

Aus dem Lehrstuhl für Grünland und Futterbau der TU München-Weihenstephan

## Verdaulichkeit von Wiesenschwingel und Rotklee unter besonderer Berücksichtigung der Gerüstsubstanzen in einem Standortvergleich (435 und 1085 m über NN)

Von J. Kloskowski, W. Kühbauch und G. Voigtländer\*)

### Zusammenfassung

Wiesenschwingel und Rotklee wurden im südbayerischen Raum auf zwei Standorten unterschiedlicher Höhenlage, Grünschwaige 435 und Gereute 1085 m über NN, in Reinsaat angebaut. Während des Wachstums wurde die Verdaulichkeit der TS, der OS, der gesamten Zellwand sowie die partielle Verdaulichkeit der Lignozellulose, der Zellulose und der Hemizellulosen untersucht. Folgende Ergebnisse sind festzuhalten.

1. Es stellte sich heraus, daß das im Herbst geerntete Futter stets schlechter verdaulich war als das des Frühljahrsaufwuchses. Grünfutter wies eine bessere Verdaulichkeit auf als die Konserven. Im Durchschnitt aller Proben war das Futter aus Gereute (Hochland) in seiner Verdaulichkeit dem von der Grünschwaige (Flachland) überlegen.
2. Die Verdaulichkeit der Futtersubstanz hing weniger von den Gehalten als vielmehr von der Verdaulichkeit der einzelnen Zellwandbestandteile ab (vor allem im Wiesenschwingel).
3. Die Verdaulichkeit der gesamten Zellwand, insbesondere die Verdaulichkeit der Lignozellulose und der Zellulose, war im Rotklee schlechter als im Wiesenschwingel. Im allgemeinen nahm sie sowohl im Wiesenschwingel als auch im Rotklee vom Frühjahr zum Herbst hin deutlich ab. Die Zellwandbestandteile des Futters aus Gereute wiesen stets eine höhere Verdaulichkeit auf, mit Ausnahme der Hemizellulosen, die im Futter beider Standorte etwa gleich gut verdaulich waren.

Eingang des Manuskripts: 17. 7. 1985

### 1. Einleitung

Die Verdaulichkeit von Futterpflanzen steht unter dem Einfluß des Pflanzenalters sowie der Jahreszeit und der Witterung. Im Frühjahr geerntetes Futter ist in vergleichbaren Entwicklungsstadien der Pflanzen häufig besser verdaulich als Herbstfutter (CARLIER u. a., 1970; WERMKE, 1974; NOWRUZIAN, 1977; BEHREND, 1981). Es resultiert daraus im Herbst eine geringere Leistung der Tiere aus dem Grundfutter, als deren stoffliche Ursache u. a. ein geringerer Zucker- und Energiegehalt des Futters angenommen wird (WAITE und BOYD, 1953; MARSH, 1975). Aus anderen Untersuchungen ist bekannt, daß sich gegen den Herbst zu auch die Zusammensetzung der Nicht-

strukturkohlenhydrate (NSKH) besonders deutlich verändern kann (KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER, 1974; SMITH, 1975).

Neben den Kohlenhydraten des Zellinhalts hat der Zellwandanteil am Pflanzenmaterial und die Zusammensetzung der Zellwand wesentlichen Einfluß auf die Gesamtverdaulichkeit des Futters. Mit fortschreitendem Wachstum nehmen die Zellwandgehalte kontinuierlich zu, während die Kohlenhydrate des Zellinhalts ab- und umgebaut werden können. Das bedeutet, daß mit fortschreitendem Alter der Pflanzen die Zellwandbestandteile in zunehmendem Maße die Gesamtverdaulichkeit des Futters bestimmen (FARRIES, 1966;

\*) Dr. Joseph Kloskowski und Prof. Dr. Gerhard Voigtländer, Lehrstuhl für Grünland und Futterbau der Technischen Universität München, 8050 Freising-Weihenstephan; Prof. Dr. Walter Kühbauch, Lehrstuhl für Allgemeinen Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Katzenburgweg 5, 5300 Bonn 1

DEMARQUILLY und JARRIGE, 1971), abgesehen von kurzzeitiger „Verdünnung“, z. B. innerhalb eines Tages, durch neu gewonnene Assimilate (VAN SOEST und MERTENS, 1977). Neben der Zunahme des Massenanteils der Zellwand am Pflanzenmaterial spielt sich eine bis jetzt nur zum Teil bekannte qualitative Veränderung ihrer Einzelkomponenten ab, die in einer Veränderung, vermutlich Verschlechterung, der partiellen Verdaulichkeit zum Ausdruck kommt (WAITE u. a., 1964).

