

Pflanzen

Nährwert von Wiesenpflanzen: Gehalt an Zellwandbestandteilen¹

Roger Daccord und Yves Arrigo, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere (RAP), CH-1725 Posieux

Bernard Jeangros und Jan Schematic, Eidgenössische Forschungsanstalt für Pflanzenbau (RAC), Changins, CH-1260 Nyon 1

Franz X. Schubiger und Joseph Lehmann, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Reckenholz, CH-8046 Zürich

Auskünfte: Roger Daccord, e-mail: roger.daccord@rap.admin.ch, Fax +41 (0)26 407 73 00, Tel. +41 (0)26 407 72 74

Zusammenfassung

Von zehn wichtigen Arten von Wiesenpflanzen wurden die Zellwandbestandteile Rohfaser, Lignozellulose (ADF), Zellwände (NDF) und Lignin untersucht. Die Resultate von 555 analysierten Proben ermöglichen eine genauere Kenntnis darüber, wie sich der Gehalt an diesen Zellwandbestandteilen im Verlauf der Vegetationsperiode verändert. Mit zunehmendem Alter und abhängig vom Entwicklungsstadium verändert sich der Gehalt an allen vier Zellwandbestandteilen innerhalb einer Pflanzenart in ähnlicher Weise. Die Abhängigkeit vom Alter und dem Entwicklungsstadium ist im Verlauf des ersten Aufwuchses grösser als während der folgenden. Beim ersten Aufwuchs weist in der Gruppe der Gräser der Wiesenfuchsschwanz den höchsten Gehalt an Zellwandbestandteilen auf, währenddem dieser beim Knaulgras mit fortschreitendem Alter am meisten zunahm. In der Gruppe der Leguminosen hat die Luzerne den höchsten Gehalt und auch die grösste Zunahme. Vergleicht man den Verlauf des Rohfasergehaltes abhängig vom Entwicklungsstadium mit den Werten im «Grünen Buch», so zeigt sich eine zufriedenstellende Übereinstimmung, jedoch auch den Nachteil, dass im «Grünen Buch» nicht unterschieden wird zwischen dem ersten Aufwuchs und den folgenden.

Die Zellwandbestandteile, welche 30 bis 80 % der Trockensubstanz der Futterpflanzen ausmachen, gehören zu den wichtigsten Energiequellen der Pflanzenfresser. Diese Substanzen mit einer komplexen chemischen Struktur tragen auch wesentlich zu einer guten Funktion des Verdauungstraktes bei. Die Zellwandbestandteile werden eingeteilt in Zellulose, Hemizellulose, Pektinstoffe und Lignin. Bei den ersten drei Stoffgruppen handelt es sich um Gerüstpolysaccharide, während Lignin eine nicht zu den Kohlenhydraten gehörende phenolische und polymere Verbindung ist.

Die Schwankung der Gehalte an Zellwandbestandteilen ergibt einen Hinweis auf die Unterschiede

im morphologischen Aufbau und das Alter der Pflanzen. Dies hat einen grossen Einfluss auf deren Verzehrbareit und Verdaulichkeit. Bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde versucht, diese Inhaltsstoffe chemisch zu bestimmen. 1859 schlugen Henneberg und Stohmann von der landwirtschaftlichen Versuchstation Weende bei Göttingen die noch heute verwendete Methode zur quantitativen Bestimmung der Rohfaser (RF) vor. Erfasst werden mit dieser Methode ein grosser Teil der Zellulose, unterschiedliche Anteile an Hemizellulose und Lignin sowie ein kleiner Anteil der Pektine. Ein Jahrhundert später, zwischen 1960 und 1970, führten Van Soest und seine Kollegen Göring und Wine den Gebrauch von Detergenzien bei der Bestimmung der Lignozellulose (ADF = Acid Detergent

Fiber) und der Zellwände (NDF = Neutral Detergent Fiber) ein. Die Lignozellulose kann Rückstände von Rohprotein enthalten und die Analyse der Zellwände erfasst nur einen Teil des Pektins (Theander und Westerlund 1993). Die Kenntnis der Differenz der Gehalte an Zellwänden und Lignozellulose ermöglicht den Rückschluss auf den Hemizellulosegehalt.

