

Einfluss des Vegetationsstadiums von Grundfutter auf den Gehalt an Strukturkohlenhydraten

Impact of vegetation stage of forage on structural carbohydrate content

Reinhard Resch^{1*}

Zusammenfassung

Österreichs Berater, Lehrer und Landwirte befinden sich in einer Umstellungsphase der Bewertung der Faserkohlenhydrate von Rohfaser auf die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL). Ein Grund für die langsame Umstellung ist wahrscheinlich im Informationsdefizit zur österreichischen Situation der Gerüstsubstanzen im Bereich Grundfutter zu suchen. Um diesen Mangel durch spezifische Fakten auszugleichen, wurden von der HBLFA Raumberg-Gumpenstein mehr als 4.000 Wiesenfutterproben aus ganz Österreich ausgewertet und auch Erkenntnisse aus der Schweiz von neun Pflanzenarten des Wirtschaftsgrünlandes eingebaut.

Die Artenausstattung des Pflanzenbestandes, das Vegetationsstadium und der Aufwuchs hatten einen starken Einfluss auf die Bildung von verschiedenen Faserkohlenhydraten. Die Faserkohlenhydrate nahmen im Vegetationsverlauf des 1. Aufwuchses, insbesondere bei den Gräsern, stärker zu als in den Folgeaufwüchsen. Der Grad der Lignifizierung war vor allem bei Luzerne und Rotklee, aber auch bei Bärenklau deutlich höher als bei einigen Gräsern. Mit Ausnahme von Englisch Raygras, Knaulgras und Wiesenfuchsschwanz war der Gehalt an Lignin in den Folgeaufwüchsen höher als beim 1. Aufwuchs. Landwirte mit hochleistenden Milchkühen sind gut beraten, in Zukunft die Gerüstsubstanzen in ihrem Grundfutter nasschemisch analysieren zu lassen, damit sie die tatsächlichen Fasergehalte ihrer Futterbasis besser kennen. Wiesenfutter guter Qualität sollte weniger als 500 g NDF bzw. 300 g ADF und weniger als 45 g ADL je kg Trockenmasse aufweisen.

Schlagwörter: Lignifizierung, Gerüstsubstanzen, Faserkohlenhydrate, Grundfutterqualität

Summary

Austrian advisors, teachers and farmers are only slowly moving from the crude fibre-system to structural carbohydrates (NDF, ADF, ADL) regarding the evaluation of forage quality. Among other reasons this is caused by a lack of specific facts and data. Therefore more than 4,000 grass samples from Austria were analysed for structural carbohydrates by AREC Raumberg-Gumpenstein and complemented with Swiss results of nine forage plant species. Factors like composition of grassland species, stage of vegetation and growth had significant effects on polymerisation of cell wall carbohydrates. The examined grass species showed a higher increase of NDF and ADF contents during the first growth than in the following growths. Lignification of legumes like lucerne (*medicago sativa*), red clover (*trifolium pratense*) and white clover (*Trifolium repens*), but also of cow parsnip (*Heracleum sphondylium*) was higher compared to grasses. In the following growths higher contents of lignin occurred, with the exception of cocksfoot (*Dactylis glomerata*), ryegrass (*Lolium perenne*) and meadow foxtail (*Alopecurus pratensis*). Dairy farmers with high-yielding cows should analyse their forage by wet chemistry methods to get a better knowledge of cell wall carbohydrates. Forage of high quality should contain less than 500 g NDF, 300 g ADF and less than 45 g ADL per kg dry matter.

Keywords: lignification, structural carbohydrates, cell wall carbohydrates, forage quality

1. Einleitung

Um Gesundheit und ansprechende Leistung über eine möglichst lange Nutzungsdauer aufrecht erhalten zu können, benötigen hochleistende Milchkühe ein Fütterungsmanagement, das auf die Bedürfnisse der Tiere optimal eingeht. Nach SPIEKERS et al. (2009) ist hierbei die optimale Versorgung mit Kohlenhydraten von unstrittiger Bedeutung, weil diese Nährstoffgruppe die wichtigste Energiequelle für die Pflanzenfresser darstellt.

Die polymeren Zellwandbestandteile der Futterpflanzen machen 30 bis 80 % in der TM aus (DACCORD et al. 2001) und sind sehr heterogen und komplex in ihrer chemischen Struktur (NULTSCH 2001, GRUBER 2009). Für Wiederkäuer ist eine ausreichende Menge an zellwandgebundenen Kohlenhydraten, auch als Gerüstsubstanzen, Faser- oder Strukturkohlenhydrate bezeichnet, sehr wichtig für die Funktion des Verdauungstraktes. Nach ZEBELI et al. (2008) spielen strukturierte Kohlenhydrate für die Regulierung des pH-Wertes im Pansen eine entscheidende Rolle. Für

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, email: reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at

die Rationsgestaltung ist es daher speziell bei hochleistenden Tieren wichtig, die faserreichen Grundfuttermittel mit Labormethoden zu untersuchen, welche die Situation im Futter realistisch wiedergeben und die Wirkung bei der Verdauung gut beschreiben.

Bis in die heutige Zeit werden in der österreichischen Praxis die schwer verdaulichen Kohlenhydrate von Futtermitteln hauptsächlich anhand der Weender Analyse nach HENNEBERG und STOHMANN (1864) über die Rohfaser bewertet. Die Rohfaser entspricht allerdings, bedingt durch den chemischen Aufschluss, nicht den tatsächlichen Fasergehalten im Futtermittel, daher werden nach GRUBER (2009) sowohl Faser- (FC) als auch Nichtfaserkohlenhydrate (NFC) falsch eingestuft.

Mit der sogenannten Detergenzien-Analyse erreichte Van Soest bei Futtermitteln eine weitestgehend zutreffende Zuteilung der Kohlenhydrate in FC und NFC. Die Fraktionierung der Faserkohlenhydrate in Neutral- und Säure-Detergenzien-Faser sowie Lignin (NDF, ADF, ADL) ermöglichte die Bestimmung der Hauptkomponenten der Zellwandbestandteile, nämlich Zellulose, Hemizellulose und Lignin (GOERING und VAN SOEST 1970, VAN SOEST 1963a, 1963b, 1965, VAN SOEST und WINE 1967). Die Detergenzien-Analyse wurde mehrmals modifiziert (VAN SOEST et al. 1991, MERTENS 2002). NDF hat heute eine weltweite Akzeptanz als Analysenparameter zur Definition von Faserkohlenhydraten sowie als Parameter in der Fütterung der Wiederkäuer.

