

87

Sonderdruck aus

DAS WIRTSCHAFTSEIGENE FUTTER

Erzeugung, Konservierung, Verwertung

Band 20

Heft 1

Januar—März 1974

Jahreszeitliche Veränderung des Nährwertes von Grundfutter unter besonderer Berücksichtigung definierter organischer Inhaltsstoffe

W. Kühbauch

Die Ernährung des Wiederkäuers mit wirtschaftseigenem Futter steht im Gegensatz zur Ernährung monogastrischer Tiere im Zeichen eines Energiemangels bei gleichzeitigem Proteinüberangebot. Auf einer Weidelgras-Weisklee-weide unseres Versuchsgutes Grünschwaige könnte man beispielsweise mit der durch die Weidetiere aufgenommenen Proteinmenge eine Milchleistung von 30 kg pro Tag erzielen, der Energiegehalt reicht jedoch nur für eine Milchleistung von 16 kg je Tag (MARAMBIO, 1971). Der Energiegehalt ist der begrenzende Faktor. Für höhere Milchleistungen müßte von den Tieren entweder mehr Futtersubstanz aufgenommen oder die Qualität der Energieträger im Futter erheblich verbessert werden. In der Praxis ergibt sich daraus die Notwendigkeit der Zufütterung von hochwertiger Energie. Ganz im Gegensatz dazu ist die Qualität des Proteins von untergeordneter Bedeutung, weil die artenreich zusammengesetzte Mikroflora des Pansens aus Nichtproteinstickstoff hochwertiges Protozoen- bzw. Bakterieneiweiß mit einer biologischen Wertigkeit um 80 aufbauen kann (KIRCHGESSNER, 1970). Nur für Höchstleistungstiere ist auch der Gehalt von essentiellen Aminosäuren im Futter bedeutsam. Die Aktivität dieser Pansenmikroben erfordert eine große Menge Energie. Die Qualität, d. h. die rasche Verfügbarkeit dieser Energie, ist im Gegensatz zu der der Stickstoffverbindung von entscheidender Bedeutung. Nicht der Verbrennungswert der Substrate ist maßgebend für eine ausreichende Energieversorgung der Mikroben, wie auf der anderen Seite der N-Gehalt des Futters allein schon ein Maß für die N-Versorgung sein kann, sondern deren Löslichkeit, Hydrolisierbarkeit und in dem Zusammenhang sicher auch Struktur- und Polymerisationsgrad der organischen Verbindungen. Angaben zum Nährwert von Grundfutter müssen von diesem Sachverhalt ausgehen. Auf eine Erörterung der N-Verbindungen möchte ich also hier verzichten und den Nährwert N-freier organischer Inhaltsstoffe vorwiegend unter dem Gesichtspunkt der Verfügbarkeit ihres Energiegehaltes betrachten.

+) nach einem Vortrag auf der Tagung der DLG-Ausschüsse für Grünland und Futterbau sowie Futtermittelkonservierung 1973

Beschreibung des Nährwertes von Grundfutter

Der Nährwert von Grundfutter kann kein abstrakter, rein chemisch formulierter Begriff sein, sondern steht einmal unter dem Zeichen der Produktion, aber auch der Produktionsrichtung; das bedeutet, daß es nicht gleichgültig ist ob mit Rindern eine Fleisch- oder Milchproduktion beabsichtigt ist. Von erheblichen Interesse ist auch, wieviel die Tiere von einer Futtersubstanz aufnehmen. KAUFMANN (1968) bezeichnet daher den Nährwert des Futters als das Produkt aus Energiegehalt und Futteraufnahme. In der Literatur wird neuerdings der Nährwert häufig mit der Verdaulichkeit beschrieben, und in der Tat existiert von daher im allgemeinen eine positive Korrelation zur Futteraufnahme (BLAXTER u. M., 1961). Der physikalischen Struktur des Futters wird dabei bis zu einem bestimmten Maximalwert eine positive Bedeutung zugemessen (KAUFMANN, 1968). Durch sie wird einmal die Pansenmotorik gefördert. Andererseits regt die Struktur des Futters einen erhöhten Speichelfluß an, wodurch die organischen Säuren, die aus dem bakteriellen Futterabbau stammen, im Pansen verstärkt abgepuffert werden und damit eine pH-Stufe erzielt wird, welche die zellulolytischen Bakterien begünstigt. Durch den rascheren Abbau können somit die strukturbildenden Bestandteile des Futters - gleichbleibende Verdaulichkeit vorausgesetzt - die Vormägen schneller verlassen, so daß erneut ein Hungergefühl entsteht (KAUFMANN, 1968).

Zellulose und die große Gruppe von verzweigtpolymeren Kohlenhydraten, die in der Literatur unter dem Sammelbegriff "Hemizellulosen" häufig genannt werden, sind die wesentlichen Verursacher dieser physikalischen Struktur. Pflanzenbaulich hat man die Struktur des Futters im Griff. Ein wesentliches Problem liegt jedoch in der richtigen Beurteilung des Nährwertes, in der Beschreibung von strukturierten und nicht strukturierten Energieträgern im Grundfutter.

Analytisch werden Strukturbestandteile meist mit dem sogenannten Rohfaserwert, als Zellwandbestandteile, Rohzellulose oder Faserstoffe erfaßt. Die restlichen Kohlenhydrate werden meist gar nicht bestimmt, sondern als Differenz berechnet. Klassisches Beispiel für diese Art von Nährwertbestimmung ist das WEENDER-Verfahren mit den Analysenwerten Rohfaser, Rohprotein, Rohfett und Asche und den berechneten N-freien Extraktstoffen (NFE). Ich möchte die längst erkannten Mängel dieses Verfahrens zur Nährwertbestimmung an einem vereinfachten Beispiel von NEHRING in Tabelle 1 zeigen.

