

Einfluss des Vegetationsstadiums von Wiesenfutter auf Verdaulichkeit, Futteraufnahme und Milcherzeugung

Influence of vegetative stage of meadow forage on digestibility, feed intake and milk production

Leonhard Gruber^{1*}, Anton Schauer¹, Johann Häusler¹, Andrea Adelwöhrer¹, Marcus Urdl¹,
Karl-Heinz Südekum², Franz Wielscher³ und Reinhild Jäger³

Zusammenfassung

Bei Wiesenfutter übt das Vegetationsstadium der Pflanzen einen überragenden Einfluss auf den Futterwert aus. Das Vegetationsstadium bestimmt den Anteil und die Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen. Während die Faserkohlenhydrate (Zellulose, Hemizellulose) von den Pansenmikroben in Abhängigkeit von der Lignifizierung mehr oder weniger abgebaut werden können, ist Lignin unverdaulich und durch seine chemische Komplexbildung mit Hemizellulose sowie durch die physikalische Inkrustierung der Faserkohlenhydrate verantwortlich für den Rückgang der Verdaulichkeit mit fortschreitender Vegetation.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerwiesenfutter auf Ertrag, Gehalt an Nährstoffen und Gerüstsubstanzen sowie Verdaulichkeit *in vivo* (bei Schafen), ruminale Abbaubarkeit *in situ* (nylon bag-Methode), Futteraufnahme sowie Leistung bei Milchkühen in allen drei Aufwüchsen einer gesamten Vegetationsperiode über drei Jahre hindurch untersucht. In allen wesentlichen Kriterien übten sowohl der Aufwuchs als auch die Vegetationswoche einen signifikanten Einfluss aus. Bei den Parametern Ertrag, Gehalt an Gerüstsubstanzen, Futteraufnahme und Milchleistung trat eine signifikante Wechselwirkung Aufwuchs × Vegetationswoche auf, nicht jedoch bei Verdaulichkeit und ruminale Abbaubarkeit. Dies hatte zur Folge, dass zwischen Gehalt an Gerüstsubstanzen und Verdaulichkeit im 1. Aufwuchs eine sehr enge negative Beziehung bestand, die jedoch im 2. und besonders im 3. Aufwuchs geringer wurde. Im Mittel der 3 Aufwüchse stieg der Ertrag im Laufe von 7 Vegetationswochen von 1.808 auf 4.812 kg TM/ha an, der Gehalt an NDF erhöhte sich von 542 auf 608 g/kg TM bzw. sank die Verdaulichkeit (OM) von 77,3 auf 63,8 %. Die Grobfutteraufnahme ging von 12,9 auf 11,3 kg TM zurück und der Milcherzeugungswert aus dem Grobfutter von 13,4 auf 6,7 kg.

Schlagwörter: Wiesenfutter, Vegetationsstadium, Verdaulichkeit, Futteraufnahme, Milcherzeugungswert

Abstract

In meadow forage the vegetative stage of the various species is of outstanding influence on the nutritive value. The vegetative stage determines the proportion and the composition of the cell wall substances. Whereas the rumen microbes can degrade the fibre carbohydrates (cellulose, hemicellulose) to a certain degree depending on lignification, lignin itself is indigestible and the most significant factor limiting the availability of plant cell wall material to animal herbivores. The digestibility is depressed by both the cross-linking of the core lignin with hemicellulose and by penetrating the cellulose fibrils.

In the present work the influence of vegetative stage of permanent grassland on DM yield, nutrient and cell wall content, *in vivo* digestibility (with sheep), *in situ* ruminal degradability (nylon bag technique) as well as feed intake and yield of dairy cows was investigated for three consecutive years covering all three growths of the total period of vegetation. Both the influence of number of growth as well as the week of vegetation was statistically significant in all essential criteria. Regarding the parameters DM yield, cell wall content, feed intake and milk yield a significant interaction between growth number and week of vegetation was found, but this was not the case with digestibility and ruminal degradability. This means that there was a very close correlation between cell wall content and digestibility in the primary growth, but the relationship became weaker in the first regrowth and especially in the third growth. On average of the three growths, the DM yield increased from 1,808 to 4,812 kg/ha during 7 weeks of vegetation, the NDF content rose from 542 to 608 g/kg DM and the digestibility of OM decreased from 77.3 to 63.8%. The forage intake was reduced from 12.9 to 11.3 kg DM and theoretical milk production from forage (according to NEL supply) decreased from 13.4 to 6.7 kg.

Keywords: Meadow forage, vegetative stage, digestibility, feed intake, milk production from forage

¹ LFZ Raumberg-Gumpenstein, Institut für Nutztierforschung, A-8952 Irdning

² Universität Bonn, Institut für Tierwissenschaften, D-53115 Bonn

³ Universität für Bodenkultur, Institut für Nutztierwissenschaften, A-1180 Wien

* Ansprechpartner: Univ.-Doz. Dr. Leonhard Gruber, email: leonhard.gruber@raumberg-gumpenstein.at

1. Einleitung und Fragestellung

Um den Energiebedarf hochleistender Milchkühe in einem hohen Ausmaß und bei wiederkäuer-gerechter Rationsgestaltung decken zu können, ist eine hohe Grobfutterqualität die unbedingte Voraussetzung (DACCORD 1992, SPIEKERS et al. 2009). Denn nur auf diesem Weg wird sowohl eine hohe Energiekonzentration als auch eine hohe Futteraufnahme erzielt, die – als Produkt der beiden Faktoren – zu einer hohen Energieaufnahme führt (CRAMPTON et al. 1960, MOTT und MOORE 1969). Diese Frage war daher in den letzten Jahrzehnten in vielen Ländern ein wichtiges Forschungsthema (BURNS 2008).

Bei Wiesenfutter – als grasbetonte Bestände oder auch als Dauerwiese mit mehreren bzw. vielen botanischen Arten (Gräser, Kräuter, Leguminosen) – übt das Vegetationsstadium der Pflanzen den überragenden Einfluss auf den Futterwert aus, der sich sowohl in der Futteraufnahme als auch in der Verdaulichkeit manifestiert (INRA 1989, MINSON 1990, VAN SOEST 1994, GRUBER et al. 1996 und 1999).

Das Vegetationsstadium bestimmt den Anteil und die Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen und auch die Art der Zellinhaltsstoffe. Junge Pflanzen beginnen die Vegetation mit einer starken Entwicklung der Assimilationsfläche. Der Anteil der Blätter gegenüber dem Stängel ist also zunächst relativ groß. Blätter enthalten mehr verfügbare Nähr- und Mineralstoffe als Stängel. Die Zellinhaltsstoffe (Protein, Nichtfaser-Kohlenhydrate wie Zucker und Stärke, Fette) sind nahezu vollständig verdaulich (VAN SOEST 1967). Mit fortschreitender Vegetation nimmt der Anteil des Stängels bis zur Blüten- und Samenbildung laufend zu (z. B. PRITCHARD et al. 1963, TERRY und TILLEY 1964, MOWAT et al. 1965a und b, HACKER und MINSON 1981, HIDES et al. 1983, WILMAN et al. 1996, WILMAN und REZVANI 1998). Der Stängel besteht vorwiegend aus Gerüstsubstanzen (Zellulose, Hemizellulose, Lignin). Während die Faserkohlenhydrate (Zellulose, Hemizellulose) von den Pansenmikroben durchaus abgebaut werden können – wenn auch bei relativ geringen Abbauraten – (VAN SOEST 1967, SNIFFEN et al. 1992), ist Lignin unverdaulich und durch seine chemische Komplexbildung mit Hemizellulose sowie durch die physikalische Inkrustierung der Faserkohlenhydrate verantwortlich für den Rückgang der Verdaulichkeit mit fortschreitender Vegetation (VAN SOEST 1967). Übersichtsarbeiten zur chemischen Zusammensetzung, Analytik sowie zur Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer finden sich u. a. bei VAN SOEST et al. (1991), JUNG und DEETZ (1993), VAN SOEST (1994), OESTMANN et al. (1995), SÜDEKUM et al. (1995), MERTENS (1997), NRC (2001), MERTENS (2002), ZEBELI et al. (2008) und GRUBER (2009).

Die Futterwerttabellen in verschiedenen Ländern ge-

ben Nährstoffgehalte und Verdaulichkeit bei verschiedenen Vegetationsstadien für die einzelnen Aufwüchse an (u. a. INRA 1989 und 2007, DLG 1997, RAP 1999, NRC 2001, Rostocker Futterbewertungssystem 2004, ÖAG-Futterwerttabellen 2006). Nach VAN SOEST et al. (1978) ist das Futter das kumulative Ergebnis des Pflanzenwachstums und der Umweltfaktoren, welche die Verteilung der bei der Photosynthese erzeugten Nährstoffe und Energie in der Pflanze bewirken. Die entscheidenden Faktoren für die Unterschiede der Grobfutterqualität liegen in der Pflanzenspecies, der geographischen Region und der Wachstumsaison. Durch die Umweltfaktoren Licht und besonders Temperatur sowie die Wasserversorgung werden die Bildung der Faser-Kohlenhydrate und der Nichtfaser-Kohlenhydrate sowie die Lignifizierung gesteuert. Das Wachstumsstadium ist demnach ein sekundärer Effekt der Umweltfaktoren.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerwiesenfutter auf Ertrag, Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit, Futteraufnahme sowie Leistung bei Milchkühen über 3 Jahre hindurch im Laufe ganzer Vegetationsperioden untersucht.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsplan

Der Versuchsplan sah vor, dass pro Jahr die ganze Vegetationsperiode in 3 Aufwüchsen untersucht wurde, wobei je Aufwuchs 7 Wochen erhoben wurden (*Tabelle 1*). Um klimatisch bedingte Unterschiede im Vegetationsverlauf zwischen den Jahren zu berücksichtigen, wurde der Versuch für eine Dauer von drei Jahren anberaumt. Die Versuchsfläche wurde in 3 Abschnitte geteilt, um den Vegetationsverlauf des Wiesenfutters in den drei Aufwüchsen verfolgen zu können. Jeder Aufwuchs wurde für die Dauer von sieben Wochen geerntet und in frischem Zustand für die Versuche herangezogen. Der 1. Aufwuchs wurde von der 2. Maiwoche bis Ende Juni verfolgt. Auf der Versuchsparzelle für den zweiten Aufwuchs wurde der 1. Aufwuchs – der landesüblichen Nutzung entsprechend – Ende Mai geerntet und auch der 2. Aufwuchs sieben Wochen hindurch geprüft. Ebenso wurden auf der Versuchsfläche für den 3. Aufwuchs der 1. und 2. Aufwuchs landesüblich Ende Mai bzw. Ende Juli gemäht und der 3. Aufwuchs von Ende August bis Mitte Oktober untersucht (*Tabelle 1*).

Tabelle 1: Versuchsplan (Erhebungswochen)

1. Aufwuchs				2. Aufwuchs				3. Aufwuchs								
Versuchsfütterung: 1. Aufwuchs				1. Schnitt: 4. Maiwoche				1. Schnitt: 4. Maiwoche								
				Versuchsfütterung: 2. Aufwuchs				2. Schnitt: 4. Juliwoche								
								Versuchsfütterung: 3. Aufwuchs								
Mai			Juni			Juli			August			September			Oktober	
2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2

2.2 Versuchsfläche und Grünlandbewirtschaftung

Der Versuch wurde auf einer Dauerwiese (11,5 ha) des Versuchsbetriebes des Lehr- und Forschungszentrums (LFZ) Raumberg-Gumpenstein in den Jahren 2000, 2001, 2002 und 2003 durchgeführt. Im Jahr 2000 wurde der 2. Aufwuchs durch Hagel und im Jahr 2002 der 3. Aufwuchs durch Hochwasser vernichtet. Die beiden Aufwüchse wurden für die Auswertungen nicht berücksichtigt und im Jahr 2003 wiederholt. Die Versuchsfläche lag auf einem relativ feuchten Standort am Talboden der Enns (Obersteiermark). Von den Artengruppen waren die Gräser zu 51 %, die Leguminosen zu 21 % und die Kräuter zu 28 % im Pflanzenbestand vertreten. Die Wiese wurde im Herbst mit 13 m³ Gülle (korrigiert auf 10 % TM) gedüngt, zum 2. und 3. Aufwuchs wurden jeweils 40 kg N (150 kg NAC) pro ha verabreicht. Mineralischer Stickstoff zum 2. und 3. Aufwuchs wurde verwendet, um mögliche negative Auswirkungen einer Güllegabe auf die Futteraufnahme zu verhindern, da das Grünfutter frisch verabreicht wurde. Zur Abdeckung der Phosphor- und Kaliumversorgung wurden 160 kg Hyperkorn (26 %) und 370 kg Kornkali (40 %) pro ha gedüngt. Eine möglichst homogene Zusammensetzung des Pflanzenbestandes wurde durch Nachsaat einer Dauerwiesensaatgutmischung im Frühjahr erreicht.

Pro Tag wurde eine Menge geerntet, die den Futterbedarf von 15 Kühen bei ad libitum-Fütterung im Fütterungsversuch deckte (siehe Abschnitt 2.4). Im Zuge dieses Erntevorganges wurde auch der Grünlandertrag an Trockenmasse (TM) erhoben (Breite des Mähwerkes [m] × Länge des Schwades [m]; Nettogewicht des Grüngutes [kg] × TM-Gehalt des Grünfutters [%]).

2.3 Bestimmung des Futterwertes

Chemische Analysen

An jedem Erntetag wurden Proben gezogen (Mo-Sa) und der Gehalt an TM bestimmt (Trocknung 24 h bei 104 °C). Die bei der Trocknung von Grünfutter und Silagen entstehenden Verluste über flüchtige Substanzen wurden nach den Angaben von WEISSBACH und KUHLA (1995) korrigiert. Parallel dazu wurden Grünfutterproben täglich nach der Ernte tiefgefroren und pro Woche zu einer Sammelprobe vereinigt. Diese Proben wurden zur Vermeidung von Saftverlusten vorsichtig angetaut und anschließend der chemischen Analyse unterzogen. Die Weender Analyse (Trockenmasse [TM], Rohprotein [XP], Rohfett [XL], Rohfaser [XF], Rohasche [XA]) erfolgte nach den Methoden von VDLUFA (1976) bzw. ALVA (1983) mit Tecator-Geräten. Die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) wurden nach VAN SOEST et al. (1991) ebenfalls mit Tecator-Geräten analysiert. Ca und Mg wurden komplexometrisch bestimmt, P spektralfotometrisch sowie K, Na, Mn, Zn und Cu mit Atomabsorptionsspektroskopie.

Abbaubarkeit der TM in situ mit pansenfistulierten Ochsen

Die *in situ*-Untersuchungen wurden nach den Vorgaben von ORSKOV et al. (1980), MICHALET-DOREAU et al. (1987), MADSEN und HVELPLUND (1994), HUNTINGTON und GIVENS (1995) und NRC (2001) durchgeführt.

Die nylon bags wurden von der Firma Ankom (Maschenweite 53 µm; Fairport, New York, USA) gekauft. Das Verhältnis Einwaage zu Beutel-Oberfläche betrug etwa 15 mg pro cm², d. h. 6 g Probe pro Beutel (20 × 10 cm). Die Proben wurden schonend (50 °C) getrocknet und durch ein 2 mm-Sieb gemahlen. Für die Inkubationen wurden 4 pansenfistulierte Ochsen (im Mittel 1130 kg Lebendmasse) herangezogen, die in 4 Mahlzeiten pro Tag eine Ration auf Erhaltungsniveau erhielten (75 % Grobfutter, 25 % Kraftfutter). Die Ration war vielseitig zusammengesetzt (Grobfutter: 1/3 Heu, 1/3 Grassilage, 1/3 Maissilage; Kraftfutter: 35 % Gerste, 25 % Weizen, 15 % Trockenschnitzel, 15 % Sojaextraktionsschrot, 7 % Weizenkleie, 3 % Mineralstoffmischung). Die Inkubationszeiten waren mit 0, 3, 6, 10, 14, 24, 42, 65, 92 und 120 h festgesetzt (MERTENS 1993). Der Waschvorgang zur Bestimmung der Wasserlöslichkeit wurde mit einer Haushaltswaschmaschine mit kaltem Wasser 45 min lang schonend durchgeführt (Programm Wolle). Die Daten wurden nach dem Modell von ORSKOV und McDONALD (1979) ausgewertet:

$$\text{deg} = a + b \times [1 - \exp(-c \times (t - \text{lag}))] \text{ für } t > \text{lag}$$

deg = Abbau eines Futtermittels (Nährstoffs) zur Zeit t (%)

a = rasch und vollständig lösliche Fraktion (%)

b = unlösliche, potenziell abbaubare Fraktion (%)

c = Abbaurrate (pro h)

lag = lag-Phase (h), verzögerter Beginn der mikrobiellen Aktivität

Die lag-Phase wurde mit der Gleichung von ORSKOV und RYLE (1990) errechnet:

$$\text{lag} = 1 / c \times \ln [b / (a + b - a^c)]$$

Da die Abbaubarkeit wesentlich von der Passagerate im Verdauungstrakt beeinflusst wird, wurde auch die effektive Abbaubarkeit (ED2, ED5, ED8, in %) bei einer unterstellten Passagerate von k = 0.02, 0.05 bzw. 0.08 (pro h) nach den Angaben von McDONALD (1981), modifiziert nach SÜDEKUM (2005), errechnet:

$$\text{ED} = a + [(b \times c) / (k + c)] \times \exp(-k \times \text{lag})$$

Der Datencheck, die deskriptive Statistik und die Auswertung der *in situ*-Daten nach dem Modell von ORSKOV und McDONALD (1979), McDONALD (1981) sowie ORSKOV und RYLE (1990) erfolgte mit dem Programm Statgraphics Plus 5 (2000).