Berater, Lehrer und Landwirte sollen einen praxisnahen und verständlichen Zugang zur zeitgemäßen Faserkohlenhydratbewertung mittels NDF, ADF und ADL finden, um damit die verbesserten Möglichkeiten der Fütterung von hochleistenden Milchkühen in der täglichen Arbeit professionell anwenden zu können. Daher geht dieser Beitrag speziell auf die Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL sowie die Komponenten Hemizellulose, Zellulose und Lignin und deren Entwicklung im Laufe des Wachstums von verschiedenen Grundfutterpflanzen und Dauerwiesenbeständen ein, um das grundlegende Verständnis über Faserkohlenhydrate zu verbessern.

2. Material und Methoden

2.1 Datenmaterial Dauerwiesenfutter

Projekt Biodynamik

An der HBLFA Raumberg-Gumpenstein und deren Versuchsstation Piber wurden in einem synchron angelegten Exaktversuch in den Jahren 2004 bis 2009 unterschiedliche Qualitätsparameter von Dauerwiesenfutter bei einem Zwei-, Drei- und Vierschnittregime untersucht. Die Pflanzenbestände wurden von Ende April bis Anfang Oktober wöchentlich beprobt, sodass insgesamt 880 Futterproben mit Gerüstsubstanzenanalysen für die Auswertung zur Verfügung standen.

Exaktversuche auf Dauergrünland

Zur Untersuchung wurden Analysendaten von insgesamt 4.165 Futterproben von Dauerwiesenfutter aus 72 Exaktversuchen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein herangezogen. Die Proben stammen aus den Jahren 2004 bis 2014. Die Bewirtschaftungsintensität umfasste eine Bandbreite von einer Nutzung bei Extensivwiesen bis 9 Nutzungen

pro Jahr bei Kurzrasenweide und von ungedüngt bis zu 210 kg N/ha und Jahr. Ein Schwerpunkt der Versuchsstandorte war Gumpenstein und dessen Außenstellen. Mehr als 1.000 Proben lagen dank der Projektkooperationen mit vielen österreichischen landwirtschaftlichen Fachschulen (LFS) von Vorarlberg bis ins Burgenland verteilt und repräsentieren daher recht gut die gesamtösterreichische Situation.

Projekt Efficient Cow

Damit nicht nur Gerüstsubstanzenanalysen aus dem eigenen Labor der HBLFA Raumberg-Gumpenstein in die Auswertungen einfließen, wurden insgesamt 197 Grundfuttermittel (131 Grassilagen und 66 Heuproben) aus dem Forschungsprojekt „Efficient Cow“ aus dem Jahr 2014 miteinbezogen. Die Futterproben stammen von Milchkuhbetrieben aus ganz Österreich und wurden im Futtermittellabor Rosenau der Landwirtschaftskammer Niederösterreich (www.futtermittellabor.at) analysiert.

2.2 Datenmaterial Pflanzenarten

In der Schweiz wurden 10 unterschiedliche Futterpflanzen auf 3 Standorten (Reckenholz, La Frêtaz und Posieux) im Vegetationsverlauf von 1996 bis 1997 während neun Wochen im ersten Aufwuchs und in den Folgeaufwüchsen beobachtet und beprobt (JEANGROS et al. 2001). Um die Bedeutung einzelner Grünlandarten des Wirtschaftsgrünlandes in punkto Faserkohlenhydrate herauszuarbeiten, wurden für diesen Beitrag 9 Pflanzenarten aus dieser Studie herausgenommen. Die Pflanzenarten wurden auf verschiedenste Qualitätsparameter analysiert, unter anderem auch auf die Zellwandbestandteile NDF, ADF und ADL. Das verwendete Zahlenmaterial stammt aus der Veröffentlichung von DACCORD et al. (2001).

2.3 Futteranalytik

Die Analyse der Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL erfolgte nasschemisch mit dem Fibertec 2010 System von Foss Tecator. Eine exakte Beschreibung der Analysemethoden von Rohfaser und Faserkohlenhydraten kann in GRUBER (2009) nachgelesen werden.

2.4 Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit deskriptiven Methoden und linearen Regressionsmodellen untersucht. Dazu wurden die Programme Statgraphics Centurion XV (Version 15.2.14) und Microsoft Excel verwendet.

3. Ergebnisse und Diskussion

Im nachfolgenden Beitrag wurden umfangreiche Futterprobenuntersuchungen von Wiesenfutter und bedeutenden Arten des Wirtschaftsgrünlandes hinsichtlich Faserkohlenhydrate ausgewertet, um für Beratung, Lehre und Praxis das Feingefühl in der Anwendung dieser zukunftsweisenden Parameter zu schärfen.

3.1 Faserkohlenhydrate in Dauerwiesenfutter

Die dynamische Beprobung und Analyse von Faserkohlenhydraten (NDF, ADF, ADL) während der Vegetationsperiode

ergab bei Dauerwiesenfutter vor allem deutliche Unterschiede zwischen dem 1. Aufwuchs und den Folgeaufwüchsen (Abbildungen 1a, 2a, 3a und 4a). Ausgehend von ~380 g/kg TM stieg die Summe an Faserkohlenhydraten (NDF) im 1. Aufwuchs wöchentlich um 23 g/kg TM beachtlich an. Der NDF-Anstieg in den Folgeaufwüchsen betrug hingegen nur 3 bis 7 g/kg TM je Woche. Das NDF-Ausgangsniveau der Folgeaufwüchse lag zwischen 408 und 456 g/kg TM und damit deutlich höher als im 1. Aufwuchs. Die Datenstreuung wurde in den Kurvenverläufen mittels Fehlerindikatoren dargestellt. Diese zeigen die höchsten Standardabweichungen bei NDF, gefolgt von ADF und Lignin. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal der Faserkohlenhydrate von Dauerwiesenfutter in den Aufwüchsen war im Gehalt an ADF (Lignozellulose) zu finden. Der Gehalt an ADF stieg im Dauerwiesenfutter des 1. Aufwuchses pro Woche um 18 g/kg TM an, in den Folgeaufwüchsen belief sich der ADF-Zuwachs auf ~4 g/kg TM pro Woche (Tabelle 1). ADL war im 1. Aufwuchs mit durchschnittlich 40 g/kg TM deutlich weniger enthalten als in den Folgeaufwüchsen, mit Gehaltswerten zwischen 45 und 62 g/kg TM. Lignin ist der Hauptfaktor, der die Verfügbarkeit der pflanzlichen Zellwand für Pflanzenfresser (VAN SOEST 1994) und die Verdaulichkeit des Futters (JUNG und DEETZ 1993) begrenzt.