In der vorliegenden Arbeit sollte, getrennt nach dem Zellinhalt sowie den Bestandteilen der Zellwand, die Veränderung der stofflichen Proportionen in Wiesenschwingel und Rotklee untersucht werden. Im Vordergrund stand die Veränderung der partiellen Verdaulichkeit der Zellwandbestandteile auf zwei Standorten extrem unterschiedlicher Höhenlage.

## 2. Material und Methoden

Die Versuchsstandorte sowie die in den Jahren 1977–1978 angewandten Ernte- und Konservierungsverfahren wurden bereits an anderer Stelle beschrieben (KŁOSKOWSKI, 1985).

### Pflanzenmaterial

Wiesenschwingel der Sorte „Cosmos 11“ sowie Rotklee der Sorte „Lucrum“ wurden auf den Standorten Grünschwaige (435 m über NN) und Gereute (1085 m über NN) kultiviert und in folgenden Wachstumsabschnitten geerntet:

- Wiesenschwingel – I.1 erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 1, „Beginn der Halmstreckung“  
 – I.2 erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 2, „Rispschieben“  
 – III dritter Aufwuchs Grünschwaige bzw. zweiter Aufwuchs Gereute, mit überwiegender Blattmasse bzw. Halmanteil < 5%.
- Rotklee – I.1 erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 1, „verlängerte Triebe ohne Knospen“  
 – I.2 erster Aufwuchs, Schnittzeitpunkt 2, „Blühbeginn“  
 – III dritter Aufwuchs Grünschwaige bzw. zweiter Aufwuchs Gereute, „Blühbeginn“.

### Bestimmung der Verdaulichkeit

Die in vivo Verdaulichkeit wurde mit je 4 ausgewachsenen Hammeln der Rasse Merinolandschaf durchgeführt, wobei jeder Verdauungsversuch unterteilt war in eine Vor- und eine Hauptperiode mit 7–10 bzw. 7 Tagen. Bei aufeinanderfolgenden Verdauungsversuchen mit gleichen Futterarten bzw. -konserven wurde eine Vorperiode von 7 Tagen, bei einem Wechsel der Futterarten bzw. -konserven eine 10tägige Vorperiode eingehalten.

Die Fütterung mit den jeweiligen Futterra­tionen (ca. 1000 g TS) fand um 8.00 und um 16.00 Uhr statt. Mit der Morgenfütterung bekamen die Tiere regelmäßig 15 g Karlsruhulder Mineralfutter. Das vorgelegte Futter wurde von den Tieren restlos aufgenommen. Der Wasservorrat in den Tränkebehältern wurde immer morgens erneuert. In der Hauptperiode wurde der Kot mit Hilfe eines Kotgeschirrs täglich gesammelt und in Plastikemern in einem Kühlschrank bei ca. 4° C bis zum Ende der Sammelperiode aufbewahrt. Die gesammelte Kotmenge wurde gewogen, gemischt und daraus die Proben für die Verdaulichkeitsuntersuchungen gezogen. Die in vivo Verdaulichkeit der einzelnen Stoffkomponenten des Futters wurde ermittelt anhand des Differenzbetrages zwischen den in der Futtersubstanz gemessenen Stoffgruppen – Trockensubstanz (TS), organische Substanz (OS), Gesamtzellwand (NDF), Lignozellulose (ADF), Hemicellulosen, Zellulose und Zellinhalt – und den im Kot wiedergefundenen. Die Zellwandbestandteile und die Zellinhaltsstoffe wurden nach GOERING und VAN SOEST (1970) bestimmt. Die Verdaulichkeit der TS und OS wurde zusätzlich in vitro nach dem Verfahren von TILLEY und TERRY (1963) gemessen.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 In vivo und in vitro Verdaulichkeit der Trockensubstanz und der organischen Substanz

In Tab. 1 sind die Mittelwerte der in vivo und in vitro Verdaulichkeit der Trocken-

Tabelle 1: *In vivo* und *in vitro* Verdaulichkeit der Trockensubstanz und der organischen Substanz von Wiesenschwingel und Rotklee als Grünfütter und Reuterheu in Abhängigkeit von Standort und Schnittzeitpunkt