Verdauungsversuche sowie Energie- und Proteinbewertung

Die Verdaulichkeit des Grünfutters während der Vegetation wurde von jedem Aufwuchs mit einem sog. kontinuierlichen Verdauungsversuch – mit Schafen – bestimmt (NEHRING 1963, OMBABI et al. 1999). Jeweils 3 Tage einer Woche (Mo-Mi, Do-Sa) wurden zusammengefasst und aus Futteraufnahme und Kotausscheidung die Verdaulichkeit berechnet. Die Kotausscheidung wurde um zwei Tage versetzt angenommen (Mi-Fr, Sa-Mo). Von den anderen Futtermitteln des Fütterungsversuches mit Milchkühen (siehe Abschnitt 2.4) wurde die Verdaulichkeit *in vivo* mit Hammeln nach den Leitlinien der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 1991) für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen festgestellt (14 Tage Vorperiode und 14 Tage Sammelperiode, Futterniveau 1 kg TM Versuchsration pro Tag, 4 Tiere pro Futtermittel). Für die beiden Kraftfutter

kam die Regressionsmethode zur Anwendung (0, 25, 50, 75 % Kraftfutter).

Die Energiebewertung der einzelnen Futtermittel wurde nach den Gleichungen der GfE (2001) vorgenommen. Die Versorgung mit nutzbarem Rohprotein am Dünndarm (nXP) wurde entsprechend den Angaben der GfE (2001) – unter Berücksichtigung des in den DLG-Futterwerttabellen (DLG 1997) angegebenen UDP-Anteils der eingesetzten Futtermittel – kalkuliert.

2.4 Fütterungsversuch mit Milchkühen

Von jedem Aufwuchs wurde während der 7 Wochen ein Fütterungsversuch mit 15 Milchkühen durchgeführt (Rasse Fleckvieh, Brown Swiss, Holstein Friesian). Die Kühe wurden für die weiteren Aufwüchse nicht verwendet, um den Einfluss des Laktationsstadiums auf Futteraufnahme und Milchleistung möglichst gering zu halten. Das Wiesenfutter wurde täglich ein Mal geerntet und frisch an die Kühe (und Hammel des kontinuierlichen Verdauungsversuches) gefüttert. Die Grobfutterration bestand aus 75 % Grünfutter (= Versuchsfutter), 10 % Heu und 15 % Maissilage (auf TM-Basis). Die Ergänzung mit Mineralstoffen erfolgte bedarfsgerecht als Differenz zwischen Bedarf (GfE 2001) und dem Angebot an Mineralstoffen aus Grob- und Kraftfutter. Als Mineralfutter wurde kohlensaurer Futterkalk (38 % Ca), Viehsalz (37 % Na) und eine phosphorreiche Mineralstoffmischung (9,2 % Ca, 12,6 % P, 4,3 % Mg, 11,7 % Na) verwendet. Die Ergänzung an Spurenelementen und Vitaminen erfolgte konstant mit einer Vormischung (120 g je Tag). Die mit dem Vegetationsstadium und Kraftfutterniveau sich ändernde ruminale N-Bilanz (RNB; GfE 2001) wurde mit Futterharnstoff ausgeglichen.

Die 15 Kühe wurden jeweils 5 Kraftfutter-Gruppen möglichst gleicher Milchleistung und Futteraufnahme zu je 3 Tieren zugeteilt. Die Kraftfutter-Gruppen unterschieden sich in der Menge (0, 25, 50 % der Futteraufnahme, TM-Basis) und Zusammensetzung des Kraftfutters (langsam [L] und schnell [S] fermentierbar).

Dies ergab folgende Kraftfutter-Gruppen (KF):

0, L25, S25, L50, S50

Zusammensetzung des langsam fermentierbaren KF:

45 % Mais, 30 % Sorghum-Hirse, 10 % Sojaschalen, 10 % Trockenschnitzel, 5 % Weizenkleie

Zusammensetzung des schnell fermentierbaren KF:

25 % Gerste, 25 % Weizen, 25 % Roggen, 25 % Hafer

Der Einfluss des Kraftfutters ist Gegenstand einer eigenen Publikation (GRUBER et al., in Vorbereitung).

Die Milchleistung wurde in der 2. Woche vor Versuchsbeginn bei bedarfsgerechtem Kraftfuttereinsatz erhoben und die Futteraufnahme in der 1. Woche vor Versuchsbeginn bei einem konstanten Kraftfutteranteil von 25 % der TM. Beide Parameter wurden als Basis für die Gruppeneinteilung verwendet und auch als Kovariable im statistischen Modell berücksichtigt.

Die Futteraufnahme wurde individuell für jedes Tier zu jeder Mahlzeit erhoben, indem von jedem Futtermittel

die Ein- und Rückwaage inklusive TM-Gehalt festgestellt wurde. Die Fütterungszeit dauerte 8 Stunden (04:30-08:30 Uhr und 15:00-19:00 Uhr). Die Futtermittel wurden in der Reihenfolge (1) Kraftfutter inkl. Mineralstoffe, (2) Heu, (3) Maissilage und (4) Grünfutter angeboten. Die Milchleistung wurde bei jeder Melkung (05:00 und 16:00 Uhr) erhoben (mittels Tru-Test von Westfalia). Die Milchanalyse erfolgte mit einem MilcoScan MSC-605, Foss Electric) aus einer Sammelprobe pro Tag. Die Kühe wurden ein Mal pro Woche um die gleiche Tageszeit (13:00 Uhr) gewogen.

2.5 Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit dem Programm SAS (2010) nach der Prozedur GLM statistisch ausgewertet. In den Ergebnistabellen werden die LS means und die gepoolte Standardabweichung innerhalb Gruppen (RSD, Wurzel Durchschnittsquadrat Rest) sowie die P-Werte für die Effekte und das Bestimmtheitsmaß R^2 angeführt.

Das statistische Modell für die Ergebnisse des Ertrages und des Futterwertes (chemische Analysen, Abbaubarkeit im Pansen *in situ*, Verdaulichkeit *in vivo*) berücksichtigte die fixen Effekte Aufwuchs, Woche und Jahr sowie die Interaktion Aufwuchs \times Woche:

$$y_{ijk} = A_i + W_j + J_k + (A \times W)_{ij} + e_{ijk}$$

A_i	= fixer Effekt Aufwuchs i , $i = 1, 2, 3$
W_j	= fixer Effekt Woche j , $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$
J_k	= fixer Effekt Jahr k , $k = 1, 2, 3, 4$
$(A \times W)_{ij}$	= Interaktion Aufwuchs $i \times$ Woche j
e_{ijk}	= Restkomponente

Im statistischen Modell zur Auswertung des Fütterungsversuches waren zusätzlich zu den Effekten Aufwuchs, Woche und Jahr sowie der Interaktion Aufwuchs \times Woche noch die Kraftfutter-Gruppe, Rasse und Laktationszahl sowie die Interaktionen Aufwuchs \times Kraftfutter-Gruppe, Woche \times Kraftfutter-Gruppe sowie die Kovariablen Laktationstag vor Versuchsbeginn, Futteraufnahme vor Versuchsbeginn, Milchleistung vor Versuchsbeginn, Milchfettgehalt vor Versuchsbeginn, Milcheiweißgehalt vor Versuchsbeginn enthalten:

$$y_{ijklmn} = A_i + W_j + J_k + K_l + R_m + L_n + (A \times W)_{ij} + (A \times K)_{il} + (W \times K)_{jl} + b_1 T_{v\text{vb}} + b_2 I_{v\text{vb}} + b_3 M_{v\text{vb}} + b_4 F_{v\text{vb}} + b_5 E_{v\text{vb}} + e_{ijklmn}$$

A_i	= fixer Effekt Aufwuchs i , $i = 1, 2, 3$
W_j	= fixer Effekt Woche j , $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$
J_k	= fixer Effekt Jahr k , $k = 1, 2, 3, 4$
K_l	= fixer Effekt Kraftfutter-Gruppe l , $l = 1, 2, 3, 4, 5$
R_m	= fixer Effekt Rasse m , $m = 1, 2, 3$
L_n	= fixer Effekt Laktationszahl n , $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$
$(A \times W)_{ij}$	= Interaktion Aufwuchs $i \times$ Woche j
$(A \times K)_{il}$	= Interaktion Aufwuchs $i \times$ Kraftfutter-Gruppe l
$(W \times K)_{jl}$	= Interaktion Woche $j \times$ Kraftfutter-Gruppe l
$b_1 T_{v\text{vb}}$	= Kovariable Laktationstag vor Versuchsbeginn
$b_2 I_{v\text{vb}}$	= Kovariable Futteraufnahme vor Versuchsbeginn
$b_3 M_{v\text{vb}}$	= Kovariable Milchleistung vor Versuchsbeginn
$b_4 F_{v\text{vb}}$	= Kovariable Milchfettgehalt vor Versuchsbeginn
$b_5 E_{v\text{vb}}$	= Kovariable Milcheiweißgehalt vor Versuchsbeginn
e_{ijklmn}	= Restkomponente

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ertrag des Grünlandes

Der durchschnittliche Ertrag an Trockenmasse in den 3 Aufwüchsen bzw. den 7 Versuchswochen sowie die Interaktion Aufwuchs × Woche ist in *Tabelle 2* angeführt. Im Mittel aller Versuchswochen ging der Ertrag von Aufwuchs 1 bis Aufwuchs 3 zurück (4000, 3599, 3119 kg TM je ha). Im Mittel der 3 Aufwüchse stieg der Ertrag während der Vegetation kurvilinear (degressiv) an, und zwar von 1808 kg TM in der 1. bis 4812 kg TM in der 7. Versuchswoche.

Die Interaktion Aufwuchs × Woche war hochsignifikant (P<0,001). Der Verlauf des Ertrages innerhalb der 3 Aufwüchse unterscheidet sich grundsätzlich voneinander und ist in *Abbildung 1* dargestellt. Ausgehend von sehr ähnlichen Erträgen in Woche 1 (im Mittel 1800 kg TM je ha), stieg der Ertrag in Aufwuchs 1 auf 5782 kg TM in Woche 7 an. Der Anstieg des Ertrages in Aufwuchs 2 war etwas geringer (auf 4916 kg TM in Woche 7). In Aufwuchs 3 war bis Versuchswoche 5 ein abgeschwächter Zuwachs zu verzeichnen, ab der 5. Woche war jedoch kaum ein Ertragszuwachs festzu-

stellen. Der Ertragsverlauf in den 3 Aufwüchsen lässt sich durch folgende Polynome 3. Grades beschreiben:

Aus der 1. Ableitung dieser Funktionen lässt sich der Zuwachs pro Tag errechnen. Diese Ergebnisse sind in *Abbildung 1* (rechts) dargestellt und sie besagen, dass der tägliche Zuwachs im 1. Aufwuchs von 138 auf 43 kg TM zurückgeht, im 2. Aufwuchs von 123 auf 38 kg und im 3. Aufwuchs von 97 auf 0 kg TM.

GRUBER et al. (2000) haben auf einem vergleichbaren Standort – nach Abzug der Konservierungsverluste bei Heuwerbung – einen mittleren täglichen Zuwachs an TM von 66, 45 bzw. 21 kg je ha im 1., 2. und 3. Aufwuchs ermittelt, also ebenfalls einen deutlichen Rückgang vom 1. bis zum 3. Aufwuchs. Umfangreiche, länderübergreifende Untersuchungen zum Wachstumsverlauf von Wiesen und Weiden im Alpenraum (Schweiz, Österreich, Italien, Deutschland) wurden von CAPUTA (1966) veröffentlicht. Der Verlauf des Wachstums von Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) wurde von TAUBE (1990) beschrieben. Die angeführten Arbeiten stimmen dahingehend überein, dass innerhalb eines Aufwuchses von einem nicht-linearen, sog.

sigmoidalen Wachstumsverlauf auszugehen ist und dass der Anstieg des Wachstums bei späteren Aufwüchsen geringer ist. Dies ist klarerweise mit den klimatischen Wachstumsfaktoren Licht und Temperatur zu erklären.

- 1. Aufwuchs: $TM = 677,7 + 1024,7 \times Wo - 24,06 \times Wo^2 - 2,639 \times Wo^3$ ($R^2=0,999$)
- 2. Aufwuchs: $TM = 837,1 + 1005,0 \times Wo - 74,43 \times Wo^2 + 2,056 \times Wo^3$ ($R^2=0,998$)
- 3. Aufwuchs: $TM = 1192,6 + 841,8 \times Wo - 85,57 \times Wo^2 + 2,417 \times Wo^3$ ($R^2=0,994$)

TM = Ertrag (kg TM je ha), Wo = Versuchswoche

Tabelle 2: Ertrag des Grünlandes (Einfluss von Aufwuchs und Woche)

	Aufwuchs			Woche							RSD	P-Werte				R ²
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7		A	W	J	A×W	
Ertrag kgTM/ha	4000	3599	3119	1808	2556	3236	3821	4215	4559	4812	571	0,000	0,000	0,000	0,000	0,804

Woche	1. Aufwuchs							2. Aufwuchs							3. Aufwuchs							
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
Anzahl	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ertrag	1692	2579	3439	4302	4842	5361	5782	1764	2586	3201	3860	4179	4686	4916	1968	2502	3068	3302	3625	3629	3739	

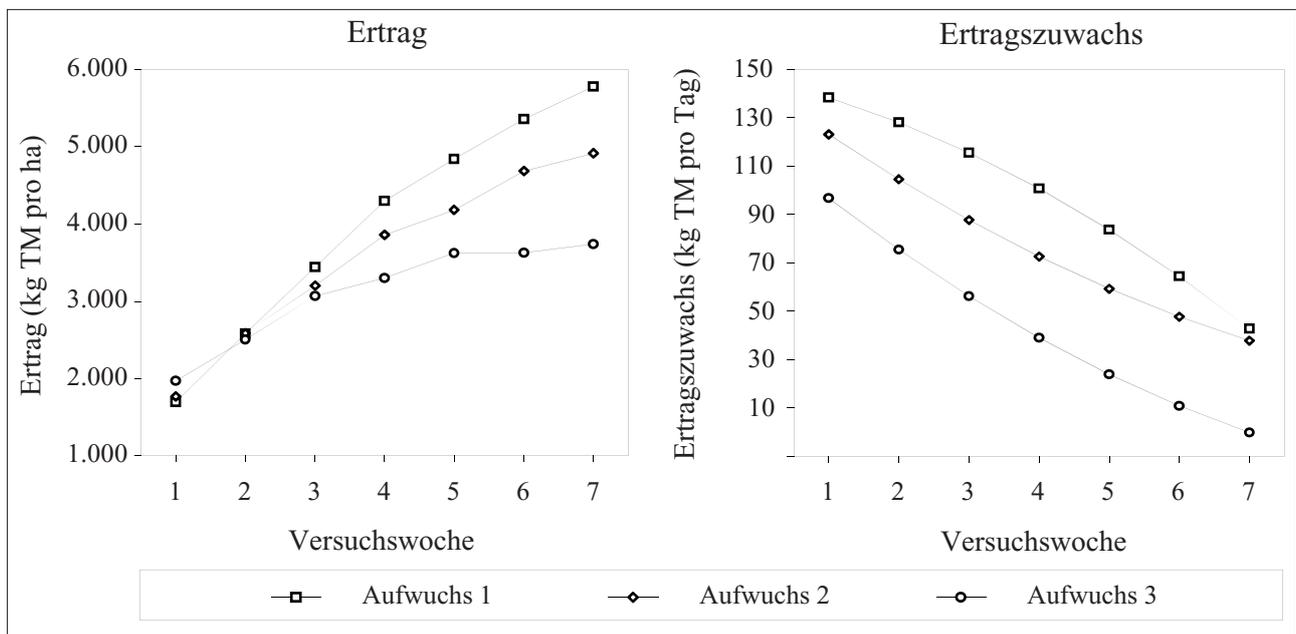


Abbildung 1: Verlauf von Ertrag und Ertragszuwachs in den 3 Aufwüchsen

Tabelle 3: Gehalt an Nährstoffen, Gerüstsubstanzen und Mineralstoffen (Haupteffekte Aufwuchs und Woche)

	Aufwuchs							Woche							RSD	P-Werte			R ²
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	16	17	18	A		W	J	A×W	
Nährstoffe																			
TM	179	170	165	154	161	162	160	178	187	198	16	0,044	0,000	0,160	0,524	0,690			
XP	152	171	184	208	193	176	164	154	141	146	14	0,000	0,000	0,000	0,284	0,887			
XL	22	22	21	24	22	22	22	21	20	20	2	0,706	0,001	0,004	0,339	0,632			
XF	292	290	271	249	262	279	294	296	304	306	13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,904			
XX	439	406	413	403	413	415	419	429	432	423	21	0,000	0,089	0,270	0,217	0,577			
XA	96	112	110	117	109	107	101	100	103	106	10	0,000	0,013	0,013	0,092	0,683			
Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate																			
NDF	592	582	570	542	556	568	603	594	608	600	24	0,032	0,000	0,000	0,010	0,827			
ADF	350	347	324	297	312	325	362	354	367	364	17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,884			
ADL	39	48	39	36	36	39	44	46	48	48	5	0,000	0,000	0,004	0,285	0,756			
NFC	138	113	114	109	119	127	110	131	129	128	29	0,027	0,521	0,000	0,749	0,497			
Mengen- und Spurenelemente																			
Ca	6,6	8,0	7,9	7,4	7,8	7,7	7,7	7,3	7,1	7,7	1,2	0,004	0,854	0,000	0,602	0,640			
P	2,7	3,0	3,1	3,4	3,2	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	0,3	0,001	0,000	0,012	0,140	0,721			
Mg	2,1	2,8	3,5	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,6	2,7	0,4	0,000	0,805	0,000	0,976	0,796			
K	30,4	30,3	26,7	31,8	31,6	29,8	28,8	27,1	27,6	27,2	3,8	0,010	0,044	0,267	0,626	0,503			
Na	0,50	0,39	1,32	0,68	0,69	0,83	0,85	0,83	0,66	0,62	0,39	0,000	0,775	0,000	0,987	0,758			
Mn	114	137	130	132	124	114	121	136	127	136	22	0,017	0,339	0,000	0,348	0,702			
Zn	31	35	36	38	36	35	34	33	32	31	3	0,000	0,000	0,002	0,042	0,740			
Cu	10,5	11,4	12,1	13,5	12,6	11,5	11,4	10,5	9,6	10,3	2,2	0,119	0,007	0,000	0,998	0,682			

3.2 Futterwert des Wiesenfutters

Gehalt an Nährstoffen, Gerüstsubstanzen und Mineralstoffen

Der Gehalt an Weender Rohnährstoffen, Gerüstsubstanzen sowie Mineralstoffen ist in *Tabelle 3* und *4* für die Haupteffekte Aufwuchs und Woche und die Wechselwirkung Aufwuchs × Woche angeführt.