Tabelle 1: Gehalte an Gerüstsubstanzen und Kohlenhydraten in Futterpflanzen (NEHRING, 1968)

Pflanzen- substanz	Weender Analyse		Gerüstsubstanz-Analyse		Kohlenhydratanalyse	
	Roh- faser	NFE	Gerüst- subst.	Rest-KH ⁺)	schwer hydrol- + Rest-KH ⁺)	leicht hydrol.
	% i. Trm					
Weizenstroh	45,7	42,7	78,9	9,5	87,6	0,8
Kleeheu	37,7	43,7	64,2	17,2	73,9	7,5
Wiesengras	25,4	45,9	49,1	22,2	54,1	17,2

+) KH = Kohlenhydrate

Die Gehalte an N-freien Extraktstoffen nach dem WEENDER-Verfahren bewegen sich in allen 3 Futtermitteln etwa in der gleichen Höhe. Über Unterschiede im Nährwert könnte hieraus keine Aussage getroffen werden. Die tatsächlichen Unterschiede im Nährwert der 3 Pflanzensubstanzen kommen erst mit der Gerüstsubstanz- bzw. der Kohlenhydratanalyse in der 4. und 6. Spalte zum Vorschein, weil sie wesentlich vom Gehalt löslicher Kohlenhydrate bestimmt werden. Die WEENDER-Analyse verschleiern diesen Sachverhalt. Wir könnten daraus den Schluß ziehen, daß nur mit einer differenzierten Analyse eine Aussage zum Futterwert von Pflanzensubstanz möglich ist. Die Veränderung des Nährwertes im Jahresablauf kann jedoch mit den derzeit gebräuchlichen chemischen Bestimmungsmethoden noch nicht hinreichend erfaßt werden; weil die Verdaulichkeit der analysierten Einzelkomponenten des Futters nicht stets gleich bleibt. So ist Hemizellulose, die in Gras während des Frühjahrs synthetisiert wird, häufig von erheblich besserer Qualität als Hemizellulose von den im Sommer geernteten Pflanzen; auch die Einzelkomponenten der Hemizellulose - Xylan, Araban, Galaktan, Pektine und Uronsäuren - machen eine Qualitätsveränderung durch. Unter solchen Voraussetzungen läßt sich die Verschlechterung der Gesamtverdaulichkeit des Grundfutters allein aus der Veränderung des Anteils verschiedener Inhaltsstoffe nicht erklären. Am Beispiel von Wiesengras wird in Tabelle 2 gezeigt, wie sich in einem Zeitraum von 4 Wochen nicht nur die Gehaltswerte, sondern auch die Verdaulichkeit der Einzelkomponenten NFE, Rohfaser bzw. Zellulose, Lignin und Pentosane und sogar der Hemizellulosebestandteile Xylan, Araban und Galaktan verändern. Nur lösliche Kohlenhydrate der Gruppe Mono- und Disaccharide sowie der Fruktosane sind stets nahezu 100 %ig verdaulich.

Tabelle 2: Veränderung der Gehalte und der Verdaulichkeit von Kohlenhydratfraktionen in Wiesengras mit fortschreitendem Alter - 1. Aufwuchs, Abstand der Schnittzeit 1-3 ca. 4 Wochen (NEHRING, 1968)

Schnittzeit	org. Subst.	Rohfaser	NFE	Zellulose	Lignin	Pentosane	Xylan	Araban	Galaktan	Hemizellulose ⁺⁾
					% i. Trm					
1	91,0	24,7	48,3	25,6	7,5	17,0	6,2	5,7	3,2	15,9
3	92,2	31,0	48,4	31,2	10,7	18,1	6,9	6,2	4,1	19,6
					Verdaulichkeitskoeffizienten					
1	70,0	73,6	70,1	70,9	15,4	65,7	70,7	68,2	58,7	66,9
3	59,2	63,8	58,7	63,2	8,0	57,2	57,0	58,1	60,7	58,0

⁺⁾ geringe Mengen Pektine, Uronsäuren und Ribose enthalten

Die vorhandenen Erfahrungswerte reichen noch nicht aus, um nur mit chemischen Analysendaten und unter Beachtung des Erntezeitpunktes den Gesamtnährwert des Futters zu ermitteln. Verdauungsversuche geben heute noch am zuverlässigsten Auskunft darüber.

Als Ursache der Veränderung der Verdaulichkeit von Grundfutter sind zu nennen: 1. das Reifestadium der Pflanzen, d. h. der pflanzenendogene Rhythmus in der Synthese von Inhaltsstoffen, ohne daß jahreszeitliche Einflüsse davon völlig getrennt werden könnten; 2. der Witterungseinfluß, zum Teil wieder überlagert vom pflanzeneigenen Wachstumsrhythmus.

