

Z. Acker- und Pflanzenbau (J. Agronomy & Crop Science), 150, 281—290 (1981)
© 1981 Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
ISSN 0044-2151 / InterCode: ZAPFAR

*Lehrstuhl für Grünlandlehre
der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan*

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**

Von

W. KÜHBAUCH und L. PLETL

Mit 3 Abbildungen und 5 Tabellen

Eingegangen am 19. März 1981

I. Einleitung

In einer vorausgegangenen Veröffentlichung (KÜHBAUCH und PLETL 1981) wurde aus den einfachen Meßgrößen der Wuchshöhe und dem Gehalt an Zellwand die Verdaulichkeit von Leguminosenstengeln berechnet. In der vorliegenden Arbeit werden Bestandteile der Pflanzenzellwand und des Zellinhaltes auf ihre Beziehung zur Verdaulichkeit des Pflanzenmaterials untersucht.

II. Material und Methoden

1. Pflanzenmaterial

Die Ernte und Aufbereitung des Pflanzenmaterials wurde in der I. Mitteilung zu dieser Veröffentlichung bereits beschrieben (KÜHBAUCH und PLETL 1981).

2. Qualitätsuntersuchung

In Ergänzung zu den bereits beschriebenen Verfahren (KÜHBAUCH und PLETL 1981) wurden im Pflanzenmaterial Lignin (ADL), Lignozellulose (ADF), die Summe der wasserlöslichen Kohlenhydrate und Stärke bestimmt. Die Zellwandparameter ADL und ADF wurden nach VAN SOEST (GOERING und VAN SOEST 1970) ermittelt, die wasserlöslichen Kohlenhydrate nach einem von KÜHBAUCH (1973) beschriebenen Verfahren in Anlehnung an die kolorimetrische

Zuckerbestimmung von NELSON (1944) und SOMOGYI (1952), die Stärke enzymatisch mit Amyloglukosidase und Hexokinase/Glukose-6-Phosphat-Dehydrogenase nach den Methoden der enzymatischen Lebensmittelanalytik (Boehringer 1976).

3. Biometrische Auswertung

Die Werte der partiellen Korrelationskoeffizienten r_p und der Regressionsgleichungen wurden mit dem Programm BMDP2R (DIXON und BROWN 1979), Version November 1979, berechnet. Von der Möglichkeit, die Reihenfolge in der Aufnahme bestimmter Variablen vorzugeben, wurde Gebrauch gemacht.

III. Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1a ist gezeigt, daß in den Stengeln von Luzerne die Lignin (ADL)-Gehalte mit fortschreitendem Wachstum höher ansteigen als in Rotklee. Die Kontinuität des Anstiegs wie auch die höheren Gehalte bis über 11% dürften dazu beigetragen haben, daß die partielle Korrelation zwischen der TS-Verdaulichkeit und dem Ligningehalt der Luzerne wesentlich enger ist als im Rotklee (Tab. 1b). Entsprechend ergibt sich beim Rotklee eine geringe Varianzerklärung für die Verdaulichkeit ($R^2 = 0,503$), während diese bei Luzernestengeln fast vollständig ($R^2 = 0,967$) durch den Ligningehalt erklärt werden kann (Tab. 1c). Die dazu gehörenden Schätzzgleichungen besagen, daß z. B. im Meßbereich (5,07 bis 11,02% Ligningehalt der Luzernestengel) für jedes Prozent Lignin die Verdaulichkeit um etwa 3% zurückgeht. Die Abbildung 1 zeigt den linearen Verlauf dieser Beziehung zwischen dem Ligningehalt und der TS-Verdaulichkeit der Luzernestengel.

Der Verlauf der Beziehung zwischen dem Ligningehalt und der Verdaulichkeit der Stengel von Rotklee und Luzerne entspricht früheren Beobachtungen, in denen die nämlichen Parameter in den gesamten Pflanzen während des Wachstums verfolgt wurden (WAITE et al. 1964, NEHRING 1968, JONES 1972).

