

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

**Berechnung der Futterqualität bei Weißklee,
Rotklee und Luzerne mit morphologischen Kriterien
und/oder aus Pflanzeninhaltsstoffen**

III. Mitteilung:

**Ertragsbildung und Futterqualität bei Rotklee und Luzerne
unter besonderer Berücksichtigung der morphologischen Differenzierung**

Von

W. KÜHBAUCH und G. VOIGTLÄNDER

Mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen

Eingegangen am 29. April 1981

I. Einleitung

In vorausgehenden Arbeiten wurden die mathematisch-statistischen Zusammenhänge zwischen der Veränderung der mengenmäßig wichtigen organischen Stoffkomponenten in Rotklee, Luzerne und Weißklee behandelt (KÜHBAUCH und PLETL 1981a, 1981b). In Rotklee und Luzerne, den für den Feldfutterbau des gemäßigten Klimas wichtigsten Leguminosen, beobachtet man während des Wachstums eine deutliche Verschlechterung der Futterqualität. Diese resultiert fast ausschließlich aus einer mit der Alterung bzw. mit dem Längenwachstum einhergehenden Veränderung in der stofflichen Zusammensetzung der Stengel (MARTEN 1970, KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER 1979).

Die Verschlechterung der Futterqualität des Stengelmaterials kann nur zum Teil aus der Veränderung der Zellwandanteile und der veränderten Zusammensetzung der Zellwände erklärt werden. Die Gründe hierfür sind an anderer Stelle diskutiert (KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER 1978). Als zuverlässiges Kriterium für die Futterqualität wird daher auf absehbare Zeit nur die Verdaulichkeit des Futters anzusehen sein (VAN SOEST und MERTENS 1977). Weil

die Messung der Verdaulichkeit in jeder derzeit angebotenen Form ein zeit- aufwendiges und teures Verfahren ist, können morphologische Kriterien von Pflanzen oder eines Pflanzenbestandes neben chemischen Meßverfahren für die Praxis Bedeutung haben. Es interessiert, welche morphologischen, visuell wahrnehmbaren Veränderungen des Pflanzenbestandes Rückschlüsse auf den augenblicklichen Stand der Futterqualität und auf den Ertrag zulassen. In dieser Arbeit wurde versucht, während einer Vegetationsperiode an drei Aufwüchsen die Ertragsbildung zusammen mit der Wuchshöhe des Bestandes sowie von Stengeln, diese in bis zu vier Längengruppen unterteilt, zu messen.

II. Material und Methoden

1. Pflanzenmaterial

Rotklee und Luzerne wurden im ersten Hauptnutzungsjahr versuchsmäßig geerntet. Die Anlage des Versuches erfolgte 1977 auf dem Gelände des Lehrstuhls für Grünlandlehre in Freising-Weißenstephan. Der Standort ist an anderer Stelle beschrieben (PAHL et al. 1970). Die Ernte erfolgte beginnend mit dem 26. April 1978 von Parzellen, die in jeweils vier gleichgroße Teilstücke für vier Aufwüchse unterteilt waren. Versuchsmäßig geerntet wurden je drei Aufwüchse von Rotklee und Luzerne, wobei die für den zweiten bzw. dritten Aufwuchs vorgesehenen Teilflächen stets zusammen mit der letzten Ernte des vorhergehenden Aufwuchses geschnitten wurden.

Vor der Ernte wurden jeweils die Bestandeshöhe gemessen und an einigen Stellen der Erntefläche separat Stichproben genommen. Das Frischgewicht dieser Stichproben wurde der mit dem Mähbalken (Schnitthöhe 3 cm) geernteten Futtermenge der gesamten Schnittfläche zugerechnet, im übrigen aber dazu verwendet, den Pflanzenbestand nach Blättern und Gruppen verschieden langer Stengel zu unterteilen. Die verhältnismäßig kurzen und dünnen Blattstiele der Luzerneblätter wurden der Blattfraktion zugerechnet, die wesentlich länger und stärker gebauten Blattstiele der Rotkleeblätter der Stengelfraktion. Ein Versuchsfehler entstand während der Versuchernte am 9. und 16. Mai insofern, als hier die Blattstiele von Rotklee dem Blattanteil zugegeben wurden. Blätter und Stengelgruppen wurden frisch gewogen, die Länge der Stengel gemessen und die Einzelgruppen nebeneinander photographiert. Noch im turgeszenten Zustand wurden schließlich die Blätter und die Stengelgruppen getrennt mit Flüssigstickstoff eingefroren und bis zur Gefrietrocknung bei etwa -20°C gelagert.

