163

DAS WIRTSCHAFTSEIGENE FUTTER

ERZEUGUNG KONSERVIERUNG VERWERTUNG

DLG-VERLAGS-GMBH

DLG

Band 24 Heft 3/4 2. Halbjahr 1978

Zeitschrift „Das wirtschaftseigene Futter", Band 24, Heft 3/4, 1978, Seite 187 – 197

Lehrstuhl für Grünlandlehre der TU München in 805 Freising-Weihenstephan

Zellwandbestandteile und Verdaulichkeit von Futterpflanzen, Hilfsmittel in der Beratung

W. Kühbauch und G. Voigtländer

Aufgabenstellung

Nur mit selbsterzeugtem Futter von hoher Qualität ist es möglich, verhältnismäßig kostengünstig hohe tierische Leistungen mit Wiederkäuern zu erzielen. Eine der wichtigsten Aufgaben der Beratung ist es daher, auf eine Verbesserung der Grundfutterqualität im Grünland- und Futterbaubetrieb hinzuwirken. Dabei geht es vorrangig darum, dem Praktiker in einer verständlichen Sprache die Vorgänge, die sich während des Pflanzenwachstums um die Qualitätsveränderung seines Futters abspielen, darzulegen.

Die gängige Dimension, mit der wir den Energiegehalt von Futter beschreiben, sind die sogenannten Stärkeeinheiten (StE). Hier ist zu überlegen, ob wir nicht besser andere einleuchtendere Begriffe verwenden. Das soll nicht heißen, daß das System der StE-Berechnung nach der Weender Methode gänzlich aufgegeben werden muß – jedenfalls solange nicht, bis sich ein ähnlich umfassendes System als besser erwiesen hat; aber wir wissen doch, daß die damit errechnete Menge verwertbarer Energie häufig auf recht fragwürdige Weise zustande kommt.

In die Stärkeeinheiten gehen die Rohfaser- und NFE-Werte mit starkem Gewicht ein. Ursprünglich wollte man mit diesen beiden Stoffgruppen die weniger gut verfügbaren, der Faserkomponente bzw. Zellwand angehörenden Bestandteile einer Pflanzensubstanz, von den besser verfügbaren Bestandteilen trennen. Diesen Anforderungen wird die Weender Analyse nicht gerecht. Das wäre weiter nicht negativ zu bewerten, wenn wenigstens der Rohfaserwert dem tatsächlichen Fasergehalt der Pflanzen proportional wäre und wenn die Zusammensetzung der Rohfaserfraktion, z.B. aus Lignin und Zellulose, gleichbleiben würde. Das ist aber nicht einmal für gleichartige Pflanzen von einem zum nächsten Schnitt der Fall, wie VAN SOEST und MERTENS (1977) an Gräsern (West Virginia) zeigten. An Luzerne (aber z.B. nicht am Knaulgras) finden wir einen ähnlichen Unterschied zwischen 2 aufeinanderfolgenden Aufwüchsen (Abb. 1). Man bekommt also mit der Rohfaserextraktion aus verschiedenen Pflanzen nur recht unterschiedliche Anteile der Gesamtfaser extrahiert, weil darin auch die Anteile der Einzelkomponenten der Zellwand unterschiedlich sind.

Das variable Verhältnis der Einzelkomponenten, z.B. Lignin, Hemizellulose und Zellulose, in der Rohfaserfraktion führt auch dazu, daß die Verdaulichkeit der Rohfaser in den DLG-Tabellen häufig besser ist als die der NFE des gleichen Futters, obwohl ja eigentlich die Rohfaser als Zellwandparameter die weniger verdauliche Komponente repräsentieren müßte.

Abbildung 1:
Beziehung zwischen Lignin und Zellulose in Stengeln und Blättern von Luzerne während des ersten und zweiten Aufwuchses; negative Beziehung im 2. Aufwuchs.