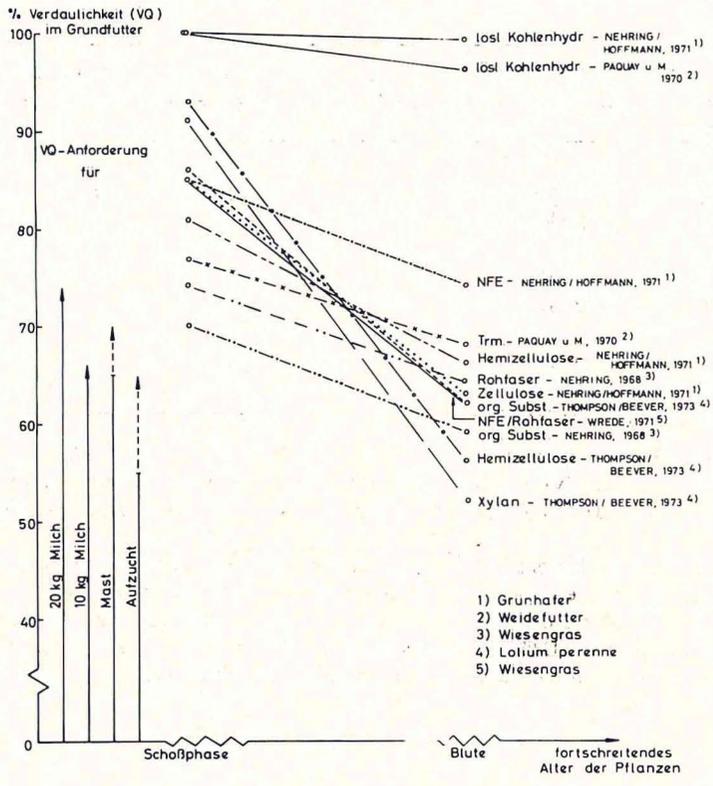
Einfluß des Reifestadiums der Pflanzen auf die Veränderung der Verdaulichkeit

Zur Beobachtung des Nährwertes in Abhängigkeit vom Reifestadium wird in der Literatur häufig der 1. Aufwuchs herangezogen. Er eignet sich deshalb besonders gut zur Beobachtung des Alterungsprozesses in grasreichen Beständen, weil es hier, im Gegensatz zu den nachfolgenden Schnitten, zu einer deutlichen morphologischen Differenzierung der Pflanzen kommt, die den Fortgang des Alterungsprozesses eindeutig charakterisiert. Tab. 2 zeigt, daß sich im 1. Aufwuchs die Verdaulichkeit der gesamten organischen Substanz sowie relativ gut definierter Einzelkomponenten innerhalb von 4 Wochen deutlich verschlechtert. Dieser Trend wird in einer neueren Arbeit von NEHRING und HOFFMANN (1971) in Klee gras wieder bestätigt. WREDE (1971) beobachtet in Wiesengras in der Zeit vom Schossen bis nach der Blüte eine Verringerung der Verdaulichkeit der Rohfaser und NFE von 85 auf 58 bzw. 83 auf 64 %. Ergebnisse in der angelsächsischen Literatur stimmen damit überein: BINNIE und HARRINGTON (1972) berichten von einem Rückgang der Gesamtverdaulichkeit von Wel-schem Weidelgras von 76,6 % bei dreiwöchigen Schnittintervallen auf 68,4 % mit zehnwöchigem Schnittabstand. THOMSON und BEEVER (1973) beobachten in 4 Schnittzeitpunkten des 1. Aufwuchses an Deutschem Weidelgras eine überraschend hohe Verdaulichkeit der Zellulose von 92 % im 1. Schnitt, die sich bis zum 4. Schnitt auf 72 % verringert.

Die Verdaulichkeit der Hemizellulose verringert sich im nämlichen Zeitraum von 93 auf 56 %, die der organischen Substanz von 86 auf 62 %. In jedem Falle kommt damit eine eindeutige Verschlechterung der Verdaulichkeit mit dem Alter der Pflanzen zum Ausdruck.

WALTERS u. M. (1967) kommen nach Untersuchungen an Deutschem Weidelgras, Knaulgras und Lieschgras ebenfalls zu dem Ergebnis, daß der überragende Einfluß auf die Verdaulichkeit der Pflanzensubstanz vom Alter der Pflanzen stammt. Altersbedingte Veränderungen der Morphologie, z. B. das Blatt-Stengelverhältnis oder der zunehmende Anteil abgestorbener Blätter, sind dabei von untergeordneter Bedeutung. Es hat sich sogar gezeigt, daß Sorten, welche zuerst die Blütenanlage schieben, gerade wegen ihres höheren Stengelanteils, wenn dieser vorwiegend aus Blattscheiden und gerollten Blättern besteht, besser verdaulich sind als später blühende Sorten. BLAND und DENT (1964) berichten, daß Stengel und Blattscheiden von Knaulgras bis Juni höhere Verdaulichkeit aufweisen als die Blätter. Daneben existiert natürlich auch ein erheblicher Einfluß der Grasart und -sorte (WALTERS, 1973), der aber ebenfalls nicht allein morphologischen Merkmalen zugeschrieben werden kann. Über die relative Vorzüglichkeit von Blättern und Stengeln kann also im Hinblick auf den Nährwert der Pflanzenteile keine eindeutige Aussage getroffen werden. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die in der Literatur angegebenen Veränderungen der Verdaulichkeit des Grundfutters im 1. Aufwuchs bzw. der darin enthaltenen wichtigsten Energieträger mit fortschreitendem Alter. Der Abszissenabstand ist nicht maßstabsgetreu; ein direkter Vergleich der Ergebnisse ist nicht möglich.

Verschiedene Autoren beobachten im Pflanzenmaterial unterschiedlicher Herkunft und Zusammensetzung eine recht einheitliche Verschlechterung der Verdaulichkeit wichtiger Inhaltskomponenten im Verlaufe des ersten Aufwuchses. Nicht nur die gesamte organische Substanz der Pflanzen ist davon betroffen, sondern auch relativ gut definierte Stoffgruppen wie Xylan und Zellulose. Auffallend ist die nahezu unveränderte Verdaulichkeit löslicher Kohlehydrate bis ca. 100 %.