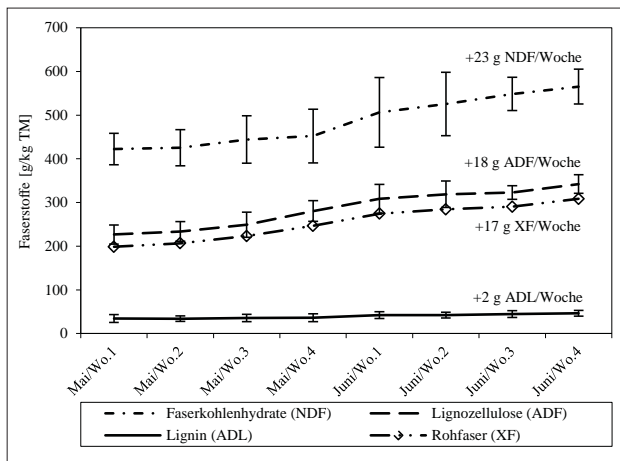


Abbildung 1a: Entwicklung von NDF, ADF, ADL und XF von Dauerwiesenfutter im 1. Aufwuchs

Die nach dem CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) nicht abbaubare Kohlenhydratfraktion C wird aus $ADL \times 2,4$ ermittelt (SNIFFEN et al. 1992). Grund der Unverfügbarkeit dieser Faserkohlenhydrate für Pansenmikroben sind die starken Verkettungen zwischen Lignin und Hemizellulose in der Zellwand. In den Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum (RESCH et al. 2006) lässt sich daher die geringere Verdaulichkeit der organischen Masse (OM) des Dauerwiesenfutters in den Folgeaufwüchsen gegenüber dem 1. Aufwuchs über die höheren Gehalte an Lignin und Hemizellulose besser erklären als mit der Rohfaser.

Aus den Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL lassen sich rechnerisch Zellulose, Hemizellulose und Lignin ermitteln (GRUBER 2009). Im Zusammenhang mit Faserkohlenhydraten stellt sich die Frage nach den Verhältnissen zwischen den drei Faserkomponenten im Laufe der Pflanzenentwicklung in den einzelnen Aufwüchsen. In den Abbildungen 1b, 2b, 3b und 4b wurde daher der Gesamtgehalt der Faserkohlenhydrate auf 100 % gesetzt und die Anteile von Zellulose, Hemizellulose und Lignin im Wochenverlauf dargestellt. Wiederum unterscheidet sich der 1. Aufwuchs des Dauerwiesenfutters deutlich von den Folgeaufwüchsen. Im 1. Aufwuchs betrug der Anteil des ADL durchgehend ~8 %, in den Folgeaufwüchsen 10 bis 12 % der gesamten

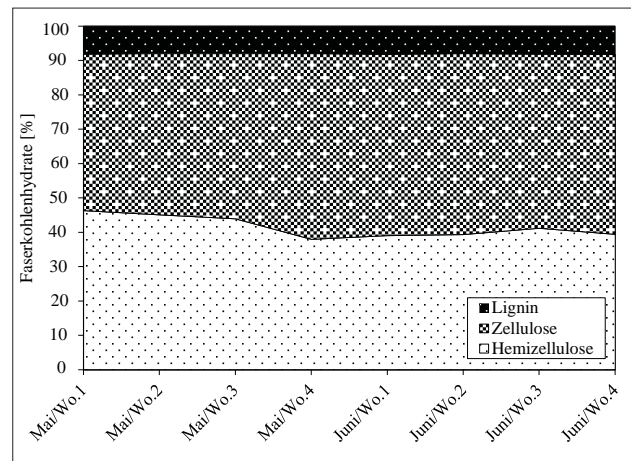


Abbildung 1b: Entwicklung der Faserkohlenhydrate im 1. Aufwuchs

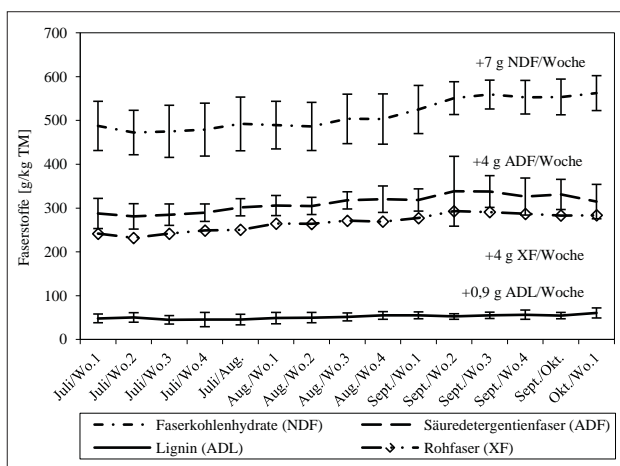


Abbildung 2a: Entwicklung von NDF, ADF, ADL und XF von Dauerwiesenfutter im 2. Aufwuchs

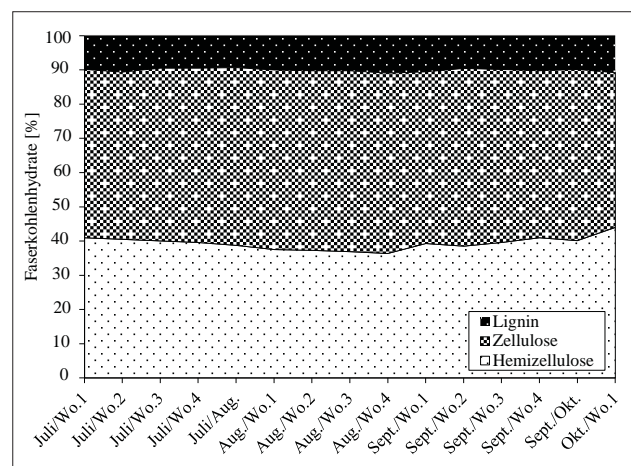


Abbildung 2b: Entwicklung der Faserkohlenhydrate im 2. Aufwuchs

Gerüstsubstanzen. Ein Unterschied konnte auch bei der Entwicklung von Zellulose und Hemizellulose festgestellt werden. Die Zellulose stieg im 1. Aufwuchs von 45 auf 52 % an, im gleichen Zeitraum kam es bei der Hemizellulose zu einer Reduktion von 46 auf 39 % (Abbildung 1b). Bei den

Folgeaufwüchsen blieb die Hemizellulose auf einem relativ konstanten Niveau von 35 bis 39 % und die Zellulose bei 49 bis 52 % (Abbildungen 2b, 3b und 4b). Der Verlauf der Gerüstsubstanzen in den einzelnen Aufwüchsen wurde auch mit Hilfe von linearen Regressi-