Fütterart/ Versuchsjahr	Schnitt- zeitpunkt	Trockensubstanz				Verdaulichkeit (%)			
		in vivo		in vitro		organische Substanz		in vitro	
		Gr	Ge	Gr	Ge	Gr	Ge	Gr	Ge
<i>Wiesenschwingel</i>									
<i>Grünfütter</i>									
1978	I.1	78,5	—	76,5	77,7	82,4	—	75,7	78,1
	I.2	74,6	—	73,6	75,8	76,1	—	72,9	75,4
	III	70,4	—	69,1	72,4	73,7	—	69,7	71,4
<i>Reuterheu</i>									
1977	III	66,8	72,1	65,8	70,8	68,5	74,4	64,2	69,2
1978	I.1	77,7	74,0	76,0	72,7	78,6	75,7	75,4	71,4
	I.2	71,4	72,8	70,2	71,6	72,6	73,9	69,2	70,6
	III	67,3	72,1	65,8	70,8	70,8	73,6	65,9	69,6
<i>Rotklee</i>									
<i>Grünfütter</i>									
1978	I.1	78,1	—	73,2	77,0	80,5	—	71,6	75,2
	I.2	70,7	—	69,2	74,6	72,5	—	66,9	72,6
	III	68,4	—	68,8	73,5	73,0	—	66,5	71,6
<i>Reuterheu</i>									
1977	III	66,8	72,1	65,8	70,8	68,5	74,4	64,2	69,2
1978	I.1	68,0	66,5	67,2	65,8	69,7	69,0	64,7	63,6
	I.2	67,0	68,1	65,7	67,5	67,4	70,5	62,2	65,2
	III	67,7	66,6	66,7	64,8	69,4	68,0	64,0	62,0

Anmerkung: Die Standardabweichung lag für alle Werte der Tabelle zwischen  $\pm 0,2$  und  $\pm 1,9$ ; Gr = Grünschwaige, Ge = Gereute

substanz und der organischen Substanz dargestellt.

Die *in vivo* Verdaulichkeit der organischen Substanz war im Durchschnitt aller Proben um 2,1% höher als die der Trockensubstanz. Nach dem *in vitro* Verfahren wurden um 1,5% niedrigere Verdauungsquotienten ermittelt als im Tierversuch.

Die Werte zeigen, daß das grüne Pflanzenmaterial sowohl von Wiesenschwingel als auch von Rotklee im frühen Schnitt des ersten Aufwuchses die höchste Verdaulichkeit aufwies. Das Grünfütter im Herbst war um fast 10 Prozentpunkte schlechter verdaulich als im frühen 1. Schnitt. Der Rückgang in der Verdaulichkeit des Wiesenschwingels vom Schnittzeitpunkt I.1 zu I.2 betrug etwa 4%. Im Rotklee nahm die Verdaulichkeit im Zeitraum I.1 zu I.2 noch deutlicher ab; im Herbstaufwuchs war dann aber nur noch eine geringfügig schlechtere Verdaulichkeit gegenüber I.2 zu verzeichnen.

Wiesenschwingelheu wies während des

Wachstums eine in der Tendenz ähnliche Verschlechterung seiner Verdaulichkeit auf wie das Grünfütter, jedoch generell auf einem niedrigeren Niveau.

Die Verdauungsquotienten von Rotkleeheu wichen in den einzelnen Schnitten kaum voneinander ab. Das Herbstheu war im Durchschnitt ebensogut verdaulich wie Frühjahrsheu.

Die Durchschnittswerte sämtlicher Proben für die *in vitro* Verdaulichkeit der Trockensubstanz von Wiesenschwingel lagen im Grünfütter des Standortes Grünschwaige bei 73,1%, für Reuterheu bei 69,5%. Das vergleichbare Futter aus Gereute war mit 75,3% und 71,5% um jeweils 2 Einheiten besser verdaulich.

Der Rotklee stand in seiner Verdaulichkeit hinter dem Wiesenschwingel zurück. Die Trockensubstanz des Grünfütters (Standort Grünschwaige) war zu 70,4%, die des Reuterheues zu 66,6% verdaulich. Die Verdauungsquotienten für das Futter aus Gereute lagen mit 75,0 und 67,1 höher, wobei

das frische Pflanzenmaterial des Rotkleees genauso hoch verdaulich war wie das des Wiesenschwingels vom gleichen Standort.

### 3.2 Verdaulichkeit der Zellwandfraktionen

Die in Tab. 2 zusammengestellten Verdauungsquotienten der einzelnen Zellwandfraktionen zeigen die Unterschiede in der Verdaulichkeit von Wiesenschwingel und Rotklee von beiden Standorten. Die Verdaulichkeit von Lignin, das als besonders schwer verdaulich einzustufen ist (RANFFT u. a., 1976; KIRCHGESSNER u. a., 1978; KELLNER u. a., 1979), wurde nicht separat gemessen. Die Verdauungsquotienten der Gesamtzellwand (NDF) von Wiesenschwingel – Standort Grünschwaige – lagen zwischen 84,2 und 73,2% und zeigten eine abnehmende Tendenz vom Frühjahr zum Herbst. Die Werte wiesen damit im Vergleich zum Standort Gereute eine um 3,4 Einheiten geringere Verdaulichkeit auf.