Unerwartet sind jedoch die sehr enge Korrelation und das hieraus resultierende hohe Bestimmtheitsmaß R^2 für die Verdaulichkeit bzw. den Ligningehalt von Luzernestengeln. Im Falle von Luzerne könnte es nach diesen Untersuchungen durchaus genügen, zur Qualitätsermittlung des Futters nur den Ligningehalt des Stengels zu bestimmen. Dies deshalb, weil Veränderungen im Ligningehalt bzw. in der Verdaulichkeit vor allem im Stengel stattfinden, während die Blätter für diese beiden Meßgrößen nur geringe Schwankungen aufweisen (siehe auch Tab. 1a). Konkret müßte die aus Lignin berechnete Verdaulichkeit mit dem Stengelanteil am Gesamterntematerial multipliziert und dieser Wert der verdaulichen Blattmasse (Blattanteil multipliziert mit der geschätzten oder in einem Wachstumsabschnitt gemessenen Verdaulichkeit) zugerechnet werden.

Die Beziehung zwischen dem Ligningehalt der Leguminosen und der Verdaulichkeit zeigen auch die folgenden Abbildungen 2 und 3. So sind mit Rotklee und Luzerne unter Einbeziehung der Ligningehalte in den Blättern — es kommen dort nur Werte unter 5% vor (Tab. 1a) — die Schwankungen um die lineare Regressionsgerade VQTS/ADL erheblich. Der weitere Verlauf der Regressionskurve oberhalb von 5% Lignin, d. h. unter Auslassung der Blätter,

Tabelle 1a Gehalte an Lignin (ADL) und Lignozellulose (ADF), TS-Verdaulichkeit (VQTS) und berechnete Verdaulichkeit (VQVS) in Blättern und Stengeln bei Luzerne und Rotklee während zwei Aufwüchsen 1977

Content of lignin (ADL) and lignocellulose (ADF), DM digestibility (VQTS) and calculated digestibility (VQVS) in leaves and stems of lucerne and red clover for two cuts during the same vegetation period (1977)

	Blätter				Stengel			
	ADL	ADF	VQTS	VQVS	ADL	ADF	VQTS	VQVS
Luzerne								
1. Aufwuchs								
13. 5.	3,36	7,00	78,27	71,97	5,07	19,18	72,46	63,77
20. 5.	3,13	8,57	76,81	72,22	5,64	23,79	73,14	61,61
27. 5.	3,28	6,61	77,44	71,35	7,76	25,70	65,80	53,63
3. 6.	4,48	6,45	76,92	68,68	8,90	35,42	61,75	54,15
10. 6.	3,46	7,34	76,06	69,99	10,07	40,42	55,92	51,02
16. 6.	3,50	11,57	72,87	71,95	11,02	39,14	56,35	49,12
2. Aufwuchs								
29. 6.	3,26	7,15	73,94	72,65	-	-	75,98	-
6. 7.	3,30	8,35	74,85	72,42	6,10	26,31	71,16	64,15
13. 7.	3,27	6,81	77,49	71,28	8,80	26,64	62,79	49,98
20. 7.	2,20	6,60	73,92	73,32	8,39	23,50	62,44	50,08
Rotklee								
1. Aufwuchs								
13. 5.	2,41	6,54	70,72	70,68	3,37	13,65	81,47	70,29
20. 5.	2,69	8,13	70,18	71,23	3,71	10,22	81,90	64,71
27. 5.	2,45	4,30	70,91	69,67	4,81	18,94	81,59	65,89
3. 6.	2,61	7,23	74,54	72,97	8,22	23,51	74,79	58,40
10. 6.	2,64	4,77	73,98	69,47	5,70	27,63	71,66	61,94
16. 6.	3,41	8,63	67,27	76,75	7,25	28,63	67,01	58,61
2. Aufwuchs								
29. 6.	-	-	73,90	-	-	-	77,82	-
6. 7.	2,75	6,65	68,65	71,96	3,72	18,27	77,62	70,44
13. 7.	3,42	10,27	71,11	69,43	4,90	10,70	78,51	58,45
20. 7.	2,79	3,14	64,61	66,19	4,83	17,42	74,15	62,61

Tabelle 1b Partielle Korrelationen (r_p) zwischen der TS-Verdaulichkeit (VQTS) und dem Ligningehalt (ADL) in den Stengeln von Rotklee bzw. Luzerne

Partial correlations (r_p) between the DM digestibility (VQTS) and the lignin content (ADL) in the stems of red clover or lucerne

Pflanzen	ADL	n
VQTS		
Rotklee	-0,709*	9
Luzerne	-0,983***	9

deutet jedoch an, daß ein linearer Verlauf der Regression zu erwarten ist (Abb. 2). In Abbildung 3 wurde deshalb der Verlauf der Regressionsfunktion $y_{VQTS} = f(ADL \geq 5\%)$ ermittelt. Es ergibt sich dadurch nicht nur eine Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes R^2 um 0,3, sondern trotz verringerter Freiheitsgrade auch ein geringerer Standardfehler der Schätzung (siehe Regressionsgleichungen zu Abb. 2 und 3).