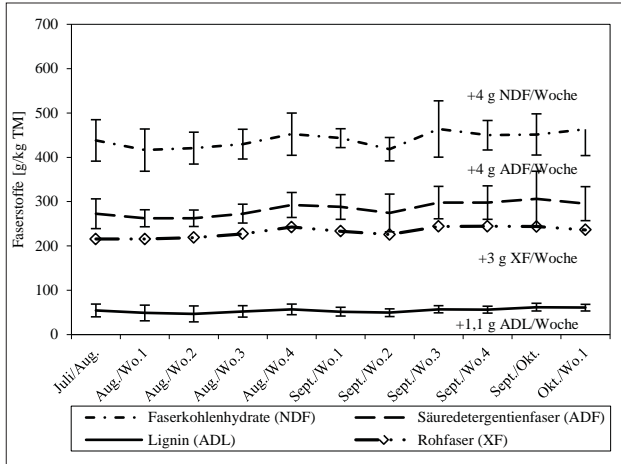


Abbildung 3a: Entwicklung von NDF, ADF, ADL und XF von Dauerwiesenfutter im 3. Aufwuchs

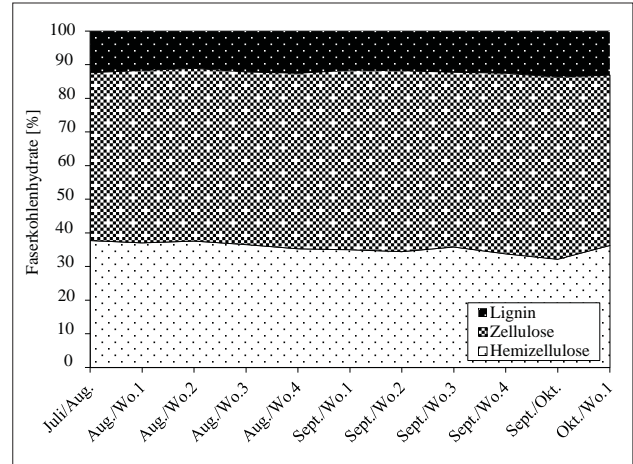


Abbildung 3b: Entwicklung der Faserkohlenhydrate im 3. Aufwuchs

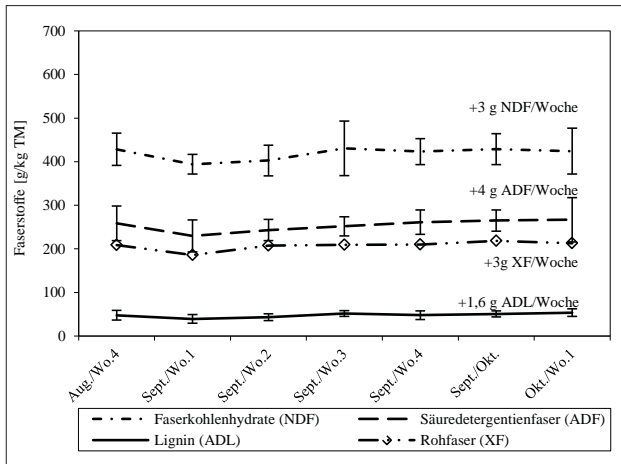


Abbildung 4a: Entwicklung von NDF, ADF, ADL und XF von Dauerwiesenfutter im 4. Aufwuchs

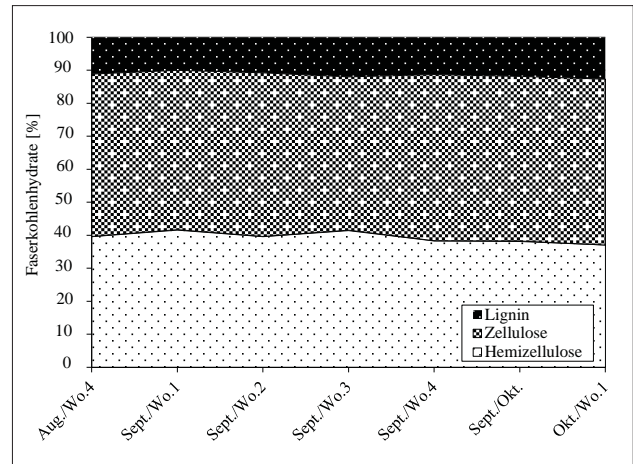


Abbildung 4b: Entwicklung der Faserkohlenhydrate im 4. Aufwuchs

Tabelle 1: Veränderungen der Faserkohlenhydrate NDF, ADF und ADL bzw. Rohfaser im Verlauf der Vegetationsentwicklung von 4 Aufwüchsen eines Dauerwiesenbestandes

Parameter	Lineare Gleichung Modell $y = a + bx$	Aufwuchs			
		1.*	2.*	3.*	4.*
NDF	a - Schossen (1. Messung)	383,8	456,2	419,5	407,7
	b - Änderung pro Woche	+22,8	+7,1	+3,5	+2,8
	R ² (%)	96	87	46	17
ADF	a - Schossen (1. Messung)	205,4	280,9	260,5	237,7
	b - Änderung pro Woche	+17,8	+3,7	+3,9	+4,0
	R ² (%)	96	77	70	43
ADL	a - Schossen (1. Messung)	30,7	44,5	47,7	41,1
	b - Änderung pro Woche	+2,0	+0,9	+1,1	+1,6
	R ² (%)	93	75	51	49
XF	a - Schossen (1. Messung)	179,3	233,6	214,7	196,0
	b - Änderung pro Woche	+16,6	+4,1	+2,8	+2,9
	R ² (%)	98	87	65	37

*1. Messung in der 1. Maiwoche bzw. 14 Tage nach dem jeweiligen Schnitt
Werte der Koeffizienten a bzw. b in g/kg TM

onsmodellen ($y = a + bx$) dargestellt (Tabelle 1). Diese zeigen ergänzend zu den Abbildungen 1a, 2a, 3a und 4a die zahlenmäßigen Grundlagen des Linienverlaufes und die Erklärung der Varianz über das Bestimmtheitsmaß (R^2). Die Beziehung zwischen der Zeit und dem Gehalt an Gerüstsubstanzen war im ersten Aufwuchs am engsten und nahm mit jedem Folgeaufwuchs ab.

Die Entwicklung der Pflanzen wird in der Praxis durch die Erhebung unterschiedlicher phänologischer Stadien charakterisiert (Abbildung 5). Im Hinblick auf die Futterqualität besitzt das Vegetationsstadium Ähren-/Rispen-schieben eine starke Bedeutung, weil in diesem Stadium die Kombination aus Futterqualität und Futtermenge in den meisten Fällen ein Optimum bilden. Beim Erscheinen der Gräserblütenstände bzw. der Blütenknospen von Leguminosen enthielt das untersuchte Wiesenfutter in der Regel 220 bis 260 g Rohfaser (RESCH et al. 2006). Umgelegt auf die Gerüstsubstanzen ergeben sich Wertebereiche für NDF, ADF und ADL, die mit Hilfe von Regressionskoeffizienten (Abbildungen 6, 7 und 8) berechnet wurden.