Beim Gehalt an Weender Nährstoffen (XP, XF, XX, XA) übte der Aufwuchs (bis auf XL) einen hochsignifikanten Einfluss aus ($P < 0,001$). Wie zu erwarten, war auch der Einfluss der Woche (hoch)signifikant (ausgenommen XX). Zwischen Aufwuchs und Woche traten bis auf den Rohfaser-Gehalt keine signifikanten Wechselwirkungen auf (*Tabelle 4*). Der Gehalt an TM nahm mit der Zahl des Aufwuchses ab (179, 170, 165 g/kg FM in Aufwuchs 1, 2 und 3) und mit fortschreitendem Vegetationsstadium zu (154 bis 198 g/kg FM in Woche 1 bis 7). Der Gehalt an Rohprotein war in den Folgeaufwüchsen höher als im Primäraufwuchs (152, 171, 184 g/kg TM) und nahm im Laufe der Vegetation von 208 auf 141 g/kg TM ab.

Der deutlichste Einfluss des Aufwuchses und des Vegetationsstadiums trat bei den Gerüstsubstanzen (und der Rohfaser) auf, wobei bis auf ADL auch eine hochsignifikante Wechselwirkung ($P < 0,010$) festgestellt wurde (*Tabelle 4* und *Abbildung 2*). Der Gehalt an Rohfaser ging mit der Nummer des Aufwuchses zurück (292, 290, 271 g/kg TM in Aufwuchs 1, 2, 3) und erhöhte sich im Lauf der Vegetation sehr stark (249 bis 306 g/kg TM in Woche 1 bis 7). Der Gehalt an NDF machte in den 3 Aufwüchsen im Durchschnitt aller Versuchswochen 592, 582 bzw. 570 g/kg TM aus und stieg im Mittel aller Aufwüchse im Lauf der Vegetation von 542 auf 600 g/kg TM. Es ist hervorzuheben, dass der Gehalt an XF sowie NDF und ADF im 1. Aufwuchs sehr stark anstieg, im 2. Aufwuchs nur in abgeschwächter Form und sich im 3. Aufwuchs nur unwesentlich erhöhte (*Tabelle 4* und *Abbildung 2*). Der 2. Aufwuchs wies einen signifikant höheren Gehalt an ADL auf als die beiden anderen (39, 48, 39 g/kg TM). Im Gegensatz zu NDF und ADF bestand hinsichtlich ADL keine Wechselwirkung zwischen Aufwuchs und Vegetationsstadium. Eine solche Interaktion war jedoch deutlich ersichtlich beim Grad der Lignifizierung der Gerüstsubstanzen (d. h. Anteil des ADL an NDF). Im 1. und 3. Aufwuchs stieg der ADL-Anteil an der NDF von ca. 6 auf 8 %, wogegen dieser Anteil im 2. Aufwuchs auf wesentlich höherem Niveau sich nur geringfügig von 8,0 auf 8,5 % erhöhte (*Abbildung 2*).

Der Gehalt an Mineralstoffen stieg mit der Nummer des Aufwuchses signifikant an. Mit fortschreitendem Vegetationsstadium gingen nur die Gehalte an P und K sowie Zn und Cu zurück. Die weiteren Mineralstoffe waren vom Vegetationsstadium nur wenig beeinflusst. Signifikante Wechselwirkungen zwischen Aufwuchs und Vegetationsstadium wurden nur bei Zn festgestellt.

Der mit fortschreitender Vegetation einhergehende Anstieg der Gerüstsubstanzen und die intensive Lignifizierung sind in vielen Futterwert-Tabellen (u. a. INRA

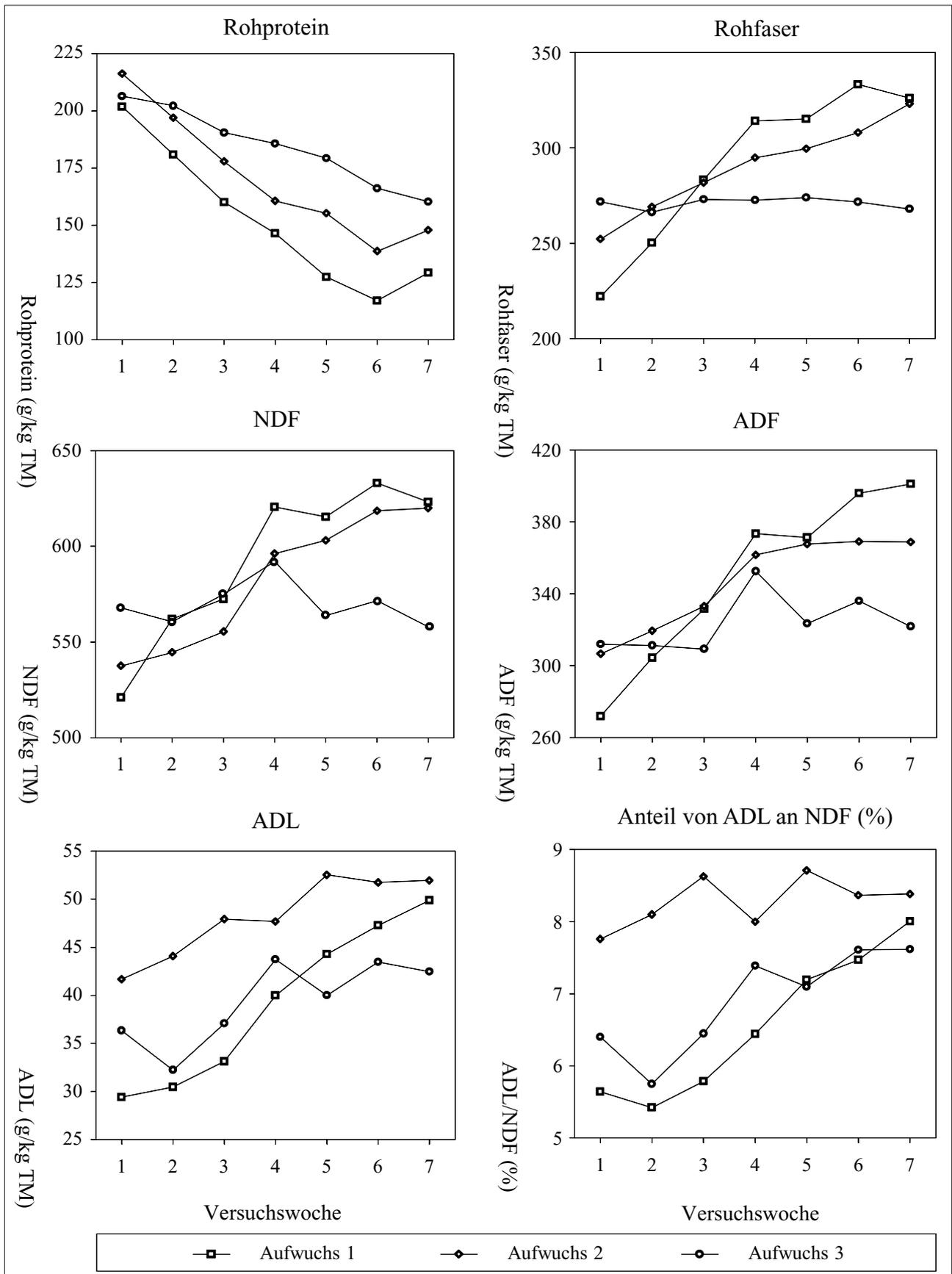


Abbildung 2: Verlauf von Rohprotein und Gerüstsubstanzen in den 3 Aufwüchsen

Tabelle 4: Gehalt an Nährstoffen, Gerüstsubstanzen und Mineralstoffen (Interaktion Aufwuchs × Woche)

Nährstoffe	1. Aufwuchs							2. Aufwuchs							3. Aufwuchs						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
TM	159	161	166	165	188	192	223	147	162	160	168	176	194	185	157	160	160	147	172	175	186
XP	202	181	160	146	127	117	129	216	197	178	161	155	139	148	206	202	190	186	179	166	160
XL	24	23	24	21	21	19	19	26	22	22	23	21	21	20	22	22	22	22	21	20	21
XF	222	250	283	314	315	333	326	252	269	282	295	300	308	323	272	266	273	273	274	272	268
XX	446	446	435	425	446	437	435	377	389	402	418	420	436	399	385	406	409	414	420	423	434
XA	106	100	98	94	90	93	91	129	123	117	104	105	96	110	115	104	106	105	106	118	117
Gerüstsubstanzen und Nichtfaser-Kohlenhydrate																					
NDF	521	562	572	620	615	633	623	537	545	555	596	603	619	620	568	561	575	592	564	572	558
ADF	272	304	332	373	371	396	401	307	319	333	362	368	369	369	312	311	309	352	323	336	322
ADL	29	30	33	40	44	47	50	42	44	48	48	53	52	52	36	32	37	44	40	43	42
NFC	147	134	146	118	146	138	138	91	113	128	117	116	126	102	89	111	107	95	130	123	144
Mengen- und Spurenelemente																					
Ca	6,1	6,7	6,1	6,6	7,0	6,3	7,7	7,6	8,0	9,1	8,0	7,9	7,8	7,8	8,4	8,6	8,1	8,7	6,8	7,1	7,5
P	3,4	3,2	2,9	2,6	2,3	2,3	2,2	3,5	3,2	2,8	3,0	3,0	2,8	2,9	3,4	3,1	2,9	3,1	3,0	3,1	2,7
Mg	2,2	2,2	2,0	2,2	2,1	2,1	2,1	3,0	2,8	2,9	2,8	2,9	2,6	2,7	3,2	3,6	3,7	3,4	3,8	3,2	3,4
K	33,5	33,2	33,5	30,9	28,1	27,5	26,2	34,2	34,5	28,2	29,6	29,4	28,1	27,8	27,7	27,1	27,8	25,8	23,7	27,4	27,5
Na	0,48	0,46	0,49	0,56	0,50	0,50	0,54	0,34	0,37	0,46	0,42	0,48	0,30	0,36	1,22	1,25	1,54	1,57	1,52	1,18	0,97
Mn	112	111	104	112	125	122	115	153	157	108	134	139	123	143	129	105	130	117	144	136	150
Zn	37	35	31	30	30	27	23	39	37	37	35	34	30	33	38	35	36	36	35	37	37
Cu	13,1	11,8	10,8	10,1	9,9	8,3	9,7	13,7	13,4	11,9	11,3	10,4	9,5	9,8	13,6	12,7	11,9	12,7	11,2	10,9	11,5

1989 und 2007, DLG 1997, RAP 1999, NRC 2001, Rostocker Futterbewertungssystem 2004, ÖAG-Futterwerttabellen 2006) und Untersuchungen dokumentiert. Die für österreichische Produktionsbedingungen (Klima, botanische Zusammensetzung, geographische Lage, Nährstoffversorgung) zutreffendsten ÖAG-Futterwerttabellen (2006) geben für den 1. Aufwuchs Grünfütter einen Bereich der Rohfaser von 196 bis 342 g/kg TM an und für die Folgeaufwüchse 185 bis 304 g/kg TM. Die entsprechenden Werte der DLG-Futterwert-Tabelle für Wiederkäuer (1997) sind 195 bis 323 g/kg TM (1. Aufwuchs) bzw. 208 bis 283 g/kg TM (2. Aufwuchs), also durchaus vergleichbar. Besonders soll auf die stärkere Lignifizierung des 2. Aufwuchses hingewiesen werden, die nach VAN SOEST et al. (1978) und VAN SOEST (1994) auf die höheren Temperaturen in diesem Zeitraum zurückzuführen ist. Umfangreiche Untersuchungen zum Einfluss des Klimas auf die Nährstoffzusammensetzung und Verdaulichkeit wurden von DEINUM et al. (1968) durchgeführt.

Ruminale Abbaubarkeit der Trockenmasse *in situ*

Die *in situ*-Abbaubarkeit der Trockenmasse im Pansen ist in den Tabellen 5 (Haupteffekte) und 6 sowie in der Abbildung 4 (Wechselwirkung Aufwuchs × Versuchswoche) dargestellt. Die Abbaukurven der einzelnen Versuchswochen in den 3 Aufwüchsen finden sich in Abbildung 3.

Der Einfluss des Aufwuchses auf die Parameter des *in situ*-Abbaus war größtenteils signifikant oder an der Signifikanzschwelle ($P \leq 0,05$; Tabelle 5). Die sofort lösliche Fraktion (a) machte in Aufwuchs 1, 2 bzw. 3 28,3, 25,9 bzw. 25,9 % aus. Die unlösliche, potenziell abbaubare Fraktion (b) unterschied sich dagegen nicht signifikant (51,5, 51,6, 53,7 %). Die potenzielle Abbaubarkeit (Summe von a und b) des 2. Aufwuchses war niedriger als die der Aufwüchse 1 und 3 (79,8, 77,5, 79,6 %). Die lag-Phase erhöhte sich mit der Nummer des Aufwuchses signifikant (0,7, 0,9, 1,8 h). Die effektive Abbaubarkeit (d. h. unter Berücksichtigung einer Passagerate) ging signifikant bzw. tendenziell mit der Nummer des Aufwuchses zurück (54,0, 51,2, 50,5 ED_{0,05} (%); $P=0,051$).

Analog zum Gehalt an Gerüstsubstanzen übte die Versuchswoche in den wesentlichen Kriterien der *in situ*-Abbaubarkeit einen hochsignifikanten Einfluss aus ($P \leq 0,001$). Nur die sofort lösliche Fraktion (a) und die lag-Phase unterschieden sich zwischen den Versuchswochen nicht. Die Abbauraten pro h gingen von 7,5 auf 4,3 % zurück, die potenzielle Abbaubarkeit (a + b) von 82,1 auf 73,2 % sowie die effektive Abbaubarkeit (ED_{0,05}) von 58,2 auf 46,9 %.

Eine signifikante Wechselwirkung zwischen Aufwuchs und Versuchswoche ergab sich in keinem der *in situ*-Abbau-Parameter (Tabelle 5 und 6). Die Ergebnisse in Tabelle 6 zeigen jedoch, dass bezüglich Fraktion a und der effektiven Abbaubarkeiten (ED_{0,02}, ED_{0,05}, ED_{0,08}) in Aufwuchs 1 ein deutlich stärkerer Rückgang festzustellen war als in Aufwuchs 2 und ganz besonders in Aufwuchs 3. Aus Abbildung 3 geht außerdem klar hervor, dass sich die *in situ*-Abbau-

barkeit zwischen den Versuchswochen in Aufwuchs 1 wesentlich stärker unterscheidet als in Aufwuchs 2 und besonders in Aufwuchs 3.