Tabelle 1c Regressionsgleichungen zur Erklärung der Abhängigkeit der TS-Verdaulichkeit (VQTS) vom Ligningehalt (ADL) in den Stengeln von Rotklee bzw. Luzerne

Regression equations as an explanation of the dependence of DM digestibility (VQTS) on the lignin content (ADL) in the stems of red clover or lucerne

Pflanze	$y_{VQTS} =$	R^2	F - Test	Stand. f. Schätzg.
Rotklee	$87,845 - 2,191 \times_{ADL}$	0,503	7,09* (1 / 7 FG)	3,83
Luzerne	$89,824 - 3,158 \times_{ADL}$	0,967	203,91*** (1 / 7 FG)	1,267

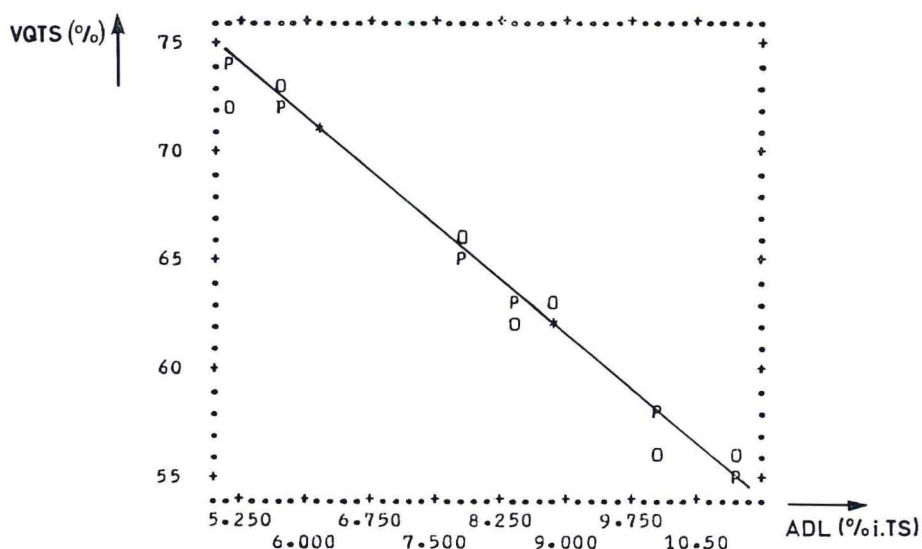


Abb. 1. Verlauf der Regressionsgeraden der TS-Verdaulichkeit (VQTS, Ordinate) in Abhängigkeit vom Ligningehalt (ADL) in Luzernestengeln (Stengellängenbereich 40 bis 90 cm); O = gemessene Werte, P = berechnete Werte, * = O ≡ P

Course of the regression of the DM-digestibility (VQTS, ordinate) in relation to the lignin content (ADL) in lucerne stems (stem length regime 40—90 cm); O = measured value, P = calculated value, * = O ≡ P

Tabelle 2a Partielle Korrelation (r_{η}) zwischen der TS-Verdaulichkeit (VQTS) und dem Gehalt an Lignozellulose (ADF) in den Stengeln von Rotklee bzw. Luzerne
Partial correlation (r_{η}) between the DM digestibility (VQTS) and the content of lignocellulose (ADF) in the stems of red clover or lucerne

Pflanzen	ADF	n
VQTS		
Rotklee	-0,833***	9
Luzerne	-0,839***	9

Wie in Tabelle 1b gezeigt, war in Rotkleestengeln im Gegensatz zu Luzerne keine sehr enge Beziehung zwischen deren Verdaulichkeit und dem Ligningehalt festzustellen. Mit Lignozellulose ergibt sich eine engere, sehr hoch signifikante Korrelation zur TS-Verdaulichkeit; bei Luzernestengeln wird ein