Die Nachteile des traditionellen Rohfasersystems und die Vorteile der Gerüstsubstanzen NDF, ADF und ADL sollen für österreichische Verhältnisse durch die Darstellung der Beziehungen zwischen den Faserparametern herausgearbeitet und diskutiert werden.

In Abbildung 6 zeigt sich auf Basis von 4.165 Dauerwiesenfutterproben eine enge Beziehung zwischen NDF und XF ($R^2 = 80,2\%$) und in der linearen Gleichung auch eine gute Übereinstimmung mit den Auswertungen von GRUBER et al. (2006). Die Analyse von 197 Proben aus dem

Futtermittellabor Rosenau ergab im niedrigen Wertebereich eine deutliche Differenz zur Gumpensteiner Gleichung, im hohen Wertebereich passten die beiden Schätzgleichungen gut zusammen. Für die Praxis wurden von den Fütterungsreferenten der Landwirtschaftskammern Rohfaser-Orientierungswerte für optimale Qualitäten von 220 bis 260 g XF/kg TM ausgegeben, was dem phänologischen Stadium Ähren-/Rispen-schieben gut entspricht. Umgelegt auf NDF entspräche das einem Orientierungsbereich von 430 bis 490 g NDF/kg TM. Die Orientierungswerte der DLG (SPIEKERS 2011) für Grassilage betragen im Vergleich dazu 400 bis 480 g NDF/kg TM.

Eine Schätzung von NDF auf Basis Rohfaser ist anhand der Regressionskoeffizienten aus der linearen Gleichung möglich, allerdings ist der mittlere Standardfehler der Schätzung mit 38,5 g NDF/kg TM nicht unerheblich. Eine genaue Erfassung der NDF erfordert daher die chemische Analyse.

Die Beziehung zwischen Rohfaser und ADF ist im Dauerwiesenfutter ebenfalls eng ($R^2 = 78,8\%$). In Abbildung 7 ist zu erkennen, dass die Gleichung nach GRUBER et al. (2006) etwas geringere ADF-Gehalte ergibt, im Gegensatz dazu wird mit der Gleichung auf Basis von Rosenauer Daten (Projekt Efficient Cow) der ADF-Gehalt überschätzt. Von einer Schätzung der ADF des vorliegenden Datenmaterials mit Gleichung oder Faktor ist in der Praxis wiederum abzuraten, weil der mittlere Standardfehler der Schätzung immerhin 24,4 g ADF/kg TM beträgt.

Für ADF hat die DLG (SPIEKERS 2011) einen Orientierungsbereich für Grassilage von 230 bis 270 g/kg TM festgelegt. Aus Abbildung 7 lässt sich für österreichisches

Dauerwiesenfutter ein ADF-Orientierungsbereich zwischen 270 bis 305 g/kg TM ableiten und diskutieren. Der DLG-Orientierungsbereich lässt annehmen, dass deutsche Wiesenbestände anders zusammengesetzt sind oder früher genutzt werden, weil der ADF-Bereich deutlich niedriger angesetzt wurde.

Verglichen mit NDF und ADF war die Beziehung zwischen ADL und Rohfaser deutlich schwächer ausgeprägt ($R^2 = 0,5\%$). Die sehr heterogene Datenbasis mit Ligninwerten von 5 bis 125 g/kg TM ist hier für die Interpretation von realitätsnahen Verhältnissen absolut wichtig und von Vorteil.

Die Beziehung zwischen ADL und Rohfaser in Abbildung 8 zeigt große Streuungen, die eine rechnerische Ableitung von ADL aus der Rohfaser über die ermittelte Regressionsgleichung nicht rechtfertigen. Der Standardfehler der Schätzung beträgt 14,8 g ADL/kg TM.

Ein weiterer Diskussionspunkt ist die starke Abweichung der Schätzgleichung des vorliegenden

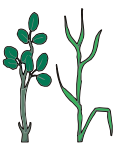
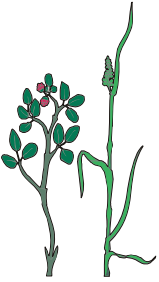



Schossen	Ähren-/Rispen-schieben	Beginn Blüte	Mitte bis Ende Blüte	Samenreife bis überständig
				
NDF < 430 g	430 – 490 g	490 – 540 g	540 – 600 g	> 600 g/kg TM
ADF < 270 g	270 – 305 g	305 – 330 g	330 – 370 g	> 370 g/kg TM
ADL < 42 g	42 – 45 g	45 – 46 g	46 – 48 g	> 48 g/kg TM
Rohfaser < 220 g	220 – 260 g	260 – 290 g	290 – 330 g	> 330 g/kg TM

Abbildung 5: Gehalt an Gerüstsubstanzen und Rohfaser in Abhängigkeit von der Phänologie des Wiesenfutters

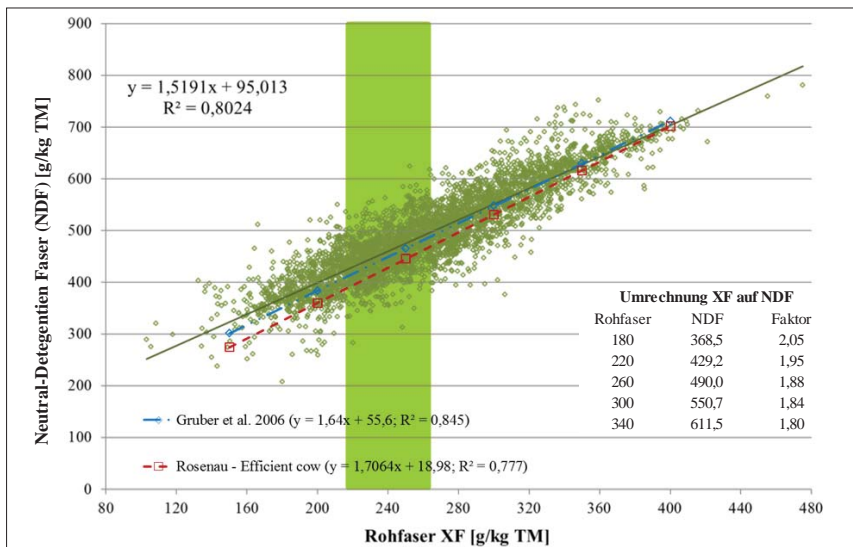


Abbildung 6: Beziehung zwischen NDF und Rohfaser bei Dauerwiesenfutter aus Österreich (Daten: 4.165 Futterproben, HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2004 bis 2014)

