

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau -

Untersuchungen zur Futteraufnahme, Futterqualität
und –selektion auf Umtriebsweiden
mittels einer pflanzenbaulichen Methode

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Dipl.-Ing. agr. Julia Baade
aus Kiel

Dekan:	Prof. Dr. S. Wolfram
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. F. Taube
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. A. Susenbeth

Tag der mündlichen Prüfung: 04.11.2004

Kiel 2005

Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; Heft 39, 2005

ISSN: 1435-2613

Gedruckt mit Genehmigung
des Dekans der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

	Inhaltsverzeichnis	I
	Abbildungsverzeichnis	II
	Tabellenverzeichnis	V
	Abkürzungsverzeichnis	VI
1.	Einleitung	1
2.	Futteraufnahme und Futterselektion von Milchkühen auf Umtriebsweiden	13
	I. Pflanzenbauliche Untersuchungen auf Weidelgras-Weißklee-Weiden (<i>Lolium cynosuretum</i>)	
3.	Futteraufnahme und Futterselektion von Milchkühen auf Umtriebsweiden	75
	II. Pflanzenbauliche Untersuchungen auf Deutsch' Weidelgras-Weiden (<i>Lolium perenne</i> L.)	
4.	Zusammenfassende Diskussion	115
4.1	Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse	116
4.2	Diskussion	117
4.3	Schlußfolgerungen	132
4.4	Literatur	133
5	Zusammenfassung / Summary	139
5.1	Zusammenfassung	140
5.2	Summary	143

Abbildungsverzeichnis

Kapitel 2

- Abb. 1 Entwicklung der Trockenmasse (TM)-Erträge (dt ha^{-1}) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 und 1998 26
- Abb. 2 Entwicklung der Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 und 1998 27
- Abb. 3 Entwicklung der Verdaulichkeiten d. OM (%) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 und 1998 28
- Abb. 4 Ertragsanteile (% d. TM) der einzelnen Bestandesschichten für die Fraktionen Gras, Kraut und Klee der ungestörten Bestände im Mittel der 6 Versuchstage in den Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwüchsen, 1997 und 1998 29
- Abb. 5 Entwicklung der Ertragsanteile (% d. TM) der einzelnen Schichten am beweideten und ungestörten Bestand im Sommeraufwuchs 1998 30
- Abb. 6 Entwicklung der Gras-, Kraut- und Klee-Ertragsanteile (% d. TM) in den 5 Schichten des Sommeraufwuchses des beweideten und ungestörten Bestandes (1998) 31
- Abb. 7 Rohprotein (RP)-Gehalt (% d. TM) von Gras, Kraut und Klee in den 5 Schichten des Sommeraufwuchses des beweideten und ungestörten Bestandes (1998) 32
- Abb. 8 Verdaulichkeit d. OM (%) von Gras, Kraut und Klee in den 5 Schichten des Sommeraufwuchses des beweideten und ungestörten Bestandes (1998) 33
- Abb. 9 Einfluß von Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört), Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs) und Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) auf die Ertragsanteile des Grases (% d. TM) der beweideten und ungestörten Flächen (1997 und 1998). Dargestellt sind die Interaktionen $R \times A$ und $R \times T$ 35
- Abb. 10 Einfluß von Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört), Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs) und Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) auf die Ertragsanteile des Krautes (% d. TM) der beweideten und ungestörten Flächen (1997 und 1998). Dargestellt sind die Interaktionen $R \times A$ und $R \times T$ 36
- Abb. 11 Einfluß von Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört), Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs) und Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) auf die Ertragsanteile des Weißklee (% d. TM) der beweideten und ungestörten Flächen (1997 und 1998). Dargestellt sind die Interaktionen $R \times A$ und $R \times T$ 37

Abb. 12	Selektionsindex (n. HODGSON, 1990) für die Gras-, Kraut- und Klee fraktion im Mittel der 3 Aufwuchstypen (1997 und 1998)	38
Abb. 13	Rohprotein (RP)-Gehalt (% d. TM) des angebotenen und „aufgenommenen“ Weidefutters im Frühjahr, Sommer und Herbst, 1997 und 1998	39
Abb. 14	Verdaulichkeit d. OM (%) des angebotenen und „aufgenommenen“ Weidefutters im Frühjahr, Sommer und Herbst, 1997 und 1998	40