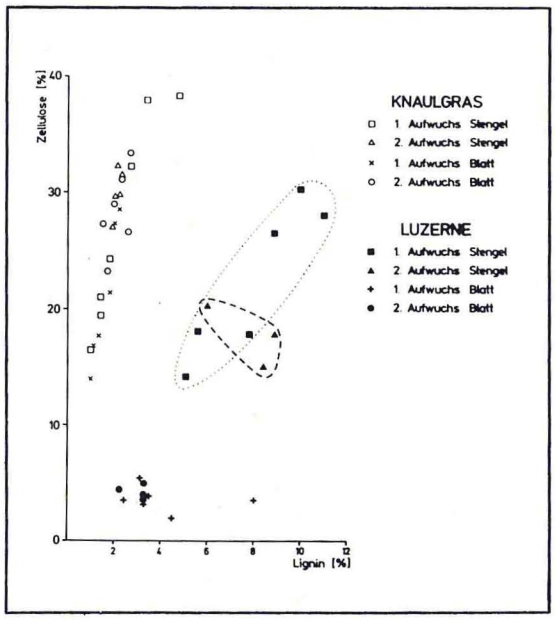
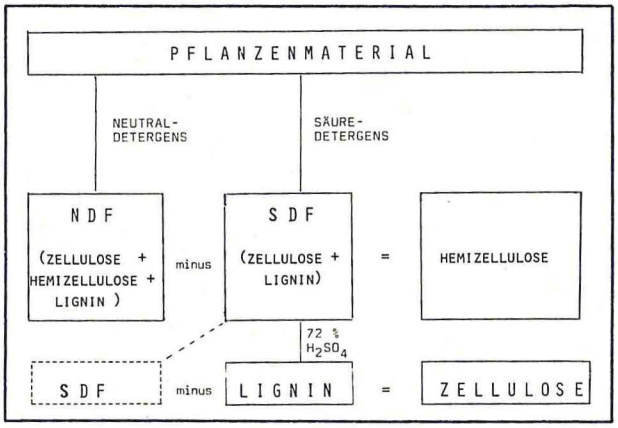


Abbildung 2:
Detergentienanalyse nach VAN SOEST.



Zellwandbestandteile

Sinnvoller für die Qualitätsbewertung von Futter wäre daher ein Verfahren, in dem eindeutig die Zellwand und die Zellinhaltsstoffe voneinander getrennt werden. VAN SOEST hat hierzu eine Methode vorgestellt (Abb. 2).

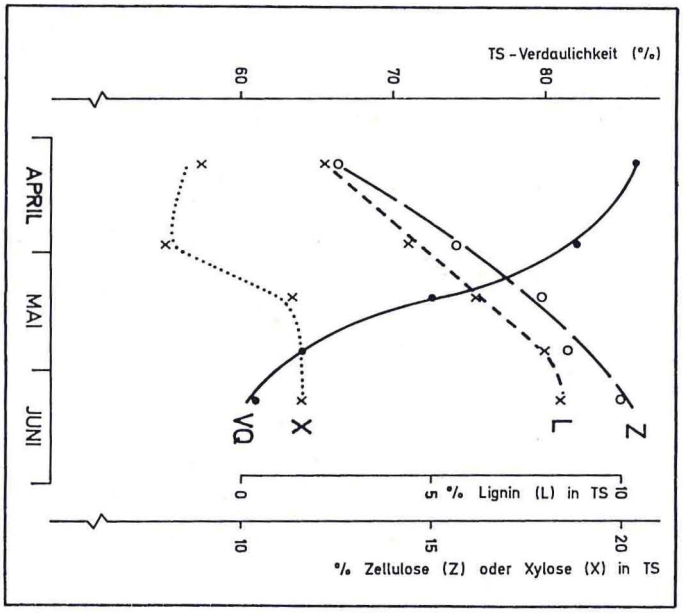


Abbildung 3:
Veränderung der Gehalte an Zellulose, Xylan und Lignin sowie der Verdaulichkeit im ersten Aufwuchs von Lolium perenne. –
Nach Daten von JONES, 1972.

Die eindeutige Trennung in Zellwandbestandteile und Nichtzellwandbestandteile ist insofern sehr sinnvoll zur Erläuterung der Qualitätsveränderung von Futterpflanzen, als mit zunehmenden Zellwandbestandteilen die Verfügbarkeit – ausgedrückt in Verdaulichkeit der Trockensubstanz – deutlich abnimmt und die Verschlechterung der Verdaulichkeit praktisch nur von der Zellwand, nicht jedoch vom Zellinhalt ausgeht. Der Hinweis auf diesen grundlegend wichtigen Vorgang würde u.E. in der Beratung didaktisch wertvoll sein. In Abbildung 3 ist dieser Vorgang mit der Veränderung von Zellulose, Lignin und Xylan einerseits und der Gesamtverdaulichkeit des Futters andererseits am Beispiel von Dt. Weidelgras gezeigt.