Um die sehr umfangreiche Datenbank mit Analyseresultaten für RF weiter zu vervollständigen und mit Analysenergebnissen für Lignozellulose und Zellwände zu erweitern, wurde bei den in diesem Versuch geernteten Proben auch der ADF- und NDF-Gehalt untersucht (Weende und Van Soest).

Ein umfangreiches Projekt

Zehn Arten von Futterpflanzen wurden in Reinsaat angebaut und miteinander verglichen: 4 Gräser (Knaulgras, Englisches Raigras, Wiesenfuchsschwanz, Italienisches Raigras), 3 Leguminosen (Weissklee, Rotklee, Luzerne) und 3 Kräuter (Löwenzahn, Wiesenkerbel, Bärenklau). Die Aussaat erfolgte auf kleinen Versuchspartellen in La Frêtaz und Reckenholz. In Posieux wurden auf grossen Versuchspartellen lediglich drei Arten ausgesät, damit für die Verdaulichkeitsversuche mit Schafen genügend Material zu Verfügung stand. Auf den kleinen Partellen wurden während dem ersten Aufwuchs wöchentlich sieben bis acht Proben erhoben und während der folgenden Aufwüchse je vier. In Po-

¹Übersetzung: Jost Rodolphe Poffet, RAP Posieux

sieux hat man das Futter des 1., 3. und 4. Aufwuchses bei zwei oder drei verschiedenen Entwicklungsstadien geerntet. Insgesamt wurden 555 Proben entnommen. Um die Ergebnisse des 1. Aufwuchses der drei Versuchsorte miteinander vergleichen zu können, wurde der Zeitpunkt «Beginn Rispenschieben» beim Knaulgras als Referenzdatum ausgewählt (Zeitpunkt 0). Die Einzelheiten zur Versuchsanordnung und zu den untersuchten Parametern finden sich in der ersten Veröffentlichung dieser Folge von Publikationen (Jeangros *et al.* 2001). Bei der chemischen Analyse der Zellwandbestandteile wurde gemäss den Standardmethoden der Forschungsanstalten Changins, Posieux und Reckenholz sowie den Angaben von Scephovic (1979) gearbeitet.

Rohfaser: Veränderung im Verlauf des Alters

Im Allgemeinen sind die mittleren Gehalte an RF in der Gruppe der Gräser am höchsten und diejenigen der Kräuter am tiefsten (Tab. 1). Die Werte der Leguminosen befinden sich dazwischen, mit Ausnahme der Luzerne, deren mittlerer Gehalt an RF grösser ist als beim Raigras. Der Wiesenfuchsschwanz hat den höchsten und der Löwenzahn den tiefsten Mittelwert. Wegen der geringen Probenzahl wurde der Wiesenkerbel nicht berücksichtigt. Zwischen dem 1. Aufwuchs und den folgenden Aufwüchsen variieren die mittleren RF-Gehalte der Gräser wenig, ausser beim Italienischen Raigras, dessen Wert zunimmt. Tendenziell nehmen auch die Gehalte der Leguminosen zu, dies trifft bei den Kräutern nur auf den Bärenklau zu. Wie die Variationskoeffizienten zeigen, ist die Schwankung der RF-Gehalte bei den Gräsern, der Luzerne und beim Löwenzahn während dem 1. Aufwuchs grösser als während der Folgeaufwüchse. Bei den Kleearten und beim

Tab. 1. Rohfasergehalte der untersuchten Arten (g/kg TS)

Art	Aufwuchs	n	Mittel	Min.	Max.	C	R ²
Knaulgras	erster	34	279	139	397	26	0,85
	folgende	46	282	175	348	14	0,16
Englisches Raigras	erster	33	234	132	319	24	0,81
	folgende	45	238	163	291	12	0,05
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	296	190	376	18	0,91
	folgende	36	286	223	341	10	0,26
Italienisches Raigras	erster	16	216	127	269	21	0,83
	folgende	22	256	194	307	16	0,13
Weissklee	erster	27	144	104	202	19	0,82
	folgende	46	182	118	280	20	0,16
Rotklee	erster	28	180	99	302	33	0,80
	folgende	38	202	130	330	29	0,47
Luzerne	erster	16	244	116	359	34	0,98
	folgende	23	276	152	378	26	0,52
Löwenzahn	erster	30	134	85	178	16	0,53
	folgende	33	133	109	159	9	0,15
Wiesenkerbel	erster	1	129				
	folgende	7	125	114	146	9	(0,38)
Bärenklau	erster	4	134	132	136	1	(0,60)
	folgende	7	163	137	176	8	(0,40)

C = Variationskoeffizient; R² = Bestimmtheitsmass für die Anpassung des Rohfasergehaltes in Abhängigkeit der Zeit

Löwenzahn ist die Schwankung sowohl beim 1. Aufwuchs als auch bei den Folgeaufwüchsen beträchtlich.

