

Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung

L. GRUBER, A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER,
J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und B. STEINER

1. Einleitung

Die Milchleistung der Kontrollkühe in Österreich hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stark erhöht, wenn auch auf niedrigerem Niveau als in anderen EU-Ländern (ZMP 1999). Seit 1950 ist die Milchleistung der Kontrollkühe von 3.000 kg auf 5.500 kg im Jahr 1998 gestiegen (ZAR 1999). Zum Teil werden Leistungen von 10.000 kg und mehr angestrebt (SIEBERS et al. 1999). Ökonomische Berechnungen kommen regelmäßig zum Schluss, dass mit höheren Leistungen das wirtschaftliche Ergebnis besser ist (GREIMEL 1999, HUNGER et al. 1999, BMLF 2000).

Um den Energiebedarf der Kühe bei steigenden Milchleistungen zu decken, muss sich die Energiekonzentration der Futterration erhöhen, da die Futtermittelaufnahme bei hohem Leistungsniveau vornehmlich von der Aufnahmekapazität des Pansens physikalisch limitiert wird (MERTENS 1994). Der Erhöhung der Energiekonzentration durch verstärkten Kraftfuttereinsatz sind beim Wiederkäuer jedoch Grenzen gesetzt, da der damit verbundene Säureanstieg im Pansen die Fermentation der Mikroben zunehmend einschränkt (KAUFMANN 1976, LEBZIEN et al. 1981, ORSKOV 1986, Van HOUTERT 1993). Außerdem führt Kraftfutter in Grünlandgebieten - ohne Getreideanbau - zu bedeutenden Nährstoffimporten in den Betrieb und belastet damit die Nährstoffbilanz (KÜHBAUCH und ANGER 1999).

Die zweite Möglichkeit, die Energiekonzentration in der Ration zu erhöhen, besteht in der Verbesserung der Grundfutterqualität durch Ernte bei früherem Vegetationsstadium. Dies führt außerdem zu höheren Grundfuturaufnahmen. In der Regel wird ein steigender Energiebedarf überwiegend - zu zwei Drittel und

mehr - über einen höheren Futterverzehr und nur in geringerem Umfang über einen Anstieg in der Energiekonzentration der Ration abgedeckt (SCHWARZ 1997). In Untersuchungen von GRUBER et al. (1995) hat sich die Milchleistung aus dem Grundfutter um 1.700 kg erhöht, wenn der Schnitzeitpunkt des Wiesenfutters um drei Wochen vorverlegt wurde. Im Durchschnitt von 3 Kraftfutterniveaus (3.5, 6.5 und 9.5 kg T) betrug die Grundfuturaufnahme in dänischen Versuchen 11.2, 9.5 bzw. 9.1 kg T, wenn das Wiesengras am 1., 14. bzw. 23. Juni geerntet wurde (KRISTENSEN et al. 1979). Die entsprechenden Milchleistungen waren 22.7, 20.6 bzw. 19.0 kg FCM. Die Auswertungen zeigten eine klare Wechselwirkung zwischen Kraftfutter und Grundfutterqualität in dem Sinn, dass (erwartungsgemäß) bei niedrigerem Kraftfutterniveau eine stärkere Wirkung der Grundfutterqualität auf die Milchleistung festzustellen war als bei hohen Kraftfuttermengen (KRISTENSEN und NORGAARD 1987). Ein weiterer Bereich von Vegetationsstadien (25. Mai, 9. Juni bzw. 24. Juni) wurde auch in den amerikanischen Versuchen von SPAHR et al. (1961) abgedeckt. Heu (Luzerne, Klee und Timothee) hatte zu diesen Zeitpunkten eine Verdaulichkeit der Energie von 69.2, 62.6 bzw. 58.3 %. Die Kühe nahmen davon 17.2, 15.5 bzw. 13.2 kg T auf (Lebendmasse 603 kg) und gaben 18.3, 16.8 und 14.9 kg FCM. Diese beispielhaft ausgewählten Versuchsergebnisse zeigen die überragende Bedeutung der Grundfutterqualität für hohe Futtermittel- und Milchleistungen. Folgerichtig fordert daher DACCORD (1992, 1998), dass die Intensität der Grundfutterproduktion (Energiekonzentration des Grundfutters) mit der Intensität der Milchproduktion (Leistungsniveau pro Kuh) übereingestimmt werden

muss. Hochleistende Tiere bei niedriger Grundfutterqualität benötigen viel Kraftfutter, was physiologische (Azidose, Ketose, Unfruchtbarkeit) und ökologische (Nährstoffbilanz des Betriebes) Probleme verursacht und auch ökonomisch langfristig nicht sinnvoll ist. Umgekehrt ist es ebenso nicht effizient, höchste Grundfutterqualität bei niedrigem Milchleistungspotential zu verwenden (Verfettung, Ketose in Folgelaktation).

Die Intensität der Viehwirtschaft hat auch einen starken Einfluss auf die Umwelt. Die Landwirtschaft in westeuropäischen und nordamerikanischen Ländern ist durch die Intensivierung der Pflanzen- und Tierproduktion gekennzeichnet, wobei große Mengen an Energie, Dünger und Futtermittel von außen in den Betrieb gelangen (TAMMINGA 1998). Die Folge sind ungünstige Nährstoffbilanzen in solchen landwirtschaftlichen Betrieben. KOREVAAR (1992) gibt die N-Bilanz von 177 holländischen Betrieben mit +486 kg/ha an (568 kg Input und 82 kg Output pro ha). Dafür sind vor allem die Erhöhung des Grünlandertrages über die mineralische Düngung und die hohe Kraftfuturaufnahme pro Kuh verantwortlich, die zu hohen Besatzdichten an Tieren pro Hektar führen. SIMON et al. (1994) stellen für Nord-West-Frankreich N-Überschüsse im Ausmaß von 128 - 225 kg/ha fest und machen ebenfalls die N-Düngung und zum kleineren Teil hohe Kraftfuturaufnahmen dafür verantwortlich.

Demgegenüber ist der Tierbesatz infolge niedrigerer Erträge in den Alpenländern wesentlich geringer. Bei einem Ertrag von z.B. 8.500 kg T (Trockenmasse) und einer Grundfuturaufnahme von 13 kg T errechnet sich eine durchschnittliche Tieranzahl von 1,8 Kühen pro ha. Es muss allerdings beachtet werden, dass

Autoren: Univ. Doz. Dr. Leonhard GRUBER, Dr. Andreas STEINWIDDER, Ing. Thomas GUGGENBERGER, Ing. Anton SCHAUER, Johann HÄUSLER, Dr. Rudolf STEINWENDER und Barbara STEINER, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning, email: bal.gump@comptehaus.net

in diesen Regionen auch die Entzüge durch die Pflanzen wesentlich geringer ausfallen als in den intensiv bewirtschafteten Gunstlagen, somit nicht nur der Input über die Nährstoffrücklieferung aus der Tierhaltung geringer ausfällt sondern auch der Output über den Entzug durch die Futterpflanzen. Modellrechnungen von GRUBER und STEINWIDDER (1996) zeigten, dass sich die N-Ausscheidung pro ha Grundfutterfläche von 100 auf 180 kg erhöht, wenn die Milchleistung von 4.000 auf 8.000 kg ansteigt. Auch die Kalkulationen von KÜHBAUCH und ANGER (1999) ergeben, dass bei hoher Grundfutterqualität ein größerer Nährstoffspielraum für Kraftfutter besteht als bei niedriger (auf Basis Hoftor-Bilanz). Bei einer Energiekonzentration von 5,8 MJ NEL trat ein N-Überschuss in der Hoftorbilanz bei einem Kraftfuttereinsatz von 1.150 kg und einer Milchleistung von 5.000 kg auf, bei einer Energiekonzentration von 6,3 MJ NEL dagegen erst bei 1.790 kg Kraftfutter und 7.900 kg Milch.

Vor diesem ökonomischen und ökologischen Hintergrund haben wir einen interdisziplinären Versuch durchgeführt, in dem die Intensität der Grünlandbewirtschaftung durch unterschiedliche Nutzungshäufigkeit und Stickstoffdüngung systematisch variiert und deren Einfluss auf Ertrag und Futterwert untersucht wurde. Das so produzierte Grundfutter wurde an Milchkühe verfüttert und Futtermilchleistung sowie Nährstoffausscheidung festgestellt. Dabei wurden - analog zur Düngung - unterschiedliche Kraftfutterniveaus angewendet, um mögliche Wechselwirkungen zwischen Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau feststellen zu können. Die Ergebnisse erlauben nicht nur eine Interpretation der untersuchten Einflussfaktoren pro Tier, sondern auch pro Flächenein-

heit - ein Aspekt, der in diesem Zusammenhang bisher kaum angesprochen wurde. THOMET (1999) weist allerdings darauf hin, dass in Neuseeland die Milchleistung pro Hektar ein viel wichtigeres Maß für den Erfolg darstellt als die individuelle Leistung pro Kuh. Nach Van SOEST (1994) entscheiden die relativen Kosten, welcher der beiden Maßstäbe (individual vs. carrying capacity) der wichtigere ist.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsplan

Um den Einfluss der Grünlandbewirtschaftung sowie des Kraftfutterniveaus und mögliche Wechselwirkungen zwischen den Faktoren zu untersuchen, wurde ein dreifaktorielles Versuchsschema mit den Verfahren NUTZUNG (N), DÜNGUNG (D) und KRAFTFUTTER (K) gewählt. Jede Stufe eines Faktors wurde mit jeder Stufe der anderen Faktoren kombiniert, um eine korrekte statistische Auswertung (Varianzanalyse der Haupteffekte und deren Wechselwirkungen) zu ermöglichen (HAIGER 1982). Die Faktoren Nutzung, Düngung und Kraftfutter hatten 3, 2 und 3 Stufen, was insgesamt $3 \times 2 \times 3 = 18$ Varianten ergibt (siehe Versuchsplan). Der Versuch wurde 4 Jahre hindurch durchgeführt (1994, 1995, 1996, 1997).

Neben den produktionstechnischen Daten wurden auch die Einflüsse auf den Boden (BOHNER 2000) und den Pflanzenbestand (SOBOTIK und POPPELBAUM 2000) untersucht. Die Auswirkungen der Versuchsfaktoren auf Milchqualität (GINZINGER und TSCHAGER 2000) und Stoffwechselfparameter der Kühe (OBRITZHAUSER 2000) wurden ebenfalls geprüft. Die ökonomische Bewertung wurde von GREIMEL (2000) vorgenommen.

2.2 Grünland, Düngung, Ernte, Botanik

Botanische Ausgangssituation und Boden

Der Versuch wurde auf 2 Wiesen (5,2 ha Irdninger Wiese und 7,3 ha Stainacher Wiese) des Versuchsbetriebes der BAL Gumpenstein parallel durchgeführt. Eine einzelne Wiese im benötigten Ausmaß von 12 ha stand nicht zur Verfügung. Die Wiesen waren hinsichtlich des Bodens und der botanischen Ausgangssituation sehr ähnlich (BOHNER 2000, SOBOTIK und POPPELBAUM 2000) und sind nur durch einen Entwässerungskanal getrennt. Die Bodenanalyse im Herbst 1990 ergab für die Stainacher Wiese 13,5 mg P_2O_5 , 11,5 mg K_2O und pH 6,6 sowie für die Irdninger Wiese 13,5 mg P_2O_5 , 21,5 mg K_2O und pH 5,5. Bei den Versuchsflächen handelte es sich um Kunstwiesen mit wenigen Elementen der Feuchtwiese. Die Stainacher Wiese wies im Jahr vor Versuchsbeginn beachtliche Anteile von italienischem Raygras und Lieschgras auf. Stellenweise traten Kriech-Hahnenfuß und Weißklee verstärkt auf. Die Irdninger Wiese bestand vorwiegend aus Lieschgras, Weißklee und Kriech-Hahnenfuß (SOBOTIK und POPPELBAUM 2000). Die Zusammensetzung nach Artengruppen ergab im zweiten Aufwuchs 1993 (vor Versuchsbeginn) 76 % Gräser, 10 % Leguminosen und 14 % Kräuter (Irdninger Wiese) bzw. 68 % Gräser, 21 % Leguminosen und 11 % Kräuter (Stainacher Wiese, Gewichtsanteile in Prozent der Trockenmasse). Die Neuansaat der Stainacher Wiese erfolgte 1990 mit Klee-gras. Auswinterungsschäden machten eine Nachsaat (Dauerwiese C) im Jahr 1991 erforderlich. Die Irdninger Wiese wurde 1991 mit Dauerwiese E neu angesät.

Düngung

Es waren zwei Düngungsstufen (DG, DN) vorgesehen. Die niedrige Düngungsintensität bestand ausschließlich aus Wirtschaftsdünger (DG). Es wurde ein Wirtschaftsdüngerniveau gewählt, das sich bei mittlerer Nutzungshäufigkeit ohne mineralische N-Düngung vom Tierbesatz und der Ausscheidungsmenge pro Kuh her ergibt (siehe unten und *Tabelle 1*). In der zweiten Düngungsstu-

Versuchsplan:

Nutzungshäufigkeit:

- [N2] 2 Schnitte pro Jahr (27 06 / 30 09)
- [N3] 3 Schnitte pro Jahr (30 05 / 27 07 / 30 09)
- [N4] 4 Schnitte pro Jahr (17 05 / 27 06 / 10 08 / 30 09)

Düngungsniveau:

- [DG] 32 m³/ha Gülle (10 % T) \cong 100 kg N (anrechenbar nach FBB 1999)
- [DN] 32 m³/ha Gülle plus 100 kg/ha mineralischer N

Kraftfutterniveau:

- [KO] Fütterung nur mit Grundfutter (ohne Kraftfutter)
- [KN] Ergänzung des Grundfutters mit Kraftfutter nach Norm (GEH 1986)
- [KK] Konstanter Kraftfutteranteil (25 % von IT)

fe wurden zusätzlich zur Gülle 100 kg mineralischer Stickstoff pro ha gegeben (DN). Die Düngung der Versuchsflächen erfolgte mit Wirtschaftsdünger in Form von Gülle aus dem Wirtschaftsbetrieb der BAL Gumpenstein. Für die Düngungskalkulationen wurden Nährstoffgehalte aus einem 10-jährigen Mittel (1983 - 1992) unterstellt (4,08 gN, 0,71 gP, 3,90 g K pro kg Gülle mit 10 % T). Für die Festlegung der Ausbringungsmenge an Gülle pro Hektar Grünland im Versuch war die voraussichtliche Kuhanzahl pro Hektar und die erwartete Güllemenge pro Kuh maßgeblich. Die Kuhanzahl pro Hektar errechnet sich aus dem Ertrag und der Grundfutteraufnahme. Der Ertrag in Abhängigkeit von der Schnitthäufigkeit und Düngung orientierte sich an Versuchsergebnissen vergleichbarer Standorte der BAL Gumpenstein (SCHECHTNER 1993, BUCHGRABER und PÖTSCH 1994). Die Grundfutteraufnahme wurde aus einem vergleichbaren Datenmaterial mit sehr unterschiedlicher Verdaulichkeit errechnet (GRUBER et al. 1995). Die Güllemenge wurde nach der Formel von WINDISCH et al. (1991) geschätzt. Die konkrete Vorgangsweise zur Kalkulation der Güllemenge ist detailliert in *Tabelle 1* angeführt. Die Berechnungen zeigen, dass die zu erwartende Güllemenge pro ha Grundfutterfläche in erster Linie von der Schnitthäufigkeit und natürlich auch vom Düngungsniveau abhängt. Die Gründe dafür liegen im Einfluss dieser beiden Faktoren auf den Ertrag und auch auf die Futteraufnahme.

Beide Komponenten entscheiden über die Tieranzahl pro Hektar und damit über die Ausscheidungsmenge an Kot und Harn. Nach diesen Kalkulationen waren in den Schnitthäufigkeiten 2, 3 und 4 in der niedrigen Düngungsstufe (Anfall an Wirtschaftsdünger) 38, 32 bzw. 25 m³ Gülle (10 % T) pro Hektar zu erwarten, bei zusätzlicher Gabe von 100 kg mineralischem Stickstoff 44, 40 bzw. 33 m³ Gülle pro ha. Dies entspricht 115, 97 und 77 kg N (niedriges Düngungsniveau, d.h. nur Wirtschaftsdünger) bzw. bei zusätzlich 100 kg min. Stickstoff 134, 124 und 101 kg N (75 % „anrechenbar“ nach FBB 1999 bzw. „feldfallend“ nach SCHECHTNER et al. 1991). SCHECHTNER (1993) gibt bei mittlerer Bewirtschaftungs-

intensität und hoher Ertragslage einen Ertrag von 8.670 kg T (1,93 RGV pro ha) und 101 kg Anfall von Wirtschaftsdünger-Stickstoff an, was den vorliegenden Kalkulationen sehr nahe kommt. Auf Grund dieser Modellkalkulationen wurde der Anfall an Wirtschaftsdünger bei 3-Schnittnutzung (für die vorliegende Region typisch) ohne mineralischer N-Düngung als Basis für das Düngungsniveau des vorliegenden Versuches gewählt, d. h. 32 m³ Gülle (10 % T) pro ha Grünlandfläche bzw. 100 kg N (anrechenbar) aus Wirtschaftsdünger. Im zweiten Düngungsniveau wurden zusätzlich 100 kg mineralischer Stickstoff pro ha (370 kg Kalkamonsalpeter, NAC 27 % N) verabreicht. Die Dünger wurden anteilmäßig zu jedem Aufwuchs ausgebracht (2 Teilgaben bei 2-Schnittnutzung etc.). Vor jeder Güllegabe wurde deren T-Gehalt analysiert und auf dieser Grundlage die erforderliche Menge berechnet. Die tatsächlich ausgebrachten Güllemengen (10 % T) waren im Mittel der 4 Versuchsjahre 31,8, 32,3, 32,1 m³ pro ha in N2, N3, N4 sowie 31,9 und 32,3 m³ in DG und DN. Die durchschnittlichen Nährstoffgehalte während des Versuches beliefen sich auf 4,23 g N, 0,57 g P und 3,72 g K pro kg Gülle (10 % T). Aus statistischen Gründen (Kalkulation möglicher Wechselwirkungen zwischen Düngung und Nutzung) wurde das Düngungsniveau für alle 3 Schnitthäufigkeiten konstant gehalten (siehe Abschnitt 2.1 Versuchsplan). Die Berechnungen haben ein Defizit (Differenz zwischen Güllemenge und Pflanzenentzug) bei Phosphor und Kalium aufgezeigt. Daher wurden in jedem Versuchsjahr im Frühling pro ha 70 kg Hyperkorn (26 % P₂O₅, 3 % MgO) und 100 kg Kornkali (40 % K₂O, 6 % MgO) gedüngt und damit 8 kg P bzw. 33 kg K ausgebracht. Damit wird auch den aktuellen Richtlinien für die sachgerechte Düngung des FBB (1999) entsprochen, die ebenfalls auf dem Entzug durch die Pflanzen basieren. In den meisten Gruppen wurde das Defizit mit diesen Düngermengen etwas mehr als gedeckt (*Tabelle 1*).

Die Planungen haben also ergeben, dass in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität ein sehr unterschiedlicher Tierbesatz (Kühe pro ha), Ertrag und Futterbedarf zu erwarten sind. Dies führte zu unterschied-

lichen Parzellengrößen je nach Schnitthäufigkeit und Düngung (1,44 bis 2,23 ha).

Schnittzeitpunkte, Ernte und Konservierung

Der Faktor Nutzungshäufigkeit hatte 3 Stufen (N2, N3, N4). Die Erntetermine für die 2-Schnittnutzung (N2) waren der 27. Juni und 30. September, für die 3-Schnittnutzung (N3) der 30. Mai, 27. Juli und 30. September sowie für die 4-Schnittnutzung (N4) der 17. Mai, 27. Juni, 10. August und 30. September. Durch diese Differenzierung ergaben sich sehr unterschiedliche Aufwuchszeiten (3, 2 bzw. 1,5 Monate) und damit Vegetationsstadien bei der Ernte der einzelnen Varianten der Nutzungshäufigkeit (KRAUTZER 2000).

Sämtliche Aufwüchse wurden aus versuchstechnischen Gründen als Heu konserviert. Das Futter wurde zum Erntetermin - unter Berücksichtigung der Wetersituation - mit einem Trommelmähwerk gemäht und anschließend sofort gezzett. Am zweiten Tag wurde noch einmal gewendet, geschwadet und als Welkheu mit einem Erntewagen abtransportiert. Zu diesem Zeitpunkt wurde auch der Ertrag festgestellt, indem die gesamte Futtermenge einer Versuchspartelle auf der Brückenwaage gewogen und der Trockenmassegehalt festgestellt wurde. Anschließend wurde das Futter mit einer solarunterstützten Kaltluftbelüftung unter Dach zu Ende getrocknet. Zur Erleichterung der Versuchsmanipulationen und Übersichtlichkeit bei der Lagerung (> 100.000 kg T) wurde jede Futtervariante (n = 18, 2 x [2 + 3 + 4]) gepresst und bis zum Fütterungsversuch gelagert.

Botanische Artengruppen

Jeder erste Aufwuchs wurde pflanzensoziologisch untersucht (SOBOTIK und POPPELBAUM 2000) und von jedem Aufwuchs das Vegetationsstadium bestimmt (KRAUTZER 2000). Zusätzlich wurde jeder Aufwuchs in die Artengruppen Gräser, Kräuter sowie Leguminosen zerlegt und der Trockenmasseanteil gewichtsmäßig bestimmt. Die Artengruppen wurden noch weiter in Blatt und Stängel unterteilt. Die Artengruppen und deren Blatt- und Stängelanteile wurden chemisch und auf in vitro-Verdaulichkeit untersucht (GRUBER et al., in Vorbereitung).

Tabelle 1: Kalkulationsunterlagen zur Bemessung der Ausbringungsmenge an Gülle im Versuch

DÜNGUNGSNIVEAU SCHNITTHÄUFIGKEIT	nur Wirtschaftsdünger			Wirtschaftsdünger plus 100 kg min. N			
	2	3	4	2	3	4	
Grünland							
Ertrag	kg T/ha	7.000	7.000	6.000	7.500	8.200	7.500
Energiegehalt	MJ NEL/kg T	4,78	5,51	5,88	4,58	5,31	5,78
Proteingehalt	g/kg T	98	131	149	108	141	155
Stickstoffgehalt	g/kg T	15,7	20,9	23,8	17,3	22,5	24,8
Phosphorgehalt	g/kg T	3,0	3,3	3,6	2,9	3,2	3,5
Kaliumgehalt	g/kg T	20,0	24,0	28,0	19,0	23,0	27,0
Kühe							
ohne KF (KO)							
GF-Aufnahme	kg IT	11,9	13,1	13,7	11,6	12,8	13,6
Futtermenge		587	534	437	647	641	553
Kühe pro ha Grünland		1,61	1,46	1,20	1,77	1,76	1,52
25 % KF (KK)							
GF-Aufnahme	kg IT	10,7	11,7	12,3	10,4	11,4	12,1
KF-Aufnahme	kg IT	3,60	4,00	4,10	3,50	3,90	4,10
Futtermenge		657	597	488	723	717	619
Kühe pro ha Grünland		1,80	1,64	1,34	1,98	1,97	1,70
KF nach Norm (KN)							
GF-Aufnahme	kg IT	10,2	12,2	13,2	9,7	11,6	12,9
KF-Aufnahme	kg IT	5,0	2,7	1,3	5,5	3,4	1,7
GES-Aufnahme	kg IT	15,2	14,9	14,6	15,2	15,0	14,7
Futtermenge		688	575	453	777	706	579
Kühe pro ha Grünland		1,89	1,57	1,24	2,13	1,93	1,59
Energiegehalt GES	MJ NEL/kg T	5,84	5,96	6,07	5,83	5,91	6,04
Proteingehalt GES	g/kg T	133	144	154	143	155	161
Gülleanfall (Gruppe KN)							
Gülleanfall pro Kuh	m ³ /Kuh	19,9	20,1	20,2	20,5	20,9	20,8
Gülleanfall pro ha	m ³ /ha	37,5	31,6	25,1	43,7	40,4	32,9
N-Gülleanfall pro ha	kg/ha	115	97	77	134	124	101
P-Gülleanfall pro ha	kg/ha	27	22	18	31	29	23
K-Gülleanfall pro ha	kg/ha	146	123	98	170	158	128
N-Entzug pro ha	kg/ha	110	146	143	130	185	186
P-Entzug pro ha	kg/ha	21	23	22	22	26	26
K-Entzug pro ha	kg/ha	140	168	168	143	189	203
Gülledüngung im Versuch							
Güllemenge pro ha	m ³ /ha	32	32	32	32	32	32
N-Güllemenge pro ha	kg/ha	98	98	98	98	98	98
P-Güllemenge pro ha	kg/ha	23	23	23	23	23	23
K-Güllemenge pro ha	kg/ha	125	125	125	125	125	125
Flächenbedarf							
GF Verbrauch (Gruppe KO)	kg T	3.255	3.581	3.745	3.165	3.492	3.700
GF Verbrauch (Gruppe KN)	kg T	2.777	3.325	3.616	2.635	3.170	3.535
GF Verbrauch (Gruppe KK)	kg T	2.910	3.200	3.355	2.831	3.120	3.309
Summe (KO + KN + KK)	kg T	8.942	10.106	10.716	8.631	9.783	10.544
Summe x 1,25 Sicherheitszuschlag	kg T	11.178	12.632	13.395	10.789	12.228	13.180
Flächenbedarf	ha	1,60	1,80	2,23	1,44	1,49	1,76
Flächenbedarf	%	15,5	17,5	21,6	13,9	14,4	17,0
Irdninger Wiese	ha	0,80	0,91	1,12	0,72	0,75	0,88
Stainacher Wiese	ha	1,12	1,27	1,57	1,01	1,05	1,24
Deckung des Flächenbedarfs	%	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7	120,7

Kalkulationen zur Versuchsplanung:

Futteraufnahme (nach GRUBER et al. 1995):

$$\text{Grundfutteraufnahme: } GF_{KO} \text{ (kg T)} = 13,25 + 1,64 \times (\text{NEL}_{GF} - 5,59)$$

(KF-Gruppe "KO")

$$\text{Futteraufnahme: } KF_{KN} \text{ (kg T)} = (GF_{KO} - (\text{NEL}_{BEDARF} / \text{NEL}_{GF})) / (0,35 - (\text{NEL}_{KF} / \text{NEL}_{GF}))$$

(KF-Gruppe "KN")

$$\text{Grundfutteraufnahme: } GF_{KK} \text{ (kg T)} = GF_{KO} \times (0,75 + 0,25 \times 0,35)$$

(KF-Gruppe "KK")

$$KF_{KK} \text{ (kg T)} = (GF_{KK} / 0,75) \times 0,25$$

Gülleausscheidung (nach WINDISCH et al. 1991):

$$\text{Gülle (kg/Jahr): } \text{Gülle} = (9.300 + (\text{ECM} + 550) \times (3,28 - 0,544 \times \text{NEL}_{GES} + 0,0082 \times \text{XP}_{GES})) \times 1,25$$

$$(5.000 \text{ kg ECM}, 625 \text{ kg LM}, \text{NEL}_{KF} = 8,0 \text{ MJ}, \text{XP}_{KF} = 204 \text{ g/kg T})$$

GF, KF, GES = Grundfutter, Kraffutter, Gesamtration

NEL_{GF} in MJ/kg T_{GF} = Energiekonzentration des GFXP_{GF} in g/kg T_{GF} = Proteingehalt des GF**2.3 Tiere, Fütterungs-, Verdauungs- und Bilanzversuche****Verdauungsversuche mit Schafen**

Von jedem Aufwuchs aller 4 Versuchsjahre (n = 72, [4 x 18]) wurde die Verdaulichkeit *in vivo* mit jeweils 4 Hammeln der Rasse Bergschaf untersucht (71.5 ± 5.6 kg Lebendmasse). Die Verdauungsversuche richteten sich nach den Leitlinien für die Bestimmung der Ver-

daulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern der GfE (1991). Das Futterniveau betrug 1.000 g T pro Tag für alle Gruppen (= 40,7 g/kg LM^{0,75}). Die Vor- und Sammelperioden dauerten jeweils 14 Tage. Ein Energie- bzw. Proteinausgleich wurde nicht durchgeführt. An Mineralstoffen wurden nur 4 g pro Tag Viehsalz ergänzt. Die Verdaulichkeit des Energie- und Proteinkraftfutters aus dem Fütterungsversuch mit den Kühen wurde nach der Regressionsmethode bestimmt (0, 25, 50 und 75 % Kraftfutter, 4 Tiere pro Kraftfuttergruppe). Die Verdauungsversuche mit Schafen wurden jeweils im Anschluss an den Fütterungsversuch mit Kühen durchgeführt. An jedem Tag wurde dabei eine aliquote Futtermenge für den Hammelversuch entnommen, um eine repräsentative Probe aus dem Fütterungsversuch zu erhalten.

Fütterungs- und Bilanzversuche mit Kühen

In den Fütterungs- und Bilanzversuchen mit Kühen waren 3 Kraftfutterstufen (KO, KN, KK) vorgesehen. In Gruppe KO (Kraftfutter Null) wurde ausschließlich Grundfutter aus den Versuchsvarianten angeboten. Von dieser Gruppe sollten Futteraufnahme- und Milchleistungsdaten ohne jeglichen Kraftfuttermengeerhalt erhalten werden. In Gruppe KN wurde Kraftfutter nach Norm gefüttert (Differenz zwischen aktueller Milchleistung und Milcherzeugungswert des Grundfutters). Die Energie- und Proteinergänzung erfolgte nach den Angaben der GEH (1986). Diese Gruppe entspricht praktischen, bedarfsgerechten Fütterungsverhältnissen. Zur Interpretation der Futteraufnahmeergebnisse in dieser Gruppe ist allerdings zu bemerken, dass die Grundfutteraufnahme der 3 Nutzungshäufigkeitsgruppen (N2, N3, N4) in diesem Fall von unterschiedlichen Kraftfuttermengen mitbeeinflusst und

streng genommen nicht vergleichbar ist. Daher wurde zusätzlich eine dritte Kraftfuttergruppe mit konstantem Kraftfutteranteil (KK) geschaffen. Der Kraftfutteranteil machte im Durchschnitt 25 % der Trockenmasseaufnahme aus, wurde jedoch während der 12-wöchigen Versuchsdauer kontinuierlich von 30 auf 20 % vermindert, um eine gewisse Anpassung an den Laktationsverlauf zu erhalten. Analog zur bedarfsgerechten Kraftfuterergänzung (Gruppe KN) sind in Gruppe KK die Milchleistungsergebnisse der 3 Schnitthäufigkeitsstufen (N2, N3, N4) strenggenommen nicht vergleichbar, da N2 mehr Kraftfutter benötigt hätte als N3 etc., wohl aber die Futteraufnahme.

Etwa in der Mitte des Fütterungsversuchs wurde mit den meisten Kühen (n = 190) ein Bilanzversuch mit Sammlung von Milch, Kot und Harn über eine Dauer von 5 Tagen (Montag mittags bis Samstag mittags) durchgeführt. Die Versuchsdurchführung und Ergebnisse sind bei GRUBER et al. (1999) ausführlich beschrieben. Aus diesem Datenmaterial wurden Regressionsgleichungen zur Schätzung der Ausscheidung von Gülle (Kot und Harn), Stickstoff, Phosphor und Kalium abgeleitet und im dazugehörigen Fütterungsversuch angewendet.

Grundfutter, Kraftfutter- und Mineralstoffergänzung

Das Grundfutter bestand ausschließlich aus den vom Grünlandversuch erhaltenen Schnitthäufigkeitsvarianten in Form von Heu (N2/DG, N3/DG, N4/DG so-

wie N2/DN, N3/DN, N4/DN). Innerhalb einer Schnitthäufigkeitsvariante wurden die Aufwüchse an jedem Tag in dem Verhältnis angeboten, wie es dem Grünlandertrag der Variante entsprach.

Die Rationen wurden ein Mal pro Woche mit einem Computerprogramm entsprechend den Versuchsvorgaben auf Basis der Daten der Vorwoche (Futteraufnahme in KO und KK, Futteraufnahme und Milchleistung in KN) angepasst (Zuschläge 5 - 10 % der Nettofutteraufnahme zur Erreichung von ad libitum-Futteraufnahmebedingungen). Die Mineralstoffversorgung erfolgte in allen Gruppen nach Bedarf (GfE 1993). Die Ergänzung mit Phosphor erfolgte mit einer P-reichen Mineralstoffmischung (92 g Ca, 126 g P, 43 g Mg, 117 g Na pro kg), die Calcium- und Natriumergänzung mit kohlensaurem Futterkalk bzw. Viehsalz. Alle Tiere erhielten pro Tag 120 g einer Spurenelement/Wirkstoff-Mischung (1 Mio i.E. Vit. A, 110.000 i.E. Vit. D₃, 520 mg Fe, 1.400 mg Mn, 5.400 mg Zn, 220 mg Cu, 150 mg J, 13 mg Co, 6 mg Se pro kg).

Als Kraftfutter wurde vornehmlich ein energiereiches Kraftfutter (EKF) verwendet, bei Bedarf (N-Bedarf der Mikroben bzw. nXP-Bedarf der Kühe) wurde zusätzlich ein proteinreiches Kraftfutter (PKF) angeboten (Proteinbedarf nach GEH 1986).

Die Tiere wurden wöchentlich zu einem festgelegten Termin gewogen (Dienstag 13.00 Uhr). Wasser stand aus Selbsttränken immer zur Verfügung.