Folgerichtig entwickelt VAN SOEST für die Berechnung der Verdaulichkeit eine Formel, mit der aus den einfachen Kenndaten „Zellinhalt" und „Zellwand" bzw. einer mit dem Ligningehalt empirisch ermittelten Verdaulichkeit der Zellwand die Gesamtverdaulichkeit additiv errechnet wird (GOERING and VAN SOEST, 1970)*. Der Zellinhalt wird dabei stets als nahezu 100 %ig (Faktor = 0,98) verdaulich eingesetzt; die Verdaulichkeit der Zellwand wird je nach dem Lignin- bzw. Si-Gehalt abgestuft.

Damit wäre also mit einer verhältnismäßig einfachen chemischen Analyse vorherzusagen, welcher Anteil des Futters bzw. der Energie im Futter von den Tieren verdaut werden kann. Tatsächlich ist es möglich, diese Methode für bestimmte Futterarten mit großer Präzision anzuwenden (MERTENS, 1973). Im Einzelfall kann es jedoch mit diesen immer noch relativ groben chemischen Stoffgruppen zu Fehlschlüssen kommen, weil auf die verschiedenartige Assoziation der Zellwandbauteile bzw. auf die Architek-

---

* Anstelle von Lignin oder ergänzend kann im Einzelfall der Si-Gehalt für die Berechnung der Verdaulichkeit in Frage kommen.

Abbildung 4: Berechnung der Verdaulichkeit nach VAN SOEST

$$VQTS\ (\%) = 0{,}98\ S + WD_C - M$$

VQTS = Verdaulichkeit der Futtertrockenmasse
S = Zellinhalt mit Ø 98 % Verdaulichkeit
W = Zellwandgehalt (%)
D_C = geschätzte Verdaulichkeit (%) der Zellwand
M = geschätzte Ausscheidung von bereits verdauten Futter in Form von Stoffwechselprodukten des Tieres bzw. als Bakterensubstanz
M = 36;57 – 0,275x;
x = geschätzte echte Verdaulichkeit Rind (Resorbierbarkeit)

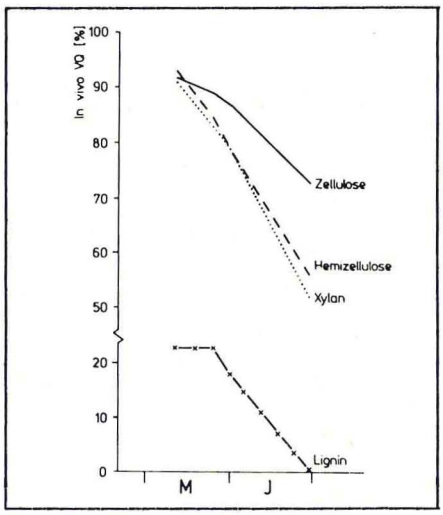
Schätzung der Zellwandverdaulichkeit mit dem Ligningehalt nach VAN SOEST

Lignin (%)	geschätzte VQ d. Zellwand
4	90
6	85
7	81
8	76
9	72
10	68
11	65
12	62
13	59
14	57
15	55
16	52
17	50
18	48

tur der Zellwand keine Rücksicht genommen wird. Anders ist es nicht zu erklären, daß sich die einzelnen Zellwandparameter, die auch VAN SOEST verwendet, im Laufe des Wachstums von Pflanzen in ihrer Verdaulichkeit beträchtlich verändern (Abb. 5).

Wir brauchen an dieser Stelle nicht zu diskutieren, weshalb beispielsweise Hemizellulosen oder Zellulose, die mit völlig identischen Verfahren bestimmt wurden, in einer jungen Pflanze besser verdaulich sind als in einer älteren. Es gibt auch im Augenblick kei-

Abbildung 5:
Veränderung der Verdaulichkeit von Zellulose, Hemizellulosen, Xylan und Lignin während des Wachstums von Lolium perenne. –
Nach Daten von WAITE et al., 1964



nen praktikablen Weg, dieses Problem in einer für die Beratung brauchbaren Form (Serienanalysen) zu lösen. Aber wir können ihm ausweichen, wenn wir die Futterqualität ganz einfach mit der Gesamtverdaulichkeit (VQ) umschreiben. Auch VAN SOEST und MERTENS (1977) erkennen, daß die VQ-Messung im Augenblick noch die beste Einzelanalyse zur Beschreibung der Futterqualität ist.

