

## Zellwandbestandteile in frischem und konserviertem Frühjahrs- und Herbstfutter aus Wiesenschwingel und Rotklee in einem Standortsvergleich (435 und 1085 m über NN)

*G. Voigtländer, J. Kloskowski und W. Kühbauch*

### 1. Einleitung

Die Zellwandbestandteile von Futterpflanzen erfüllen in der Pflanzen- und Tierproduktion vielfältige Aufgaben. Sie werden in der Pflanze aus Assimilaten gebildet und dienen als Gerüst für die Gesamtpflanze. So wird es verständlich, daß ihr Anteil mit zunehmendem Alter, d.h. mit Zunahme von Gewicht und Höhe der Pflanzen, stärker ansteigt als die Gehalte anderer Inhaltsstoffe. Die Blätter haben dementsprechend einen viel geringeren Anteil an dieser Stoffgruppe als die Stengel; sie sind als jüngste Pflanzenteile Hauptorte der Assimilation und haben kaum eine tragende Funktion.

In der Tierproduktion sind die Zellwandbestandteile besonders für Wiederkäuer wertvolle Nährstoffträger. Darüber hinaus sind sie in bestimmten Anteilen in deren Ration erforderlich, weil Speichelproduktion, Pansenmotorik und die Passage des Futters durch den Verdauungstrakt nur optimal ablaufen, wenn das Futter eine entsprechende, durch die Gerüstsubstanzen charakterisierte Struktur aufweist. Ist der Gehalt in der Gesamtration zu gering, kommt es zu Störungen im Verdauungsablauf und bei längerer Dauer zu gesundheitlichen Schäden; ist der Gehalt zu hoch, sinken Verdaulichkeit des Futters und tierische Leistungen.

Für eine rechtzeitige Futterernte ist es wichtig, die Gehalte der einzelnen Arten an Zellwandbestandteilen in verschiedenen Entwicklungsstadien in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung zu kennen. Diesem Zweck sollten die vorliegenden Untersuchungen dienen.

### 2. Material und Methoden

Standorte	Grünschwaige	Gereute
Höhe über NN:	435 m	1 085 m
Jahressumme der Niederschläge*:	818 mm	1 749 mm
Tagesmitteltemperatur*:	7,7°C	6,5°C
Jahresglobalstrahlung (Joule/cm <sup>2</sup> )*:	410 365	441 989

\*Langjähriges Mittel

## Versuchszeitraum

1977 – 1978

## Versuchspflanzen

Wiesenschwingel (Cosmos 11)  
Rotklee (Lucrum)

## Schnittzeitpunkte

*Wiesenschwingel:*

- I.1 = erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 1, „Beginn der Halmstreckung“
- I.2 = erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 2, „Rispschieben“
- III = dritter Aufwuchs Grünschwaige bzw. zweiter Aufwuchs Gereute, mit überwiegender Blattmasse bzw. Halmanteil < 5 %

*Rotklee:*

- I.1 = erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 1, „verlängerte Triebe ohne Knospen“
- I.2 = erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 2, „Blühbeginn“
- III = dritter Aufwuchs Grünschwaige bzw. zweiter Aufwuchs Gereute, „Blühbeginn“