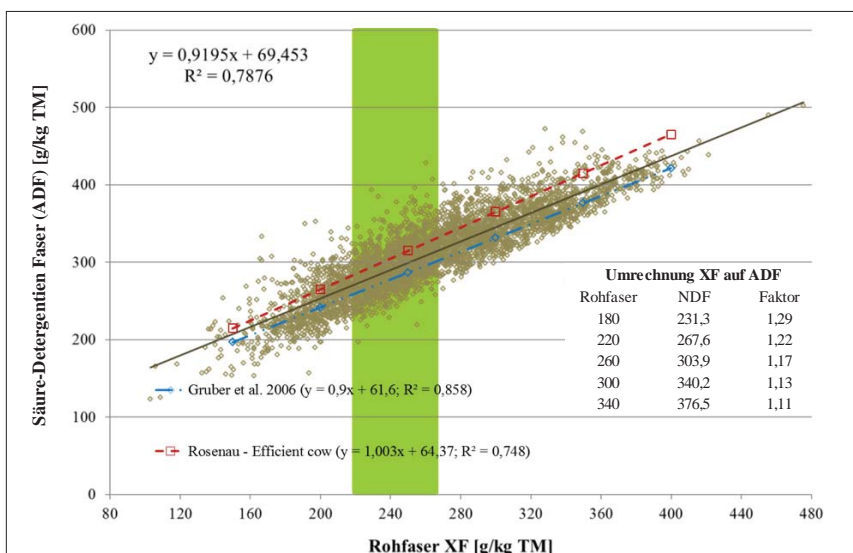


Abbildung 7: Beziehung zwischen ADF und Rohfaser bei Dauerwiesenfutter aus Österreich (Daten: 4.165 Futterproben, HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2004 bis 2014)

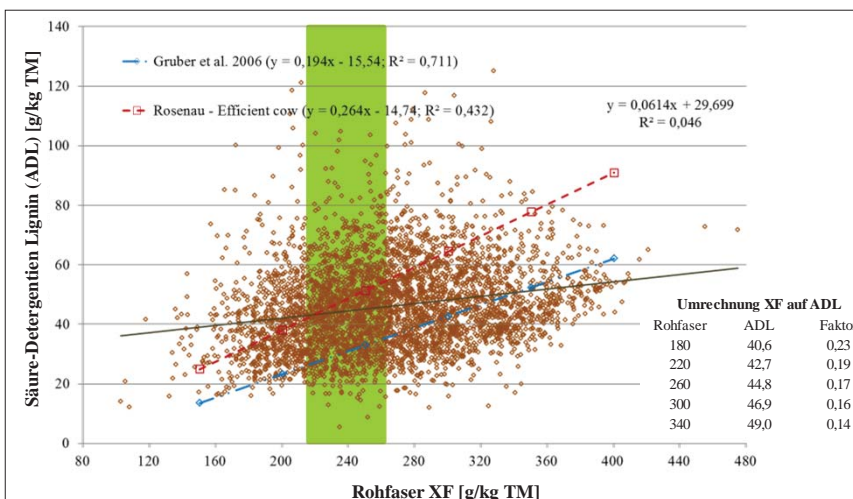


Abbildung 8: Beziehung zwischen ADL und Rohfaser bei Dauerwiesenfutter aus Österreich (Daten: 4.165 Futterproben, HBLFA Raumberg-Gumpenstein 2004 bis 2014)

Datenmaterials für ADL gegenüber der Gleichung von GRUBER et al. (2006) bzw. der Gleichung aus dem Datenmaterial des Projektes Efficient Cow. Aufgrund dieser Ergebnisse ist die Bedeutung der nasschemischen Untersuchung von Lignin noch stärker in den Vordergrund zu setzen und praktisch als unerlässliche Analyse zu betrachten, weil der Grad der Lignifizierung auch bei physiologisch jungem Wiesenfutter schon sehr hoch sein kann.

3.2 Faserkohlenhydrate einzelner Pflanzenarten des Wirtschaftsgrünlandes

Wiesenbestände sind aufgrund von Standort, Klima, Bewirtschaftungsintensität etc. mit sehr unterschiedlichen Pflanzenarten ausgestattet (DIERSCHKE und BRIEMLE 2002). Einzelne Grünlandarten, aber auch Artengruppen (Gräser, Kräuter, Leguminosen), üben nach RESCH et al. (2015) einen starken Einfluss auf verschiedene Parameter der Futterqualität aus. Daher sollen nachfolgend Ergebnisse aus der Schweiz von neun ausgewählten Arten des Wirtschaftsgrünlandes und deren Veränderungen im Vegetationsverlauf hinsichtlich der Faserkohlenhydrate besprochen werden.

Die NDF (Summe der Gerüstsubstanzen) unterschied sich zwischen den untersuchten Pflanzenarten sehr stark, aber auch zwischen den Artengruppen sowie zwischen 1. Aufwuchs und Folgeaufwüchsen (Tabelle 2). Gräser enthielten von Beginn bis Ende der Entwicklung im Durchschnitt deutlich mehr NDF als Leguminosen und Kräuter, wobei Knautgras und Wiesenfuchsschwanz im Niveau höher lagen als die beiden Raygrasarten. Bei den Kräutern veränderte sich der NDF-Gehalt nur gering, insbesondere beim Bärenklau. Weißklee bildete deutlich weniger NDF in dessen Entwicklung aus als Luzerne. Die höchste NDF-Zunahme während der neunwöchigen Beobachtung trat bei Luzerne mit etwa +320 g NDF/kg TM auf. Weidebestände auf der Basis von Englisch Raygras und Weißklee weisen daher wesentlich geringere NDF-Gehalte und höhere Nutzungselastizität auf als obergrasbetonte Dauerwiesen. Die NDF-Gehalte waren ausgenommen

von Knaulgras und Wiesenfuchsschwanz in den Folgeaufwüchsen höher als im 1. Aufwuchs.

Im Gehalt an ADF (Lignozellulose) ergaben sich ebenfalls große Differenzen zwischen Arten, Artengruppen und Aufwüchsen (*Tabelle 3*). Bei den Gräsern war der ADF-Gehalt im Durchschnitt höher als bei Leguminosen und Kräutern, wobei Knaulgras und Wiesenfuchsschwanz im 1. Aufwuchs die höchsten ADF-Differenzen zwischen Minimum und Maximum verzeichneten. Luzerne war in der Zunahme des ADF-Gehaltes (~250 g/kg TM) mit diesen beiden Grasarten etwa vergleichbar, während die Zunahme des ADF-Gehaltes bei Weißklee besonders im 1. Aufwuchs mit ~120 g ADF/kg TM geringer ausfiel. Der ADF-Gehalt des Bärenklau war relativ niedrig und stieg während der Vegetation nur in geringem Ausmaß an. Unterschiede zwischen den Aufwüchsen traten bei den Gräsern nur im Fall des Italienischen Raygrases auf, bei dem die Folgeaufwüchse deutlich mehr ADF enthielten als im 1. Aufwuchs. Offensichtlich ist

das Verhältnis von Stängeln und Blättern beim Italienischen Raygras in den Folgeaufwüchsen ungünstiger.

