführung? Berichte über Landwirtschaft, 70, 551-565.
- Elsäßer, M. & H.G. Kunz, 1988: Zur Wirkung von Gülle mit und ohne Zusatzmittel auf Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung einer Wiese im Alpenvorland. Das wirtschaftseigene Futter, 34, 48-65.
- Elsäßer, M. & H.G. Kunz, 1992: Technische Behandlung von Rindergülle und ihre Einflüsse auf Grünland bei variierter Ausbringung. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau, Hohenheim, 187-192.
- Elsäßer, M. 2002: Effects of application from diluted slurry on yields and botanical composition of herbaceous-rich permanent grassland. Grassland Science in Europe, Vol. 7, 680 - 681.

- Elsäßer, M., 1999: Auswirkungen reduzierter Stickstoffdüngung auf Erträge, Futterwert und Botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnisse im Boden. Habilitationsschrift, Universität Hohenheim, Wissenschaftsverlag Dr. Fleck, Gießen.
- Elsäßer, M., Kunz, H.G. & G. Briemle, 1995: Unterschiedliche technische Behandlung von Gülle und deren Auswirkungen auf intensiv genutztes Dauergrünland. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, 174, 253-264.
- Gamer, W. und J. Zeddies, 2002: Bilanzen von potentiell umweltbelastenden Nährstoffen (N, P, K und S) der Landwirtschaft in Baden-Württemberg. Forschungsbericht, Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, Stuttgart, 170 S..
- Hege, U., 2005: Nährstoffbilanzen im Grünland und Futterbau - Wo liegt das Problem? Vortrag 13. Baden - Württembergischer Grünlandtag, Mühlhausen, mündliche Mitteilung.
- Kiefer, J., Zeller, A., Kunz, H.G. & M. Elsäßer, 2004: Auswirkungen der Gülleausbringtechnik auf den Grünlandertrag. Mitteilungen der AG Grünland und Futterbau, Band 6, 31-34.
- NAEBI, 2005: Nährstoffbilanzierungsprogramm Baden-Wuerttemberg, Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft, Schwäbisch-Gmünd.
- Neff, R., 2005: Versuch zur Optimierung des Gülleinsatzes. Versuchsbericht LLH - Eichhof.
- Pötsch, E.M., 1998: Über den Einfluß der Düngungsintensität auf den N-Kreislauf im alpenländischen Grünland. Die Bodenkultur 49 (1), 19-27, 1998.
- Quirin, M., Emmerling, C. u. D. Schröder, 2004: Eignung von betriebs- und schlagbezogenen Stickstoffsalden zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in die Umwelt. In: Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Band 82, S. 317 - 333.
- Schechtner, G., 1981: Nährstoffwirkungen und Sonderwirkungen der Gülle. 7. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei", Gumpenstein, 135-196.
- Schechtner, G., 1992: Pflanzenbauliche Bewertung des Wirtschaftsdüngerstickstoffs. Der Förderungsdienst, 3, 13-21.
- Schenkel, H., 1996: Landesanstalt für Landwirtschaftliche Chemie, Universität Hohenheim.
- Spiekers, ., 2005: Vortrag bei der DLG Wintertagung in Münster.
- Steinwender u. L. Gruber, 1995: Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein.
- Taube, F. & E. M. Pötsch, 2001: On-farm nutrient balance assessment to improve nutrient management on organic dairy farms. Grassland Science in Europe, 6, 225-235.
- Taube, F., Benke, M., Elsäßer, M., Ernst, P. und J. Pickert, 2002: Fachliche Grundsätze für eine produktive und umweltverträgliche Grünlandbewirtschaftung. DLG Merkblatt, Frankfurt a. M..
- Trott, H., Wachendorf, M., Ingwersen, B. & F. Taube, 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.