Die Zunahme des RF-Gehaltes während dem 1. Aufwuchs ist in der Gruppe der Gräser beim Knaulgras am grössten, nämlich 31 g RF/kg Trockensubstanz (TS) und Woche (Abb. 1). Beim Italienischen Raigras ist die Zunahme geringer (17 g), dazwischen liegt das Englische Raigras sowie der Wiesenfuchsschwanz (24 beziehungsweise 23 g). Das Alter hat einen grossen Einfluss auf den RF-Gehalt des Wiesenfuchsschwanzes (R² = 0,91). Dieser ist etwas geringer bei den andern Gräsern (R² = 0,81 bis 0,85). Während der folgenden Aufwüchse ist der Alterseinfluss nur noch gering (R² = 0,05 bis 0,26). Bei den vier Gräsern ist die Zunahme des RF-Gehaltes minimal (3 bis 7 g; Abb. 2).

In der Gruppe der Leguminosen ist während dem 1. Aufwuchs die Zunahme des RF-Gehaltes bei

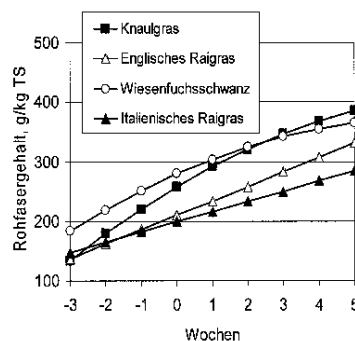


Abb. 1. Veränderung der Rohfasergehalte der Gräser während dem 1. Aufwuchs (0 = Beginn Rispenschieben beim Knaulgras).

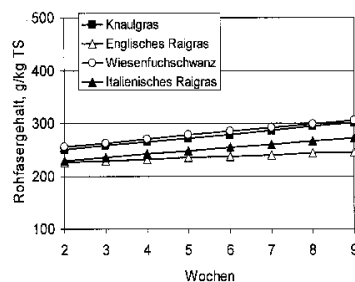


Abb. 2. Veränderung der Rohfasergehalte der Gräser im Verlauf der Folgeaufwüchse.

der Luzerne am grössten (34 g RF/kg TS und Woche; Abb. 3). Sie liegt beim Rotklee dazwischen (24 g) und ist beim Weissklee gering (13 g). Die Schwankung des RF-Gehaltes der Luzerne (R² = 0,98) wird vor allem und beim Weiss- und Rotklee (0,82 und 0,80) grösstenteils durch das Alter beeinflusst. Die

Abb. 3. Veränderung der Rohfasergehalte der Leguminosen während dem 1. Aufwuchs.

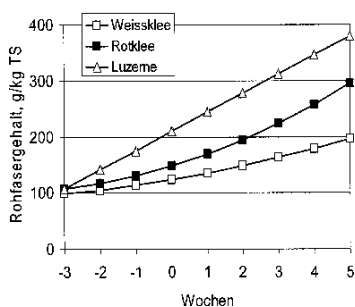
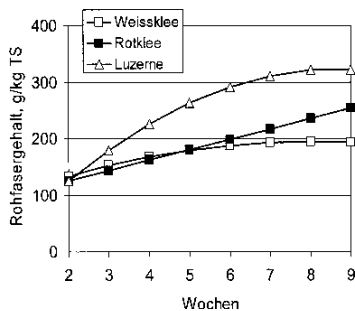


Abb. 4. Veränderung der Rohfasergehalte der Leguminosen während der Folgeaufwüchse.



RF-Gehaltszunahme der Luzerne ist während der Folgeaufwüchse kleiner als (6 g) während des 1. Aufwuchses, jedoch immer noch beträchtlich (22 g; Abb. 4). Diese ist beim Weissklee gering. Der Rotklee (18 g) nimmt eine Mittelstellung ein. Beim Weissklee ist jedoch nur ein kleiner Teil der Schwankung des RF-Gehaltes auf das Alter zurückzuführen ($R^2 = 0,16$).

