



Nettoenergiegehalt von Futtergräsern

Franz Xaver SCHUBIGER, Hans-Ruedi BOSSHARD und Josef LEHMANN, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Gräser liefern Futter mit unterschiedlichem Gehalt an Nettoenergie Laktation. Je nach Entwicklungsstadium, Jahreszeit und Wetter fällt dieser Gehalt höher oder tiefer aus. Englisches Raigras gehörte in unseren Versuchen zu den qualitativ wertvollsten Arten. Die Rangfolge der übrigen Arten bezüglich Energiegehalt hing davon ab, ob wir die Pflanzen bei gleichem Aufwuchsalter oder gleichem Entwicklungsstadium miteinander verglichen.

Wiesen und Weiden (inklusive Alpweiden) bedecken 42 % der Fläche der Schweiz. Gräser bilden den Hauptteil dieser Pflanzenbestände. Allein in der Schweiz kommen mehr als 230 verschiedene Grasarten vor. Aber nur wenige davon sind im Futterbau ertragsmässig von Bedeutung.

Gras ist Futter für die Wiederkäuer. Um den Nährstoffbedarf unserer Kühe mit Gras (und Klee) zu decken, muss das Wiesenfutter eine hohe Qualität aufweisen. Energie-, Rohfaser- und Rohproteingehalt sind für die Beurteilung der Qualität sehr wichtige Kriterien. Daneben müssen aber auch andere Inhaltsstoffe (Zellwandbestandteile, Kohlenhydrate und Mineralstoffe) oder die Verdaulichkeit der Zellwände und des Rohproteins mitberücksichtigt werden.

In der vorliegenden Untersuchung zeigen wir, dass zwischen den bekanntesten Grasarten Unterschiede im Nährwert vorkommen. Die verschiedenen Arten wurden über mehrere Jahre während dreier Aufwüchse beobachtet. Besondere Aufmerksamkeit schenken wir dem Vergleich bei gleichem Entwicklungsstadium.

Durchschnittswerte von sieben Jahren

In Zürich-Reckenholz wurden 1990, 1992, 1994 und 1996 verschiedene Gräser in Reinbeständen ausgesät. Während der ersten zwei Hauptnutzungsjahre wurden die Parzellen fünfmal geschnitten und bei Beginn jedes Aufwuchses jeweils mit 50 kg Stickstoff pro Hektare (in Form von Ammonsalpeter) gedüngt. Aus den vier Versuchsanlagen entnahmen wir jeweils während des ersten und zweiten Hauptnutzungsjahres die Proben für unsere Un-

tersuchungen. Dies ergab eine Beobachtungsperiode von total sieben Jahren (1991 bis 1997).

Während des ersten Aufwuchses erfolgte die Probenahme ab Ende April in zeitlichen Abständen von einer Woche. Weitere Proben wurden 28 und 35 Tage nach dem ersten (Mitte Mai) und zweiten Schnitt (Mitte Juni) geerntet. Das Probenmaterial wurde bei 60 °C getrocknet, gemahlen und im Labor analysiert. Insgesamt wurden 15 Arten von Gräsern (Tab. 1) miteinander verglichen.

Der Gehalt an verdaulicher organischer Substanz (VOS), an Rohfaser und an Rohprotein wurde mit Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) bestimmt (Norris *et al.* 1977). Die Kalibrierung und Validierung der NIRS-Methode erfolgte anhand von Grasproben, deren Inhaltsstoffe mit folgenden Labormethoden bestimmt wurden: Den VOS-Gehalt analy-

sierten wir mit der Pansensaftmethode nach Tilley und Terry (1963). Die Bestimmung des Rohproteingehaltes wurde mittels einer modifizierten Kjeldahl-Methode (nach dem Schwefelsäureaufschluss wurde der N-Gehalt mit einer Fliessinjektionsanalyse gemessen) und diejenige des Rohfasergehaltes mittels der Weender-Analyse vorgenommen.

Das Bestimmtheitsmass (R^2) und der Standardschätzfehler der Validierung (SEP) betragen für den VOS-Gehalt: $R^2 = 0,93$, SEP = 17,4 g/kg Trockensubstanz (TS); für den Rohfasergehalt: $R^2 = 0,98$, SEP = 7,9 g/kg TS und für den Rohproteingehalt: $R^2 = 0,98$, SEP = 4,6 g/kg TS.