Veränderung der Verdaulichkeit des Grundfutters im 1. Aufwuchs und Verdaulichkeitsanforderungen verschiedener Produktionsrichtungen in der Rindviehhaltung

Einfluß der Jahreszeit auf die Veränderung der Verdaulichkeit

In diesem Zusammenhang interessieren vor allem die Veränderungen der Lichtintensität und der Temperatur. Die höchste Lichteinstrahlung erfolgt im Frühjahr bis Frühsommer. DEINUM (1969) konnte an Deutschem Weidelgras zeigen, daß mit einer Lichtintensität von ca. $400 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{Tag}$ - das entspricht einer frühlommerlichen Einstrahlung - der Gehalt an löslichen Kohlenhydraten ca. dreimal so hoch war wie mit $74 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{Tag}$ - entsprechend einer herbstlichen Einstrahlung. Gleichzeitig wurden alle Zellwandbestandteile in der Pflanze mit zunehmender Lichtintensität verringert. Dementsprechend nahm auch die Verdaulichkeit mit zunehmender Lichtintensität zu. Bei gleichbleibender Einstrahlung ($250 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{Tag}$) und steigender Temperatur wird der umgekehrte Effekt erzielt: Die gesteigerte Veratmung führt zuerst zu einer Verringerung löslicher Kohlenhydrate und in der Folge zu einer Zunahme der Zellwandbestandteile und einer Verschlechterung der Verdaulichkeit.

An einer Weidelgras-Weißkleeweiße beobachten wir im Durchschnitt der Versuchsjahre 1969/70 ebenfalls eine deutliche Verringerung der löslichen Kohlen-

Tabelle 3: Die durchschnittlichen Gehalte an löslichen Kohlenhydraten im Mähweidefutter 1969 und 1970

	1 Glucose Fructose	2 Saccharose	1+2 Zucker	3 Fructosan	1+2+3 lösliche KH
			<u>Mai</u>		
WR	3,35	3,50	6,85	0,63	6,58
SR	4,51	3,11	7,62	0,80	8,45
			<u>Juli</u>		
WR	2,74	2,26	5,00	0,70	5,71
SR	1,46	2,40	3,86	1,31	5,18
			<u>August</u>		
WR	1,72	0,96	2,68	0,81	3,48
SR	2,10	1,17	3,27	1,00	4,27

hydrate von Mai bis August (Tab. 3). Der relativ geringe Gehalt an Fruktosan läßt sich mit der intensiven fünfmaligen Nutzung deuten, womit bekanntlich (SCHLUBACH u. M., 1954) der Aufbau von Reservopolysacchariden verhindert wird.

Mit demselben Material konnten wir auch zeigen, daß hohe Temperaturen einen negativen Einfluß auf die löslichen Kohlenhydrate haben, was mit ein wesentlicher Grund für die Sommerdepression der Verdaulichkeit im Grundfutter ist. In Übereinstimmung mit DEINUM (1969) ergibt sich eine eindeutige negative Beziehung zwischen dem Gehalt an löslichen Kohlenhydraten und steigenden Temperaturen.

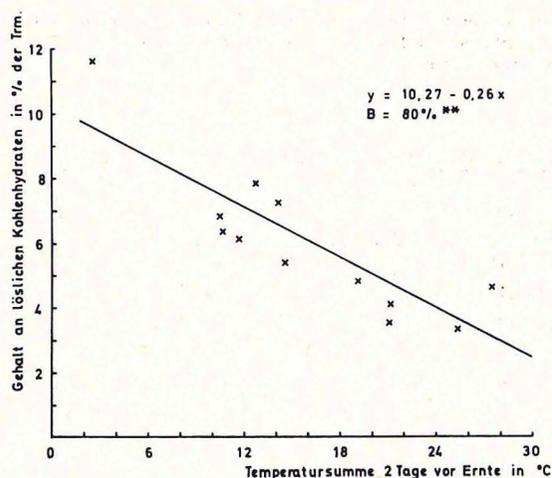
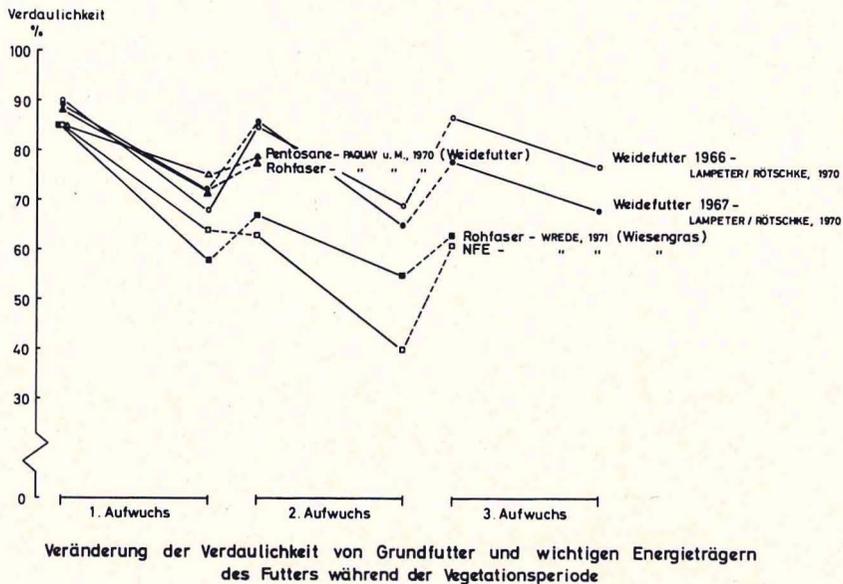