Da vom Wiesenkerbel und Bärenklau nur eine ungenügende Anzahl von Proben geerntet werden konnte, ist eine zuverlässige Beschreibung der Entwicklung des RF-Gehaltes mit zunehmendem Alter bei diesen Arten nicht möglich. Während des 1. Aufwuchses ist die Zunahme des RF-Gehaltes beim Löwenzahn gering. Während den Wochen -3 bis +2 beträgt sie 12 g, nachher nimmt der Gehalt nicht mehr zu. Die Korrelation mit dem Alter ist mässig ($R^2 = 0,53$) und während der Folgeaufwüchse gering ($R^2 = 0,15$), dies trifft auch auf die RF-Gehaltszunahme zu (2 g).

Rohfaser: Veränderung im Verlauf der Entwicklungsstadien

Kenntnisse über RF-Gehaltsveränderungen zwischen den Ent-

wicklungsstadien sind wichtig. Auf solchen Beziehungen beruhen die Nährwerttabellen für Raufutter im «Grünen Buch» (RAP 1999). Die den Zeitpunkten der Probenahme entsprechenden Entwicklungsstadien werden von Jeangros *et al.* (2001) beschrieben. Falls der Aufwuchs und die Folgeaufwüchse zusammen betrachtet werden, ist die Beziehung zwischen dem RF-Gehalt und dem Entwicklungsstadium schwach und der Standardfehler des Mittelwertes wird somit gross (Tab. 2). In der Gruppe der Gräser variiert das Bestimmtheitsmass (R^2) zwischen 0,20 und 0,58. Bei den Leguminosen liegt dieser Wert zwischen 0,08 und 0,56. Die Beziehung ist in beiden Pflanzengruppen während dem 1. Aufwuchs eindeutig enger als während der Folgeaufwüchse.

Vergleicht man die Werte aus dem «Grünen» Buch für Raigras mit denjenigen der vorliegenden Untersuchung, ergibt sich beim Englischen Raigras eine gute Übereinstimmung (Abb. 5). Da im «Grünen Buch» nicht zwischen den verschiedenen Aufwüchsen unterschieden wird, führt dies beim Italienischen Raigras während dem 1. Aufwuchs und beim Englischen Raigras während der Folgeaufwüchse zu beachtlichen Unterschieden. Die Werte aus dem «Grünen Buch» für «andere Gräser» stimmen mit unseren Werten für Knautgras und Wiesenfuchsschwanz befriedigend überein (Abb. 6). Bei diesen beiden Gräsern ist die Unterscheidung der Entwicklungsstadien weniger wichtig. Beim Weissklee stimmen die Werte schlecht überein (Abb. 7). Die Werte aus

Tab. 2. Beziehung zwischen dem Rohfasergehalt und dem Entwicklungsstadium der untersuchten Arten

Art	Aufwuchs	n	R^2	$s_{\bar{x}}$
Knautgras	erster	34	0,84	30
	folgende	46	0,16	36
	alle	80	0,46	41
Englisches Raigras	erster	33	0,76	28
	folgende	45	0,05	28
	alle	78	0,34	35
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	0,88	18
	folgende	36	0,24	26
	alle	66	0,58	27
Italienisches Raigras	erster	16	0,80	22
	folgende	22	0,10	39
	alle	38	0,20	42
Weissklee	erster	27	0,64	17
	folgende	46	0,15	35
	alle	75	0,08	37
Rotklee	erster	28	0,76	30
	folgende	38	0,47	43
	alle	66	0,47	43
Luzerne	erster	16	0,96	18
	folgende	23	0,72	40
	alle	39	0,56	52
Löwenzahn	erster	30	0,57	14
	folgende	33	0,13	11
	alle	63	0,27	14

R^2 = Bestimmtheitsmass für die Anpassung des Rohfasergehaltes in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums; $s_{\bar{x}}$ = Standardfehler des Mittelwertes

dem «Grünen Buch» entsprechen in unserem Versuch annähernd denjenigen des 1. Aufwuchses. Demgegenüber stimmen beim Rotklee die Kurven gut überein (Abb. 8). Schliesslich zeigt der Vergleich bei der Luzerne eine befriedigende Übereinstimmung, allerdings mit Unterschieden zwischen den verschiedenen Aufwüchsen (Abb. 9).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Veränderung der Gehalte an Rohfaser vom Entwicklungsstadium der Pflanzen abhängt, diese Beziehung ist jedoch nicht immer sehr eng. Der Vergleich der ersten Aufwüchse mit den Folgeaufwüchsen zeigt oft sehr unterschiedliche Gehaltsveränderungen. Im «Grünen Buch» könnte die Unterscheidung erster Aufwuchs und Folgeaufwüchse eingeführt werden, dies setzt jedoch neben Kenntnissen der botanischen Zusammensetzung auch Angaben zum Entwicklungsstadium jeder untersuchten Probe voraus.