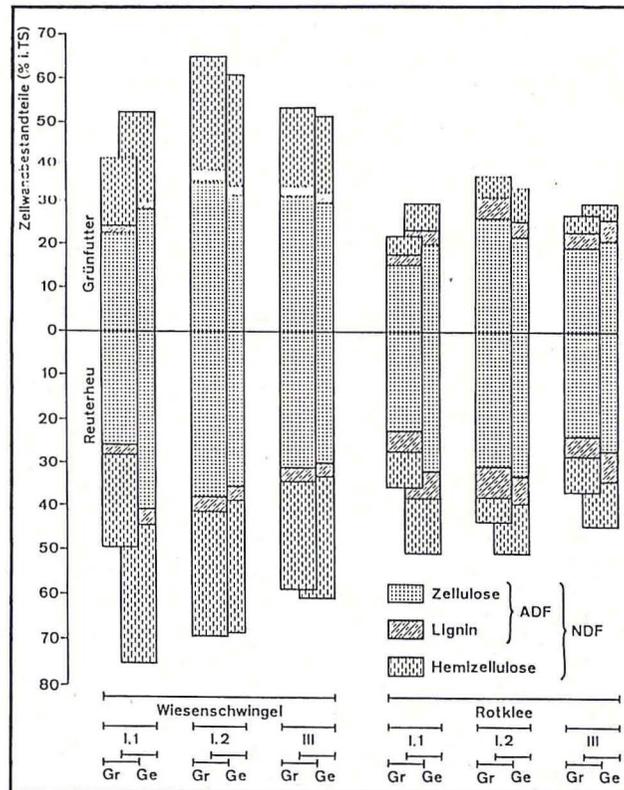
## Chemische Untersuchungen

Zellwand und Zellinhalt wurden nach dem von GOERING und VAN SOEST (1970) beschriebenen Verfahren untersucht. Die Fraktionen NDF (Neutral Detergent Fiber = Gesamtzellwand), ADF (Acid Detergent Fiber = Lignozellulose) und Lignin wurden analytisch bestimmt. Die Zellinhaltsstoffe (100 – NDF), Hemizellulosen (NDF – ADF) und Zellulose (ADF – Lignin) wurden aus den o.g. Fraktionen errechnet.

## 3. Ergebnisse

Vergleicht man die entsprechenden Varianten der beiden Versuchsstandorte, so zeigen sich die größten Unterschiede in der Zusammensetzung der Zellwand im Futter vom frühen ersten Schnitt; das frische wie auch das getrocknete Pflanzenmaterial vom *Wiesenschwingel* der Vorgebirgslage wies im Wuchsstadium „Beginn der Halmstreckung“ deutlich höhere Gehalte in den einzelnen Zellwandfraktionen auf als das vergleichbare Futter des Flachlandes. Mit zunehmender Aufwuchsdauer (des 1. Aufwuchses) erhöhten sich die Zellwandgehalte in allen Fraktionen, wobei die Zunahmen im Futter des Flachlands (*Grünschwaige*) stets wesentlich stärker waren als die im Futter aus dem Bergland (*Gereute*) (Abbildung 1). Damit wurden die Unterschiede zwischen den bei-

**Abbildung 1:**  
**Gehalte an Zellwandbestand-**  
**teilen (% i. TS) von Wiesen-**  
**schwingel und Rotklee als**  
**Grünfutter und Reuterheu in**  
**Abhängigkeit von Standort**  
**und Erntezeit, Versuchsjahr**  
**1978**



den Standorten bis zum Stadium „Rispenschieben“, das etwa der Siloreife des Futters entspricht, geringer. *Grünfutter* aus Gereute enthielt zum Schnittzeitpunkt I.2 (Frühjahr, später Schnitt) gegenüber den im Flachland gernteten Proben weniger an Zellwand, d.h. weniger Lignozellulose und Zellulose, aber fast die gleichen Gehalte an Lignin und Hemizellulosen.

Im *Reuterheu* desselben Ausgangsmaterials waren die Zellwandgehalte immer deutlich höher als im Grünfutter, wobei die größten Unterschiede zwischen den Standorten ebenfalls wieder im frühen 1. Schnitt auftraten. Bis zur Siloreife hatten sich die Standortsunterschiede infolge einer stärkeren Zunahme der Zellwandbestandteile im Flachlandfutter verringert.

Aber auch das Verhältnis der NDF-Fraktion des Grünfutters zu der des Reuterheues hat sich vom Schnittzeitpunkt I.1 bis I.2 verändert. Es ist auf beiden Standorten enger geworden. Ganz offensichtlich wurden aber die NDF-Gehalte des Reuterheues, auch im frühen ersten Schnitt (I.1), stärker durch die altersbedingten NDF-Gehalte des Grünmaterials bestimmt als durch die Verluste an Zellinhaltsstoffen während der Heuwerbung und Reutertrocknung; diese Verluste waren in der Höhenlage stets etwas größer als im Flachland (Tab. 1).

**Tabelle 1: Zellwandgehalte im Heu bzw. im Grünfutter (% i. TS) zu den drei Schnittterminen in der Grünschwaige (Gr) und in Gereute (Ge)**

Futterart	Wiesenschwingel						Rotklee					
	I,1		I,2		III		I,1		I,2		III	
	Gr	Ge	Gr	Ge	Gr	Ge	Gr	Ge	Gr	Ge	Gr	Ge
Grünfutter	41,2	52,1	64,4	61,0	53,1	50,9	21,6	29,2	36,5	33,6	26,2	29,5
Reuterheu	49,8	75,2	69,2	68,7	58,6	61,0	35,9	51,1	43,9	51,0	36,9	44,8
Heu : Grünfutter	1,21	1,44	1,07	1,13	1,10	1,20	1,66	1,75	1,20	1,52	1,41	1,52

Im Grünfutter und Reuterheu des Herbstaufwuchses von Wiesenschwingel war auf beiden Standorten kaum ein Unterschied im Zellwandgehalt festzustellen. Die Gehalte an Zellwand lagen hier zwischen denen der beiden Schnitte des 1. Aufwuchses.