Die Ligningehalte der untersuchten Grünlandfutterpflanzen zeigen, dass Gräser allgemein niedrigere ADL-Werte aufwiesen als Leguminosen und Kräuter (*Tabelle 4*). Der ADL-Unterschied zwischen Minimum und Maximum war bei den Gräsern zwischen 30 und 60 g/kg TM, bei den Leguminosen zwischen 49 und 97 g/kg TM. Bärenklau hatte mit 39 bzw. 47 g ADL/kg TM relativ hohe Minimalwerte, die Spannweite zum ADL-Maximum waren mit max. 27 g von allen Pflanzenarten am geringsten. Bei den Gräsern fiel auf, dass die ADL-Minima in den Folgeaufwüchsen höher waren als beim 1. Aufwuchs. Mit Ausnahme des Italienischen Raygrases waren die ADL-Maxima der untersuchten Gräser in den Folgeaufwüchsen allerdings niedriger als beim 1. Aufwuchs. Bei Leguminosen und Kräutern waren die ADL-Gehalte in den Folgeaufwüchsen fast durchwegs höher als beim 1. Aufwuchs.

Tabelle 2: Veränderung der NDF-Gehalte von 9 Futterpflanzenarten im Vegetationsverlauf (DACCORD et al. 2001)

Art	Aufwuchs	n	Min.	Mittel	Max.	Spannweite Min. – Max.
Knaulgras	erster	32	407	556	682	275
	folgende	45	378	539	655	277
Englisches Raygras	erster	32	319	466	603	284
	folgende	43	335	571	576	241
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	394	581	699	305
	folgende	37	413	564	691	278
Italienisches Raygras	erster	16	279	419	515	236
	folgende	21	370	502	630	260
Weißklee	erster	20	177	237	334	157
	folgende	45	203	287	438	235
Rotklee	erster	28	181	292	468	287
	folgende	37	215	331	506	291
Luzerne	erster	16	182	352	502	320
	folgende	21	203	393	529	326
Löwenzahn	erster	29	146	208	307	161
	folgende	28	175	221	304	129
Bärenklau	erster	4	183	196	210	27
	folgende	7	194	267	322	128

Tabelle 3: Veränderung der ADF-Gehalte von 9 Futterpflanzenarten im Vegetationsverlauf (DACCORD et al. 2001)

Art	Aufwuchs	n	Min.	Mittel	Max.	Spannweite Min. – Max.
Knaulgras	erster	32	176	306	417	241
	folgende	45	211	310	394	183
Englisches Raygras	erster	32	163	257	349	186
	folgende	43	192	270	353	161
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	210	323	413	203
	folgende	37	246	324	410	164
Italienisches Raygras	erster	16	148	240	301	153
	folgende	21	214	294	373	159
Weißklee	erster	20	136	197	253	117
	folgende	45	173	243	346	173
Rotklee	erster	28	129	220	363	234
	folgende	37	156	251	390	234
Luzerne	erster	16	142	289	394	252
	folgende	21	193	328	428	235
Löwenzahn	erster	29	119	181	248	129
	folgende	28	143	193	250	107
Bärenklau	erster	4	173	186	199	26
	folgende	7	190	220	245	55

Tabelle 4: Veränderung der ADL-Gehalte von 9 Futterpflanzenarten im Vegetationsverlauf (DACCORD et al. 2001)

Art	Aufwuchs	n	Min.	Mittel	Max.	Spannweite Min. – Max.
Knautgras	erster	32	18	41	78	60
	folgende	45	24	39	54	30
Englisches Raygras	erster	32	13	34	63	50
	folgende	43	21	34	52	31
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	18	44	76	58
	folgende	37	22	38	55	33
Italienisches Raygras	erster	16	11	33	51	40
	folgende	21	22	48	62	40
Weißklee	erster	20	27	49	76	49
	folgende	45	41	67	98	57
Rotklee	erster	28	24	58	106	82
	folgende	37	33	70	114	81
Luzerne	erster	16	27	83	124	97
	folgende	21	50	100	137	87
Löwenzahn	erster	29	23	49	74	51
	folgende	28	30	56	93	63
Bärenklau	erster	4	39	47	57	18
	folgende	7	47	61	74	27

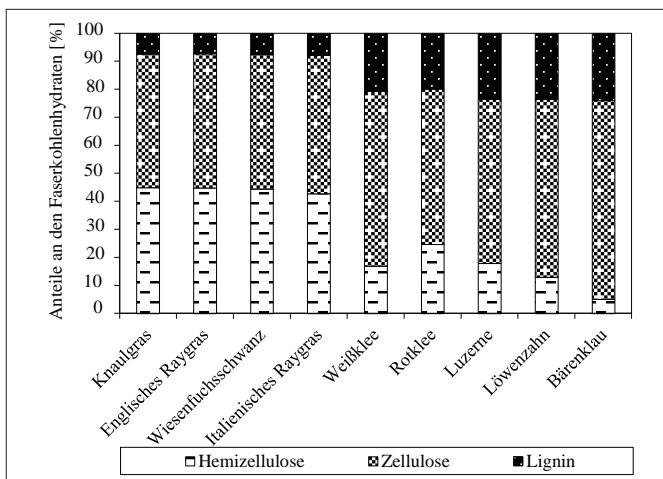


Abbildung 9: Durchschnittliche Anteile der Faserkohlehydrate (Hemizellulose, Zellulose, Lignin) von verschiedenen Grünlandarten im 1. Aufwuchs (nach DACCORD et al. 2001)

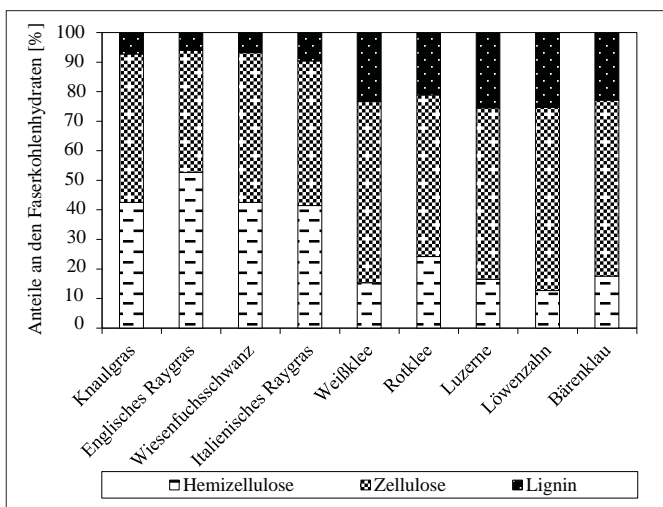


Abbildung 10: Durchschnittliche Anteile der Faserkohlehydrate (Hemizellulose, Zellulose, Lignin) von verschiedenen Grünlandarten in den Folgeaufwüchsen (nach DACCORD et al. 2001)