2. Verdauungsanalyse

Das getrocknete Pflanzenmaterial wurden geschrotet ($< 1\text{ mm}$) und nach einem geringfügig variierten Verfahren der *in vitro* Verdauung von TILLEY und TERRY (1963) mit Pansensaft (von Schafen) und Pepsin-HCl der Verdauungsquotient für die trockene Substanz (VQTS) ermittelt.

III. Ergebnisse und Diskussion

Es werden die Ergebnisse des ersten und zweiten Aufwuchses von Rotklee und Luzerne vorgestellt. Für den dritten Aufwuchs konnten die Untersuchungen nicht vollständig durchgeführt werden, es unterbleibt deshalb die Darstellung der in diesem Wachstumsabschnitt gewonnenen Versuchsergebnisse.

1. Ertrag und Wuchshöhe

Zum ersten Schnitzeitpunkt wurden mit Rotklee eine Bestandeshöhe von etwa 15 cm und ein Trockenmasseertrag von 15,6 dt/ha ermittelt (Abb. 1). Beide Meßgrößen steigen im Verlauf des ersten Aufwuchses weitgehend parallel an und enden bei 68 cm bzw. 76 dt/ha. Es ergibt sich damit ein linearer, hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der Wuchshöhe von Rotklee und dem Ertrag von $r = 0,99^{***}$ entsprechend $R^2 = 98\%$.

Im zweiten Aufwuchs, bei dem 51 dt/ha Ertrag erzielt wurden, weichen vor allem in den beiden letzten Ernteterminen Ertragsentwicklung und Wuchshöhe voneinander ab. Zwischen der Wuchshöhe und dem Ertrag konnte daher keine signifikante Korrelation gefunden werden.

Luzerne erzielt während des ersten Aufwuchses, ausgehend von 14 cm am 26. April, am 6. Juni eine Wuchshöhe von 98 cm. Gleichlaufend verändert sich der Ertrag von 17 auf 74 dt/ha (Abb. 2). Es ergibt sich damit zwischen Ertrag und Wuchshöhe ein hochsignifikanter Zusammenhang von $r = 0,99^{***}$, entsprechend $R^2 = 98\%$. Auch im zweiten Aufwuchs stellt sich noch eine enge, signifikante Beziehung zwischen den beiden Meßgrößen heraus, mit $r = 0,93^*$ bzw. $R^2 = 86\%$.

2. Morphologische Veränderungen und Verdaulichkeit

Die Stengelsubstanz wurde in drei, die Ernte vom 25. Juli in vier Gruppen unterteilt. In den Gruppen wurde nicht nach vorher festgelegten Längen (in cm) unterschieden, sondern in bis zu vier gut unterscheidbare Größenklassen unterteilt, von denen nachfolgend die Längen gemessen wurden. Für die Zusammenstellung der Pflanzenproben und die morphologische Veränderung von Rotklee und Luzerne sind in den Abbildungen 3 und 4 einige Beispiele gegeben. In den Tabellen 1 und 2 sind neben den maximalen Stengelängen in den Gruppen deren Frischmasseanteile und Verdaulichkeitsmeßwerte zusammengestellt.

Aus den Tabellen 1 und 2 geht hervor, daß in beiden Leguminosen während der zwei Aufwüchse mit fortschreitendem Wachstum (Erntedatum) der Anteil der größten Stengel bzw. der gesamten Stengelmasse gegenüber den Blättern zunimmt. In TS ausgedrückt würde diese Entwicklung tendenzmäßig erhalten bleiben, jedoch quantitativ abgeschwächt erscheinen, weil die Blätter der Leguminosen höhere TS-Gehalte aufweisen als die Stengel.