Rationsberechnung in Gruppe KK (konstanter Kraftfutteranteil):

Kraftfutteranteil (% der IT) = 30,9 - 0,9 x Versuchswoche (→ von 30 auf 20 % sinkend)
XP/ME-Verhältnis (g/MJ) = 13,1 - 0,1 x Versuchswoche (→ von 13 auf 12 sinkend)

Zusammensetzung des Energiekraftfutters:

30 % Gerste, 15 % Mais, 15 % Weizen, 25 % Trockenschnitzel, 15 % Weizenkleie

Zusammensetzung des Proteinkraftfutters:

25 % Ackerbohne, 25 % Erbse, 25 % Rapsextraktionsschrot, 25 % Sojaextraktionsschrot

Regressionsgleichungen zur Berechnung der Gülle- und Nährstoffausscheidungen (Daten von GRUBER et al. 1999):

$$\begin{aligned} \text{Gülle}_{10} &= 40,96 + 0,006 \text{ LM} + 0,020 \text{ IXP}_{\text{GES}} + 0,193 \text{ INEL}_{\text{GES}} + 0,269 \text{ XP}_{\text{GES}} - 0,100 (\text{XP}_{\text{GES}} \times \text{NEL}_{\text{GES}}) - 0,064 (\text{IT}_{\text{KF}} \times \text{NEL}_{\text{GF}}) \quad R^2 = 0,945, \text{ RSD} = 2,3 \text{ kg} (3,4 \%) \\ \text{ExN} &= 332,8 + 0,078 \text{ LM} + 0,087 \text{ IXP}_{\text{GES}} - 0,146 (\text{XP}_{\text{GES}} \times \text{NEL}_{\text{GES}}) - 71,394 \text{ NEL}_{\text{GF}} - 2,577 \text{ XP}_{\text{GF}} + 0,734 (\text{XP}_{\text{GF}} \times \text{NEL}_{\text{GF}}) \quad R^2 = 0,863, \text{ RSD} = 26 \text{ g} (10,1 \%) \\ \text{ExP} &= 5,14 + 0,019 \text{ LM} + 1,262 \text{ IT}_{\text{GES}} + 0,136 \text{ IP}_{\text{GES}} + 0,082 \text{ KF}\% + 0,045 \text{ XP}_{\text{GF}} - 3,062 \text{ NEL}_{\text{GF}} \quad R^2 = 0,720, \text{ RSD} = 3,9 \text{ g} (10,9 \%) \\ \text{ExK} &= -18,60 + 0,024 \text{ LM} + 11,737 \text{ IT}_{\text{GES}} + 0,106 \text{ IK}_{\text{GES}} - 0,988 \text{ KF}\% + 0,360 \text{ XP}_{\text{GF}} - 21,029 \text{ NEL}_{\text{GF}} \quad R^2 = 0,871, \text{ RSD} = 15,5 \text{ g} (10,9 \%) \end{aligned}$$

Gülle₁₀, ExN, ExP, ExK = Ausscheidung (Exkretion) an Gülle mit 10 % T (kg/Tag), Stickstoff, Phosphor, Kalium (g pro Tag)
LM = Lebendmasse (kg)
GF, KF, GES = Grundfutter, Kraftfutter, Gesamtfutter
IT_{GES}, IT_{KF} = Aufnahme (intake) an GES, KF (kg T/Tag)
IXP_{GES}, INEL_{GES}, IP_{GES}, IK_{GES} = Aufnahme an Rohprotein, Phosphor, Kalium (g/Tag) und NEL (MJ/Tag)
KF% = Kraftfutteranteil an Gesamtration (% der IT)
XP_{GF}, XP_{GES}, NEL_{GF}, NEL_{GES} = Konzentration an XP, NEL in GF, GES (g/kg T, MJ/kg T)

Tabelle 2: Kriterien der Kühe vor Versuchsbeginn

VERSUCHSFAKTOR GRUPPE	NUTZUNG (N)			DÜNGUNG (D)			KRAFTFUTTER (K)			RASSE			JAHR			
	N2	N3	N4	DG	DN	KO	KN	KK	FV	BS	HF	1994	1995	1996	1997	
Anzahl	72	72	72	108	108	72	72	72	72	72	72	54	54	54	54	
Laktationstag	100	98	98	98	99	97	100	100	98	101	98	99	99	99	98	
Laktationszahl	2,9	3,1	2,9	2,8	3,1	3,2	2,9	2,9	3,3	2,5	3,1	3,2	2,6	2,9	3,2	
Lebendmasse	kg	625	635	625	627	630	628	633	623	668	602	615	630	629	627	627
Grundfutter	kg T	12,3	12,1	11,9	12,2	12,1	12,1	12,1	12,2	11,9	11,8	12,6	11,2	12,3	13,0	12,0
Kraffutter	kg T	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	5,8	5,9	6,3	5,6	6,1	6,3	6,0
Gesamtration	kg T	18,3	18,2	17,9	18,2	18,1	18,0	18,1	18,2	17,7	17,7	18,9	16,8	18,4	19,3	18,0
Milchleistung	kg	22,6	23,1	23,3	22,9	23,1	22,8	23,0	23,2	21,0	22,0	25,9	23,9	22,8	23,4	21,9
Fett	%	4,57	4,46	4,60	4,49	4,60	4,53	4,58	4,52	4,47	4,39	4,76	4,90	4,56	4,31	4,40
Eiweiß	%	3,18	3,14	3,15	3,15	3,16	3,17	3,14	3,15	3,25	3,15	3,06	3,03	3,19	3,23	3,17
Laktose	%	4,88	4,91	4,92	4,91	4,90	4,94	4,91	4,87	4,96	4,96	4,80	4,89	4,91	4,95	4,86
ECM	kg	24,2	24,3	24,9	24,2	24,7	24,2	24,6	24,5	22,3	23,0	28,1	26,2	24,4	24,3	22,9

KRAFTFUTTER NUTZUNG Gruppe (NK)	Kein Kraffutter (KO)			Kraffutter nach Norm (KN)			Kraffutteranteil konstant(KK)			
	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	
	N2/KO	N3/KO	N4/KO	N2/KN	N3/KN	N4/KN	N2/KK	N3/KK	N4/KK	
Anzahl	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
Laktationstag	99	98	94	101	100	98	101	97	101	
Laktationszahl	2,7	3,4	3,4	3,0	3,2	2,5	3,1	2,8	2,7	
Lebendmasse	kg	617	643	624	628	640	632	630	620	620
Grundfutter	kg T	12,7	11,9	11,6	12,1	11,9	12,3	12,1	12,5	11,9
Kraffutter	kg T	5,9	6,0	6,0	6,1	6,0	6,1	6,1	6,0	5,9
Gesamtration	kg T	18,5	18,0	17,6	18,2	17,9	18,3	18,2	18,6	17,8
Milchleistung	kg	22,0	23,1	23,3	22,7	23,4	23,1	23,2	22,8	23,5
Fett	%	4,49	4,41	4,69	4,72	4,43	4,59	4,50	4,55	4,52
Eiweiß	%	3,25	3,11	3,16	3,16	3,16	3,11	3,14	3,14	3,17
Laktose	%	4,95	4,92	4,93	4,92	4,87	4,95	4,76	4,94	4,89
ECM	kg	23,4	24,1	25,1	24,6	24,5	24,6	24,5	24,2	24,9

DÜNGUNG KRAFTFUTTER NUTZUNG Gruppe (NDK)	Kein Kraffutter (KO)			32 m ³ Gülle (DG)			Kraffutteranteil konstant (KK)			
	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	
	N2/KO/DG	N3/KO/DG	N4/KO/DG	N2/KN/DG	N3/KN/DG	N4/KN/DG	N2/KK/DG	N3/KK/DG	N4/KK/DG	
Anzahl	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Laktationstag	96	98	94	100	101	97	102	97	102	
Laktationszahl	2,5	3,1	3,6	2,5	2,9	2,4	2,8	2,8	2,8	
Lebendmasse	kg	609	653	641	619	631	619	606	640	622
Grundfutter	kg T	12,7	12,2	11,7	12,6	11,9	11,8	11,9	13,1	11,5
Kraffutter	kg T	5,6	6,1	5,9	6,2	6,0	6,0	6,2	6,2	5,9
Gesamtration	kg T	18,4	18,3	17,6	18,9	17,9	17,8	18,1	19,3	17,5
Milchleistung	kg	22,4	21,8	23,4	21,9	23,8	23,2	22,6	23,3	23,7
Fett	%	4,47	4,46	4,72	4,57	4,34	4,53	4,57	4,45	4,28
Eiweiß	%	3,24	3,14	3,14	3,21	3,16	3,03	3,17	3,19	3,10
Laktose	%	4,98	4,95	4,93	4,93	4,85	4,87	4,91	4,94	4,86
ECM	kg	23,8	23,1	25,3	23,2	24,6	24,5	24,2	24,6	24,4

DÜNGUNG KRAFTFUTTER NUTZUNG Gruppe (NDK)	Kein Kraffutter (KO)			32 m ³ Gülle und 100 kg min. N (DN)			Kraffutteranteil konstant (KK)			
	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	
	N2/KO/DN	N3/KO/DN	N4/KO/DN	N2/KN/DN	N3/KN/DN	N4/KN/DN	N2/KK/DN	N3/KK/DN	N4/KK/DN	
Anzahl	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
Laktationstag	101	97	95	103	99	98	101	98	101	
Laktationszahl	2,9	3,7	3,3	3,4	3,4	2,6	3,5	2,8	2,6	
Lebendmasse	kg	624	634	607	637	650	646	653	600	617
Grundfutter	kg T	12,6	11,7	11,5	11,6	12,0	12,8	12,4	12,0	12,2
Kraffutter	kg T	6,1	5,9	6,0	5,9	5,9	6,1	6,0	5,9	5,9
Gesamtration	kg T	18,7	17,6	17,5	17,5	17,9	18,9	18,4	17,9	18,1
Milchleistung	kg	21,7	24,5	23,1	23,4	22,9	23,0	23,8	22,3	23,3
Fett	%	4,50	4,36	4,66	4,86	4,51	4,64	4,42	4,65	4,76
Eiweiß	%	3,25	3,08	3,18	3,10	3,16	3,19	3,11	3,10	3,24
Laktose	%	4,93	4,90	4,93	4,90	4,88	5,03	4,62	4,94	4,93
ECM	kg	23,1	25,3	24,9	25,7	24,3	25,0	24,8	24,0	25,6

Versuchskühe

Die Kühe für die Fütterungs- und Bilanzversuche wurden aus der Herde der BAL Gumpenstein bestehend aus den Rassen Fleckvieh (FV), Brown Swiss (BS) und Holstein Friesian (HF) ausgewählt und die Versuche im darauffolgenden Winter durchgeführt. Von jedem Erntejahr wurden 3 Wiederholungen mit jeweils 18 Tieren vorgenommen (n = 54 pro Jahr, N = 216 im gesamten Versuch). Der für den Versuch ausgewertete Zeitraum betrug 12 Wochen (84 Tage), und zwar im Durchschnitt vom 100. Laktationstag (86. - 114.) an. Davor machten die Tiere eine vierwöchige Vorperiode durch:

- 1. Woche:
Angewöhnung an eine Heuration
(→ Gewöhnung an Versuchsbedingungen)
 - 2. Woche:
Fütterung mit Kraftfutter nach Leistung
(→ Kovariable für Milchleistungspotential, Basis für Gruppenzuteilung)
 - 3. Woche:
Fütterung mit 1/3 Kraftfutteranteil unabhängig von der Leistung
(→ Kovariable für Futteraufnahmepotential, Basis für Gruppenzuteilung)
 - 4. Woche:
Angewöhnung an Versuchsration
(→ nicht für statistische Auswertung, Basis für Ration in 1. Versuchswoche)
- Die Tiere wurden auf Grund von Milchleistung und Futteraufnahme in Woche 2 und 3 der Vorperiode sowie von Laktationszahl und Rasse gleichmäßig den 18 Versuchsgruppen zugeteilt. Die Gruppen waren hinsichtlich dieser Kriterien streng balanziert. Die wesentlichen Kri-

terien der Kühe vor Versuchsbeginn sind in *Tabelle 2* angeführt. Demnach waren die Gruppen und Untergruppen hinsichtlich der Tierdaten zu Versuchsbeginn ausgeglichen. Das Laktationsstadium lag zu Versuchsbeginn bei 99 ± 7 Tagen, die Laktationszahl lag bei 3.0 ± 2.0, die Grundfutteraufnahme bei 12.1 ± 1.8 kg T, die Kraftfutteraufnahme bei 6.0 ± 0.8 kg T und die Milchleistung bei 24.5 ± 5.8 kg ECM. Die Rassen FV, BS und HF wiesen eine Grundfutteraufnahme von 11.9, 11.8 und 12.6 kg T sowie eine Milchleistung von 22.3, 23.0 und 28.1 kg ECM auf. Die Fütterungszeit dauerte morgens (04.30 - 08.30 Uhr) und abends (15.00 - 19.00 Uhr) jeweils vier Stunden. Die Melkung begann um 05.00 bzw. 16.30 Uhr.

2.4 Chemische Analysen, Berechnungen und statistische Auswertung

Chemische Analysen

Die chemischen Analysen erfolgten im Labor der BAL Gumpenstein nach den Methoden der ALVA (1983). Die Weender Nährstoffe und Van SOEST-Gerüstsubstanzen wurden mit Tecator®-Geräten analysiert. Für die Energiebewertung (GE, ME, NEL) wurden die Formeln der GfE (1995) und die *in vivo* ermittelten Verdauungskoeffizienten aus den Hammelversuchen (siehe Abschnitt 2.3) herangezogen. Die Proteinbewertung wurde nach dem System „Nutzbares Rohprotein am Dünndarm“ (nXP) der GfE (1997) durchgeführt. Die Milch aus der Morgen- und Abendmelkung wurde ali-

quot gemischt und daraus die Milchinhaltsstoffe Fett, Protein und Laktose mittels Milcoscan bestimmt. Weitergehende Milchuntersuchungen wurden an der Bundesanstalt für alpenländische Milchwirtschaft (GINZINGER und TSCHAGER 2000) durchgeführt.

Berechnungen

Die Futteraufnahme (IT) wurde individuell für jedes Tier aus Ein- und Rückwaage mit jeweils täglichen, individuellen Trockenmassewerten kalkuliert. Auch die Milchleistung wurde durchgehend für jedes Tier und zwar mittels Tru-Tester (Westfalia) festgestellt.

Um von den Ergebnissen dieses 12 Wochen dauernden Versuches auf die gesamte Laktation schließen und damit auch den Flächenbezug herstellen zu können, wurden aus einem vergleichbaren Versuch (GRUBER et al. 1995) - jedoch mit vollständiger Laktationsdauer - Regressionen zwischen der Gesamtlaktation und den Daten des betreffenden Versuchsabschnittes sowie einigen weiteren signifikanten Einflussfaktoren berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Schätzung auf die Gesamtlaktation (305 Tage) mit den Werten aus dem Versuchsabschnitt (84 Tage) mit hoher Genauigkeit möglich ist.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm LSMLMW PC-1 Version durchgeführt (HARVEY 1987). Für „Summary statistics“ etc. wurde STATGRAPHICS® Plus verwendet.

Regressionsgleichungen zur Berechnung der Futteraufnahme und Milchleistung pro Jahr (Daten von GRUBER et al. 1995):

GF ₃₀₅	= 1,22 + 0,88 GF ₈₄ - 0,38 b _{GF84} + 0,63 KF% ₈₄	R ² = 0,936,	RSD = 0,47 kg (3,6 %)
GES ₃₀₅	= 1,61 + 0,87 GES ₈₄ - 2,92 b _{GES84} - 0,63 KF% ₈₄	R ² = 0,967,	RSD = 0,43 kg (2,9 %)
MiGF ₃₀₅	= 0,58 + 0,87 MiGF ₈₄ - 1,21 b _{MiGF84} + 1,15 KF% ₈₄	R ² = 0,954,	RSD = 0,88 kg (8,0 %)
MiGES ₃₀₅	= 1,37 + 0,87 MiGES ₈₄ - 1,18 b _{MiGES84} - 1,97 KF% ₈₄	R ² = 0,970,	RSD = 1,01 kg (6,2 %)
MI ₃₀₅	= 4,89 + 0,82 MI ₈₄ - 5,11 b _{MI84} - 0,02 NEL% ₈₄	R ² = 0,959,	RSD = 0,97 kg (5,6 %)
FETT ₃₀₅	= 0,132 + 0,830 FETT ₈₄ - 0,105 b _{FETT84}	R ² = 0,961,	RSD = 0,051 kg (6,6 %)
EIW ₃₀₅	= 0,137 + 0,822 EIW ₈₄ - 1,295 b _{EIW84} - 0,0005 NEL% ₈₄	R ² = 0,962,	RSD = 0,030 kg (5,6 %)
LAK ₃₀₅	= 0,242 + 0,808 LAK ₈₄ - 2,756 b _{LAK84} - 0,0011 NEL% ₈₄	R ² = 0,955,	RSD = 0,047 kg (5,7 %)
LM ₃₀₅	= -8,11 + 0,99 LM ₈₄ + 5,55 b _{LM84} + 0,31 NEL% ₈₄ - 0,53 MI ₈₄	R ² = 0,989,	RSD = 7,6 kg (1,2 %)

GF₃₀₅, GES₃₀₅, GF₈₄, GES₈₄ = Grundfutter- bzw. Gesamtfutteraufnahme in 305 bzw. 84 Laktationstagen (kg T pro Tag)
 MiGF₃₀₅, MiGES₃₀₅, MiGF₈₄, MiGES₈₄ = Milcherzeugungswert des GF bzw. GES in 305 bzw. 84 Laktationstagen (kg ECM pro Tag)
 MI₃₀₅, MI₈₄ = Milchleistung in 305 bzw. 84 Tagen (kg pro Tag)
 FETT₃₀₅, EIW₃₀₅, LAK₃₀₅, FETT₈₄, EIW₈₄, LAK₈₄ = Leistung an Fett, Eiweiß und Laktose in 305 bzw. 84 Tagen (kg pro Tag)
 LM₃₀₅, LM₈₄ = Lebendmasse in 305 bzw. 84 Tagen (kg)
 b_{GF84}, b_{GES84}, b_{MiGF84}, b_{MiGES84}, b_{MI84}, b_{FETT84}, b_{EIW84}, b_{LAK84}, b_{LM84} = lineare Regressionskoeffizienten zur Beschreibung des Verlaufs von GF, GES, MiGF, MiGES, MI, FETT, EIW, LAK und LM während des 84-tägigen Versuchsabschnittes (Veränderung in kg bzw. kg T pro Tag)
 KF%₈₄ = Kraftfutteranteil während des 84-tägigen Versuchsabschnittes (kg KF/kg GES, in T)
 NEL%₈₄ = Deckung des NEL-Bedarfs während des 84-tägigen Versuchsabschnittes (NEL-Aufnahme in % des NEL-Bedarfs)

Statistisches Modell für Grünlandversuch

$$y_{ijk} = \mu + N_i + D_j + J_k + (ND)_{ij} + e_{ijk}$$

- y_{ijk} = Beobachtungswert der abhängigen Variablen
 μ = gemeinsame Konstante
 N_i = fixer Effekt der Nutzung i , $i = 1, 2, 3$
 D_j = fixer Effekt der Düngung j , $j = 1, 2$
 J_k = fixer Effekt des Erntejahres k , $k = 1, 2, 3, 4$
 $(ND)_{ij}$ = Wechselwirkung zwischen Nutzung i und Düngung j
 e_{ijk} = Restkomponente

Statistisches Modell für Fütterungs- und Bilanzversuch mit Kühen

$$y_{ijklm} = \mu + N_i + D_j + K_k + J_l + L_m + (ND)_{ij} + (NK)_{jk} + (DK)_{jk} + b_1IT + b_2ECM + b_3LAK + e_{ijklm}$$

- y_{ijklm} = Beobachtungswert der abhängigen Variablen
 μ = gemeinsame Konstante
 N_i = fixer Effekt der Nutzung i , $i = 1, 2, 3$
 D_j = fixer Effekt der Düngung j , $j = 1, 2$
 K_k = fixer Effekt des Kraftfutters k , $k = 1, 2, 3$
 J_l = fixer Effekt des Erntejahres l , $l = 1, 2, 3, 4$
 L_m = fixer Effekt der Laktationszahl m , $m = 1, 2, 3, 4, 5$
 $(ND)_{ij}$ = Wechselwirkung zwischen Nutzung i und Düngung j
 $(NK)_{jk}$ = Wechselwirkung zwischen Nutzung i und Kraftfutter k
 $(DK)_{jk}$ = Wechselwirkung zwischen Düngung j und Kraftfutter k
 b_1IT = Kovariable Futteraufnahme in Vorperiode
 b_2ECM = Kovariable Milchleistung in Vorperiode
 b_3LAK = Kovariable Laktationstage
 e_{ijklm} = Restkomponente

Die Ergebnisse sind als Least-Squares-Mittelwerte zusammen mit der Standardabweichung innerhalb Gruppen (s_e) und den dazugehörigen P-Werten sowie dem Bestimmtheitsmaß R^2 angeführt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Grünlandwirtschaft

3.1.1 Ertrag

Der Ertrag an Trockenmasse (T), Rohprotein (XP) und Energie (NEL) ist in *Tabelle 3* angeführt und zwar für die Haupteffekte Nutzung und Düngung sowie die Wechselwirkung Nutzung mal Düngung.

Der durchschnittliche Ertrag betrug 7.737 kg T pro ha im Mittel aller Versuchsvarianten. Dies entspricht der Ertragslage mittel bis hoch nach den Richtlinien für eine sachgerechte Düngung (FBB 1999). Sowohl Nutzung als auch Düngung hatten einen signifikanten Einfluss auf den Ertrag. Eine Wechselwirkung zwischen den beiden Faktoren trat nicht auf, d.h. die Nutzungshäufigkeit wirkte auf beiden Düngungsniveaus in gleicher Weise. Mit steigender Schnitthäufigkeit ging der Ertrag signifikant zurück (8.648, 8.054, 6.509 kg T/ha in N2, N3, N4). Der höchste Energieertrag

trat bei der 3-Schnittnutzung auf (39.1, 42.1, 38.1 GJ NEL/ha).

Der Rückgang des Ertrages (T) mit steigender Nutzungsfrequenz hat mehrere Ursachen und ist durch viele Versuchsergebnisse in der Literatur belegt (GEERING 1941, KÖNIG 1941, KLAPP 1951, MOTT 1962, VETTER und KUBA 1963, WILMAN et al. 1976a und 1976b, MEISTER und LEHMANN 1982, RIEDER 1985, THOMET et al. 1989, WILHELMY et al. 1991, BUCHGRABER und PÖTSCH 1994, DACCORD und ARRIGO 1999). Der Ertragsrückgang kann durch zusätzliche N-Düngung kompensiert werden (VETTER und KUBA 1963, BOMMER 1964, RIEDER 1983, BUCHGRABER und PÖTSCH 1994, DACCORD und ARRIGO 1999, BUCHGRABER 2000).

Aus ökologischer und botanischer Sicht bedeutet Mähen bzw. Weiden durch den Verlust von Blättern und Stängeln einen Stress für die Pflanze, dem sie durch Mobilisierung von Reserven und Neubildung von Blättern begegnet, um die Photosynthese aufrechtzuerhalten. Der so sich ergebende höhere Blattanteil des Folgeaufwuchses wirkt sich zwar auf dessen Futterwert positiv aus, führt jedoch bei Übernutzung zu einem Ertragsrückgang (Van SOEST 1994). So ist auch der typische, sigmaförmige Ertragsverlauf von Grünland zu erklären (CAPU-

TA 1966, NÖSBERGER und BOBERFELD 1986, KÜHBAUCH 1987, TAUBE 1990). Die erste Phase nach einem Schnitt ist gekennzeichnet durch geringe Zuwachsraten (lag-Phase), bis sich neue Blattfläche für die Photosynthese bildet. Die zweite Phase zeichnet sich durch einen nahezu linearen Zuwachsverlauf aus, da die Blattmasse und dadurch die Versorgung mit Assimilaten kontinuierlich zunimmt. Die dritte Phase ist durch abnehmende Zuwachsraten infolge von Alterung und zunehmender Beschattung charakterisiert (NÖSBERGER und BOBERFELD 1986). Ein wesentlicher Grund für niedrigere Erträge bei häufigerem Schnitt ist somit darin zu sehen, dass die lag-Phasen häufiger sind und folglich verfügbare Wachstumszeit nicht vollständig genutzt werden kann. Ein weiterer Grund liegt in der Verkürzung des Zuwachszeitraumes für den Primäraufwuchs. Da die meisten Grünlandgräser Langtags- und Vernalisationsansprüche haben, entwickelt sich nur der Primäraufwuchs generativ und macht damit maximale Zuwachsraten möglich. Das Zuwachsmaximum liegt im Bereich Ährenschieben und nimmt erst danach langsam ab. Auch 10 Tage nach dem Ährenschieben werden noch höhere Zuwachsraten erzielt, als in einem vegetativ geprägten zweiten oder dritten Aufwuchs möglich sind (F. TAUBE briefliche Mitteilung, TAUBE 1990). Dies bestätigen die Zuwachsraten der einzelnen Aufwüchse im vorliegenden Versuch (*Abbildung 1*). Im 1. Aufwuchs war die Biomassebildung durchschnittlich 66 kg T, im 2. Aufwuchs 45 kg T und im 3. Aufwuchs 21 kg T pro Tag. Ein geringerer Ertrag bei niedriger Schnitthäufigkeit ist - unter *ceteris paribus*-Bedingungen d.h. bei gleichem Düngungsniveau - nur denkbar, wenn sich der erste Aufwuchs lange Zeit in der 3. Aufwuchsphase befindet (also aus Sicht des Wachstums vollkommen überständig wird), in der auf Grund des physiologischen Alters nur noch ein geringer oder gar kein Zuwachs erzielt wird. So ist es auch verständlich, dass in allen angeführten Literaturstellen - bei gleicher Düngung - immer höhere Erträge bei niedriger Nutzungsfrequenz angegeben werden. Somit ist der im vorliegenden Versuch festgestellte Ertragsrückgang in erster Linie nicht mit einer botanischen Veränderung des Pflanzenbestandes zu erklären, son-

Tabelle 3: Ertrag, botanische und morphologische Zusammensetzung

VERSUCHSFAKTOR	GRUPPE	NUTZUNG (N)			DÜNGUNG (D)		NUTZUNG x DÜNGUNG						RSD	P-Werte			R ²
		N2	N3	N4	DG	DN	N2/DG	N3/DG	N4/DG	N2/DN	N3/DN	N4/DN		N	D	N x D	
Ertrag																	
Trockenmasse-Ertrag	kg T/ha	8.648	8.054	6.509	7.384	8.090	8.296	7.650	6.207	9.000	8.459	6.812	469	0,000	0,002	0,910	0,906
Protein-Ertrag	kg XP/ha	963	1.088	1.048	1.016	1.050	957	1.071	1.020	970	1.106	1.075	66	0,006	0,227	0,819	0,876
Energie-Ertrag	GJ NEL/ha	39,1	42,1	38,1	38,0	41,5	37,0	40,8	36,4	41,3	43,4	39,8	2,4	0,011	0,003	0,776	0,800
Anteil 1. Aufwuchs	% der T	56,3	41,1	27,4	-	-	55,6	39,6	26,3	57,1	42,6	28,5	3,9	0,000	0,182	0,929	0,945
Anteil 2. Aufwuchs	% der T	43,7	32,1	26,9	-	-	44,4	33,3	28,0	42,9	30,8	25,7	4,3	0,000	0,254	0,967	0,830
Anteil 3. Aufwuchs	% der T	-	26,9	26,8	-	-	-	27,1	27,0	-	26,6	26,6	5,7	0,000	0,899	0,996	0,891
Anteil 4. Aufwuchs	% der T	-	-	18,9	-	-	-	-	18,7	-	-	19,2	5,7	0,000	0,940	0,994	0,816
Dauer 1. Aufwuchs	Tage	74	52	35	-	-	74	52	35	74	52	35	5	0,000	-	-	0,947
Dauer 2. Aufwuchs	Tage	88	56	46	-	-	88	56	46	88	56	46	4	0,000	-	-	0,972
Dauer 3. Aufwuchs	Tage	-	63	42	-	-	-	63	42	-	63	42	5	0,000	-	-	0,978
Dauer 4. Aufwuchs	Tage	-	-	49	-	-	-	-	49	-	-	49	2	0,000	-	-	0,994
Botanische Zusammensetzung																	
Gräser	% der T	86,6	73,7	65,1	72,3	78,0	87,9	68,7	60,2	85,3	78,7	70,0	2,9	0,000	0,000	0,001	0,976
Kräuter	% der T	8,6	17,3	20,5	16,2	14,8	7,7	18,9	21,9	9,5	15,7	19,2	2,4	0,000	0,186	0,112	0,948
Leguminosen	% der T	4,9	9,0	14,4	11,5	7,2	4,4	12,3	17,9	5,3	5,6	10,8	2,3	0,000	0,000	0,006	0,931
Morphologische Zusammensetzung																	
Blattanteil																	
Gesamtbestand	% der T	48,2	56,1	61,1	55,1	55,2	49,8	54,7	60,8	46,7	57,5	61,3	2,4	0,000	0,930	0,070	0,899
Gräser	% der T	48,2	57,6	66,7	58,4	56,6	49,5	57,6	68,1	47,0	57,7	65,3	3,4	0,000	0,218	0,633	0,899
Kräuter	% der T	45,8	55,0	59,4	53,4	53,4	47,1	54,6	58,4	44,6	55,4	60,3	4,3	0,000	0,978	0,619	0,777
Leguminosen	% der T	41,6	47,5	50,2	47,7	45,2	45,7	47,2	50,1	37,4	47,8	50,2	3,3	0,010	0,148	0,118	0,800
Stängelanteil																	
Gesamtbestand	% der T	51,8	43,9	38,9	44,9	44,8	50,2	45,3	39,2	53,3	42,5	38,7	2,4	0,000	0,930	0,070	0,899
Gräser	% der T	51,8	42,4	33,3	41,6	43,4	50,5	42,4	31,9	53,0	42,3	34,7	3,4	0,000	0,218	0,633	0,899
Kräuter	% der T	54,2	45,0	40,6	46,6	46,6	52,9	45,4	41,6	55,4	44,6	39,7	4,3	0,000	0,978	0,619	0,777
Leguminosen	% der T	58,4	52,5	49,8	52,3	54,8	54,3	52,8	49,9	62,6	52,2	49,8	3,3	0,010	0,148	0,118	0,800

dern durch die oben dargestellten Wachstumsgesetzmäßigkeiten. Ähnliche Ergebnisse wurden nämlich auch mit reinen Lolium-Beständen in Norddeutschland (VETTER und KUBA 1963, WILHELMY et al. 1991) und Großbritannien festgestellt (WILMAN et al. 1976a und 1976b).

Die Erntedaten waren so gewählt, dass der Anteil der einzelnen Aufwüchse am Gesamtertrag relativ ausgeglichen sein sollte. Dies wurde in etwa erreicht (56 und 44 % in N2; 41, 32, 27 % in N3; 27, 27, 19 % in N4; %-Anteil des T-Ertrages der Einzelaufwüchse am Gesamtertrag). Auch die effektiven Aufwuchszeiten sind in *Tabelle 3* zu ersehen. Diese verlängerten sich in den späteren Aufwüchsen und betragen im Durchschnitt 81, 57, 43 Tage in N2, N3 und N4.

Die zusätzliche mineralische N-Düngung erhöhte den Ertrag um 706 kg T (7.384 und 8.090 kg T pro ha in DG und DN), das sind 7,1 kg T pro kg N-Düngung. Dies liegt im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen Werte. Unter ähnlichen Wachstums- und Klimabedingungen haben JO und SCHECHTER (1990) 8 - 16 kg T Mehrertrag pro kg N-Düngung ermittelt. Aus weiteren Düngungsversuchen der BAL Gumpenstein lässt sich eine N-Wirkung von 13 - 16 kg T ablesen (PÖTSCH 1995, 1997). Bei sehr hohem Düngungsniveau (240 kg N/ha) zeigte sich, dass die N-Effizienz mit steigendem N-Angebot (0 - 240 kg N/ha) von 21 auf 0 kg T zurückgeht (PÖTSCH 1998). In der Schweiz stellte KÜNZLI (1968) eine N-Effizienz von 12,9 kg T pro kg N fest (Mittel von 5 Jahren und 4 Standorten). Auf sehr hohem Düngungsniveau (300 - 400 kg N/ha) fand RIEDER (1973) in Bayern eine Ertragszunahme von 9,4 kg pro kg N. In mehrjährigen Versuchen (Baden-Württemberg) stellte MÜLLER (1985) fest, dass das Ausmaß der N-Wirkung mit dem Wachstumspotential des Standortes negativ korreliert ist (8,7, 9,4, 13,2, 22,1 kg T auf Wiesen mit einem Ertrag von 9780, 8640, 6410, 4400 kg T/ha). Ein Grund für die relativ niedrige N-Wirkung im vorliegenden Versuch ist nach BOHNER (2000) darin zu suchen, dass in hydromorphen Böden - wie im vorliegenden Versuch - NO₃ zu N₂ und N₂O reduziert wird und gasförmig verloren geht.

3.1.2 Botanische Zusammensetzung und Blatt/Stängel-Anteile

Die botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände nach Artengruppen und deren morphologische Zusammensetzung sind ebenfalls in *Tabelle 3* angeführt. Weitergehende botanische Untersuchungen sind bei SOBOTIK und POPPELBAUM (2000) dargestellt.

Mit steigender Nutzungsfrequenz ging der Anteil der Gräser signifikant zurück (87, 74, 65 % der T in N2, N3 und N4). Anstelle der Gräser traten die Kräuter (9, 17, 21 % der T) und in geringerem Umfang die Leguminosen (5, 9, 14 % der T in N2, N3, N4). Wie in vielen Untersuchungen (MOTT 1962, MÜLLER 1985, RIEDER 1985, THOMET et al. 1983, BUCHGRABER und PÖTSCH 1994, PÖTSCH 1998) wurden die Leguminosen durch N-Düngung teilweise verdrängt (12 und 7 % der T in DG und DN). Die Nutzungshäufigkeit wirkte sich in den beiden Düngungsniveaus unterschiedlich auf den Pflanzenbestand aus (Wechselwirkung). Die zusätzliche N-Düngung (DN) bewirkte in den Nutzungshäufigkeiten N3 und N4 eine deutlichere Zunahme des Gräseranteils (etwa 10 %-Punkte) als in N2 (3 %-Punkte).

Erwartungsgemäß veränderte die Häufigkeit der Nutzung die morphologische Zusammensetzung der Pflanzen gravierend (*Tabelle 3*). Auf Grund des Wachstumsverlaufs nahm der Anteil der Blätter an der Gesamtpflanze (% der T) mit steigender Nutzungsfrequenz zu (48, 56, 61 in N2, N3, N4). Gräser wiesen in allen Vegetationsstadien einen höheren Blattanteil auf als Kräuter und diese mehr als Leguminosen. Durch N-Düngung verminderte sich der Blattanteil geringfügig, woraus das etwas höhere physiologische Alter bei der intensiver gedüngten Variante sichtbar wird. Die morphologische Veränderung der Pflanzen und die Entwicklung der Verdaulichkeit der Pflanzenteile (Blatt, Stängel) während der Vegetation sind bei MINSON (1990) ausführlich beschrieben und mit weiterführenden Literaturdaten belegt. Im frühen Vegetationsstadium ist die Verdaulichkeit aller Pflanzenteile (Blatt und Stängel) sehr hoch (ca. 80 %) und nicht wesentlich unterschiedlich. Mit zunehmendem Alter sinkt die Ver-

daulichkeit des Stängels wesentlich rascher und tiefer als die des Blattes. Generell verhalten sich alle drei Artengruppen in ähnlicher Weise, allerdings auf verschiedenem Niveau. Unterschiede zwischen den Artengruppen und deren Pflanzenteilen bestehen allerdings im Verlauf der Verdaulichkeit während der Vegetation (DEMARQUILLY und JARRIGE 1973, MINSON 1990, GRUBER et al. in Vorbereitung). Zwischen Nutzung und Düngung bestand hinsichtlich morphologischer Zusammensetzung keine Wechselwirkung.

3.1.3 Inhaltsstoffe und Verdaulichkeit des Grundfutters

Der Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen sowie deren Verdaulichkeit, der Energie-, Protein- (nach GfE 1997) und Mineralstoffgehalt sind in *Tabelle 4* angegeben. Die Daten sind Mittelwerte für den ganzen Vegetationszeitraum einer Nutzungsvariante, d.h. gewichtet nach den Erträgen der einzelnen Aufwüchse. Die Ergebnisse für die einzelnen Aufwüchse getrennt sind in *Tabelle 5* sowie *Anhangtabelle 5A1* (für DG) und *5A2* (für DN) angeführt.

Mit steigender Nutzungshäufigkeit erhöhte sich erwartungsgemäß der Gehalt an Rohprotein (112, 135, 160 g XP/kg T in N2, N3, N4) und ging der Gehalt an Rohfaser (331, 291, 246 g XF/kg T) bzw. Gerüstsubstanzen (627, 552, 467 g NDF/kg T) zurück. Dies beruht auf der morphologischen Veränderung der Pflanze in Richtung eines höheren Stängelanteils und dessen zunehmender Lignifizierung (KÜHBAUCH 1987, MINSON 1990, Van SOEST 1994, JUNG und ALLEN 1995, SÜDEKUM et al. 1995a). Dieser Prozess war begleitet von einem deutlichen Rückgang der Verdaulichkeit aller Nährstoffe (58,0, 65,6, 72,2 % dO in N2, N3, N4). Als Ergebnis aller Veränderungen der Nährstoffgehalte und deren Verdaulichkeiten mit fortschreitender Vegetation betrug der Energiegehalt 4,53, 5,24, 5,85 MJ NEL/kg T in N2, N3, N4. *Abbildung 1* zeigt, dass die Energiekonzentration mit Fortdauer der Vegetation im 1. Aufwuchs fast doppelt so rasch zurückging wie in den Folgeaufwüchsen (-0,035, -0,020, -0,014 MJ NEL pro Tag in Aufwuchs 1, 2 bzw. 3).