Lignozellulose

Die mittleren Gehalte an Lignozellulose (LZ) der verschiedenen Pflanzenarten variieren während der verschiedenen Aufwüchse ähnlich wie die Gehalte an RF (Tab. 3). Die Veränderungen mit zunehmendem Alter und entsprechend zwischen den Entwicklungsstadien verlaufen ebenfalls parallel zu denjenigen des RF-Gehaltes. Diese Übereinstimmung war zu erwarten, werden doch mit diesen zwei Bestimmungsmethoden dieselben Hauptbestandteile erfasst. Bei der Bestimmung der Lignozellulose werden mehr Zellwandbestandteile extrahiert: dies zeigt sich am RF-Gehalt, der um 24 % tiefer ermittelt wurde. Es besteht eine enge Beziehung zwischen den beiden Gehaltszahlen ($R^2 = 0,93$). Sie ist bei den Gräsern und Leguminosen (0,95 und 0,94) enger als bei den Kräutern (0,64). Die Beziehung ist zudem beim ersten Aufwuchs enger als bei den Folgeaufwüchsen (0,95 und 0,92).

Tab. 3. Lignozellulosegehalte der untersuchten Arten (g/kg TS)

Art	Aufwuchs	n	Mittel	Min.	Max.	C	R ²
Knaulgras	erster	32	306	176	417	23	0,85
	folgende	45	310	211	394	14	0,12
Englisches Raigras	erster	32	257	163	349	23	0,79
	folgende	43	270	192	353	13	0,09
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	323	210	413	18	0,93
	folgende	37	324	246	410	12	0,33
Italienisches Raigras	erster	16	240	148	301	20	0,86
	folgende	21	294	217	373	16	0,17
Weissklee	erster	20	197	136	253	19	0,76
	folgende	45	243	173	346	18	0,25
Rotklee	erster	28	220	129	363	31	0,84
	folgende	37	251	156	390	27	0,44
Luzerne	erster	16	289	142	394	32	0,96
	folgende	21	328	193	428	23	0,32
Löwenzahn	erster	29	181	119	248	19	0,50
	folgende	28	193	143	250	13	0,34
Wiesenkerbel	erster	1	172				
	folgende	7	181	157	204	10	(0,81)
Bärenklau	erster	4	186	173	199	6	(0,83)
	folgende	7	220	190	245	8	(0,39)

C = Variationskoeffizient; R² = Bestimmtheitsmass für die Anpassung des Lignozellulosegehaltes in Abhängigkeit der Zeit

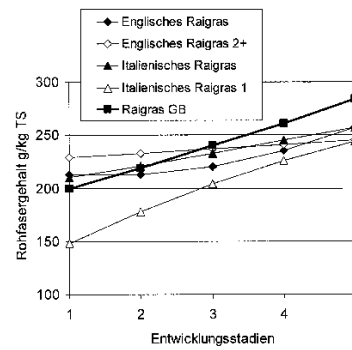


Abb. 5. Verlauf der Rohfasergehalte in Abhängigkeit der Entwicklungsstadien bei Raigras, verglichen mit den Werten des «Grünen Buches» (Angabe der Pflanzenart allein = alle Aufwüchse, 1 = 1. Aufwuchs, 2+ = Folgeaufwüchse, GB = «Grünes Buch»).

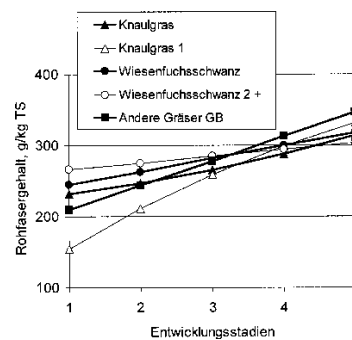


Abb. 6. Verlauf der Rohfasergehalte in Abhängigkeit der Entwicklungsstadien, verglichen mit den Werten des «Grünen Buches» für andere Gräser (Erklärungen siehe Abb. 5).