Tabelle 2b Regressionsgleichungen zur Erklärung der Abhängigkeit der TS-Verdaulichkeit (VQTS) vom Gehalt an Lignozellulose (ADF) in den Stengeln von Rotklee bzw. Luzerne
 Regression equation as an explanation of the dependence of the DM-digestibility (VQTS) of the content in lignocellulose (ADF) in the stem of red clover or lucerne

Pflanzen	$y_{VQTS} =$	R^2	F - Test	Stand. f. Schätzg.
Rotklee	$88,31 - 0,628 \times ADF$	0,694	15,89** (1/7 FG)	3,01
Luzerne	$85,633 - 0,726 \times ADF$	0,704	16,63** (1/7 FG)	3,786

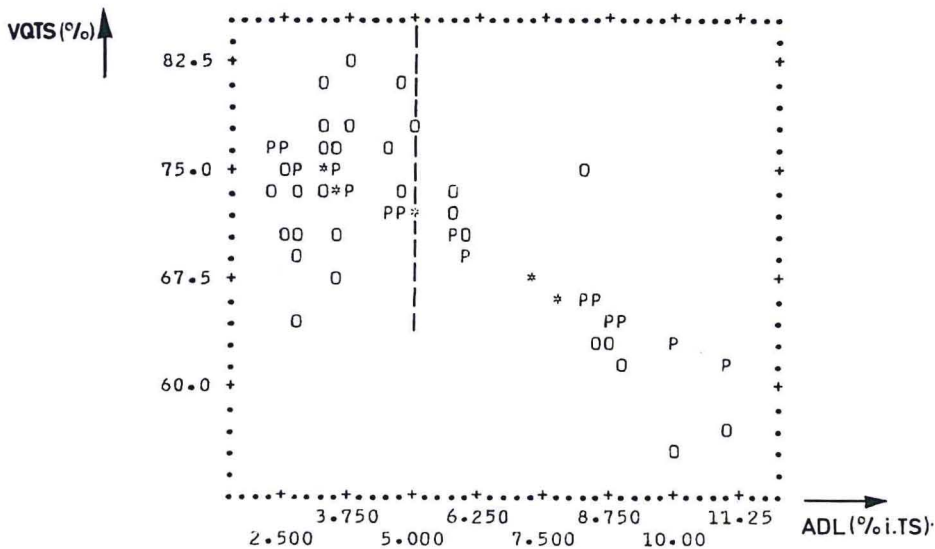


Abb. 2. Verlauf der Regressionsfunktion der TS-Verdaulichkeit (VQTS, Ordinate) von Rotklee und Luzerne (Blätter und Stengel) in Abhängigkeit vom Ligningehalt (ADL); O = gemessene Werte, P = berechnete Werte, * = O ≡ P. $y_{VQTS} = 80,446 - 1,786 \times ADL$; $R^2 = 0,4413$; $F = 27,65^{***}$; (1/35 FG); Std. f. Schätzung = 4,895; $r_p = -0,664^{***}$

Course of regression function of the DM digestibility (VQTS, ordinate) of red clover in relation to the lignin content (ADL); O = measured value, P = calculated value, * = O ≡ P. $y_{VQTS} = 80,446 - 1,786 \times ADL$; $R^2 = 0,4413$; $F = 27,65^{***}$; (1/35 FS); error of estimation = 4.895; $r_p = -0.664$

gleich hoher Wert des Korrelationskoeffizienten ermittelt wie bei Rotklee-stengeln (Tab. 2 a und Tab. 2 b; vgl. Tab. 1 b und Tab. 1 c).

Es ist in dem Zusammenhang zu erörtern, ob in dem von uns untersuchten Pflanzenmaterial, vor allem bei der noch unbefriedigenden Schätzgenauigkeit für die Verdaulichkeit der Rotkleestengel, die mit ADL bzw. ADF erhaltene Schätzgenauigkeit verbessert werden kann, indem sämtliche Kriterien der VAN SOEST'schen Detergentienanalyse in die Schätzung einbezogen werden. Um diese Frage zu klären, wurde die aus den Zellwandparametern nach VAN SOEST berechnete Verdaulichkeit (VQVS) den nach TILLEY und TERRY ermittelten VQTS-Werten gegenübergestellt und auf wechselseitige Beziehung untersucht.