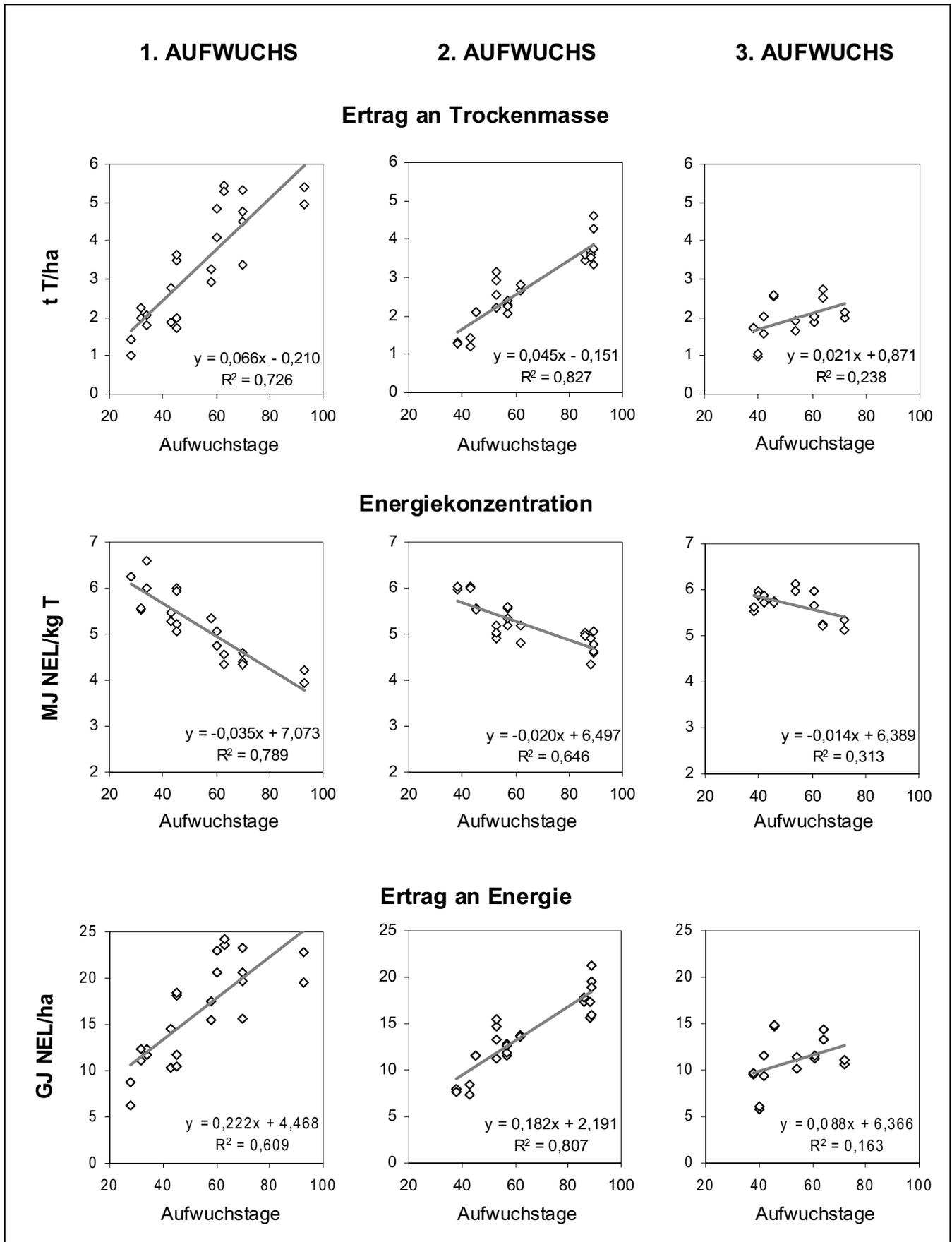


Abbildung 1: Entwicklung von Ertrag und Energiekonzentration während der Vegetation

Tabelle 4: Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen, Verdaulichkeit und Energiekonzentration, Mineralstoffgehalt
(Werte gewichtet nach Ertragsanteil der Einzelaufwüchse)

VERSUCHSFAKTOR		NUTZUNG (N)			DÜNGUNG (D)		NUTZUNG x DÜNGUNG						RSD	P-Werte			R ²
GRUPPE		N2	N3	N4	DG	DN	N2/DG	N3/DG	N4/DG	N2/DN	N3/DN	N4/DN		N	D	N x D	
Rohnährstoffe																	
XP	g/kg T	112	135	160	140	132	116	140	164	107	131	157	6	0,000	0,007	0,878	0,953
XL	g/kg T	18	20	22	20	20	18	20	22	18	20	22	2	0,001	0,901	0,942	0,794
XF	g/kg T	331	291	246	286	292	328	282	249	335	300	242	15	0,000	0,346	0,278	0,909
XX	g/kg T	461	465	468	464	465	460	469	464	462	460	472	11	0,425	0,858	0,267	0,892
XA	g/kg T	78	89	104	90	91	79	89	101	77	89	106	7	0,000	0,719	0,533	0,811
Gerüstsubstanzen																	
NDF	g/kg T	627	552	467	542	555	621	540	466	632	565	469	19	0,000	0,119	0,533	0,954
ADF	g/kg T	375	327	283	324	332	369	321	283	381	333	283	10	0,000	0,076	0,407	0,958
ADL	g/kg T	44	35	30	36	37	44	35	30	45	35	31	3	0,000	0,651	0,904	0,882
HEM	g/kg T	252	225	184	218	223	252	219	183	251	231	186	11	0,000	0,319	0,534	0,933
ZEL	g/kg T	331	292	253	288	296	325	286	254	336	299	252	10	0,000	0,097	0,353	0,943
Verdaulichkeit Rohnährstoffe																	
XP	%	57,9	62,7	67,5	63,2	62,2	57,9	63,6	68,0	58,0	61,8	67,0	1,8	0,000	0,229	0,595	0,910
XL	%	18,7	28,4	36,2	27,9	27,7	16,6	30,7	36,4	20,9	26,2	36,0	5,8	0,000	0,920	0,347	0,766
XF	%	56,8	65,2	70,9	64,0	64,5	55,2	65,4	71,5	58,4	64,9	70,3	2,1	0,000	0,592	0,101	0,927
XX	%	60,2	68,1	76,0	68,2	67,9	60,1	69,3	75,4	60,3	66,9	76,6	1,8	0,000	0,648	0,174	0,956
OM	%	58,0	65,6	72,2	65,3	65,2	57,3	66,4	72,1	58,7	64,7	72,2	1,3	0,000	0,899	0,088	0,972
DOM	g/kg T	535	597	647	594	592	528	605	648	542	590	645	12	0,000	0,783	0,088	0,960
Verdaulichkeit Gerüstsubstanzen																	
NDF	%	56,6	64,6	70,4	63,7	64,0	55,5	65,0	70,4	57,6	64,2	70,3	1,5	0,000	0,554	0,162	0,958
ADF	%	53,1	61,9	67,8	60,7	61,2	51,5	62,4	68,2	54,6	61,4	67,5	1,6	0,000	0,504	0,032	0,965
ADL	%	-17,8	-17,0	-19,4	-20,3	-15,9	-21,6	-18,2	-21,0	-14,1	-15,7	-17,8	8,5	0,846	0,225	0,816	0,216
HEM	%	61,6	68,4	74,2	67,9	68,2	61,1	68,7	73,7	62,1	68,1	74,6	1,8	0,000	0,624	0,613	0,931
ZEL	%	62,6	71,2	78,2	70,7	70,6	61,4	72,2	78,6	63,8	70,2	77,8	1,6	0,000	0,828	0,046	0,966
Energiekonzentration																	
ME	MJ/kg T	7,97	8,98	9,83	8,95	8,90	7,88	9,12	9,85	8,06	8,85	9,80	0,19	0,000	0,545	0,082	0,965
NEL	MJ/kg T	4,53	5,24	5,85	5,22	5,19	4,47	5,33	5,87	4,60	5,14	5,84	0,12	0,000	0,547	0,072	0,969
Proteingehalt (GfE 1997)																	
UDP	g/kg T	26	29	31	29	28	26	29	32	25	29	31	1	0,000	0,082	0,710	0,925
nXP	g/kg T	109	124	136	124	122	109	126	137	109	122	136	2	0,000	0,064	0,176	0,978
RNB	g/kg T	0,4	1,8	3,9	2,5	1,5	1,1	2,3	4,2	-0,3	1,4	3,5	0,8	0,000	0,011	0,744	0,889
Mineralstoffe																	
Ca	g/kg T	4,5	5,8	7,2	5,8	5,8	4,3	6,0	7,2	4,6	5,7	7,3	0,6	0,000	0,901	0,694	0,919
P	g/kg T	2,1	2,6	2,8	2,6	2,4	2,2	2,7	2,8	1,9	2,4	2,7	0,1	0,000	0,002	0,233	0,904
Mg	g/kg T	2,3	2,3	2,9	2,6	2,4	2,4	2,5	3,0	2,2	2,2	2,9	0,4	0,007	0,167	0,874	0,581
K	g/kg T	21,6	23,9	26,3	24,2	23,7	21,4	24,5	26,8	21,9	23,2	25,9	2,0	0,001	0,523	0,659	0,624
Na	g/kg T	0,39	0,46	0,50	0,46	0,44	0,38	0,46	0,56	0,41	0,46	0,45	0,08	0,046	0,487	0,218	0,812
Mn	mg/kg T	114	121	132	141	103	140	148	136	87	93	128	17	0,126	0,000	0,021	0,798
Zn	mg/kg T	27	29	33	31	29	29	30	33	25	28	33	2	0,000	0,031	0,211	0,757
Cu	mg/kg T	8,7	10,1	11,8	10,6	9,8	9,2	10,8	11,9	8,2	9,4	11,7	0,8	0,000	0,019	0,378	0,835

Tabelle 5: Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen, Verdaulichkeit und Energiekonzentration, Mineralstoffgehalt, botanische und morphologische Zusammensetzung der Einzelaufwüchse (Mittelwert der Gruppen DG und DN)

NUTZUNG Aufwuchs	2 Schnitte (N2)		3 Schnitte (N3)			4 Schnitte (N4)				
	1	2	1	2	3	1	2	3	4	
Rohnährstoffe										
XP	g/kg T	99	127	124	134	156	161	147	153	184
XL	g/kg T	16	20	18	22	22	21	22	22	23
XF	g/kg T	358	297	318	294	232	252	251	250	189
XX	g/kg T	457	466	461	460	486	466	483	471	474
XA	g/kg T	69	90	79	90	104	100	97	104	130
Gerüstsubstanzen										
NDF	g/kg T	658	582	597	555	467	495	465	471	378
ADF	g/kg T	399	340	351	336	269	284	287	290	225
ADL	g/kg T	49	38	36	34	30	27	33	30	29
HEM	g/kg T	259	242	246	219	198	211	178	181	153
ZEL	g/kg T	350	302	314	302	239	257	254	261	196
Verdaulichkeit Rohnährstoffe										
T	%	54,8	58,2	63,4	61,9	65,5	70,8	68,7	68,2	72,3
XP	%	55,1	60,0	62,3	61,6	63,9	69,2	66,0	65,4	68,5
XL	%	15,8	21,5	31,2	29,1	24,5	38,4	38,2	31,8	41,6
XF	%	54,7	59,1	64,9	63,9	68,3	73,5	67,0	70,8	77,3
XX	%	57,5	63,7	66,1	66,5	73,8	76,4	75,4	75,0	82,1
OM	%	55,7	60,9	64,7	64,2	69,6	73,6	70,8	71,4	77,5
DOM	g/kg T	519	554	596	584	623	662	639	640	673
Verdaulichkeit Gerüstsubstanzen										
NDF	%	53,9	59,8	63,9	63,9	67,8	73,9	66,6	69,2	76,2
ADF	%	50,4	56,3	61,7	61,5	63,9	71,2	63,1	67,2	72,9
ADL	%	-14,8	-22,1	-12,9	-23,6	-20,1	-14,7	-26,4	-27,2	-11,2
HEM	%	59,1	64,5	67,1	67,2	72,9	77,4	72,1	71,9	80,2
ZEL	%	59,6	66,1	70,2	71,1	74,4	80,1	74,6	77,9	84,5
Energiekonzentration										
ME	MJ/kg T	7,69	8,33	8,92	8,80	9,45	10,05	9,69	9,70	10,34
NEL	MJ/kg T	4,34	4,78	5,19	5,11	5,58	6,01	5,75	5,76	6,27
Proteingehalt (GfE 1997)										
UDP	g/kg T	26	25	28	27	31	29	29	31	37
nXP	g/kg T	105	114	122	121	132	137	133	134	147
RNB	g/kg T	-0,9	2,1	0,4	2,1	3,8	3,8	2,3	3,1	5,9
Mineralstoffe										
Ca	g/kg T	4,1	5,2	4,5	6,8	6,6	5,6	7,9	7,6	7,7
P	g/kg T	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,8	2,7	2,9	2,7
Mg	g/kg T	1,8	2,8	2,0	2,4	2,8	2,4	2,8	3,0	3,6
K	g/kg T	21,6	21,6	24,5	22,2	24,8	27,1	25,6	27,2	24,6
Na	g/kg T	0,29	0,49	0,37	0,40	0,66	0,33	0,39	0,65	0,62
Mn	mg/kg T	101	132	99	134	141	102	161	133	164
Zn	mg/kg T	25	29	27	29	32	32	31	32	38
Cu	mg/kg T	8,0	9,6	9,7	9,7	11,3	11,8	10,8	11,8	13,6
Botanische Zusammensetzung (% der T)										
Gräser		83,7	90,0	76,9	67,7	76,6	69,4	66,0	64,1	61,9
Kräuter		10,1	6,6	14,9	21,5	15,6	21,0	17,8	21,6	22,0
Leguminosen		6,2	3,4	8,2	10,8	7,8	9,6	16,2	14,4	16,1
Morphologische Zusammensetzung										
Blattanteil (% der T)										
Gesamtbestand		38,4	62,5	44,0	57,7	67,3	51,3	56,7	63,2	73,4
Gräser		34,0	65,6	38,5	68,1	77,2	49,8	63,0	77,4	87,5
Kräuter		43,8	53,2	44,9	58,6	66,1	46,5	61,3	64,2	72,1
Leguminosen		38,4	44,5	51,3	39,7	49,6	58,6	44,5	47,3	59,6

Dennoch wuchs im 1. Aufwuchs pro Tag mehr an Energie zu als in den Folgeaufwüchsen (222, 182, 88 MJ NEL pro Tag in Aufwuchs 1, 2 bzw. 3). Dies ist auch der Grund, warum bei höchster Nutzungsfrequenz nicht der höchste Energieertrag erzielt wurde. Bei häufigerer Nutzung ist der Beitrag des leistungsfähigeren 1. Aufwuchses zum Trockenmasse- und Energie-Ertrag geringer.

Abbildung 2 zeigt die Beziehungen zwischen Rohfaser und den Van SOEST-Gerüstsubstanzen (Van SOEST 1994). Diese sind am engsten zu NDF ($R^2 = 0,925$), gefolgt von ADF ($R^2 = 0,882$) und relativ lose zu ADL ($R^2 = 0,505$).

Außerdem hängt die Beziehung wesentlich davon ab, ob es sich um den ersten oder die Folgeaufwüchse handelt (besonders bei ADL und abgeschwächt

auch bei NDF). Diese Ergebnisse zeigen einmal mehr, dass Rohfaser chemisch gesehen ein sehr uneinheitlicher Begriff ist und die Gerüstsubstanzen je nach Aufwuchs und botanischer Zusammensetzung in sehr unterschiedlicher Weise beschreibt, wie auch Van SOEST (1994) festgestellt hat.

Allerdings zeigen die Beziehungen zur Verdaulichkeit, dass bei einem streng de-

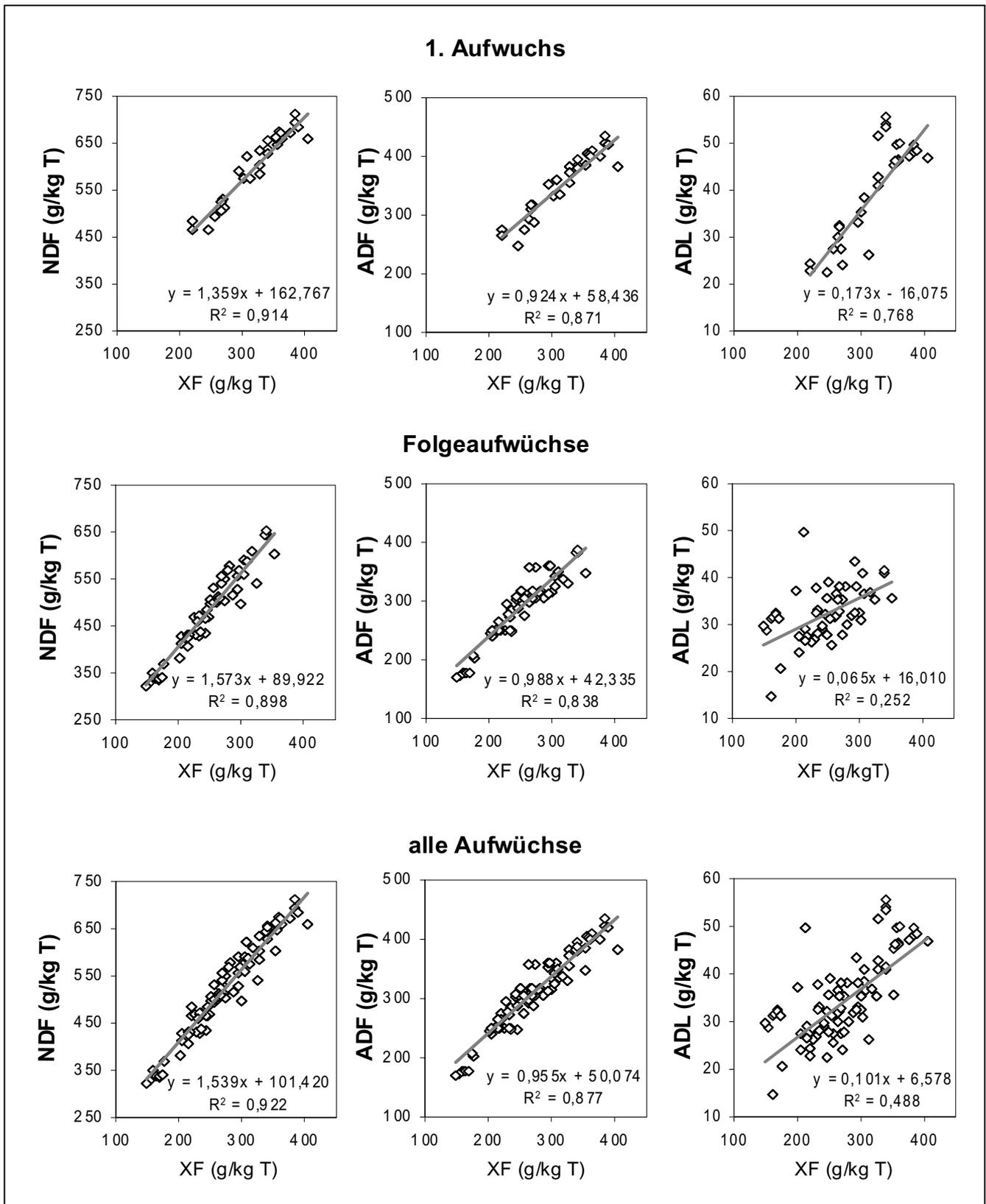


Abbildung 2: Beziehungen zwischen Rohfaser und den Van SOEST-Gerüstsubstanzen

finierten Material - wie im vorliegenden Versuch - die Verdaulichkeit sowohl mit Rohfaser als auch den Van SOEST-Gerüstsubstanzen relativ genau abgeschätzt werden kann (Abbildung 3). Die Van

SOEST-Gerüstsubstanzen waren der Rohfaser etwas überlegen (R^2 von 0.759, 0.809, 0.772 für XF, NDF, ADF). In einem weniger homogenen Datenmaterial von Grundfutter aus verschiedenen

Herkünften waren die Beziehungen zur Rohfaser nicht so eng (GRUBER et al. 1994). Die Beziehungen zur Verdaulichkeit fielen unterschiedlich aus, je nachdem, ob es sich um den ersten oder die

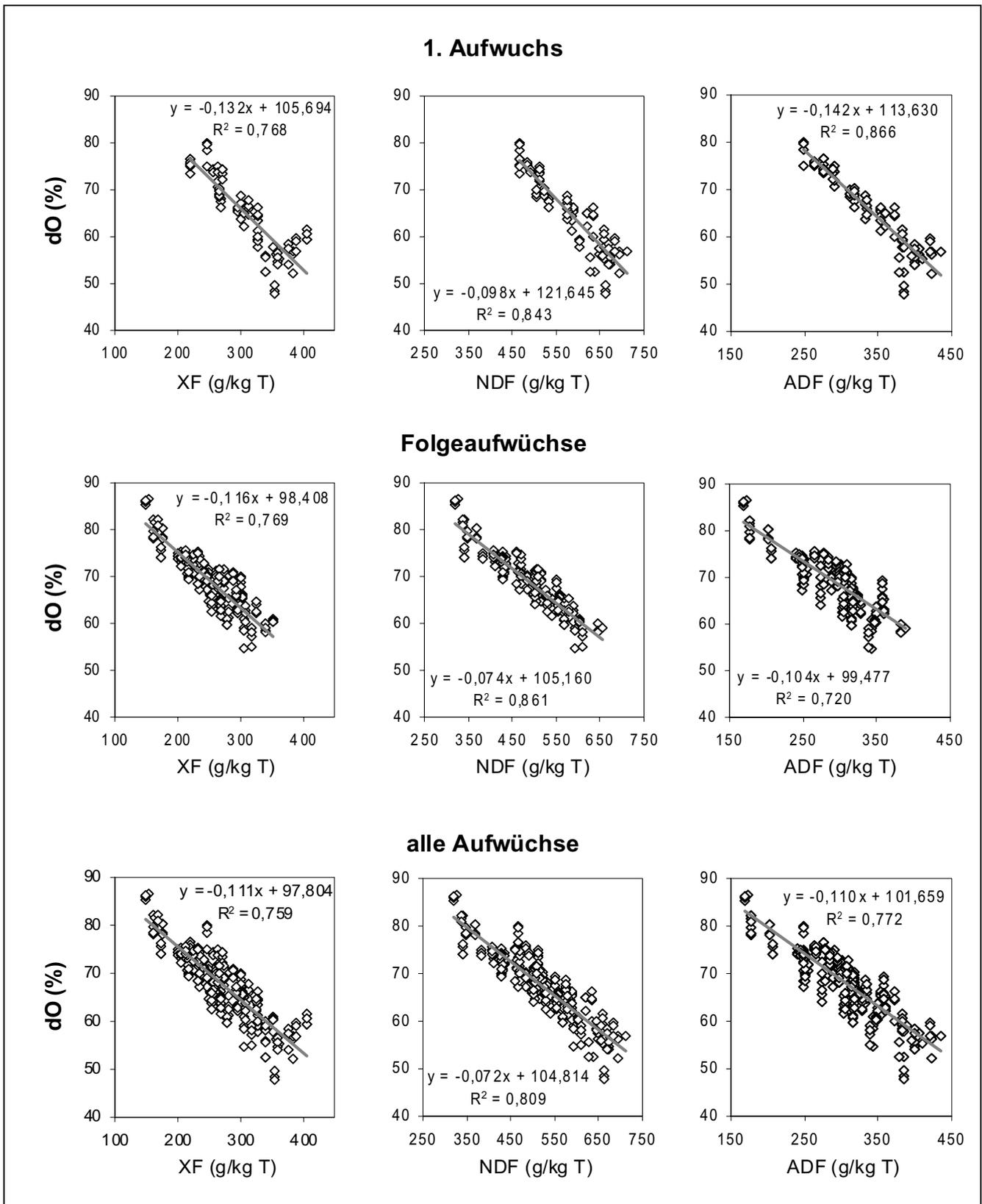


Abbildung 3: Beziehungen zwischen Verdaulichkeit und Rohfaser bzw. den Van SOEST-Gerüstsubstanzen

Folgeaufwüchse handelte. Bei einer Unterscheidung zwischen den Aufwüchsen ist die Beziehung zur Verdaulichkeit enger, besonders ausgeprägt bei ADF. Allen 3 chemischen Parametern (XF,

NDF, ADF) ist gemeinsam, dass sich die Verdaulichkeit je Einheit im ersten Aufwuchs stärker vermindert als in den Folgeaufwüchsen. Dies hängt mit dem unterschiedlichen Grad der Lignifizierung

und der Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen zusammen (Abbildung 4). Im 1. Aufwuchs nahm der Anteil von ADF sowie ADL an der NDF mit steigendem NDF-Gehalt deutlich zu und der Anteil

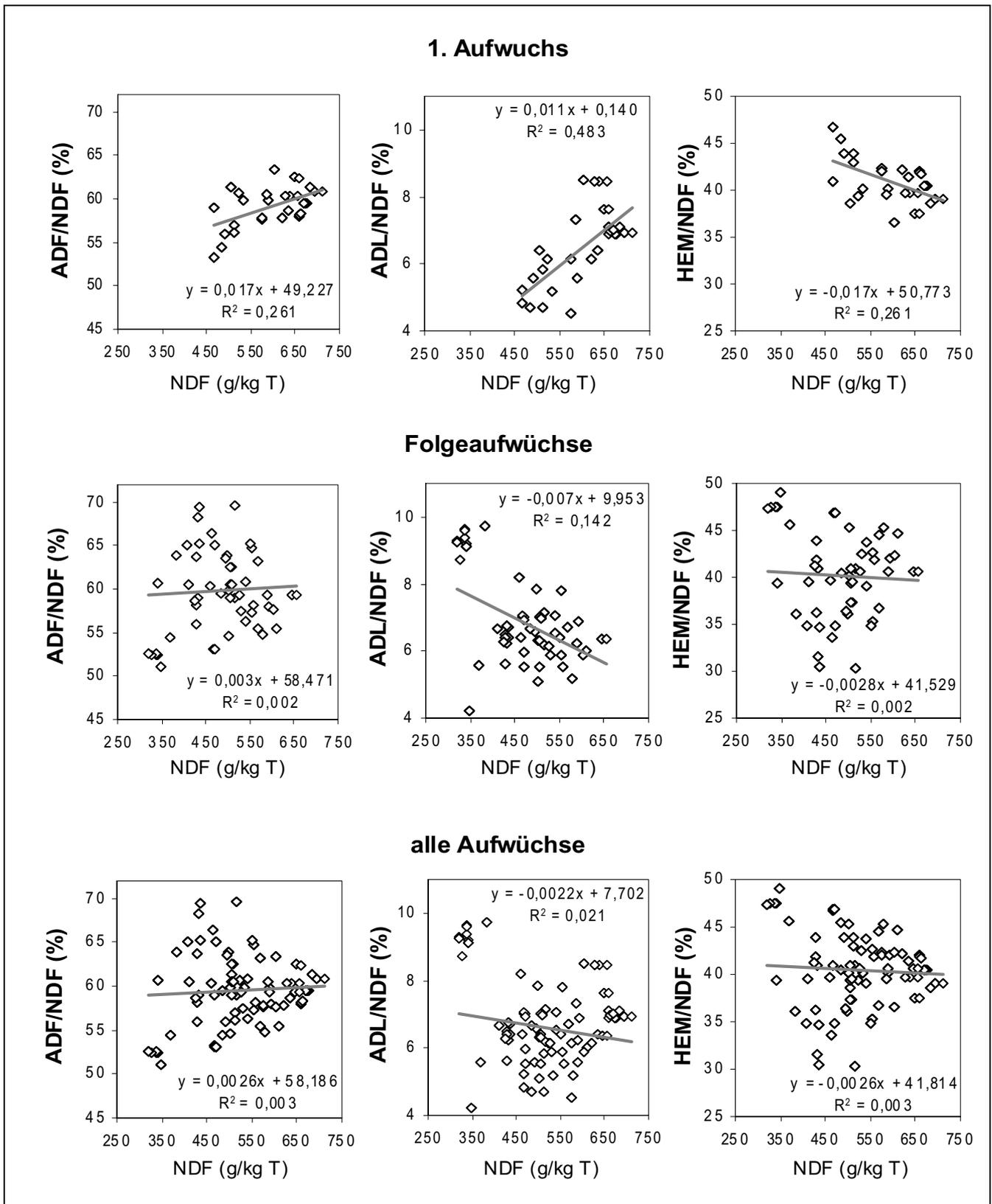


Abbildung 4: Anteil der Fraktionen der Van SOEST-Gerüstsubstanzen an NDF

von Hemizellulose ab. Die Hemizellulose wies in allen Varianten eine höhere Verdaulichkeit auf als NDF oder ADF (Tabelle 3 und 4). Wenn berücksichtigt wird, dass ADF aus Zellulose und Lignin

besteht, wird verständlich, dass in diesem Fall mit steigendem NDF-Gehalt die Verdaulichkeit stärker abnimmt als in den Folgeaufwüchsen. Dort blieb der Anteil von ADF an NDF bei steigendem

NDF-Gehalt nahezu gleich und ADL ging sogar zurück. Darin kommt der gravierende Unterschied zwischen dem ersten und den Folgeaufwüchsen in der morphologischen Zusammensetzung

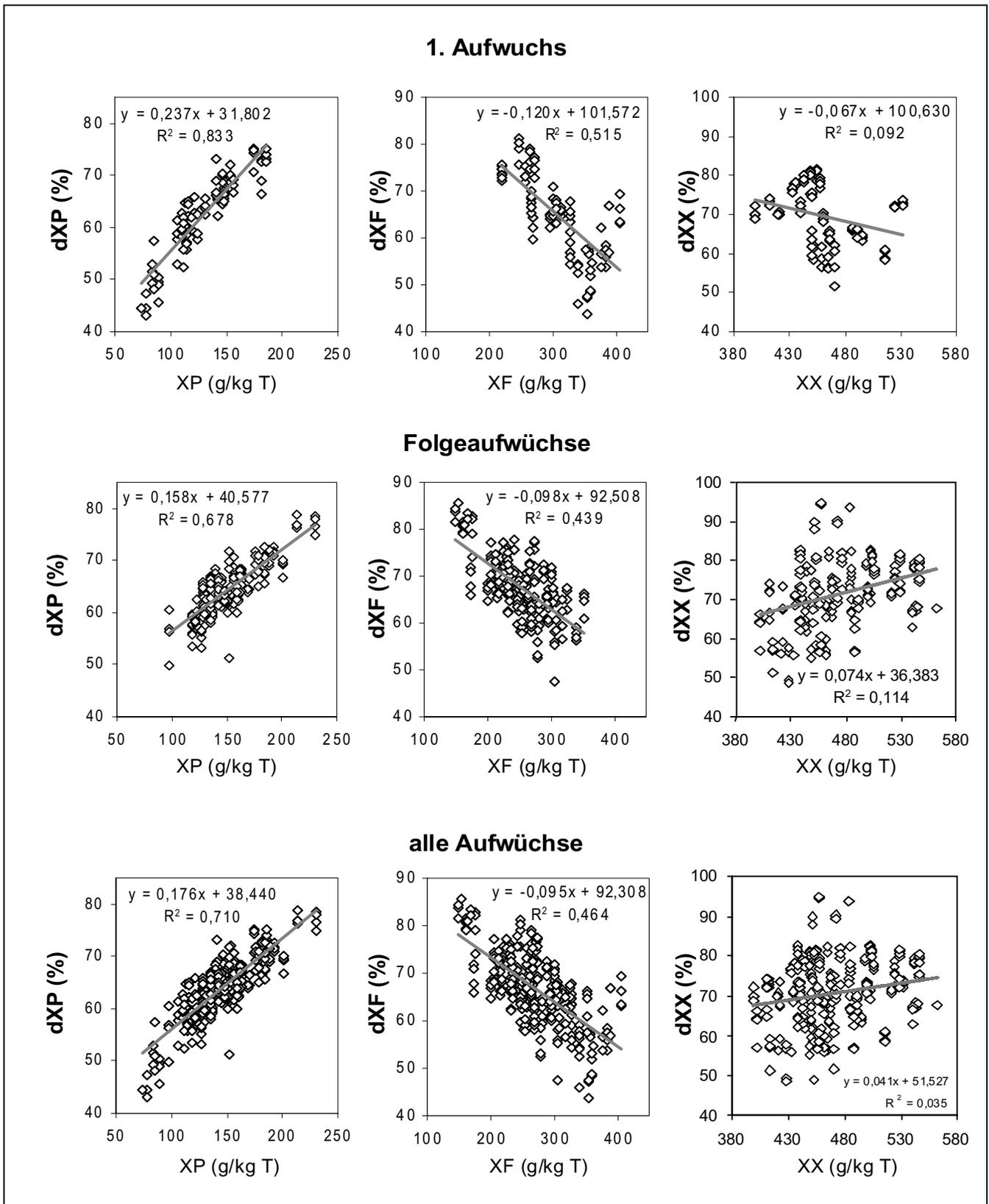


Abbildung 5a: Beziehung zwischen Gehalt an Rohnährstoffen und deren Verdaulichkeit

klar zum Ausdruck. Die Folgeaufwüchse sind durch wesentlich höhere Blattanteile gekennzeichnet (Tabelle 5), mit entsprechenden Auswirkungen auf die Verdaulichkeit. Infolge der geringeren

Lignifizierung der Folgeaufwüchse wirken sich somit steigende Gehalte an Gerüstsubstanzen weniger auf die Verdaulichkeit aus.

Nicht nur zwischen Gerüstsubstanzen

und Verdaulichkeit bestehen enge Beziehungen, sondern auch zwischen den einzelnen Nährstoffen und deren jeweiliger Verdaulichkeit (Abbildung 5a und 5b). Mit steigendem Proteingehalt steigt auch

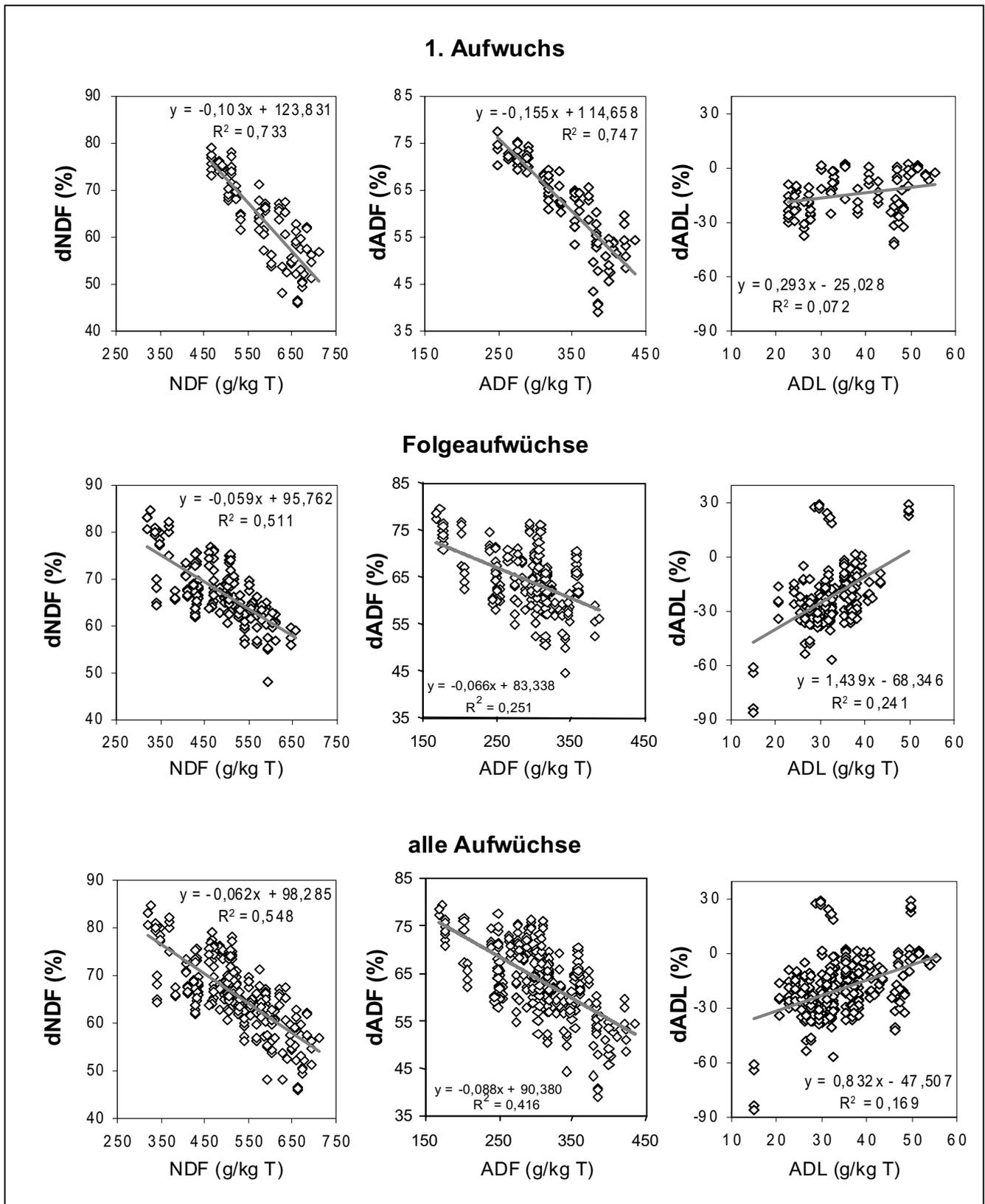


Abbildung 5b: Beziehung zwischen Gehalt an Gerüstsubstanzen und deren Verdaulichkeit

die scheinbare Proteinverdaulichkeit an. Dies ist allerdings für die Versorgung des Wirttieres mit nutzbarem Protein nicht von Relevanz, da diese hohen Verdaulichkeiten nur scheinbar durch N-Verlu-

ste im Pansen bei N-Überschuss - relativ zur Energieversorgung der Mikroben - zustande kommen (GfE 1995, 1997). Mit steigendem Gehalt an Rohfaser und Gerüstsubstanzen nimmt deren Verdau-

lichkeit ab, besonders im 1. Aufwuchs, was durch zunehmende Lignifizierung zustande kommt (Abbildung 4). Dagegen erhöht sich die Verdaulichkeit der NFE mit steigendem NFE-Gehalt. Dies

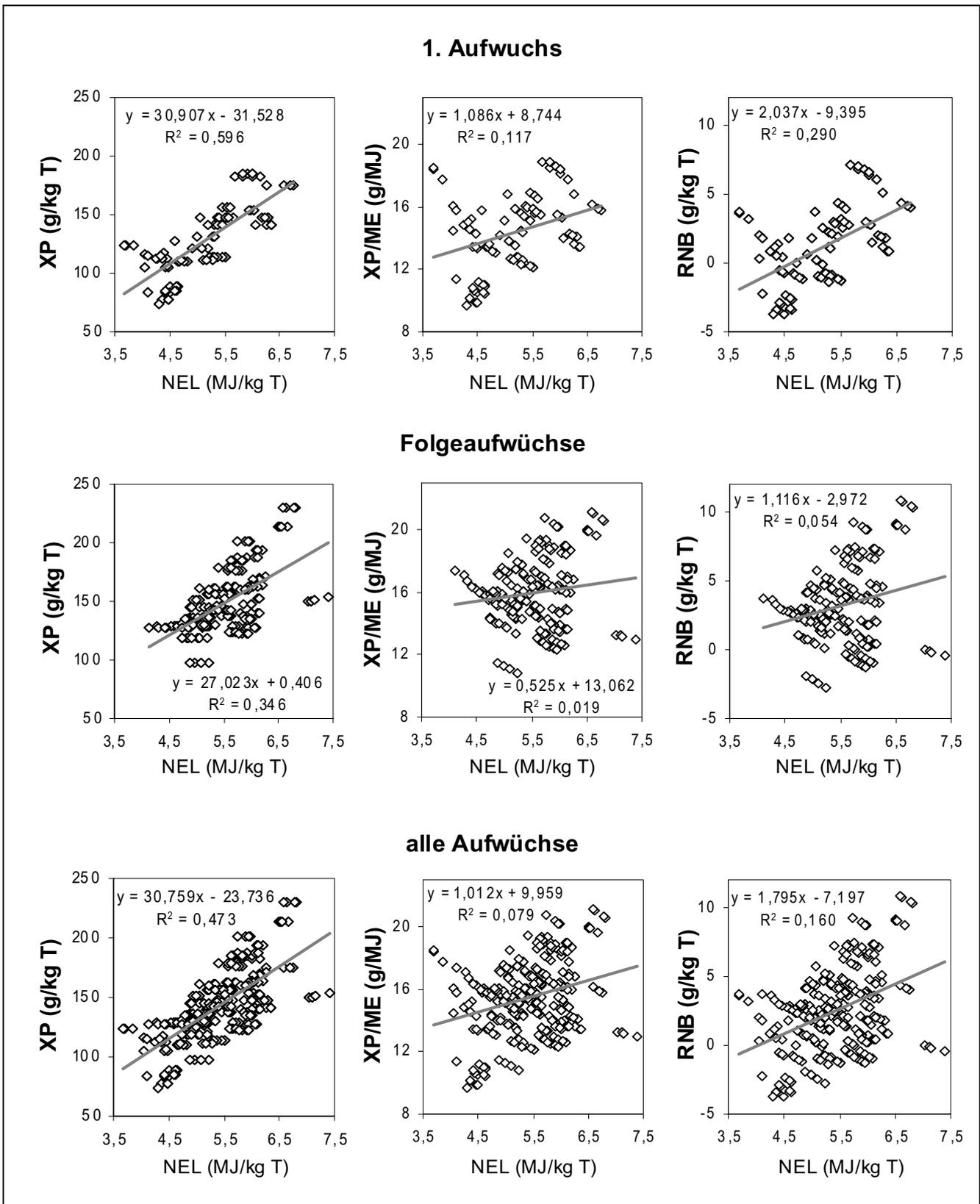


Abbildung 6: Verhältnis von Energie zu Protein in Abhängigkeit von der Energiekonzentration

erklärt sich aus der negativen Beziehung zwischen NFE und Gerüstsubstanzen, hohe NFE-Gehalte bedeuten also niedrige NDF-Gehalte. Ein wesentlicher Aspekt steigender

Grundfutterqualität durch höhere Nutzungsfrequenz ist auch das Verhältnis von Energie zu Protein, vor allem auf der Ebene des Pansens. Aus *Abbildung 6* geht klar hervor, dass mit dem Energie-

auch der Proteingehalt ansteigt, und zwar eindeutiger im ersten als in den Folgeaufwüchsen. Entscheidend für die Verwertung des Proteins durch die Pansenmikroben ist das Verhältnis von abbau-

barem Protein zur im Pansen fermentierbarer Energie (GfE 1997). Es zeigt sich, dass bei Erhöhung der Energiekonzentration der Proteingehalt in größerem Maß ansteigt und somit ein N-Überschuss im Pansen entsteht. Dies kommt in einem Anstieg der ruminalen N-Bilanz (RNB) und des Energie/Proteinverhältnisses (XP/ME) mit steigender Energiekonzentration zum Ausdruck.