Die *in situ*-Abbaubarkeit der TM von Wiesenfutter unterschiedlichen Vegetationsstadiums (Gräser und Leguminosen) wurde in zahlreichen Versuchen geprüft. Abgesehen von methodischen Unterschieden der *in situ*-Technik (z. B. Auswertung der Daten, praktische Durchführung der Methode etc.) zeigen alle Untersuchungen, dass die Abbauraten (c) sowie die potenzielle (a + b) und effektive Abbaubarkeit (ED) mit fortschreitender Vegetation deutlich zurückgehen. CLEALE und BULL (1986) untersuchten früh und spät geerntete Gras/Leguminosen-Silagen des 1. Aufwuchses (6. und 25. Juni; Ladino-Klee, Luzerne, Trespel und Timothee, Bundesstaat Maine USA). Die Abbauraten der TM betrug 5,0 und 3,2 %/h. BALDE et al. (1993) prüften 4 Wachstumsstadien von frischem Knaulgras und fanden bei 573, 583, 639 bzw. 681 g NDF/kg TM Abbauraten der TM von 6,8, 7,2, 4,7 und 5,4 %/h. HOFFMAN et al. (1993) stellten die *in situ*-Abbaubarkeit der TM von 8 Grobfuttermitteln (5 Gräserarten, 3 Leguminosenarten) bei 3 Vegetationsstadien fest. Im Mittel der 5 Gräserarten machte die Abbauraten der TM in den 3 Vegetationsstadien (474, 540 und 616 g NDF/kg TM) Werte von 8,6, 6,0 und 4,2 %/h aus. ELIZALDE et al. (1999) ermittelten die *in situ*-Abbaubarkeit der TM von Trespel (*bromus biebersteinii*) und Wiesenschwingel (*festuca arundinacea*) des 1. Aufwuchses bei 4 Vegetationsstadien (530, 581, 624, 667 g NDF/kg TM im Mittel der beiden Gräserarten). Die Abbauraten (c) belief sich auf durchschnittlich 10,1, 7,0, 6,3 und 4,2 %/h. CHAVES et al. (2006) in Neuseeland und OWENS et al. (2008) in Irland untersuchten die *in situ*-Abbaubarkeit der TM von Folgeaufwüchsen des Raygrases. Auch in diesen Untersuchungen ging die Abbauraten mit fortschreitendem Vegetationsstadium zurück, wenn auch nicht so ausgeprägt wie im 1. Aufwuchs. HUHTANEN und JAAKKOLA (1994) untersuchten den Einfluss des Vegetationsstadiums eines Gräserbestandes vom 1. Aufwuchs (Mischung aus *phleum pratense* und *festuca pratensis*). Die Abbauraten der TM betragen 7,2, 5,6, 4,8, 5,0, 3,5 und 3,5 %/h bei einem NDF-Gehalt von 546, 585, 577, 603, 627 bzw. 629 g/kg TM (7-Tage-Intervalle ab dem 30. Mai, Finnland). CONE et al. (1999) ernteten einen Grasbestand (> 80 % Raygras) nach einem Vorschnitt Ende April im Abstand von etwa je einer Woche bis Anfang Juli und untersuchten die *in situ*-Abbaubarkeit der TM als Grünfutter und als Silage. Im Mittel beider Konservierungsformen machte die Abbauraten (c) 6,9, 5,7, 5,1, 4,9, 4,3, 4,2 und 3,8 %/h aus, bei einem NDF-Gehalt von 526, 543, 538, 566, 562, 586 und 603 g/kg TM.

Die Literaturangaben stimmen im Wesentlichen mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit überein. Mit Fortdauer der Vegetation gehen Abbaubarkeit und Abbauraten zurück. Allerdings müssen methodische Unterschiede der *in situ*-Technik (z. B. Probenvorbereitung, Waschvorgang, nylon bags etc.) bei der Interpretation der Daten berücksichtigt werden sowie weitere Einflüsse wie botanische Art, Konservierungsform des Wiesenfutters etc. Die Ursache für die verminderte

Tabelle 5: Parameter der *in situ*-Abbaubarkeit der Trockenmasse im Pansen (Haupteffekte Aufwuchs und Woche)

	Aufwuchs								Woche							RSD	P-Werte				A×W	R ²
	1	2	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	7	A	W		J	A×W				
a	28,3	25,9	25,9	28,5	27,5	26,6	27,1	27,1	25,8	26,8	24,7	24,7	2,4	0,028	0,232	0,004	0,404	0,406				
b	51,5	51,6	53,7	53,7	54,5	53,7	53,1	53,1	53,1	49,2	48,5	48,5	2,2	0,122	0,001	0,252	0,631	0,464				
c	5,58	5,55	5,18	7,54	6,05	5,43	4,81	4,81	4,96	4,31	4,96	4,96	0,88	0,619	0,000	0,240	0,186	0,595				
a + b	79,8	77,5	79,6	82,1	82,0	80,3	80,3	80,3	78,9	75,9	73,2	73,2	2,2	0,024	0,000	0,040	0,214	0,725				
lag	0,68	0,93	1,80	1,11	0,98	1,09	1,01	1,01	1,34	1,04	1,38	1,38	0,69	0,011	0,917	0,000	0,331	0,289				
ED2	65,1	62,5	62,9	69,3	67,2	64,5	63,5	63,5	62,4	59,6	58,0	58,0	2,9	0,068	0,000	0,073	0,140	0,659				
ED5	54,0	51,2	50,5	58,2	55,5	52,6	51,5	51,5	50,3	48,3	46,9	46,9	3,3	0,051	0,000	0,033	0,207	0,584				
ED8	47,9	45,1	43,9	51,6	48,8	46,2	45,3	45,3	43,9	42,6	41,1	41,1	3,4	0,035	0,001	0,016	0,276	0,536				

Tabelle 6: Parameter der *in situ*-Abbaubarkeit der Trockenmasse im Pansen (Interaktion Aufwuchs × Woche)

	1. Aufwuchs								2. Aufwuchs							3. Aufwuchs							
	1	2	3	4	5	6	7	7	1	2	3	4	5	6	7	7	1	2	3	4	5	6	7
a	31,5	31,2	28,3	28,4	26,2	27,5	25,3	27,6	26,8	26,9	26,0	26,6	25,7	21,7	26,3	24,6	24,6	24,6	27,0	24,6	24,6	27,1	27,2
b	54,5	53,8	53,5	51,7	52,7	47,3	47,0	52,8	53,2	51,8	52,8	51,8	48,0	50,5	53,6	56,4	55,9	54,9	54,8	54,9	54,8	52,1	47,9
c	8,61	5,78	6,20	5,37	4,62	4,22	4,25	7,33	7,07	5,63	4,82	5,39	3,89	4,72	6,68	5,30	4,45	4,24	4,24	4,87	4,82	5,92	5,92
a + b	86,0	84,9	81,8	80,1	78,9	74,9	72,3	80,4	80,0	78,6	78,8	78,4	73,7	72,2	79,9	81,0	80,5	81,9	79,4	79,4	79,4	79,2	75,0
lag	1,16	0,17	0,57	0,74	1,56	0,53	0,06	1,26	0,78	0,92	0,57	0,85	0,96	1,17	0,91	2,00	1,78	1,71	1,71	1,62	1,64	2,92	2,92
ED2	74,2	70,6	67,7	65,2	61,6	59,2	57,1	67,6	67,2	64,0	62,7	63,3	56,7	56,1	66,1	63,8	61,9	62,6	62,6	62,6	62,2	62,7	60,8
ED5	63,4	59,4	56,5	54,0	49,4	48,6	46,7	56,5	56,3	52,7	51,0	51,9	45,7	44,6	54,8	50,8	48,7	49,7	49,7	49,7	49,5	50,6	49,4
ED8	56,5	53,1	50,2	47,8	43,1	43,3	41,5	49,9	49,7	46,4	44,8	45,7	40,3	38,6	48,3	43,7	42,0	43,2	43,2	43,2	42,8	44,2	43,2

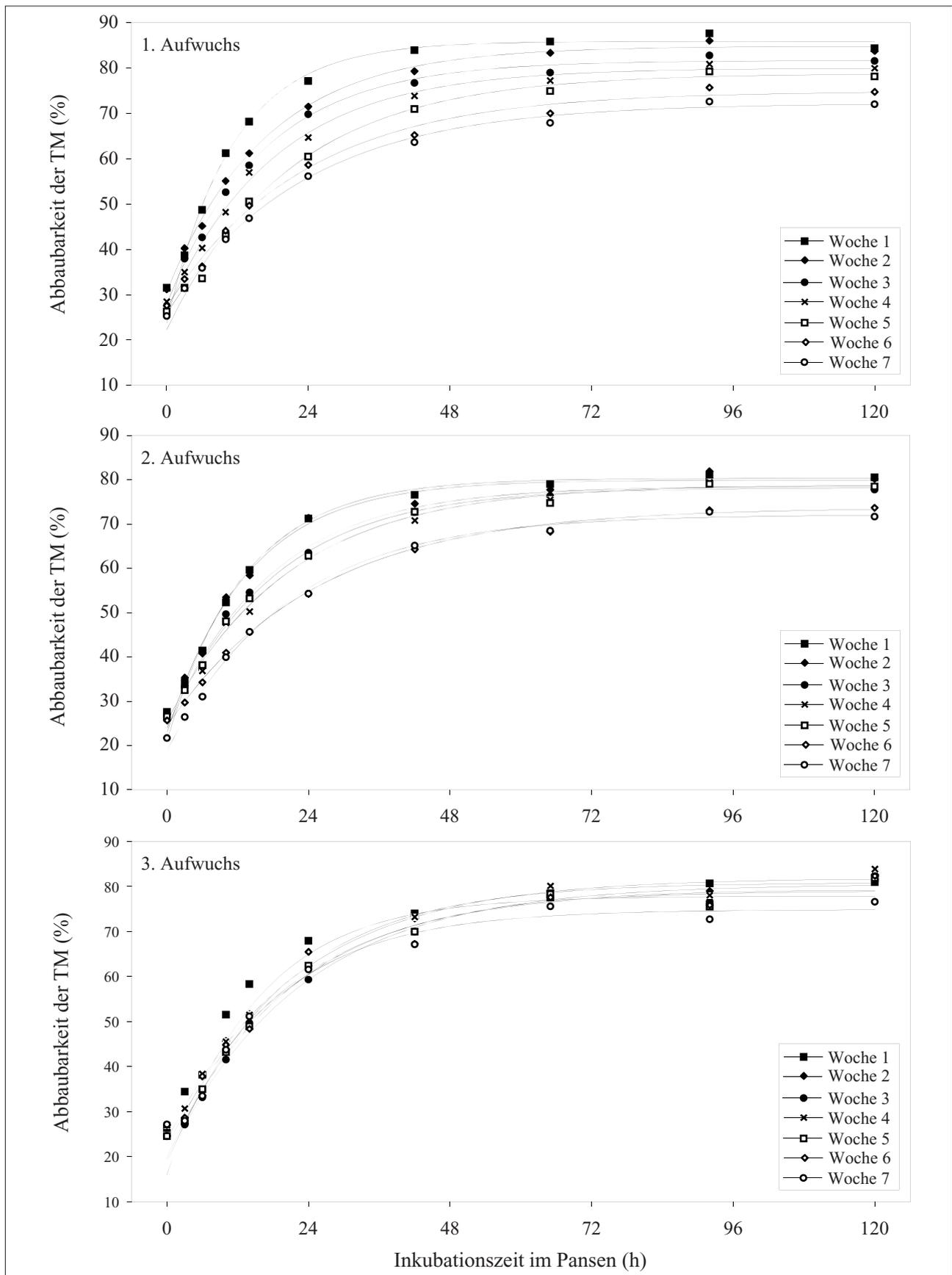


Abbildung 3: Verlauf des Trockenmasse-Abbaues *in situ* im Pansen in den 7 Versuchswochen sowie in den 3 Aufwüchsen

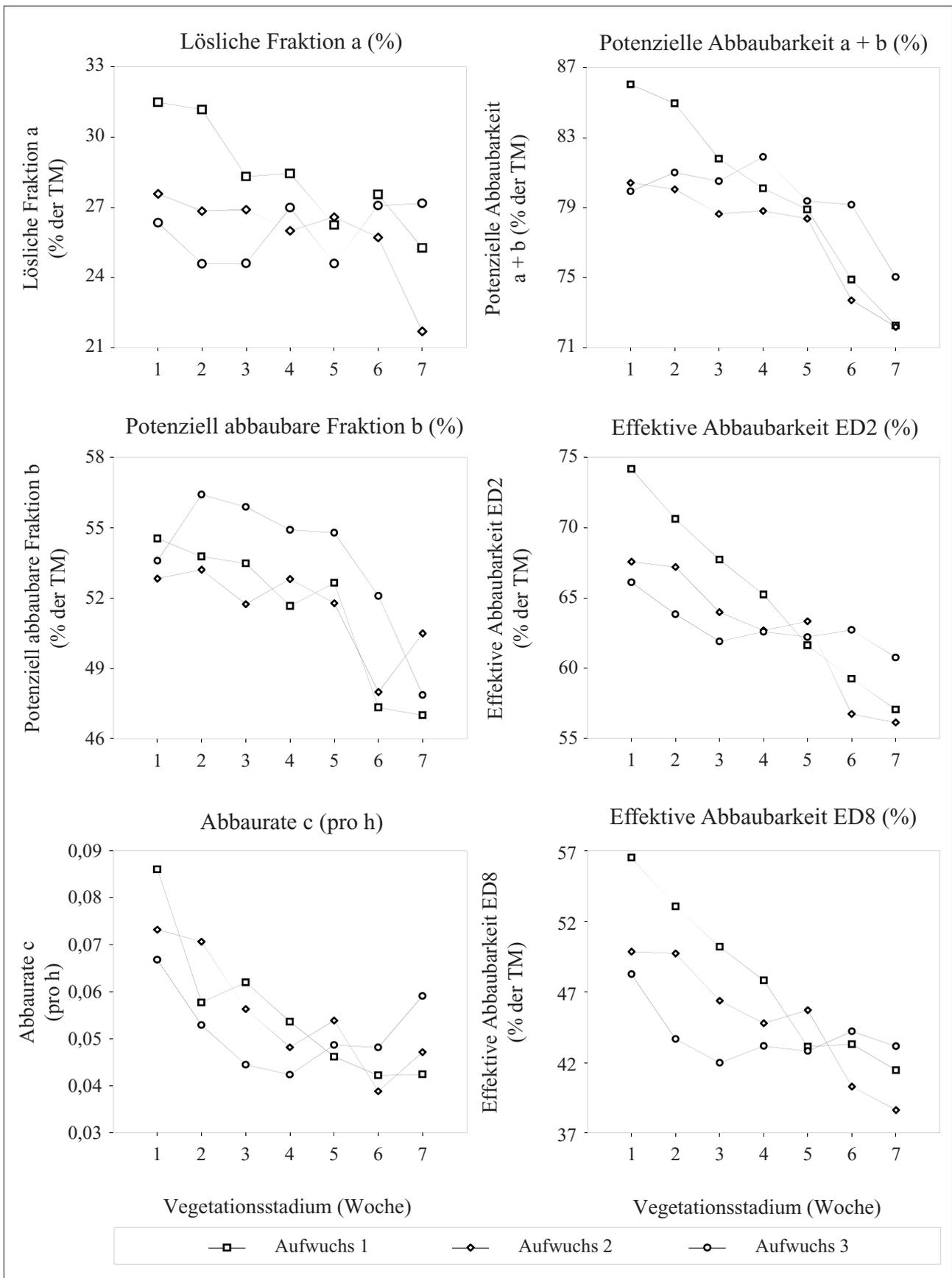


Abbildung 4: Verlauf der *in situ*-Parameter (a, b, c, ED) in den 3 Aufwüchsen

Tabelle 7: Verdaulichkeit der Rohnährstoffe sowie der Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate (Haupteffekte Aufwuchs und Woche)

	Aufwuchs							Woche							RSD	P-Werte			R ²	
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7		A	W	J		A×W
OM	70,5	70,3	72,7	71,5	69,2	66,8	63,8	73,2	71,5	73,2	71,5	69,2	66,8	63,8	2,9	0,041	0,000	0,153	0,625	0,814
XP	69,5	72,0	73,6	72,1	69,0	66,0	67,3	73,6	72,1	73,6	72,1	69,0	66,0	67,3	4,2	0,024	0,000	0,063	0,996	0,674
XL	30,9	20,8	15,7	23,8	23,5	24,9	22,6	19,3	23,8	19,3	23,8	23,5	24,9	22,6	10,6	0,001	0,893	0,001	0,880	0,566
XF	70,9	73,0	75,7	74,0	71,0	68,2	64,6	75,5	74,0	75,5	74,0	71,0	68,2	64,6	3,5	0,001	0,000	0,044	0,269	0,822
XX	72,5	70,5	73,0	72,1	70,1	67,8	63,8	74,2	72,1	74,2	72,1	70,1	67,8	63,8	3,7	0,132	0,000	0,450	0,230	0,773
NDF	70,3	71,6	75,4	74,7	69,1	67,3	62,7	74,7	73,5	74,7	73,5	69,1	67,3	62,7	3,7	0,001	0,000	0,009	0,287	0,838
ADF	68,5	67,7	70,9	70,8	66,2	64,4	59,7	71,0	70,8	71,0	70,8	66,2	64,4	59,7	3,6	0,034	0,000	0,016	0,862	0,814
NFC	77,9	71,3	70,7	69,1	76,7	70,7	72,1	75,0	69,1	75,0	69,1	76,7	70,7	72,1	7,0	0,000	0,000	0,000	0,003	0,308

Tabelle 8: Verdaulichkeit der Rohnährstoffe sowie der Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate (Interaktion Aufwuchs × Woche)

	1. Aufwuchs							2. Aufwuchs							3. Aufwuchs						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
OM	78,2	78,1	72,6	70,4	68,5	64,9	60,8	75,8	74,8	72,3	70,8	68,4	67,3	62,9	78,0	75,9	74,6	73,4	70,7	68,3	67,7
XP	75,1	75,2	71,7	70,6	66,3	61,5	66,2	79,3	76,0	73,6	71,6	69,7	67,0	67,2	78,5	77,9	75,4	74,1	71,2	69,4	68,5
XL	21,9	27,0	32,9	33,0	34,3	34,2	32,8	26,2	18,0	14,8	23,5	19,1	25,8	18,2	21,9	14,0	10,1	15,0	17,2	14,7	16,8
XF	79,3	79,4	73,3	71,6	69,2	66,1	57,2	78,8	77,1	74,6	73,2	70,3	69,4	67,7	82,0	80,5	78,8	77,2	73,5	69,0	68,9
XX	82,0	81,3	74,6	70,9	69,9	65,8	62,7	76,7	75,8	73,2	71,4	69,2	67,7	59,8	77,8	75,0	74,8	73,9	71,1	69,8	68,8
NDF	81,1	80,6	73,0	70,9	66,4	63,2	56,5	78,7	76,1	73,5	71,8	68,9	68,3	63,7	82,5	79,5	77,6	77,7	72,1	70,3	67,8
ADF	76,8	77,2	71,2	69,6	65,1	62,9	56,9	74,0	72,3	69,8	69,0	65,7	63,8	59,1	77,7	75,2	71,9	73,9	67,8	66,3	63,1
NFC	80,0	79,6	77,6	71,4	82,6	77,8	76,4	77,0	73,3	73,2	68,6	74,4	67,7	65,0	65,2	73,6	74,1	67,4	73,3	66,5	75,0

Abbaubarkeit liegt in der zunehmenden Lignifizierung der Gerüstsubstanzen, die den Zutritt der fibrolytischen Enzyme an den Lignin-Kohlenhydrat-Komplex räumlich behindert (JUNG und DEETZ 1993).