Wie aus den Werten der Tabellen 3 bzw. 1a hervorgeht, wird vor allem bei Luzerne der Ligninbestimmung für die Schätzung der Verdaulichkeit der Vor-

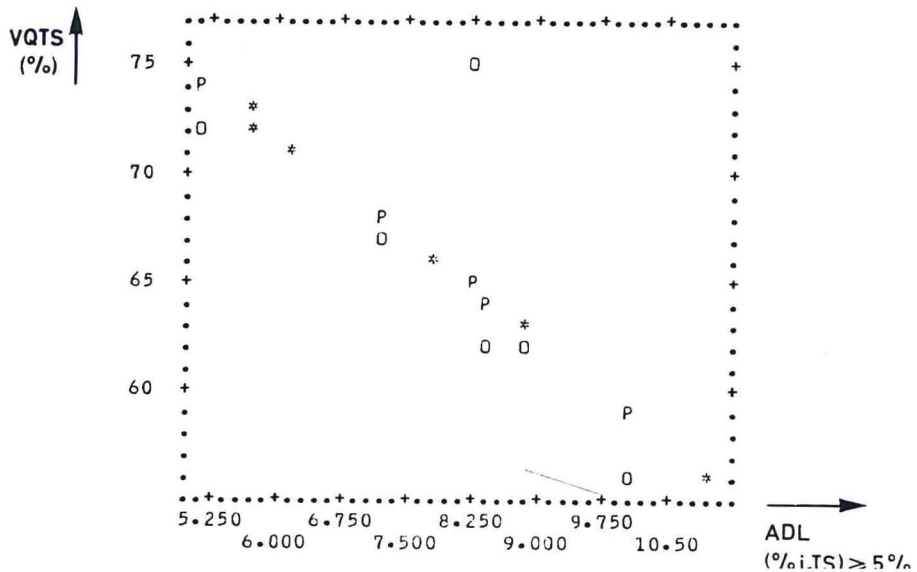


Abb. 3. Verlauf der Regressionsfunktion der TS-Verdaulichkeit (VQTS, Ordinate) von Rotklee und Luzerne mit $ADL \geq 5\%$. $y_{VQTS} = 89,606 - 3,013 x_{ADL} \geq 5$; $R^2 = 0,742$; $F = 28,69^{***}$ (1/10 FG); Std. für Schätzung = 3,465; $r_p = -0,86^{***}$

Course of regression function of the DM digestibility (VQTS, ordinate) of red clover and lucerne with $ADL \geq 5\%$. $y_{VQTS} = 89,606 - 3,013 x_{ADL} \geq 5$; $R^2 = 0,742$; $F = 28,69^{***}$ (1/10 FS); error of estimation = 3,465; $r_p = 0,86^{***}$

Tabelle 3 Partielle Korrelation r_p zwischen VQTS und VQVS beim Stengelmaterial von Rotklee und Luzerne
Partial correlation r_p between VQTS and VQVS with stem material of red clover and lucerne

	VQVS	n
VQTS		
Stengel v. Rotklee und Luzerne	0,873 ***	18
Rotklee, Stengel	0,595	9
Luzerne, Stengel	0,897 ***	9

zug zu geben sein. Dies deshalb, weil hier eine engere Beziehung für die betreffende Regressionsgleichung offensichtlich ist (r_p [VQTS/VQVS] = 0,897; r_p [VQTS/ADL] = 0,983). Auch bei Rotkleestengeln hätte es sich nicht gelohnt, sämtliche Kriterien der sogenannten Detergentienanalyse zu bestimmen, weil die partielle Korrelation VQTS/ADF mit $r_p = -0,833$ wesentlich enger war als VQTS/VQVS mit $r_p = 0,595$ (Tab. 2 a und 3).