Verdaulichkeit

Für die Beschreibung der Futterqualität mit dem Verdauungsquotienten sprechen zwei wichtige Gründe. Einmal besteht eine sehr enge Beziehung zwischen der Futteraufnahme und der Verdaulichkeit (Abb. 6). Zum anderen kann nur diejenige Menge Futter vom Tier verwertet werden, die vorher verdaut wurde.

Ein britisches Beratungsmodell

Die große Bedeutung, die der Verdaulichkeit für die Qualität von Wiederkäuerfutter zukommt, hat in Großbritannien dazu geführt, daß diese Meßgröße als wichtigstes Qualitätsmerkmal in der praktischen Beratung verwendet wird. Ermittelt wird die Verdaulichkeit der organischen Substanz, bezogen auf die TS (= „D"-Wert); ein Wert von 60 D besagt, daß in 100 kg TS 60 kg verdauliche, energieproduzierende organische Masse enthalten sind. Die Abhängigkeit der Verdaulichkeit von fortschreitendem Wachstum und Klimaverhältnissen wird besonders berücksichtigt. In den Beratungsumdrucken findet man folgende Abbildung (Abb. 7).

Abbildung 6:
Beziehung zwischen Verdaulichkeit und Futteraufnahme

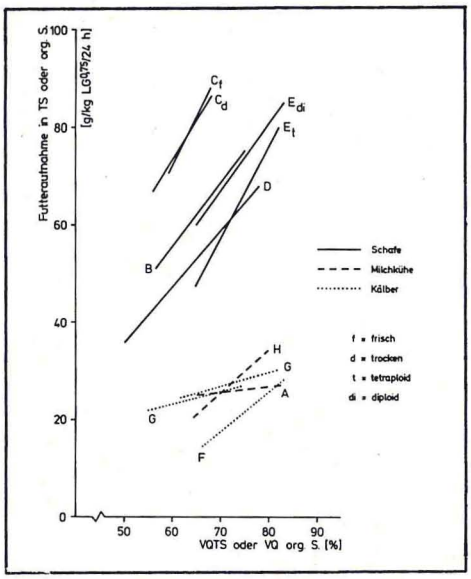
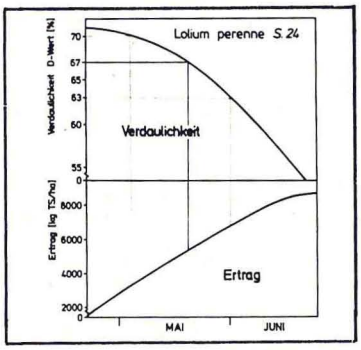


Abbildung 7:
Veränderung von Verdaulichkeit und Ertrag von Lolium perenne S.24 während des ersten Aufwuchses. – Farmers leaflet Nr. 17, NIAB 1976/77



In einleuchtender Weise wird so dem Farmer gezeigt, daß mit fortschreitendem Wachstum im Frühjahr bis Sommeranfang der Ertrag steigt, die Verdaulichkeit abnimmt und daß dieser Verdaulichkeitsabfall zunächst langsam, dann aber immer schneller vor sich geht (bis 0,4 D/Tag bei ca. 100 – 150 kg TS-Zuwachs). Die Kombination von Verdaulichkeit und Ertrag ist nach unserer Auffassung besser als die Orientierung an morphologischen Merkmalen, weil die Kenntnis des Ertrages immer eine wichtige Entscheidungshilfe für den Landwirt sein wird; ein flächenknapper Betrieb wird eher einen höheren Ertrag bei mittlerer Verdaulichkeit anstreben, während der reichlich mit Fläche ausgestattete Betrieb hohe Verdaulichkeit mit geringem Flächenertrag vorziehen wird. Sicher läßt sich mit etwas Übung der Ertrag eines Futterbestandes ebensogut schätzen wie sein Entwicklungsstadium, welches überdies bei den verschiedenen Pflanzenarten eine recht uneinheitliche Information zur Verdaulichkeit geben kann.