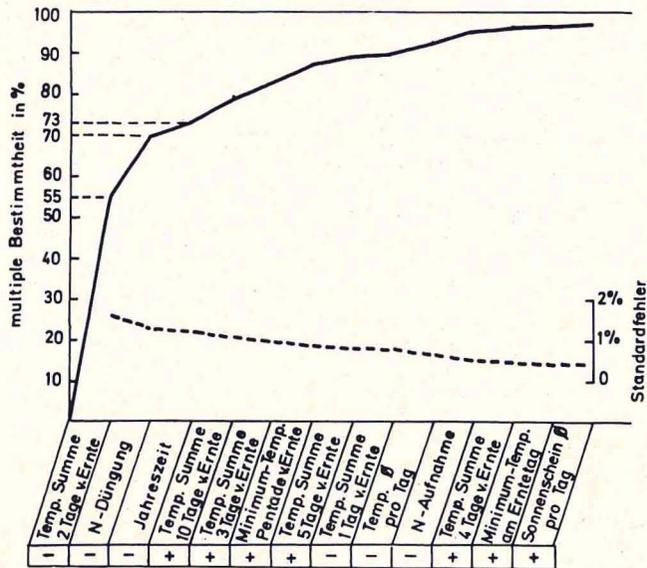
Abb. 2. Zusammenhang zwischen dem Gehalt an löslichen Kohlenhydraten und der Temperatursumme zwei Tage vor der Ernte bei einer N-Düngung von 60 kg N/ha und Aufwuchs (n = 12)

Die jahreszeitlichen Einflüsse auf die Veränderung der Inhaltsstoffe und die Verdaulichkeit werden demnach in der Literatur auch recht einheitlich wiedergegeben.



Vom ersten bis zum dritten Aufwuchs wurde von verschiedenen Autoren eine stufenweise Verringerung der Verdaulichkeit von Grundfutter und wichtigen Energieträgern des Grundfutters beobachtet. Die Verschlechterung der Verdaulichkeit innerhalb eines Aufwuchses, wie sie auch in Abb. 1 zum Vorschein kam, bleibt mit fortschreitender Jahreszeit erhalten. Dieses Modell schließt natürlich nicht aus, daß bestimmte Pflanzen, z.B. Lieschgras, im 2. Aufwuchs nur eine geringe Depression ihrer Verdaulichkeit erfahren, wie das von WALTERS u. M. (1967) gezeigt wurde. Die Ursache dafür liegt sicher in der von SCHLUBACH u. M. (1956) bereits beschriebenen relativ späten Kohlenhydratanreicherung; auch ein Spätsommermaximum in Ertragszuwachs und Gehalt an löslichen Kohlenhydraten ist in unseren Breiten für Wiesen und Weiden nicht auszuschließen. Wie man mit Hilfe der Klimadaten schließlich auch eine Vorhersage zu den für die Verdaulichkeit wichtigen Inhaltsstoffen machen kann, zeigt Abbildung 4. Durch 13 Variable wurde die Varianz der löslichen Kohlehydrate zu 97 % erklärt. Die wichtigste Einflußgröße ist die Temperatursumme zwei Tage vor der Ernte; sie erklärt bereits 55 % der Varianz der Kohlenhydratgehalte. Die Stickstoffdüngung bringt noch 15 % und die Jahreszeit nochmals 3 %. Es versteht sich von selbst, daß der jahreszeitliche Einfluß überwiegend in der Temperatursumme 2 Tage vor der Ernte schon enthalten ist. Die nächsten drei Variablen tragen je 5 % zur Varianzerklärung bei, während die Bedeutung der übrigen Einflußgrößen dann abnimmt. Infolge der Interkorrelationen und des Aufdeckens der partiellen Beziehungen kommt es zu einem häufigen Vorzeichenwechsel während des Aufbauprozesses der multiplen Gleichung. Immerhin läßt sich mit der gefundenen multiplen linearen Regressionsgleichung die Veränderung der Gehal-

Varianzerklärung der lösl. Kohlenhydrate



te an löslichen Kohlenhydraten recht gut beschreiben. Der Standardfehler zeigt, daß 68,5 % der errechneten Werte um weniger als ein halbes Prozent von den gemessenen Werten abweichen.

Struktur und Polymerisationsgrad organischer Verbindungen im Grundfutter

In der Literatur geht man übereinstimmend davon aus, daß die sogenannten löslichen Kohlenhydrate und Stärke stets nahezu 100 %ig verdaulich sind. Sie werden also generell eingestuft wie Monosaccharide. Nun weiß man aber, daß es bei Überangebot von freien Zuckern in den Vormägen des Wiederkäuers zu einer Übersäuerung kommen kann, was wiederum zu einer Zurückdrängung der Mikroorganismenaktivität führt und in der Folge zu geringerer Futteraufnahme (ORTH, 1963). Der Nährwert des Futters könnte darunter leiden. Glücklicherweise liegen aber nur relativ wenige Zucker in unseren Futterpflanzen in freier Form vor; meist als Polykondensate in Zellulose, Hemizellulose, Fruktosan und Stärke. Von Stärke ist bekannt, daß es als Nährsubstrat sowohl auf die Mikroorganismenzahl als auch auf deren Aktivität und damit auf Gär- bzw. Verdauungsprozeß einen recht günstigen Einfluß hat (KAUFMANN, 1968). Die Ursache für die gute Verträglichkeit von Stärke in wiederkäuergeeignetem Futter liegt also darin, daß aus ihr nicht schlagartig, sondern nach und nach Glukosemengen freigesetzt werden. Die Übersäuerung des Pansens bleibt aus. Unter diesem Gesichtspunkt dürften auch die polymeren Kohlenhydrate wie Zellulose - von der wir ohnehin wissen, daß sie in einem frühen