Die Zellinhaltsstoffe von Wiesenschwingel des Flachlandes (Grünschwaige) waren durchschnittlich um 17,2 Einheiten bzw. auf dem Standort Gereute um 25,6 Einheiten deutlich schlechter verdaulich als die Gesamtzellwand. Im Frühjahrswachstum der Vorgebirgslage (Gereute) waren die Verdauungsquotienten der Zellinhaltsstoffe mit 39,8% (Schnittzeitpunkt I.1) bzw. 57,1 (Schnittzeitpunkt I.2) deutlich niedriger als die des Herbstwachstums mit 61,0 (1977) bzw. 61,8% (1978). Für die Grünschwaige zeichnete sich eine andere Tendenz ab. Hier lag die Verdaulichkeit der Zellinhaltsstoffe im Frühjahr 1978 bei 70,4% (Schnittzeitpunkt I.1) bzw. 59,0% (Schnittzeitpunkt I.2). Im Herbstfuter 1977 und 1978 war ein weiterer Rückgang der Verdaulichkeit des Zellinhaltes auf 54,8 bzw. 55,3% zu verzeichnen.

Die sog. Lignozellulose (ADF, GOERING und VAN SOEST, 1970) war – wie auch die Gesamtzellwand (NDF) – im Futter aus dem Flach-

Tabelle 2: Verdaulichkeit der Zellfraktionen von Wiesenschwingel und Rotklee als Reuterheu in Abhängigkeit von Standort und Schnittzeitpunkt

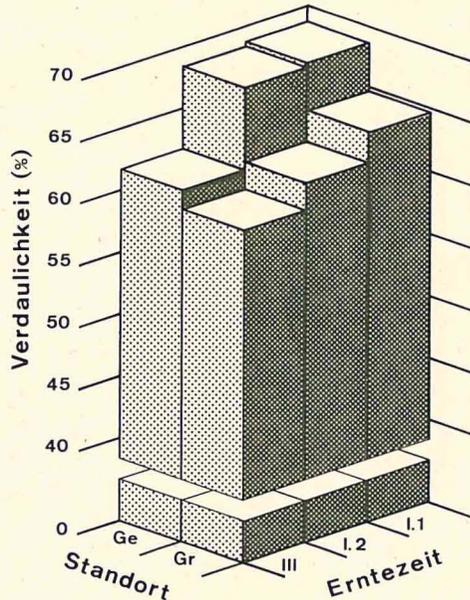
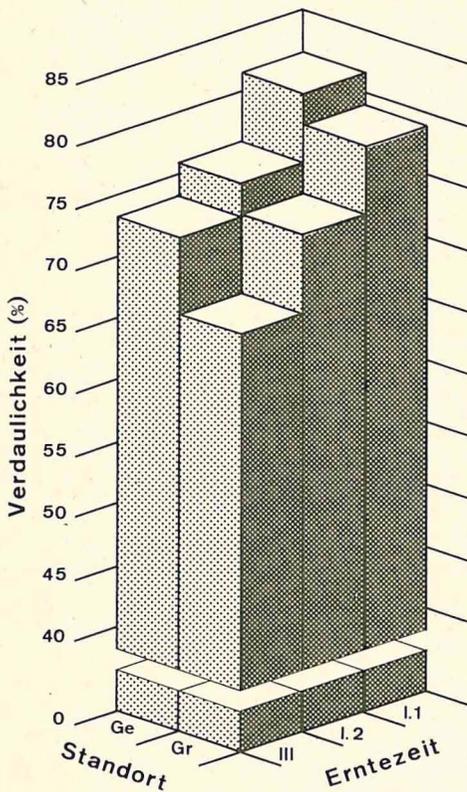
Futterart/ Standort/ Versuchsjahr	Schnittzeitpunkt	NDF	ADF	Verdaulichkeit (%)			
				Zellinhalt	Hemizellulosen	Zellulose	
<b>Wiesenschwingel</b>							
<b>Grünschwaige</b>							
1977	III	73,5	68,7	54,8	81,5	75,7	
1978	I.1	84,2	79,2	70,4	90,6	86,1	
	I.2	75,8	73,3	59,0	79,5	78,0	
	III	74,8	66,5	55,3	86,2	73,2	
<b>Gereute</b>							
1977	III	80,0	76,0	61,0	87,1	83,1	
1978	I.1	84,7	81,6	39,8	89,1	86,1	
	I.2	79,3	75,9	57,1	83,9	81,1	
	III	78,0	73,2	61,8	83,1	79,7	
<b>Rotklee</b>							
<b>Grünschwaige</b>							
1977	III	65,3	61,7	67,2	81,8 <sup>1)</sup>	74,1	
1978	I.1	72,0	64,8	64,9	94,8	75,6	
	I.2	62,4	62,3	69,5	62,6	72,6	
	III	65,7	60,1	68,0	84,1 <sup>2)</sup>	73,6	
<b>Gereute</b>							
1977	III	69,0	66,3	71,3	80,3	76,0	
1978	I.1	73,8	68,7	57,9	89,4	77,2	
	I.2	72,5	68,4	62,3	87,0	76,3	
	III		69,6	61,7	63,1	95,0	71,9