Mit Einbeziehung des Ertrages werden dem Landwirt in einer Vorhersagetafel („Prediction chart") für verschiedene Pflanzenarten und -sorten die voraussichtlichen Erntezeitpunkte bei den 3 Qualitätsstufen 63 D, 67 D und 70 D angegeben. Diese 3 Kategorien entsprechen einer sehr guten, guten und mittleren bis mäßigen Qualität, jeweils kombiniert mit einem geringen, mittleren und hohen Ertrag.

Seit 1976 wird im Bestreben nach einer weiteren Verbesserung der Futterqualität ein D-Wert von 67 als Zielgröße angegeben, der einer VQTS von etwa 72 % entspricht; Versuchsergebnisse hatten gezeigt, daß damit die Konservierungseignung des Futters und die Gewichtszunahme von Rindern pro ha verbessert werden konnte.

Tabelle 1: Ertrag und Verdaulichkeit („D"-Wert = VQ der Org. Masse bezogen auf TS) empfohlener Futterpflanzenarten- und -sorten. – NIAB, Farmers Leaflet Nr. 17, 1976

Pflanzenart – Reifegruppe*	Ertrag (kg TS/ha) und „D"-Wert in 5 Tage-Abschnitten											zusätzliche Angaben	
	Mai					Juni							
	2.	3.	4.	5.	6.	1.	2.	3.	4.	5.	6.		
Knaulgras – f.m		2900 (67)		4400 [63]									
Knaulgras – s			3400 (67)		4300 [63]								
Dt. Weidelgras – f.mf	3900 [70]			6500 (67)		8000 [63]						empfohlene Sorten	Datum des Ähren-Rispen-Schiebens
Wiesenschwingel – f	3400 [70]			5300 (67)		6700 [63]							
Lieschgras – f.mf		3400 [70]			4600 (67)		6500 [63]						
Wiesenschwingel – s		2700 [70]			4900 (67)		6400 [63]						
Lieschgras – ms.s			2700 [70]			4400 (67)		5400 [63]					
Dt. Weidelgras – s				4500 [70]			7100 (67)		8600 [63]				
Dt. Weidelgras – ss						3900 [70]			6400 (67)		7800 [63]		
Luzerne		5000 (63)		6400 [60]									
Rotklee								5900 (63)		7300 [60]			

* f = früh
mf = mittel-früh
m = mittel

ms = mittel-spät
s = = spät
ss = sehr spät

[ ] = Frühschnitt hohe Qualität, geringer Ertrag, hoher Wassergehalt

(- - -) = gute Qualität, mittlerer Ertrag

[ ] = mäßige Qualität, hoher Ertrag

Für Leguminosen akzeptiert man einen geringeren D-Wert, weil bei gleichem D-Wert die Futteraufnahme von Leguminosen höher ist als von Gräsern und weil sie einen höheren Proteingehalt haben.

Sämtliche von NIAB empfohlenen Sorten sind in dieser Liste nach Reifegruppen aufgeführt. Die Schnittzeitpunkte sind im 5-Tage-Raster jeweils für die Qualitätsstufen 70 D, 67 D und 63 D angegeben. Die Angaben resultieren aus Versuchsergebnissen von NIAB und können, wie es heißt, unter guten praktischen Voraussetzungen erzielt werden; z.B. reichen die 67 D-Schnittzeitpunkte von der 2. Mai-Pentade (Knaulgras) bis zur 4. Juni-Pentade (sehr spätes Dt. Weidelgras). Der Landwirt kann also mit Auswahl geeigneter Arten und Sorten 6 Wochen lang das 67 D-Niveau halten bzw. mit Weidelgras allein unter Verwendung verschiedener Sorten 4 Wochen lang.

Zusätzlich ist das Datum des Ähren-Rispenschiebens angegeben; aber dieses kann, wie ausdrücklich betont wird, nicht als Indikator für die Vorhersage des D-Wertes angesehen werden; z.B. wird 67 D im sehr frühen Weidelgras eine Woche nach dem Ährenschieben erreicht, mit spätem Lieschgras bereits 4 Wochen vor dem Ährenschieben.