Der Gehalt an Nettoenergie Laktation (NEL) wurde mit Hilfe des VOS-Gehaltes berechnet (Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion 1994).

Entwicklungsstadien der Pflanzen

Bis Ende Mai erreichten alle Gräser (mit Ausnahme des Fioringrases) mindestens das Entwicklungsstadium «Beginn Ähren-/Rispen-schieben» (Tab. 1): Wiesenfuchsschwanz (Abb. 1) erreichte dieses

Tab. 1. Geprüfte Gräserarten, mittlerer Frühreifeindex und Entwicklung in den Folgeaufwüchsen

Art	Sorte (Ploidie)	Frühreifeindex ¹ 1. Aufwuchs	Entwicklung	
			2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Englisches Raigras (<i>Lolium perenne</i> L.)	Bastion (4n)	52a	vegetativ	vegetativ
Italienisches Raigras (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)	Fedo (4n)	52b	generativ	generativ
Knaulgras (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	Baraula	53a	vegetativ	vegetativ
Wiesenfuchsschwanz (<i>Alopecurus pratensis</i> L.)	Vulpera ²	43a	vegetativ	vegetativ
Wiesenschwingel (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	Predix	52b	vegetativ	vegetativ
Rohrschwinge (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.)	Barcel	52b	vegetativ	vegetativ
Rotschwinge (<i>Festuca rubra</i> L.)	Roland ³	51b	vegetativ	vegetativ
Kammgras (<i>Cynosurus cristatus</i> L.)	—	52b	generativ	vegetativ
Fioringras (<i>Agrostis gigantea</i> Roth.)	Kita ²	Juni	generativ	vegetativ
Walliges Honiggras (<i>Holcus lanatus</i> L.)	—	53a	generativ	vegetativ
Timothe (<i>Phleum pratense</i> L.)	Tiller	53a	generativ	generativ
Wiesenrispengras (<i>Poa pratensis</i> L.)	Monopoly	52a	vegetativ	vegetativ
Rohrglanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i> L.)	—	53a	generativ	generativ
Goldhafer (<i>Trisetum flavescens</i> P.B.)	Trisetf	52b	generativ	generativ
Fromental (<i>Arrhenaterum elatius</i> L.)	Arel	52a	generativ	generativ

¹Zeitpunkt des Ähren- beziehungsweise Rispen-schiebens während des ersten Aufwuchses: Die erste Zahl des Index gibt den Monat, die zweite Zahl das Monatsdrittel an; mit a oder b wird die erste oder die zweite Hälfte des Monatsdrittels bezeichnet. ²1991 und 1992 unbekanntes Herkunf, ³1991-94 Sorte Gondolin, ⁴Schossen



Abb. 1. Der Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis* L.) muss frühzeitig genutzt werden, dann liefert er ein qualitativ gutes Futter.

Stadium im Mittel der sieben Beobachtungsjahre bereits am 24. April, während die später blühenden Arten (zum Beispiel Timothee und spätreifes Knaulgras) die Ähren oder Rispen erst Ende Mai schoben. In den Folgeaufwüchsen bildeten einige Arten nur noch Blätter (vegetatives Wachstum), andere auch generative Triebe (Tab. 1). Diese Triebe erreichten gegen Ende des Aufwuchses in den meisten Fällen das Stadium «Beginn Ähren-/Rispen-schieben» bis «volles Ähren-/Rispen-schieben».

Energiegehalt bei gleichem Alter

Unabhängig von der Jahreszeit nahm der Nettoenergiegehalt (NEL Megajoule (MJ)/kg TS) bei allen Grasarten mit fortschreitender Entwicklung oder zunehmendem Alter grundsätzlich ab (Abb. 2a bis e): während des ersten Aufwuchses ging der NEL-Gehalt je nach Grasart pro Woche um 0,26 bis 0,44 MJ/kg TS zurück. In den Folgeaufwüchsen schwankte die Abnahme der Nettoenergie pro Woche zwischen 0,1 und 0,4 MJ/kg TS (2. Aufwuchs), beziehungsweise 0,1 und 0,55 MJ/kg TS (3. Aufwuchs).