Anmerkung: Die Standardabweichung lag für die meisten Werte der Tabelle zwischen  $\pm 0,3$  und  $\pm 3,1$ ; nur unter <sup>1)</sup> und <sup>2)</sup> betrug sie  $\pm 6,6$  bzw.  $\pm 6,7$

land im Frühjahr stets um 10–15 Prozent besser verdaulich als im Herbst. In Gereute waren die saisonalen Unterschiede etwas geringer. In Gereute und auf der Grünschwaige wurden z. B. in den Frühlingsaufwüchsen 81,6 und 75,9 bzw. 79,2 und 73,3% ermittelt (vgl. auch Abb. 1). Im Herbstaufwuchs war die ADF-Verdaulichkeit auf 73,3% (Höhenstandort) bzw. auf 66,5% (Niederungsstandort) abgesunken. Die höchste Verdaulichkeit unter den Zellwandsubstanzen hatten die Hemizellulosen. Sie lag 1978 für den Frühlingsaufwuchs zwischen 90,6 und 79,5% und für den Herbstaufwuchs bei 81,5%. Zwischen den Ergebnissen der beiden Standorte waren im Durchschnitt aller Proben kaum Unterschiede festzustellen.

Die Verdauungsquotienten der Zellulose lagen etwas unter denen der Hemizellulosen. Sie deuten auf eine abnehmende Verdaulichkeit dieser Stoffgruppe vom Frühjahr (Schnittzeitpunkt I.1) zum Herbst (Schnittzeitpunkt III) hin. Die Zellulose des Wiesenschwingsels war im Futter des Höhenstandortes durchschnittlich um 4,3 Einheiten besser verdaulich als im Futter des Niederungsstandortes.

Die Gesamtzellwand von Rotklee war mit allen Versuchsvarianten (auf beiden Standorten) schlechter verdaulich als die von Wiesenschwingel. Ähnlich dem Wiesenschwingel wurden auf dem Niederungsstandort Grünschwaige wieder stets niedrigere Verdauungsquotienten gemessen als in der Höhenlage Gereute. Vom



Wiesenschwingel

Rotklee

Abb. 1: In vivo Verdaulichkeit der Lignocellulose (ADF) von Wiesenschwingel und Rotklee als Reuterheu in Abhängigkeit von Standort und Erntezeit (1978).

Tabelle 3: Einfachkorrelationen zwischen der *in vivo* bzw. *in vitro* Verdaulichkeit der Trocken- und der organischen Substanz und den Gehalten an einzelnen Zellfraktionen und ihrer Verdaulichkeit von Wiesenschwingel- und Rotklee futter

y-Variablen	<i>in vivo</i> <sup>1)</sup>		<i>in vitro</i> <sup>2)</sup>	
	VQTS (n = 11)	VQOS	VQTS (n = 14)	VQOS
<i>Wiesenschwingel</i>				
Zellwandbestandteile (NDF)	-0,34	-0,49	-0,33	-0,38
Lignozellulose (ADF)	-0,43	-0,56	-0,46	-0,50
Zellinhaltsstoffe (XCI)	0,34	0,49	0,33	0,38
Lignin	-0,46	-0,60	-0,49	-0,52
Hemizellulose (XHC)	-0,17	-0,34	-0,14	-0,17
Zellulose (XC)	-0,42	-0,55	-0,45	-0,49
VQNDF <i>in vivo</i>	0,89	0,92	0,85	0,83
VQADF <i>in vivo</i>	0,89	0,86	0,86	0,81
VQXCI <i>in vivo</i>	0,32	0,29	0,25	0,29
VQXHC <i>in vivo</i>	0,58	0,70	0,53	0,55
VQXC <i>in vivo</i>	0,89	0,87	0,86	0,80
<i>Rotklee</i>				
Zellwandbestandteile (NDF)	-0,66	-0,72	-0,69	-0,68
Lignozellulose (ADF)	-0,66	-0,73	-0,70	-0,71
Zellinhaltsstoffe (XCI)	0,66	0,72	0,69	0,68
Lignin	-0,70	-0,80	-0,79	-0,78
Hemizellulose (XHC)	-0,51	-0,54	-0,50	-0,45
Zellulose (XC)	-0,63	-0,69	-0,65	-0,67
VQNDF <i>in vivo</i>	0,30	0,46	0,11	0,32
VQADF <i>in vivo</i>	0,44	0,60	0,31	0,34
VQXCI <i>in vivo</i>	0,60	0,36	0,48	0,16
VQXHC <i>in vivo</i>	-0,03	0,17	-0,07	0,18
VQXC <i>in vivo</i>	0,54	0,69	0,40	0,39

