



N-Düngung und Mineralstoffgehalt von Wiesenfutter

Jürg KESSLER, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux
Vincent JOLIDON, Service de vulgarisation agricole du Jura, CH-2852 Courtételle

Eine Intensivierung der Stickstoffdüngung von Naturwiesen vermindert den Kalziumgehalt des Futters. Dagegen wird der Gehalt an Phosphor und Magnesium kaum verändert. Die Wirkung der N-Düngung auf den Kaliumgehalt des Futters hängt von der Versorgung des Bodens mit diesem Element ab. Es zeigt sich auch, dass je häufiger eine Naturwiese genutzt wird, desto höher ist der Gehalt des Futters an Kalzium, Phosphor, Magnesium und Kalium.

Der Nähr- und Mineralstoffgehalt von Wiesenfutter wird von zahlreichen Grössen beeinflusst. Dazu zählen unter anderem der Boden (Mineralstoffgehalt, chemische und physikalische Eigenschaften), das Klima und die Düngung (zugeführte Elemente, Zeitpunkt der Düngung). Im weiteren sind zu nennen die botanische Zusammensetzung (Gräser, Leguminosen, Kräuter), die Nutzungshäufigkeit und das Entwicklungsstadium.

Über den Einfluss der Intensität der Stickstoff(N)-Düngung sowie der Nutzungshäufigkeit auf den Mineralstoffgehalt von grünem Wiesenfutter gibt es nur wenige Angaben (de Groot 1962; Périgaud 1975; Taube *et al.* 1995). Zudem beziehen sich diese in der Mehrheit auf reine Gräser- oder Leguminosenbestände, jedoch kaum auf Mischbestände. Solche Angaben bilden aber zusammen mit anderen Grössen eine wichtige Grundlage bei der Tabellierung von Mineralstoffgehalten. Um die Kenntnisse zu erweitern, wurden in einem

im Jahre 1986 gestarteten Langzeitversuch in La Joux (1000 m ü. Meer) vier Parzellen einer Naturwiese mit unterschiedlichen Mengen an mineralischem Stickstoff (Ammoniumnitrat 27 %) gedüngt. Jede Parzelle wurde zusätzlich in drei Schnitthäufigkeiten unterteilt. Tabelle 1 fasst die genaue Versuchsanordnung zusammen. Zu den verschiedenen Schnittzeitpunkten wurde die botanische Zusammensetzung der Parzellen geschätzt und eine repräsentative Probe gezogen. Anschliessend analysierte

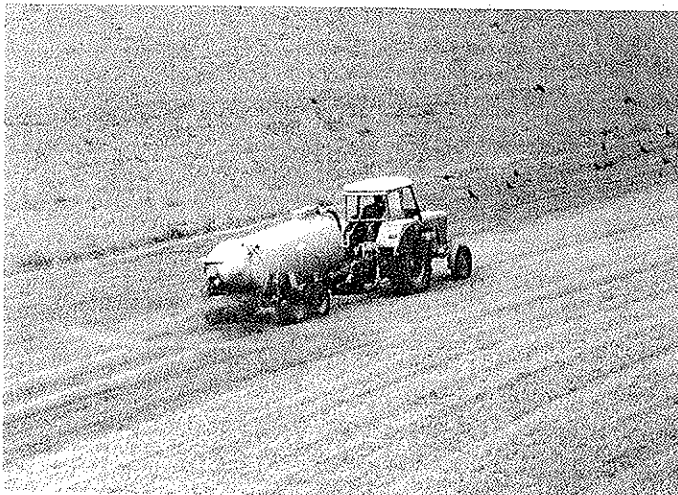
das Labor der RAP in den einzelnen Proben den Gehalt an Nährstoffen sowie Kalzium (Ca), Phosphor (P), Magnesium (Mg), Kalium (K) und Natrium (Na). Bis zum Jahre 1993 wurde der Energiegehalt der Futterproben mit den Regressionen der 2. Auflage des Grünen Buches (Schneeberger und Landis 1984) berechnet. Danach fanden die Regressionen der 3. Auflage des Grünen Buches (FAG 1994) Anwendung. Im Folgenden sind die Ergebnisse von elf Versuchsjahren (1986 - 1996) dargestellt.