Die TS-Verdaulichkeit (VQTS) nimmt bei Luzerne innerhalb einer jeden Gruppe in beiden Aufwüchsen sowie im zweiten Aufwuchs mit fortschreitendem Alter ab; beim Rotklee erfolgt im ersten Aufwuchs erst nach dem 24. Mai ein deutlicher Rückgang der VQTS-Werte. Mit wenigen Ausnahmen (Rotklee 2. Mai, 30. Mai, 6. Juni; Luzerne 24. Mai) sind auch trotz der groben Unterteilung die langen Stengel, Gruppe I, weniger gut verdaulich als in den Gruppen II und III. Es ergibt sich aus dieser unterschiedlichen Verdaulichkeit der Stengelgruppen die in den Abbildungen 1 und 2 gezeigte Spannweite für die Verdaulichkeit der Stengel. Junge Triebe eingerechnet (Gruppe IV) wird im zweiten Aufwuchs am 25. Juli somit bei Luzerne eine Spannweite der Stengel-

Tabelle 1 Gruppierung der Stengel bei Rotklee nach Stengellänge (SL, cm der geernteten Stengel), Frischmasseanteil an der geernteten Pflanzenmasse (Frm.%) und TS-Verdaulichkeit (VQTS) in zwei Aufwüchsen 1978

Grouping of stem of red clover according to stem length (SL cm of the harvested stem, proportion of the harvested stem material (Frm %) and the DM digestibility (VQTS) at two cuts 1978

Erntedatum	Frm. (%)	SL bis max. (cm)	VQTS	
Gruppe I				
1. Aufwuchs	26. 4.	5,9	12	84,5
	2. 5.	17,5	15	83,1
	9. 5. **	10,1	8	-
	16. 5. **	14,2	12	87,4
	24. 5.	12,3	32	83,6
	30. 5.	39,3	46	80,7
	6. 6.	20,1	65	74,3
2. Aufwuchs	13. 6.	24,3	9	81,9
	20. 6.	45,0	14	83,0
	27. 6.	7,1	29	-
	5. 7.	17,1	46	71,9
	11. 7.	29,6	60	70,9
	18. 7.	26,4	70	64,2
	25. 7.	39,0	86	66,1
Gruppe II				
1. Aufwuchs	26. 4.	9,4	10	86,7
	2. 5.	17,1	11	-
	9. 5. **	-	-	-
	16. 5. **	5,4	5	-
	24. 5.	11,5	23	86,6
	30. 5.	8,9	36	81,7
	6. 6.	21,5	57	70,9
2. Aufwuchs	13. 6.	-	-	-
	20. 6.	-	-	-
	27. 6.	8,7	17	-
	5. 7.	17,5	32	75,3
	11. 7.	13,6	23	76,2
	18. 7.	22,5	60	67,7
	25. 7.	21,1	67	67,4
Gruppe III *				
1. Aufwuchs	26. 4.	16,0	8	86,5
	2. 5.	8,7	5	81,0
	9. 5. **	-	-	-
	16. 5. **	-	-	-
	24. 5.	7,4	12	85,9
	30. 5.	10,5	14	78,3
	6. 6.	6,9	32	76,5
2. Aufwuchs	13. 6.	-	-	-
	20. 6.	-	-	-
	27. 6.	7,9	8	-
	5. 7.	7,1	24	79,9
	11. 7.	3,2	15	79,8
	18. 7.	7,0	47	66,9
	25. 7.	8,4	50	75,6

* Gruppe IV, 25. Juli: 4,3 % Frm, 10 cm max. SL, 68,8 VQTS.

** Abweichende Probenunterteilung mit Blattstielen, diese hier der Blattmasse zugerechnet.

Tabelle 2 Gruppierung der Stengel bei Luzerne nach Stengellänge (SL, cm der geernteten Stengel), Frischmasseanteil an der geernteten Pflanzenmasse (Frm.%) und TS-Verdaulichkeit (VQTS) in zwei Aufwüchsen 1978

Grouping of stems of lucerne according to stem length (SL cm of the harvested stem), proportion of the harvested stem material (Frm %) and the DM digestibility (VQTS) at two cuts 1978