Verdaulichkeit in vivo der Nährstoffe, der Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate sowie Proteinwert und Energiekonzentration

Die Verdaulichkeit ist in den *Tabellen 7* und *8* sowie in der *Abbildung 5* dargestellt. Mit Ausnahme der N-freien Extraktstoffe (XX) übte die Nummer des Aufwuchses einen signifikanten Einfluss auf die Verdaulichkeit aus ($P \leq 0,05$), und zwar stieg in den meisten Nährstoffen die Verdaulichkeit mit der Zahl des Aufwuchses an. So betrug die Verdaulichkeit der organischen Masse (OM) im 1., 2. bzw. 3. Aufwuchs 70,5, 70,3 bzw. 72,7 %, der Rohfaser 70,9, 73,0 bzw. 75,7 % und der NDF 70,3, 71,6 bzw. 75,4 %. Der Gehalt an verdaulicher organischer Masse in der TM (DOMD) machte 637, 624 bzw. 647 g/kg TM aus und die Energiekonzentration 9,61, 9,42 bzw. 9,77 MJ ME/kg TM (*Tabelle 9* und *10* sowie *Abbildung 6*). Da der Proteingehalt mit der Nummer des Aufwuchses stark anstieg (*Tabelle 3*), nicht jedoch die Energiekonzentration, erhöhte sich der Gehalt an nXP nur unwesentlich von 128 auf 130 und 135 g/kg TM (*Tabelle 9*). Damit verbunden ist allerdings ein signifikanter Anstieg der ruminalen N-Bilanz (RNB) von 3,8 auf 6,5 bzw. 7,9 g/kg TM.

Die Versuchswoche erwies sich – wie aus den bisher dargestellten Daten der Gerüstsubstanzen und der ruminalen Abbaubarkeit zu erwarten – als hochsignifikanter Einflussfaktor auf die Verdaulichkeit aller Rohnährstoffe (Ausnahme XL) sowie der Faser- und Nichtfaser-Kohlenhydrate sowie auf den Proteinwert und die Energiekonzentration ($P \leq 0,001$). Im Mittel der 3 Aufwüchse ging die Verdaulichkeit der OM von der 1. bis zu 7. Versuchswoche von 77,3 auf 63,8 % zurück (*Abbildung 6*), noch deutlicher die Verdaulichkeit der Zellwände (NDF), nämlich von 80,8 auf 62,7 %. Damit war ein Rückgang der Energiekonzentration von 10,4 auf 8,6 MJ ME bzw. von 6,3 auf 5,0 MJ NEL pro kg TM verbunden. Da der Rohproteingehalt noch stärker auf das Vegetationsstadium reagierte als die Energiekonzentration, änderte sich auch die RNB signifikant mit den Versuchswochen. Zu Vegetationsbeginn wurde ein sehr hoher N-Überschuss von 10 g festgestellt, der auf 3 bis 4 g je kg TM zurückging.

Eine signifikante Wechselwirkung zwischen Aufwuchs und Versuchswoche ergab sich (mit Ausnahme der NFC) in keinem der *in vivo*-Verdaulichkeits-Parameter (*Tabelle 7* und *8*) sowie auch nicht beim Proteinwert und der Energiekonzentration (*Tabelle 9* und *10*).

Der Einfluss des Vegetationsstadiums von Wiesenfutter auf die Verdaulichkeit und den Futterwert im weiteren Sinn ist vielfach belegt und Gegenstand umfangreicher Forschungsarbeiten der letzten Jahrzehnte auf der ganzen Welt (u. a. VAN SOEST 1967, VAN SOEST et al. 1978, VAN SOEST 1994, BURNS 2008). Die Ursache für den Rückgang der Verdaulichkeit mit fortschreitender Vegetation liegt einerseits in der morphologischen Veränderung der Pflanze, d. h. Zunahme des faserrei-

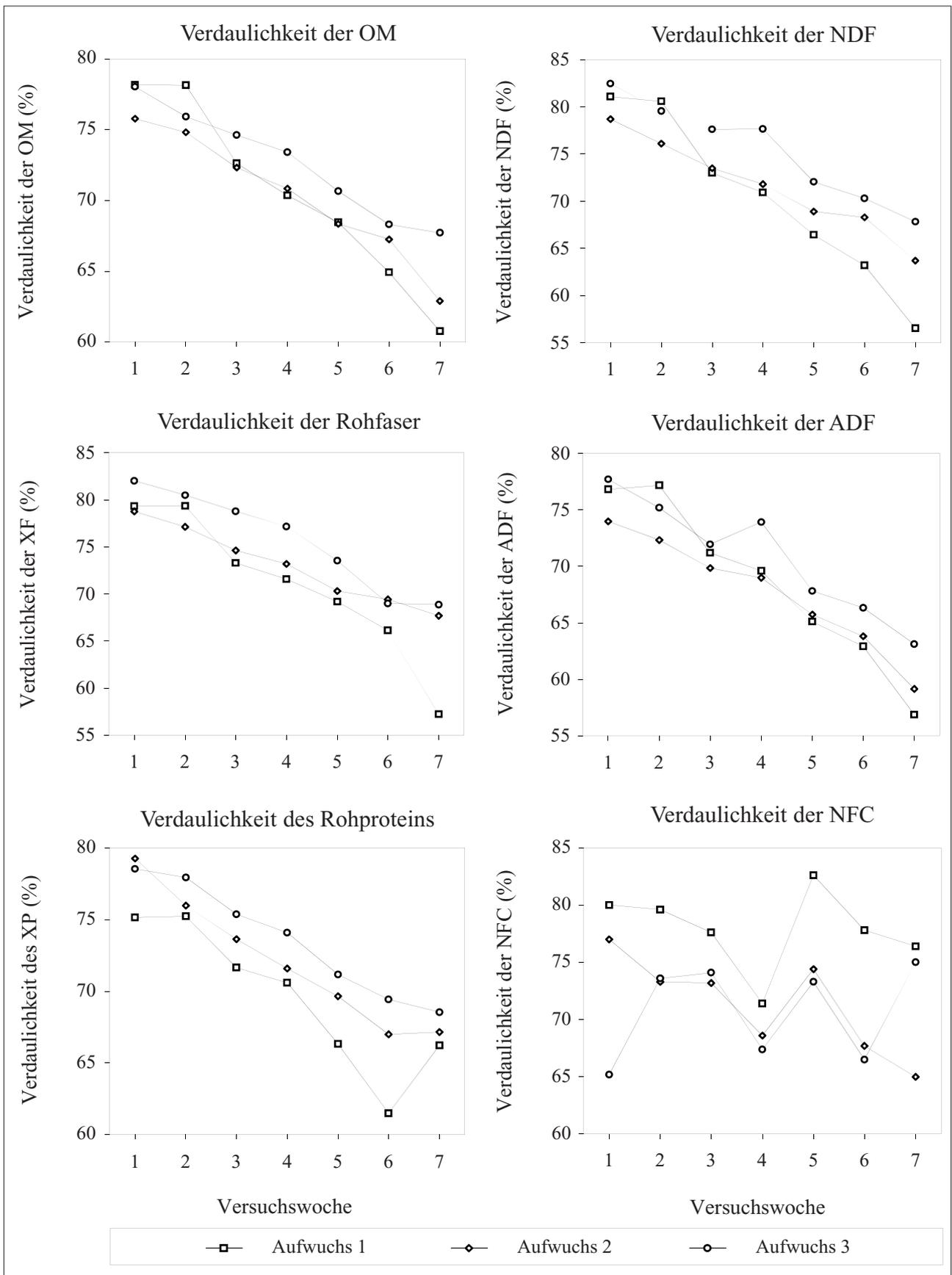


Abbildung 5: Verlauf der Verdaulichkeit in den 3 Aufwüchsen

Tabelle 9: Proteingehalt (nXP-System) und Energiekonzentration (in der TM) (Haupteffekte Aufwuchs und Woche)

	Aufwuchs							Woche							RSD	P-Werte				R ²
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7		A	W	J	A×W	
Proteingehalt (nXP-System)																				
degXP	84,6	84,4	84,8	84,5	84,4	84,2	84,2	84,7	84,5	84,4	84,2	84,2	84,2	84,2	0,3	0,001	0,000	0,000	0,000	0,888
nXP	128	130	135	132	126	120	117	135	132	133	120	117	117	117	6	0,002	0,000	0,035	0,766	0,854
RNB	3,8	6,5	7,9	6,6	4,4	3,2	4,6	6,6	5,2	4,4	3,2	4,6	4,6	4,6	1,7	0,000	0,000	0,000	0,177	0,863
Energiekonzentration																				
DOMD	637	624	647	643	622	600	570	654	643	622	600	570	570	570	27	0,057	0,000	0,063	0,609	0,669
ME	9,61	9,42	9,77	9,69	9,36	9,00	8,59	9,87	9,69	9,36	9,00	8,59	8,59	8,59	0,42	0,059	0,000	0,031	0,639	0,802
NEL	5,69	5,56	5,81	5,74	5,51	5,26	4,97	5,87	5,74	5,51	5,26	4,97	4,97	4,97	0,30	0,056	0,000	0,033	0,615	0,804

Tabelle 10: Proteingehalt (nXP-System) und Energiekonzentration (in der TM) (Interaktion Aufwuchs × Woche)

	1. Aufwuchs							2. Aufwuchs							3. Aufwuchs						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Proteingehalt (nXP-System)																					
degXP	86,2	85,6	84,8	84,2	84,2	83,7	83,9	85,1	84,8	84,6	84,4	84,3	84,2	83,8	84,8	84,9	84,8	84,8	84,8	84,8	84,8
nXP	146	143	133	128	122	115	111	143	139	133	130	125	122	116	146	143	139	137	132	125	123
RNB	9,0	6,0	4,3	3,0	0,9	0,4	2,8	11,7	9,3	7,2	5,0	4,9	2,7	5,2	9,6	9,4	8,2	7,8	7,5	6,6	5,9
Energiekonzentration																					
DOMD	699	704	655	638	623	589	553	660	656	639	635	612	608	560	691	680	668	657	632	602	598
ME	10,64	10,65	9,91	9,59	9,33	8,79	8,32	10,11	9,95	9,63	9,56	9,19	9,11	8,40	10,47	10,28	10,06	9,92	9,55	9,09	9,03
NEL	6,44	6,44	5,89	5,66	5,48	5,12	4,78	6,05	5,95	5,71	5,65	5,39	5,33	4,84	6,31	6,17	6,00	5,90	5,65	5,34	5,30

chen Stängelanteiles (u. a. PRITCHARD et al. 1963, TERRY und TILLEY 1964, MOWAT et al. 1965a und b, HACKER und MINSON 1981, HIDES et al. 1983, WILMAN et al. 1996, WILMAN und REZVANI 1998, ČOP et al. 2009), und andererseits in der intensiven Lignifizierung der Gerüstsubstanzen (u. a. JUNG und FAHEY 1983, JUNG und VOGEL 1986, JUNG und ALLEN 1995). Die pflanzlichen Gerüstsubstanzen sind sehr heterogen und komplex zusammengesetzt, wobei die Pflanzenspecies und das Vegetationsstadium von großem Einfluss sind. Zellulose, Hemizellulose und Lignin sind die drei wichtigsten Komponenten. Zellulose ist ein Polysaccharid aus Tausenden von Glukosemolekülen, die unter Wasserabspaltung in β -1-4-glukosidischer Bindung mit einander verbunden werden. Die β -Stellung der OH-Gruppe am C₁-Atom bestimmt, dass die polymerisierten Moleküle weitgehend linear zu Ketten angeordnet werden. Parallel angeordnete Ketten bilden Fibrillen, die untereinander Wasserstoffbrücken ausbilden. Die Hemizellulosen sind eine heterogene Gruppe von nichtzellulosischen Polysacchariden (Pentosane und Hexosane). Sie stellen die Hauptmasse der Zellwandmatrix dar und sind stark mit Lignin assoziiert.

Lignine sind Mischpolymere aus Phenylpropanen (Cumaryl-, Coniferyl- und Sinapyl-Alkohol), die sich zu einem dreidimensionalen Gitter vernetzen und so die Zellwand durchdringen. In der Zellwand wird Lignin aus hoch-kondensierten Phenylpropan-Einheiten gebildet (sog. Kern-Lignin). Zwischen Kernlignin und Hemizellulose erfolgt eine Quervernetzung hauptsächlich über die beiden phenolischen Monomere p-Cumarsäure und Ferulasäure durch Ester- und Etherbindungen. Lignin ist verantwortlich für die verminderte Verdaulichkeit der Zellwand. Die Zellwand besteht aus mehreren Schichten (Mittellamelle vorwiegend aus Pektin, Primärzellwand aus Hemizellulose, Sekundärzellwand aus Zellulose). Lignin-Polymere sind in der Primärzellwand über Ether- und Ester-Bindungen der Ferulasäure mit Arabinoxylan verankert (JUNG und DEETZ 1993, VAN SOEST 1994, GRUBER 2009). Nach ALLEN und MERTENS (1988) wird die Faserverdauung im Pansen durch den unverdaulichen Anteil der Faser sowie die Abbau- und Passage-Rate der fermentierbaren Faser begrenzt. Der Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Verdaulichkeit ist besonders in den diversen Futterwerttabellen verschiedener Länder dokumentiert (u. a. INRA 1989 und 2007, DLG 1997, RAP 1999, NRC 2001, Rostocker Futterbewertungssystem 2004, ÖAG-Futterwerttabellen 2006). Daneben gibt es eine große Zahl an systematischen Untersuchungen zum Einfluss des Vegetationsstadiums auf die Verdaulichkeit (SPAHR et al. 1961, BLAXTER und WILSON 1963, BLASER 1964, BACHMANN et al. 1975, KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER 1979, STEACY et al. 1983, ACKERMANN et al. 1984, GIVENS et al. 1989 und 1993, KRIS-