Auch im Mineralstoffgehalt wurde ein signifikanter Einfluss der Nutzungsfrequenz festgestellt. Bei häufigerer Nutzung ist mit einem höheren Mineralstoffgehalt zu rechnen (4.5, 5.8, 7.2 g Ca; 2.1, 2.6, 2.8 g P; 21.6, 23.9, 26.3 g K pro kg T in N2, N3, N4). Für den Anstieg des Calcium-Gehaltes sind sowohl botanische Verschiebungen (Zunahme der Leguminosen und Kräuter) als auch die höheren, mineralstoffreicheren Blattanteile bei steigender Nutzungsfrequenz verantwortlich. Es ist vielfach belegt, dass Leguminosen deutlich höhere Ca-Gehalte aufweisen als Gräser (DLG 1973, KÜHBAUCH 1987). Eine Abnahme des Mineralstoffgehaltes mit fortschreitender Vegetation hat sich auch in einer gesamtösterreichischen Auswertung von Grundfutteranalysen herausgestellt (GRUBER et al. 1994) und geht aus der Futterwertabelle für das Grundfutter im Alpenraum ebenfalls hervor (BUCHGRABER et al. 1998).

Auch die vorliegenden Ergebnisse zum Futterwert haben gezeigt, dass sich die Qualität des Grünlandfutters in der stofflichen und strukturellen Zusammensetzung der Pflanzen zeigt. Die Futterqualität wird unmittelbar über die botanische Zusammensetzung des Grünlandbestandes, das Entwicklungsstadium der Pflanzen sowie durch jahreszeitliche und vom Standort herrührende Effekte beeinflusst (KÜHBAUCH 1987).

Zwischen den beiden Düngungsniveaus traten mit Ausnahme von Rohprotein, Phosphor und den Spurenelementen kaum signifikante Unterschiede im Nährstoffgehalt auf. Eine Wechselwirkung zwischen Düngung und Nutzung hinsichtlich Gehalt an Inhaltsstoffen war mit Ausnahme von Mn nicht festzustellen.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass

sich botanische Veränderungen (N-Düngung verdrängt Gräser) und Unterschiede im Vegetationsstadium (N-Düngung beschleunigt das Wachstum) überlagert haben. Eine Literaturübersicht von PEYRAUD und ASTIGARRAGA (1998) zeigt, dass sich die Verdaulichkeit und Energiekonzentration leicht vermindern, wenn die N-Düngung - unter *ceteris paribus*-Bedingungen - zurückgeht. Trotz wesentlich niedrigerem Proteingehalt ist der Gehalt an umsetzbarem Protein nur leicht geringer, da der Gehalt an leichtlöslichen Kohlenhydraten ansteigt und damit mehr fermentierbare Energie für die mikrobielle Proteinsynthese verfügbar ist.

Abschließend sei festgestellt, dass sich die Unterschiede zwischen den Nutzungshäufigkeiten noch deutlicher zeigen, wenn bestimmte Einzelaufwüchse betrachtet werden (Tabellen 5, 5A1 und 5A2). Besonders der 1. Aufwuchs von Variante N2 ist durch einen extrem hohen Gehalt an Gerüstsubstanzen (658 g NDF/kg T) mit entsprechend niedriger Verdaulichkeit (55,7 % dO) und niedrigem Proteingehalt (99 g/kg T) gekennzeichnet. Diese Parameter schließen den dauerhaften Einsatz in der Milchviehfütterung eigentlich aus. Im anderen Extrem fallen die hohen Proteingehalte des 4. Aufwuchses in N4 (184 g/kg T) auf, bei einem sehr niedrigen Rohfasergehalt von 189 g/kg T, ebenfalls kein wiederkäuergerechtes Futter für sich betrachtet.

Die Ergebnisse zeigen jedoch eindeutig, dass zwischen Ertrag und Qualität Ge-

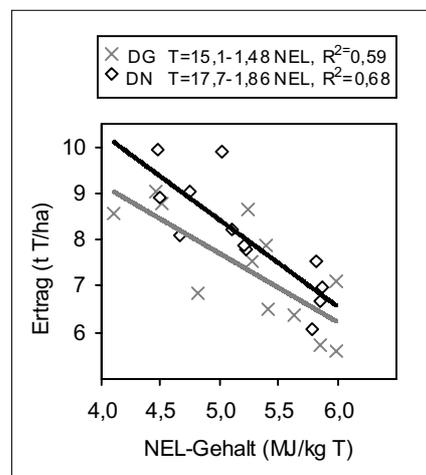


Abbildung 7: Beziehung zwischen NEL-Gehalt und T-Ertrag

gensätze bestehen (Abbildung 7). Wo der optimale Bereich für die Milcherzeugung liegt, soll durch den nachstehend beschriebenen Fütterungs- und Bilanzversuch mit Kühen dargestellt werden.

3.2 Fütterungsversuch

Die Ergebnisse des Fütterungsversuches werden für die Hauptversuchsfaktoren (N, D, K) in den Tabellen „a“ sowie für die Wechselwirkungen (N x K) in den Tabellen „b“ im Textteil und für die Wechselwirkungen (N x K x D) in den Tabellen „A“ im Anhang angeführt.

3.2.1 Futteraufnahme

Mit Steigerung der Schnitthäufigkeit erhöhte sich die Grundfutteraufnahme (10.4, 13.0, 15.2 kg T) sowie Gesamtfutteraufnahme (13.9, 16.2, 18.1 kg T in N2, N3, N4) hochsignifikant (Tabelle 6a). Die Grundfutteraufnahme stieg pro MJ NEL durchschnittlich um 3,34 kg T an (Abbildung 8). Die Wirkung der Grundfutterqualität auf die Futteraufnahme war beim Kraftfütterniveau Null (KO) höher als in den Kraftfuttergruppen (4.0, 3.7, 2.4 kg Steigerung der IT_{GF} pro MJ NEL in KO, KN, KK). Dies ist mit der höheren Energieversorgung in den Kraftfuttergruppen (KN, KK) zu erklären, in denen die Futteraufnahme verstärkt durch physiologische Mechanismen reguliert wird (MERTENS 1994). Auch in einem früheren Versuch ging die Bedeutung der Grundfutterqualität für die Grundfutteraufnahme mit steigenden Kraftfütterniveaus zurück (GRUBER et al. 1995). In jenem Versuch erhöhte sich die Grundfutteraufnahme pro MJ NEL durchschnittlich um 2.4 kg T (2.7, 2.5 und 2.0 kg T bei Kraftfütterniveaus von 0, 1.6 und 5.0 kg T) im Mittel der Laktation. SCHWARZ und GRUBER (1999) haben aus mehreren Futteraufnahme-Schätzformeln die Steigerung der Grundfutteraufnahme pro MJ NEL berechnet. Demnach steigt die Grundfutteraufnahme bei SCHWARZ und KIRCHGESSNER (1985) um 2,2 und bei SCHWARZ et al. (1996) um 0,85 kg T pro MJ NEL im Grundfutter an. Die DLG-Formel (1986) ergibt einen Anstieg von 3,0 kg T, auch die Schweizer Ergebnisse (JANS und KESSLER 1994) weisen auf einen starken Einfluss der Grundfutterqualität hin (2,8 kg T pro MJ NEL). Eine zusammenfassende Auswertung

mehrerer Fütterungsversuche der BAL Gumpenstein ergab einen Regressionskoeffizienten von 1,5 kg T Grundfutteraufnahme pro Anstieg des NEL-Gehaltes um 1 MJ/kg T (GRUBER et al. 1990). Die Ergebnisse der einzelnen Autoren sind dahingehend zu interpretieren, dass die Unterschiede in den Regressionskoeffizienten zum Teil auch vom statistischen Modell herrühren, je nach dem ob Milchleistung, Kraftfutter etc. und somit ein die „physiologische Steuerung der Futteraufnahme“ tangierender Faktor enthalten ist oder nicht.

Die Aufnahme an NDF betrug 11,8, 12,6, 12,5 g pro kg Lebendmasse, was dem von MERTENS (1994) angegebenen Wert von 12,5 g NDF/kg LM sehr nahe kommt. Allerdings ist die große Streuung zu berücksichtigen, die den Wert dieses Parameters zur Vorhersage der Futteraufnahme - gemessen am vorliegenden Datenmaterial - einschränkt (*Abbildung 9*). Es widerspricht auch dem theoretischen Ansatz des NDF/NEL-Futteraufnahmesystems nach MERTENS (1994), dass die NDF-Aufnahme im Falle physikalischer Regulation ($IT_{NEL} > IT_{NDF}$) mit der Milchleistung ansteigt. Dies trifft im Falle physiologischer Regulation der Futteraufnahme zu ($IT_{NEL} < IT_{NDF}$), bei dem die Tiere theoretisch die Energiemenge entsprechend ihrem Bedarf aufnehmen ($IT_{NEL} = NEL\text{-Bedarf}/NEL\text{-Gehalt}$, $IT_{NDF} = 12,5/NDF\text{-Gehalt} \times LM$, *Abbildung 9*). Somit ist dieses Futteraufnahmemodell vom theoretischen Ansatz her zwar richtig, für die Praxis durch große tierindividuelle Streuungen jedoch nur bedingt anwendbar. Dies gilt auch für die Menge an unverdaulicher organischer Substanz pro kg Lebendmasse (LEHMANN 1941, CONRAD et al. 1964). Es zeigt sich, dass Kühe mit physiologisch gesteuerter Futteraufnahme das von der Pansenfüllung her mögliche Futteraufnahmeniveau nicht erreichen, weil sie nicht über ihren Energiebedarf hinaus fressen. Diese Daten belegen eindeutig, dass die Futteraufnahme von Milchkühen nicht durch zwei ausschließende Mechanismen (physikalisch bzw. physiologisch) gesteuert wird, sondern durch ein komplex wirkendes Regulationssystem, in dem viele Faktoren neben- und hintereinander auf die Futteraufnahme wirken und die Signale im Gehirn integriert werden (FORBES

1994, Van SOEST 1994, SCHWARZ 1997).

Die Anteile der einzelnen Aufwüchse an der Grundfütterration in den Nutzungsvarianten N2, N3 und N4 entsprachen dem Ertragsanteil weitgehend (siehe *Tabelle 3*). Die Grund- und Gesamtfutteraufnahme in der Düngungsstufe mit N war signifikant niedriger (13,04 und 12,70 kg Grundfutter in DG und DN). Es wurde schon besprochen, dass die Erntetermine für beide Düngungsniveaus aus Versuchsgründen gleich gehalten wurden. Die geringere Futteraufnahme in DN dürfte das höhere physiologische Alter dieser Pflanzenbestände widerspiegeln (siehe Abschnitt 3.1.3, KRAUTZER 2000). Eine Wechselwirkung zwischen Nutzung und Düngung war in keinem Kriterium der Futter- und Nährstoffaufnahme festzustellen. Dagegen war die Wechselwirkung zwischen Nutzung und Kraftfutter in vielen Fällen signifikant (*Tabelle 6a* und *7a*). Der Einfluss der Nutzungshäufigkeit auf die Futter- und Nährstoffaufnahme hängt also vom Kraftfutterniveau ab (*Tabelle 6b* und *7b*).

Der durchschnittliche Kraftfutteranteil betrug in KN 30 % der IT sowie 25,5 % in KK, wie im Versuchsplan vorgesehen. Im Durchschnitt ging die Grundfutteraufnahme um 0,44 kg T pro kg T Kraftfutter zurück, bei bedarfsgerechter Kraftfutterergänzung (KN) um 0,54 und bei konstantem Kraftfutterangebot um 0,30 kg T. Diese sogenannte Grundfuttermverdrängung entsteht durch die bei Kraftfutter verstärkt anfallende Säuremenge im Pansen, die zu einem für die zellulose-abbauenden Mikroben zu tiefen pH-Wert führt. Dadurch verlangsamt sich der Abbau des Grundfutters und damit dessen Aufnahme (KAUFMANN 1976, ORSKOV 1986, Van SOEST 1994). Das Ausmaß der Grundfuttermverdrängung hängt ab von der Art des Grundfutters (Energiekonzentration, Strukturwirkung) und des Kraftfutters (rasch bzw. langsam abbaubar) sowie von der Kraftfuttermenge (KIRCHGESSNER und SCHWARZ 1984, FAVERDIN et al. 1991). Allgemein ausgedrückt bedeutet dies, dass das Kraftfutter über den pH-Wert im Pansen und über die Energieversorgung des Wirtstieres auf die Grundfutteraufnahme wirkt.

3.2.2 Nährstoffaufnahme und Bedarfsdeckung

Die Nährstoffaufnahme und Bedarfsdeckung ist in den *Tabellen 7a, 7b* und *7A* angeführt. Die Nutzungshäufigkeit und das Kraftfutterniveau wiesen in allen angeführten Inhaltsstoffen (Protein, Energie, Mineralstoffe) einen hochsignifikanten Einfluss auf (*Tabelle 7a*). Auch das Düngungsniveau wirkte in vielen Fällen signifikant auf die Nährstoffaufnahme aus dem Grundfutter und der Gesamtration. Zwischen Düngung und Nutzung sowie Düngung und Kraftfutter traten keine Wechselwirkungen auf, wohl aber zwischen Nutzung und Kraftfutter (*Tabelle 7a*). Dies zeigt sich in einer stärkeren Wirkung der Nutzungshäufigkeit auf die Nährstoffaufnahme bei niedrigem Kraftfutterniveau (KO) als bei hohem (KN und KK, *Tabelle 7b*). So erhöhte sich die Energieaufnahme in KO von 53 auf 77 und 100 MJ NEL in N2, N3 und N4 fast auf das Doppelte, in KK dagegen nur von 90 auf 101 und 114 MJ NEL (*Tabelle 7b*).

Die Werte für die Bedarfsdeckung spiegeln vor allem den Versuchsplan wider. In den Gruppen mit niedriger Schnitthäufigkeit (N2) waren die Kühe zum Teil erheblich an Energie unterversorgt (86, 95, 102 % des NEL-Bedarfs in N2, N3, N4). Hinsichtlich der Kraftfutterniveaus belief sich der Grad der Energieversorgung auf 87, 99 und 96 % des Bedarfs in KO, KN, KK. In den (N x K)-Untergruppen waren die Behandlungsunterschiede noch wesentlich deutlicher (76, 87, 98 % Energieversorgung in N2, N3, N4 bei Kraftfutterniveau KO, dagegen 98, 99, 102 % bei bedarfsgerechter Energieversorgung (KN). Die Versorgung mit nXP (nutzbares Rohprotein am Dünndarm) war in jeder Gruppe gegeben. Dagegen traten bei niedriger Schnitthäufigkeit (N2) negative N-Bilanzen im Pansen (RNB) auf, denen starke N-Überschüsse in N4 gegenüberstanden. Dies entsprach auch der Höhe der N-Ausscheidung der Kühe (GRUBER et al. 1999, siehe auch *Tabellen 9*). In N2, N3, N4 schieden die Kühe täglich 193, 257, 334 g N aus (GRUBER et al. 1999). Bei der ruminalen N-Bilanz ist noch zusätzlich die hochsignifikante Wechselwirkung zwischen Nutzung und Kraftfutter zu beachten (*Tabelle 7b, 7A*). Auch die

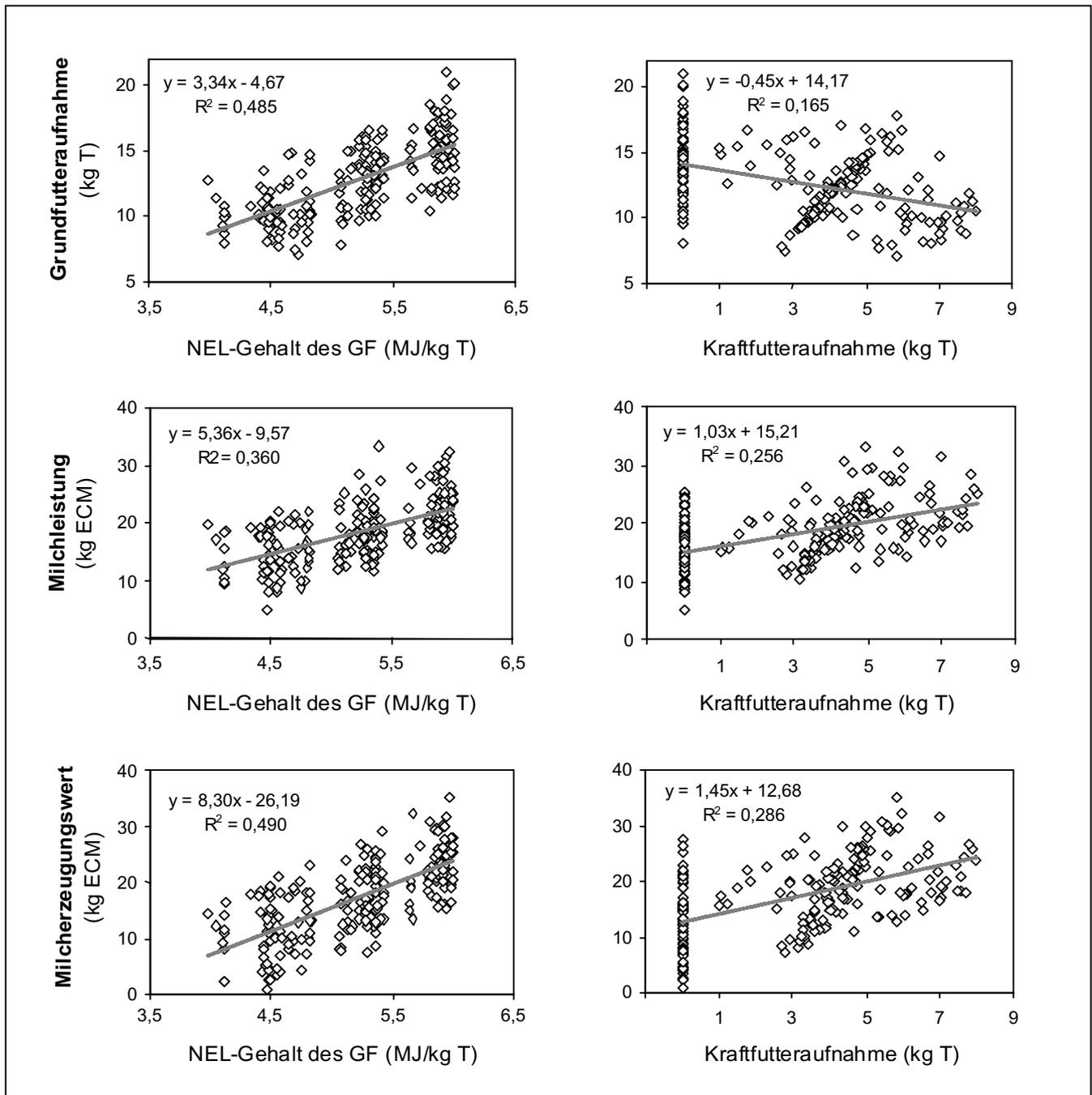


Abbildung 8: Einfluss der Energiekonzentration des Grundfutters sowie der Kraftfuttermenge auf die Grundfutteraufnahme und Milchleistung

Mineralstoffversorgung war (zum Teil mehr als) bedarfsdeckend (Tabellen 7).

3.2.3 Rationskriterien

Die Rationskriterien finden sich in den Tabellen 8a, 8b und 8A.

Die Inhaltsstoffe der Grundfütterration entsprechen weitgehend den im Abschnitt 3.1.3 (Tabelle 4) gemachten Angaben. Das Grundfutter wies einen Gehalt an Rohfaser von 329, 295, 253 g/kg T in N2, N3, N4 auf, der Gehalt an Ge-

rüstsustanzen betrug 604, 550, 477 g/kg T und die Energiekonzentration belief sich auf 4,5, 5,3, 5,9 MJ NEL/kg T. Im Verdauungsversuch mit den Kühen wurde eine Verdaulichkeit der OM in den Gruppen ohne Kraftfutter (KO) von 57,3, 65,2, 69,2 % dO ermittelt (GRUBER et al. 1999). Beim Vergleich mit den Hammelversuchen (Tabelle 4) ist zu berücksichtigen, dass sich leichte Unterschiede durch die Spezies (Schaf - Rind) und das Futterniveau (Erhaltung im Hammelversuch - *ad libitum* bei den Kü-

hen) ergeben. Es ist nachgewiesen, dass mit Erhöhung des Futterniveaus die Verdaulichkeit infolge höherer Passagerate zurückgeht (MOE et al. 1965, SCHIEMANN et al. 1971, BROSTER et al. 1988, STEINGASS et al. 1994, SÜDEKUM et al. 1995b, GRUBER et al. 1996). Es gibt auch mehrere Hinweise, dass die Verdaulichkeit einzelner Nährstoffe bei Rind und Schaf leicht unterschiedlich ist (DACCORD und JIE 1991, DULPHY et al. 1995, SÜDEKUM et al. 1995b, SCHWARZ et al. 1997).

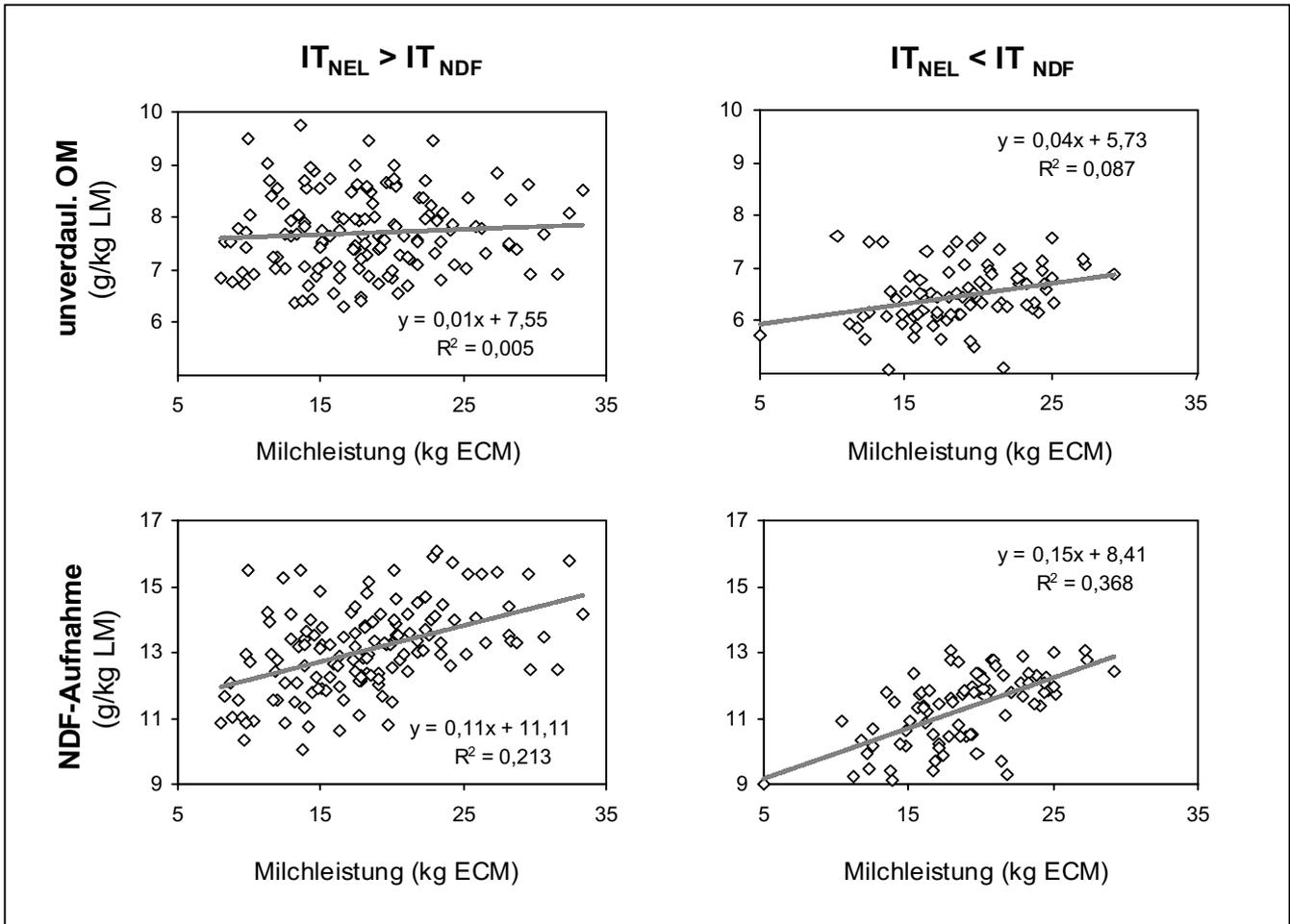


Abbildung 9: Zusammenhänge zwischen Milchleistung und Aufnahme an NDF bzw. unverdaulicher OM bei physikalischer ($IT_{NEL} > IT_{NDF}$) bzw. physiologischer ($IT_{NEL} < IT_{NDF}$) Steuerung der Futteraufnahme (siehe Text)

Für die beiden Kraftfuttrertypen (EKF, PKF) wurden 132 und 363 g XP, 84 und 90 g XF, 267 und 216 g NDF und 7.38 und 8.44 MJ NEL sowie 3.1 und 3.5 Ca und 4.2 und 7.1 g P pro kg T ermittelt.

Die Nährstoffkonzentration in der Gesamtration ergibt sich aus der Grundfutterqualität und dem Kraftfutterniveau. Der Proteingehalt der Gesamtration stieg mit der Nutzungshäufigkeit an (116, 129, 153 g XP/kg T). Die Energiekonzentration betrug 5.1, 5.6, 6.1 MJ NEL. Bei bedarfsgerechter Kraftfütterergänzung (KN) war der Rohfasergehalt in N2 bei einem Kraftfutteranteil von 41 % etwas höher als bei der höchsten Schnitthäufigkeit (227, 233, 218 g/kg T in der Gesamtration). Mit diesen Werten war die Grenze der Wiederkäuergerechtigkeit (18 % XF) noch nicht erreicht (KAUFMANN 1976). Die entsprechenden NDF-Gehalte waren 461, 467, 433 g/kg T. NRC (1989) fordert als untere Grenze an Gerüstsubstanzen 28 % NDF bzw. 21 % ADF, davon 75 % aus dem Grundfutter.

Die Konzentrationen an Mengen- und Spurenelementen liegen nahe den für die Bedarfsdeckung empfohlenen Werten (GEH 1986, GFE 1993).

3.2.4 Milchleistung

Die Milchleistungsdaten sind in den Tabellen 6a, 6b und 6A aufgelistet. Sowohl bei der Milchmenge als auch bei den Milchinhaltstoffen (Ausnahme Fettgehalt) wirkten sich Nutzung und Kraftfutter hochsignifikant aus ($P < 0,000$), die Düngung auf die Milchmenge und den Milcherzeugungswert der Ration, nicht jedoch auf den Gehalt an Milchinhaltstoffen. Die Lebendmasse und deren Änderung im Versuch sind ein Abbild der Energieversorgung in den verschiedenen Versuchsgruppen. In N2 und KO waren die Tiere signifikant geringer und nahmen pro Tag etwa 200 g Lebendmasse ab.

Die Milchleistung belief sich auf 14.8, 18.6, 22.2 kg in N2, N3, N4 und 15.8, 20.4, 19.3 kg in KO, KN, KK. Während

in N3 und N4 bzw. KN und KK die tatsächliche Milchleistung mit dem Milcherzeugungswert (nach NEL) mehr oder weniger übereinstimmten, lassen die geringen Milcherzeugungswerte in N2 und KO auf beachtliche Mobilisierung von Körpersubstanz schließen, was mit den Lebendmasseabnahmen gut übereinstimmt. In N2 war die Milchleistung um 3,3 kg höher als von der Energieaufnahme her rechnerisch möglich war. Ein Anstieg des NEL-Gehaltes um 1 MJ erhöhte die tägliche Milchleistung um 5,3 kg ECM und den Milcherzeugungswert um 8,3 kg (Abbildung 8).

Noch deutlicher werden die Unterschiede in den (N x K)-Untergruppen (Tabelle 6b). Auf dem Kraftfutterniveau KO gaben die Kühe in N2, N3, N4 11.0, 16.0, 20.4 kg ECM, während nach der Energieversorgung nur 5.7, 12.7, 20.3 kg möglich waren. Diese Daten zeigen auch das ganze Spektrum der Grundfutterqualität und der damit möglichen Milchleistung im vorliegenden Versuch an, eine

Tabelle 6a: Futtermittelaufnahme, Milchleistung und Lebendmasse (Nutzung, Düngung, Kraftfutter)

VERSUCHSFAKTOR GRUPPE		NUTZUNG (N)			DÜNGUNG (D)		KRAFTFUTTER (K)			RSD	P-Werte						R ²
		N2	N3	N4	DG	DN	KO	KN	KK		N	D	K	N x D	N x K	D x K	
Futtermittelaufnahme																	
Grundfutter	kg T	10,39	13,01	15,21	13,04	12,70	14,41	11,95	12,26	1,23	0,000	0,045	0,000	0,954	0,008	0,424	0,824
Anteil 1. Aufwuchs	% der T	55,2	40,4	27,6	40,4	41,8	41,2	40,6	41,3	3,1	0,000	0,001	0,323	0,938	0,136	0,201	0,944
Anteil 2. Aufwuchs	% der T	44,7	32,7	27,5	35,4	34,5	34,6	35,4	34,8	4,6	0,000	0,145	0,633	0,921	0,715	0,797	0,755
Anteil 3. Aufwuchs	% der T	-	26,9	27,1	18,2	17,8	18,2	18,0	17,7	4,5	0,000	0,483	0,818	0,818	0,973	0,862	0,902
Anteil 4. Aufwuchs	% der T	-	-	17,8	6,0	6,0	5,9	6,0	6,1	4,4	0,000	0,982	0,969	0,994	0,966	0,926	0,826
Kraftfutter	kg T	3,40	3,11	2,84	3,15	3,08	-	5,13	4,21	0,91	0,002	0,564	0,000	0,667	0,000	0,740	0,884
Energie-Kraftfutter	kg T	3,33	3,09	2,84	3,13	3,05	-	5,10	4,16	0,90	0,006	0,546	0,000	0,649	0,000	0,708	0,885
Protein-Kraftfutter	kg T	0,06	0,02	0,00	0,03	0,03	-	0,04	0,05	0,07	0,000	0,808	0,000	0,896	0,005	0,789	0,366
Mineralfutter	kg T	0,092	0,074	0,067	0,079	0,077	0,094	0,072	0,067	0,023	0,000	0,575	0,000	0,612	0,126	0,114	0,593
Mineralstoffmischung	kg T	0,048	0,037	0,039	0,040	0,042	0,069	0,024	0,030	0,019	0,003	0,500	0,000	0,001	0,001	0,169	0,724
Futterkalk	kg T	0,024	0,012	0,001	0,013	0,011	0,005	0,020	0,011	0,012	0,000	0,211	0,000	0,633	0,000	0,677	0,616
Viehsalz	kg T	0,021	0,025	0,028	0,025	0,024	0,019	0,028	0,026	0,008	0,000	0,182	0,000	0,000	0,006	0,613	0,632
Gesamtfutter	kg T	13,88	16,20	18,12	16,27	15,86	14,51	17,15	16,54	1,31	0,000	0,022	0,000	0,878	0,000	0,234	0,817
Kraftfutter-Anteil	% der IT	22,4	18,1	15,1	18,3	18,7	-	30,2	25,5	4,5	0,000	0,530	0,000	0,707	0,000	0,733	0,918
Grundfutter	g/kg LM ^x	85	103	119	104	101	118	93	97	10	0,000	0,107	0,000	0,879	0,010	0,199	0,786
Gesamtfutter	g/kg LM ^x	113	128	142	129	126	118	134	131	11	0,000	0,075	0,000	0,978	0,000	0,149	0,717
unverdaul. OM	g/kg LM	7,5	7,3	6,7	7,3	7,1	7,3	7,1	7,2	0,7	0,000	0,200	0,183	0,060	0,809	0,112	0,451
NDF-Aufnahme	g/kg LM	11,8	12,6	12,5	12,4	12,2	12,7	12,1	12,2	1,3	0,001	0,441	0,007	0,708	0,509	0,119	0,376
Futterniveau (APL)	IT _{NEL} /IT _{Eth.}	2,00	2,48	2,95	2,50	2,45	2,13	2,71	2,59	0,24	0,000	0,078	0,000	0,336	0,000	0,309	0,845
Milchleistung																	
Milchmenge	kg	14,58	18,32	21,63	18,61	17,74	15,68	19,92	18,92	2,29	0,000	0,006	0,000	0,137	0,001	0,250	0,811
Fettgehalt	%	4,25	4,20	4,26	4,22	4,26	4,22	4,26	4,23	0,39	0,637	0,374	0,775	0,053	0,011	0,308	0,208
Proteingehalt	%	3,19	3,24	3,35	3,27	3,25	3,17	3,32	3,28	0,21	0,000	0,663	0,000	0,054	0,056	0,539	0,365
Laktosegehalt	%	4,72	4,81	4,88	4,79	4,81	4,72	4,86	4,82	0,15	0,000	0,255	0,000	0,770	0,001	0,232	0,484
Fettmenge	kg	0,617	0,771	0,919	0,780	0,759	0,658	0,847	0,802	0,105	0,000	0,156	0,000	0,498	0,000	0,788	0,804
Proteinmenge	kg	0,463	0,592	0,718	0,605	0,577	0,495	0,658	0,619	0,069	0,000	0,004	0,000	0,486	0,000	0,242	0,837
Laktosemenge	kg	0,690	0,880	1,055	0,894	0,857	0,745	0,969	0,912	0,117	0,000	0,022	0,000	0,140	0,000	0,450	0,798
ECM-Leistung	kg	14,78	18,59	22,17	18,86	18,17	15,81	20,41	19,32	2,22	0,000	0,025	0,000	0,416	0,000	0,477	0,833
Milchproduktionswert GF	kg	3,50	9,97	16,36	10,25	9,63	12,87	8,24	8,72	2,14	0,000	0,037	0,000	0,456	0,002	0,500	0,893
Milchproduktionswert GES	kg	11,44	17,23	22,97	17,61	16,82	12,87	20,22	18,56	2,55	0,000	0,026	0,000	0,201	0,000	0,365	0,875
Lebendmasse																	
Lebendmasse	kg	609	636	646	631	629	609	647	635	48	0,000	0,757	0,000	0,515	0,823	0,414	0,556
LM-Änderung (real)	g/Tag	-208	-38	188	-24	-15	-157	97	2	272	0,000	0,803	0,000	0,518	0,021	0,505	0,426
LM-Änderung (Reg. 3.Gr.)	g/Tag	-206	-8	224	1	5	-169	118	61	288	0,000	0,928	0,000	0,894	0,039	0,376	0,455