Erntedatum		Frm. (%)	SL bis max. (cm)	VQTS
Gruppe I				
1. Aufwuchs	26. 4.	12,7	10	84,6
	2. 5.	21,6	20	81,3
	9. 5.	33,7	33	73,5
	16. 5.	35,5	36	75,9
	24. 5.	33,7	57	74,2
	30. 5.	39,3	70	64,8
	6. 6.	23,9	84	56,2
2. Aufwuchs	13. 6.	38,9	9	-
	20. 6.	22,7	28	69,9
	27. 6.	23,4	43	65,2
	5. 7.	33,5	60	52,9
	11. 7.	39,4	65	53,6
	18. 7.	39,3	65	50,6
	25. 7.	23,9	90	41,1
Gruppe II				
1. Aufwuchs	26. 4.	10,4	5	85,1
	2. 5.	12,6	15	-
	9. 5.	12,0	20	82,5
	16. 5.	7,6	25	77,4
	24. 5.	16,8	49	68,2
	30. 5.	8,9	49	-
	6. 6.	28,5	61	58,3
2. Aufwuchs	13. 6.	-	-	-
	20. 6.	23,2	10	74,7
	27. 6.	18,9	36	65,4
	5. 7.	14,3	50	57,9
	11. 7.	11,2	53	57,9
	18. 7.	9,4	45	53,8
	25. 7.	28,3	72	44,1
Gruppe III*				
1. Aufwuchs	26. 4.	-	-	-
	2. 5.	5,3	7	-
	9. 5.	4,2	16	-
	16. 5.	3,4	15	-
	24. 5.	3,5	25	75,5
	30. 5.	10,5	39	70,5
	6. 6.	7,1	46	63,5
2. Aufwuchs	13. 6.	-	-	-
	20. 6.	-	-	-
	27. 6.	6,0	21	66,5
	5. 7.	6,9	35	64,3
	11. 7.	6,3	36	60,6
	18. 7.	8,6	30	59,2
	25. 7.	6,5	47	54,6

* Gruppe IV, 25. Juli: 3 % Frm., 10 cm max. SL, 75,5 VQTS.

verdaulichkeit von 34 Punkten (75,5 bis 41,1), bei Rotklee eine solche von etwa 10 Punkten (75,6 bis 66,1) gemessen.

Im Gegensatz zu der recht deutlichen Veränderung der Stengelverdaulichkeit während des Wachstums und der von der Stengellänge abhängigen Variabilität dieses Kriteriums, behalten die Blätter von Rotklee und Luzerne eine weitgehend unveränderte und hohe Verdaulichkeit (Abb. 1 und 2). Insofern werden die Ergebnisse des vorausgehenden Versuchsjahres bestätigt (KÜHBAUCH und PLETL 1981a, 1981b).

In unseren Versuchen hat sich gezeigt, daß die Probenunterteilung nach äußeren, morphologischen Merkmalen bei Leguminosenarten nicht ganz unproblematisch ist (Abb. 3 und 4). Während bei der Luzerne die Unterteilung in Blätter plus Blattstiele einerseits und Stengel andererseits kaum schwierig ist, weil die Blattstiele kurz ausgebildet sind, wird ein Teil der Rotkleeblattstiele sehr kräftig und lang. Bei solchen Formen tragen die Blattstiele von Rotklee erheblich zur Wuchshöhe des Bestandes bei und sind dann wohl einer stärkeren mechanischen Belastung ausgesetzt, als das bei den Blattstielen der Luzerne der Fall ist. Als Konsequenz dieser Belastung ist vorstellbar, daß die Blattstiele stärker mit rigiden Substanzen der Zellwand ausgelegt werden und darunter die Futterqualität, also die Verdaulichkeit leidet. Für diesen Kausalschluß sprechen frühere Untersuchungsbefunde bei Luzernestengeln, in denen übereinstimmend mit den hier gezeigten Ergebnissen eine negative Beziehung zwischen Verdaulichkeit und Stengellänge gefunden wurde (KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER 1979). Aus dieser Überlegung wurden die Blattstiele beim Rotklee der Stengelfraktion zugeordnet. Dem ist entgegenzuhalten, daß Weißklee die Wuchshöhe des Bestandes ausschließlich mit den Blattstielen realisiert (in unseren Versuchen wurden jedoch nur maximale Wuchshöhe von 30 cm erzielt), was kaum mit einer Verschlechterung der Verdaulichkeit gekoppelt ist (KÜHBAUCH und PLETL 1981a).