Kapitel 3

Abb. 1	Entwicklung der Trockenmasse (TM)-Erträge (dt ha^{-1}) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 und 1998	86
Abb. 2	Entwicklung der Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 und 1998	87
Abb. 3	Entwicklung der Verdaulichkeiten d. OM (%) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 und 1998	88
Abb. 4	Entwicklung der Ertragsanteile (% d. TM) der einzelnen Schichten am Gesamtbestand der Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwüchse der beweideten (W) und ungestörten Flächen (U), 1997 und 1998	90
Abb. 5	Blattgewichtsverhältnis der einzelnen Bestandesschichten auf der Weide (W) und den ungestörten Flächen (U) im Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchs 1997	91
Abb. 6	Rohprotein (RP)-Gehalt (% d. TM) der einzelnen Bestandesschichten für die beweideten (W) und ungestörten Flächen (U) der Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwüchse 1997 und 1998	92
Abb. 7	Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) der Blätter und Stengel der einzelnen Bestandesschichten auf der Weide im Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchs 1997	93
Abb. 8	Rohprotein (RP)-Gehalt (% d. TM) des angebotenen und „aufgenommenen“ Weidefutters im Frühjahr, Sommer und Herbst, 1997 und 1998	94
Abb. 9	Verdaulichkeit d. OM (%) des angebotenen und „aufgenommenen“ Weidefutters im Frühjahr, Sommer und Herbst, 1997 und 1998	95
Abb. 10	Einfluß von Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört), Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs) und Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) auf die Blattgewichtsverhältnisse des Gesamtbestandes der beweideten und ungestörten Flächen (1997). Dargestellt sind die Interaktionen $R \times A$, $R \times T$ und $T \times A$	96

Kapitel 4

Abb. 1	TM-Erträge (dt ha ⁻¹) der ungestörten Deutsch' Weidelgras (DW)- und Weidelgras-Weißklee (WW)-Bestände, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht	119
Abb. 2	TM-Erträge (dt ha ⁻¹) der Fraktionen Gras, Kraut, Klee des Weidelgras-Weißklee-Bestandes der ungestörten Flächen, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht	119
Abb. 3	Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) der ungestörten Deutsch' Weidelgras (DW)- und Weidelgras-Weißklee (WW)-Bestände, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht	120
Abb. 4	Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) der Fraktionen Gras, Kraut, Klee des Weidelgras-Weißklee-Bestandes der ungestörten Flächen, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht	121
Abb. 5	Verdaulichkeiten d. OM (%) der ungestörten Deutsch' Weidelgras (DW)- und Weidelgras-Weißklee (WW)-Bestände, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht	122
Abb. 6	Verdaulichkeiten d. OM (%) der Fraktionen Gras, Kraut, Klee des Weidelgras-Weißklee-Bestandes der ungestörten Flächen, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht	123
Abb. 7	Vergleich der geschätzten Verdaulichkeitsabnahme im Beweidungsverlauf mittels der Kot-Stickstoff-Methode (KSM) vs. der pflanzenbaulichen Methode (GL) (ausgewählte Aufwüchse 1997 und 1998), Werte in Prozentpunkten (%pkt)	130

Kapitel 2

Tab. 1	Temperaturmittelwerte und Niederschlagssumme für die Versuchsjahre bzw. für die Versuchszeiträume 1997 und 1998	19
Tab. 2	Botanische Zusammensetzung des Versuchsbestandes (Ertragsanteilschätzung (% d. TM) Mai 1997 und 1998)	20
Tab. 3	Kenngroßen der Bewirtschaftung und Weideleistung, 1997 und 1998	21
Tab. 4	Kenndaten der Weidetiere (Mittel aller Tiere) für den Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs 1997 und 1998	22
Tab. 5	Futterangebot und „Futteraufnahme“ auf Basis TM (kg GV ⁻¹ Tag ⁻¹), RP (% d. TM) und VOM (%) für die Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwüchse (A) im Mittel der 5 Beweidungstage, 1997 und 1998	25