Wachstumsstadium zu über 90 % verdaulich sein kann - Hemizellulose und Fruktosane eine besondere Beurteilung erfahren. Die Futteraufnahme wird vermutlich gerade durch diese leicht verdaulichen polymeren Kohlenhydrate positiv beeinflusst. Die pflanzenbaulichen Möglichkeiten zur Maximierung des Ertrages polymerer und gleichzeitig leicht verdaulicher Kohlenhydrate durch gezielte Auswahl von Arten und Sorten sowie des Erntezeitpunktes sind jedoch größtenteils noch nicht erforscht. Denkbar ist, daß darin ein nicht zu unterschätzendes Nährwertpotential ruht. In Abbildung 5 und Tabelle 4 ist dargestellt, wie in Knautgras die Menge und der durchschnittliche Polymerisationsgrad (DP) von Fruktosan während eines 4wöchigen Wachstumsabschnitts (2. Aufwuchs, 4 Schnitzeitpunkte) zunehmen.

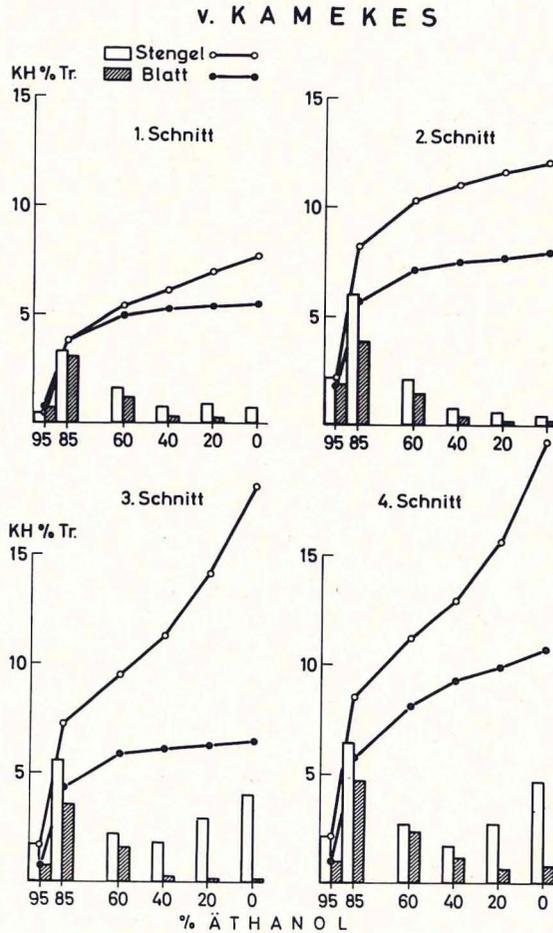


Abbildung 5: Prozentuale Verteilung der gesamten löslichen Kohlenhydrate aus Blättern und Stengeln der Knautgrassorte v. KAMEKES mit fallender Konzentration von Äthanol in Wasser

Die löslichen Kohlenhydrate sind durch ihre Extrahierbarkeit mit Äthanol bzw. Wasser ihrer Qualität nach voneinander zu unterscheiden. Bis 60 % Äthanol wurden im gezeigten Beispiel überwiegend Mono- und Disaccharide extrahiert. Ab Fraktion 40 % bis 0 % Äthanol (reines Wasser) werden dagegen nur noch Fruktosane erfaßt (KÜHBAUCH, 1973), und zwar in der Reihenfolge bis zu reinem Wasser mit zunehmendem Polymerisationsgrad (s. Tab. 4). Während des Beobachtungszeitraums nahmen vor allem im Stengel (einschließlich Blattscheiden) mit fortschreitendem Alter der Pflanzen - Erntedatum 23. 6. und 23. 7. - die Gehalte an Polysacchariden vom Typ der Fruktosane erheblich zu.

Tabelle 4: Veränderung des Polymerisationsgrades von Fruktosanen in Blättern und Stengeln der Knauigrassorte v. KAMEKES vom 23. 6. bis 23. 7. 1971

%	DP ⁺) Blatt		DP Stengel	
	23. 6.	23. 7.	23. 6.	23. 7.
95	-	4,9	-	-
85	-	3,0	-	1,9
60	14,2	11,0	12,4	8,5
40	20,2	20,9	21,5	17,9
20	22,3	21,7	21,4	20,5
0	24,6	25,2	25,1	24,5

+) DP = durchschnittlicher Polymerisationsgrad; engl.: degree of Polymerisation

Berücksichtigen wir außerdem, daß in Gräsern Polymerisationsgrade von Fruktosan bis ca. 300 gefunden werden - GROTELUESCHEN und SMITH (1968) geben für Lieschgrasfruktosan einen DP von ca. 300 an, wir finden im Lieschgras einen DP von 115, SUZUKI (1968) von ca. 90 - so wird klar, daß in der Beurteilung des Nährwertes von Futter im Jahresablauf der Grad der Polykondensation der Kohlenhydratkomponenten berücksichtigt werden müßte. Man kann davon ausgehen, daß dieser bei allen wichtigen Stoffgruppen mit fortschreitender Reife zunimmt (GEDDES, 1965; KÜHBAUCH, 1973). Im Falle des Fruktosans scheint besonders bemerkenswert, daß es trotz hohem DP (zum Teil wesentlich höher als bei Hemizellulose) im Gegensatz zu den anderen polymeren Verbindungen in Wasser leicht löslich ist.