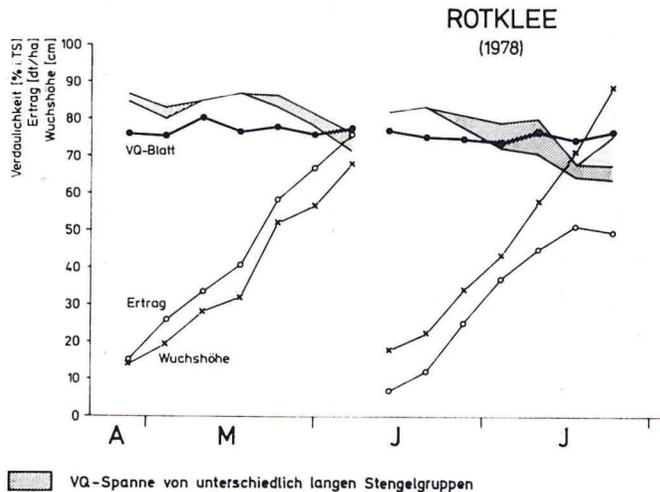


Abb. 1. Längenwachstum, Ertrag und Verdaulichkeit von Rotklee in zwei Aufwüchsen 1978
Stand height, yield and digestibility of red clover at two cuts 1978

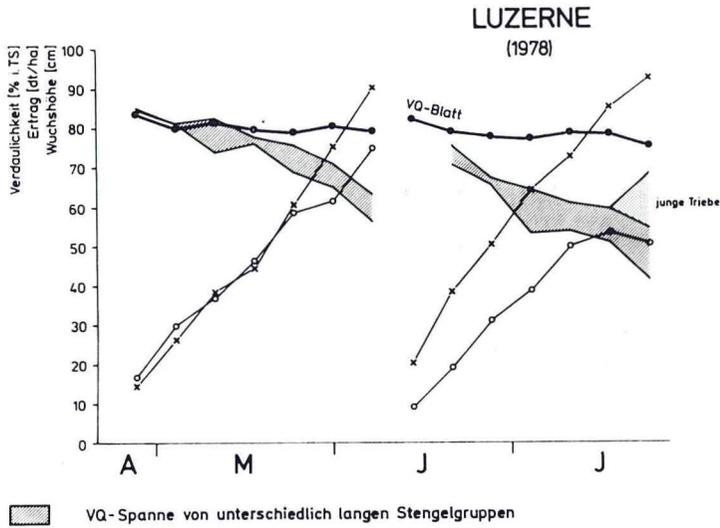


Abb. 2. Längenwachstum, Ertrag und Verdaulichkeit von Luzerne in zwei Aufwüchsen 1978
Stand height, yield and digestibility of leaves at two cuts 1978