Tabelle 6b: Futteraufnahme, Milchleistung und Lebendmasse (Nutzung x Kraftfutter)

KRAFTFUTTER NUTZUNG Gruppe (NK)		Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)		
		N2 N2/KO	N3 N3/KO	N4 N4/KO	N2 N2/KN	N3 N3/KN	N4 N4/KN	N2 N2/KK	N3 N3/KK	N4 N4/KK
Futteraufnahme										
Grundfutter	kg T	11,56	14,50	17,17	9,29	12,17	14,39	10,32	12,37	14,07
Anteil 1. Aufwuchs	% der T	56,2	40,3	27,3	53,7	40,6	27,6	55,7	40,4	28,0
Anteil 2. Aufwuchs	% der T	43,6	32,7	27,6	45,9	32,7	27,5	44,4	32,8	27,3
Anteil 3. Aufwuchs	% der T	-	27,3	27,5	-	26,8	27,3	-	26,6	26,5
Anteil 4. Aufwuchs	% der T	-	-	17,6	-	-	17,6	-	-	18,2
Kraftfutter	kg T	-	-	-	6,52	4,92	3,96	3,63	4,37	4,63
Energie-Kraftfutter	kg T	-	-	-	6,44	4,89	3,96	3,52	4,34	4,64
Protein-Kraftfutter	kg T	-	-	-	0,08	0,03	0,00	0,11	0,04	0,00
Mineralfutter	kg T	0,101	0,090	0,089	0,088	0,066	0,063	0,086	0,066	0,050
Mineralstoffmischung	kg T	0,079	0,064	0,065	0,020	0,020	0,032	0,043	0,026	0,020
Futterkalk	kg T	0,009	0,006	0,000	0,040	0,019	0,002	0,022	0,011	0,000
Viehsalz	kg T	0,014	0,020	0,024	0,028	0,026	0,029	0,020	0,029	0,030
Gesamtfutter	kg T	11,70	14,63	17,19	15,90	17,15	18,41	14,04	16,81	18,76
Kraftfutter-Anteil	% der IT	-	-	-	41,1	28,4	21,1	25,7	25,9	24,8
Grundfutter	g/kg LM ^x	97	117	138	74	95	110	84	97	110
Gesamtfutter	g/kg LM ^x	99	118	138	127	135	141	114	132	146
unverdaul. OM	g/kg LM	7,6	7,4	6,9	7,5	7,3	6,5	7,5	7,3	6,7
NDF-Aufnahme	g/kg LM	12,0	12,9	13,2	11,7	12,4	12,0	11,8	12,5	12,2
Futterniveau (APL)	IT _{NEL} /IT _{Erh.}	1,52	2,11	2,75	2,47	2,70	2,98	2,03	2,62	3,11
Milchleistung										
Milchmenge	kg	11,00	16,10	19,95	17,56	19,84	22,37	15,18	19,03	22,56
Fettgehalt	%	4,23	4,14	4,28	4,42	4,10	4,27	4,11	4,37	4,23
Proteingehalt	%	3,13	3,08	3,30	3,28	3,34	3,35	3,16	3,30	3,39
Laktosegehalt	%	4,56	4,74	4,86	4,85	4,85	4,89	4,74	4,83	4,89
Fettmenge	kg	0,459	0,667	0,849	0,771	0,813	0,957	0,623	0,834	0,951
Proteinmenge	kg	0,339	0,494	0,653	0,572	0,657	0,744	0,477	0,624	0,757
Laktosemenge	kg	0,501	0,763	0,970	0,851	0,961	1,096	0,719	0,917	1,100
ECM-Leistung	kg	11,00	16,03	20,41	18,22	19,98	23,02	15,12	19,76	23,09
Milchproduktionswert GF	kg	5,65	12,65	20,31	1,69	8,43	14,60	3,17	8,84	14,16
Milchproduktionswert GES	kg	5,65	12,65	20,31	16,91	19,92	23,82	11,68	19,04	24,96
Lebendmasse										
Lebendmasse	kg	583	621	623	631	646	664	614	641	651
LM-Änderung (real)	g/Tag	-373	-224	124	5	92	193	-257	18	246
LM-Änderung (Reg. 3.Gr.)	g/Tag	-405	-239	136	-10	138	224	-205	77	312

Tabelle 7a: Nährstoffaufnahme aus dem Grund- und Krafffutter sowie der Gesamtration und Bedarfsdeckung an Nährstoffen (Nutzung, Düngung, Krafffutter)

VERSUCHSFAKTOR		NUTZUNG (N)			DÜNGUNG (D)		KRAFFFUTTER (K)			RSD	P-Werte						R ²
GRUPPE		N2	N3	N4	DG	DN	KO	KN	KK		N	D	K	N x D	N x K	D x K	
GRUNDFUTTER																	
XP	g/Tag	1.160	1.679	2.389	1.798	1.687	1.953	1.622	1.651	193	0,000	0,000	0,000	0,771	0,001	0,701	0,900
NEL	MJ/Tag	47,0	68,7	89,4	69,4	67,3	76,7	63,6	64,7	6,9	0,000	0,030	0,000	0,290	0,002	0,677	0,898
Ca	g/Tag	45	70	101	73	72	81	67	68	9	0,000	0,389	0,000	0,264	0,012	0,605	0,909
P	g/Tag	21	31	41	32	30	34	29	30	4	0,000	0,008	0,000	0,571	0,014	0,805	0,870
nXP	g/Tag	1.128	1.599	2.072	1.629	1.570	1.794	1.489	1.516	161	0,000	0,009	0,000	0,502	0,003	0,660	0,889
RNB	g/Tag	5	13	51	27	19	25	21	22	9	0,000	0,000	0,010	0,266	0,019	0,661	0,895
KRAFFFUTTER																	
XP	g/Tag	460	413	375	421	411	-	682	565	126	0,001	0,564	0,000	0,810	0,000	0,803	0,875
NEL	MJ/Tag	25,2	23,0	21,0	23,3	22,8	-	38,0	31,2	6,8	0,002	0,566	0,000	0,666	0,000	0,742	0,883
Ca	g/Tag	10	9	9	10	9	-	16	13	3	0,001	0,545	0,000	0,814	0,000	0,765	0,874
P	g/Tag	14	13	12	13	13	-	21	18	4	0,003	0,533	0,000	0,808	0,000	0,784	0,879
nXP	g/Tag	545	496	452	504	492	-	819	674	147	0,001	0,561	0,000	0,706	0,000	0,754	0,882
RNB	g/Tag	-14	-13	-12	-13	-13	-	-22	-17	4	0,276	0,649	0,000	0,285	0,000	0,595	0,862
GESAMTRATION																	
XP	g/Tag	1.620	2.091	2.763	2.219	2.098	1.954	2.304	2.216	199	0,000	0,000	0,000	0,554	0,000	0,474	0,892
NEL	MJ/Tag	72,2	91,7	110,3	92,7	90,1	76,7	101,6	95,9	8,2	0,000	0,022	0,000	0,126	0,000	0,444	0,885
Ca	g/Tag	69	88	114	91	89	90	92	88	10	0,000	0,167	0,049	0,243	0,000	0,257	0,850
P	g/Tag	42	49	58	50	49	44	53	51	5	0,000	0,036	0,000	0,395	0,001	0,259	0,810
nXP	g/Tag	1.673	2.096	2.525	2.133	2.063	1.795	2.309	2.189	184	0,000	0,006	0,000	0,243	0,000	0,424	0,879
RNB	g/Tag	-8	-1	38	14	6	25	-1	4	10	0,000	0,000	0,000	0,237	0,000	0,912	0,882
BEDARFSDECKUNG																	
NEL	% d. Bedarfs	85,6	94,5	101,5	94,0	93,7	87,1	98,5	96,1	5,1	0,000	0,668	0,000	0,258	0,000	0,567	0,773
nXP	% d. Bedarfs	106,9	109,9	112,9	109,8	110,1	108,2	111,1	110,5	4,9	0,000	0,641	0,002	0,312	0,006	0,699	0,369
Ca	% d. Bedarfs	107,6	111,1	124,8	113,7	115,4	129,3	107,2	107,1	10,6	0,000	0,246	0,000	0,272	0,403	0,310	0,701
P	% d. Bedarfs	102,0	98,0	99,5	99,6	100,0	101,6	98,4	99,5	7,0	0,004	0,698	0,029	0,337	0,071	0,590	0,336
Mg	% d. Bedarfs	140,3	155,9	187,0	162,9	159,2	160,8	161,5	161,0	16,3	0,000	0,099	0,962	0,066	0,005	0,275	0,656
Na	% d. Bedarfs	108,4	107,2	104,8	107,0	106,5	110,3	105,1	104,9	16,2	0,412	0,814	0,089	0,162	0,619	0,432	0,149

Tabelle 7b: Nährstoffaufnahme aus dem Grund- und Kraftfutter sowie der Gesamtration und Bedarfsdeckung an Nährstoffen (Nutzung x Kraftfutter)

KRAFTFUTTER		Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)		
		N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
NUTZUNG		N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Gruppe (NK)		N2/KO	N3/KO	N4/KO	N2/KN	N3/KN	N4/KN	N2/KK	N3/KK	N4/KK
XP	g/Tag	1.291	1.871	2.698	1.040	1.571	2.255	1.147	1.594	2.213
NEL	MJ/Tag	52,6	76,5	100,9	42,2	64,2	84,6	46,2	65,3	82,6
Ca	g/Tag	52	78	115	40	65	96	43	68	93
P	g/Tag	24	34	46	19	29	39	21	30	38
nXP	g/Tag	1.261	1.782	2.340	1.012	1.496	1.960	1.111	1.520	1.917
RNB	g/Tag	5	14	57	5	12	47	6	12	47
KRAFTFUTTER										
XP	g/Tag	-	-	-	871	654	521	505	579	611
NEL	MJ/Tag	-	-	-	48,3	36,4	29,2	27,0	32,3	34,2
Ca	g/Tag	-	-	-	20	15	12	11	13	14
P	g/Tag	-	-	-	27	20	16	15	18	19
nXP	g/Tag	-	-	-	1042	786	630	587	697	738
RNB	g/Tag	-	-	-	-27	-21	-17	-13	-19	-20
GESAMTRATION										
XP	g/Tag	1.297	1.877	2.690	1.911	2.225	2.776	1.652	2.172	2.823
NEL	MJ/Tag	52,9	76,8	100,4	90,4	100,6	113,8	73,1	97,6	116,9
Ca	g/Tag	63	87	121	77	89	112	67	88	110
P	g/Tag	34	43	54	48	52	59	42	52	59
nXP	g/Tag	1.268	1.788	2.329	2.054	2.282	2.590	1.697	2.217	2.655
RNB	g/Tag	5	14	58	-23	-9	30	-7	-7	27
BEDARFSDECKUNG										
NEL	%	75,5	87,4	98,3	94,9	99,1	101,5	86,5	97,0	104,8
nXP	%	103,6	108,4	112,5	110,6	110,1	112,6	106,6	111,3	113,6
Ca	%	122,4	124,2	141,2	98,5	104,8	118,4	101,8	104,4	115,0
P	%	106,4	98,2	100,2	98,5	97,2	99,5	101,1	98,6	98,8
Mg	%	136,0	153,0	193,3	147,5	154,4	182,6	137,5	160,4	185,0
Na	%	111,3	111,0	108,7	109,7	102,7	103,0	104,1	107,9	102,6

Tabelle 8a: Nährstoffkonzentration im Grundfutter und der Gesamtration (Nutzung, Düngung, Kraftfutter)

VERSUCHSFAKTOR GRUPPE		NUTZUNG (N)			DÜNGUNG (D)		KRAFTFUTTER (K)			RSD	P-Werte					R ²	
		N2	N3	N4	DG	DN	KO	KN	KK		N	D	K	N x D	N x K		D x K
Grundfutter																	
XP	g/kg T	112	129	157	135	130	133	133	132	5	0,000	0,000	0,780	0,171	0,949	0,974	0,953
XF	g/kg T	329	295	253	291	294	293	293	291	11	0,000	0,118	0,236	0,979	0,776	0,550	0,912
XX	g/kg T	458	474	470	465	469	468	467	467	12	0,000	0,036	0,888	0,061	0,963	0,566	0,774
XA	g/kg T	76	83	98	84	87	86	86	85	4	0,000	0,000	0,756	0,001	0,628	0,944	0,874
NDF	g/kg T	604	550	477	541	547	544	544	542	18	0,000	0,013	0,748	0,535	0,984	0,793	0,915
ADF	g/kg T	355	323	282	319	321	321	320	319	10	0,000	0,077	0,628	0,993	0,964	0,648	0,908
ADL	g/kg T	42	34	28	35	35	35	35	35	2	0,000	0,824	0,609	0,010	0,917	0,646	0,933
ME	MJ/kg T	7,93	9,03	9,87	8,95	8,94	8,96	8,95	8,93	0,17	0,000	0,739	0,477	0,000	0,767	0,235	0,961
NEL	MJ/kg T	4,52	5,27	5,88	5,22	5,22	5,23	5,22	5,21	0,11	0,000	0,567	0,545	0,000	0,804	0,265	0,969
nXP	g/kg T	109	123	136	123	122	123	123	122	2	0,000	0,001	0,386	0,000	0,694	0,304	0,967
RNB	g/kg T	0,5	1,0	3,3	1,9	1,3	1,6	1,6	1,6	0,6	0,000	0,000	0,933	0,058	0,974	0,819	0,896
Gesamtration																	
XP	g/kg T	116	129	153	135	131	132	134	132	5	0,000	0,000	0,112	0,385	0,000	0,456	0,937
XF	g/kg T	272	255	227	251	252	291	226	237	13	0,000	0,550	0,000	0,656	0,000	0,420	0,907
XX	g/kg T	512	516	505	509	513	464	541	528	16	0,001	0,092	0,000	0,079	0,000	0,878	0,872
XA	g/kg T	69	75	89	77	79	85	74	75	4	0,000	0,000	0,000	0,047	0,040	0,763	0,878
dO	%	63,6	68,6	73,7	68,6	68,6	65,3	70,9	69,7	1,1	0,000	0,965	0,000	0,000	0,000	0,628	0,958
ME	MJ/kg T	8,78	9,52	10,14	9,48	9,48	8,90	9,88	9,66	0,19	0,000	0,886	0,000	0,000	0,000	0,377	0,946
NEL	MJ/kg T	5,13	5,63	6,08	5,61	5,61	5,19	5,90	5,75	0,13	0,000	0,965	0,000	0,000	0,000	0,419	0,950
NDF	g/kg T	524	496	444	486	490	541	454	470	18	0,000	0,106	0,000	0,240	0,000	0,561	0,915
ADF	g/kg T	296	281	253	276	277	319	250	262	12	0,000	0,504	0,000	0,603	0,000	0,437	0,912
ADL	g/kg T	36	31	26	31	31	35	28	30	2	0,000	0,762	0,000	0,036	0,000	0,662	0,918
nXP	g/kg T	119	129	139	130	129	122	134	131	2	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,271	0,950
RNB	g/kg T	-0,5	0,0	2,2	0,8	0,3	1,6	-0,1	0,2	0,6	0,000	0,000	0,000	0,102	0,000	0,869	0,886
Ca	g/kg T	5,0	5,4	6,3	5,5	5,6	6,1	5,3	5,3	0,5	0,000	0,437	0,000	0,058	0,007	0,347	0,788
P	g/kg T	3,0	3,0	3,2	3,1	3,1	3,0	3,1	3,1	0,2	0,000	0,977	0,115	0,221	0,635	0,643	0,443
Mg	g/kg T	2,1	2,3	2,7	2,4	2,3	2,4	2,3	2,3	0,2	0,000	0,065	0,237	0,092	0,143	0,535	0,658
K	g/kg T	18,8	20,6	23,4	21,0	20,8	23,2	19,4	20,2	1,2	0,000	0,259	0,000	0,332	0,000	0,890	0,846
Na	g/kg T	1,37	1,34	1,29	1,33	1,33	1,39	1,30	1,31	0,20	0,096	0,934	0,023	0,557	0,696	0,664	0,173
Mn	mg/kg T	102	105	110	119	92	119	98	100	10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,207	0,062	0,834
Zn	mg/kg T	29	29	33	31	30	29	31	31	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,719	0,726
Cu	mg/kg T	8,0	9,1	10,6	9,3	9,1	9,9	8,8	8,9	0,5	0,000	0,004	0,000	0,314	0,002	0,992	0,892

Tabelle 8b: Nährstoffkonzentration im Grundfutter und der Gesamtration (Nutzung x Kraftfutter)

KRAFTFUTTER		Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)		
NUTZUNG		N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Gruppe (NK)		N2/KO	N3/KO	N4/KO	N2/KN	N3/KN	N4/KN	N2/KK	N3/KK	N4/KK
Grundfutter										
XP	g/kg T	112	129	158	112	129	157	111	129	157
XF	g/kg T	331	295	253	330	295	255	326	294	252
XX	g/kg T	459	473	470	458	473	469	457	474	471
XA	g/kg T	76	82	98	77	83	97	75	83	98
NDF	g/kg T	606	550	477	604	550	479	602	549	476
ADF	g/kg T	356	324	282	355	323	283	354	322	281
ADL	g/kg T	42	34	28	42	34	28	42	34	28
ME	MJ/kg T	7,97	9,04	9,88	7,95	9,04	9,87	7,88	9,03	9,87
NEL	MJ/kg T	4,53	5,27	5,88	4,53	5,27	5,87	4,49	5,27	5,88
nXP	g/kg T	109	123	136	109	123	136	108	123	136
RNB	g/kg T	0,5	1,0	3,4	0,5	1,0	3,3	0,5	1,0	3,3
Gesamtration										
XP	g/kg T	111	128	157	120	129	151	118	130	150
XF	g/kg T	328	294	253	227	233	218	262	239	210
XX	g/kg T	456	470	466	561	542	519	519	535	531
XA	g/kg T	76	82	98	63	71	86	67	73	85
dO	%	58,2	65,6	72,1	68,1	70,4	74,3	64,4	69,9	74,7
ME	MJ/kg T	7,90	8,98	9,80	9,54	9,83	10,26	8,88	9,74	10,35
NEL	MJ/kg T	4,50	5,23	5,83	5,68	5,86	6,17	5,21	5,80	6,23
NDF	g/kg T	600	547	476	461	467	433	512	473	423
ADF	g/kg T	353	322	282	248	258	244	287	264	235
ADL	g/kg T	42	34	28	31	29	26	35	29	25
nXP	g/kg T	108	122	135	129	133	141	121	132	142
RNB	g/kg T	0,4	1,0	3,4	-1,4	-0,5	1,7	-0,5	-0,4	1,4
Ca	g/kg T	5,32	5,91	7,05	4,82	5,15	6,06	4,79	5,17	5,85
P	g/kg T	2,95	2,95	3,15	3,04	3,01	3,21	3,01	3,07	3,16
Mg	g/kg T	2,12	2,30	2,75	2,15	2,23	2,65	2,09	2,32	2,61
K	g/kg T	21,09	22,59	25,87	16,72	19,15	22,41	18,60	19,95	21,90
Na	g/kg T	1,42	1,41	1,33	1,35	1,27	1,29	1,33	1,33	1,26
Mn	mg/kg T	118	116	123	91	98	104	98	100	103
Zn	mg/kg T	27	28	32	31	30	33	29	30	33
Cu	mg/kg T	8,50	9,82	11,48	7,64	8,56	10,33	7,86	8,81	10,09

Spanne von 5 bis 20 kg pro Tag. Da auf Grund der relativ kurzen Versuchsdauer von 3 Monaten offensichtlich zum Teil beachtliche Mobilisierungen von Körpersubstanz stattgefunden haben, sollten für die weitere Diskussion nicht so sehr die tatsächlichen Milchleistungen herangezogen werden, sondern der Milcherzeugungswert der Ration, da dieser die Energieversorgung der Ration besser widerspiegelt.

Pro kg Kraftfutter wurde die Milchleistung um 1,0 kg ECM gesteigert, der Milcherzeugungswert stieg um 1,4 kg an. In früheren Versuchen haben wir eine Steigerung der Milchleistung um 1,6 kg ECM pro kg T Kraftfutter festgestellt (GRUBER et al. 1995). HAIGER und SÖLKNER (1995) stellten eine Steigerung der Milchleistung um 1,0 kg ECM pro kg Kraftfutter fest.

Der Einfluss der Kraftfüttermengen auf die Milchleistung kann sehr unterschiedlich sein. Nach einer zusammenfassenden Literaturobseruation von COULON und REMOND (1991) hängt die Wirkung einer unterschiedlichen Energieversorgung maßgeblich vom Grad der Energieversorgung, vom Laktationsstadium, von der Dauer der Unter- bzw. Überversorgung und von der Proteinversorgung ab. Bei hochlaktierenden Kühen ist demnach pro kg T Kraftfutter (8,0 MJ NEL) mit einer linearen Steigerung der Milchleistung im Ausmaß von 0,8 bis 1,2 kg zu rechnen. Der Grund für diese relativ geringe Effizienz liegt darin, dass Kühe bei einer kurzfristigen Unterversorgung Körperreserven mobilisieren und somit eine höhere Milchleistung aufweisen, als ihrer Nährstoffversorgung entspricht. Da in der Mitte der Laktation die Körpermobilisation abnimmt, ist in diesem Laktationsstadium eine etwas höhere Kraftfüttereffizienz zu erwarten (1,3 kg Milch), wobei im Falle einer Proteinunterversorgung ein deutlicher Effekt auftritt. Langfristig (über einen großen Teil der Laktation) betrachtet ist von einem kurvilinearen, d.h. degressiven Anstieg der Milchleistung mit steigender Energieversorgung auszugehen. Bei einem Energiedefizit von 14 - 21 MJ NEL steigt die Milchleistung pro kg T Kraftfutter um mehr als 2,0 kg an, bei ausgeglichener Energiebilanz um 1,1 kg und bei einem Energieüberschuss von 14 - 21 MJ NEL nur um 0,6 - 0,3 kg. Unter prakti-

schen Fütterungsbedingungen kann also nicht erwartet werden, dass die Milchleistung zu hundert Prozent entsprechend der mit dem Kraftfutter zugeführten Energie ansteigt.

Zusammenfassend ist zu diesem Abschnitt festzustellen, dass die vorliegenden Daten einmal mehr die herausragende Bedeutung der Grundfutterqualität für hohe individuelle Futteraufnahmen und Milchleistungen unterstreichen. Das Spektrum der Grundfutterqualität von 58 - 72 % Verdaulichkeit führte zu Grundfutteraufnahmen von 11.6 - 17.2 kg T (ohne Kraftfutter). Die damit erzielte Energieaufnahme ermöglicht Milchleistungen von 6 - 20 kg ECM aus dem Grundfutter. Damit war ein Futterniveau (APL, Vielfaches des Erhaltungsbedarfes) von 1.5 - 2.8 zu erreichen, bei bedarfsgerechter Kraftfütterergänzung von 2.5 - 3.0.

3.3 Milchleistung u. Nährstoffausscheidung pro Flächeneinheit

In den vorangegangenen Abschnitten wurde der Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag und Futterwert des Wiesenfutters (3.1) behandelt. In Abschnitt 3.2 wurden die Auswirkungen dieser Grünlandbewirtschaftung - in Verbindung mit dem Einfluss des Kraftfutters - auf Futteraufnahme und Milchleistung pro Kuh dargestellt. Im folgenden Abschnitt 3.3 werden nun beide Teile in Beziehung zueinander gebracht und somit die Milchleistung und Nährstoffausscheidung pro Flächeneinheit (Grundfutter) herausgearbeitet.

Der erste, entscheidende Schritt ist dabei die Kalkulation des möglichen Tierbesatzes pro Hektar. Dazu wird die Grundfutteraufnahme pro Jahr und der Ertrag pro Hektar benötigt (Kühe pro ha = Ertrag / GF pro Jahr). Die Futteraufnahme (und Milchleistung) pro Jahr wurde mit Regressionsgleichungen, die auf einem vergleichbaren Datenmaterial beruhen (GRUBER et al. 1995), über die Daten aus dem 3-monatigen Versuchsabschnitt errechnet (siehe 2.4).

Die Daten des Tierbesatzes in den verschiedenen Versuchsvarianten sind in den Tabellen 9a, 9b und 9A angegeben. Der Faktor Nutzung wirkt in zweifacher Hinsicht auf den Tierbesatz. Zum einen ist der Ertrag bei Erhöhung der Schnitthäufigkeit zurückgegangen (Tabelle 3), zum anderen führte die Erhöhung der

Schnitthäufigkeit zu einer starken Steigerung der Grundfutteraufnahme (Tabelle 6). Beide Faktoren bewirken einen hochsignifikanten Rückgang des Tierbesatzes (2.3, 1.8, 1.3 Kühe pro ha in N2, N3, N4). Erwartungsgemäß erhöht die Düngung den Tierbesatz durch Steigerung des Grünlandertrages und leichte Verringerung der Futteraufnahme (1.7 bzw. 1.9 in DG und DN). Auch Kraftfutter erhöht den Tierbesatz über die Grundfütterverdrängung (1.7 bzw. 1.9 in KO und KN). Zwischen den drei Faktoren bestanden keine Wechselwirkungen hinsichtlich des Tierbesatzes. Die Ergebnisse zeigen, dass keinesfalls von durchschnittlichen Besatzdichten ausgegangen werden sollte, wenn ökonomische und ökologische Aspekte zur Diskussion stehen, sondern die tatsächliche Tieranzahl pro ha in Abhängigkeit von Grünlandertrag und Grundfutteraufnahme ermittelt werden sollte. Der höchste Tierbesatz pro Flächeneinheit (2,55 Kühe/ha) wurde bei niedriger Schnitthäufigkeit, hohem Düngungsniveau und bedarfsgerechtem Kraftfutter (N2/DN/KK) festgestellt, der niedrigste Tierbesatz (1,14 Kühe/ha) analog in N4/DG/KN, also bei hoher Schnitthäufigkeit, niedrigem Düngungsniveau und ohne Kraftfutter.

Um den Vergleich zwischen flächen- und tierbezogenen Ergebnissen zu erleichtern, werden die tierbezogenen Werte in Tabelle 9 pro Jahr angegeben und somit auf eine ähnliche Größenordnung gebracht wie die flächenbezogenen.

3.3.1 Milchleistung

Wird die Grundfutteraufnahme pro Tag (Tabelle 6) mit den in Abschnitt 2.4 angeführten Regressionsgleichungen auf Jahresbasis hochgerechnet, so nehmen die Kühe in N2, N3, N4 Grundfutter in einer Menge von 3875, 4491, 5012 kg T pro Jahr auf, was die bereits diskutierten Kuhzahlen von 2.3, 1.8, 1.3 pro ha ergibt. Auf gleiche Weise läßt sich der Milchproduktionswert der Ration pro Jahr errechnen (3332, 4899, 6441 kg ECM/Jahr). Die tatsächliche Milchleistung wird in diesem Abschnitt wegen starker Mobilisation in einigen Versuchsvarianten nicht für weitere Kalkulationen herangezogen (siehe 3.2.4). Selbstverständlich übt auch die Kraftfüttermenge einen hochsignifikanten Einfluss auf den Milchproduktionswert der Rati-

on pro Jahr aus (3647, 5627, 5210 kg ECM/Jahr in KO, KN, KK).

Werden nun diese Individualleistungen (pro Kuh) mit der Besatzdichte multipliziert, so erhält man die Milchproduktion pro Flächeneinheit (Flächenproduktivität). Die höchste Milchleistung pro ha Grundfutterfläche wurde bei mittlerer Nutzungshäufigkeit erzielt (7574, 8973, 8444 kg ECM/ha in N2, N3, N4). Durch Kraftfutter liess sich die Flächenproduktivität stark steigern (6092, 10684, 9618 kg ECM/ha in KO, KN, KK), durch Düngung in geringerem Ausmaß (8496 bzw. 9138 kg ECM/ha DG und DN).

Hier muss ganz besonders auf die Wechselwirkung ($P < 0,000$) zwischen Nutzung und Kraftfutter hingewiesen werden (Tabelle 9b). Bei einer Fütterung ohne Kraftfutter (KO) spielt die Nährstoffversorgung über das Grundfutter die entscheidende Rolle. In diesem Fall schlägt sich die Steigerung der Individualleistung (1701, 3597, 5644 kg ECM/Jahr) mit der Nutzungsfrequenz stärker zu Buche als der Rückgang der Kuhzahl pro ha. Die Flächenproduktivität beträgt nämlich 3651, 6041, 6689 kg ECM/ha in N2, N3, N4 bei Kraftfutterniveau KO. Ganz abgesehen davon, dass ein Milcherzeugungswert von 1700 kg in N2 langfristig für Kühe auch mit mittlerem Leistungspotential für eine bedarfsgerechte Energieversorgung nicht ausreicht. Andererseits soll auf die enorme Grundfutterleistung von 5640 kg bei höchster Nutzungsfrequenz (N4) hingewiesen werden. Werden also höchste Individualleistungen - aus welchen Gründen auch immer - angestrebt, so ist eine hohe Grundfutterqualität eine Voraussetzung dafür.

Anders ist die Situation bei bedarfsgerechtem Kraftfuttereinsatz. Hier übernimmt das Kraftfutter einen mehr oder weniger großen Teil der Energieversorgung. Somit kann auch bei schlechter Grundfutterqualität ein gewisses Milchleistungsniveau pro Kuh erreicht werden (4685, 5560, 6637 kg ECM/Jahr in N2, N3, N4 bei Kraftfutterniveau KN). Bei diesem Leistungsniveau ist unter Berücksichtigung der Besatzdichte von 2.4, 1.9 und 1.4 Kühen pro Hektar eine Milcherzeugung von 11326, 10619 und 9082 kg ECM/ha möglich, also parado-

xerweise die höchste Flächenproduktivität bei niedrigster Schnitthäufigkeit (Tabelle 9b). Wie sich ein solches Fütterungsregime auf die Nährstoffrücklieferung über die Gülle auswirkt, wird im folgenden Abschnitt 3.3.2 dargestellt.

3.3.2 Nährstoffausscheidung

Die Ausscheidung an Gülle (10 % T, Summe aus Kot und Harn), Stickstoff, Phosphor und Kalium wurde - basierend auf den Ergebnissen von GRUBER et al. 1999 - über die in Abschnitt 2.3 angeführten Regressionsgleichungen pro Tag kalkuliert und auf ein Jahr hochgerechnet. Demnach erhöht sich die Güllemenge und noch viel mehr die Ausscheidungsmenge an den Nährstoffen N, P und K hochsignifikant durch Anstieg der Nutzungsfrequenz (22.5, 24.0, 25.2 Tonnen Gülle pro Jahr sowie 53, 68, 93 kg N „anrechenbar“ (nach FBB 1999) pro Jahr). Daraus folgt, dass mit Steigerung der Nutzungsfrequenz auch die Konzentration der Gülle an Nährstoffen steigt (3.1, 3.8, 5.0 g N pro kg Gülle mit 10 % T). Auch der Gehalt der Gülle an K steigt stark mit der Nutzungsfrequenz an (1.8, 2.1, 2.5 g K pro kg Gülle mit 10 % T). Das ist eine Folge höherer Konzentrationen dieser Nährstoffe im Grundfutter. Auf die Steigerung des Stickstoffgehaltes der Gülle mit steigendem Rohproteinengehalt haben auch KIRCHGESSNER et al. (1991) hingewiesen.

Auf Grund des Konzentrationsanstiegs der Gülle mit Erhöhung der Nutzungsfrequenz muss Güllemenge und Nährstoffmenge getrennt betrachtet werden. Die Güllemenge pro ha geht mit Steigerung der Nutzungsfrequenz signifikant zurück (51, 44, 33 Tonnen Gülle/ha), die Verringerung des Tierbesatzes wirkt also stärker als die höhere Ausscheidung pro Tier. Die Ausscheidungsmenge der einzelnen Nährstoffe pro ha verhält sich unterschiedlich (N bleibt etwa gleich, P geht zurück, bei K wird die höchste Menge in N3 festgestellt, siehe Tabelle 9a). Wie bei der Milchleistung, wenn auch in abgeschwächter Form, traten hochsignifikante Wechselwirkungen zwischen Nutzung und Kraftfutter auf (Tabelle 9b). Bei niedrigem Kraftfutterniveau (KO) war die N-Menge pro ha von der Schnitthäufigkeit unbeeinflusst (104, 109, 109 kg N/ha in N2, N3, N4). Dagegen fiel bei bedarfsgerechter Kraft-

futterergänzung die höchste N-Menge bei niedriger Schnitthäufigkeit an (138, 134, 128 kg N/ha in N2, N3, N4). Die Nährstoffe P und K folgen dem gleichen Trend.

Zusammenfassend zum Abschnitt Milchleistung und Nährstoffausscheidung ist festzuhalten, dass die durch Nutzungshäufigkeit erreichte Grundfutterqualität sowohl die Milchleistung als auch die Nährstoffausscheidung pro Einzeltier und Jahr erhöht. Die Auswirkungen auf die Milchleistung und Nährstoffausscheidung pro Flächeneinheit hängen jedoch vom Kraftfutterniveau ab. Bei geringen Kraftfuttermengen wird die höchste Milchproduktivität pro Flächeneinheit bei höchster Schnitthäufigkeit erzielt, bei bedarfsgerechter Kraftfutterergänzung dagegen bei niedrigster Schnitthäufigkeit. Bei geringen Kraftfuttermengen war nur ein schwacher Einfluss der Schnitthäufigkeit auf die Nährstoffausscheidung pro Flächeneinheit festzustellen, bei bedarfsgerechter Kraftfutterergänzung fielen dagegen die höchsten Nährstoffausscheidungen pro Flächeneinheit bei niedrigster Schnitthäufigkeit an.

3.3.3 Nährstoffbilanzen auf Betriebsebene

Abschließend werden Nährstoffbilanzen auf Feld/Stall- und Hoforbasis für die einzelnen Versuchsvarianten berechnet. Methodisch wurde dabei nach dem Schema von HEGE (1997) und PÖTSCH (1998) vorgegangen. Nähere Angaben finden sich bei GRUBER et al. (2000).