Botanische Zusammensetzung

Mit steigender N-Düngungsintensität nimmt der Anteil Gräser auf Kosten der Leguminosen zu. Der Anteil Kräuter

Tab. 1. Versuchsanordnung

Versuchsort:	La Joux (1000 m ü. Meer)
pH-Wert Boden:	6,1
Vier Düngungsintensitäten:	N0 keine N-Düngung N55 55 kg N/Jahr in 2 Gaben N110 110 kg N/Jahr in 2, 3 bzw. 4 Gaben N165 165 kg N/Jahr in 2, 3 bzw. 4 Gaben
Drei Nutzungs(Schnitt)-Häufigkeiten je Düngungsintensität:	S2 2 Schnitte (im Stadium 5 und 4) S3 3 Schnitte (im Stadium 5, 3 und 2-3) S4 4 Schnitte (im Stadium 3, 2-3, 3 und 1-2)
Grunddüngung:	P ₂ O ₅ sowie K ₂ O zu Beginn der Vegetationsperiode



Eine intensive N-Düngung reduziert den Gehalt des Futters an Kalzium, während der Gehalt an Phosphor und Magnesium gleich bleibt. (Foto: RAP Posieux)



Je häufiger eine Naturwiese genutzt wird, desto höher ist der Gehalt des Futters an Kalzium, Phosphor, Magnesium und Kalium. (Foto: RAP Posieux)

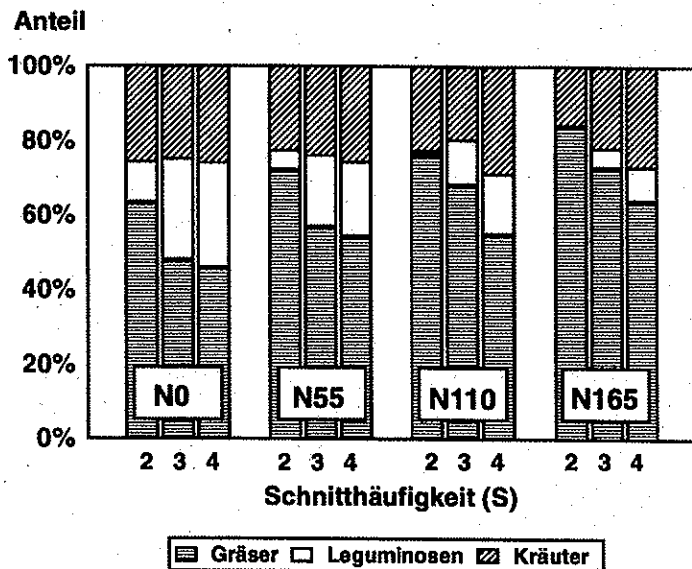


Abb. 1. Botanische Zusammensetzung in Abhängigkeit von der N-Düngungsintensität und der Schnitthäufigkeit (Mittel 1986-1996).

bleibt demgegenüber weitgehend konstant (Abb. 1).

Wie die Düngungsintensität, wirkt sich auch die Schnitthäufigkeit auf die botanische Zusammensetzung aus. So haben die Verfahren S3 und S4 im Vergleich zum Verfahren S2 einen deutlich tieferen Gräser- und höheren Leguminosenanteil. In der Regel weisen die ersten Schnitte den höchsten Anteil an Gräsern und den tiefsten Anteil an Leguminosen auf.

Im Laufe der elf Versuchsjahre ist in keiner Parzelle eine relevante Veränderung in der botanischen Zusammensetzung festzustellen. Demgegenüber streut diese von Jahr zu Jahr deutlich.

Gemäss AGFF-Merkblatt 3 (1995) sind die Versuchspartellen mit den Düngungsintensitäten N0, N55 und N110 bei den

ausgewogenen Mischbeständen (A) und die Versuchspartellen N165 bei den gräserreichen Mischbeständen (G) einzureihen. In den verschiedenen Versuchspartellen dominieren bei den Gräsern der Wiesenfuchsschwanz, das Knautgras sowie die Rispengräser. Bei den Leguminosen herrscht eindeutig der Weissklee vor. Teilweise tritt auch Rotklee auf. Die wichtigsten Vertreter bei den Kräutern bilden der Löwenzahn, der Bärenklau, der Scharfe Hahnenfuss sowie der Frauenmantel.