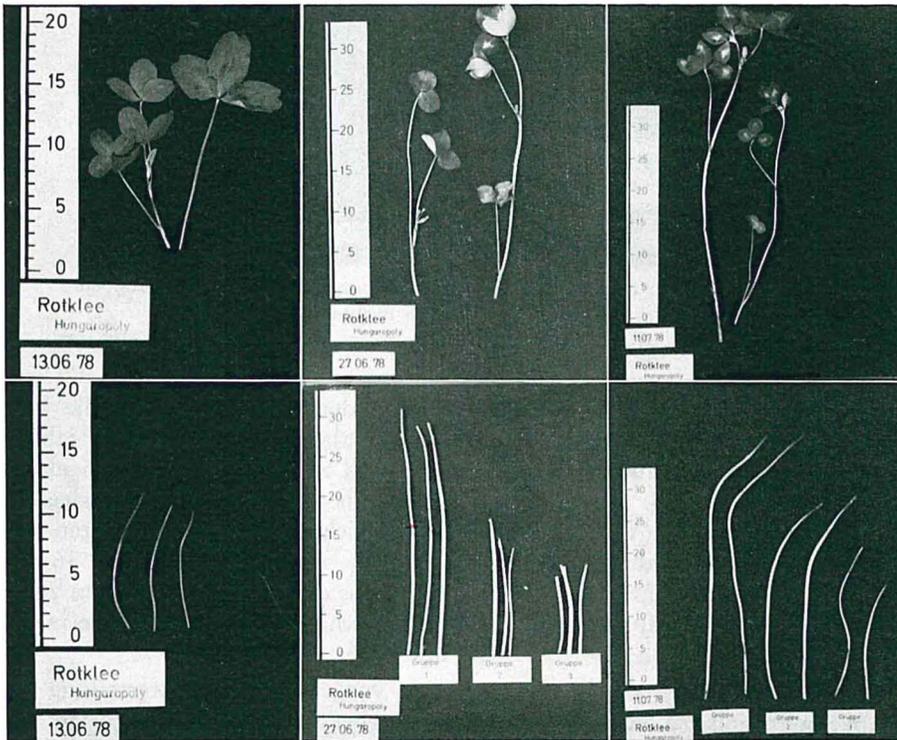


Abb. 3. Beispiele für Rotkleepflanzen und die daraus gebildeten Stengelgruppen während des zweiten Aufwuchses am 13. Juni, 27. Juni und 11. Juli 1978
Examples for red clover plants and the stem groups formed at two cuts on 13. 6., 27. 6., and 11. 7. 1978

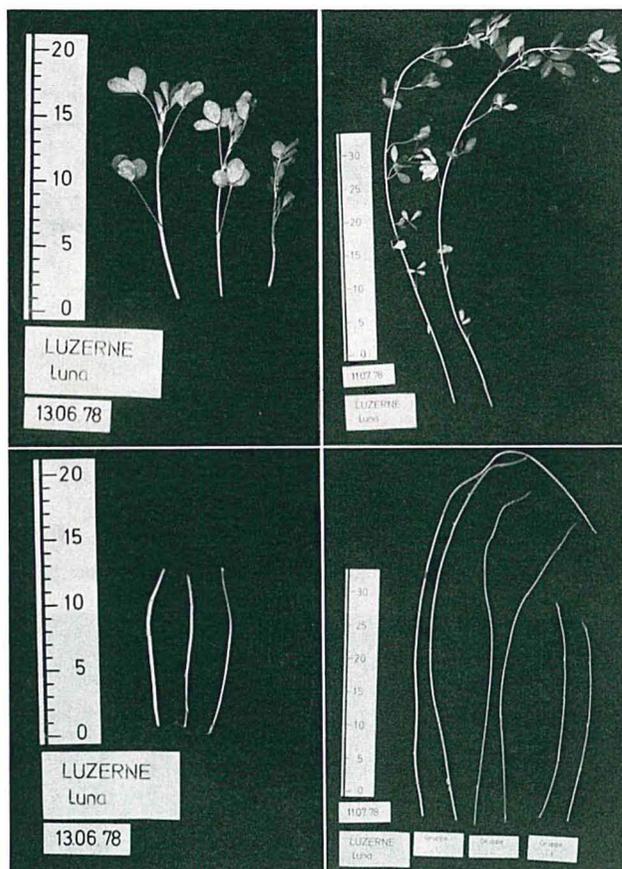


Abb. 4. Beispiele für Luzernepflanzen und die daraus gebildeten Stengelgruppen während des zweiten Aufwuchses am 13. Juni und 11. Juli 1978

Examples for lucerne plants and the stem groups formed at two cuts 13.6., 11.7.1978

Bemerkenswert ist, daß neben dem Einfluß der Stengellänge auf die Verdaulichkeit bei Rotklee und Luzerne auch ein alters- und wohl auch jahreszeitlich bedingter Einfluß sichtbar wird. So sind z. B. die kurzen Stengel der Gruppe IV, die am 25. Juli geerntet wurden, mit etwa 10 cm bei Rotklee nur zu 68,8 % verdaulich (VQTS), während vergleichbare Längen im ersten und zweiten Aufwuchs (Tab. 1 und 2) zu über 80 % verdaulich sind. Die 36-cm-Stengellänge bei der Luzerne im ersten Aufwuchs der Gruppe I bzw. im zweiten Aufwuchs der Gruppen II und III zeigen schließlich VQTS-Werte in der genannten Reihung von 75,9 bzw. 65,4 und 60,6.

Ob es sinnvoll ist, die in dieser Arbeit vorgenommene Unterteilung des Pflanzenmaterials zu verbessern, z. B. in vorher festgelegte Kategorien von Stengellängen, oder ob es genügt wie in den vorausgehenden Veröffentlichungen, nur die Stengel einerseits und die, weil weitgehend gleichbleibend in der Qualität, Blätter andererseits zu trennen, kann mit den bisher gewonnenen

Ergebnissen nicht gesagt werden. Es wird jedoch lohnend sein, die morphologischen Besonderheiten bei den Leguminosenarten im Hinblick auf ihre Futterqualität zu beachten.