..... P ≤ 0,05; ..... P ≤ 0,01; — P ≤ 0,001

<sup>1)</sup> Ergebnisse von 1977 und 1978 der Standorte Grünschwaige (Grünfütter und Reuterheu) und Gereute (Reuterheu)

<sup>2)</sup> Ergebnisse von 1977 und 1978 der Standorte Grünschwaige und Gereute (Grünfütter und Reuterheu)

ersten Frühjahrsaufwuchs (I.1) bis zum Schmittzeitpunkt III nahm die Verdaulichkeit der Zellwand ab, wobei auf dem Standort Grünschwaige zum späten Erntetermin des ersten Aufwuchses (I.2) deutlich schlechtere Verdauungsquotienten gemessen wurden als im Herbst (III).

Für die Zellinhaltsstoffe des Rotklee konnte vor allem auf der Grünschwaige eine im Vergleich zur Zellwand bessere Verdaulichkeit ermittelt werden, während der Zellinhalt vom Höhenstandort z. T. deutlich schlechter verdaulich war als die Zellwand. Insgesamt wurden für den Zellinhalt von Rotklee höhere Verdauungsquotienten gemessen als im Wiesenschwingel, dies mit einer ansteigenden Tendenz bis zum Erntezeitpunkt III (Tab. 2).

Die Lignozellulose (ADF) des Rotklee war, ähnlich den Werten für die Gesamtzellwand, schlechter verdaulich als die von Wiesenschwingel, wobei auf dem Niederungsstandort Grünschwaige, mit Abstufung vom Frühjahr bis zum Herbst, geringere Verdauungsquotienten gemessen wurden als im vergleichbaren Futter aus Gereute.

Die Hemizellulosen im Rotklee waren fast ebensogut verdaulich wie die im Wiesenschwingel. Ihr Verdauungsquotient lag im Futter aus dem Flachland bei 80,8% und in dem aus der Vorgebirgslage bei 87,9%. Die Verdaulichkeit der Zellulose war mit Werten um 75% auf beiden Standorten nahezu gleich.

Werden Wiesenschwingel und Rotklee in ähnlichen Entwicklungsstadien miteinander

der verglichen, so zeigt sich, daß Wiesenschwingel mit Ausnahme der Hemizellulose eine bessere Verdaulichkeit der Zellwandkomponenten, Rotklee dagegen eine bessere Verdaulichkeit des Zellinhaltes aufweist. Die Hemizellulosen waren in beiden Arten etwa gleich gut verdaulich.

In Tab. 3 sind Korrelationskoeffizienten zusammengestellt, die die Beziehungen der einzelnen Zellfraktionen zur Verdaulichkeit der Trockensubstanz und der organischen Substanz differenziert wiedergeben.

#### 4. Diskussion

Obwohl auf den beiden Standorten die Wiesenschwingel- und Rotkleebestände nach unterschiedlicher Aufwuchsdauer geschnitten wurden, lagen stets vergleichbare Entwicklungsstadien vor. Dennoch war die partielle Verdaulichkeit der im einzelnen bestimmten Zellwandkomponenten (SKH) sehr verschieden.

Aufgrund der morphologischen Differenzierung der Futterpflanzen wäre anzunehmen, daß der Herbstaufwuchs eine bessere Verdaulichkeit aufzuweisen hätte, weil die Pflanzenmasse zu dieser Jahreszeit blattreicher ist als im Frühjahr zum Zeitpunkt des Ähren- bzw. Rispschiebens. Die Ursache für die nichtdestoweniger geringere Verdaulichkeit des Herbstfutters ist in der wesentlich schlechteren Verdaulichkeit der Gerüstsubstanzen beider Pflanzenarten zu suchen, wie sie auch u. a. von NEHRING und LAUBE (1955) sowie von RANFFT u. a. (1976) festgestellt wurde. Dafür sind die ab Spätsommer für den Kohlenhydratstoffwechsel ungünstigen Witterungsverhältnisse verantwortlich; denn sowohl die Lufttemperatur als auch die Globalstrahlung nehmen ab (KLOSKOWSKI, 1985).

Mit fortschreitender Vegetation werden im Pflanzengewebe zunehmend Substanzen eingelagert, welche der Pansenverdauung größeren Widerstand entgegensetzen (FARRIES, 1966). Es ist anzunehmen, daß die Architektur der Zellwand, insbesondere aber die Gegenwart von Lignin bzw. Vorstufen dieser Stoffgruppe in der Zellwand,

den Zutritt der Mikroorganismen zu den Polysacchariden der Zellwand, Hemizellulose und Zellulose, erschweren. KAMSTRA u. a. (1958) nehmen an, daß die Zellulose während des Wachstums in zunehmendem Maße „inkrustiert“ wird.