Werden die Gräser bei gleichem Alter miteinander verglichen, dann kamen zwischen den Arten signifikante Unterschie-

de im Energiegehalt vor. Während des ersten Aufwuchses war der Energiegehalt des Englischen und des Italienischen Raigrases am höchsten. Derjenige von Wiesenschwingel war im Mittel 0,2 MJ/kg TS tiefer. Knaulgras und Wiesenrispengras unterschieden sich im Durchschnitt um 0,4 und Rohrschwengel um 0,6 MJ NEL/kg TS vom Englischen Raigras. Goldhafer, Fromental, Rotschwengel und Wiesenfuchsschwanz wurden am schlechtesten klassiert. Die beiden letzten Arten waren während des ersten Aufwuchses um 1 MJ NEL/kg TS tiefer im Energiegehalt als das Englische Raigras. Kammgras, Fioringras, Wolliges Honiggras und Timothee waren anfänglich vergleichbar mit Wiesenschwingel, gegen Ende des ersten Aufwuchses aber eher mit Knaulgras oder sogar Rohrschwengel (Ausnahme Fioringras). Der Energiegehalt von Rohrglanzgras war zu Beginn gleich wie derjenige von Knaulgras, im Mai nahm er allerdings viel stärker ab als dieser.

Während des zweiten Aufwuchses lieferte das Englische Raigras im Vergleich mit den anderen Arten Futter mit dem höchsten Energiegehalt. Im dritten Aufwuchs wurde es nur von wenigen Arten, unter anderem von Wiesenschwingel, zeitweise übertroffen. Das Italienische Raigras zeichnete sich in den Folgeaufwüchsen vor allem durch eine starke Abnahme des Energiegehaltes im Verlaufe der Alterung aus.

Die Reihenfolge der Arten, bezüglich Energiegehalt im Futter, stimmt gut mit den Resultaten von Meister und Lehmann (1990) überein.

Der NEL-Gehalt wurde mit dem VOS-Gehalt berechnet. Es besteht eine sehr enge Beziehung zwischen diesen beiden Pflanzengehalten. Folglich verhält sich die Verdaulichkeit der Grasarten ähnlich wie der Energiegehalt.

Energiegehalt bei gleichem Stadium

Der Energiegehalt der Gräser war beim Stadium «Beginn Ähren-/Rispen-schieben» von Art zu Art verschieden. Aus unseren Untersuchungen konnten wir folgende Reihe von Arten mit abnehmendem Energiegehalt herleiten: Englisches Raigras (6,7 MJ NEL/kg TS) und Wiesenfuchsschwanz (!) lieferten beim Stadium «Beginn Ähren-schieben» den höchsten Energiegehalt. Italienisches Raigras, Wiesenschwingel und Wiesenrispengras wiesen bei diesem Stadium im Futter 0,4 MJ NEL/kg TS weniger auf. Eine dritte

Artengruppe - Knaulgras, Rohrschwengel, Rotschwengel und Kammgras - hatte 0,8 MJ NEL/kg TS und die Artengruppe - Fioringras, Wolliges Honiggras, Timothee, Goldhafer und Fromental - 1,2 MJ NEL/kg TS weniger als die beste Art. Rohrglanzgras erwies sich als die Art mit dem schlechtesten Energiegehalt im Stadium «Beginn Rispen-schieben».

Auffallend ist die gute Klassierung des Wiesenfuchsschwanzes. Bei ihm war die Zeit zwischen Vegetationsbeginn und Ähren-schieben extrem kurz, so dass zum Zeitpunkt des Vergleichs sehr junges Pflanzenmaterial vorlag. Die Wachstumsgeschwindigkeit einer Grasart kann allerdings die Unterschiede zwischen den Arten nicht allein erklären. Zusätzlich beeinflussen auch artspezifische Besonderheiten (Zusammensetzung der Zellwände, Zellinhalt, das Blatt/Stengelverhältnis usw.) die Verdaulichkeit und damit den Energiegehalt.

Das Wetter beeinflusste den NEL-Gehalt

Von Jahr zu Jahr kamen, verursacht durch die Witterung (Temperaturen, Sonneneinstrahlung, Niederschläge), bedeutende Unterschiede im Energiegehalt vor. Der warme und teilweise sonnige Monat Mai der Jahre 1992 bis 1995 bewirkte einen unterdurchschnittlichen Energiegehalt des Futters. 1996 und 1997 und vor allem 1991 war der Monat Mai wechselhaft und kühler, was den durchschnittlichen Energiegehalt zwischen 0,3 und 0,8 MJ NEL/kg TS höher ausfallen liess als in den Jahren 1992 bis 1995.