Energie- und Proteingehalt

Energie: Die Düngungsintensität beeinflusst den Energiegehalt des Futters nicht

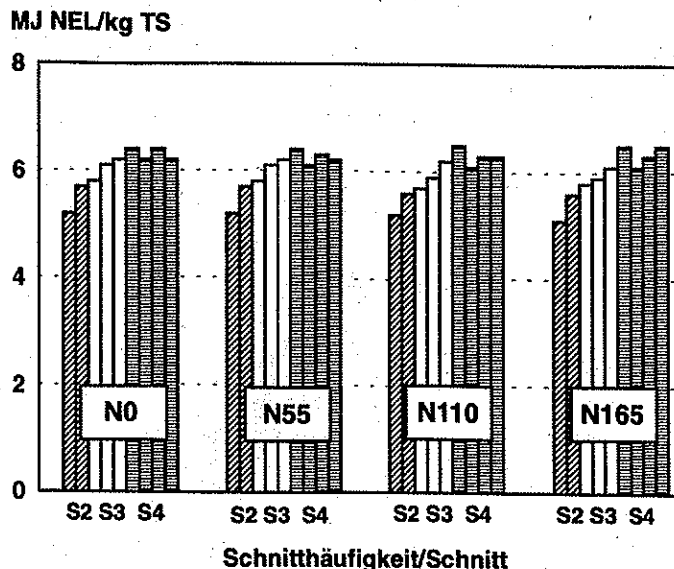


Abb. 2. Energiegehalt (MJ NEL/kg TS) in Abhängigkeit von der N-Düngungsintensität und der Schnitthäufigkeit.

wesentlich (Abb. 2). Dieser beträgt für die vier Düngungsintensitäten N0, N55, N110 und N165 jeweils 6,0 MJ NEL*.

Im Gegensatz zur Düngungsintensität wirkt sich die Schnitthäufigkeit deutlich auf den Energiegehalt aus. Die entsprechenden Werte für die Verfahren S2, S3 und S4 sind 5,5 MJ, 6,0 MJ und 6,3 MJ NEL pro kg Futter-TS. Mit Ausnahme der Schnitthäufigkeit S4 erhöht sich der Energiegehalt von Schnitt zu Schnitt. Im Verfahren S4 sind demgegenüber die Unterschiede im Energiegehalt gering und nicht gerichtet.

Protein: Mit zunehmender Düngungsintensität steigt der Rohprotein(RP)-Gehalt des Grünfutters an (Abb. 3). Diese Beobachtung gilt jedoch nur für die ersten Schnitte. Mit Ausnahme des vierten Schnittes im Verfahren S4 ist bei den restlichen Schnitten kein Einfluss der

RP g/kg TS

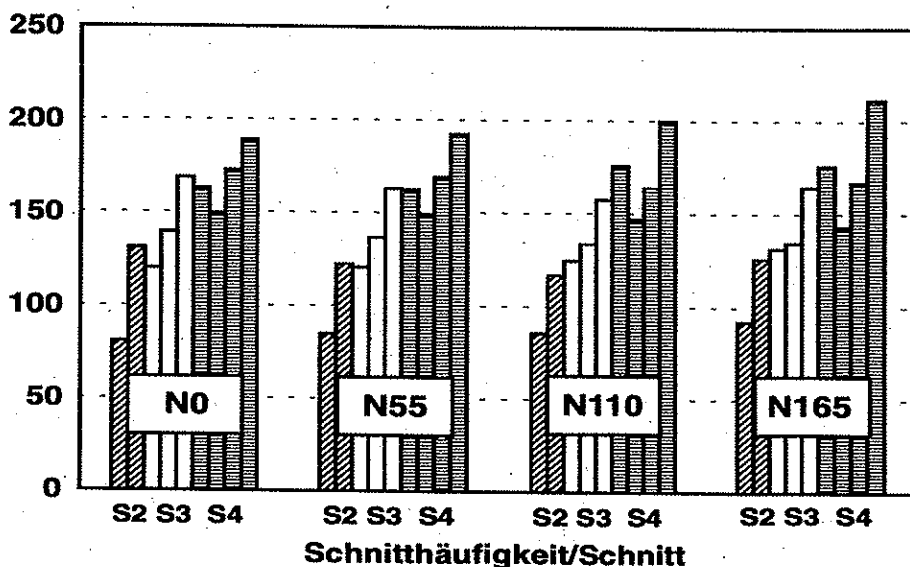


Abb. 3. Rohproteingehalt (g/kg TS) in Abhängigkeit von der N-Düngungsintensität und der Schnitthäufigkeit.