Vorstellbar ist, daß mit Anstieg der Höhenlage die Wachstumsprozesse und damit auch die Kondensation von Zellwandpolysacchariden und aller an der Zellwand beteiligten Komponenten, verlangsamt ablaufen. Bei vergleichbaren Entwicklungsstadien könnte daraus, insbesondere für die stabileren Bauteile der Pflanzensubstanz, in der Höhenlage Gereute eine bessere Pansenverdaulichkeit resultieren.

Die Gesamtzellwand von Rotklee war im Durchschnitt wesentlich schlechter verdaulich als die von Wiesenschwingel. In dem Zusammenhang ist zu bemerken, daß im Rotklee absolut wie auch in Relation zu den übrigen Zellwandbestandteilen höhere Ligningehalte gemessen wurden. Bemerkenswert ist, daß für die partielle Verdaulichkeit der Hemizellulosen im Rotklee wie im Wiesenschwingel etwa ähnlich hohe Verdauungsquotienten ermittelt wurden, während die Verdaulichkeit der Zellulose des Rotklee wesentlich niedriger war als im Wiesenschwingel. Ähnliches stellte GAILLARD (1962) in einem Vergleich von Gräsern, Luzerne und Rotklee fest. Nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens ist dies so zu verstehen, daß das Lignin in der Zellwand des Rotklee den Zellulosefasern räumlich näher steht bzw. mit diesen enger verbunden ist als im Wiesenschwingel. Dies steht im Einklang mit der gängigen Vorstellung, daß der mikroanatomische Aufbau der Zellwände hauptsächlich für die Unterschiede in der Verdaulichkeit der aus Gräsern und Leguminosen stammenden Gerüstsubstanzen verantwortlich ist (GAILLARD, 1965 und 1966/67; GAILLARD u. a., 1965).

Aufgrund der relativ hohen Anteile der Zellwand, die mit dem fortschreitenden Wachstum der Futterpflanzen entstehen, ist es verständlich, wenn zwischen dem Gehalt an Gerüstsubstanzen und der Verdaulichkeit der gesamten organischen

Masse des Futters enge Beziehungen bestehen. So fanden HOFFMANN u. a. (1963) mit jedem Prozent Rohfaserzunahme eine Verringerung der Verdaulichkeit der organischen Substanz um 0,59 Einheiten, je Prozent Lignin um 1,16 Einheiten.

Neben der Verdaulichkeit der Zellwandkomponenten wurde auch die des Zellinhalts ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, daß es sich stets nur um eine scheinbare Verdaulichkeit handeln kann, da Werte, die z. T. unter 50% liegen, vollkommen unrealistisch sind. Die Zellinhaltsstoffe sind im Gegenteil meist hochverdaulich (KÜHBAUCH und VOIGTLÄNDER, 1978), zumal sie größtenteils aus löslichen Kohlenhydraten bestehen. Die gemessenen Verdauungsquotienten sind offenbar auf eine je nach Futterart unterschiedliche endogene Ausscheidung der Versuchstiere zurückzuführen. Nach GOERING und VAN SOEST (1970) macht der Unterschied zwischen scheinbarer und wahrer Verdaulichkeit der Zellinhaltsstoffe 13 Einheiten aus.

Für die insgesamt bessere Verdaulichkeit des Futters der Höhenlage kommen im wesentlichen zwei Ursachen in Betracht: Infolge niedrigerer Wachstumstemperaturen der Höhenlage darf eine entsprechend verlangsamte Polykondensation der Zellwandbestandteile angenommen werden, als deren Folge weniger feste, d. h. besser verdauliche Strukturen entstehen. Außerdem führt die intensivere Einstrahlung auf dem Höhenstandort im Zusammenwirken mit den niedrigeren Temperaturen, und dadurch verringerter Respiration, zur Anreicherung der praktisch vollständig verdaulichen Kohlenhydrate des Zellinhalts der Pflanzen (KLOSKOWSKI, 1985; KÜHBAUCH u. a., 1985). Dem ist es zuzuschreiben, daß Futterpflanzen aus dem Bergland häufig bessere tierische Leistungen bewirken.