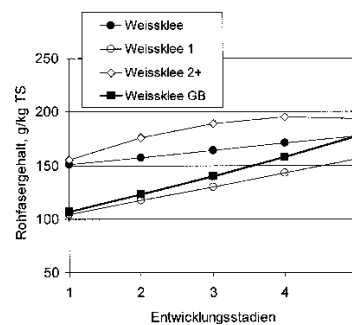


Abb. 7. Verlauf der Rohfasergehalte in Abhängigkeit der Entwicklungsstadien bei Weisklee, verglichen mit den Werten des «Grünen Buches» (Erklärungen siehe Abb. 5).

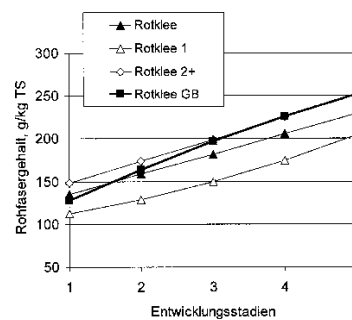


Abb. 8. Verlauf der Rohfasergehalte in Abhängigkeit der Entwicklungsstadien bei Rotklee, verglichen mit den Werten des «Grünen Buches» (Erklärungen siehe Abb. 5).

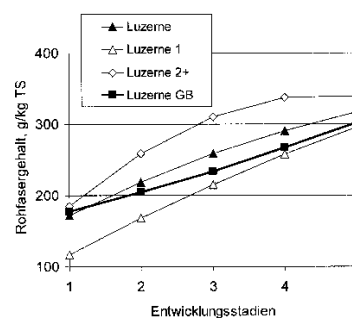


Abb. 9. Verlauf der Rohfasergehalte in Abhängigkeit der Entwicklungsstadien bei Luzerne, verglichen mit den Werten des «Grünen Buches» (Erklärungen siehe Abb. 5).

Tab. 4. Zellwandgehalte der untersuchten Arten (g/kg TS)

Art	Aufwuchs	n	Mittel	Min.	Max.	C	R ²
Knautgras	erster	32	556	407	682	15	0,85
	folgende	45	539	378	655	12	0,11
Englisches Raigras	erster	32	466	319	603	18	0,73
	folgende	43	471	335	576	12	0,11
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	581	394	699	15	0,94
	folgende	37	564	413	691	12	0,45
Italienisches Raigras	erster	16	419	279	515	16	0,87
	folgende	21	502	370	630	15	0,22
Weissklee	erster	20	237	177	334	19	0,62
	folgende	45	287	203	438	19	0,23
Rotklee	erster	28	292	181	468	28	0,81
	folgende	37	331	215	506	25	0,44
Luzerne	erster	16	352	182	502	31	0,95
	folgende	21	393	203	529	23	0,42
Löwenzahn	erster	29	208	146	307	17	0,36
	folgende	28	221	175	304	14	0,24
Wiesenkerbel	erster	1	193				
	folgende	7	234	182	312	18	(0,57)
Bärenklau	erster	4	196	183	210	6	(0,90)
	folgende	7	267	194	322	15	(0,60)

C = Variationskoeffizient; R² = Bestimmtheitsmass für die Anpassung des Zellwandgehaltes in Abhängigkeit der Zeit

Tab. 5. Ligningehalt der untersuchten Arten (g/kg TS)

Art	Aufwuchs	n	Mittel	Min.	Max.	C	R ²
Knautgras	erster	32	41	18	78	18	0,81
	folgende	45	39	24	54	8	0,15
Englisches Raigras	erster	32	34	13	63	14	0,85
	folgende	43	34	21	52	7	0,22
Wiesenfuchsschwanz	erster	30	44	18	76	16	0,81
	folgende	37	38	22	55	8	0,30
Italienisches Raigras	erster	16	33	11	51	13	0,85
	folgende	16	48	22	62	12	0,80
Weissklee	erster	20	49	27	76	15	0,72
	folgende	45	67	41	98	15	0,30
Rotklee	erster	28	58	24	106	25	0,85
	folgende	37	70	33	114	24	0,43
Luzerne	erster	16	83	27	124	34	0,93
	folgende	21	100	50	137	27	0,27
Löwenzahn	erster	29	49	23	74	14	0,45
	folgende	28	56	30	93	14	0,47
Wiesenkerbel	erster	1	40				
	folgende	7	44	27	63	13	(0,68)
Bärenklau	erster	4	47	39	57	8	(0,74)
	folgende	7	61	47	74	10	(0,57)