Kapitel 3

Tab. 1	Temperaturmittelwerte und Niederschlagssumme der Versuchsjahre und Versuchszeiträume 1997 und 1998	80
Tab. 2	Kenngroßen der Bewirtschaftung und Weideleistung, 1997 und 1998	81
Tab. 3	Kenndaten der Weidetiere (Mittel aller Tiere) für den Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs 1997 und 1998	82
Tab. 4	Futterangebot und „Futteraufnahme“ von der Weide auf Basis TM (kg GV ⁻¹ Tag ⁻¹), RP (% d. TM) und VOM (%) für die Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwüchse im Mittel der 5 Beweidungstage, 1997 und 1998	83

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
A	Aufwuchstyp
cm	Zentimeter
d	Tag
DM	Dry matter
dt	Dezitonne
DW	Deutsches Weidelgras
DWW	Deutsch' Weidelgras-Weide
ha	Hektar
K	Kalium
KAS	Kalkammonsalpeter
kg	Kilogramm
l	Liter
m ²	Quadratmeter
MJ	Megajoule
mm	Millimeter
N	Stickstoff
n	Anzahl
NEL	Netto-Energie-Laktation
ns	nicht signifikant
NIRS	Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie
OM	Organische Masse
OMD	Organic matter digestibility
p	Wahrscheinlichkeit
P	Phosphor
%pkt	Prozentpunkte
R	Nutzungsregime
r ²	Bestimmtheitsmaß
RP	Rohprotein
S.E.	Standardfehler
SI	Selektionsindex
T	Tag im Aufwuchs
TM	Trockenmasse
tot	total / gesamt
U-Fläche	ungestörte Fläche
VOM	Verdaulichkeit der organischen Masse
vs.	versus
W-Fläche	beweidete Fläche
WWW	Weidelgras-Weißklee-Weide

Kapitel 1

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten kam es in der europäischen und deutschen Landwirtschaft bezüglich der Betriebsorganisation zunehmend zu einer Umwandlung vom Gemischtbetrieb zu spezialisierten Betriebstypen. Aufgrund des technischen (TMR-Fütterung (total mixed ration)) und züchterischen Fortschrittes in der Pflanzen- und Tierproduktion sowie der Zahlung von Beihilfen bzw. durch Förderprogramme kam es auch in Schleswig-Holstein zu einer Spezialisierung von verschiedenen Betriebstypen, die sich auf einzelne Landschaftsräume konzentrieren. Diese weisen wegen ihres eiszeitlichen Ursprungs unterschiedliche Bodentypen auf. So konzentrieren sich die vorwiegend viehschwachen Ackerbaubetriebe auf den fruchtbaren, weizenfähigen Böden der Marschen und des östlichen Hügellandes, während die Milchvieh-/Futterbaubetriebe hauptsächlich auf dem Mittelrücken des Landes, der Geest und Vorgeest, angesiedelt sind. Dieser Landschaftsraum ist durch sehr sandige Böden mit geringer Ackerzahl und nur mäßiger Wasserhaltefähigkeit und einem entsprechend hohen Nährstoffverlustpotential gekennzeichnet (BEYER & BLUME, 1991). Durch die Konzentration der viehhaltenden Betriebe in diesem Landschaftsraum kommt es zu einer Akkumulation der wirtschaftseigenen Dünger aus der Tierhaltung.

Besonders in der Milchproduktion können aufgrund der Differenz zwischen Nährstoffinput (Dünger, Futtermittel) und dem vergleichsweise geringen Nährstoffoutput (Milch, Fleisch) hohe Bilanzüberschüsse in der „Hoftorbilanz“ entstehen. Dies ist besonders für das Element Stickstoff (N) von Bedeutung.

Zusätzlich zu der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (ANONYMUS, 2000), die einen europaweiten Ordnungsrahmen zum Schutz aller Gewässer darstellt, wirkt die Nitratrichtlinie (ANONYMUS, 1991) mit der Zielsetzung, „die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und weiterer Gewässerverunreinigung dieser Art vorzubeugen“. Diese stellt somit auf europäischer Ebene die umweltrechtliche Grundlage zum Gewässerschutz vor Nitratreinträgen aus der Landwirtschaft dar. Die Umsetzung in nationales Recht erfolgte in Deutschland durch die 1996 erlassene „Düngeverordnung“ (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 1996). Wenngleich die Düngung i. d. R. nach der „guten fachlichen Praxis“ erfolgt, zeigen Hof- und Feld-/Stallbilanzen, daß der N-Überschuß auf Futterbaubetrieben 150-250 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ betragen kann (TAUBE et al., 1997; ANONYMUS, 2001), aus den Niederlanden sind Werte von >400 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ bekannt (AARTS et al., 1999). Die relativ geringe N-Verwertungseffizienz dieser Betriebstypen sowie die hohen Stickstoff-Salden führen zu beträchtlichen N-Verlustpotentialen in Form von Nitrat-