Nicht nur die absoluten Gehaltswerte an NDF, ADF und ADL der untersuchten Pflanzenarten sind als Unterscheidungsmerkmale von Bedeutung, auch die relativen Verhältnisse zwischen den Faserkohlenhydraten Hemizellulose, Zellulose und Lignin sind beachtenswert (Abbildungen 9 und 10). Der durchschnittliche Anteil an Lignin betrug bei Leguminosen und Kräutern 20 bis 25 %, bei den Gräsern nur 6 bis 10 %. Der Zelluloseanteil lag bei den Kleearten und Kräutern zwischen 55 bis 70 %, bei den Gräsern nur 41 bis 50 %. Ein sehr großer Unterschied resultierte auch im Anteil an Hemizellulose, der bei den Gräsern hoch war (41 bis 52 %) und sehr viel niedriger bei den Leguminosen und Kräutern (5 bis 25 %).

4. Fazit für die Praxis

Die Erzeugung einer optimalen Grundfutterqualität ist in Österreich von großer Bedeutung, weil ca. 50 % der Gesamtkosten von Milchkuhbetrieben durch die Futterkosten entstehen. Die zielorientierte Verbesserung der Futterqualität hat allerdings auch Grenzen, weil das wirtschaftseigene Grobfutter maßgeblich für die bedarfsgerechte Versorgung mit Faserkohlenhydraten, insbesondere bei hochleistenden Milchkühen, verantwortlich ist.

Die Bewertung von Faserkohlenhydraten mit Hilfe der Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) ist in der Lage, den tatsächlichen Verhältnissen von Wiesenfutter wesentlich näher zu kommen als die klassische Rohfaseranalyse. Die Ergebnisse aus umfangreichen Untersuchungen zeigen, dass die Pflanzenarten bzw. Artengruppen, das Vegetationsstadium und der Aufwuchs einen großen Einfluss auf die Bildung von verschiedenen Faserkohlenhydraten haben. Aufgrund dieser Erkenntnisse sollten Landwirte in der Lage sein, ihre Ziele hinsichtlich Futterqualität durch bewusste Lenkung der Arten des Pflanzenbestandes und der Auswahl des geeigneten Erntezeitpunktes zu erreichen. Die vorliegenden Auswertungen sollen einen konkreten Beitrag in der Diskussion über österreichische Orientierungswerte für Wiesenfutter leisten. Dazu wird vorgeschlagen, dass österreichisches Wiesenfutter guter

Qualität weniger als 500 g NDF bzw. 300 g ADF und weniger als 40 g ADL je kg TM aufweisen sollte.

5. Literatur

- DACCORD, R., Y. ARRIGO, B. JEANGROS, J. SCEHOVIC, F.X. SCHUBIGER und J. LEHMANN, 2001: Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Zellwandbestandteilen. *Agrarforschung Schweiz* 8, 180-185.
- DIERSCHKE, H. und G. BRIEMLE, 2002: Kulturgrasland. Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. Ulmer, Stuttgart, 239 S.
- GOERING, H.K. und P.J. VAN SOEST, 1970: Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications): *Agric. Handbook* 379. ARS (USDA), Washington DC, USA, 1-20.
- GRUBER, L., 2009: Chemische Zusammensetzung, Analytik und Bedeutung pflanzlicher Gerüstsubstanzen in der Ernährung der Wiederkäuer. *Übers. Tierernährg.* 37, 45-86.
- 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. *Slovak J. Anim. Sci.* 39, 26-42.
- HENNEBERG, W. und F. STOHMANN, 1864: Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. 2. Band: Über die Ausnutzung der Futterstoffe durch das volljährige Rind und über Fleischbildung im Körper desselben. Schwetske und Sohn, Braunschweig, 454 S.
- JEANGROS, B., J. SCEHOVIC, F.X. SCHUBIGER, J. LEHMANN, R. DACCORD und Y. ARRIGO, 2001: Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte. *Agrarforschung* 8, 1-8.
- JUNG, H.G. und D.A. DEETZ, 1993: Cell wall lignification and degradability. In Jung et al. (Eds.): *Forage cell wall structure and digestibility*. ASA-CSSA-SSSA, Madison (WI), USA, 315-346.
- 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.
- NULTSCH, W., 2001: *Allgemeine Botanik*. 11. völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart und New York, 133-140.
- RESCH, R., T. GUGGENBERGER, G. WIEDNER, A. KASAL, K. WURM, L. GRUBER, F. RINGDORFER und K. BUCHGRABER, 2006: Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum. Der fortschrittliche Landwirt, ÖAG-Sonderbeilage 8/2006, 20 S.
- RESCH, R., G. PERATONER, G. ROMANO, H.-P. PIEPHO, A. SCHAUMBERGER, A. BODNER, K. BUCHGRABER und E.M. PÖTSCH, 2015: Der Pflanzenbestand als Basis hoher Futterqualität im Grünland. 20. Alpenländisches Expertenforum „Bedeutung und Funktionen des Pflanzenbestandes im Grünland“. *Irdning, HBLFA Raumberg-Gumpenstein*, 1.-2. Oktober 2015, 61-75.
- 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.
- SPIEKERS, H., 2011: Ziele in der Wiederkäuerfütterung: *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*. 8. überarbeitete Auflage, DLG-Verlag, Bundesarbeitskreis Futterkonservierung, Frankfurt am Main, 13-17.
- SPIEKERS, H., H. NUSSBAUM und V. POTTHAST, 2009: Erfolgreiche Milchviehfütterung. 5. erweiterte und aktualisierte Auflage mit Futterkonservierung. DLG Verlag, Frankfurt am Main, 576 S.
- VAN SOEST, P.J., 1963a: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 46, 825-828.
- VAN SOEST, P.J., 1963b: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 46, 829-835.
- VAN SOEST, P.J., 1965: Use of detergents in analysis of fibrous feeds. III. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 48, 785-790.
- VAN SOEST, P.J. und R.H. WINE, 1967: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 50, 50-55.
- 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 Edition, Cornell University Press, Ithaca und London, 476 S.
- ZEBELI, Q., J. DIJKSTRA, M. TAFAJ, H. STEINGASS, B.N. AMETAJ und W. DROCHNER, 2008: Modeling 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.