Im Falle der Hemizellulosen dürften neben der zunehmenden Kondensation auch Verzweigungsgrad und strukturelle Veränderungen sowie die Einbettung der organischen Einzelkomponenten im intra- und interzellulären Bereich für die zunehmend schlechtere Verdaulichkeit verantwortlich sein.

Würde es also gelingen, aus den wichtigsten Kohlenhydratfraktionen in Futterpflanzen nach vorheriger genauer Bestimmung von Struktur, Polymerisationsgrad und Lokalisation dieser Verbindung genug Erfahrungswerte über deren Verdaulichkeit zu erarbeiten - die technischen Möglichkeiten dazu sind vorhanden - so könnte wohl eines Tages unter Verzicht auf aufwendige Verdauungsversuche nur mit Hilfe einer chemischen Analyse eine hinreichende Aussage zum Nährwert der Futtersubstanzen gemacht werden. Sowohl für die praktische Fütterung, als auch für die Züchtung ließe sich dann eine fruchtbarere Beratung anstellen.

Zusammenfassung

Veränderungen des Nährwertes von Futterpflanzen lassen sich überwiegend auf zwei Ursachen zurückführen: 1. auf das Reifestadium der Pflanzen, d.h. auf den pflanzenendogenen Rhythmus in der Synthese von Inhaltsstoffen, ohne daß jahreszeitliche Einflüsse davon völlig getrennt werden könnten; 2. auf den Witterungseinfluß, welcher wiederum vom pflanzeigenen Wachstumsrhythmus überlagert wird. Zur Beobachtung des Nährwertes von Futterpflanzen in Abhängigkeit vom Reifestadium wird häufig der erste Aufwuchs herangezogen. In diesem Zeitraum verändern sich nicht nur die Gehalte an wichtigen Energieträgern der Pflanzensubstanz, sondern häufig in noch größerem Umfang die Verdaulichkeit der Einzelkomponenten wie Zellulose, Hemizellulose bzw. Xylan, Araban, Galaktan, oder nach Weender, Rohfaser und NFE. Im Verlaufe der Jahreszeit, also über 3-4 Grundfutteraufwüchse hinweg, macht sich vor allem die gegen Hochsommer und Herbst abnehmende Lichtintensität bei steigenden Temperaturen in einer Verringerung der stets nahezu 100 %ig verdaulichen wasserlöslichen Kohlenhydrate (einschließlich Fruktosan) und einer Verschlechterung der Verdaulichkeit der wichtigsten polymeren Kohlenhydrate (außer Fruktosan) bemerkbar. Daraus wird klar, daß die mengenmäßige Analyse dieser Inhaltsstoffe mit den derzeit gebräuchlichen chemischen Verfahren (mit Ausnahme der wasserlöslichen Kohlenhydrate) zur Vorhersage des Nährwertes von Grundfutter nicht ausreicht. Verdauungsversuche geben heute noch am zuverlässigsten Auskunft darüber. Auch die morphologische Differenzierung der Futterpflanzen in Blätter und Stengel gibt keine ausreichende Erklärung für die im Laufe des Wachstums deutlich verschlechterte Verdaulichkeit. Die Ursachen hierfür sind vielmehr in der chemischen bzw. strukturellen Formulierung dieser organischen Inhaltsstoffe zu suchen. Polymerisations- und Verzweigungsgrad sowie die Einbettung der organischen Einzelkomponenten im intra- und interzellulären Bereich könnten hier Aufschluß geben.

Es wird angeregt, mit Hilfe differenzierter Analysen den tatsächlichen Ursachen der Variabilität in der Verdaulichkeit des Grundfutters nachzugehen.

Literatur

1. Binnie u. Harrington, 1972: J. Brit. Grassland Soc.: 27, 177-182. - 2. Bland, B.F. u. Dent, J.W., 1964: J. Brit. Grassland Soc. 19 306-315. -
3. Blaxter, K.L. u. a., 1961: Anim. Prod. 3 51-61 - zit. n. Walters, R.J.K.: Vortrag 5. Kongreß europ. Grünlandvereinig. Uppsala 1973. - 4. Deinum, B., 1969: Vortrag 3. Kongreß europ. Grünlandvereinig. Braunschweig. - 5. Dent, J.W., 1973: Vortrag 5. Kongreß europ. Grünlandvereinig. Uppsala. - 6. Geddes, R.C.T. u. a., 1965: Carbohydr. Res. 1 71-82. - 7. Grotelueschen, R.D. u. Smith, D., 1968: Crop. Sci 8 210-213. - 8. Kaufmann, W., 1968: DLG-Archiv 43 20-31. 9. Kirchgessner, M., 1970: Tierernährung, DLG-Verlag Frankfurt. - 10. Kühbauch, W., 1973: Landw. Forsch. 26 173-181. -
11. Kühbauch, W., 1973: Landw. Forsch. 26 213-220. - 12. Lampeter, W. u. Röttsche, W., 1970: Z. Landeskultur 11, 433-457. - 13. Lang, V. u. a., 1972: Z. Acker- u. Pflanzenbau 136, 309-319. - 14. Marambio, J., 1971: Diss. TU-München. - 15. Nehring, K., 1968: Sitzungsber. dt. Akad. Landwirtschaftswissenschaft. 17, 101-118. - 16. Nehring, K. u. Hoffmann, B. 1971: Arch. Tierern- 21, 347-366. - 17. Orth, A. 1963: Silage und ihre Verfütterung, DLG-Verlag