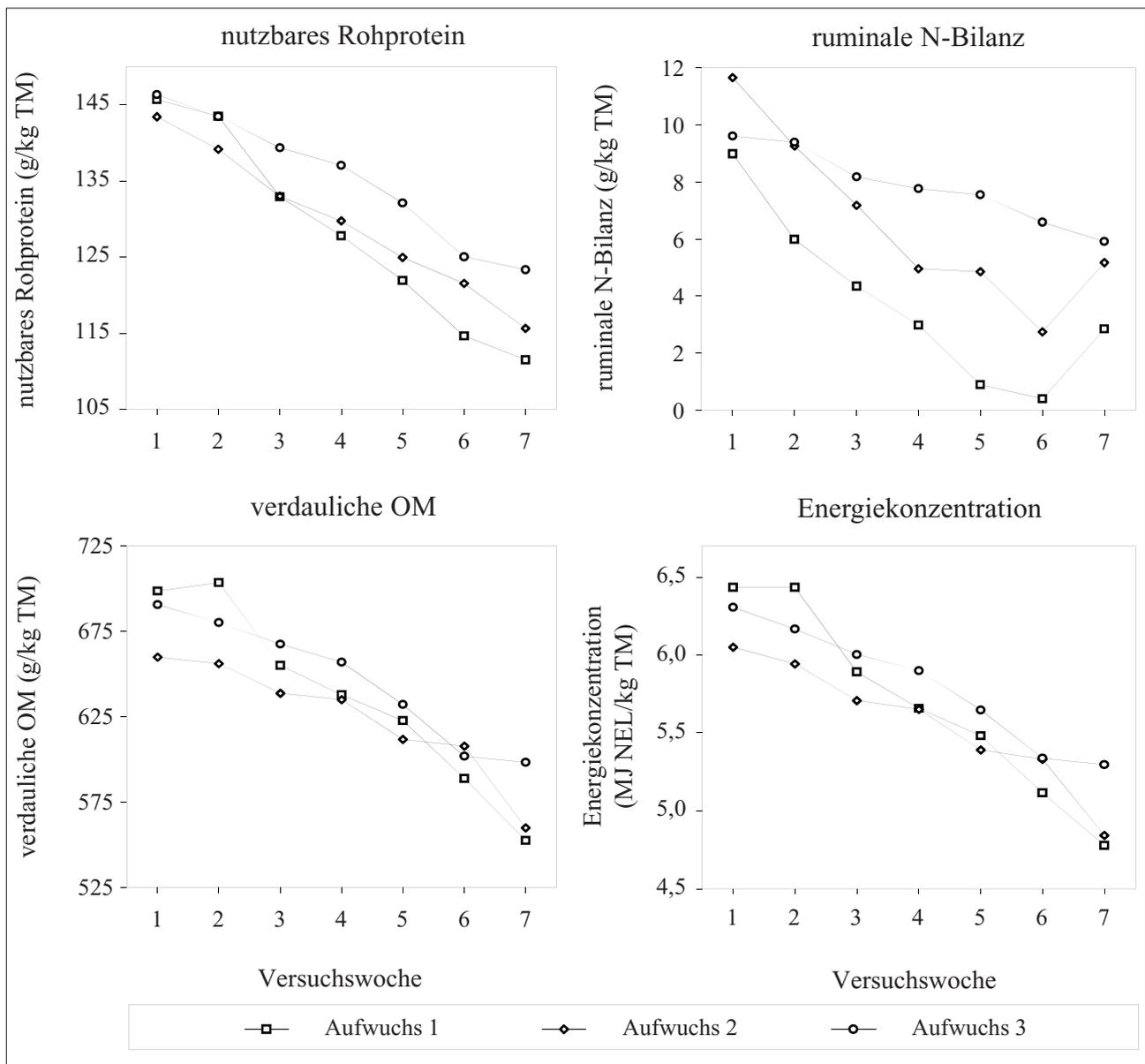


Abbildung 6: Verlauf des Proteinwertes (nXP, RNB) und der Energiekonzentration in den 3 Aufwüchsen

TENSEN und SKOVBORG 1990, DEMARQUILLY und ANDRIEU 1992, HASSELMANN et al. 1995, RINNE et al. 1997, GRUBER et al. 2000 und 2006, OMBABI et al. 2001, SCHUBIGER et al. 2001, TASI und BARCSÁK 2003, ČOP et al. 2009).

Alle diese Untersuchungen zeigen einen deutlichen Rückgang der Verdaulichkeit mit fortschreitender Vegetation, wie auch in der eigenen Untersuchung. Das Ausmaß dieses Rückganges fällt aber verschieden aus. Die Hauptursachen für die Unterschiede sind die Nummer des Aufwuchses und die botanische Art bzw. bei gemischten Pflanzenbeständen (Dauerwiesen) die botanische Zusammensetzung (Gräser, Kräuter, Leguminosen). Die chemische Zusammensetzung der Gerüstsubstanzen der Artengruppen ist recht unterschiedlich (VAN SOEST 1967, 1994). Die Ursache für die verminderte Verdaulichkeit liegt in der zunehmenden Lignifizierung der Gerüstsubstanzen, die den Zutritt der fibrolytischen Enzyme an den Lignin-Kohlenhydrat-Komplex räumlich behindert (JUNG und DEETZ 1993).

3.3 Ergebnisse des Fütterungsversuches mit Milchkühen

Die Ergebnisse des Fütterungsversuches mit Milchkühen sind in den Tabellen 11 und 12 sowie in Abbildung 7 und 8 dargestellt. Die Nummer des Aufwuchses wirkte sich in allen Kriterien der Futter- und Nährstoffaufnahme, der Nährstoffkonzentration sowie der Milchleistung hochsignifikant aus ($P \leq 0,001$). Die Grobfutteraufnahme (GF) war im 3. Aufwuchs am höchsten (12,2, 12,2 und 12,7 kg TM) und ebenso die Gesamtfutteraufnahme (18,1, 18,3 und 18,9 kg TM GES in Aufwuchs 1, 2 und 3). Die Aufnahme an NDF machte 13,0, 13,1 bzw. 13,5 g pro kg LM aus und war damit etwas höher als der von MERTENS (1994) angegebene Mittelwert von 12,5 g. Die Energieaufnahme war im 2. Aufwuchs am niedrigsten, was vor allem durch die niedrige Energiekonzentration in diesem Aufwuchs bedingt war. Obwohl das Kraftfutter ausschließlich aus Energieträgern bestand und die Grobfutterration neben Gras 10 %

Heu und 15 % Maissilage enthielt, ergab sich dennoch ein N-Überschuss im Pansen (1,8, 1,9 bzw. 2,7 g RNB pro kg TM), bei einem Rohprotein-Gehalt von 149, 150 und 157 g/kg TM. Die Milchleistung (22,2, 22,2 und 23,1 kg) und der Gehalt an Milch Inhaltsstoffen waren im 3. Aufwuchs am höchsten (4,20, 4,10 und 4,35 % Fett sowie 3,28, 3,27 und 3,44 % Protein), ebenso der Milchnharnstoff-Gehalt, was mit der ruminale N-Bilanz gut übereinstimmt (STEINWIDER und GRUBER 2000). Die nach Energie-Aufnahme aus dem Grobfutter erzielbare Milchleistung betrug 10,6, 9,9 bzw. 11,7 kg. Die aus der Gesamtration (GES = GF plus KF) nach NEL theoretisch mögliche Milchmenge war höher als die tatsächliche Milchleistung, was auf einen Energieüberschuss schließen lässt.

Mit Ausnahme des Milchfett-Gehaltes übte die Versuchswoche auf alle Parameter der Futter- und Nährstoffaufnahme, der Nährstoffkonzentration und der Milchleistung einen hochsignifikanten Einfluss aus ($P \leq 0,001$). Im Mittel aller drei Aufwüchse ging die Grobfutteraufnahme in den 7 Versuchswochen von 12,9 um 1,6 kg TM auf 11,3 kg TM zurück, die Gesamtfutteraufnahme von 19,0 um 1,8 kg TM auf 17,2 kg TM. Verbunden mit der im Laufe der Vegetation abnehmenden Energiekonzentration verminderte sich die Aufnahme an Energie von 80 auf 59 MJ NEL. Die RNB ging von 3,3 auf 0,9 g/kg TM zurück. Entsprechend der Energieaufnahme reduzierte sich die Milchleistung von 25,1 auf 19,5 kg ECM. Die aus der Energieaufnahme über das Grobfutter theoretisch mögliche Milchmenge betrug 13,4 und 6,7 kg und die über die Gesamtration theoretisch erzielbare Milchleistung machte 28,3 kg in Woche 1 und 20,7 kg in Woche 7 aus. Zwischen Aufwuchs und Versuchswoche wurde in allen Kriterien der Futter- und Nährstoffaufnahme, Nährstoffkonzentration sowie Milchleistung eine signifikante Wechselwirkung festgestellt (Tabelle 11 und 12).

Die Futteraufnahme von Wiederkäuern wird sowohl über physikalische als auch über physiologische Faktoren reguliert. Das Ziel des Organismus ist dabei die Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz (physiologische Steuerung, WANGSNESS und MULLER 1981). Für den Wiederkäuer sind neben den physiologischen noch physikalisch-mechanische Steuerungsmechanismen von großer Bedeutung, d. h. die Futteraufnahme wird ganz entscheidend auch von der Füllung des Pansens bestimmt. Je schneller der Panseninhalt abnimmt, desto höher ist die Futteraufnahme. Die Füllung des Pansens wird einerseits durch die mikrobielle Verdauung und andererseits durch die sog. Passage des Futters bestimmt. Der mikrobielle Abbau des Futters wird stark von der Futterqualität (Abbaurate) beeinflusst, die Passagegeschwindigkeit hängt neben der Verdaulichkeit vom Zerkleinerungsgrad und der Futterstruktur ab (VAN SOEST 1994, FORBES 1995, JUNG und ALLEN 1995). Nach MERTENS (1994) entscheidet der erstlimitierende der beiden Faktoren (physiologisch vs. physikalisch) über die tatsächliche Futteraufnahme. Auch WESTON (1996) geht von dem zweigeteilten Modell aus, dass die Futteraufnahme einerseits über den Energiehaushalt gesteuert wird, der bei Energiemangel durch Hungersignale die Futteraufnahme in Gang setzt. Andererseits kommen durch die Last des Verdauungsinhaltes im Pansen Sättigungssignale an das Zentralnervensystem, welche zur Einstellung der Futteraufnahme führen. Nach ALLEN (1996) kann die Futteraufnahme von Wiederkäuern durch Dehnung eingeschränkt

werden, die sich aus dem begrenzten Digesta-Fluss durch den Verdauungstrakt ergibt. Die Kapazität des Tieres für dessen Füllung hängt ab vom Gewicht und dem Volumen des Verdauungsinhaltes, der die Dehnung verursacht, und von der Flussrate des Verdauungsinhaltes aus dem Organ, in dem die Dehnung auftritt. Die Dehnung im Reticulorum wird generell als die Ursache angesehen, welche die Futteraufnahme von Rationen mit hoher Füllungswirkung begrenzt. OBA und ALLEN (1999) verglichen in einer Metaanalyse aus 28 Publikationen Rationen mit niedriger und hoher Verdaulichkeit der NDF, also mit unterschiedlicher Füllwirkung. Futteraufnahme und Milchleistung waren bei hoher Verdaulichkeit der NDF signifikant höher.

Diesen theoretischen Grundlagen entsprechen auch die Ergebnisse von Fütterungsversuchen mit Milchkühen, welche die Futteraufnahme und Milchleistung bei unterschiedlichem Vegetationsstadium des Wiesenfutters verglichen. SPAHR et al. (1961) verfütterten Heu (belüftet) des 1. Aufwuchses ($\frac{1}{3}$ Luzerne, $\frac{1}{3}$ Klee, $\frac{1}{3}$ Timothe) als alleiniges Grobfutter, das in 2-Wochen-Abständen am 25. Mai, 9. Juni bzw. 24. Juni geerntet wurde (Pennsylvania, USA). Der Gehalt an Rohfaser belief sich auf 251, 302 bzw. 328 g/kg TM und die Verdaulichkeit der Energie (*in vivo*, Schafe) betrug 69,2, 62,6 bzw. 58,3 %. Die Kühe nahmen von diesem Grobfutter 15,5, 14,0 bzw. 11,9 kg TM auf und leisteten 18,3, 16,8 bzw. 14,9 kg FCM (Annahme von 590 kg LM). STEACY et al. (1983) ernteten Heu (gepresst) des 1. Aufwuchses (Trespe, Luzerne) in 3-Wochen-Abständen am 10. Juni, 30. Juni und 22. Juli in Saskatoon (Can), bei einem Rohfaser-Gehalt von 255, 287 und 303 g/kg TM. Die Verdaulichkeit der OM (*in vivo*, Ochsen) betrug 72,8, 67,8 und 60,0 %. Bei einem Kraftfutteranteil von 28, 29 und 36 % der TM nahmen die Kühe 16,2, 15,1 und 13,7 kg TM Heu auf und gaben 23,8, 22,5 und 22,3 kg Milch bei 3,5, 3,9 und 4,3 % Fett. KRISTENSEN und SKOVBORG (1990) untersuchten den Einfluss eines unterschiedlichen Erntetermins beim 1. Aufwuchs (Anfang, Mitte und Ende Juni) über 3 Jahre mit Raigras und Konservierung als Silage bei 3 Kraftfutterniveaus in Dänemark. Dieser 1. Aufwuchs hatte bei der Ernte einen Gehalt an Rohfaser von 223, 287 und 297 g/kg TM und die Verdaulichkeit der OM (*in vivo*, Schafe) betrug 81,4, 74,1 und 67,5 %. Bei niedrigem Kraftfutterniveau (4 kg/d) nahmen die Kühe 12,9, 10,2 bzw. 10,3 kg TM Grassilage auf und gaben 23,3, 18,5 bzw. 17,8 kg ECM. GRUBER et al. (1995) verfütterten eine gemischte Grobfutter-Ration von niedriger bzw. hoher Qualität (35 % Heu, 40 % Grassilage, 25 % Maissilage) in einem langfristigen Versuch über eine vollständige Laktation an Kühe der Rassen Fleckvieh und Holstein Friesian bei 3 Kraftfutterniveaus (0, 50 und 100 % des Ergänzungsbedarfes). Die Qualität des Wiesenfutters (1. Aufwuchs) wurde über den Erntezeitpunkt variiert und die der Maissilage über den Kolbenanteil. Die Verdaulichkeit der OM (*in vivo*, Schafe) betrug beim Heu 57,6 bzw. 65,8 %, bei der Grassilage 59,4 bzw. 69,7 % und bei der Maissilage 69,6 bzw. 72,0 %. Im Mittel der Kraftfutter-Stufen und Rassen nahmen die Kühe bei 2,2 kg TM Kraftfutter 11,9 und 13,7 kg TM Grobfutter auf und erbrachten eine Milchleistung von 16,9 und 20,5 kg ECM.

In einem weiteren Versuch erzeugten GRUBER et al. (2000) drei unterschiedliche Heu-Qualitäten durch 2-, 3- bzw. 4-Schnittnutzung auf einer Dauerwiese im österreichischen

Alpenraum. Alle Aufwüchse einer jeweiligen Schnittvariante wurden entsprechend dem Anteil am Ertrag 100 Laktationstage hindurch als alleiniges Grobfutter an Kühe bei 3 Kraftfutterniveaus gefüttert (Null, nach Norm, 25 %). Der nach Ertrag der Einzelaufwüchse gewichtete Gehalt an NDF machte 627, 552 bzw. 467 g/kg TM aus und die Verdaulichkeit der OM (*in vivo*, Schafe) belief sich auf 58.0, 65.6 bzw. 72.2 %. Die Kühe nahmen von diesem Grobfutter in der Gruppe ohne Kraftfutter 11.6, 14.5 bzw. 17.2 kg TM auf und erbrachten eine Milchleistung von 11.0, 16.0 bzw. 20.4 kg ECM, wobei die Energieversorgung eine theoretische Milchleistung von 5.7, 12.7 bzw. 20.3 kg ECM ermöglichte. Das Problem einer nicht bedarfsgerechten Energiezufuhr und die damit verbundene Mobilisation bzw. Retention von Energie ist bei allen angeführten Fütterungsversuchen zu bedenken, besonders bei kurzfristigen und solchen mit change-over design. RINNE et al. (1999) ernteten den 1. Aufwuchs eines Grasbestandes in Finnland (57 % Timothee, 43 % Wiesenschwingel) zu 4 Terminen im Abstand einer Woche (13.06., 21.06., 28.06., 14.07.) und konservierten das Futter als Nasssilage mit Ameisensäure. Neben einer unterschiedlichen Proteingergänzung erhielten die Kühe 7 oder 10 kg Kraftfutter. Die Silagen wiesen einen NDF-Gehalt von 512, 535, 619 bzw. 634 g/kg TM auf, die Verdaulichkeit der OM (*in vivo*, Schafe) betrug 79.4, 77.9, 74.9 bzw. 68.2 %. Im Mittel der Kraftfutter- und Protein-Niveaus verzehrten die Kühe 12.4, 12.2, 11.7 bzw. 10.8 kg TM Silage (plus 7,4 kg TM Kraftfutter) bei einer Milchleistung von 30.7, 30.1, 29.5 bzw. 25.7 kg ECM.