*Rotklee* enthielt stets wesentlich weniger Zellwand als Wiesenschwingel. Auffallend waren die etwa doppelt so hohen Gehalte an Lignin im Vergleich zum Wiesenschwingel. Die Gehalte an Hemizellulosen lagen hingegen im Klee um etwa 75 % niedriger als im Wiesenschwingel. In beiden Pflanzenarten nahmen aber die Anteile der Zellwand in der Futter-TS vom ersten zum zweiten Schnitt des ersten Aufwuchses zu; im Futter des Spätsommers waren sie wieder etwas geringer (vgl. Abb. 1).

Im *Reuterheu* aus Rotklee lagen die Zellwandgehalte ebenfalls deutlich unter denen des Wiesenschwingsels. Im Vergleich zum Grünfutter war der Gehalt jedoch stärker angestiegen, als es im Wiesenschwingel der Fall war. Das heißt also, daß die Konservierungsverluste den Anteil der *Zellinhaltsstoffe* an der Gesamt-TS stärker herabgesetzt haben als im Wiesenschwingel (Tab. 1). Im Durchschnitt aller Rotkleeproben lagen die Gehalte der Zellwandfraktionen im Futter aus der Vorgebirgslage höher als im Flachland.

#### 4. Diskussion

Im untersuchten Grünfutter nahmen die Gehalte an Gerüstsubstanzen mit fortschreitendem Pflanzenalter zu. Dies resultiert nicht zuletzt aus dem die Alterung von Pflanzen begleitenden Längenwachstum. Dabei werden die Zellinhaltsstoffe zunehmend verbraucht; der Anteil an Zellwandbestandteilen nimmt entsprechend zu. Die Anreicherung an Zellwandbestandteilen verläuft allerdings in den Halmen bzw. Stengeln schneller als in den Blättern (KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER, 1979; MORRISON, 1980; KÜHBAUCH und PLETL, 1981 a und b; WILMAN und ALTIMIMI, 1982). Nach DEMARQUILLY und JARRIGE (1971) und den vorgenannten Autoren dürfte darin die Ursache für den stärkeren Rückgang der Verdaulichkeit von Stengeln bzw. Halmen im Vergleich zu Blättern mit fortschreitendem Wachstum der Futterpflanzen liegen.

In unserem Pflanzenmaterial wurde dieser Effekt noch dadurch verstärkt, daß mit fortschreitendem Alter der Pflanzen die partielle Verdaulichkeit der Gesamtzellwand (NDF) und der Lignozellulose (ADF) zurückging (KLOSKOWSKI et al., 1986).

Die Konservierung des Futters ist mit Verlusten an Pflanzenmasse verbunden. Davon sind in erster Linie die Blätter betroffen. Im Gegensatz zu Stengeln bzw. Halmen enthalten sie hauptsächlich Zellinhaltsstoffe mit größeren Anteilen von Nichtstrukturkohlenhydraten (NSKH) und nur wenig Gerüstsubstanzen. Darüber hinaus können während der Heubereitung oder während des Anwelkens von Gräsern mehr als 50 % aller NSKH verloren gehen (KÜHBAUCH und ZÜCHNER, 1975).

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Detergentienmethode für Wiesenschwingel und Rotklee zeigt, daß Wiesenschwingel mehr Zellwandbestandteile, vor allem jedoch viel mehr Hemizellulosen, aber weniger Lignin als Rotklee enthielt (vgl. Abb. 1). Auch SMITH et al. (1972) berichteten, daß Leguminosen reicher an Lignin als Gräser, umgekehrt aber die Gramineen reicher an Hemizellulosen waren. Dies bestätigen ferner die Arbeiten von RANFFT et al. (1976), KIRCHGESSNER et al. (1978), KELLNER et al. (1979), die Mähweidegras und Luzerne, sowie KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER (1979), die Knaulgras und Luzerne untersucht haben.