#### Literaturverzeichnis

- Behrend, Maria, Ch., 1981: Untersuchungen zur Verlängerung des optimalen Nutzungszeitraumes einer Weidegrasnarbe durch planmäßigen Einsatz von Gräserarten. Diss., Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Carrier, L. A., L. P. van Hee und B. G. Cottyn, 1970: La détermination de la valeur énergétique de l'herbe basée sur la digestibilité „in vitro“. Rev. Agric. 23, 1505–1513.
- Demarquilly, C. und R. Jarrige, 1971: The digestibility and intake of forages from artificial and natural grassland. Proc. 4th Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed. 91–106.
- Farries, E., 1966: Zum Nährwert von Weidegras in unterschiedlichen Vegetationsstadien. Wirtschaftseig. Futter 12, 77–83.
- Gaillard, B. D. E., 1962: The relationship between the cellwall constituents of roughages and the digestibility of the organic matter. J. Agric. Sci. 59, 369–373.
- , 1965: Comparison of the hemicelluloses from plants belonging to two different plant families. Phytochemistry 4, 631–634.
- , 1966/67: Der Einfluß einiger Gerüstsubstanzen auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz in Gras und Klee. Z. Tierern. Tierphys. Futtermk. 22, 29–30.
- , R. W. Bailey und R. T. J. Clarke, 1965: The action of rumen bacterial hemicellulases on pasture plant hemicellulose fractions. J. Agric. Sci. 64, 449–454.
- Goering, H. K. und P. J. van Soest, 1970: Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook 379. USDA, Washington D. C.
- Hoffmann, L., R. Schiemann und K. Nehring, 1963: Die energetische Verwertung der Futtermstoffe. 4. Mitteilung: Die energetische Verwertung der Kraftfutterstoffe durch Schafe. Arch. Tierernährung 13, 163–175.
- Kamstra, L. D., A. L. Moxon und O. G. Bentley, 1958: The effect of stage of maturity and lignification on the digestion of cellulose in forage plants by rumen microorganisms in vitro. J. Anim. Sci. 17, 199–208.
- Kellner, R. J., M. Kirchgeßner und J. Pallauf, 1979: Zur Verdaulichkeit der Zellwandbestandteile von Luzerneheu unter dem Einfluß von physikalischer Struktur, Schnittzeitpunkt und Fütterungsniveau. Wirtschaftseig. Futter 25, 209–214.
- Kirchgeßner, M., R. J. Kellner, F. X. Roth und K. Ranfft, 1978: Gehalt und Verdaulichkeit mehrerer Zellfraktionen von Mähweidegras bei verschiedenen Konservierungsverfahren. Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 41, 1–7.
- Kloskowski, J. H., 1985: Verdaulichkeit (in vivo, in vitro) von frischem und konserviertem Frühjahrs- und Herbstfutter aus Festuca pratensis und Trifolium pratense in einem Standortsvergleich (435 und 1085 m über NN). Diss., TU München, Freising-Weihenstephan.

- Kühbauch, W. und G. Voigtländer*, 1974: Vegetationsentwicklung und Variabilität von Zuckergehalten im Knaulgras (*Dactylis glomerata* L.). *Z. Acker- und Pflanzenbau* 140, 85–99.
- und –, 1978: Zellwandbestandteile und Verdaulichkeit von Futterpflanzen, Hilfsmittel in der Beratung. *Wirtschaftseig. Futter* 24, 187–197.
- , – und *J. Kloskowski*, 1985: Kohlenhydrate des Zellinhalts in frischem und konserviertem Frühjahrs- und Herbstfutter aus Wiesen-schwingel und Rotklee in einem Standortvergleich (435 und 1085 m über NN). Im Druck.
- Marsh, R.*, 1975: A comparison between spring and autumn pasture for beef cattle at equal grazing pressures. *J. Brit. Grassl. Soc.* 30, 165–170.
- Nehring, K. und W. Laube*, 1955: Untersuchungen über die Zusammensetzung der pflanzlichen Gerüstsubstanz in Grün- und Rauhfutterstoffen und ihren Einfluß auf die Verdaulichkeit dieser Futterstoffe. *Arch. Tierernährung* 5, 177–215.
- Nowruzian, H.*, 1977: Vergleichende Untersuchungen der Verdaulichkeit von Gras- und Kleearten und -sorten in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium. Diss., Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Ranfft, K., M. Kirchgeßner und F. X. Roth*, 1976: Detergentienanalysen zur Bestimmung von Gehalt und Verdaulichkeit der Zellwandfraktionen in Weidegras. *Landw. Forschung* 29, 124–130.
- Smith, D.*, 1975: Influence of temperature on growth of Froker oats for forage. II. Concentrations and yields of chemical constituents. *Can. J. Plant Sci.* 55, 897–901.
- Tilley, J. M. A. und R. A. Terry*, 1963: A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18, 104–111.
- van Soest, P. J. und D. R. Mertens*, 1977: Analytical parameters as guides to forage quality. *Proc. Int. Meet. Anim. Prod., Dublin*, 50–52.
- Waite, R. und J. Boyd*, 1953: The water-soluble carbohydrates of grasses. II. Grasses cut at grazing height several times during the growing season. *J. Sci. Food Agric.* 4, 258–261.
- , *J. Johnston und D. G. Armstrong*, 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.
- Wermke, M.*, 1974: Einfluß der Jahreszeit auf die stoffliche Zusammensetzung und die Verdaulichkeit von Futterpflanzen. *Wirtschaftseig. Futter* 20, 10–21.