Auch die Folgeaufwüchse wurden von der Witterung beeinflusst. Kühle Temperaturen (2. Aufwuchs: 1994 und 1995; 3. Aufwuchs: 1996 und 1997) hatten einen positiven Einfluss auf den NEL-Gehalt. Höhere Temperaturen während des Wachstums (2. Aufwuchs: 1993 und 1996; 3. Aufwuchs: 1991-1992 und 1994) senkten den NEL-Gehalt um 0,5 beziehungsweise 0,7 MJ/kg TS gegenüber den Jahren mit kühlen Temperaturen.

Weitere Inhaltsstoffe

Die Gräser enthielten bereits in jungen Zustand viel Rohfaser (Tab. 2). Sie lieferten folglich strukturreiches Futter, das die Pansen-tätigkeit fördert. Im Verlaufe der Entwicklung stieg der Rohfasergehalt an während des ersten Aufwuchses um 24 g/kg TS pro Woche, während der Folgeauf-

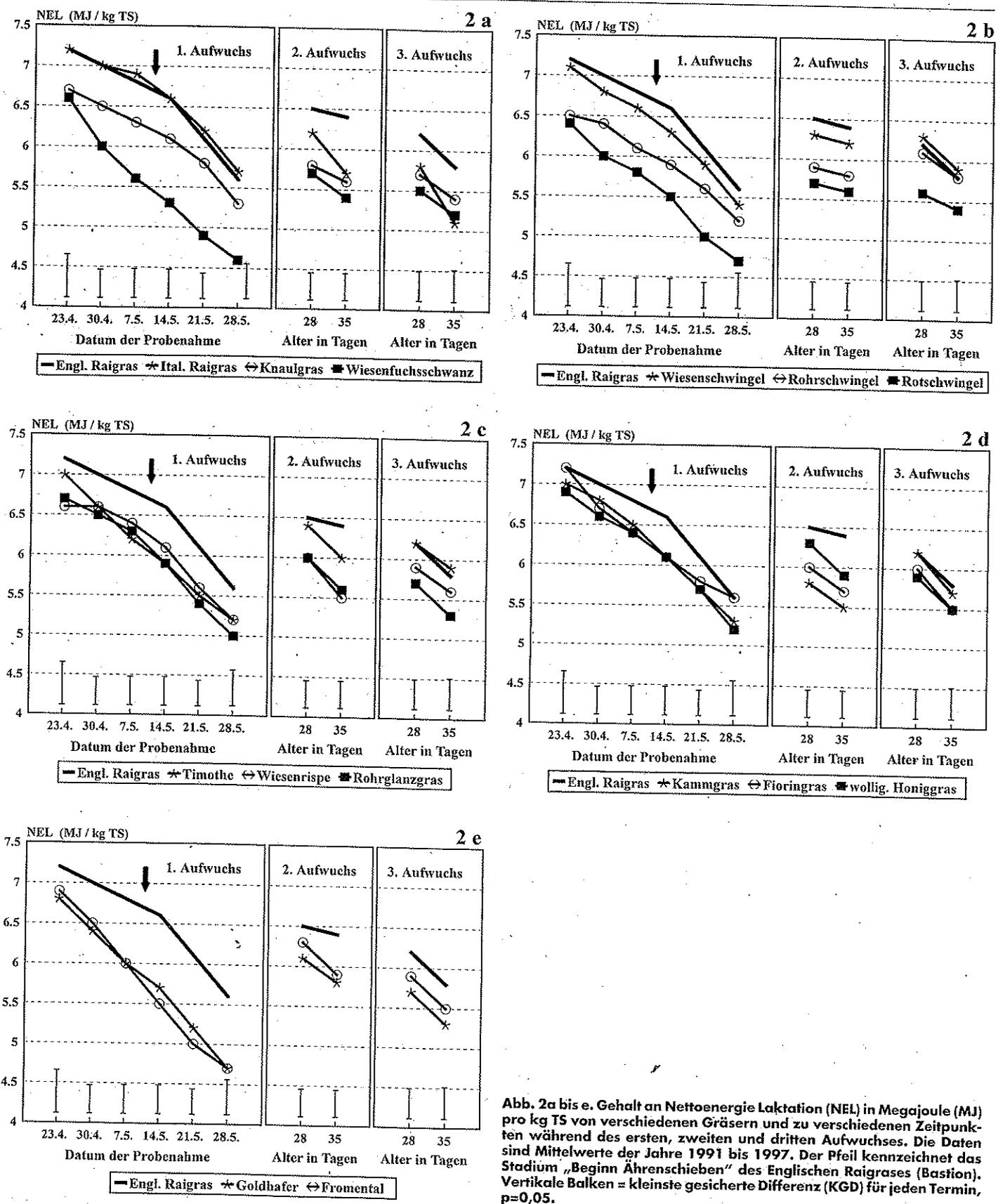


Abb. 2a bis e. Gehalt an Nettoenergie Laktation (NEL) in Megajoule (MJ) pro kg TS von verschiedenen Gräsern und zu verschiedenen Zeitpunkten während des ersten, zweiten und dritten Aufwuchses. Die Daten sind Mittelwerte der Jahre 1991 bis 1997. Der Pfeil kennzeichnet das Stadium „Beginn Ährenschieben“ des Englischen Raigrases (Bastion). Vertikale Balken = kleinste gesicherte Differenz (KGD) für jeden Termin, $p=0,05$.

wüchse um 14 beziehungsweise 13 g/kg TS pro Woche. Zwischen dem Rohfasergehalt und dem VOS- beziehungsweise NEL-Gehalt bestand eine enge Beziehung, falls man diese innerhalb des gleichen Aufwuchses berechnete.

Der Rohproteingehalt aller Gräser nahm mit zunehmendem Alter der Pflanze ab: zu Beginn des ersten Aufwuchses ausgeprägter (27 g/kg TS pro Woche) als gegen Ende (16 g/kg TS pro Woche). Während des zweiten und dritten Aufwuchses stellten

wir eine Abnahme von 28 beziehungsweise 19 g Rohprotein/kg TS pro Woche fest. Die beiden Raigräser hatten häufig weniger Rohprotein pro Megajoule NEL als empfohlen (20 bis 30 g Rohprotein pro MJ NEL). Bei den übrigen Gräsern wurde