Von den Zellinhaltsstoffen wurden die gesamten wasserlöslichen Kohlenhydrate und die Stärke auf ihre Beziehung zur Verdaulichkeit des Pflanzenmaterials untersucht. Man kann davon ausgehen, daß diese Nichtstrukturkohlenhydrate (NSKH) sämtlich fast zu 100% verdaulich sind (NEHRING

Tabelle 4 Partielle Korrelationen r_p zwischen der TS-Verdaulichkeit (VQTS) und den Nichtstrukturkohlenhydraten (NSKH = wasserlös. KH + Stärke) in Blättern bzw. Stengeln von Rotklee und Luzerne

Partial correlation r_p between the DM digestibility (VQTS) and the non structural carbohydrates (NSKH = watersol. carbohydrates + starch) in the leaves or stems of red clover and lucerne

	NSKH (Σ wasserlös. KH + Stärke)	n
VQTS		
Rotklee u. Luzerne, Blätter	0,4729 *	19
Rotklee u. Luzerne, Stengel	0,6222 ***	18

und HOFFMANN 1971). Es ist daher anzunehmen, daß eine positive Beziehung zwischen dieser Stoffgruppe und der Futterqualität, hier der Verdaulichkeit, besteht. Tatsächlich weisen die partiellen Korrelationen VQTS/NSKH für Blätter und Stengel von Rotklee und Luzerne eine gesicherte positive Beziehung auf (Tab. 4). Die Beziehungen sind jedoch erwartungsgemäß nicht eng genug, obgleich wir mit der zusammengefaßten Berechnung der Blätter von Rotklee und Luzerne einerseits bzw. der Stengel andererseits schon die engste mögliche Beziehung zwischen VQTS und NSKH ausgewählt haben.

Man könnte im Hinblick auf die raschen Veränderungen der Werte der NSKH in der Pflanze sagen, daß diese nicht stabil genug sind, um darauf eine brauchbare Schätzggleichung aufzubauen. Die kurzfristigen Änderungen der NSKH unter dem Einfluß der Temperatur (GREENFIELD und SMITH 1973, LANG et al. 1972) und des Wachstums (KÜHBAUCH und SOBERALSKE 1977) machen die Nichtstrukturkohlenhydrate der Pflanzen zu einer unsicheren Rechengröße. Zusätzlich zu den für die Qualität der Futterpflanzen bestimmenden Einflußgrößen der Zellwand könnte man die NSKH daher wohl nur noch zur Erhöhung der Schätzgenauigkeit der abhängigen Größe VQTS heranziehen. Mit einer schrittweise aufbauenden Regressionsgleichung kann der Einfluß der hier und in einer vorausgehenden Veröffentlichung (KÜHBAUCH und PLETL 1981) besprochenen Meßgrößen demonstriert werden:

Nach ihren F-Werten wären beim Rechenschritt 0 die Variablen NDF, ADL, ADF, Wuchshöhe und NSKH in eben dieser Reihenfolge geeignet, die Zielgröße VQTS zu erklären. Aus praktischen Gründen sollten jedoch die Variablen um so später in die schrittweise aufbauende Regressionsgleichung aufgenommen werden, je größer der analytische und meßtechnische Aufwand für die Bestimmung dieser Größe ist. Es wurde deshalb dem Programm BMDP2R die Reihenfolge „Wuchshöhe“ (= Stengellänge, SL) vor NDF, ADL und NSKH vorgegeben. ADF wurde nicht weiter berücksichtigt, weil dieses Kriterium bereits in NDF bzw. ADL zum Teil oder ganz einbezogen wurde. Wie aus Tabelle 5 hervorgeht, wurden durch die Wuchshöhe bereits 64 % der Verdaulichkeitsschwankung erklärt, das Kriterium NDF erklärt weitere 30 % der Streuungsursachen von VQTS, während die beiden übrigen Kriterien ADL und NSKH nur noch unwesentlich zur Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes R^2 beitragen. Es würde also genügen, für die Berechnung der Verdaulichkeit von

Tabelle 5 Erklärung der TS-Verdaulichkeit der Stengel von Rotklee und Luzerne in der aufbauenden multiplen Regression durch die Größen Stengellänge, NDF, ADL und NSKH
Explanations of the DM digestibility of the stem of red clover and lucerne in the synthesised multiple regression by stem length NDF, ADL and NSKH

Y _{VQTS} =	Schritt - Nr.	R ²
95,806 - 0,002 x _{SL}	1	0,643
- 0,567 x _{NDF}	2	0,942
- 0,805 x _{ADL}	3	0,945
+ 0,253 x _{NSKH}	4	0,955
F = 68,46 *** (4 / 13 FG); Std. f. Schätzg. = 2,029		