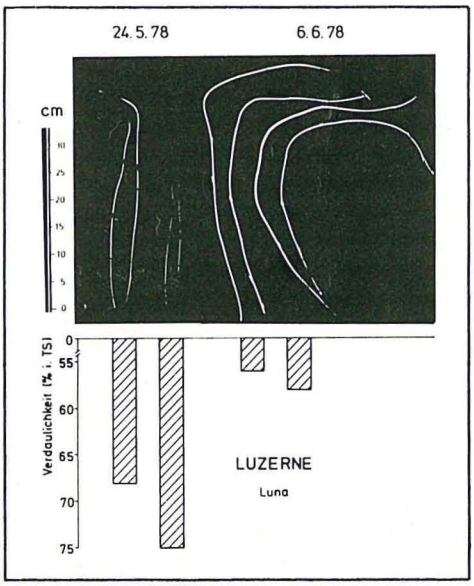
Ein weiterer wichtiger Hinweis zum Gebrauch der Vorhersagekarte berücksichtigt den Einfluß von Standort und Jahreszeit. In dem in Tabelle 1 angegebenen Beispiel bezieht man sich auf Ergebnisse, die man in Südengland bzw. Wales in einer durchschnittlichen Jahreszeit gewinnen kann. Es wird betont, daß dieselben D-Werte weiter nördlich erst mehrere Tage später erreicht werden, z.B. 10 – 15 Tage später in Northumberland. Zum Einfluß der Höhenlage wird lediglich angegeben, daß mit je 100 m Höhendifferenz eine Verzögerung des Ähren-Rispenschiebens um 4 Tage einhergeht.

Je nach Witterungsbedingungen wird auch ein jahreszeitlicher Einfluß angesprochen, und zwar in der Form, daß unter heißen und trockenen Bedingungen der Reifeprozeß sehr viel rascher vor sich geht als unter normalen Witterungsverhältnissen bzw. daß kühlere Witterungsverhältnisse ein langsameres Abreifen verursachen.

Diskussion

Sicher ist dieses in Großbritannien praktizierte Beratungssystem noch nicht perfekt; die Schotten haben übrigens ein eigenes System, das im Prinzip ähnlich arbeitet. Insbesondere entstehen Schwierigkeiten, wenn die Witterungsverhältnisse vom Durchschnitt der Jahre abweichen. Es gelingt dann nur schwer, die drei Verdaulichkeitsstufen in Beziehung zum Ertrag zu setzen, weil in Abhängigkeit von der Witterung Blätter bzw. Stengel einen unterschiedlichen Anteil am Gesamtertrag haben – d.h., in einem Jahr kann ein und derselbe Ertrag von einem höheren Stengelanteil, im anderen Jahr von einem höheren Blattanteil begleitet sein –, und die Verdaulichkeitsverschlechterung während des Wachstums im Stengel zwar meist von einem höheren Niveau ausgeht, aber dann rascher verläuft als in den Blättern. So sehr im Grundsatz die Koppelung von Qualität und Ertrag zu bejahen ist, entstehen doch dadurch immer wieder Schwierigkeiten (ROY, 1978, pers. Mitteilung). Im Augenblick beobachtet man in Großbritannien die Beziehung zwischen Witterungsdaten und Verdaulichkeit, um eine genauere Vorhersage treffen zu können, falls sich regional eine numerische Beziehung herstellen läßt (ROY, 1978). Es wird sich herausstellen, ob dadurch genauere Vorhersagen möglich sind.

Abbildung 8:
Einfluß des Alters und der Länge von Luzernestengel auf ihre Verdaulichkeit



Nichtsdestoweniger meinen wir, daß über die Anwendbarkeit eines solchen Systems auch in unserer Fütterungsberatung jetzt schon gesprochen werden sollte, weil es geeignet erscheint, die Erzeugung von Qualitätsfutter zu fördern. Die darin verwendeten Begriffe und Vorgänge können für den Landwirt verständlich dargestellt werden. Darüber hinaus wird ein Qualitätskriterium verwendet, welches die Schwächen der sogenannten Weender-Analyse bzw. der bisher bei uns verwendeten Berechnung der Stärkeeinheiten weitgehend überbrückt.

Möglicherweise könnte das britische System insofern ergänzt werden, als man die Verdaulichkeit verschiedener Größenklassen von Stengellängen und deren Alter einbezieht und über den Ertragsanteil von Blättern und Stengeln verbesserte Schätzwerte erarbeitet.