*NEL: Nettoenergie Laktation

Tab. 2. Kalzium(Ca)-Gehalt von Wiesenfutter in Abhängigkeit von der N-Düngungsintensität und der Schnitthäufigkeit (Mittel 1986 - 1996)

Schnitthäufigkeit	Schnitt	N-Düngungsintensität			
		N0	N55	N110	N165
Ca g/kg TS					
S2	1	6,2	6,3	5,6	4,7
	2	10,3	9,6	8,9	7,4
S3	1	7,5	7,1	5,9	5,9
	2	13,6	11,5	9,6	9,5
	3	14,7	12,2	10,8	11,2
S4	1	8,5	7,9	8,2	7,5
	2	11,8	10,6	10,8	10,5
	3	14,2	12,4	12,4	12,0
	4	15,7	14,9	15,3	14,1

Düngungsintensität auf den RP-Gehalt mehr zu beobachten.

Deutlich fällt demgegenüber der Einfluss der Schnitthäufigkeit auf den RP-Gehalt aus. Je häufiger geschnitten wird, desto höher sind die RP-Gehalte (S2: 105 g, S3: 141 g, S4: 171 g/kg Futter-TS). Bei allen Schnitthäufigkeiten nimmt in der Regel der RP-Gehalt von Schnitt zu Schnitt zu. Ein dem RP vergleichbares Verhalten zeigen die Werte für das absorbierbare Protein im Darm (APD).

Mineralstoffgehalte

Kalzium (Ca): Mit zunehmender Intensität der N-Düngung vermindert sich der Ca-Gehalt des Wiesenfutters (Tab. 2). Diese Entwicklung ist bei den Parzellen mit geringer Schnitthäufigkeit wesentlich deutlicher als bei denjenigen mit hoher Schnitthäufigkeit. So beträgt beim Verfahren S2 die Reduktion im Ca-Gehalt von der Düngungsintensität N0 zur Intensität N165 im Mittel aller Schnitte 27 %. Im Falle der Schnitthäufigkeit S4 sind es nur 13 %. Eine Verminderung des Ca-Gehaltes bei einer Intensivierung der N-Düngung beschreibt auch Taube *et al.* (1995). Die Auswertung nach der Schnitthäufigkeit zeigt, dass je häufiger eine Parzelle geschnitten wird, desto höher ist der Ca-Gehalt der ersten und folgenden Schnitte. Die Differenz zwischen S2 und S4 beträgt für die ersten beiden Schnitte rund 30 %. Markant ist auch die Differenz im Ca-Gehalt zwischen den ersten und den folgenden Schnitten. Der zweite Schnitt enthält über alle Düngungsintensitäten gerechnet 53 % mehr Ca als der erste Schnitt. Vom zweiten zu den übrigen Schnitten ist ebenfalls ein, wenn auch geringerer Anstieg, im Ca-Gehalt zu beobachten. Diese Ergebnisse decken sich weitgehend mit

denen von Müller *et al.* 1971 sowie Bouchet *et Guéguen* 1981.

Der Ca-Gehalt der Versuchspartellen variiert von Jahr zu Jahr teilweise recht erheblich (1986 - 1996: 10,1 ± 3,1 g/kg TS). Über die ganze Beobachtungsperiode hinweg ist jedoch keine systematische Veränderung festzustellen.

Phosphor (P): Die Intensivierung der N-Düngung führt zu einer leichten Abnahme im P-Gehalt des Futters (Tab. 3). Dies gilt vorab für die Verfahren S2 und S3. In den Untersuchungen von Taube *et al.* (1995) reagierte der P-Gehalt praktisch indifferent auf die Intensivierung der N-Düngung.

Die Erhöhung der Schnitthäufigkeit ist mit einem wesentlichen Anstieg im P-Gehalt des Futters verbunden. Über alle Düngungsintensitäten gerechnet liegt der P-Gehalt der Schnitthäufigkeiten S2, S3 beziehungsweise S4 bei 2,7 g, 3,6 g und 4,2 g/kg TS. Im allgemeinen steigt der P-Gehalt des Futters vom ersten zu den nächsten Schnitten leicht an. Diese Zunahme ist jedoch nicht so ausgeprägt wie beim Ca. Von Jahr zu Jahr streuen die P-Gehalte teilweise recht deutlich (1986 - 1996: 3,6 ± 0,6 g/kg TS), wobei im Laufe der Versuchsjahre keine gerichtete Veränderung zu beobachten ist.