C = Variationskoeffizient; R² = Bestimmtheitsmass für die Anpassung des Ligningehaltes in Abhängigkeit der Zeit

Diese Beziehung ermöglicht die Berechnung einer Regressionsgleichung, um den LZ-Gehalt mit Hilfe des RF-Gehaltes zu ermitteln:

$$LZ = 53,9 + 0,9357 RF$$

R² = 0,93 Versuchsfehler = 19 n = 500
wobei:
LZ = Lignozellulose, g/kg Trockensubstanz
RF = Rohfaser, g/kg Trockensubstanz

Diese Gleichung stimmt mit derjenigen, welche von Jarrige et al. (1995) publiziert wurde, gut überein.

Zellwände

Die Schwankung der mittleren Gehaltswerte für Zellwände der untersuchten Pflanzenarten und während der verschiedenen Aufwüchse ist vergleichbar mit denjenigen von RF und LZ (Tab. 4). Die Veränderung mit zunehmendem Alter und fortschreitendem Entwicklungsstadium ist ebenfalls ähnlich wie der Verlauf der RF- und LZ-Gehalte. Der mittlere Gehalt an Zellwänden ist um 75 % höher als der RF-Gehalt. Dies zeigt, dass der RF-Gehalt nur einen begrenzten Anteil an Zellwandbestandteilen beinhaltet. Wie erwartet, ist die Beziehung zwischen Zellwandgehalten und den RF-Gehalten weniger eng als diejenige zwischen ersterem und den LZ-Gehalten (R² = 0,86). Die Ermittlung des Gehaltes an Zellwänden anhand des RF-Gehaltes ist somit nicht sehr genau:

$$ZW = -17,7 + 1,8811 RF$$

R² = 0,86 Versuchsfehler = 54 n = 500
wobei:
ZW = Zellwände, g/kg Trockensubstanz
RF = Rohfaser, g/kg Trockensubstanz

Mit dem Älter werden der Pflanzen nimmt der Gehalt an Zellwänden zu und der Rohprotein-gehalt ab. Diese Beziehung ist besonders ausgeprägt beim 1. Aufwuchs von Rotklee (R² = 0,90). Der Gehalt an Zellwänden ist auch mit dem Gehalt an Zuckern korreliert. Die engste Beziehung ist diejenige beim 1. Aufwuchs des Wiesenfuchsschwanzes (R² = 0,75) und des Englischen Raigrases (R² = 0,71).

Lignin

Die Gräser enthalten weniger Lignin als die Leguminosen oder die andern Pflanzen (Tab. 5). Den höchsten Ligningehalt in der Gräsergruppe beim 1. Aufwuchs

weist der Wiesenfuchsschwanz auf; bei den Folgeaufwüchsen ist es das Italienische Raigras. Die Luzerne hat in der Gruppe der Leguminosen den höchsten Ligningehalt, sowohl beim ersten Aufwuchs als auch bei den Folgeaufwüchsen. Die Gräser weisen im Verlauf des 1. Aufwuchses die grössten Gehaltsschwankungen auf. Die Beziehung zwischen den Ligningehalten und der Zeit sowie dem Alter gleicht derjenigen, die bei den anderen Zellwandbestandteilen beobachtet wurde; sie ist ebenfalls während dem 1. Aufwuchs enger. Der Ligningehalt nimmt bei der Luzerne pro Woche während dem 1. Aufwuchs am meisten (13 g) und beim Italienischen Raigras am geringsten zu (5 g).

Folgerungen

■ Innerhalb einer Pflanzenart ist die Veränderung des Gehaltes bei allen vier Zellwandbestandteilen ähnlich. Die Beziehung zwischen diesen Gehaltswerten und dem Alter sowie dem Entwicklungsstadium ist während den Folgeaufwüchsen viel geringer als dies während dem 1. Aufwuchs der Fall ist.