Stengeln deren Länge und Zellwandgehalt zu ermitteln. Die Gleichung lautet dann:

$$Y_{VQTS} = 103,74 + 0,105x_{SL} - 0,992x_{NDF},$$

$$R^2 = 0,942; F = 122,8^{***} (2/15 \text{ FG}),$$

$$\text{Std.f.Schätzg.} = 2,13.$$

Wie oben und in der vorausgehenden Mitteilung (KÜHBAUCH und PLETL 1981) dargelegt wurde, genügte es im konkreten Fall der Luzerne, nur mit der Stengellänge (SL) zu operieren, weil hier bereits r_p -Werte von $-0,951$ bzw. $R^2 = 0,904$ erzielt wurden. Bei Rotkleestengeln war jedoch als zweite Einflußgröße der Zellwandgehalt (NDF) notwendig, um ein ähnlich hohes Bestimmtheitsmaß zu erzielen.

Zusammenfassung

Bei Rotklee und Luzerne wurden partielle Korrelationen zwischen der TS-Verdaulichkeit und dem Ligningehalt der Stengel bzw. der Blätter und Stengel berechnet. Von den Zellinhaltsstoffen wurden die Nichtstrukturkohlenhydrate auf ihre Beziehung zur Verdaulichkeit der Blätter bzw. Stengel beider Leguminosenarten untersucht. Zusammen mit den Ergebnissen einer vorausgehenden Untersuchung wurde eine schrittweise aufbauende Regressionsgleichung zur Varianzerklärung der Verdaulichkeit des Stengelmaterials der Leguminosen erstellt, in der die Meßgrößen Stengellänge, Zellwandgehalt, Lignozellulose und Nichtstrukturkohlenhydrate enthalten waren. Folgende Ergebnisse können zusammengefaßt werden:

1. Die partielle Korrelation zwischen dem Ligningehalt von Luzernestengeln und deren Verdaulichkeit betrug $-0,983^{***}$, für Rotklee war der entsprechende Wert $-0,709^*$. Mit Ligningehalten unter 5 %, die bevorzugt in den Leguminosenblättern anzutreffen sind, ließ sich keine Abhängigkeit der Verdaulichkeit erkennen.
2. Zwischen dem Gehalt an Lignozellulose und der Verdaulichkeit der Stengel wurde für Rotklee wie für Luzerne eine partielle Korrelation von $0,83^{***}$ ermittelt.
3. Die partiellen Korrelationen zwischen der Verdaulichkeit von Rotkleestengeln bzw. Luzernestengeln mit Lignozellulose bzw. Lignin waren jeweils enger als bei einer Berechnung der Verdaulichkeit nach VAN SOEST

unter Einbeziehung sämtlicher Kriterien der sogenannten Detergentienanalyse (außer Si).

4. Die partiellen Korrelationskoeffizienten zwischen Verdaulichkeit und den Nichtstrukturkohlenhydraten der von Rotklee und Luzerne zusammengefaßten Blätter bzw. Stengel wurden mit 0,47* bzw. 0,62*** berechnet. Die Varianzerklärung für die Verdaulichkeit ist somit wesentlich geringer als mittels der Zellwandkriterien.
5. Bei der schrittweise aufbauenden Regression wurde die Reihenfolge in der Aufnahme der Variablen nach zunehmendem meßtechnischem bzw. analytischem Aufwand vorgegeben. Für die Verdaulichkeit der Stengel von Rotklee und Luzerne (zusammengefaßt) wurde im ersten Schritt der Regressionsgleichung durch die Stengellänge eine Varianzerklärung von 64 % erzielt, im zweiten Schritt, d. h. unter Hinzunahme des Zellwandgehaltes 94 %. Nur mit Luzernestengeln war bereits nach dem ersten Schritt eine Varianzerklärung von 90 % möglich. Sämtliche weiteren Meßgrößen brachten nur eine unerhebliche Verbesserung der Varianzerklärung und wären daher im konkreten Versuch vom Aufwand her nicht zu rechtfertigen gewesen.

Summary

Calculation of the Feeding Quality of White Clover, Red Clover and Lucerne with Morphological Criteria and/or Plant Constituents.