Tab 2. Rohfasergehalt von Gräsern zum Zeitpunkt des ersten, zweiten und dritten Schnittes (Durchschnittswerte von sieben Jahren)

Art	Rohfasergehalt g/kg TS		
	1. Schnitt Mitte Mai*	2. Schnitt 35 Tage alte Pflanzen	3. Schnitt 35 Tage alte Pflanzen
Englisches Raigras	238	231	243
Italienisches Raigras	215	275	284
Knaulgras	259	303	296
Wiesenfuchsschwanz	309	299	299
Wiesenschwingel	273	253	264
Rohrschwengel	283	274	273
Rotschwengel	314	281	282
Kammgras	297	295	249
Fioringras	268	289	273
Wolliges Honiggras	266	269	269
Timothe	302	267	264
Wiesenrispengras	277	290	263
Rohrglanzgras	281	302	306
Goldhafer	310	284	290
Fromental	323	275	290
KGD (p = 0,05)	37	29	21

*entspricht Termin 14. 5. in den Abbildungen 2a - e

dieser optimale Bereich erst gegen Ende des ersten Aufwuchses unterschritten und nur von sehr jungen Graspflanzen leicht überschritten.

Art, Sorte, Stadium und Wetter entscheiden

Das Englische Raigras war sowohl bei gleichem Alter als auch bei vergleichbarem Entwicklungsstadium die Grasart mit dem höchsten Nettoenergiegehalt. Auch der Wiesenschwingel zeichnete sich immer durch eine hohe Qualität aus. Gehörte das Italienische Raigras während des ersten Aufwuchses noch zu den besten Arten, so nahm dessen Energiegehalt in den Folgeaufwüchsen jeweils stark ab. Goldhafer, Fromental, Rotschwengel und Wiesenfuchsschwanz enthielten am wenigsten Energie im Futter (für den Wiesenfuchsschwanz trifft dies nicht zu, falls bei gleichem Stadium verglichen wird). Innerhalb einer Art können zwischen den Sorten beträchtliche Unterschiede im Energiegehalt vorkommen, wie wir das bereits früher zeigten (Schubiger *et al.* 1997a, 1997b, 1997c). Die Sorten einer Art können sich in der chemischen Zusammensetzung unterscheiden. Sie entwickeln sich verschieden, insbesondere bilden sie in den Folgeaufwüchsen mehr oder weniger generative Triebe oder nur Blätter. Dies muss beim Vergleich der