Frankfurt. - 18. Paquay, R. u. a., 1970: Z. Tierphysiol. Tierernährung. Futtermittelk. 26, 332-339. - 19. Schlubach, H.H. u. Holzer, K., 1954: Liebigs Ann. Chem. 587 111-124. 20. Schlubach, H.H. u. Lübbers, H., 1956: Liebigs Ann. Chem. 598, 220-224. - 21. Suzuki, M., 1968: Canad. J. Bot. 46, 1201-1206. - 22. Thomson, D.J. u. Beever, D.E., 1973: Vortrag 5. Kongreß europ. Grünlandvereinig. Uppsala. - 23. Walters, R.J.K. u. a., 1967: J. Brit. Grassland Soc. 22, 112-116. - 24. Walters, R.J.K., 1973: Vortrag 5. Kongreß europ. Grünlandvereinig. Uppsala. - 25. Wrede, H., 1972: Wirtschaftseig. Futter 17, 107-120.

Manuskript eingegangen am: 4.10.1973

Anschrift d. Verf.: Dr. W. Kühbauch, 805 Freising-Weißenstephan
Institut für Grünlandlehre

Summary

W. Kühbauch: Seasonal changes in the nutritive value of the basal ration with special reference to certain organic constituents

Changes in the nutritive value of fodder plants can be due particularly to the following causes: 1. to the stage of maturity of plants, i. e. to the endogenous rhythm in synthesis of the plant's constituents, in which seasonal influences also play a certain part, 2. to climatic conditions, which again are masked by the characteristic growth rhythm of individual plants. The first crop is often used for the assessment of the nutritive value of fodder plants in dependence on the stage of maturity. During this period there change not only the amount of important sources of energy in plant material, but often to a greater extent the digestibility of single components, such as cellulose, hemi-cellulose or xylan, araban and galactan, or - according to the Weende method - crude fibre and nitrogen-free extract. In the course of a season, that means over three to four periods of growth, especially the decrease in light intensity in late summer and autumn together with increasing temperatures leads to a decrease in the almost 100 % digestible water-soluble carbohydrates (including fructosan) and to a reduced digestibility of the most important polymeric carbohydrates, with the exception of fructosan. It is therefore obvious that quantitative analysis for these components by usual chemical tests (except for water-soluble carbohydrates) is not a satisfactory method for the evaluation of the nutritive value of basal rations. For the present, digestibility trials are still the best means to obtain reliable information. Morphological differentiation of fodder plants into leaf and stem give no adequate explanation for the marked deterioration in di-

gestibility in the course of growth. Reasons are rather to be sought in the chemical and structural formulae of these organic constituents. The degree of polymerisation and branching as well as the relations existing between the individual organic components and intra- and inter-cellular domains may provide more information.

It is suggested that differential analyses should be used to find the true reasons for the variations in digestibility of basal rations.

Résumé

W. Kühbauch: Modifications saisonnières de la valeur nutritive de la ration de base, compte tenu tout spécialement de certains constituants organiques

Les modifications de la valeur nutritive des plantes fourragères peuvent être attribuées principalement à deux causes: 1. Au stade de maturité des plantes, à savoir au rythme phyto-endogène de la synthèse de constituants, sans qu'il soit possible d'en isoler complètement les influences de caractère saisonnier; 2. A l'influence des conditions atmosphériques, qui sont de nouveau masquées par le rythme phyto-endogène. Pour déterminer la valeur nutritive de plantes fourragères selon le stade de maturité, on recourt souvent à l'analyse de la première pousse. Or, à cette époque, ce sont non seulement les teneurs caractérisant les principaux supports énergétiques de la matière végétale qui se modifient, mais fréquemment aussi, et dans une plus large mesure, le degré de digestibilité de ses différents constituants qui varie, notamment celui de la cellulose, de l'hémicellulose ou xylane, arabane, galactane, ou - selon la méthode de Weende - de la cellulose brute et de l'extractif non azoté. Au cours de la saison, donc après trois ou quatre repousses, la diminution de la luminosité, surtout perceptible à la fin de l'été et en automne, se traduit, lorsque les températures s'accroissent, par un fléchissement de la teneur en hydrates de carbone solubles dans l'eau (fructosane y compris) presque toujours digestibles à raison de 100 % et par une réduction de la digestibilité des principaux hydrates de carbone polymères (à l'exclusion du fructosane). Cela montre clairement que l'analyse quantitative de ces constituants selon les procédés chimiques actuellement utilisés ne permet pas (sauf en ce qui concerne les hydrates de carbone solubles dans l'eau) de dire d'avance quel est le

degré de digestibilité d'un fourrage. Aujourd'hui encore, ce sont les essais de digestion qui donnent les informations les plus sûres à ce sujet. Même la différenciation morphologique entre feuilles et tiges des plantes fourragères ne permet pas d'expliquer de manière suffisamment claire la diminution marquée du degré de digestibilité au cours de la croissance. Les causes doivent en être recherchées plutôt dans la formulation chimique ou structurale de ces constituants organiques. Le degré de polymérisation et de ramification ainsi que l'enrobage des différents constituants organiques sur le plan intracellulaire et intercellulaire pourraient donner de précieux renseignements en l'occurrence. L'auteur propose d'étudier les causes effectives des variations de la digestibilité de la ration de base en procédant à des analyses différenciées.