Stickstoff:

Die Feld/Stall- und Hofor-Bilanzen ergaben Werte in ähnlicher Größenordnung. Durch die N-Düngung erhöhte sich der Überschuss von 23 auf 111 kg N pro ha (Feld/Stall-Bilanz) bzw. von 14 auf 107 kg N pro ha (Hofor-Bilanz). Das Kraftfutterniveau beeinflusste die Feld/Stall-Bilanz nicht, wohl aber die Hofor-Bilanz (42, 73, 66 kg N Überschuss pro ha in KO, KN, KK). Die Nutzungshäufigkeit veränderte die N-Bilanzen signifikant, jedoch machten die Unterschiede nur etwa 10 kg pro ha aus (Tabelle 10a). Bei den N-Bilanzen sind - im Gegensatz zu den bisher besprochenen Produktionsdaten auf Grünland- und Tiersebene - auch Wechselwirkungen zwi-

Tabelle 9a: Milchleistung und Nährstoffausscheidung pro Jahr bzw. pro Hektar Grünlandfläche (Nutzung, Düngung, Kraffutter)

VERSUCHSFAKTOR GRUPPE	NUTZUNG (N)			DÜNGUNG (D)		KRAFFUTTER (K)			RSD	P-Werte						R ²	
	N2	N3	N4	DG	DN	KO	KN	KK		N	D	K	N x D	N x K	D x K		
Ergebnisse pro Jahr																	
Futtermittelaufnahme																	
Lebendmasse	kg	614	642	653	637	635	614	653	642	48	0,000	0,823	0,000	0,481	0,799	0,424	0,552
Grundfutter	kg T	3.875	4.491	5.012	4.504	4.414	4.823	4.244	4.310	331	0,000	0,052	0,000	0,893	0,009	0,420	0,796
Kraffutter	kg T	929	859	789	870	849	-	1.358	1.129	226	0,002	0,500	0,000	0,726	0,000	0,740	0,884
Gesamtfutter	kg T	4.804	5.350	5.801	5.373	5.263	4.823	5.602	5.439	351	0,000	0,024	0,000	0,964	0,000	0,242	0,799
Milchleistung																	
Milchleistung	kg	4.634	5.485	6.260	5.572	5.347	4.878	5.865	5.635	582	0,000	0,006	0,000	0,183	0,008	0,270	0,793
ECM-Leistung	kg	4.746	5.685	6.591	5.763	5.586	5.004	6.145	5.874	572	0,000	0,026	0,000	0,503	0,000	0,501	0,825
Fettgehalt	%	4,24	4,29	4,39	4,28	4,34	4,24	4,36	4,32	0,32	0,032	0,197	0,091	0,037	0,001	0,333	0,260
Proteingehalt	%	3,13	3,22	3,34	3,23	3,23	3,14	3,29	3,25	0,18	0,000	0,908	0,000	0,093	0,240	0,473	0,434
Laktosegehalt	%	4,71	4,77	4,84	4,76	4,79	4,72	4,82	4,79	0,12	0,000	0,147	0,000	0,731	0,004	0,136	0,502
Milchproduktionswert GF	kg	1.195	2.935	4.638	3.004	2.842	3.647	2.504	2.617	572	0,000	0,041	0,000	0,438	0,002	0,488	0,892
Milchproduktionswert GES	kg	3.332	4.899	6.441	4.997	4.784	3.647	5.627	5.210	668	0,000	0,022	0,000	0,221	0,000	0,371	0,874
Ausscheidung																	
Gülle (Kot + Harn), 10 % T	to	22,5	24,0	25,2	24,2	23,6	23,7	24,1	23,9	1,8	0,000	0,017	0,314	0,512	0,781	0,180	0,657
Gülle-N (75 % anrechenbar)	kg	52,9	68,0	93,3	73,5	69,3	68,4	73,6	72,2	5,5	0,000	0,000	0,000	0,207	0,065	0,462	0,923
Gülle-P	kg	12,1	13,0	14,1	13,2	12,9	11,3	14,2	13,6	1,0	0,000	0,012	0,000	0,976	0,000	0,298	0,820
Gülle-K	kg	39,9	51,0	63,0	52,8	49,8	51,3	51,8	50,9	6,9	0,000	0,002	0,715	0,848	0,078	0,232	0,772
N-Gehalt der Gülle, 10 % T	g/kg	3,12	3,78	4,96	4,03	3,88	3,82	4,05	4,00	0,14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,564	0,951
P-Gehalt der Gülle, 10 % T	g/kg	0,53	0,54	0,56	0,55	0,55	0,48	0,59	0,57	0,02	0,000	0,842	0,000	0,126	0,000	0,320	0,870
K-Gehalt der Gülle, 10 % T	g/kg	1,75	2,11	2,48	2,15	2,07	2,13	2,12	2,09	0,16	0,000	0,000	0,190	0,785	0,000	0,266	0,833
Ergebnisse pro ha Grünland																	
Ertrag	kg T	8.647	8.058	6.506	7.385	8.088	7.732	7.737	7.741	391	0,000	0,000	0,990	0,328	1,000	0,972	0,907
Tierbesatz	Kühe/ha	2,27	1,83	1,31	1,70	1,91	1,67	1,90	1,85	0,20	0,000	0,000	0,000	0,283	0,216	0,336	0,863
Milchleistung																	
ECM-Leistung	kg	10.787	10.412	8.640	9.798	10.668	8.358	11.666	10.845	1.180	0,000	0,000	0,000	0,314	0,000	0,468	0,799
Milchproduktionswert GF	kg	2.716	5.375	6.081	5.107	5.427	6.092	4.754	4.831	694	0,000	0,030	0,000	0,310	0,076	0,081	0,861
Milchproduktionswert GES	kg	7.574	8.973	8.444	8.496	9.138	6.092	10.684	9.618	1.150	0,000	0,000	0,000	0,284	0,000	0,542	0,831
Ausscheidung																	
Gülle (Kot + Harn), 10 % T	to	51,2	43,9	33,1	41,2	45,1	39,5	45,8	44,2	2,9	0,000	0,000	0,000	0,254	0,000	0,674	0,914
Gülle-N (75 % anrechenbar)	kg	120,2	124,5	122,4	125,0	132,3	114,3	139,7	133,3	8,0	0,008	0,000	0,000	0,339	0,000	0,505	0,864
Gülle-P	kg	27,4	23,8	18,5	22,5	24,6	19,0	27,0	25,1	2,0	0,000	0,000	0,000	0,379	0,000	0,180	0,903
Gülle-K	kg	90,8	93,4	82,6	89,8	95,2	85,7	98,4	93,9	7,9	0,000	0,000	0,000	0,524	0,000	0,200	0,749

Tabelle 9b: Milchleistung und Nährstoffausscheidung pro Jahr bzw. pro Hektar Grünlandfläche (Nutzung x Kraftfutter)

KRAFTFUTTER NUTZUNG Gruppe (NK)		Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)		
		N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
		N2/KO	N3/KO	N4/KO	N2/KN	N3/KN	N4/KN	N2/KK	N3/KK	N4/KK
Ergebnisse pro Jahr										
Futteraufnahme										
Lebendmasse	kg	585	625	630	637	653	670	619	647	659
Grundfutter	kg T	4.128	4.848	5.493	3.628	4.292	4.812	3.869	4.332	4.729
Kraftfutter	kg T	-	-	-	1.696	1.307	1.071	985	1.171	1.232
Gesamtfutter	kg T	4.128	4.848	5.493	5.324	5.599	5.884	4.854	5.503	5.961
Milchleistung										
Milchleistung	kg	3.817	4.977	5.841	5.306	5.830	6.458	4.779	5.648	6.479
ECM-Leistung	kg	3.817	5.056	6.138	5.599	6.021	6.814	4.822	5.980	6.820
Fettgehalt	%	4,13	4,20	4,40	4,46	4,23	4,39	4,14	4,45	4,37
Proteingehalt	%	3,04	3,08	3,30	3,24	3,30	3,33	3,11	3,27	3,38
Laktosegehalt	%	4,59	4,72	4,83	4,81	4,80	4,85	4,72	4,79	4,85
Milchproduktionswert GF	kg	1.701	3.597	5.644	771	2.556	4.185	1.113	2.651	4.085
Milchproduktionswert GES	kg	1.701	3.597	5.644	4.685	5.560	6.637	3.376	5.335	6.919
Ausscheidung										
Gülle (Kot + Harn), 10 % T	to	22,2	23,6	25,2	23,0	24,3	25,2	22,4	24,0	25,4
Gülle-N (75 % anrechenbar)	kg	48,7	64,8	91,9	56,9	70,2	93,6	53,1	69,0	94,5
Gülle-P	kg	9,8	11,3	12,9	14,0	14,0	14,6	12,3	13,7	14,8
Gülle-K	kg	37,9	50,7	65,4	42,3	51,4	61,8	39,7	51,0	61,8
N-Gehalt der Gülle, 10 % T	g/kg	2,92	3,65	4,90	3,30	3,85	5,00	3,15	3,84	5,00
P-Gehalt der Gülle, 10 % T	g/kg	0,44	0,48	0,51	0,61	0,58	0,58	0,55	0,57	0,59
K-Gehalt der Gülle, 10 % T	g/kg	1,68	2,13	2,59	1,82	2,10	2,44	1,75	2,09	2,42
Ergebnisse pro ha Grünland										
Ertrag	kg T	8.642	8.058	6.496	8.643	8.049	6.519	8.656	8.067	6.501
Tierbesatz	Kühe/ha	2,15	1,68	1,19	2,42	1,91	1,37	2,25	1,90	1,38
Milchleistung										
ECM-Leistung	kg	8.193	8.491	7.274	13.537	11.499	9.324	10.870	11.390	9.408
Milchproduktionswert GF	kg	3.651	6.041	6.689	1.863	4.882	5.727	2.509	5.051	5.635
Milchproduktionswert GES	kg	3.651	6.041	6.689	11.326	10.619	9.082	7.610	10.162	9.544
Ausscheidung										
Gülle (Kot + Harn), 10 % T	to	47,6	39,7	29,9	55,5	46,3	34,4	50,5	45,8	35,0
Gülle-N (75 % anrechenbar)	kg	104,4	108,8	108,9	137,6	134,0	128,1	119,6	131,4	130,4
Gülle-P	kg	21,1	19,0	15,3	33,9	26,7	20,0	27,8	26,1	20,4
Gülle-K	kg	81,2	85,1	77,5	102,2	98,1	84,5	89,5	97,2	85,3

Tabelle 10a: Feld/Stall- und Hoftor-Bilanzen für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium (siehe Text)
(Nutzung, Düngung, Kraftfutter)

VERSUCHSFAKTOR GRUPPE	NUTZUNG (N)			DÜNGUNG (D)			KRAFTFUTTER (K)			RSD	P-Werte						R ²
	N2	N3	N4	DG	DN	KO	KN	KK	N		D	K	N x D	N x K	D x K		
FELD/STALL-BILANZ (kg/ha)																	
Stickstoff																	
Input																	
Summe Dünger	148	154	154	102	202	152	152	152	3	0,000	0,000	0,952	0,322	0,998	0,997	0,998	
Gülle (Versuch)	98	104	104	102	102	102	102	102	3	0,000	0,168	0,952	0,322	0,998	0,997	0,796	
<i>Gülle (Anfall)</i>	<i>120</i>	<i>125</i>	<i>122</i>	<i>125</i>	<i>132</i>	<i>114</i>	<i>140</i>	<i>133</i>	<i>8</i>	<i>0,008</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,339</i>	<i>0,000</i>	<i>0,505</i>	<i>0,864</i>	
Mineraldünger	50	50	50	-	100	50	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mobilisation	60	60	60	60	60	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	
Symbiont. N-Bindung	12	21	28	24	17	20	20	20	5	0,000	0,000	0,976	0,000	0,993	0,990	0,893	
Output (Ertrag)	154	174	168	162,8	168	165	165	165,5	9	0,000	0,000	0,987	0,104	0,999	0,988	0,878	
Feld/Stall-Bilanz (V)	65	61	75	23	111	67	67	67	12	0,000	0,000	0,994	0,000	1,000	0,993	0,949	
<i>Feld/Stall-Bilanz (A)</i>	<i>88</i>	<i>81</i>	<i>93</i>	<i>46</i>	<i>141</i>	<i>79</i>	<i>105</i>	<i>98</i>	<i>11</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,747</i>	<i>0,961</i>	
Phosphor																	
Input																	
Summe Dünger	27	26	27	27	27	27	27	27	1	0,000	0,737	0,989	0,978	1,000	0,949	0,363	
Gülle (Versuch)	19	18	19	19	19	19	19	19	1	0,000	0,737	0,989	0,978	1,000	0,949	0,363	
<i>Gülle (Anfall)</i>	<i>27</i>	<i>24</i>	<i>18</i>	<i>22</i>	<i>25</i>	<i>19</i>	<i>27</i>	<i>25</i>	<i>2</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,379</i>	<i>0,000</i>	<i>0,180</i>	<i>0,903</i>	
Mineraldünger	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	
Output (Ertrag)	18	21	18	19	19	19	19	19	1	0,000	0,492	0,982	0,000	0,999	0,985	0,717	
Feld/Stall-Bilanz (V)	9	6	9	8	8	8	8	8	1	0,000	0,346	0,998	0,000	1,000	0,990	0,708	
<i>Feld/Stall-Bilanz (A)</i>	<i>17</i>	<i>11</i>	<i>8</i>	<i>12</i>	<i>14</i>	<i>8</i>	<i>16</i>	<i>14</i>	<i>2</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,077</i>	<i>0,922</i>	
Kalium																	
Input																	
Summe Dünger	151	158	160	156	156	156	156	156	4	0,000	0,431	0,911	0,817	0,998	0,943	0,803	
Gülle (Versuch)	117	125	127	123	123	123	123	123	4	0,000	0,431	0,911	0,817	0,998	0,943	0,803	
<i>Gülle (Anfall)</i>	<i>91</i>	<i>93</i>	<i>83</i>	<i>90</i>	<i>95</i>	<i>86</i>	<i>98</i>	<i>94</i>	<i>8</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,524</i>	<i>0,000</i>	<i>0,200</i>	<i>0,749</i>	
Mineraldünger	33	33	33	33	33	33	33	33	-	-	-	-	-	-	-	-	
Output (Ertrag)	187	191	172	176,9	190,12	184	184	183,6	13	0,000	0,000	1,000	0,009	0,998	0,986	0,702	
Feld/Stall-Bilanz (V)	-36	-34	-12	-20	-34	-27	-27	-27	14	0,000	0,000	0,992	0,012	0,997	0,969	0,700	
<i>Feld/Stall-Bilanz (A)</i>	<i>-63</i>	<i>-65</i>	<i>-56</i>	<i>-54</i>	<i>-62</i>	<i>-65</i>	<i>-52</i>	<i>-56</i>	<i>14</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,000</i>	<i>0,002</i>	<i>0,085</i>	<i>0,606</i>	<i>0,517</i>	
HOFTOR-BILANZ (kg/ha)																	
Stickstoff																	
Input																	
Zukauffutter (KF, Min.)	46	34	22	32	36	-	58	44	11	0,000	0,022	0,000	0,634	0,000	0,124	0,882	
Symbiont. N-Bindung	12	21	28	24	17	20	20	20	5	0,000	0,000	0,976	0,000	0,993	0,990	0,893	
Mineraldünger	50	50	50	-	100	50	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	
Output	39	47	46	42	45	28	55	48	6	0,000	0,000	0,000	0,253	0,000	0,278	0,851	
Milch	36	44	44	40	43	26	53	46	6	0,000	0,000	0,000	0,247	0,000	0,286	0,849	
Kalb	2,9	2,4	1,7	2,2	2,5	2,2	2,5	2,4	0,27	0,000	0,000	0,000	0,371	0,234	0,366	0,849	
Hofator-Bilanz	68	58	55	14	107	42	73	66	9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,240	0,973	
Phosphor																	
Input																	
Zukauffutter (KF, Min.)	14	9	7	9	11	6	13	11	2	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,965	0,843	
Mineraldünger	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	
Output	8	9	8	8	9	6	10	9	1	0,000	0,000	0,000	0,296	0,000	0,501	0,845	
Milch	7	8	8	7	8	5	10	8	1	0,000	0,000	0,000	0,307	0,000	0,521	0,843	
Kalb	0,8	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,08	0,000	0,000	0,000	0,372	0,234	0,366	0,849	
Hofator-Bilanz	14	9	6	9	10	8	11	10	2	0,000	0,016	0,000	0,002	0,170	0,928	0,829	
Kalium																	
Input																	
Zukauffutter (KF, Min.)	23	17	11	16	18	0	29	22	6	0,000	0,089	0,000	0,799	0,000	0,361	0,850	
Mineraldünger	33	33	33	33	33	33	33	33	-	-	-	-	-	-	-	-	
Output	11	13	12	11	12	8	15	13	2	0,000	0,000	0,000	0,305	0,000	0,517	0,843	
Milch	11	13	12	11	12	8	15	13	2	0,000	0,000	0,000	0,307	0,000	0,521	0,843	
Kalb	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,02	0,000	0,000	0,000	0,371	0,234	0,364	0,849	
Hofator-Bilanz	45	37	32	38	39	25	47	42	5	0,000	0,390	0,000	0,900	0,000	0,362	0,844	

Tabelle 10b: Feld/Stall- und Hoftor-Bilanzen für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium (Nutzung x Kraftfutter)

KRAFTFUTTER NUTZUNG Gruppe (NK)	Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)		
	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
	N2/KO	N3/KO	N4/KO	N2/KN	N3/KN	N4/KN	N2/KK	N3/KK	N4/KK
FELD/STALL-BILANZ (kg/ha)									
Stickstoff									
Input									
Summe Dünger	147,7	154,5	154,3	147,6	154,4	154,1	147,7	154,5	154,0
Gülle (Versuch)	97,8	104,5	104,3	97,6	104,4	104,2	97,7	104,5	104,0
Gülle (Anfall)	104,4	108,8	108,9	137,6	134,0	128,1	119,6	131,4	130,4
Mineraldünger	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Mobilisation	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Symbiont. N-Bindung	11,4	21,3	28,3	11,3	21,2	28,4	12,0	21,3	28,1
Output (Ertrag)	153,8	174,3	167,7	153,8	174,3	168,0	154,6	174,2	167,8
Feld/Stall-Bilanz (V)	65,3	61,4	74,8	65,0	61,3	74,6	65,1	61,6	74,3
Feld/Stall-Bilanz (A)	72,0	65,7	79,4	105,0	90,9	98,5	87,0	88,5	100,7
Phosphor									
Input									
Summe Dünger	27,1	26,1	26,9	27,1	26,1	26,9	27,2	26,1	26,9
Gülle (Versuch)	19,2	18,2	18,9	19,2	18,2	19,0	19,3	18,2	18,9
Gülle (Anfall)	21,1	19,0	15,3	33,9	26,7	20,0	27,8	26,1	20,4
Mineraldünger	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Output (Ertrag)	17,8	20,5	18,1	17,9	20,5	18,1	18,0	20,5	18,1
Feld/Stall-Bilanz (V)	9,3	5,6	8,8	9,3	5,7	8,8	9,2	5,6	8,8
Feld/Stall-Bilanz (A)	11,2	6,5	5,1	24,0	14,1	9,8	17,8	13,5	10,3
Kalium									
Input									
Summe Dünger	150,5	157,6	160,1	150,4	157,8	160,6	150,7	157,9	160,5
Gülle (Versuch)	117,3	124,4	126,9	117,2	124,6	127,4	117,5	124,7	127,3
Gülle (Anfall)	81,2	85,1	77,5	102,2	98,1	84,5	89,5	97,2	85,3
Mineraldünger	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2
Output (Ertrag)	186,4	191,6	172,6	187,1	191,5	171,9	187,4	191,0	172,3
Feld/Stall-Bilanz (V)	-35,9	-34,0	-12,5	-36,7	-33,7	-11,3	-36,7	-33,1	-11,8
Feld/Stall-Bilanz (A)	-72,0	-73,3	-61,9	-51,7	-60,2	-54,2	-64,6	-60,6	-53,8
HOFTOR-BILANZ (kg/ha)									
Stickstoff									
Input									
Zukauffutter (KF, Min.)	62,0	71,5	77,7	148,9	125,6	109,8	111,0	117,3	113,9
Symbiont. N-Bindung	11,4	21,3	28,3	11,3	21,2	28,4	12,0	21,3	28,1
Mineraldünger	49,9	50,0	50,0	50,0	49,9	50,0	50,0	49,9	50,0
Output	18,8	30,7	36,0	59,7	56,6	48,7	39,5	52,4	52,1
Milch	16,0	28,5	34,5	56,6	54,2	46,9	36,6	49,9	50,3
Kalb	2,8	2,2	1,5	3,1	2,5	1,8	2,9	2,5	1,8
Hoftor-Bilanz	43,3	40,8	41,8	89,2	69,0	61,1	71,5	64,8	61,8
Phosphor									
Input									
Zukauffutter (KF, Min.)	16,0	13,0	11,4	27,0	20,0	16,0	21,8	19,2	16,0
Mineraldünger	8,0	5,1	3,5	19,0	12,0	8,0	13,9	11,3	8,1
Mineraldünger	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Output	4,0	6,1	6,7	11,4	10,6	8,9	7,9	9,8	9,4
Milch	3,2	5,6	6,2	10,5	9,9	8,5	7,1	9,1	8,9
Kalb	0,8	0,6	0,4	0,9	0,7	0,5	0,8	0,7	0,5
Hoftor-Bilanz	12,0	6,9	4,8	15,6	9,4	7,0	13,9	9,4	6,6
Kalium									
Input									
Zukauffutter (KF, Min.)	33,6	33,3	32,7	77,5	60,1	49,0	57,4	56,7	51,3
Mineraldünger	0,4	0,1	-0,5	44,3	26,9	15,8	24,2	23,5	18,1
Mineraldünger	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2
Output	5,1	8,7	9,7	16,3	15,3	13,1	11,1	14,2	13,8
Milch	4,9	8,5	9,6	16,1	15,2	13,0	10,8	14,0	13,7
Kalb	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
Hoftor-Bilanz	28,5	24,6	23,1	61,2	44,8	35,9	46,4	42,5	37,5

Schema zur Berechnung der Nährstoffbilanzen auf Betriebsebene:

Feld/Stall-Bilanz = (Gülle + min. Dünger + symbiont. N-Fixierung + Mobilisation) - (Pflanze)
 Hofstor-Bilanz = (Zukauffutter + min. Dünger + symbiont. N-Fixierung) - (Milch + Kalb)

schen Nutzung und Düngung zu beachten (Tabelle 10A). Bei niedrigem Düngungsniveau steigt die N-Bilanz mit der Schnitthäufigkeit an (15, 21, 35 kg N pro ha in N2, N3, N4 bei DG und KO), während sie bei hohem Düngungsniveau etwa gleich bleibt (116, 102, 115 kg N pro ha in N2, N3, N4 bei DN und KO), jedoch selbstverständlich auf höherem Überschussniveau.

Es wurden auch Feld/Stall-Bilanzen (A) mit dem tatsächlichen Gülleanfall (siehe Abschnitt 3.3.2) berechnet (in den Tabellen in *kursiver Schrift*). Bei Stickstoff wäre eine größere Menge angefallen, als nach dem Versuchsschema vorgesehen war. Die im vorliegenden Versuch erzielten Grünlanderträge waren nämlich höher als bei der Versuchsplannung angenommen. Dadurch ergeben sich größere Überschüsse in allen Varianten, doch keine anderen Relationen zwischen den Gruppen. Es muss allerdings eingeräumt werden, dass eine höhere Gülledüngung auch den Ertrag und damit den Entzug verändert hätte, was wieder Rückwirkungen auf die Bilanz hätte. Die Feld/Stall-Bilanzen auf Basis tatsächlicher Ausscheidungen brachte sehr wohl einen Anstieg der N-Überschüsse durch Kraftfutter.

Insgesamt betrachtet, sind die Überschüsse an Stickstoff im vorliegenden Versuch hauptsächlich auf die mineralische N-Düngung in Gruppe DN zurückzuführen, zum Teil auch durch Kraftfutter.

Phosphor:

Auch bei Phosphor ergeben beide Bilanzierungsmethoden (Feld/Stall- bzw. Hofstor-Bilanz) Werte in ähnlicher Größenordnung, die bei etwa 10 kg P pro ha und somit leicht im Überschussbereich liegen. Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind unwesentlich und nur zum Teil signifikant. Im Unterschied zu Stickstoff bestanden - wie auch bei Kalium - keine Unterschiede im Düngungsniveau zwischen den Gruppen.

Kalium:

Die Kalium-Bilanzen waren auf Feld/Stall-Basis negativ und auf Hofstor-Basis positiv. Die N-Düngung verstärkte die negative Bilanz über den Weg der Ertragssteigerung und damit höheren Entzug. Steigende Nutzungsfrequenz beein-

flusste die K-Bilanz in der Richtung, dass die Unterversorgung abnahm (-36, -34, -12 kg K pro ha in N2, N3, N4). Auch dies kommt von der Entzugsseite her - der Ertrag und auch der K-Entzug nahm mit steigender Schnitthäufigkeit ab.

Die Nährstoffbilanzierung einer biologisch bzw. konventionell bewirtschafteten Grünlandversuchseinheit an der BAL Gumpenstein brachte im wesentlichen ähnliche Ergebnisse (GRUBER et al. 2000). Auch in jenem Versuch stimmten Hofstor- und Feld/Stall-Bilanz bei Stickstoff und Phosphor gut überein, während Kalium bei der Feld/Stall-Bilanz negativ und bei der Hofstor-Bilanz ausgeglichen war. Übereinstimmend mit den vorliegenden Ergebnissen bewirkte die mineralische N-Düngung hohe N-Überschüsse von über 100 kg N pro ha. Der Grund liegt in einer nur teilweisen Verwertung des zugeführten Stickstoffs durch die Pflanzen. Wie aus den über den tatsächlichen Düngereinfluss kalkulierten Bilanzen hervorgeht (siehe Feld/Stall-Bilanz A), trägt auch das Kraftfutter nicht unwesentlich zu Bilanzüberschüssen bei allen Nährstoffen bei.

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen**Fragestellung, Versuchsplan und Versuchsdurchführung**

In einem dreifaktoriellen Versuch über die Dauer von 4 Jahren (1994 - 1997) wurde der Einfluss der Grünlandbewirtschaftung (Nutzung und Düngung) und des Kraftfutterniveaus in der Milchviehhaltung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung auf einer Fläche von 12,5 ha Dauergrünland (BAL Gumpenstein, steirisches Ennstal) untersucht.

Bei den Versuchsflächen handelte es sich um zwei ähnliche Kunstwiesen mit wenigen Elementen der Feuchtwiese. Der Faktor Nutzungshäufigkeit (N) hatte 3 Stufen (N2, N3, N4), indem die Grünlandflächen 2, 3 oder 4 mal pro Jahr geschnitten wurden (N2: 27 06 / 30 09; N3: 30 05 / 27 07 / 30 09; N4: 17 05 / 27 06 / 10 08 / 30 09). Durch diese Differenzierung ergaben sich sehr unterschiedliche Aufwuchszeiten (3, 2 bzw. 1,5 Monate) und damit Vegetationsstadien bei der Ernte der einzelnen Varianten der

Nutzungshäufigkeit. Sämtliche Aufwüchse wurden aus versuchstechnischen Gründen als Heu konserviert (solarunterstützte Unterdachtrocknung). Jeder erste Aufwuchs wurde pflanzensoziologisch untersucht und von jedem Aufwuchs das Vegetationsstadium bestimmt. Zusätzlich wurde jeder Aufwuchs in die Artengruppen Gräser, Kräuter sowie Leguminosen zerlegt und der Trockenmasseanteil gewichtsmäßig bestimmt. Die Artengruppen wurden noch weiter in Blatt und Stängel unterteilt.

Die Düngung (D) bestand aus 2 Niveaus (DG, DN). In DG wurde nur mit Gülle (32 m³ pro ha und Jahr \approx 100 kg N) gedüngt, in DN zusätzlich zur Gülle 100 kg mineralischer N). Aus statistischen Gründen (Kalkulation möglicher Wechselwirkungen zwischen Düngung und Nutzung) wurde das Düngungsniveau für alle 3 Schnitthäufigkeiten konstant gehalten. Die Dünger wurden anteilmäßig zu jedem Aufwuchs ausgebracht.

Im Fütterungsversuch mit Milchkühen wurden die 6 Varianten (3 Nutzungshäufigkeiten x 2 Düngungsstufen) aus dem Grünlandversuch bei 3 Kraftfutterniveaus (K) angewendet (KO, KN, KK). In KO wurde kein Kraftfutter gefüttert, in KN Kraftfutter nach Norm (GEH 1986), in KK ein konstanter Kraftfutteranteil von 25 % der IT. Von jedem Aufwuchs aller 4 Versuchsjahre (n = 72) wurde die Verdaulichkeit *in vivo* mit jeweils 4 Hammeln der Rasse Bergschaf nach den Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit untersucht (GfE 1991). Die Kühe für die Fütterungs- und Bilanzversuche wurden aus der Herde der BAL Gumpenstein bestehend aus den Rassen Fleckvieh, Brown Swiss und Holstein Friesian ausgewählt und die Versuche im darauffolgenden Winter durchgeführt. Von jedem Erntejahr wurden 3 Wiederholungen mit jeweils 18 Tieren durchgeführt (n = 54 pro Jahr, N = 216 im gesamten Versuch). Der Fütterungsversuch dauerte 12 Wochen (ab dem 100. Laktationstag). In der Mitte des Fütterungsversuchs wurde mit 190 Kühen ein Bilanzversuch mit Sammlung von Milch, Kot und Harn über eine Dauer von 5 Tagen durchgeführt.

Einfluss von Nutzung und Düngung auf Ertrag, botanische Zusammensetzung und Futterwert

Mit steigender Schnitthäufigkeit ging der Ertrag signifikant zurück (8.648, 8.054,

6.509 kg T pro ha in N2, N3, N4). Der höchste Energie-Ertrag trat bei der 3-Schnittnutzung auf (39.1, 42.1, 38.1 GJ NEL/ha). Der Rückgang des Trockenmasse-Ertrages mit steigender Nutzungsfrequenz hat im wesentlichen zwei Ursachen und ist durch viele Versuchsergebnisse in der Literatur belegt. Nach jedem Schnitt tritt eine Phase geringer Wachstumsrate ein, bis sich neue Blattfläche für die Photosynthese bildet. Bei häufiger Nutzung entstehen mehrere solcher sog. lag-Phasen und somit wird an sich verfügbare Wachstumszeit nicht vollständig genutzt. Ein weiterer Grund liegt in der Verkürzung des Zuwachszeitraumes für den Primäraufwuchs, der sich generativ entwickelt und deutlich höhere Zuwachsraten erzielt als die Folgeaufwüchse (TAUBE 1990). Der Anteil der einzelnen Aufwüchse am Gesamtertrag war relativ ausgeglichen (56 und 44 % in N2; 41, 32, 27 % in N3; 27, 27, 27, 19 % in N4). Die effektiven Aufwuchszeiten betragen im Durchschnitt 81, 57, 43 Tage in N2, N3 und N4. Die zusätzliche mineralische N-Düngung erhöhte den Ertrag um 706 kg T (7.384 und 8.090 kg T pro ha in DG und DN), das sind 7,1 kg T pro kg N-Düngung. Dies liegt im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen Werte. Ein Grund für die relativ niedrige N-Wirkung im vorliegenden Versuch ist nach BOHNER (2000) darin zu suchen, dass in hydromorphen Böden - wie im vorliegenden Versuch - NO_3 zu N_2 und N_2O reduziert wird und gasförmig verloren geht. Zwischen Nutzung und Düngung bestand hinsichtlich Ertrag keine Wechselwirkung.

Mit steigender Nutzungsfrequenz ging der Anteil der Gräser signifikant zurück (87, 74, 65 % der T in N2, N3 und N4). Anstelle der Gräser traten die Kräuter (9, 17, 21 % der T) und in geringerem Umfang die Leguminosen (5, 9, 14 % der T in N2, N3, N4). Die Nutzungshäufigkeit wirkte sich in den beiden Düngungsniveaus unterschiedlich auf den Pflanzenbestand aus (Wechselwirkung). Die zusätzliche N-Düngung (DN) bewirkte in den Nutzungshäufigkeiten N3 und N4 eine deutlichere Zunahme des Gräseranteils (etwa 10 %-Punkte) als in N2 (3 %-Punkte).

Erwartungsgemäß veränderte die Häufigkeit der Nutzung die morphologische Zusammensetzung der Pflanzen gravierend. Auf Grund des Wachstumsverlaufs nahm der Anteil der Blätter an der Ge-

samtpflanze mit steigender Nutzungsfrequenz zu (48, 56, 61 % der T in N2, N3, N4). Gräser wiesen in allen Vegetationsstadien einen höheren Blattanteil auf als Kräuter und diese mehr als Leguminosen. Durch N-Düngung verminderte sich der Blattanteil geringfügig, woraus das etwas höhere physiologische Alter bei der intensiver gedüngten Variante sichtbar wird.

Mit steigender Nutzungshäufigkeit erhöhte sich erwartungsgemäß der Gehalt an Rohprotein (112, 135, 160 g XP/kg T in N2, N3, N4) und ging der Gehalt an Rohfaser (331, 291, 246 g XF/kg T) bzw. Gerüstsubstanzen (627, 552, 467 g NDF/kg T) zurück. Dies beruht auf der morphologischen Veränderung der Pflanze in Richtung eines höheren Stängelanteils und dessen zunehmender Lignifizierung. Dieser Prozess war begleitet von einem deutlichen Rückgang der Verdaulichkeit aller Nährstoffe (58.0, 65.6, 72.2 % dO in N2, N3, N4). Als Ergebnis aller Veränderungen der Nährstoffgehalte und deren Verdaulichkeiten mit fortschreitender Vegetation betrug der Energiegehalt 4.53, 5.24, 5.85 MJ NEL/kg T in N2, N3, N4 (nach Ertrag gewichtete Mittelwerte aller Aufwüchse innerhalb der Nutzungsvarianten). Die Energiekonzentration ging mit Fortdauer der Vegetation im 1. Aufwuchs fast doppelt so rasch zurück wie in den Folgeaufwüchsen (-0.035, -0.020, -0.014 MJ NEL pro Tag in Aufwuchs 1, 2 bzw. 3). Dennoch wuchs im 1. Aufwuchs pro Tag mehr an Energie zu als in den Folgeaufwüchsen (222, 182, 88 MJ NEL pro Tag in Aufwuchs 1, 2 bzw. 3). Dies ist auch der Grund, warum bei höchster Nutzungsfrequenz nicht der höchste Energieertrag erzielt wurde. Bei häufigerer Nutzung ist der Beitrag des leistungsfähigeren ersten Aufwuchses zum Trockenmasse- und Energie-Ertrag geringer. Auch im Mineralstoffgehalt wurde ein signifikanter Einfluss der Nutzungsfrequenz festgestellt. Bei häufigerer Nutzung ist mit einem höheren Mineralstoffgehalt zu rechnen (4.5, 5.8, 7.2 g Ca; 2.1, 2.6, 2.8 g P; 21.6, 23.9, 26.3 g K pro kg T in N2, N3, N4). Für den Anstieg des Calcium-Gehaltes sind sowohl botanische Verschiebungen (Zunahme der Leguminosen und Kräuter) als auch die höheren, mineralstoffreicheren Blattanteile bei steigender Nutzungsfrequenz verantwortlich. Zwischen den beiden Düngungsniveaus traten mit Ausnahme von Rohprotein,

Phosphor und den Spurenelementen kaum signifikante Unterschiede im Nährstoffgehalt auf.

Einfluss von Nutzung, Düngung und Krafftutter auf Futteraufnahme und Milchleistung

Mit Steigerung der Schnitthäufigkeit erhöhte sich die Grundfutteraufnahme (10.4, 13.0, 15.2 kg T) sowie Gesamtfutteraufnahme (13.9, 16.2, 18.1 kg T in N2, N3, N4) hochsignifikant. Die Grundfutteraufnahme stieg pro MJ NEL durchschnittlich um 3,34 kg T an. Die Aufnahme an NDF betrug 11.8, 12.6, 12.5 g pro kg Lebendmasse, was dem von MERTENS (1994) angegebenen Wert von 12.5 g NDF/kg LM sehr nahe kommt. Allerdings ist die große Streuung zu berücksichtigen, die den Wert dieses Parameters zur Vorhersage der Futteraufnahme einschränkt. Der durchschnittliche Krafftutteranteil betrug in KN 30 % der IT sowie 25,5 % in KK. Im Durchschnitt ging die Grundfutteraufnahme um 0,44 kg T pro kg T Krafftutter zurück, bei bedarfsgerechter Krafftutterergänzung (KN) um 0,54 und bei konstantem Krafftutterangebot um 0,30 kg T. Zwischen Nutzung und Krafftutter bestand eine Wechselwirkung hinsichtlich Nährstoffaufnahme. So erhöhte sich die Energieaufnahme in KO von 53 auf 77 und 100 MJ NEL in N2, N3 und N4 fast auf das Doppelte, in KN dagegen nur von 90 auf 101 und 114 MJ NEL.

Die Milchleistung belief sich auf 14.8, 18.6, 22.2 kg in N2, N3, N4 und 15.8, 20.4, 19.3 kg in KO, KN, KK. Während in N3 und N4 bzw. KN und KK die tatsächliche Milchleistung mit dem Milcherzeugungswert (nach NEL) mehr oder weniger übereinstimmten, lassen die geringen Milcherzeugungswerte in N2 und KO auf beachtliche Mobilisierung von Körpersubstanz schließen, was mit den Lebendmasseabnahmen gut übereinstimmt. Pro kg T Krafftutter wurde die Milchleistung um 1,0 kg ECM gesteigert, der Milcherzeugungswert stieg um 1,4 kg ECM an.

Einfluss von Nutzung, Düngung und Krafftutter auf Milchleistung und Nährstoffausscheidung pro Flächeneinheit

Der Faktor Nutzung wirkt in zweifacher Hinsicht auf den möglichen Tierbesatz. Zum einen ist der Ertrag bei Erhöhung der Schnitthäufigkeit zurückgegangen,

zum anderen führte die Erhöhung der Schnitthäufigkeit zu einer starken Steigerung der Grundfutteraufnahme. Beide Faktoren bewirken einen hochsignifikanten Rückgang des Tierbesatzes (2,3, 1,8, 1,3 Kühe pro ha in N2, N3, N4). Erwartungsgemäß erhöht die Düngung den Tierbesatz durch Steigerung des Grünlandertrages und leichte Verringerung der Futteraufnahme (1,7 bzw. 1,9 in DG und DN). Auch Kraftfutter erhöht den Tierbesatz über die Grundfutterverdrängung (1,7 bzw. 1,9 in KO und KN). Auf Jahresbasis hochgerechnet, nehmen die Kühe in N2, N3, N4 Grundfutter in einer Menge von 3875, 4491, 5012 kg T pro Jahr auf, der Milchproduktionswert der Ration pro Jahr beträgt 3332, 4899, 6441 kg ECM pro Jahr. Auch die Kraftfuttermenge übt einen hochsignifikanten Einfluss auf den Milchproduktionswert der Ration pro Jahr aus (3647, 5627, 5210 kg ECM pro Jahr). Die höchste Milchleistung pro ha Grundfutterfläche wurde bei mittlerer Nutzungshäufigkeit erzielt (7574, 8973, 8444 kg ECM pro ha in N2, N3, N4). Durch Kraftfutter ließ sich die Flächenproduktivität stark steigern (6092, 10684, 9618 kg ECM pro ha in KO, KN, KK), durch Düngung in geringerem Ausmaß (8496 bzw. 9138 kg ECM pro ha DG und DN). Es bestand eine hochsignifikante Wechselwirkung ($P < 0,000$) zwischen Nutzung und Kraftfutter. Bei einer Fütterung ohne Kraftfutter (KO) spielt die Nährstoffversorgung über das Grundfutter die entscheidende Rolle. In diesem Fall schlägt sich die Steigerung der Individualleistung (1701, 3597, 5644 kg ECM pro Jahr) mit der Nutzungsfrequenz stärker zu Buche als der Rückgang der Kuhanzahl pro ha. Die Flächenproduktivität beträgt nämlich 3651, 6041, 6689 kg ECM pro ha in N2, N3, N4 bei Kraftfutterniveau KO. Bei bedarfsgerechtem Kraftfuttereinsatz übernimmt das Kraftfutter einen mehr oder weniger großen Teil der Energieversorgung. Somit kann auch bei schlechter Grundfutterqualität ein gewisses Milchleistungsniveau pro Kuh erreicht werden (4685, 5560, 6637 kg ECM pro Jahr in N2, N3, N4). Bei diesem Leistungsniveau ist unter Berücksichtigung der Besatzdichte von 2,4, 1,9 und 1,4 Kühen pro Hektar eine Milcherzeugung von 11326, 10619 und 9082 kg ECM pro ha möglich, also paradoxerweise die höchste Flächenproduktivität bei niedrigster Schnitthäufigkeit.