Der spätere Schnitt im Frühjahr hatte zur Folge, daß der Gehalt an Zellwandbestandteilen anstieg, wobei die Werte im Wiesenschwingel höher lagen als im Rotklee. Diese Ergebnisse stimmen in der Tendenz wiederum mit denen von KIRCHGESSNER et al. (1978), KELLNER et al. (1979) und KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER (1979) überein.

Vergleicht man das Futter des Höhenstandortes mit dem der Niederung jeweils im frühen Entwicklungsstadium (I.1), so fällt auf, daß auf 1085 m ü. NN sowohl in Wiesenschwingel als auch in Rotklee deutlich höhere Zellwandgehalte entstanden als auf 435 m ü. NN. Dies würde zunächst andeuten, daß das „Höhenfutter“ während eines in der Praxis durchaus gebräuchlichen Nutzungstermins von geringerer Qualität war als das Futter der Niederung. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnte jedoch gezeigt werden, daß die in der Höhenlage gebildeten Zellwandbestandteile der Pflanzen meist besser verdaulich waren (KLOSKOWSKI et al., 1986) und dieses Futter zudem höhere Gehalte der praktisch vollständig verdaulichen Nichtstrukturkohlenhydrate, d.h. leichtlösliche Kohlenhydrate des Zellinhaltes, aufwies (KÜHBAUCH et al., 1986). Tatsächlich lag die Gesamtverdaulichkeit der Trockensubstanz bzw. der organischen Substanz von Wiesenschwingel- und Rotkleeergrünfütter des Höhenstandortes stets höher als im Flachland (KLOSKOWSKI et al., 1986).

## 5. Zusammenfassung

Wiesenschwingel und Rotklee wurden im südbayerischen Raum auf zwei Standorten unterschiedlicher Höhenlage, Grünschwaige 435 und Gereute 1085 m über NN, in Reinsaat angebaut. Während des Wachstums wurden die Gehalte und die Zusammensetzung der Kohlenhydrate der Zellwand (Gerüstsubstanzen) untersucht. Folgende Ergebnisse sind festzustellen:

1. Die Gehalte an Zellwandbestandteilen nahmen mit fortschreitendem Alter der Futterpflanzen zu. Im Herbstaufwuchs lagen sie auf einem Niveau, welches im Frühjahr zwischen der beginnenden Halmstreckung und dem Rispschieben von Wiesenschwingel bzw. zwischen dem Vorknospenstadium und dem Blühbeginn von Rotklee erzielt wurde.
2. Wiesenschwingel und Rotklee unterschieden sich wesentlich voneinander. Rotklee hatte zwar einen geringeren Gehalt an Zellwandbestandteilen als Wiesenschwingel, der sich aus geringeren Zellulose- und deutlich geringeren Hemizellulosegehalten ergab, enthielt aber mehr Lignin.
3. Wesentliche Standortsunterschiede zeigten sich an beiden Arten nur im frühen 1. Schnitt. Hier lagen die Zellwandgehalte des Futters im Bergland höher als im Flachland. Bis zum 2. Frühjahrsschnitt nahmen jedoch die Zellwandgehalte im Bergland wesentlich langsamer zu.
4. Die Zellwandgehalte waren im Reuterheu gegenüber dem Grünfutter erhöht, im Rotklee jedoch stärker als im Wiesenschwingel und in der Höhenlage stärker als im Flachland.

## Summary

Cell wall components in fresh and conserved spring and autumn forage from meadow fescue and red clover in a comparison of locations at 435 and 1085 m a.s.l.

Meadow fescue and red clover were grown as pure stands in southern Bavaria at two sites of different altitude, Grünschwaige at 435 and Gereute at 1085 m a.s.l. During growth contents and composition of cell wall carbohydrates (structural substances) were examined. The following results are recorded:

1. The concentration of cell wall components (CWC) increased with progressive age of the forage plants. In autumn the CWC levels were similar to those reached in spring between the beginning of stem elongation and panicle appearance or between pre-bud stage and start of flowering of red clover, respectively.
2. Meadow fescue and red clover differed substantially. Although red clover had lower CWC contents than meadow fescue which was due to lower cellulose and markedly lower hemicellulose contents, it contained more lignin.
3. Considerable differences between locations were evident in both species only in the case of early first harvest. Here the CWC contents of the forage were higher in the mountainous region than in the lowland. Until the second cut in spring the CWC contents increased, however, much more slowly at the mountain site.
4. In hay dried on racks the CWC contents were higher than in fresh forage, the difference being greater in red clover than in meadow fescue and more pronounced at the mountain site than in the lowland.