Tab 3. Rohproteingehalt von Gräsern zum Zeitpunkt des ersten, zweiten und dritten Schnittes (Durchschnittswerte von sieben Jahren)

Art	Rohproteingehalt g/kg TS		
	1. Schnitt Mitte Mai*	2. Schnitt 35 Tage alte Pflanzen	3. Schnitt 35 Tage alte Pflanzen
Englisches Raigras	99	121	137
Italienisches Raigras	90	99	112
Knaulgras	126	112	127
Wiesenfuchsschwanz	121	137	137
Wiesenschwingel	123	133	129
Rohrschwengel	119	127	129
Rotschwengel	114	129	123
Kammgras	133	128	144
Fioringras	129	129	140
Wolliges Honiggras	123	127	127
Timothe	118	144	135
Wiesenrispengras	151	135	147
Rohrglanzgras	136	131	126
Goldhafer	118	158	139
Fromental	111	147	126
KGD (p = 0,05)	17	23	n.s.

*entspricht Termin 14. 5. in den Abbildungen 2a - e; n.s. = nicht signifikant

Qualität der Gräser zusätzlich beachtet werden.

Die Schätzung des Nettoenergiegehaltes von Futter aufgrund der botanischen Zusammensetzung und des Entwicklungsstadiums (Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion 1994) ergibt in der Regel eine gute Übereinstimmung mit den Resultaten aus dem Labor. Eine Korrektur, welche das Wetter während des Wachstums berücksichtigt, könnte eine Verbesserung der Schätzung bringen.

LITERATUR

- Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion, Posieux, Schweiz, 1994. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen, 328 S.
- Meister E. und Lehmann J., 1990. Leistungs- und Qualitätsmerkmale verschiedener Gräser bei steigender Stickstoffdüngung. *Landwirtschaft Schweiz* 3 (3), 125 - 130.
- Norris K.H., Barnes R.F., Moore J.E. and Shenk J.S., 1977. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Animal Science* 43, 889 - 897.
- Schubiger F.X., Bosshard H.R. und Lehmann J., 1997a. Nährwert von Englisch Raigrassorten. *Agrarforschung* 4 (4), 169 - 172.
- Schubiger F.X., Bosshard H.R. und Lehmann J., 1997b. Nährwert von Italienisch- und Bastard-Raigrassorten. *Agrarforschung* 4 (5), 213 - 216.

■ Schubiger F.X., Bosshard H.R. und Lehmann J., 1997c. Nährwert von Knaulgras- und Rohrschwingelsorten. *Agrarforschung* 4 (6), 245 - 248.

■ Tilley M. and Terry R., 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society* 18, 104 - 111

RÉSUMÉ

Teneur en énergie nette de différentes graminées

Les teneurs en énergie nette pour la production laitière, en matière azotée et en cellulose brute de quinze graminées ont été mesurées lors des trois premières pousses. Le ray-grass anglais (*Lolium perenne* L.) a obtenu les teneurs en énergie nette les plus élevées. La fétuque des prés (*Festuca pratensis* Huds.) avait également une bonne valeur énergétique. Lors de la première pousse, la teneur en énergie nette du ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum* Lam.) était comparable à celle du ray-grass anglais. En revanche, les teneurs de cette espèce étaient plus basses et diminuaient plus fortement que chez les autres espèces durant les deuxième et troisième pousses. Le classement des espèces pour la teneur en énergie nette était différent si l'on compare des plantes d'âge égal prélevées simultanément ou des plantes prélevées au même stade de développement. Les teneurs en énergie nette étaient influencées par les conditions climatiques, avec des différences importantes d'une année à l'autre. Le classement des espèces n'a par contre pas varié.

SUMMARY

Net energy content of different grass species

The content of net energy for lactation, crude protein and crude fibre of fifteen grass species were compared. Samples were collected in field trials during the first, second and third growth cycle of a total of five growth cycles per year. Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) produced the forage with the highest content of net energy for lactation at most sampling dates. Meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) also had a high energy content as well. During the first growth cycle, Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) was comparable to perennial ryegrass. During regrowth cycles the energy content of this species was lower and decreased at a faster rate than the other species. The ranking of energy content of the grass species was different depending when the plants were compared: at the same age or at the same stage of development. Climatological factors influenced the energy content of the grass species which caused important differences between the years. The ranking order of the grass species was only slightly influenced by climatological factors.

KEY WORDS: net energy, crude protein, crude fibre, grass, forage