Magnesium (Mg): Die Intensität der N-Düngung hat keinen wesentlichen Einfluss auf den Mg-Gehalt des Futters (Tab. 4). In der Literatur wird teilweise ein geringer positiver Effekt beschrieben (Taube *et al.* 1995).

Deutlich ist die Wirkung der Schnitthäufigkeit auf den Mg-Gehalt. Dieser nimmt vom Verfahren S2 zum Verfahren S4 zu. Ein Anstieg lässt sich auch innerhalb der einzelnen Schnitthäufigkeiten von Schnitt zu Schnitt beobachten, wobei die ersten Schnitte die tiefsten Gehalte haben. Die

Differenz zwischen dem ersten und zweiten Schnitt beträgt über alle Düngungsintensitäten und Schnitthäufigkeiten gerechnet 39 %.

Wie beim Ca und P ist auch beim Mg im Laufe der Versuchsjahre keine gerichtete Entwicklung in den Mg-Gehalten (1986 - 1996: 2,2 ± 0,7 g/kg TS) der verschiedenen Parzellen abzuleiten.

Kalium (K) und Natrium (Na): Der K-Gehalt des Wiesenfutters wird durch die Intensivierung der N-Düngung nicht (S2) oder leicht negativ (S3 und S4) beeinflusst (Tab. 5). Nach de Groot (1962) führt eine hohe N-Düngung bei einer mangelhaften K-Versorgung des Bodens zu einem Abfall im K-Gehalt der Pflanzen. Ist der Boden reichlich mit K versorgt, so steigt der K-Gehalt an.

Der K-Gehalt der häufig geschnittenen Parzellen (S3 und S4) liegt über demjenigen der zweimal geschnittenen Parzellen (S2). Zwischen den einzelnen Schnitten bestehen im K-Gehalt nur geringe Unterschiede. Eine Ausnahme macht jeweils der letzte Schnitt der Verfahren S3 und S4, der messbar geringere Werte aufweist. Zwischen dem K-Gehalt der verschiedenen Parzellen (1986 - 1996: 25,9 ± 2,7 g/kg TS) und der Versuchsdauer ist kein wesentlicher Zusammenhang zu beobachten. Die Na-Gehalte der einzelnen Parzellen liegen mehrheitlich bei 0,1 bis 0,2 g/kg Futter-TS mit einem Maximalwert von 0,6 g/kg TS. Dabei beeinflussen weder die Düngungsintensität noch die Schnitthäufigkeit den Na-Gehalt wesentlich.

Zahlreiche Einflussgrößen

Die aufgezeigten Veränderungen im Mineralstoffgehalt des Wiesenfutters können sowohl ein direktes als auch ein indirektes Ergebnis der unterschiedlichen

Tab. 3. Phosphor(P)-Gehalt von Wiesenfutter in Abhängigkeit von der N-Düngungsintensität und der Schnitthäufigkeit (Mittel 1986 - 1996)

Schnitt-häufigkeit	Schnitt	N-Düngungsintensität			
		N0	N55	N110	N165
P g/kg TS					
S2	1	2,6	2,7	2,5	2,2
	2	3,2	3,2	2,8	2,5
S3	1	3,5	3,5	3,3	3,3
	2	3,9	3,6	3,5	3,3
	3	4,0	3,8	3,6	3,5
S4	1	4,1	4,1	4,1	4,2
	2	4,2	3,9	4,0	3,9
	3	4,4	4,0	4,1	4,2
	4	4,3	4,2	4,3	4,6

Tab. 4. Magnesium(Mg)-Gehalt von Wiesenfutter in Abhängigkeit von der N-Düngungsintensität und der Schnitthäufigkeit (Mittel 1986 - 1996)

Schnitt-häufigkeit	Schnitt	N-Düngungsintensität			
		N0	N55	N110	N165
Mg g/kg TS					
S2	1	1,2	1,2	1,2	1,2
	2	2,0	1,9	1,7	1,8
S3	1	1,5	1,6	1,6	1,6
	2	2,3	2,4	2,3	2,3
	3	2,7	2,8	2,7	2,8
S4	1	1,8	1,8	2,0	1,9
	2	2,2	2,3	2,3	2,4
	3	2,9	2,8	3,0	2,8
	4	3,1	3,2	3,6	3,4