## Literaturverzeichnis

- DEMARQUILLY, C. und R. JARRIGE, 1971: The digestibility and intake of forages from artificial and natural grassland. Proc. 4th Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed. 91 – 106.
- GOERING, H.K. und P.J. VAN SOEST, 1970: Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook 379. USDA, Washington, D.C.
- KELLNER, R.J., M. KIRCHGESSNER und J. PALLAUF, 1979: Zur Verdaulichkeit der Zellwandbestandteile von Luzerneheu unter dem Einfluß von physikalischer Struktur, Schnitzeitpunkt und Fütterungsniveau. D. Wirtschaftseig. Futter 25, 209 – 214.
- KIRCHGESSNER, M., R.J. KELLNER, F.X. ROTH und K. RANFFT, 1978: Gehalt und Verdaulichkeit mehrerer Zellfraktionen von Mähweidegras bei verschiedenen Konservierungsverfahren. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 41, 1 – 7.
- KLOSKOWSKI, J., W. KÜHBAUCH und G. VOIGTLÄNDER, 1986: Verdaulichkeit von Wiesenschwingel und Rotklee unter besonderer Berücksichtigung der Gerüstsubstanzen in einem Standortvergleich (435 und 1085 m über NN). Bayer. Landw. Jahrb. 63, 289 – 297.
- KÜHBAUCH, W. und L. PLETL, 1981 a: Berechnung der Futterqualität bei Weißklee, Rotklee und Luzerne nach morphologischen Kriterien und/oder aus Pflanzeninhaltsstoffen. I. Mitteilung: Berechnung der Futterqualität aus Stengellänge oder aus dem Zellwandgehalt der Stengel. Z. Acker- und Pflanzenbau 150, 271 – 280.
- KÜHBAUCH, W. und L. PLETL, 1981 b: Berechnung der Futterqualität bei Weißklee, Rotklee und Luzerne nach morphologischen Kriterien und/oder aus Pflanzeninhaltsstoffen. II. Mitteilung: Berechnung der Stengel- und Blätterverdaulichkeit bei Rotklee und Luzerne aus Komponenten von Zellwand und Zellinhalt. Z. Acker- und Pflanzenbau 150, 281 – 290.
- KÜHBAUCH, W. und G. VOIGTLÄNDER, 1979: Veränderungen des Zellinhalts, der Zellwandzusammensetzung und der Verdaulichkeit von Knautgras (*Dactylis glomerata* L.) und Luzerne (*Medicago x varia* Martyn) während des Wachstums. Z. Acker- und Pflanzenbau 148, 455 – 466.
- KÜHBAUCH, W., G. VOIGTLÄNDER und J. KLOSKOWSKI, 1986: Kohlenhydrate des Zellinhalts in frischem und konserviertem Frühjahrs- und Herbstfutter aus Wiesenschwingel und Rotklee in einem Standortvergleich. D. Wirtschaftseig. Futter 32, 5 – 12.
- KÜHBAUCH, W. und S. ZÜCHNER, 1975: Der Einfluß des Polymerisationsgrades von wasserlöslichen Kohlenhydraten in Gräsern auf deren Verluste während der Heutrocknung im Freiland. Z. Acker- und Pflanzenbau 141, 249 – 255.
- MORRISON, I.M., 1980: Changes in the lignin and hemicellulose concentrations of ten varieties of temperate grasses with increasing maturity. Grass and Forage Science 35, 287 – 293.
- RANFFT, K., M. KIRCHGESSNER und F.X. ROTH, 1976: Detergentienanalysen zur Bestimmung von Gehalt und Verdaulichkeit der Zellwandfraktionen in Weidegras. Landw. Forschung 29, 124 – 130.
- SMITH, L.W., H.K. GOERING und C.H. GORDON, 1972: Relationships of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. J. Dairy Sci. 55, 1140 – 1147.
- WILMAN, D. und M.A.K. ALTIMIMI, 1982: The digestibility and chemical composition of plant parts in Italian and perennial ryegrass during primary growth. J. Sci. Food Agric. 33, 595 – 602.

**Anschrift der Autoren:**

**Prof. Dr. Gerhard Voigtländer und Dr. Joseph Kloskowski,  
Lehrstuhl für Grünland und Futterbau der Technischen Universität München  
D-8050 Freising-Weihenstephan**

**Prof. Dr. Walter Kühbauch,  
Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität  
Katzenburgweg 5, D-5300 Bonn 1**