Zusammenfassung

Bei Rotklee und Luzerne wurden bei zwei Aufwüchsen der Ertrag, die Wuchshöhe und die morphologische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, getrennt nach Blättern und an verschiedenen langen Stengelgruppen untersucht. Folgende Ergebnisse können festgestellt werden:

1. Zwischen Ertrag und Wuchshöhe der Leguminosenarten besteht eine enge Korrelation mit Bestimmtheitsmaßen bis $R^2 = 98\%$.
2. Die Blätter von Rotklee und Luzerne behalten mit fortschreitendem Wachstum eine hohe und nur wenig veränderte Verdaulichkeit um 75 bis 80 % bzw. 75 bis 83 %, dies über beide Aufwüchse und 14 Erntezeitpunkte gemessen.
3. Kurze Stengel weisen höhere Verdaulichkeit auf als längere; ältere und im Sommer (zweiter Aufwuchs) geerntete Stengel gleicher Längen sind weniger gut verdaulich.
4. Es wird diskutiert, ob und welche Form der Unterteilung des Pflanzenbestandes nach morphologischen Kriterien zweckmäßig für die Einschätzung der Futterqualität ist.

Summary

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

III. Report: Yield Performance and Feeding Quality of Red Clover and Lucerne with Special Regard of Morphological Differentiation

Red clover and lucerne were investigated at two cuts for yield, stand height, and the morphological composition of the crop stand. The leaves were separated as well as different lengths of stems. The following results were established:

1. A close correlation was found between yield and height of growth of leguminosae ($R^2 = 98\%$).
2. The leaves of red clover and lucerne with increasing growth maintained a high and only slightly altered digestibility at about 75—80 % or 75—83 % measured at two cuts and at 14 sampling dates.
3. Short stems showed higher digestibility than longer ones; older and summer (second cut) harvested stems of similar length were less digestible.
4. It is discussed, if and which form of subdivision of the crop stand according to morphological criteria is of use for assessing fodder quality.

Literaturverzeichnis

- KÜHBAUCH, W., und G. VOIGTLÄNDER, 1978: Zellwandbestandteile und Verdaulichkeit von Futterpflanzen, Hilfsmittel in der Beratung. *Wirtschaftseig. Futter* 24, 187—197.
- —, und — —, 1979: Veränderung des Zellinhaltes, der Zellwandzusammensetzung und der Verdaulichkeit von Knautgras (*Dactylis glomerata* L.) und Luzerne (*Medicago × varia* Martyn) während des Wachstums. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 148, 455—466.
- —, und L. PLETL, 1981a: Berechnung der Futterqualität von Weißklee, Rotklee und Luzerne aus morphologischen Kriterien und/oder aus Pflanzeninhaltsstoffen. I. Mitt. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 150, 271—280.
- —, und — —, 1981b: Berechnung der Futterqualität von Weißklee, Rotklee und Luzerne aus morphologischen Kriterien und/oder aus Pflanzeninhaltsstoffen. II. Mitt. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 150, 281—290.
- MARTEN, G. C., 1970: Temperature as a determinant of quality of alfalfa harvested by bloom stage or age criteria. *Proc. 11. Intern. Grassland Congr.*, 506—509.
- PAHL, E., G. VOIGTLÄNDER und M. KIRCHGESSNER, 1970: Untersuchungen über den Spurenelementgehalt des Weidefutters einer mehrfach genutzten Weidelgras-Weißkleeeweide während zweier Vegetationsperioden. *Z. Acker- und Pflanzenbau* 131, 70—83.
- TILLEY, J. M. A., and R. A. TERRY, 1963: A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18, 104—111.
- VAN SOEST, P. J., and D. R. MERTENS, 1977: Analytical parameters as guides to forage quality. *Proc. Intern. Meet. Anim. Prod. Temp. Grassland, Dublin*, 50—52.

Anschriften der Verfasser: Prof. Dr. W. KÜHBAUCH, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, D-5300 Bonn, und Prof. Dr. G. VOIGTLÄNDER, Technische Universität München, D-8050 Freising-Weihenstephan.