Tab. 5. Kalium(K)-Gehalt von Wiesenfutter in Abhängigkeit von der N-Düngungsintensität und der Schnitthäufigkeit (Mittel 1986 - 1996)

Schnitt-häufigkeit	Schnitt	N-Düngungsintensität			
		N0	N55	N110	N165
K g/kg TS					
S2	1	23	24	24	23
	2	24	24	25	25
S3	1	29	27	27	24
	2	30	29	27	25
	3	25	24	24	21
S4	1	30	30	29	28
	2	30	30	28	27
	3	28	28	27	25
	4	23	22	22	22

Düngungsintensität oder Schnitthäufigkeit sein. Eine direkte Folge ist zum Beispiel die durch eine intensivere N-Düngung induzierte Erhöhung der negativen Ladung des Cytoplasmas der Pflanzen, welche zu einer vermehrten Kationenaufnahme führt (Mengel 1991). Auch das eng mit der Schnitthäufigkeit korrelierte Nutzungsstadium kann den Mineralstoffgehalt unter anderem über das Blatt-Stängel-Verhältnis direkt beeinflussen. Eine indirekte Auswirkung der Düngungsintensität oder Schnitthäufigkeit auf den Mineralstoffgehalt des Wiesenfutters bilden die Veränderungen in der botanischen Zusammensetzung des Pflanzenbestandes. So sind Gräser in der Regel ärmer an Kalzium und Magnesium als Leguminosen, und junges Futter enthält mehr P als älteres Futter. Die gewählte Versuchsanordnung erlaubt es jedoch nicht, die dargestellten Einflüsse der Düngungsintensität und der Schnitthäufigkeit auf den Mineralstoffgehalt des Wiesenfutters den einzelnen direkten oder indirekten Ursachen zuzuordnen.

Konsequenzen für die Milchviehfütterung

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass durch eine intensive N-Düngung der Ca-Gehalt des Futters reduziert wird, während der Gehalt an Phosphor und Magnesium praktisch gleich bleibt. Im weiteren wird durch eine häufigere Nutzung der Wiesen der Gehalt an Kalzium, Phosphor, Magnesium und Kalium deutlich erhöht. Aus den Ergebnissen geht auch hervor, dass der erste Schnitt im Vergleich zu den übrigen Schnitten einen wesentlich geringeren Gehalt an Kalzium und Magnesium aufweist.

Für die Kalziumversorgung der Milchkuh bedeutet dies, dass bei der Verfütterung von Wiesenfutter aus der ersten Nutzung (Frühling) der bedarfsgerechten Ca-Versorgung grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Dies gilt umso mehr, je intensiver mit Stickstoff gedüngt wird oder je geringer die Nutzungshäufigkeit ist. Futter aus Wiesen mit geringer Nutzungshäufigkeit enthält im Vergleich zu Wiesen mit höherer Nutzungshäufigkeit weniger Phosphor. Je nach Wiesentyp und Standort ist deshalb eine P-Ergänzung angezeigt. Futter aus der ersten Nutzung enthält oft zu wenig Magnesium (Gefahr von Weidetetanie). Dies insbesondere, wenn es sich um Wiesen mit geringer Nutzungshäufigkeit handelt. Hier und bei

hohem K-Gehalt des Futters drängt sich eine Mg-Zulage auf. Im Vergleich zum Bedarf der Milchkuh enthält Wiesenfutter unabhängig von der N-Düngungsintensität und der Nutzungshäufigkeit zu viel Kalium und zu wenig Natrium. Deshalb müssen Milchviehrationen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, mit Viehsalz (NaCl) ergänzt werden.

LITERATUR

AGFF, 1995. Bewertung von Wiesenfutter. AGFF-Merkblatt 3.

Bouchet J. P. et Guéguen L., 1981. Constituants minéraux majeurs des fourrages et des aliments concentrés. Dans: Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants. I.N.R.A. Publ., 189 - 202.

de Groot Th., 1962. The influence of heavy nitrogen fertilization on the health of livestock. *J. Brit. Grassl. Soc.* 17 (1), 112 - 118.

FAG, 1994. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. 3. Auflage. LmZ Zollikofen, 328 S.

Mengel K., 1991. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer Verlag, Jena, 466 S.