Die Güllemenge und noch viel mehr die Ausscheidungsmenge an den Nährstoffen N, P und K erhöhte sich hochsignifikant durch Anstieg der Nutzungsfrequenz (22,5, 24,0, 25,2 Tonnen Gülle sowie 53, 68, 93 kg N pro Jahr). Daraus folgt, dass mit Steigerung der Nutzungsfrequenz auch die Konzentration der Gülle an Nährstoffen steigt (3,1, 3,8, 5,0 g N sowie 1,8, 2,1, 2,5 g K pro kg Gülle mit 10 % T). Das ist eine Folge höherer Konzentrationen dieser Nährstoffe im Grundfutter. Auf Grund des Konzentrationsanstiegs der Gülle mit Erhöhung der Nutzungsfrequenz muss Güllemenge und Nährstoffmenge getrennt betrachtet werden. Die Güllemenge pro ha geht mit Steigerung der Nutzungsfrequenz signifikant zurück (51, 44, 33 Tonnen Gülle/ha), die Verringerung des Tierbesatzes wirkt also stärker als die höhere Ausscheidung pro Tier. Wie bei der Milchleistung traten hochsignifikante Wechselwirkungen zwischen Nutzung und Kraftfutter auf. Bei niedrigem Kraftfutterniveau (KO) war die N-Menge pro ha von der Schnitthäufigkeit unbeeinflusst (104, 109, 109 kg N pro ha in N2, N3, N4). Dagegen fiel bei bedarfsgerechter Kraftfütterergänzung die höchste N-Menge bei niedriger Schnitthäufigkeit an (138, 134, 128 kg N pro ha in N2, N3, N4). Die Nährstoffe P und K folgen dem gleichen Trend.

Die Feld/Stall- und Hofator-Bilanzen für Stickstoff ergaben Werte in ähnlicher Größenordnung. Durch die N-Düngung erhöhte sich der Überschuss von 23 auf 111 kg N pro ha (Feld/Stall-Bilanz) bzw. von 14 auf 107 kg N pro ha (Hofator-Bilanz). Das Kraftfutterniveau erhöhte die Hofator-Bilanz (42, 73, 66 kg N Überschuss pro ha in KO, KN, KK). Auch bei Phosphor ergeben beide Bilanzierungsmethoden (Feld/Stall- bzw. Hofator-Bilanz) Werte in ähnlicher Größenordnung, die bei etwa 10 kg P pro ha und somit leicht im Überschussbereich liegen. Steigende Nutzungsfrequenz beeinflusste die Kalium-Bilanz in der Richtung, dass die Unterversorgung abnahm (-36, -34, -12 kg K pro ha in N2, N3, N4). Dies ist durch geringeren K-Entzug mit steigender Schnitthäufigkeit bedingt. Übereinstimmend mit mehreren Literaturangaben ist in erster Linie die mineralische N-Düngung für die N-Überschüsse von über 100 kg N pro ha verantwortlich, in zweiter Linie das Kraftfutter. Der Grund liegt in einer nur teil-

weisen Verwertung des zugeführten Stickstoffs durch die Pflanzen.

Schlussfolgerungen

1. Die Erhöhung der Schnitthäufigkeit bewirkt eine signifikante Verbesserung des Futterwertes (Verdaulichkeit und Futteraufnahme), da das Entwicklungsstadium über die stoffliche und strukturelle Zusammensetzung der Pflanzen entscheidet.
2. Die Erhöhung der Schnitthäufigkeit führt jedoch auch zu einem Rückgang des Trockenmasse-Ertrages, wenn das Düngungsniveau gleich gehalten wird. Dafür gibt es zwei wesentliche Gründe:
 - a: Nach jedem Schnitt tritt eine Phase geringer Wachstumsrate ein, bis sich neue Blattfläche für die Photosynthese bildet. Bei häufiger Nutzung entstehen mehrere solcher sog. lag-Phasen und somit wird verfügbare Wachstumszeit nicht vollständig genutzt.
 - b: Ein weiterer Grund liegt in der Verkürzung des Zuwachszeitraumes für den Primäraufwuchs, der sich generativ entwickelt und deutlich höhere Zuwachsraten aufweist als die Folgeaufwüchse. Der höchste Energie-Ertrag wurde bei mittlerer Nutzungshäufigkeit erzielt.
3. Es besteht somit ein klassischer Gegensatz zwischen Qualität (Futterwert) und Quantität (Ertrag).
4. Der höhere Futterwert manifestiert sich in wesentlich höheren Futteraufnahmen und Milchleistungen pro Kuh (Individualleistung) und ist auch eine Voraussetzung dafür. Allerdings sind damit auch höhere Ausscheidungen an Kot und Harn sowie an Nährstoffen pro Kuh verbunden.
5. Durch Erhöhung der Schnitthäufigkeit verringert sich die Besatzdichte (mögliche Kuhanzahl pro Hektar) wesentlich. Die Gründe dafür sind:
 - a: Ertragsrückgang und
 - b: höhere Futteraufnahme.
6. Die höhere Individualleistung pro Kuh und die geringere Besatzdichte pro Hektar sind entscheidende Gegenspieler für das Ergebnis der Flächenproduktivität, d.h. die Milcherzeugung pro Flächeneinheit. Neben der Milchleistung pro Kuh ist dieser Parameter aus ökonomischer Sicht für den Betriebserfolg ebenfalls als wesentlich anzusehen. Denn der Milchviehbetrieb lebt wirtschaftlich nicht so sehr vom (hohen) Ertrag einer Einzelkuh, sondern

von der Summe der auf seinem Betrieb (d.h. seiner landwirtschaftlichen Nutzfläche) erzeugten Milchmenge.

7. Der Gegensatz Einzeltier - Besatzdichte gilt jedoch sinngemäß auch für die Nährstoffausscheidungen. Der höheren Nährstoffausscheidung pro Einzeltier bei häufigerer Nutzung steht die geringere Besatzdichte gegenüber. Auch hier wird - aus ökologischer Sicht - der Nährstoffanfall pro Fläche als wesentlicher angesehen als der Nährstoffanfall pro Tier (aber auch pro kg Milch). Denn für die Umwelt ist entscheidend, wieviele Nährstoffe pro Flächeneinheit rückgeliefert werden und nicht, wieviel ein Tier ausscheidet.
8. Im vorliegenden Versuch haben sich diese Zusammenhänge zwischen Einzeltier und Besatzdichte hinsichtlich Flächenproduktivität (Milcherzeugung pro ha) bei einem mittleren Kraftfutterniveau so ausgewirkt, dass die höchste Flächenproduktivität bei mittlerer Schnitthäufigkeit (d.h. mittlerer Grundfutterqualität) erzielt wurde. Welche Nutzungsintensität jedoch zur höchsten Flächenproduktivität führt, hängt vom Kraftfutterniveau ab. Bei geringem Kraftfuttereinsatz wird die höchste Milchmenge pro Hektar bei höchster Nutzungsfrequenz erreicht, bei hohem Kraftfuttereinsatz dagegen bei der niedrigsten Nutzungsfrequenz.
9. Ähnliches gilt auch für den Nährstoffanfall pro Hektar. Bei geringem Kraftfuttereinsatz beeinflusst die Schnitthäufigkeit die Nährstoffrücklieferung pro Flächeneinheit kaum, bei hohem Kraftfutterniveau fallen die höchsten Nährstoffmengen erwartungsgemäß bei niedriger Schnitthäufigkeit an.
10. Somit zeigt sich ein klassischer Gegensatz auch zwischen Ökologie (Nährstoffanfall pro Hektar) und Ökonomik (Milcherzeugung pro Hektar). Die höchste Flächenproduktivität ist bei höchstem Nährstoffanfall pro Flächeneinheit gegeben.
11. Daher ergibt sich als Schlussfolgerung aus diesen Versuchsergebnissen, dass die Wahl der Nutzungsintensität im Grünland nicht nur aus der Sicht der Einzeltierleistung zu treffen ist, sondern mehrere Aspekte zu beachten sind, die den komplexen Zusammenhängen gerecht werden (Pflanzenbestand des Grünlandes, angestrebte Individualleistung der Kühe, Kraftfutterniveau, Stoffwech-

selsituation und Gesundheit der Kühe, Gewichtung von Ökologie und Ökonomik aus betrieblicher Sicht, politische Rahmenbedingungen für Ökologie und Ökonomik).

12. Vorrangig für die Wahl der Nutzungsfrequenz ist die Stabilität der botanischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes anzusehen, denn diese ist die Grundlage sowohl von Ertrag als auch Qualität (bei Dauergrünland). Ein stabiler Pflanzenbestand erfordert die optimale Abstimmung der Intensität von Nutzung und Düngung (DIETL 1986, BUCHGRABER und PÖTSCH 1994).
13. Auf viehwirtschaftlicher Ebene sind die Zusammenhänge zwischen Nutzungsintensität des Grünlandes bzw. Kraftfutterniveau und Ernährung der Kühe zu beachten. Diese erlauben langfristig wohl kaum alle im vorliegenden Versuch geprüften Kombinationen und Extreme. Wenn auch bei niedrigster Schnitthäufigkeit und höchstem Kraftfutterniveau die höchste Flächenproduktivität zu erzielen war, so ist nicht zu übersehen, daß mit solchen Rationen Pansen- und stoffwechselphysiologische Grenzen erreicht werden. Diese führen im Extrem zu Pansenazidose und Ketose, und zwar umso eher, je höher die angestrebte Individualleistung ist. In diesem Fall sind höhere und höchste Grundfutterqualitäten erforderlich. Auch der Laktationsverlauf erfordert und erlaubt eine Differenzierung der Grundfutterqualität. Der Versuch hat jedoch gezeigt, dass die höchste Grundfutterqualität - im Sinne von Energiekonzentration und Futteraufnahme - nicht in jedem Fall zur höchsten Flächenproduktivität und zum besten Betriebsergebnis führt.
14. Ökonomisch betrachtet, sollte sich das optimale Niveau der Grünlandbewirtschaftung und des Kraftfuttereinsatzes nach den agrarpolitischen Rahmenbedingungen (Ausgleichszahlungen, Förderungen, Marktpreise, Produktionskosten) sowie dem betriebspezifischen, erstlimitierenden Produktionsfaktor (Fläche, Stallplatz, Arbeitszeit) richten.
15. Aus ökologischer Sicht ist eine höhere Nutzungsintensität vorteilhafter, da sie zu geringeren Tierzahlen pro Hektar führt und einen geringeren Kraftfuttereinsatz (Nährstoffimport in den Betrieb) erfordert.

5. Literatur

- ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten), 1983: Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA.
- BINES, J.A., W.H. BROSTER, J.D. SUTTON, V.J. BROSTER, D.J. NAPPER, T. SMITH und J.W. SIVITER, 1988: Effect of amount consumed and diet composition on the apparent digestibility of feed in cattle and sheep. *J. agric. Sci. (Camb.)* 110, 249-259.
- BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft), 2000: Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung (Ausgabe Westösterreich), 222 S.
- BOHNER, A., 2000: Boden, Standortbonität und Einfluss der N-Düngung auf den Mineralstoffgehalt des Futters - ein Beitrag zum interdisziplinären Forschungsprojekt „Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf die Milchproduktion“. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000.
- BOMMER, D., 1964: Zur Frage von Stickstoffdüngung und Schnitthäufigkeit auf der Wiese. *Landw. Forschung* 17, 252-259.
- BUCHGRABER, K. und E.M. PÖTSCH, 1994: Grundlagen der Grünlandnutzung - Auswirkungen auf Ertrag, Pflanzenbestand und Futterqualität. Abschlussbericht an BMLF, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, 8952 Irdning.
- BUCHGRABER, K., R. RESCH, L. GRUBER und G. WIEDNER, 1998: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. *Der fortschrittliche Landwirt* 76, Heft 2, Sonderbeilage 1-11.
- BUCHGRABER, K., 2000: Grünlandextensivierung unter besonderer Einbindung der Düngung und Nutzung. Versuchsbericht LAKO Tulln, BAL Gumpenstein und NÖLLWK., 75 S.
- CAPUTA, J., 1966: Contribution à l'étude de la croissance du gazon des pâturages naturels à différentes altitudes. *Schweiz. Landw. Forsch.* 5, 393-426.
- CONRAD, H.R., A.D. PRATT und J.W. HIBBS, 1964: Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *J. Dairy Sci.* 47, 54-62.
- COULON, J.B. und B. REMOND, 1991: Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. *Livest. Prod. Sci.* 29, 31-47.
- DACCORD, R. und C. JIE, 1991: Vergleichende Verwertung von Stroh durch Schaf, Ziege, Rind und Pferd. *Landwirtsch. Schweiz* 4, 329-332.
- DACCORD, R., 1992: Grenzen der Milchleistung. *Der Landfreund* 52/92, 11-12.
- DACCORD, R., 1998: Grünlandbewirtschaftung und Milchviehfütterung. Wintertagung 1998. Ökosoziales Forum Österreich und BAL Gumpenstein, 171-176.
- DACCORD, R. und Y. ARRIGO, 1999: Intensity of forage production and nutritive value of forage. 5th International Livestock Farming System's Symposium. 19-20 August 1999, Posieux, CH. Papers and Abstracts.
- DEMARQUILLY, C. und R. JARRIGE, 1973: The comparative nutritive value of grasses and legumes. Proc. 5th Gen. Meeting EGF „Quality of Herbage“, Uppsala, Sweden, 33-41.
- DIETL, W., 1986: Pflanzenbestand, Bewirtschaftungsintensität und Ertragspotential von Dauerwiesen. *Schweiz. landw. Monatshefte* 64, 241-262.

- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1973: DLG-Futterwerttabellen - Mineralstoffgehalte in Futtermitteln. DLG-Verlag Frankfurt (Main), 199 S.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1986: Grundfutteraufnahme und Grundfutterverdrängung bei Milchkühen. DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung, DLG-Information 2/86, 8 S.
- DULPHY, J.P., W. MARTIN-ROSSET und J.P. JOUANY, 1995: Ingestion et digestion comparées des fourrages chez différentes espèces d'herbivores. INRA Prod. Anim. 8, 293-307.
- FAVERDIN, P., J.P. DULPHY, J.B. COULON, R. VERRITE, L.P. GAREL, L. ROUEL und B. MARQUIS, 1991: Substitution of roughage by concentrates for dairy cows. Livest. Prod. Sci. 27, 137-156.
- FBB (Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz), 1999: Richtlinien für die sachgerechte Düngung, BMLF, 31 S.
- FORBES, J.M., 1995: Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CAB International, UK, 532 S.
- GEH (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere - Ausschuss für Bedarfsnormen), 1986: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 3: Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG-Verlag, Frankfurt (Main), 92 S.
- GEERING, J., 1941: Über den Einfluss der Häufigkeit des Wiesenschnittes auf Pflanzenbestand, Nährstoffgehalt und Nährstofftrag. Landw. Jahrbuch der Schweiz 55, 579-595.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie - Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen an Wiederkäuern. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 65, 229-234.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie - Ausschuss für Bedarfsnormen), 1993: Überarbeitete Empfehlungen zur Versorgung von Milchkühen mit Calcium und Phosphor. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 1, 108-113.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie - Ausschuss für Bedarfsnormen), 1995: Zur Energiebewertung beim Wiederkäuer. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 4, 121-123.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie - Ausschuss für Bedarfsnormen), 1997: Zum Proteinbedarf von Milchkühen und Aufzuchttrindern. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 6, 217-236.
- GINZINGER, W. und E. TSCHAGER, 2000: Einfluss des Grundfutters auf die Milchqualität - technologische und ernährungsphysiologische Eigenschaften. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000.
- GREIMEL, M., 1999: Milchviehspezial- und Zweinutzungsrassen im Vergleich. Der fortschritt. Landwirt 77, Heft 11, 6-7.
- GREIMEL, M., 2000: Grundfutterqualität und Wirtschaftlichkeit. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000.
- GRUBER, L., K. KRIMBERGER, R. STEINWENDER und A. SCHAUER, 1990: Forage intake of dairy cows depending on physiological and nutritional factors. International Symposium „New systems of energy and nitrogen evaluation for ruminants“, Prague, Czechoslovakia, 6-7 June 1990, 155-165.
- GRUBER, L., G. WIEDNER, A. VOGEL und T. GUGGENBERGER, 1994: Nähr- und Mineralstoffgehalt von Grundfuttermitteln in Österreich. Auswertung und Interpretation der Grundfutteranalysen des Futtermittelabors Rosenau der Nö. Landes-Landwirtschaftskammer. Die Bodenkult 45, 57-73.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER und W. BAUMGARTNER, 1995: Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfutterniveau auf Leistung, Stoffwechsel und Wirtschaftlichkeit von Kühen der Rasse Fleckvieh und Holstein Friesian. Bericht 22. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 9.-10. Mai 1995, 1-49.
- GRUBER, L. und A. STEINWIDDER, 1996: Einfluss der Fütterung auf die Stickstoff- und Phosphorauscheidung landwirtschaftlicher Nutztiere - Modellkalkulationen auf Basis einer Literaturübersicht. Die Bodenkult 47, 255-277.
- GRUBER, L., T. GUGGENBERGER und A. SCHAUER, 1996: Aspekte, Einflussfaktoren und Bestimmung der Grundfutterqualität. Bericht 23. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 4.-5. Juni 1995, 71-105.
- GRUBER, L., A. STEINWIDDER, B. STEFANON, B. STEINER und R. STEINWENDER, 1999: Influence of grassland management in Alpine regions and concentrate level on N excretion and milk yield of dairy cows. Livest. Prod. Sci. 61, 155-170.
- GRUBER, L., R. STEINWENDER und T. GUGGENBERGER, 2000: Vergleich zwischen biologischer und konventioneller Wirtschaftsweise im Grünlandbetrieb. 3. Mitteilung: Nährstoffbilanzen auf Feld/Stall-Basis und Hoftor-Basis. Die Bodenkult (zur Veröffentlichung eingereicht).
- HAIGER, A., 1982: Biometrische Methoden in der Tierproduktion. 4. Auflage, Verlagsunion Agrar, 130 S.
- HAIGER, A. und J. SÖLKNER, 1995: Der Einfluss verschiedener Energieniveaus auf die Lebensleistung kombinierter und milchbetonter Kühe. 2. Mitteilung: 2. bis 8. Laktation. Züchtungskunde 67, 263-273.
- HARVEY, W.R., 1987: User's Guide for LSMLMW PC-1 Version. Mixed model least-squares and maximum likelihood computer program, Ohio State University, 59 S.
- HEGE, U., 1997: Nährstoffsaldierung landwirtschaftlicher Betriebe - Vorgehensweise und Bewertung. Tagungsberichte Band 20 des Umweltbundesamtes „Stoffbilanzierung in der Landwirtschaft - Ein Instrument für den Umweltschutz?“, 94-100.
- HUNGER, F., M. SCHOLZE-SIMMEL, F. STÖCKER und F. PALLER, 1999: Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung Milchproduktion 1997/1998. Der Förderungsdienst 47, Heft 2, Beratungsservice Betriebswirtschaft, Folge 46, 9-20.
- JANS, F. und J. KESSLER, 1994: In: Fütterungsempfehlungen für die Milchkuh - Schätzung des Futterverzehrs. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer, Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux, Schweiz (Hrsg.), 100-104.
- JO, I.H. und G. SCHECHTNER, 1990: Efficiency of mineral nitrogen fertilization on yield and botanical composition of grassland. I. Dry matter yield and economical mineral nitrogen application of grassland. J. Korean Grassl. Sci. 10, 102-109.
- JUNG, H.G. und M.S. ALLEN, 1995: Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. J. Anim. Sci. 73, 2774-2790.
- KAUFMANN, W., 1976: Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. Livest. Prod. Sci. 3, 103-114.
- KIRCHGESSNER, M. und F.J. SCHWARZ, 1984: Einflussfaktoren auf die Grundfutteraufnahme bei Milchkühen. Übers. Tierernähr. 12, 187-214.
- KIRCHGESSNER, M., W. WINDISCH und M. KREUZER, 1991: Stickstoffemission laktierender Milchkühe über die Gülle in Abhängigkeit von der Leistungsintensität. Agriol. Res. 44, 1-13.
- KLAPP, E., 1951: Leistung, Bewurzelung und Nachwuchs einer Grasnarbe unter verschieden häufiger Mahd und Beweidung. Z. f. Acker- und Pflanzenbau 93, 269-286.
- KOREVAAR, H., 1992: The nitrogen balance on intensive Dutch dairy farms: a review. Livest. Prod. Sci. 31, 17-27.
- KRAUTZER, B., 2000: Das physiologische Alter des Pflanzenbestandes - ein Beitrag zum interdisziplinären Forschungsprojekt „Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf die Milchproduktion“. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000.
- KRISTENSEN, V.F., E.B. SKOVBOG und P.E. ANDERSEN, 1979: The influence of stage of cutting and amount of concentrate on intake of grass silage and milk production in dairy cows. 30th EAAP Meeting, 23-26 July 1979, Harrogate, England, N1.7, 4 S.
- KRISTENSEN, V.F. und P. NORGAARD, 1987: Effect of roughage quality and physical structure of the diet on feed intake and milk yield of the dairy cow. In: Research in Cattle Production - Danish Status and Perspectives, 79-91.
- KÖNIG, F., 1941: Einfluss von Düngung und Nutzung auf die Leistung der Dauerriese. Der Forschungsdienst, Sonderheft 14, 1. Pflanzenbau. Reichstagung, Breslau, 19.-22. Juni 1940, 244-258.
- KÜHBAUCH, W., 1987: Veränderung der Qualität von Grünlandfutter unter dem Einfluss von Standort und Bewirtschaftung. Kali-Briefe (Büntehof) 18, 485-510.
- KÜHBAUCH, W. und M. ANGER, 1999: Modellberechnung des Nährstoffspielraums von Grünlandbetrieben mit Milchproduktion. Agriol. Res. 52, 77-84.
- KÜNZLI, W., 1968: Pflanzenbestand und Ertrag der Fromentalwiese in Abhängigkeit von Standort und Düngung. Arbeiten aus dem Gebiete des Futterbaues 10. Juni 1968, 9-27.
- LEBZIEN, P., K. ROHR und H.J. OSLAGE, 1981: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Fettsäureproduktion im Pansen von der Rationszusammensetzung. Arch. Tierernähr. 31, 685-696.
- LEHMANN, F., 1941: Die Lehre vom Ballast. Z. Tierernähr. und Futtermittelkde. 5, 155-173.
- MEISTER, E. und J. LEHMANN, 1982: Ertrag und Futterqualität verschiedener Kunstwiesenmischungen in Abhängigkeit der Schnitthäufigkeit. Mitt. für die Schweiz. Landw. 30, 225-244.
- MERTENS, D.R., 1994: Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation, and utilization. National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Eds. G.C. Fahey et al.), 450-493.
- MINSON, D.J., 1990: Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, 483 S.
- MOE, P.W., J.T. REID und H.F. TYRRELL, 1965: Effect of level of intake on digestibility of dietary energy by high-producing cows. J. Dairy Sci. 48, 1053-1061.
- MOTT, N., 1962: Der Einfluss der Schnitthäufigkeit auf Ertrag und Pflanzenbestand der Fuchschwanzwiese bei unterschiedlicher N- und PK-Düngung. Bayer. Landw. Jahrb. 39, 311-336.

- MÜLLER, A., 1985: Auswirkungen langjähriger PK- und NPK-Düngung auf Pflanzenbestand und Ertrag in Abhängigkeit vom Standort. Das wirtschafts. Futter 31, 150-164.
- NÖSBERGER, J. und W.O. von BOBERFELD, 1986: Grundfutterproduktion. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 121 S.
- NRC (National Research Council), 1989: Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th Edition, National Academy Press, Washington, D.C., 157 S.
- OBRITZHAUSER, W., 2000: Einfluss von Grundfutterqualität und Kraftfuttermitteln auf Stoffwechselformparameter der Milchkuhe. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000.
- ORSKOV, E.R., 1986: Starch digestion and utilization in ruminants. J. Anim. Sci. 63, 1624-1633.
- PÖTSCH, E.M., 1995: Nährstoffbilanzen, Futterinhaltsstoffe und Bodenkennwerte als Wegweiser zur sachgemäßen Grünlanddüngung. Alpenländisches Expertenforum „Düngung im alpenländischen Grünland“, 23.-24. Mai 1995, Bericht BAL Gumpenstein, 27-37.
- PÖTSCH, E.M., 1997: Zur Bedeutung der Nährstoffbilanzierung am Grünland. Tagungsberichte Band 20 des Umweltbundesamtes „Stoffbilanzierung in der Landwirtschaft - Ein Instrument für den Umweltschutz?“, 77-89.
- PÖTSCH, E.M., 1998: Über den Einfluss der Düngungsintensität auf den N-Kreislauf im alpenländischen Grünland. Die Bodenkultur 49, 19-27.
- RIEDER, J.B., 1973: Einfluss der Steigerung mineralischer Stickstoffdüngung auf Bestandesentwicklung, Ertrag und Qualität des Dauergrünlandes. Bayer. Landw. Jahrbuch 50, 606-612.
- RIEDER, J.B., 1983: Dauergrünland. Verlagsunion Agrar, 192 S.
- RIEDER, J.B., 1985: Der Einfluss steigender Düngung und steigender Nutzungshäufigkeit auf Ertrag und Qualität unterschiedlicher Grünlandbestände in Bayern. Versuchsergebnisse der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau Freising-München, 67 S.
- SCHECHTNER et al., G., 1991: Wirtschaftsdünger - Richtige Gewinnung und Anwendung. Sonderausgabe der Zeitschrift „Förderungsdienst“. BMLF, Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, 118 S.
- SCHECHTNER, G., 1993: Kalkulationsgrundlagen der Gumpensteiner Normen für die Düngung des Dauergrünlandes. Polykopia BAL Gumpenstein, 11 S.
- SCHIEMANN, R., W. JENTSCH und H. WITTENBURG, 1971: Zur Abhängigkeit der Verdaulichkeit der Energie und der Nährstoffe von der Höhe der Futtermittel- und der Rationszusammensetzung bei Milchkuhen. Arch. Tierernährung 21, 223-240.
- SCHWARZ, F.J. und M. KIRCHGESSNER, 1985: Grundfutteraufnahme von Milchkuhen in Abhängigkeit von Lebendgewicht, Zahl der Laktationen, Kraftfuttermittelzufuhr und Grundfutterqualität. Züchtungskde. 57, 267-277.
- SCHWARZ, F.J., U. HEINDL und M. KIRCHGESSNER, 1996: Zur Schätzung der Grundfutteraufnahme von Milchkuhen. Züchtungskde. 68, 65-76.
- SCHWARZ, F.J., 1997: Zur Futteraufnahme der Milchkuh. In: Voigt, J. und H. Hagemeister (Hrsg.), Internationale Vortragstagung „Verdauungsphysiologie und Stoffumsatz beim Wiederkäuer“, FBN Schriftenreihe Heft 10, 14-26.
- SCHWARZ, F.J., W. PREISSINGER und M. KIRCHGESSNER, 1997: Zum Einfluss der Häcksellänge auf die Verdaulichkeit und den Energiegehalt von Grassilage bei Schaf und Rind. Das wirtschafts. Futter 43, 49-64.
- SCHWARZ, F.J. und L. GRUBER, 1999: Futtermittelaufnahme - Einflussfaktoren und Abschätzung. In: Arbeiten der DLG/Band 196, „Fütterung der 10.000-Liter-Kuh“. Herausgeber: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, DLG-Verlag, 171-191.
- SIEBERS, L., V. POTTHAST und W. STAUDACHER, 1999: Einführung, In: Fütterung der 10.000-Liter-Kuh. Arbeiten der DLG, Band 196, 7-9.
- SIMON, J.-C., L. Le CORRE und F. VERTÈS, 1994: Nitrogen balances on a farm scale: results from dairy farms in north west France. Proc. 15th Gen. Meeting EGF, 6-9 June 1994, Wageningen, NL, 429-433.
- SOBOTIK, M. und C. POPPELBAUM, 2000: Die Pflanzenbestände zu Beginn und während des Versuches, „Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf die Milchproduktion“. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000.
- STATGRAPHICS® Plus for Windows®, 1996: Manugistics® Working as one. User Manual and Advanced Regression.
- STEINGASS, H., A. HAAS, R. STETTER, R. JILG und A. SUSENBETH, 1994: Einfluss des Fütterungsniveaus auf die Nährstoff- und Energieverdaulichkeit bei Schaf und Rind. Das wirtschafts. Futter 40, 215-228.
- SPAHR, S.L., E.M. KESLER, J.W. BRATZLER und J.B. WASHKO, 1961: Effect of stage of maturity at first cutting on quality of forages. J. Dairy Sci. 44, 503-510.
- SÜDEKUM, K.H., A. OESTMANN und M. STANGASSINGER, 1995a: Zur Rolle von Lignin und phenolischen Monomeren in Futtermitteln für Wiederkäuer - 2. Einfluss auf die Verdauung pflanzlicher Gerüstsubstanzen. Übers. Tierern. 23, 229-260.
- SÜDEKUM, K.H., H. RÖH, M. BRANDT, G. RAVE, und M. STANGASSINGER, 1995b: Comparative digestion in cattle and sheep fed wheat silage diets at low and high intakes. J. Dairy Sci. 78, 1498-1511.
- TAMMINGA, S., 1998: The role of nutrition management in the control of environmental pollution. Proc. Conference „Agriculture and Environment“, Bled, Slovenia, 12-13 March 1998, 423-432.
- TAUBE, F., 1990: Growth characteristics of contrasting varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). J. Agronomy and Crop Sci. 165, 159-170.
- THOMET, P., R. ELMER und F. ZWEIFEL, 1989: Einfluss der Stickstoffdüngung und des Schnittregimes auf Pflanzenbestand und Ertrag von Naturwiesen höherer Lagen. Landwirtschaft Schweiz 2, 67-75.
- THOMET, P., 1999: Internationale Milchwirtschaft - Konsequenzen für die Alpenländer. Wintertagung 1999. Ökosoziales Forum Österreich und BAL Gumpenstein, 174-183.
- Van HOUTERT, M.F.J., 1993: The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages: A review. Anim. Feed Sci. Technol. 43, 189-225.
- Van SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed., Cornell University Press, Ithaca, New York, 476 S.
- VETTER, H. und F. KUBA, 1963: Trockensubstanz- und Nährstoffträge bei gesteigerter Nutzungshäufigkeit und Stickstoffdüngung in Weiden und Wiesenversuchen in Hohenschulen. Z. f. Acker- und Pflanzenbau 116, 372-394.
- WILHELMY, B., A. KORNER und F. TAUBE, 1991: Leistungsfähigkeit weißkleebasierter Produktionssysteme auf dem Dauergrünland in Abhängigkeit von der Nutzungshäufigkeit und der Stickstoffdüngung. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, Bad Hersfeld.
- WILMAN, D., D. DROUSHIOTIS, A. KOOCHEKI, A.B. LWOGA und J.S. SMITH, 1976a: The effect of interval between harvests and nitrogen application on the proportion and yield of crop fractions in four ryegrass varieties in the first harvest year. J. agric. Sci. (Camb.) 86, 189-203.
- WILMAN, D., A. KOOCHEKI und A.B. LWOGA, 1976b: The effect of interval between harvests and nitrogen application on the proportion and yield of crop fractions and on the digestibility and digestible yield and nitrogen content and yield of two perennial ryegrass varieties in the second harvest year. J. agric. Sci. (Camb.) 87, 59-74.
- WINDISCH, W., M. KIRCHGESSNER und M. KREUZER, 1991: Güllemenge bei laktierenden Milchkuhen in Abhängigkeit von der Leistungsintensität. Agribiol. Res. 44, 170-181.
- ZAR (Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter), 1999: Die österreichische Rinderzucht (Ausgabe '99), S. 15.
- ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichterstattung GmbH), 1999: Agrarmärkte in Zahlen 1999.

Danksagung:

Allen Mitarbeitern des Institutes für Viehwirtschaft und Ernährungsphysiologie der BAL Gumpenstein aus dem Bereich Versuchswirtschaft sei für die korrekte Bereitstellung der Versuchsfuttermittel herzlich gedankt, dem Stallpersonal für die gewissenhafte Betreuung der Fütterungs- und Bilanzversuche und den Büromitarbeiterinnen für die Verarbeitung und Aufbereitung der Versuchsdaten sowie die Bestimmung der botanischen und morphologischen Zusammensetzung. Ganz besonderer Dank gilt auch allen Mitarbeitern des chemischen Labors für die Durchführung umfangreicher Analysen. Dank sei auch allen beteiligten Kooperationspartnern innerhalb der BAL Gumpenstein für die gute Zusammenarbeit ausgesprochen (Dr. SOBOTIK, Dr. KRAUTZER, Dr. BOHNER, Dr. EDER - Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft; Dr. GREIMEL - Abteilung für Betriebswirtschaft) und weiteren Kooperationspartnern im In- und Ausland (Dir. Dr. GINZINGER und Dr. TSCHAGER - Bundesanstalt für alpenländische Milchwirtschaft; Dr. OBRITZHAUSER - Tierarzt in Kapfenberg; Prof. Dr. STEFANON - DISPA Universität Udine, Italien).