Zusammenfassend ist von dieser systematischen Untersuchung zum Einfluss des Wachstumsstadiums von Dauerwiesenfutter im Alpenraum bei 3-Schnitt-Nutzung im Laufe einer ganzen Vegetationsperiode festzuhalten:

- Der Ertrag folgt einem kurvilinear abnehmenden Verlauf. Der Rückgang des täglichen Zuwachses im Laufe der Vegetation nimmt mit jedem Aufwuchs zu (Wechselwirkung Aufwuchs × Vegetation).
- Der Gehalt an Faser (Rohfaser sowie Gerüstsubstanzen NDF und ADF) nimmt wie erwartet im Laufe des Wachstums stark zu. Diese Zunahme ist allerdings im 1. Aufwuchs wesentlich stärker ausgeprägt als im 2. und besonders im 3. Aufwuchs, in dem der Gehalt an Gerüstsubstanzen kaum ansteigt (Wechselwirkung Aufwuchs × Vegetation).
- Der 2. Aufwuchs weist den höchsten Ligningehalt auf und auch den höchsten Anteil des Lignins an den Gerüstsubstanzen. Dadurch ist die Verdaulichkeit dieses Aufwuchses trotz etwas geringerem Gehalt an Faser nicht höher als im 1. Aufwuchs.
- Die Abbaubarkeit im Pansen (*in situ*) und die Verdaulichkeit im gesamten Verdauungstrakt sowie die Energiekonzentration vermindern sich

Tabelle 11: Ergebnisse des Fütterungsversuches mit Milchkühen (Haupteffekte Aufwuchs und Woche)

	Aufwuchs							Woche							RSD	P-Werte			R ²			
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	644	641	637	634		636	631	636		A	W	K
Lebendmasse	kg	644	637	627	626	631	636	634	637	641	644	38	0,001	0,010	0,000	0,852	0,631					
Futter- und Nährstoffaufnahme (pro Tag)																						
Grobfutter	kg TM	12,21	12,23	12,72	12,86	12,84	12,81	12,44	12,60	11,87	11,29	0,97	0,000	0,000	0,000	0,000	0,878					
Kraftfutter	kg TM	5,50	5,78	5,89	5,94	5,79	5,72	5,47	5,76	5,82	5,55	0,76	0,000	0,000	0,000	0,002	0,964					
Gesamtfutter	kg TM	18,08	18,28	18,88	19,04	18,94	18,85	18,24	18,67	18,00	17,16	1,31	0,000	0,000	0,000	0,038	0,781					
NDF pro LM	g/kg	13,0	13,1	13,5	13,3	13,4	13,4	13,5	13,5	13,0	12,2	1,3	0,000	0,000	0,000	0,019	0,553					
nXP	g	2509	2532	2664	2799	2742	2659	2535	2552	2417	2275	193	0,000	0,000	0,000	0,001	0,854					
NEL	MJ	115,6	115,4	121,3	127,4	125,1	121,5	116,0	117,1	111,3	103,7	9,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,864					
Nährstoffkonzentration (in der TM)																						
XP	g	149	150	157	167	163	155	150	145	139	143	7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,838					
XF	g	217	213	205	194	201	211	219	219	219	219	9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,961					
NDF	g	465	457	452	441	447	454	472	465	466	461	15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,952					
NEL	MJ	6,35	6,28	6,38	6,67	6,59	6,41	6,33	6,23	6,13	5,98	0,13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,935					
RNB	g	1,76	1,90	2,68	3,30	3,02	2,35	1,90	1,47	0,91	1,82	0,96	0,000	0,000	0,000	0,000	0,849					
Milchleistung (pro Tag)																						
Milchleistung	kg	22,2	22,2	23,1	25,0	24,7	24,0	22,6	21,7	20,4	19,2	2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,881					
Fettgehalt	%	4,20	4,10	4,35	4,15	4,21	4,23	4,23	4,23	4,26	4,21	0,35	0,000	0,265	0,000	0,044	0,568					
Proteingehalt	%	3,28	3,27	3,44	3,31	3,34	3,31	3,31	3,31	3,36	3,38	0,17	0,000	0,003	0,000	0,000	0,754					
Harnstoff	mg/kg	200	195	221	233	224	208	199	194	195	182	50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,670					
ECM	kg	22,4	22,1	23,9	25,1	24,4	24,4	22,9	21,9	20,8	19,5	2,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,854					
Milch aus GF	kg	10,6	9,9	11,7	13,4	13,0	12,0	10,9	10,5	8,5	6,7	2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,865					
Milch aus GES	kg	24,4	24,5	26,5	28,3	27,6	26,4	24,7	25,0	23,1	20,7	2,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,861					

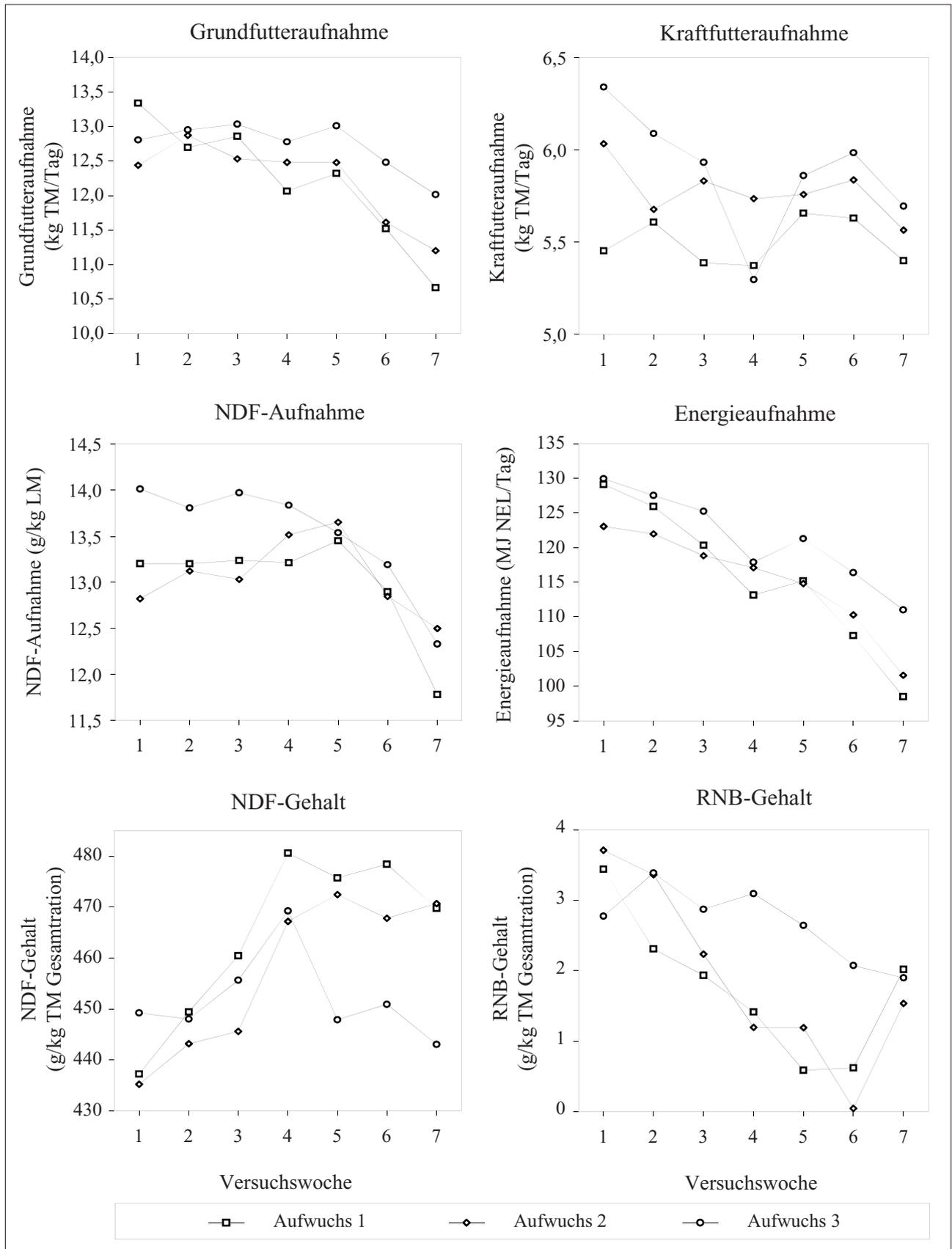


Abbildung 7: Verlauf der Futteraufnahme und -Nährstoffkonzentration in den 3 Aufwüchsen

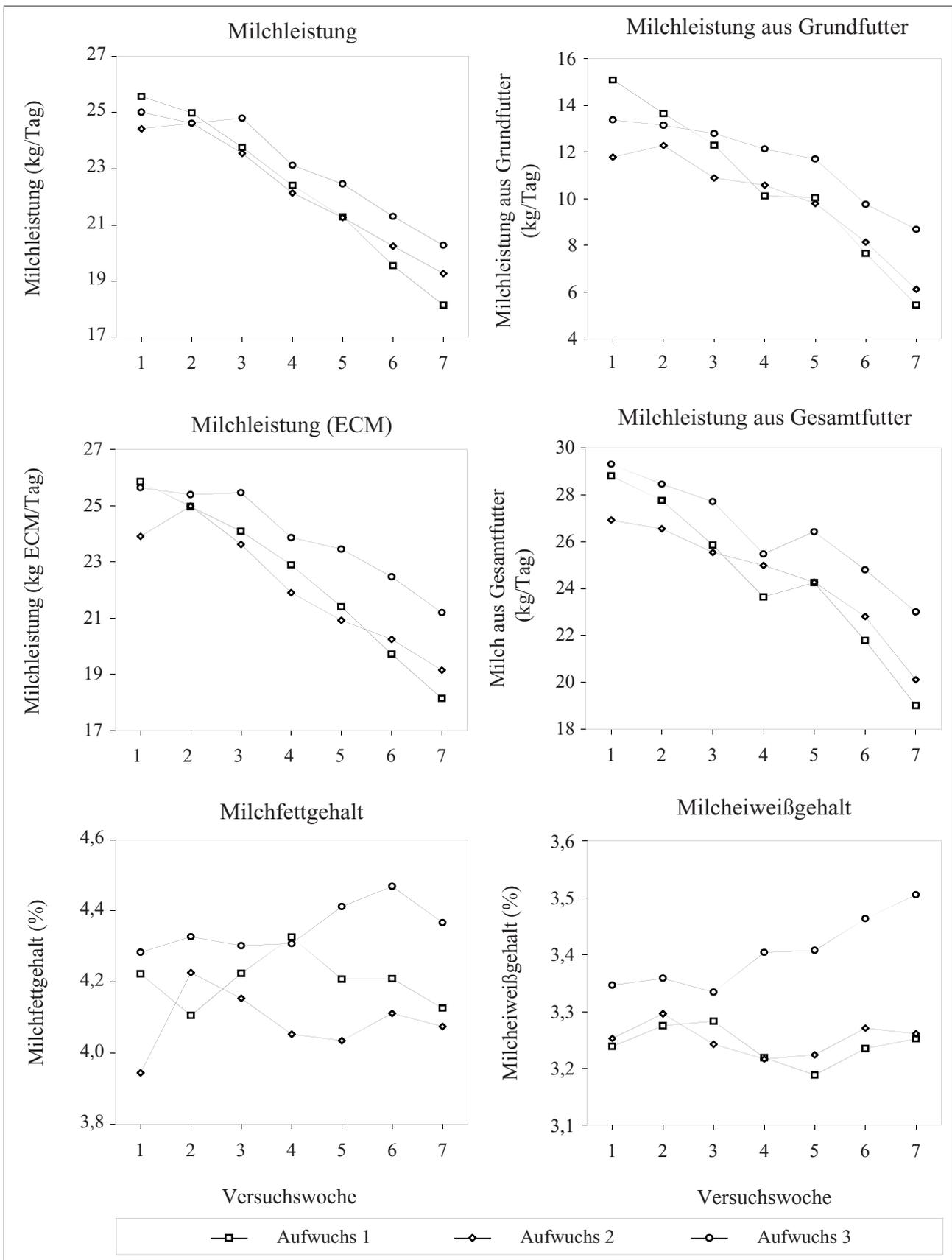


Abbildung 8: Verlauf der Milchleistung in den 3 Aufwüchsen

Tabelle 12: Ergebnisse des Fütterungsversuches mit Milchkühen (Interaktion Aufwuchs × Woche)

	1. Aufwuchs							2. Aufwuchs							3. Aufwuchs						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Lebendmasse	632	637	648	646	647	647	649	632	634	636	637	637	641	639	615	622	624	620	628	634	643
Futter- und Nährstoffaufnahme (pro Tag)																					
Grobfutter	13,34	12,70	12,86	12,06	12,32	11,52	10,66	12,44	12,87	12,53	12,48	12,48	11,61	11,20	12,80	12,95	13,03	12,78	13,01	12,48	12,02
Krautfutter	5,45	5,61	5,39	5,37	5,66	5,63	5,40	6,03	5,68	5,83	5,74	5,76	5,84	5,57	6,34	6,09	5,93	5,30	5,86	5,98	5,69
Gesamtfutter	19,04	18,67	18,63	17,84	18,38	17,55	16,45	18,69	18,83	18,65	18,50	18,51	17,73	17,05	19,37	19,32	19,26	18,39	19,13	18,73	17,98
NDF pro LM	13,2	13,2	13,2	13,2	13,5	12,9	11,8	12,8	13,1	13,0	13,5	13,7	12,8	12,5	14,0	13,8	14,0	13,8	13,5	13,2	12,3
nXP	2818	2724	2616	2457	2478	2312	2154	2726	2696	2611	2554	2511	2385	2239	2851	2804	2749	2594	2667	2553	2432
NEL	129,1	125,9	120,3	113,1	115,2	107,3	98,5	123,0	122,0	118,8	117,1	114,8	110,3	101,6	129,9	127,5	125,2	117,9	121,3	116,4	111,0
Nährstoffkonzentration (in der TM)																					
XP	169	160	152	146	138	134	142	169	164	154	145	143	134	140	164	166	160	160	155	148	146
XF	186	196	217	231	229	234	226	194	205	209	217	221	219	227	204	203	207	209	206	204	203
NDF	437	449	460	481	476	478	470	435	443	446	467	472	468	471	449	448	456	469	448	451	443
NEL	6,76	6,73	6,43	6,30	6,23	6,06	5,91	6,56	6,46	6,34	6,30	6,17	6,18	5,92	6,68	6,58	6,47	6,38	6,30	6,15	6,12
RNB	3,44	2,31	1,93	1,41	0,59	0,62	2,02	3,71	3,36	2,23	1,20	1,19	0,04	1,54	2,77	3,39	2,87	3,09	2,64	2,07	1,90
Milchleistung (pro Tag)																					
Milchleistung	25,6	25,0	23,8	22,4	21,3	19,5	18,1	24,4	24,6	23,6	22,1	21,3	20,2	19,3	25,0	24,6	24,8	23,1	22,5	21,3	20,3
Fettgehalt	4,21	4,10	4,23	4,31	4,20	4,21	4,14	3,97	4,19	4,14	4,08	4,07	4,13	4,10	4,27	4,35	4,31	4,31	4,41	4,45	4,39
Proteingehalt	3,28	3,31	3,31	3,25	3,23	3,28	3,29	3,28	3,33	3,27	3,24	3,25	3,28	3,28	3,38	3,38	3,35	3,44	3,45	3,52	3,57
Harnstoff	216	190	218	162	179	239	193	242	230	189	179	175	171	179	241	253	215	257	229	176	173
ECM	25,9	25,0	24,1	22,9	21,4	19,7	18,1	23,9	25,0	23,6	21,9	20,9	20,2	19,1	25,6	25,4	25,5	23,9	23,5	22,5	21,2
Milch GF	15,1	13,6	12,3	10,1	10,0	7,7	5,4	11,8	12,3	10,9	10,6	9,8	8,1	6,1	13,4	13,2	12,8	12,1	11,7	9,8	8,7
Milch GES	28,8	27,8	25,9	23,6	24,3	21,8	19,0	26,9	26,6	25,5	25,0	24,3	22,8	20,1	29,3	28,4	27,7	25,5	26,4	24,8	23,0

im Laufe der Vegetation sehr deutlich, und zwar in allen Aufwüchsen in vergleichbarem Ausmaß (keine Wechselwirkung Aufwuchs × Vegetation). Durch diese unterschiedliche Entwicklung von Gerüstsubstanzen und Verdaulichkeit im Laufe der Vegetation ist deren Beziehung zu einander in den 3 Aufwüchsen sehr unterschiedlich.

- Entsprechend dem Gehalt an Gerüstsubstanzen und der Verdaulichkeit geht auch die Futteraufnahme des Wiesenfutters mit fortschreitender Vegetation zurück und in der Folge auch die aus dem Futter erzielbare Milchleistung. Futteraufnahme und Milchleistung verringern sich während des ersten Aufwuchses deutlicher als während des zweiten. Während des dritten Aufwuchses war dieser Rückgang am geringsten (Wechselwirkung Aufwuchs × Vegetation).