Müller H. J., Voigtländer G. und Kirchgessner M., 1971. Veränderungen des Gehaltes an Mengenelementen (Ca, Mg, P, Na, K) von Weidegras in Abhängigkeit von Wachstumsdauer und Vegetationsperiode. *Das wirtschaftseigene Futter* 17 (3), 165 - 178.

Pérgaud S., 1975. Influence de la fertilisation sur la composition minérale des fourrages, conséquences zootechniques. *Fourrages* 63, 107 - 116.

Schneeberger H. und Landis J., 1984. Fütterungsnormen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. 2. Auflage. LmZ Zollikofen, 148 S.

Taube F., Wulfes R. und Südekum K.-H., 1995. Veränderung der Mineralstoffgehalte von Futtergräsern im Zuwachsverlauf und in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung und Aufwuchszeitraum. *Das wirtschaftseigene Futter* 41 (2), 219 - 237.

RÉSUMÉ

Teneur en minéraux de l'herbe en fonction de la fumure azotée et de l'intensité d'utilisation

Au cours d'un essai de longue durée, quatre parcelles d'une prairie naturelle située à 1000 m d'altitude, ont reçu différentes quantités de fumure à base d'azote minéral. Par période de végétation, les quantités d'azote correspondantes se sont élevées par ha à 0 kg, 55 kg, 110 kg et 165 kg. De plus, chaque parcelle a été subdivisée en trois fréquences de coupe, à savoir, 2, 3 et 4 coupes. Les paramètres expérimentaux étaient la composition botanique ainsi que les teneurs en nutriments et en minéraux.

Comme les résultats expérimentaux le montrent, la proportion de graminées augmente aux dépens des légumineuses avec l'intensité croissan-

te de la fumure azotée. La proportion des autres plantes reste pratiquement constante. La teneur en énergie, ainsi que la teneur du fourrage en P, Mg et Na ne sont pas influencées de manière significative par l'intensité de la fumure. Par contre, la teneur en matière azotée augmente dans les premières coupes. Les autres coupes présentent cependant des teneurs comparables. La teneur en Ca diminue, suivant la coupe, de 13 à 27 % avec l'accroissement de l'intensité de la fumure. Parfois, on observe également une légère diminution du K.

La teneur du fourrage en nutriments et en minéraux (Ca, P, Mg et K) augmente de manière nette avec la fréquence des coupes. C'est ainsi que les parcelles fauchées quatre fois, par rapport aux parcelles fauchées deux fois, présentent, en moyenne et suivant les paramètres, des teneurs supérieures de 15 à 63 %. Pour le Ca et le Mg, on constate pour toutes les fréquences de coupe, entre la première et la deuxième coupe, une nette augmentation des teneurs. Elle s'élève à 53 % pour le Ca et à 39 % pour le Mg. De la deuxième coupe aux suivantes, cette évolution s'atténue quelque peu.

SUMMARY

Effects of nitrogen fertilization and cutting frequency on the mineral content of a natural meadow

In a long-term trial with a natural meadow situated at 1000 m above sea level, four experimental plots were fertilized with varying levels of mineral nitrogen. Per growing season and ha, 0, 55, 110 and 165 kg of N were applied. Each plot was additionally split into three cutting frequencies, i.e. 2, 3 and 4 cuts a year. The following parameters were recorded: botanical composition and nutrient and mineral content. The results implicate an increasing proportion of grasses along with increasing levels of fertilizer at the expense of legumes. On the other hand, the proportion of herbaceous dicotyledons remained constant for the most part. Fertilizing intensity had no significant effect on the energy content, P, Mg and Na concentration of the feed. A higher protein content was measured in feed samples of the first cut. For the following cuts though, comparable protein contents were observed across all N levels. Ca concentration decreased with increasing N input by 13 to 27 % depending on the number of cut. A slight reduction was also observed for K.

The higher cutting frequency resulted in a distinctly higher nutrient and mineral (Ca, P, Mg and K) content of the feed. The plots cut four times contained on average and depending on parameter between 15 and 63 % higher concentrations compared to plots cut two times. Across all cutting frequencies, Ca and Mg contents markedly increased between the first and second cut. The increase amounted to 53 % for Ca and 39 % for Mg. Between the second and the following cuts, this evolution was somewhat attenuated.

KEY WORDS: Nitrogen fertilization, cutting frequency, nutrient content, mineral content, grass