In Abbildung 8 haben wir den Einfluß des Alters und der Länge von Stengeln auf die Verdaulichkeit von Luzerne dargestellt. Wie man sieht, könnte es sich lohnen, in dieser Form der Entwicklung eines Futterpflanzenbestandes mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Die Abbildung zeigt, daß zwischen den verschieden langen bzw. alten Stengeln von Luzerne recht deutliche Unterschiede in der Verdaulichkeit bestehen.

Zusammenfassung

Es wird erörtert, wie die Veränderung der Zellwandanteile und der Verdaulichkeit von Futterpflanzen als Hilfsmittel in der Beratung eingesetzt werden kann. In dem Zusammenhang wird ein britisches Beratungsmodell vorgestellt, das sich vor allem auf die Verdaulichkeitsmessung stützt. Man geht dabei davon aus, daß die Verdaulichkeit der organischen Futtersubstanz die geeignete Meßgröße ist für die Vorhersage des Energie-

gehaltes von Futter und der Futteraufnahme. Der Verdaulichkeitsverschlechterung mit fortschreitendem Wachstum sowie dem Einfluß von Klimafaktoren wird in diesem Modell besondere Beachtung geschenkt. Es wird diskutiert, ob ein solches Beratungssystem, u.U. ergänzt mit einfach meßbaren morphologischen- und Zellwandkriterien, für die Beratung hierzulande geeignet ist.

Summary

Cell wall constituents and digestibility of forage plants as aids in advisory work

It is discussed how to handle the variation of cell wall constituents and digestibility of forages for advisory purposes. Connecting with this a British advisory model (NIAB) is introduced primarily based on digestibility measurement. It is assumed in it that the digestibility of organic substances in the forage is the best suitable parameter to predict the energy content of the forage and food intake. In this model the decrease of digestibility along with growth and the influence of climatic factors is a main point.

It is discussed whether such a system will be suitable for us, possibly including some improvements such as simply measurable morphological and cell wall criterions.

Literatur

1. CORBETT, J.L., LANGLANDS, J.P. und REID, G.W., 1963: Effects of season of growth and digestibility of herbage on intake by grazing dairy cows. Anim. Prod. 5, 119 – 130.
2. GOERING, H.K. und VAN SOEST, P.J., 1970: Forage fiber analyses. USDA Agriculture Handbook, No. 379, 1 – 20.
3. HEANY, D.P., PIGDEN, W.J. und PRITCHARD, G.J., 1966: The effect of freezing or drying pasture herbage on digestibility and voluntary intake assays with sheep. Proc. 10. Int. Grassld. Congr., 379 – 384.
4. HOGSON, J., 1968: The relationship between the digestibility of a sward and the herbage consumption of grazing calves. J. Agric. Sci. Camb., 70, 47 – 51.
5. JONES, D.I.H., 1972: The chemistry of grass for animal production. Outlook Agr., 7, 32 – 38.
6. NIAB, National Institute of Agricultural Botany, 1976/77: leaflet No. 17.
7. OSBOURN, D.F., THOMSON, D.J. und TERRY, R.A., 1966: The relationship between voluntary intake and digestibility of forage crops, using sheep. Proc. 10. Int. Grassld. Congr., 363 – 367.
8. REID, R.L. und JUNG, G.A.:, 1965: Intake of tropical pasture species. Proc. 9. Int. Grassld. Congr., 815 – 822.
9. RODRIGUEZ CAPRILES, J.M. und HOGSON, J., 1974: The influence of sward characteristics on the herbage intake of young grazing cattle in tropical and temperate climates. Proc. 12. Int. Grassld. Congr., 111 – 119.
10. ROY, M.G., 1978: Weather forecast requirements for hay and silage making. Proc. 7. Europ. Grassld. Congr. Session 6, 6.53 – 6.59.

11. STEHR, W. und KIRCHGESSNER, M., 1976: The relationship between the intake of herbage grazed by dairy cows and its digestibility. Anim. Fd. Sci. Technol., 1, 53 – 60.

12. VAN SOEST, P.J. und MERTENS, D.R., 1976: Analytical parameters as guides for forage quality. Proc. Int. Meet. Anim. Prod. Temp. Grassld. 50 – 52.

13. WAITE, M., JOHNSTON, J. und ARMSTRONG, D.G., 1964: The evaluation of artificially dried grass as a source of energy for sheep. I. The effect of stage of maturity on the apparent digestibility of ryegrass, cocksfoot and timothy. J. Agric. Sci., 62, 391 – 398.