■ Die Darstellung der Gehaltsveränderungen an Zellwandbestandteilen mittels einer Kurve, vereinfacht stark die wirklichen Zustände, vor allem bei den Folgeaufwüchsen. Um diese Kurven zu benützen und zu interpretieren, bedingt diese Modellierung eine genaue Festlegung der Grenzen.

■ Die in dieser Arbeit beobachteten Veränderungen des Rohfasergehaltes mit dem Entwicklungsstadium der wichtigsten Gräser und Leguminosen stimmen mit den modellierten Veränderungen gemäss «Grünem Buch» zufriedenstellend überein. Mit Hilfe der vorliegenden Ergebnisse können diese Kurven verbessert werden.

■ Die untersuchten Zellwandbestandteile sind bei der Beurteilung der Futterpflanzen und der Ermittlung des Nährwertes nützlich. Um jedoch die Verzehrbarekeit der Pflanzen und die kinetischen Abbauvorgänge im Pansen besser voraussagen zu können, wird es notwendig sein, noch weitere Zellwandbestandteile mit besser entwickelten Analysemethoden zu bestimmen.

Literatur

■ Jarrige R., Grenet E., Demarquilly C. et Besle J.-M., 1995. Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. In: Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion, 25-81. Ed. Jarrige *et al.*, INRA, Paris, 921 p.

■ Jeangros B., Scephovic J., Schubiger F. X., Lehmann J., Daccord R. und Arrigo Y., 2001. Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte. *Agrarforschung* 8(2), 78-86.

■ RAP, 1999. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. (4. überarb. Aufl.), LmZ, Zollikofen, 327 S.

■ Scephovic J., 1979. Prédiction de la digestibilité de la matière organique et de la quantité de matière sèche ingérée des graminées, sur la base de leur composition chimique. *Fourrages* 79, 57-78.

■ Theander O. and Westerlund E., 1993. Quantitative analysis of cell wall components. In: Forage cell wall structure and digestibility, 83-104. Ed. Jung H. G. *et al.*, Madison, Wisconsin, 794 p.

RÉSUMÉ

Valeur nutritive des plantes des prairies: teneurs en constituants pariétaux

Les principaux constituants pariétaux, la cellulose brute, la lignocellulose (ADF), les parois (NDF) et la lignine ont été analysés dans 10 espèces fourragères importantes. Les 555 échantillons récoltés ont permis de préciser l'évolution de ces constituants pariétaux au cours de la période de végétation. Pour une même espèce, les teneurs des 4 constituants pariétaux évoluent avec l'âge et avec le stade de développement de manière semblable. L'âge et le stade expliquent une partie nettement plus faible des variations de ces teneurs au cours des repousses qu'au cours de la 1^{ère} pousse. Dans le groupe des graminées à la 1^{ère} pousse, c'est le vulpin qui est le plus chargé en constituants pariétaux, mais leurs teneurs s'accroissent le plus rapidement avec l'âge chez le dactyle. Dans le groupe des légumineuses, la luzerne a les teneurs les plus élevées et dont l'augmentation est la plus rapide. La comparaison de l'évolution des teneurs en cellulose brute selon les stades de développement avec les valeurs du «Livres Vert» montre des concordances satisfaisantes, mais aussi la faiblesse du «Livres vert» de ne pas faire la différence entre les pousses et les repousses.

SUMMARY

Nutritive value of grassland plants: contents of cell wall constituents

The main constituents of the cell wall, e.g. crude fiber, ADF, NDF and lignin, were analysed in 10 important varieties of grassland plants. The results of 555 analysed samples give a better knowledge of the changes with regard to the content of cell wall constituents during the growing season. Within the same plant variety and depending on the age and the stage of development, the content of all 4 cell wall constituents changed in a similar way. The relation between the content of those constituents and the age as well as the stage of development is stronger during the first growth than during the subsequent growths. During the first growth and within the group of grasses, meadow foxtail has the highest content of cell wall constituents, whereas cocksfoot with the age has the fastest increase of that content. Within the group of legumes, we noticed the highest content and its biggest increase with lucerne. The comparison of the changes in the crude fiber content in relation to the stage of development shows a reasonable similarity with the values in the «Swiss Green Book». The disadvantage of the «Green Book» is that it does not make any difference between 1st growth and regrowths.

Key words: grasses, legumes, herbs, cell wall constituents, crude fiber, ADF, NDF, lignin