4. Literaturangaben

- ACKERMANN, R., I. MEWES, H. JEROCH und G. GEBHARDT, 1984: Untersuchungen zur Grobfutterqualität am Beispiel des Ackerfuttergrases Welsches Weidelgras. Tierzucht 38, 135-137.
- ALLEN, M.S. und D.R. MERTENS, 1988: Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. J. Nutr. 118, 261-270.
- ALLEN, M.S., 1996: Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. J. Anim. Sci. 74, 3063-3075.
- ALVA (Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten), 1983: Österreichisches Methodenbuch für die Untersuchung von Futtermitteln, Futterzusatzstoffen und Schadstoffen. Selbstverlag ALVA.
- BACHMANN, F., J. LEHMANN und H. GUYER, 1975: Die Qualitätsmerkmale verschiedener Gräser in Reinsaat bei unterschiedlicher Nutzungsreife und Stickstoffdüngung. Schweiz. Landw. Forschung 14, 249-303.
- BALDE, A.T., J.H. VANDERSALL, R.A. ERDMAN, J.B. REEVES III, und B.P. GLENN, 1993: Effect of stage of maturity of alfalfa and orchardgrass on *in situ* dry matter and crude protein degradability and amino acid composition. Anim. Feed Sci. Technol. 44, 29-43.
- BLASER, R.E., 1964: Symposium on forage utilization: Effects of fertility levels and stage of maturity on forage nutritive value. J. Anim. Sci. 23, 246-253.
- BLAXTER, K.L. und R.S. WILSON, 1963: The assessment of a crop husbandry technique in terms of animal production. Anim. Prod. 5, 27-42.
- BURNS, J.C., 2008: ASAS Centennial Paper: Utilization of pasture and forages by ruminants: A historical perspective. J. Anim. Sci. 86, 3647-3663.
- CAPUTA, J., 1966: Contribution à l'étude de la croissance du gazon des pâturages naturels à différentes altitudes. Schweiz. Landw. Forsch. 5, 393-426.
- CHAVES, A.V., G.C. WAGHORN, I.M. BROOKES und D.R. WOODFIELD, 2006: Effect of maturation and initial harvest dates on the nutritive characteristics of ryegrass (*Lolium perenne* L.). Anim. Feed Sci. Technol. 127, 293-318.

- CLEALE, R.M. und L.S. BULL, 1986: Effect of forage maturity on ration digestibility and production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69, 1587-1594.
- CONE, J.W., A.H. VAN GELDER, I.A. SOLIMAN, H. DE VISSER und A.M. VAN VUUREN, 1999: Different techniques to study rumen fermentation characteristics of maturing grass and grass silage. *J. Dairy Sci.* 82, 957-966.
- ČOP, J., A. LAVRENČIĆ und K. KOŠMELJ, 2009: Morphological development and nutritive value of herbage in five temperate grass species during primary growth: analysis of time dynamics. *Grass and Forage Sci.* 64, 122-131.
- CRAMPTON, E.W., E. DONEFER und L.E. LLOYD, 1960: A nutritive value index for forages. *J. Anim. Sci.* 19, 538-544.
- DACCORD, R., 1992: Grenzen der Milchleistung. *Landfreund* 52, 11-13.
- DEINUM, B., A.J.H. VAN ES und P.J. VAN SOEST, 1968: Climate, nitrogen and grass. II. The influence of light intensity, temperature and nitrogen on *in vivo* digestibility of grass and the prediction of these effects from some chemical procedures. *Netherlands J. Agr. Sci.* 16, 217-233.
- DEMARQUILLY, C. und J. ANDRIEU, 1992: Composition chimique, digestibilité et ingestibilité des fourrages européens exploités en vert. *INRA Prod. Anim.* 5, 213-221.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), 1997: DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt am Main, 212 S.
- ELIZALDE, J.C., N.R. MERCHEN und D.B. FAULKNER, 1999: *In situ* dry matter and crude protein degradation of fresh forages during the spring growth. *J. Dairy Sci.* 82, 1978-1990.
- FORBES, J.M., 1995: Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. CABI, UK, 532 S.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 1991: Leitlinien für die Bestimmung der Verdaulichkeit von Rohrnährstoffen an Wiederkäuern. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65, 229-234.
- GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie – Ausschuss für Bedarfsnormen), 2001: Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 8: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Frankfurt am Main, DLG-Verlag, 135 S.
- GIVENS, D.I., J.M. EVERINGTON und A.H. ADAMSON, 1989: The nutritive value of spring-grown herbage produced on farms throughout England and Wales over four years. I. The effect of stage of maturity and other factors on chemical composition, apparent digestibility and energy values measured *in vivo*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 27, 157-172.
- GIVENS, D.I., A.R. MOSS und A.H. ADAMSON, 1993: Influence of growth stage and season on the energy value of fresh herbage. 1. Changes in metabolizable energy content. *Grass and Forage Sci.* 48, 166-174.
- 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., T. GUGGENBERGER und A. SCHAUER, 1996: Aspekte, Einflussfaktoren und Bestimmung der Grundfutterqualität. Bericht 23. Tierzuchttagung, BAL Gumpenstein, 4.-5. Juni 1996, 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., A. STEINWIDDER, T. GUGGENBERGER, A. SCHAUER, J. HÄUSLER, R. STEINWENDER und B. STEINER, 2000: Einfluss der Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag, Futterwert, Milcherzeugung und Nährstoffausscheidung. Bericht 27. Viehwirtschaftliche Fachtagung, BAL Gumpenstein, 6.-8. Juni 2000, 41-88.
- GRUBER, L., J. HÄUSLER, A. STEINWIDDER, A. SCHAUER und G. MAIERHOFER, 2006: Influence of cutting frequency in Alpine permanent grassland on nutritive value, DM yield and agronomic parameters of milk production. *Slovak J. Anim. Sci.* 39, 26-42.
- GRUBER, L., 2009: Chemische Zusammensetzung, Analytik und Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer. Übers. Tierernährg. 37, 45-86.
- HACKER, J.B. und D.J. MINSON, 1981: The digestibility of plant parts. *Herbage Abstracts* 51, 459-482.
- HASSELMANN, L., H. MÜNCHOW und V. MANZKE, 1995: Futterwert des Bastardfuttergrases 'Wiesenschweidel' (*Festuca pratensis* Huds. × *Lolium multiflorum* Lam.) in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt verschiedener Aufwüchse. 107. VDLUFA-Kongreß 1995, Garmisch-Partenkirchen, VDLUFA-Schriftenreihe 40/1995, 741-744.
- HIDES, D.H., J.A. LOVATT und M.V. HAYWARD, 1983: Influence of stage of maturity on the nutritive value of Italian ryegrass. *Grass and Forage Sci.* 38, 33-38.
- HOFFMAN, P.C., S.J. SIEVERT, R.D. SHAVER, D.A. WELCH und D.K. COMBS, 1993: *In situ* dry matter, protein, and fiber degradation of perennial forages. *J. Dairy Sci.* 76, 2632-2643.
- HUHTANEN, P. und S. JAAKKOLA, 1994: Influence of grass maturity and diet on ruminal dry matter and neutral detergent fiber digestion kinetics. *Arch. Anim. Nutr.* 47, 153-167.
- HUNTINGTON, J.A. und D.I. GIVENS, 1995: The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. *Nutr. Abstr. Rev. (Series B)* 65, 63-93.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989: Ruminant Nutrition. Recommended Allowances and Feed Tables (R. Jarrige, Ed.), John Libbey Eurotext Paris-London-Rome, 389 S.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 2007: Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. Besoins des Animaux – Valeurs des Aliments. Tables INRA 2007. Editions Quae, c/o INRA, RD 10, 78026 Versailles Cedex, 307 S.
- JUNG, H.G. und G.C. FAHEY, 1983: Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: A review. *J. Anim. Sci.* 57, 206-219.
- JUNG, H.G. und K.P. VOGEL, 1986: Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *J. Anim. Sci.* 62, 1703-1712.
- JUNG, H.G. und D.A. DEETZ, 1993: Cell wall lignification and degradability. In: Forage Cell Wall Structure and Digestibility (H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph, Eds.), ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 315-346.
- 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.
- KRISTENSEN, V.F. und E.B. SKOVBORG, 1990: Effect of cutting time on yield and quality of grass and on silage intake and milk production in dairy cows. 15. Beretning, Landbrugsministeriet, Faellesudvalget for Statens Planteavl- og Husdyrbrugsforsøg, 37 S.

- KÜHBAUCH, W. und G. VOIGTLÄNDER, 1979: Veränderungen des Zellinhaltes, der Zellwandzusammensetzung und der Verdaulichkeit von Knautgras (*Dactylis glomerata* L.) und Luzerne (*Medicago × varia Martyn*) während des Wachstums. Z. Acker- und Pflanzenbau 148, 455-466.
- MADSEN, J. und T. HVELPLUND, 1994: Prediction of *in situ* protein degradability in the rumen. Results of a European ringtest. Livest. Prod. Sci. 39, 201-212.
- McDONALD, I., 1981: A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J. Agric. Sci. (Camb.) 96, 251-253.
- MERTENS, D.R., 1993: Rate and extent of digestion. In: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism (J.M. Forbes and J. France, Eds.), CAB International UK, 13-51.
- MERTENS, D.R., 1994: Regulation of forage intake. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization (G.C. Fahey, M. Collins and L.E. Moser, Eds.), National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, 450-493.
- MERTENS, D.R., 1997: Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci. 80, 1463-1481.
- MERTENS, D.R., 2002: Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. J. AOAC Int. 85, 1217-1240.
- MICHALET-DOREAU, B., R. VERITE und P. CHAPOUTOT, 1987: Méthodologie de mesure de la dégradabilité *in sacco* de l'azote des aliments dans le rumen. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA 69, 5-7.
- MINSON, D.J., 1990: Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, 483 S.
- MOTT, G.O. und J.E. MOORE, 1969: Forage evaluation techniques in perspective. In: Proc. Natl. Conf. Forage Quality Evaluation and Utilization (R.F. Barnes, D.C. Clanton, C.H. Gordon, T.J. Klopfenstein und D.R. Waldo, Eds.), Nebraska Center Cont. Educ., Lincoln, NE, L1-L7.
- MOWAT, D.N., R.S. FULKERSON, W.E. TOSSELL und J.E. WINCH, 1965a: The *in vitro* digestibility and protein content of leaf and stem portions of forages. Can. J. Plant Sci. 45, 321-331.
- MOWAT, D.N., B.R. CHRISTIE und J.E. WINCH, 1965b: The *in vitro* digestibility of plant parts of orchardgrass clones with advancing stages of maturity. Can. J. Plant Sci. 45, 503-507.
- NEHRING, K., 1963: Methodik zur kontinuierlichen Bestimmung der Verdaulichkeit von Grünfutter. Sitzungsberichte AdL, Bd. 12 (Heft 11), Rostock.
- NRC (National Research Council), 2001: Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed., National Academy Press, Washington, DC, USA, 381 S.
- ÖAG (Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau), 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Hrsg.: R. Resch, T. Guggenberger, L. Gruber, F. Ringdorfer, K. Buchgraber, G. Wiedner, A. Kasal und K. Wurm. Der fortschrittliche Landwirt 84 (Heft 24/2006), Sonderbeilage 20 S.
- OBA, M. und M.S. ALLEN, 1999: Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. J. Dairy Sci. 82, 589-596.
- OESTMANN, A., K.-H. SÜDEKUM, K. VOIGT und M. STANGASINGER, 1995: Zur Rolle von Lignin und phenolischen Monomeren in Futtermitteln für Wiederkäuer, I. Vorkommen, Funktionen und Nachweisverfahren. Übers. Tierernährg. 23, 105-131.
- OMBABI, A., K.-H. SÜDEKUM, F. TAUBE und G. RAVE, 1999: Kurzfristige wachstumsbedingte Veränderungen im Futterwert zweier Weidelgräser: Kontinuierliche Verdauungsversuche an Schafen. Agribiol. Res. 52, 171-181.
- OMBABI, A., K.-H. SÜDEKUM und F. TAUBE, 2001: Untersuchungen am Primäraufwuchs zweier Weidelgräser zur Dynamik der Veränderungen in der Verdaulichkeit und der Futteraufnahme durch Schafe. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 85, 385-405.
- ORSKOV, E.R. und I. McDONALD, 1979: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. (Camb.) 92, 499-503.
- ORSKOV, E.R., F.D. HOVELL und F. MOULD, 1980: The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Tropical Anim. Prod. 5, 195-213.
- ORSKOV, E.R. und M. RYLE, 1990: Energy Nutrition in Ruminants. Elsevier Applied Science, London and New York, 149 S.
- OWENS, D., M. McGEE und T. BOLAND, 2008: Intake, rumen fermentation, degradability and digestion kinetics in beef cattle offered autumn grass herbage differing in regrowth interval. Grass and Forage Sci. 63, 369-379.
- PRITCHARD, G.I., L.P. FOLKINS und W.J. PIGDEN, 1963: The *in vitro* digestibility of whole grasses and their parts at progressive stage of maturity. Can. J. Plant Sci. 43, 79-87.
- RAP (Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere), 1999: Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. 4. überarb. Auflage. Verlag landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, CH-3052 Zollikofen, 327 S.
- RINNE, M., S. JAAKKOLA und P. HUHTANEN, 1997: Grass maturity effects on cattle fed silage-based diets. 1. Organic matter digestion, rumen fermentation and nitrogen utilization. Anim. Feed Sci. Technol. 67, 1-17.
- RINNE, M., S. JAAKKOLA, K. KAUSTELL, T. HEIKKILÄ und P. HUHTANEN, P., 1999: Silages harvested at different stages of grass growth v. concentrate foods as energy and protein sources in milk production. Anim. Sci. 69, 251-263.
- Rostocker Futterbewertungssystem, 2004: Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs auf der Basis von Nettoenergie. Hrsg.: W. Jentsch, A. Chudy und M. Beyer. Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN), Forschungsbereich Ernährungsphysiologie „Oskar Kellner“, Dummerstorf (D), 392 S.
- SAS Institute Inc., 2010: SAS/STAT 9.22 User's Guide. Cary, NC (USA): SAS Institute Inc., 8460 S.
- SCHUBIGER, F.X., D.A. CHRISTENSEN, M.I. COCHRAN und G.M.J. HORTON, 1983: An evaluation of three stages of maturity of hay fed with two concentrate levels for lactating dairy cows. Can. J. Anim. Sci. 63, 623-629.
- SNIFFEN, C.J., J.D. O'CONNOR, P.J. VAN SOEST, D.G. FOX und J.B. RUSSELL, 1992: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70, 3562-3577.
- 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.
- SPIEKERS, H., H. NUSSBAUM und V. POTTHAST, 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 5. Aufl., DLG-Verlag Frankfurt am Main, 576 S.
- STATGRAPHICS PLUS 5, 2000: Manugistics Leveraged Intelligence. User Manual. Maryland, USA.
- STEACY, G.M., D.A. CHRISTENSEN, M.I. COCHRAN und G.M.J. HORTON, 1983: An evaluation of three stages of maturity of hay fed with two concentrate levels for lactating dairy cows. Can. J. Anim. Sci. 63, 623-629.

- STEINWIDDER, A. und L. GRUBER, 2000: Fütterungs- und tierbedingte Einflußfaktoren auf den Harnstoffgehalt der Milch von Kühen. Die Bodenkultur 51, 49-57.
- SÜDEKUM, K.-H., A. OESTMANN und M. STANGASSINGER, 1995: Zur Rolle von Lignin und phenolischen Monomeren in Futtermitteln für Wiederkäuer, II. Einfluss auf die Verdauung pflanzlicher Gerüstsubstanzen. Übers. Tierernährg. 23, 229-260.
- SÜDEKUM, K.-H., 2005: Möglichkeiten und Grenzen der Standardisierung der *in situ*-Methodik zur Schätzung des ruminalen Nährstoffabbaus. Übers. Tierernährg. 33, 71-86.
- TAUBE, F., 1990: Growth characteristics of contrasting varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). J. Agron. Crop Sci. 165, 159-170.
- TASI, J. und Z. BARCSÁK, 2003: Zusammenhang zwischen dem Alter von Grünlandpflanzen und deren Futterqualität. Proceedings of the 12th Conference on Nutrition of Domestic Animals „Zdravec-Erjavac Days“, 6.-7. November 2003, Radenci, 205-215.
- TERRY, R.A. und J.M.A. TILLEY, 1964: The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an *in vitro* procedure. J. Brit. Grassl. Soc. 19, 363-372.
- VAN SOEST, P.J., 1967: Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. J. Anim. Sci. 26, 119-128.
- VAN SOEST, P.J., D.R. MERTENS und B. DEINUM, 1978: Preharvest factors influencing quality of conserved forage. J. Anim. Sci. 47, 712-720.
- VAN SOEST, P.J., J.B. ROBERTSON und B.A. LEWIS, 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.
- VAN SOEST, P.J., 1994: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd Ed., Cornell University Press, Ithaca und London, 476 S.
- VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), 1976 inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997: Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- WANGSNES, P.J. und L.D. MULLER, 1981: Maximum forage for dairy cows. J. Dairy Sci. 64, 1-13.
- WEISSBACH, F. und S. KUHLA, 1995: Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfütter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. Übers. Tierernährg. 23, 189-214.
- WESTON, R.H., 1996: Some aspects of constraint to forage consumption by ruminants. Aust. J. Agric. Res. 47, 175-197.
- WILMAN, D., Y. GAO und M.A.K. ALTIMIMI, 1996: Differences between related grasses, times of year and plant parts in digestibility and chemical composition. J. Agric. Sci. (Camb.) 127, 311-318.
- WILMAN, D. und P. REZVANI MOGHADDAM, 1998: *In vitro* digestibility and neutral detergent fibre and lignin contents of plant parts of nine forage species. J. Agric. Sci. (Camb.) 131, 51-58.
- ZEBELI, Q., J. DIJKSTRA, M. TAJAJ, H. STEINGASS, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2008: Modelling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. J. Dairy Sci. 91, 2046-2066.