II. Report: Calculation of the Stem and Leaf Digestibility of Red Clover and Lucerne from Components of the Cell Wall and the Cell Contents

With red clover and lucerne a partial correlation between the DM digestibility and the lignin content of the stem and leaves was calculated. Of the cell content, the nonstructural carbohydrates were examined in relation to effects on digestibility of the leaves and stems of both legumes. Together with the results of a preceding experiment a multiple regression equation was set up on the variance of the digestibility of stem material of the legumes, computing stem length, total cell wall, lignocellulose and nonstructural carbohydrates. The results may be summarized as follows:

1. The partial correlation between the lignin content of lucerne stems and its digestibility was -0.983^{+++} . For red clover it had a corresponding value of -0.709^{+} . With lignin content under 5 % of the dry matter which are mainly in the legume leaves no relationship to the digestibility was found.
2. There was a partial correlation of 0.83^{++} between the content in lignocellulose and the digestibility of the stem for red clover as for lucerne.
3. The partial correlations between the measured digestibility of red clover stems or lucerne stems and lignocellulose or lignin was closer than with the calculated digestibility according to the analysis of VAN SOEST using the so called detergent analysis.

4. The partial correlation coefficient between digestibility and the non-structural carbohydrates of red clover and lucerne for total leaves or stems was calculated as 0.47⁺ and 0.62⁺ respectively. Hence, the explanation of the variance of digestibility was distinctly lower than with the use of cell wall criteria.
5. The variance of the digestibility of the stem of red clover and lucerne (compiled) with the first step of the multiple regression equation was explained up to 64 %. In a second step including total cell wall a 94 % explanation was obtained.

Literaturverzeichnis

- Boehringer, 1976: Methoden der enzymatischen Lebensmittelanalytik. Boehringer GmbH, Mannheim.
- DIXON, W. J., and M. B. BROWN, 1979: BMDP-79, Biochemical Computer Programs P-Series Manual. Univ. Calif. Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- GOERING, H. K., and P. J. VAN SOEST, 1970: Forage fiber analyses. USDA Agric. Handbook No. 379, 1—20.
- GREENFIELD, P. L., and D. SMITH, 1973: Influence of temperature change at bud on composition of alfalfa at first flower. *Agron. J.* 65, 871—874.
- JONES, D. I. H., 1972: The chemistry of grass for animal production. *Outlook Agric.* 7, 32—38.
- KÜHBAUCH, W., 1973: Veränderungen von Kohlenhydratfraktionen in Blättern und Stengeln einiger Knäulgrassorten während des Wachstums. *Landw. Forschg.* 26, 213—220.
- , and R. M. SOBERALSKE, 1977: Molecular weight and ¹⁴C distribution of fructosan in timothy stem bases at three stages of development. *Crop Sci.* 17, 239—242.
- , und L. PLETL, 1981: Berechnung der Futterqualität bei Weißklee, Rotklee und Luzerne nach morphologischen Kriterien und/oder aus Pflanzeninhaltsstoffen. I. Mitt.: Berechnung der Futterqualität aus der Stengellänge oder aus dem Zellwandgehalt der Stengel. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 150, 271—280.
- LANG, V., S. LOOSER und W. KÜHBAUCH, 1972: Zum Einfluß einiger Faktoren auf den Gehalt an löslichen Kohlenhydraten im Aufwuchs einer Weidelgras-Weißklee-Weide. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 136, 309—319.
- NEHRING, K., 1968: Die Bestimmung der Kohlenhydrate in den Futterstoffen — ein Beitrag zur Entwicklung der Futtermittelanalyse. *Sitzungsber. Dtsch. Akad. Landw. Wiss.* 17, 101—118.
- , und B. HOFFMANN, 1971: Untersuchungen zur Weiterentwicklung der Futtermittelanalyse. III. Mitteilung: Die Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Kohlenhydratfraktion in den Futtermitteln. *Arch. Tierernährg.* 21, 347—366.
- NELSON, N., 1944: A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. biol. Chem.* 153, 375—380.
- SOMOGYI, M., 1952: Notes on sugar determination. *J. biol. Chem.* 195, 19—23.
- WAITE, R., M. J. JOHNSTON, and D. G. ARMSTRONG, 1964: The evaluation of artificially dried grass as a source of energy for sheep. I. The effect of stage of growth in the apparent digestibility of ryegrass, cocksfoot and timothy. *J. Agric. Sci.* 62, 391—398.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. W. KÜHBAUCH, Gesamthochschule Kassel, Nordbahnhofstraße 1a, D-3430 Witzenhausen, und Dr. L. PLETL, Lehrstuhl für Grünlandlehre, Technische Universität München, D-8050 Freising-Weihenstephan.