Tabellenanhang:**Tabelle 5A1: Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen, Verdaulichkeit und Energiekonzentration, Mineralstoffgehalt, botanische und morphologische Zusammensetzung der Einzelaufwüchse (Gruppe DG)**

NUTZUNG	Aufwuchs	2 Schnitte (N2)		3 Schnitte (N3)			4 Schnitte (N4)			
		1	2	1	2	3	1	2	3	4
Rohnährstoffe										
XP	g/kg T	103	131	128	137	161	164	147	159	191
XL	g/kg T	16	20	19	21	23	22	22	22	24
XF	g/kg T	352	299	301	293	227	249	264	254	186
XX	g/kg T	459	459	472	461	487	467	475	461	464
XA	g/kg T	70	91	79	88	103	98	92	104	134
Gerüstsubstanzen										
NDF	g/kg T	650	581	579	551	456	487	478	470	370
ADF	g/kg T	391	339	341	333	265	282	295	290	220
ADL	g/kg T	48	40	36	34	31	27	33	29	28
HEM	g/kg T	259	242	238	219	191	206	183	180	150
ZEL	g/kg T	343	299	305	299	234	254	262	261	193
Verdaulichkeit Rohnährstoffe										
T	%	54,6	57,4	64,0	63,5	66,0	70,9	68,3	68,6	72,6
XP	%	55,7	59,2	63,5	62,6	64,5	69,3	65,9	66,8	69,6
XL	%	11,1	21,8	34,7	28,3	28,8	40,8	36,7	31,6	41,3
XF	%	52,9	57,7	64,7	65,3	68,2	74,7	68,2	71,9	76,4
XX	%	58,3	62,6	67,3	67,8	74,9	76,5	74,0	74,6	82,0
OM	%	55,4	59,7	65,4	65,4	70,2	73,9	70,3	71,7	77,1
DOM	g/kg T	515	543	602	596	630	667	638	643	667
Verdaulichkeit Gerüstsubstanzen										
NDF	%	52,7	58,7	64,1	64,4	68,4	74,6	66,8	69,6	75,3
ADF	%	48,8	54,6	61,9	62,2	64,7	72,0	64,0	67,7	72,1
ADL	%	-19,5	-23,6	-15,3	-25,1	-19,8	-11,1	-23,4	-32,7	-11,6
HEM	%	58,3	64,2	67,3	67,4	73,4	78,1	71,4	71,7	79,0
ZEL	%	58,3	65,0	70,9	72,0	75,9	80,8	74,8	78,9	84,0
Energiekonzentration										
ME	MJ/kg T	7,64	8,18	9,05	8,97	9,58	10,14	9,66	9,74	10,26
NEL	MJ/kg T	4,31	4,68	5,27	5,23	5,67	6,07	5,72	5,78	6,21
Proteingehalt (GfE 1997)										
UDP	g/kg T	26	26	28	27	32	29	29	32	38
nXP	g/kg T	105	113	123	123	134	138	132	136	148
RNB	g/kg T	-0,4	2,9	0,8	2,2	4,2	4,1	2,4	3,7	6,9
Mineralstoffe										
Ca	g/kg T	4,2	5,0	4,7	6,7	6,5	5,8	7,3	7,8	8,1
P	g/kg T	2,2	2,3	2,6	2,6	2,7	2,9	2,7	2,9	2,8
Mg	g/kg T	1,9	2,9	2,1	2,7	2,9	2,4	2,6	3,3	3,7
K	g/kg T	22,2	19,9	25,1	23,5	24,3	26,7	26,4	26,5	26,8
Na	g/kg T	0,27	0,46	0,35	0,45	0,64	0,35	0,45	0,73	0,64
Mn	mg/kg T	127	160	121	171	167	107	148	148	171
Zn	mg/kg T	27	30	28	31	33	33	30	34	37
Cu	mg/kg T	8,2	10,5	10,1	10,8	11,9	12,4	10,8	12,1	13,5
Botanische Zusammensetzung (% der T)										
Gräser		85,1	91,1	72,9	63,9	68,9	66,6	59,5	54,9	59,4
Kräuter		8,8	6,3	16,4	22,0	18,8	21,2	19,1	26,5	21,8
Leguminosen		6,1	2,6	10,7	14,0	12,3	12,1	21,4	18,6	18,8
Morphologische Zusammensetzung										
Blattanteil (% der T)										
Gesamtbestand		39,4	65,2	43,1	55,3	65,5	51,5	56,2	62,8	72,7
Gräser		34,7	67,9	38,1	67,5	77,5	51,4	64,9	78,0	88,3
Kräuter		46,1	52,5	43,5	58,2	65,8	44,9	60,3	63,1	71,0
Leguminosen		42,2	49,6	50,8	41,2	52,3	58,9	45,2	48,4	59,8

Tabelle 5A2: Gehalt an Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen, Verdaulichkeit und Energiekonzentration, Mineralstoffgehalt, botanische und morphologische Zusammensetzung der Einzelaufwüchse (Gruppe DN)

NUTZUNG	2 Schnitte (N2)		3 Schnitte (N3)			4 Schnitte (N4)				
	Aufwuchs	1	2	1	2	3	1	2	3	4
Rohnährstoffe										
XP	g/kg T	96	123	119	131	150	159	147	147	177
XL	g/kg T	17	20	18	23	22	21	22	22	23
XF	g/kg T	365	296	335	295	237	254	237	245	192
XX	g/kg T	454	472	450	459	485	465	492	481	483
XA	g/kg T	68	89	78	92	105	102	102	104	125
Gerüstsubstanzen										
NDF	g/kg T	666	583	615	559	477	503	452	473	386
ADF	g/kg T	408	341	360	340	273	286	279	290	230
ADL	g/kg T	50	37	37	35	29	27	32	31	31
HEM	g/kg T	258	242	255	219	204	217	173	182	155
ZEL	g/kg T	358	304	324	305	244	260	247	260	199
Verdaulichkeit Rohnährstoffe										
T	%	54,9	59,0	62,8	60,3	65,0	70,7	69,1	67,9	72,0
XP	%	54,5	60,8	61,2	60,6	63,4	69,1	66,0	64,0	67,4
XL	%	20,4	21,2	27,6	29,8	20,2	35,9	39,7	32,0	41,9
XF	%	56,5	60,6	65,0	62,6	68,4	72,4	65,7	69,6	78,3
XX	%	56,8	64,9	64,9	65,2	72,8	76,4	76,7	75,5	82,3
OM	%	56,1	62,1	64,0	63,1	68,9	73,2	71,3	71,2	77,8
DOM	g/kg T	522	566	590	572	617	657	640	638	680
Verdaulichkeit Gerüstsubstanzen										
NDF	%	55,1	60,8	63,7	63,4	67,2	73,1	66,3	68,8	77,2
ADF	%	52,0	57,9	61,5	60,7	63,1	70,3	62,2	66,6	73,8
ADL	%	-10,0	-20,5	-10,5	-22,2	-20,4	-18,3	-29,4	-21,8	-10,9
HEM	%	59,8	64,7	66,9	67,0	72,5	76,7	72,8	72,0	81,5
ZEL	%	60,8	67,3	69,4	70,2	72,9	79,3	74,4	77,0	84,9
Energiekonzentration										
ME	MJ/kg T	7,74	8,48	8,80	8,63	9,32	9,95	9,72	9,65	10,42
NEL	MJ/kg T	4,37	4,89	5,10	4,99	5,49	5,94	5,78	5,73	6,33
Proteingehalt (GfE 1997)										
UDP	g/kg T	26	25	29	26	30	29	29	29	35
nXP	g/kg T	105	115	120	118	129	136	133	132	147
RNB	g/kg T	-1,4	1,2	-0,1	2,0	3,3	3,6	2,3	2,4	4,9
Mineralstoffe										
Ca	g/kg T	4,1	5,3	4,2	7,0	6,7	5,5	8,4	7,5	7,4
P	g/kg T	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	2,8	2,6	2,9	2,6
Mg	g/kg T	1,8	2,7	1,9	2,2	2,6	2,3	2,9	2,7	3,5
K	g/kg T	21,1	23,2	23,9	20,8	25,3	27,4	24,8	28,0	22,4
Na	g/kg T	0,30	0,51	0,40	0,35	0,69	0,31	0,32	0,57	0,61
Mn	mg/kg T	76	104	77	96	116	97	173	118	157
Zn	mg/kg T	23	27	27	26	31	32	32	31	39
Cu	mg/kg T	7,8	8,8	9,3	8,6	10,7	11,3	10,7	11,6	13,7
Botanische Zusammensetzung (% der T)										
Gräser		82,3	88,9	80,9	71,4	84,2	72,2	72,4	73,2	64,4
Kräuter		11,4	6,9	13,4	21,1	12,5	20,7	16,5	16,7	22,2
Leguminosen		6,3	4,2	5,7	7,5	3,3	7,1	11,0	10,1	13,4
Morphologische Zusammensetzung										
Blattanteil (% der T)										
Gesamtbestand		37,4	59,7	44,8	60,1	69,1	51,2	57,3	63,5	74,2
Gräser		33,3	63,3	39,0	68,7	76,9	48,2	61,0	76,7	86,8
Kräuter		41,4	53,9	46,3	59,1	66,4	48,1	62,3	65,4	73,1
Leguminosen		34,5	39,3	51,8	38,2	46,9	58,3	43,9	46,1	59,3

Tabelle 6A: Futteraufnahme, Milchleistung und Lebendmasse (Nutzung x Kraftfutter x Düngung)

DÜNGUNG	KRAFTFUTTER	32 m³ Gülle (DG)									32 m³ Gülle und 100 kg min. N (DN)								
		Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)			Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)		
		N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Gruppe (NDK)	N2/KO/DG	N3/KO/DG	N4/KO/DG	N2/KN/DG	N3/KN/DG	N4/KN/DG	N2/KK/DG	N3/KK/DG	N4/KK/DG	N2/KO/DN	N3/KO/DN	N4/KO/DN	N2/KN/DN	N3/KN/DN	N4/KN/DN	N2/KK/DN	N3/KK/DN	N4/KK/DN	
Futteraufnahme																			
Grundfutter	kg T	11,72	14,41	17,16	9,45	12,55	14,48	10,60	12,60	14,40	11,40	14,60	17,19	9,14	11,79	14,29	10,04	12,14	13,75
Anteil 1. Aufwuchs	% der T	54,8	39,0	26,2	53,6	39,5	27,1	55,4	40,4	27,3	57,6	41,5	28,2	53,7	41,6	28,1	55,9	40,3	28,7
Anteil 2. Aufwuchs	% der T	45,0	33,0	28,3	46,2	33,1	27,7	44,5	32,8	28,1	42,3	32,3	27,0	45,6	32,3	27,3	44,3	32,7	26,5
Anteil 3. Aufwuchs	% der T	-	28,3	27,8	-	27,2	27,4	-	26,6	26,8	-	26,3	27,3	-	26,4	27,2	-	26,7	26,2
Anteil 4. Aufwuchs	% der T	-	-	17,7	-	-	17,8	-	-	17,9	-	-	17,5	-	-	17,5	-	-	18,6
Kraftfutter	kg T	-	-	-	6,45	4,93	4,04	3,66	4,56	4,73	-	-	-	6,58	4,92	3,87	3,61	4,18	4,54
Energie-Kraftfutter	kg T	-	-	-	6,37	4,90	4,04	3,55	4,54	4,73	-	-	-	6,51	4,89	3,87	3,49	4,13	4,54
Protein-Kraftfutter	kg T	-	-	-	0,08	0,03	0,00	0,11	0,02	0,00	-	-	-	0,08	0,03	0,00	0,11	0,05	0,00
Mineralfutter	kg T	0,095	0,083	0,092	0,092	0,072	0,066	0,087	0,066	0,053	0,108	0,097	0,086	0,084	0,059	0,060	0,085	0,066	0,047
Mineralstoffmischung	kg T	0,069	0,055	0,072	0,019	0,021	0,039	0,039	0,022	0,026	0,089	0,073	0,059	0,021	0,020	0,025	0,048	0,030	0,014
Futterkalk	kg T	0,010	0,005	0,000	0,041	0,023	0,003	0,025	0,010	0,000	0,008	0,006	0,000	0,038	0,014	0,002	0,019	0,012	0,000
Viehsalz	kg T	0,015	0,023	0,020	0,031	0,028	0,025	0,023	0,034	0,027	0,012	0,018	0,027	0,025	0,025	0,033	0,018	0,023	0,033
Gesamtfutter	kg T	11,77	14,61	17,17	16,00	17,55	18,59	14,34	17,23	19,18	11,63	14,65	17,21	15,81	16,76	18,22	13,73	16,39	18,34
Kraftfutter-Anteil	% der IT	-	-	-	40,1	27,6	21,2	25,5	26,2	24,7	-	-	-	42,1	29,2	20,9	26,0	25,6	24,8
Grundfutter	g/kg LM ^x	98	116	137	76	98	112	87	98	112	97	119	139	73	92	109	81	97	107
Gesamtfutter	g/kg LM ^x	98	117	137	128	138	144	117	134	149	99	119	139	126	132	138	111	131	143
unverdaul. OM	g/kg LM	7,7	7,2	6,9	7,8	7,3	6,6	7,7	7,2	6,9	7,6	7,7	7,0	7,3	7,2	6,3	7,2	7,4	6,5
NDF-Aufnahme	g/kg LM	12,0	12,6	12,9	12,0	12,7	12,2	12,0	12,4	12,5	12,0	13,2	13,4	11,5	12,2	11,9	11,5	12,5	12,0
Futterniveau (APL)	IT _{NEU} /IT _{En}	1,50	2,14	2,73	2,46	2,78	3,05	2,04	2,68	3,18	1,54	2,09	2,77	2,48	2,62	2,92	2,01	2,57	3,04
Milchleistung																			
Milchmenge	kg	10,79	16,13	20,36	17,64	20,67	23,17	15,39	19,58	23,80	11,20	16,07	19,56	17,49	19,02	21,57	14,96	18,47	21,33
Fettgehalt	%	4,30	4,21	4,24	4,39	4,05	4,17	4,13	4,42	4,03	4,17	4,06	4,33	4,44	4,16	4,38	4,08	4,32	4,42
Proteingehalt	%	3,20	3,08	3,27	3,28	3,31	3,33	3,21	3,39	3,31	3,06	3,08	3,34	3,28	3,36	3,37	3,10	3,21	3,46
Laktosegehalt	%	4,55	4,75	4,89	4,80	4,84	4,84	4,74	4,82	4,87	4,57	4,73	4,84	4,90	4,85	4,94	4,75	4,84	4,91
Fettmenge	kg	0,454	0,681	0,856	0,766	0,832	0,969	0,635	0,866	0,957	0,463	0,653	0,842	0,776	0,794	0,945	0,610	0,802	0,945
Proteinmenge	kg	0,342	0,494	0,659	0,572	0,680	0,765	0,490	0,653	0,782	0,336	0,494	0,646	0,572	0,634	0,722	0,464	0,594	0,733
Laktosemenge	kg	0,488	0,766	0,997	0,846	0,998	1,124	0,728	0,942	1,157	0,514	0,760	0,944	0,856	0,925	1,068	0,710	0,891	1,044
ECM-Leistung	kg	10,90	16,20	20,65	18,19	20,60	23,55	15,42	20,50	23,71	11,10	15,86	20,17	18,26	19,35	22,49	14,81	19,00	22,48
Milchproduktionswert GF	kg	5,74	12,78	20,31	1,70	9,42	14,95	3,31	9,28	14,78	5,56	12,52	20,34	1,69	7,44	14,23	3,03	8,38	13,56
Milchproduktionswert GES	kg	5,74	12,78	20,31	16,76	20,92	24,37	11,87	19,93	25,80	5,56	12,52	20,34	17,07	18,92	23,25	11,47	18,13	24,13
Lebendmasse																			
Lebendmasse	kg	586	628	629	627	644	655	608	654	651	579	614	617	635	647	673	621	627	650
LM-Änderung (real)	g/Tag	-331	-237	39	-19	135	250	-251	17	171	-417	-211	215	30	50	133	-265	14	324
LM-Änderung (Reg. 3.Gr.)	g/Tag	-368	-314	50	-51	165	292	-177	112	291	-445	-164	226	33	111	152	-237	37	334

Tabelle 7A: Nährstoffaufnahme aus dem Grund- und Kraftfutter sowie der Gesamtration und Bedarfsdeckung an Nährstoffen (Nutzung x Kraftfutter x Düngung)

DÜNGUNG		32 m³ Gülle (DG)									32 m³ Gülle und 100 kg min. N (DN)								
KRAFTFUTTER		Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)			Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)		
NUTZUNG		N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Gruppe (NDK)		N2/KO/DG	N3/KO/DG	N4/KO/DG	N2/KN/DG	N3/KN/DG	N4/KN/DG	N2/KK/DG	N3/KK/DG	N4/KK/DG	N2/KO/DN	N3/KO/DN	N4/KO/DN	N2/KN/DN	N3/KN/DN	N4/KN/DN	N2/KK/DN	N3/KK/DN	N4/KK/DN
XP	g/Tag	1.342	1.904	2.741	1.076	1.652	2.304	1.186	1.666	2.307	1.240	1.838	2.657	1.005	1.491	2.205	1.107	1.520	2.118
NEL	MJ/Tag	53,1	77,2	101,2	42,0	67,3	85,3	46,3	67,3	84,6	52,2	75,8	100,7	42,4	61,1	83,8	46,0	63,2	80,7
Ca	g/Tag	50	78	116	39	68	96	43	69	96	53	78	114	41	62	95	44	66	91
P	g/Tag	25	35	46	20	30	38	22	30	38	23	34	45	18	28	39	20	29	37
nXP	g/Tag	1.281	1.797	2.353	1.021	1.565	1.983	1.122	1.569	1.971	1.242	1.767	2.329	1.004	1.427	1.937	1.098	1.469	1.863
RNB	g/Tag	10	17	62	9	14	51	10	16	54	0	11	53	0	10	43	1	8	41
KRAFTFUTTER																			
XP	g/Tag	-	-	-	869	655	529	510	601	621	-	-	-	872	652	514	499	556	600
NEL	MJ/Tag	-	-	-	47,8	36,5	29,9	27,1	33,7	35,0	-	-	-	48,7	36,4	28,6	26,8	30,9	33,5
Ca	g/Tag	-	-	-	20	15	12	11	14	14	-	-	-	20	15	12	11	13	14
P	g/Tag	-	-	-	27	20	17	15	19	19	-	-	-	27	20	16	15	18	19
nXP	g/Tag	-	-	-	1033	787	643	592	727	753	-	-	-	1050	785	618	582	667	723
RNB	g/Tag	-	-	-	-26	-21	-18	-13	-20	-21	-	-	-	-28	-21	-17	-13	-18	-20
GESAMTRATION																			
XP	g/Tag	1.337	1.921	2.731	1.945	2.307	2.833	1.696	2.268	2.928	1.257	1.832	2.649	1.877	2.144	2.719	1.606	2.076	2.718
NEL	MJ/Tag	52,7	78,1	100,6	89,8	103,8	115,2	73,5	101,0	119,6	53,1	75,5	100,2	91,1	97,5	112,4	72,8	94,1	114,2
Ca	g/Tag	61	86	122	77	93	113	68	88	113	66	88	120	77	84	110	67	87	106
P	g/Tag	34	43	55	49	53	60	43	53	61	35	44	53	47	50	58	42	51	57
nXP	g/Tag	1.274	1.816	2.340	2.054	2.351	2.626	1.713	2.296	2.724	1.262	1.760	2.319	2.054	2.213	2.554	1.680	2.136	2.586
RNB	g/Tag	10	17	63	-17	-7	33	-3	-4	33	-1	12	53	-28	-11	26	-12	-10	21
BEDARFSDECKUNG																			
NEL	%	74,9	88,2	97,1	94,5	100,1	101,7	86,4	98,1	105,5	76,1	86,7	99,5	95,3	98,1	101,2	86,6	96,0	104,2
nXP	%	102,8	110,3	112,2	110,7	110,1	111,7	105,5	111,2	113,7	104,5	106,6	112,8	110,5	110,1	113,6	107,8	111,5	113,6
Ca	%	116,3	123,3	141,1	98,2	106,6	117,8	100,7	102,9	116,4	128,5	125,2	141,2	98,8	103,0	119,0	103,0	106,1	113,6
P	%	104,5	96,2	101,4	99,8	97,1	99,3	101,2	97,6	99,7	108,3	100,1	98,9	97,2	97,3	99,8	101,0	99,8	97,8
Mg	%	133,7	159,2	188,6	150,4	157,2	182,4	144,8	165,7	184,9	138,2	147,0	198,1	144,7	151,6	183,0	130,4	155,1	185,1
Na	%	109,2	110,1	106,6	115,6	102,8	98,7	106,6	113,4	100,4	113,4	111,8	110,3	103,5	102,5	107,5	101,7	102,7	104,5

Tabelle 8A: Nährstoffkonzentration im Grundfutter und der Gesamtration (Nutzung x Kraftfutter x Düngung)

DÜNGUNG		32 m³ Gülle (DG)									32 m³ Gülle und 100 kg min. N (DN)								
KRAFTFUTTER		Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)			Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)		
NUTZUNG		N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
Gruppe (NDK)		N2/KO/DG	N3/KO/DG	N4/KO/DG	N2/KN/DG	N3/KN/DG	N4/KN/DG	N2/KK/DG	N3/KK/DG	N4/KK/DG	N2/KO/DN	N3/KO/DN	N4/KO/DN	N2/KN/DN	N3/KN/DN	N4/KN/DN	N2/KK/DN	N3/KK/DN	N4/KK/DN
Grundfutter																			
XP	g/kg T	114	132	161	114	132	159	112	132	160	110	126	155	110	127	154	111	125	154
XF	g/kg T	331	293	252	332	294	253	320	295	250	331	297	253	328	296	257	331	294	253
XX	g/kg T	456	473	470	454	473	470	450	472	470	462	474	471	462	473	468	463	477	471
XA	g/kg T	73	82	96	74	82	96	72	83	97	79	83	99	80	83	99	78	83	99
NDF	g/kg T	606	544	473	607	546	474	596	546	473	607	556	480	601	554	484	608	553	478
ADF	g/kg T	356	321	281	357	322	281	349	322	280	357	326	282	353	324	286	359	323	281
ADL	g/kg T	42	35	28	42	34	28	41	34	28	42	34	29	42	34	29	42	34	28
ME	MJ/kg T	7,89	9,15	9,90	7,83	9,16	9,90	7,68	9,14	9,89	8,04	8,92	9,86	8,07	8,91	9,83	8,08	8,91	9,85
NEL	MJ/kg T	4,49	5,35	5,89	4,45	5,36	5,90	4,36	5,34	5,89	4,58	5,19	5,87	4,61	5,18	5,85	4,61	5,19	5,87
nXP	g/kg T	109	125	137	108	125	137	106	125	137	109	121	136	109	121	135	110	121	135
RNB	g/kg T	0,9	1,2	3,7	1,0	1,1	3,6	0,9	1,3	3,7	0,1	0,8	3,1	0,0	0,9	3,0	0,1	0,7	2,9
Gesamtration																			
XP	g/kg T	113	131	160	122	131	153	118	132	153	109	125	154	119	128	149	117	127	148
XF	g/kg T	329	291	252	231	234	217	258	238	208	327	296	253	222	233	220	265	239	211
XX	g/kg T	452	471	465	555	540	521	513	535	530	460	469	466	568	544	518	525	536	531
XA	g/kg T	73	82	96	62	71	85	65	72	84	78	82	99	65	71	88	69	73	86
dO	%	57,7	66,4	72,1	67,3	70,9	74,3	63,9	70,5	74,6	58,7	64,8	72,1	68,9	69,9	74,2	65,0	69,4	74,7
ME	MJ/kg T	7,83	9,10	9,82	9,42	9,89	10,30	8,72	9,84	10,36	7,98	8,85	9,79	9,66	9,77	10,23	9,04	9,65	10,33
NEL	MJ/kg T	4,45	5,32	5,85	5,60	5,90	6,19	5,11	5,86	6,24	4,55	5,14	5,82	5,77	5,81	6,15	5,31	5,73	6,23
NDF	g/kg T	601	540	473	467	465	429	509	470	421	599	553	479	456	468	437	516	477	425
ADF	g/kg T	353	319	281	253	259	241	284	263	234	352	325	282	243	257	246	290	265	235
ADL	g/kg T	42	34	28	32	29	25	35	29	25	41	33	28	30	28	26	35	29	25
nXP	g/kg T	108	124	136	128	134	141	119	133	142	108	120	135	130	132	140	123	130	141
RNB	g/kg T	0,8	1,2	3,8	-1,0	-0,4	1,9	-0,2	-0,2	1,7	0,1	0,8	3,1	-1,8	-0,7	1,5	-0,9	-0,5	1,1
Ca	g/kg T	5,0	5,9	7,1	4,8	5,3	6,1	4,7	5,1	5,9	5,6	6,0	7,0	4,9	5,0	6,1	4,9	5,2	5,8
P	g/kg T	2,9	2,9	3,2	3,1	3,0	3,2	3,0	3,1	3,2	3,0	3,0	3,1	3,0	3,0	3,2	3,0	3,1	3,1
Mg	g/kg T	2,1	2,4	2,7	2,2	2,3	2,6	2,2	2,4	2,6	2,2	2,2	2,8	2,1	2,2	2,7	2,0	2,2	2,6
K	g/kg T	21,0	22,9	26,0	16,9	19,5	22,2	18,6	20,1	21,9	21,2	22,3	25,7	16,5	18,8	22,6	18,6	19,8	21,9
Na	g/kg T	1,38	1,41	1,33	1,41	1,27	1,25	1,33	1,39	1,25	1,46	1,41	1,33	1,29	1,27	1,34	1,33	1,28	1,27
Mn	mg/kg T	137	142	126	105	119	107	113	119	107	99	91	120	79	78	100	83	81	100
Zn	mg/kg T	28	29	32	32	31	33	30	31	33	26	26	32	30	29	33	28	29	33
Cu	mg/kg T	8,6	10,0	11,5	7,7	8,7	10,4	8,0	8,9	10,2	8,4	9,6	11,4	7,6	8,4	10,3	7,8	8,7	10,0

Tabelle 9A: Milchleistung und Nährstoffausscheidung pro Jahr bzw. pro Hektar Grünlandfläche (Nutzung x Kraffutter x Düngung)

DÜNGUNG KRAFTFUTTER NUTZUNG Gruppe (NDK)		32 m³ Gülle (DG)									32 m³ Gülle und 100 kg min. N (DN)								
		Kein Kraffutter (KO)			Kraffutter nach Norm (KN)			Kraffutteranteil konstant (KK)			Kein Kraffutter (KO)			Kraffutter nach Norm (KN)			Kraffutteranteil konstant (KK)		
		N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
		N2/KO/DG	N3/KO/DG	N4/KO/DG	N2/KN/DG	N3/KN/DG	N4/KN/DG	N2/KK/DG	N3/KK/DG	N4/KK/DG	N2/KO/DN	N3/KO/DN	N4/KO/DN	N2/KN/DN	N3/KN/DN	N4/KN/DN	N2/KK/DN	N3/KK/DN	N4/KK/DN
Ergebnisse pro Jahr																			
Futteraufnahme																			
Lebendmasse	kg	589	632	635	633	651	661	612	661	658	582	618	625	642	654	679	625	633	659
Grundfutter	kg T	4.176	4.815	5.492	3.675	4.384	4.834	3.953	4.388	4.812	4.079	4.882	5.498	3.582	4.200	4.788	3.784	4.274	4.647
Kraffutter	kg T	-	-	-	1.690	1.309	1.089	988	1.222	1.261	-	-	-	1.701	1.304	1.054	983	1.120	1.202
Gesamtfutter	kg T	4.176	4.815	5.492	5.365	5.693	5.923	4.940	5.610	6.073	4.079	4.882	5.498	5.283	5.504	5.842	4.766	5.394	5.849
Milchleistung																			
Milchleistung	kg	3.786	4.981	5.938	5.348	6.025	6.653	4.832	5.777	6.807	3.848	4.973	5.749	5.267	5.636	6.262	4.724	5.516	6.154
ECM-Leistung	kg	3.810	5.098	6.196	5.597	6.175	6.932	4.899	6.166	6.985	3.824	5.013	6.081	5.602	5.867	6.693	4.743	5.791	6.657
Fettgehalt	%	4,15	4,27	4,35	4,42	4,19	4,29	4,16	4,49	4,19	4,10	4,13	4,44	4,50	4,27	4,50	4,12	4,40	4,55
Proteingehalt	%	3,08	3,07	3,27	3,22	3,29	3,31	3,15	3,35	3,31	2,99	3,08	3,33	3,26	3,32	3,35	3,07	3,20	3,44
Laktosegehalt	%	4,59	4,73	4,86	4,76	4,80	4,80	4,72	4,78	4,83	4,60	4,72	4,81	4,85	4,81	4,90	4,72	4,80	4,87
Milchproduktionswert GF	kg	1.726	3.628	5.636	769	2.824	4.282	1.141	2.769	4.251	1.675	3.568	5.660	778	2.290	4.084	1.081	2.528	3.924
Milchproduktionswert GES	kg	1.726	3.628	5.636	4.654	5.831	6.778	3.422	5.568	7.150	1.675	3.568	5.660	4.720	5.290	6.492	3.327	5.096	6.691
Ausscheidung																			
Gülle (Kot + Harn), 10 % T	to	22,5	23,4	25,2	23,4	24,7	25,3	23,1	24,4	26,0	21,8	23,9	25,3	22,6	23,9	25,0	21,7	23,7	24,7
Gülle-N (75 % anrechenbar)	kg	49,9	66,5	93,7	58,0	72,9	95,8	54,2	72,4	98,1	47,4	63,1	90,1	55,9	67,4	91,4	51,9	65,6	91,0
Gülle-P	kg	9,9	11,3	13,0	14,2	14,1	14,7	12,6	14,0	15,1	9,7	11,4	12,8	13,9	13,8	14,5	12,1	13,4	14,5
Gülle-K	kg	39,0	50,4	65,8	44,1	53,5	62,6	42,3	53,1	64,3	36,7	50,9	65,0	40,5	49,2	60,9	37,1	49,0	59,3
N-Gehalt der Gülle, 10 % T	g/kg	2,93	3,78	5,02	3,30	3,94	5,10	3,10	3,98	5,08	2,91	3,52	4,77	3,29	3,76	4,89	3,20	3,70	4,91
P-Gehalt der Gülle, 10 % T	g/kg	0,44	0,48	0,52	0,61	0,57	0,58	0,54	0,57	0,59	0,44	0,47	0,50	0,62	0,58	0,58	0,55	0,57	0,59
K-Gehalt der Gülle, 10 % T	g/kg	1,70	2,15	2,60	1,87	2,15	2,47	1,81	2,16	2,47	1,66	2,12	2,57	1,77	2,05	2,42	1,69	2,02	2,38
Ergebnisse pro ha Grünland																			
Ertrag	kg T	8.266	7.657	6.197	8.304	7.654	6.226	8.299	7.670	6.196	9.017	8.459	6.794	8.982	8.444	6.814	9.012	8.465	6.807
Tierbesatz	Kühe/ha	2,04	1,60	1,14	2,28	1,78	1,29	2,13	1,76	1,28	2,25	1,76	1,23	2,55	2,04	1,45	2,38	2,05	1,48
Milchleistung																			
ECM-Leistung	kg	7.768	8.172	7.055	12.769	10.980	8.957	10.436	10.851	8.953	8.616	8.806	7.491	14.310	11.980	9.675	11.285	11.873	9.837
Milchproduktionswert GF	kg	3.520	5.816	6.417	1.754	5.022	5.532	2.430	4.873	5.449	3.773	6.266	6.972	1.988	4.677	5.904	2.573	5.183	5.798
Milchproduktionswert GES	kg	3.520	5.816	6.417	10.617	10.368	8.757	7.288	9.799	9.164	3.773	6.266	6.972	12.057	10.802	9.384	7.916	10.448	9.887
Ausscheidung																			
Gülle (Kot + Harn), 10 % T	to	45,9	37,4	28,6	53,4	43,9	32,7	49,2	42,9	33,3	49,2	42,0	31,1	57,7	48,7	36,2	51,6	48,5	36,6
Gülle-N (75 % anrechenbar)	kg	101,7	106,6	106,7	132,3	129,7	123,8	115,5	127,4	125,7	106,9	110,8	110,9	142,7	137,6	132,1	123,4	134,5	134,4
Gülle-P	kg	20,2	18,1	14,8	32,4	25,1	19,0	26,8	24,7	19,4	21,9	20,0	15,7	35,5	28,2	21,0	28,7	27,5	21,4
Gülle-K	kg	79,5	80,8	74,9	100,6	95,1	80,9	90,2	93,4	82,5	82,7	89,3	80,1	103,4	100,6	88,1	88,2	100,4	87,6

Tabelle 10A: Feld/Stall- und Hoftorbilanzen für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium (Nutzung x Kraftfutter x Düngung)

DÜNGUNG KRAFTFUTTER NUTZUNG Gruppe (NDK)	32 m ² Gülle (DG)									32 m ² Gülle und 100 kg min. N (DN)								
	Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)			Kein Kraftfutter (KO)			Kraftfutter nach Norm (KN)			Kraftfutteranteil konstant (KK)		
	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4	N2	N3	N4
FELD/STALL-BILANZ (kg/ha)	N2/KO/DG	N3/KO/DG	N4/KO/DG	N2/KN/DG	N3/KN/DG	N4/KN/DG	N2/KK/DG	N3/KK/DG	N4/KK/DG	N2/KO/DN	N3/KO/DN	N4/KO/DN	N2/KN/DN	N3/KN/DN	N4/KN/DN	N2/KK/DN	N3/KK/DN	N4/KK/DN
Stickstoff																		
Input																		
Summe Dünger	98,4	104,5	104,4	98,3	104,4	104,2	98,2	104,7	104,0	197,1	204,4	204,1	196,8	204,4	204,1	197,1	204,3	203,9
Gülle (Versuch)	98,4	104,5	104,4	98,3	104,4	104,2	98,2	104,7	104,0	97,2	104,5	104,2	96,9	104,5	104,2	97,2	104,4	104,0
Gülle (Anfall)	101,7	106,6	106,7	132,3	129,7	123,8	115,5	127,4	125,7	106,9	110,8	110,9	142,7	137,6	132,1	123,4	134,5	134,4
Mineraldünger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
Mobilisation	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Symbiont. N-Bindung	9,2	27,9	34,1	9,4	27,9	34,3	9,8	28,5	33,8	13,7	14,6	22,4	13,1	14,6	22,6	14,2	14,2	22,4
Output (Ertrag)	152,6	171,9	163,4	152,9	171,4	163,6	153,7	171,7	163,8	155,1	176,7	172,0	154,7	177,2	172,3	155,5	176,7	171,9
Feld/Stall-Bilanz (V)	15,1	20,5	35,1	14,8	20,9	34,9	14,3	21,5	34,1	115,6	102,2	114,5	115,2	101,7	114,3	115,8	101,7	114,5
Feld/Stall-Bilanz (A)	18,3	22,6	37,4	48,8	46,2	54,5	31,6	44,2	55,8	125,4	108,5	121,2	161,0	134,9	142,2	142,0	131,8	144,9
Phosphor																		
Input																		
Summe Dünger	27,1	26,1	26,9	27,2	26,2	27,0	27,2	26,2	26,9	27,1	26,2	26,9	27,1	26,1	26,8	27,2	26,1	26,9
Gülle (Versuch)	19,2	18,1	19,0	19,3	18,2	19,0	19,3	18,2	18,9	19,1	18,3	18,9	19,1	18,2	18,9	19,2	18,2	19,0
Gülle (Anfall)	20,2	18,1	14,8	32,4	25,1	19,0	26,8	24,7	19,4	21,9	20,0	15,7	35,5	28,2	21,0	28,7	27,5	21,4
Mineraldünger	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Output (Ertrag)	18,3	20,4	17,5	18,4	20,4	17,6	18,5	20,4	17,5	17,3	20,6	18,7	17,4	20,6	18,7	17,4	20,6	18,7
Feld/Stall-Bilanz (V)	8,8	5,7	9,4	8,8	5,8	9,4	8,7	5,8	9,4	9,7	5,6	8,1	9,7	5,5	8,1	9,7	5,5	8,2
Feld/Stall-Bilanz (A)	9,9	5,7	5,2	21,9	12,7	9,4	16,3	12,2	9,9	12,5	7,3	4,9	26,1	15,6	10,2	19,2	14,8	10,6
Kalium																		
Input																		
Summe Dünger	150,8	157,4	160,2	151,2	157,8	160,9	151,1	158,3	160,5	150,2	157,7	159,9	149,6	157,7	160,4	150,3	157,5	160,6
Gülle (Versuch)	117,6	124,2	127,0	118,0	124,6	127,7	117,9	125,1	127,3	117,0	124,5	126,7	116,3	124,5	127,2	117,1	124,3	127,4
Gülle (Anfall)	79,5	80,8	74,9	100,6	95,1	80,9	90,2	93,4	82,5	82,7	89,3	80,1	103,4	100,6	88,1	88,2	100,4	87,6
Mineraldünger	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2
Output (Ertrag)	176,6	187,8	166,7	175,7	188,0	166,3	177,6	186,8	166,9	196,3	195,3	178,5	198,6	195,0	177,4	197,2	195,2	177,8
Feld/Stall-Bilanz (V)	-25,7	-30,4	-6,5	-24,5	-30,2	-5,5	-26,5	-28,5	-6,4	-46,1	-37,6	-18,7	-49,0	-37,3	-17,0	-46,8	-37,6	-17,2
Feld/Stall-Bilanz (A)	-63,8	-73,7	-58,6	-41,9	-59,7	-52,3	-54,2	-60,1	-51,2	-80,4	-72,8	-65,3	-62,0	-61,2	-56,1	-75,7	-61,6	-56,9
HOFTOR-BILANZ (kg/ha)																		
Stickstoff																		
Input																		
Zukauffutter (KF, Min.)	0,1	1,0	-0,4	82,0	50,2	29,9	46,9	44,7	34,3	1,1	-0,4	-0,5	93,4	58,7	32,8	51,2	47,2	37,4
Symbiont. N-Bindung	9,2	27,9	34,1	9,4	27,9	34,3	9,8	28,5	33,8	13,7	14,6	22,4	13,1	14,6	22,6	14,2	14,2	22,4
Mineraldünger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9
Output	17,6	29,9	34,0	55,3	54,7	47,2	38,1	52,9	49,7	19,9	31,4	38,0	64,1	58,6	50,1	40,9	51,9	54,5
Milch	14,9	27,8	32,6	52,4	52,4	45,5	35,3	50,6	48,0	17,0	29,2	36,4	60,8	56,0	48,3	37,8	49,2	52,6
Kalb	2,6	2,1	1,5	2,9	2,3	1,7	2,8	2,3	1,7	2,9	2,3	1,6	3,3	2,6	1,9	3,1	2,7	1,9
Hofor-Bilanz	-8,2	-0,9	-0,3	36,2	23,4	17,1	18,6	20,4	18,4	94,8	82,6	83,8	142,3	114,6	105,2	124,4	109,4	105,2
Phosphor																		
Input																		
Zukauffutter (KF, Min.)	6,7	4,3	3,7	17,7	11,2	8,1	12,8	10,5	8,1	9,3	5,8	3,3	20,3	12,9	8,0	14,9	12,0	8,1
Mineraldünger	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Output	3,7	6,0	6,3	10,6	10,2	8,7	7,5	9,7	9,2	4,3	6,3	7,0	12,1	10,9	9,2	8,3	10,0	9,7
Milch	2,9	5,4	5,9	9,8	9,6	8,2	6,7	9,1	8,7	3,5	5,7	6,6	11,2	10,2	8,7	7,4	9,2	9,2
Kalb	0,7	0,6	0,4	0,8	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,8	0,6	0,4	0,9	0,7	0,5	0,8	0,7	0,5
Hofor-Bilanz	11,0	6,2	5,3	15,1	8,9	7,3	13,2	8,8	6,9	13,0	7,5	4,3	16,2	9,9	6,7	14,6	10,0	6,3
Kalium																		
Input																		
Zukauffutter (KF, Min.)	0,0	0,5	-0,5	41,7	25,5	15,0	23,6	22,6	17,5	0,7	-0,3	-0,4	46,9	28,3	16,5	24,9	24,4	18,7
Mineraldünger	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2
Output	4,7	8,5	9,2	15,2	14,9	12,7	10,5	14,0	13,4	5,5	8,8	10,2	17,4	15,8	13,4	11,6	14,3	14,2
Milch	4,5	8,3	9,1	15,0	14,7	12,6	10,3	13,9	13,3	5,3	8,7	10,0	17,2	15,6	13,3	11,4	14,1	14,0
Kalb	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
Hofor-Bilanz	28,6	25,2	23,5	59,7	43,8	35,5	46,3	41,8	37,3	28,4	24,1	22,7	62,7	45,7	36,3	46,5	43,3	37,8