auswaschung und Ammoniakemissionen. Untersuchungen von BENKE (1992), LANU S.-H. & STEINMANN (2000), BÜCHTER (2003) und WACHENDORF et al. (2004) zeigen das damit verbundene ökologische Belastungspotential auf. Wegen der sorptionsschwachen Böden der Geest liegen die Nitratwerte im oberflächennahen Grundwasser, speziell in diesem Landschaftsraum, gerade unter Beweidung und Mähweidenutzung, häufig oberhalb des kritischen EU-Trinkwassergrenzwertes von $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ (BÜCHTER, 2003; WACHENDORF et al., 2004). Dies ist besonders problematisch, da in Schleswig-Holstein das gesamte Trinkwasser aus dem Grundwasser gewonnen wird (MUNF, 1999).

Die Beweidung führt mit ihrer zwangsläufig geringen N-Verwertungseffizienz und damit unausgeglichene N-Bilanzen zu einer Verschärfung der N-Problematik auf den Milchvieh-/Futterbaubetrieben. So kommt es durch die Aufnahme überhöhter Rohprotein-Gehalte im Weidefutter, bei gleichzeitig fehlendem Energieausgleich, zu einer Erhöhung der N-Ausscheidungen über Kot und besonders über Harn und damit zu einer Reduktion der Verwertung des eingesetzten Futterstickstoffs (WHITEHEAD, 1995). Durch die N-Rückführung über die Exkreme kann es auf der Weide zu punktuellen N-Akkumulationen von umgerechnet 350 bis $>1000 \text{ kg N ha}^{-1}$ unter Urinstellen, bzw. zu 650 bis $>1300 \text{ kg N ha}^{-1}$ unter Kotstellen und damit kleinräumig zu extrem hohen N-Überschüssen kommen (BETTERRIDGE et al., 1986; WHITEHEAD, 1995; ANGER, 2001). Generell ist die Verwertungseffizienz von Exkrementstickstoff eher als gering einzustufen (CUTTLE & BOURNE, 1993; WILLIAMS & HAYNES, 1994). Die Ausnutzung des abgesetzten N sinkt im Jahresverlauf (CUTTLE & BOURNE, 1993) und mit gesteigerter N-Düngung (INGWERSEN, 2002; TROTT, 2003). Zusätzlich kann es durch Verbrennungen der Narbe aufgrund der hohen N-Konzentration im Harn zu Pflanzenschädigungen kommen (DEENEN & MIDDELKOOP, 1992).

Die N-Verwertungseffizienz von Milchvieh-/Futterbaubetrieben wird neben den beschriebenen Faktoren noch von weiteren Effekten beeinflusst. So kommt es bei dem Anfall und Einsatz von Gülle zu unvermeidbaren Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsverlusten. Mittels fachgerechter Lagerung, Behandlung und Ausbringungstechnik (Schleppschläuche, -schuhe oder -scheiben) wird versucht, die N-Verluste möglichst gering zu halten. Ferner sind die Einzeltierleistungen in den letzten Jahren stetig gestiegen (BOCKMANN, 1996; ANONYMUS, 2002), was mit erhöhten Kraftfuttergaben und steigenden Anforderungen an die Energieversorgung aus dem Grundfutter einhergeht (TAUBE, 2000). Obwohl die Beweidung

die energie-effizienteste Form der Fütterung von Milchkühen ist (PEYRAUD & GONZÁLEZ-RODRÍGEZ, 2000; SWAIN, 2000; KELM, 2004) und einen entscheidenden Anteil an deren Ration ausmacht, was wegen des tierischen Wohlergehens auch in Zukunft eine Rolle spielen wird (MAYNE & PEYRAUD, 1996; WEISBJERG & SØEGAARD, 2000), verliert die Weide doch mit zunehmender Herdengröße und steigenden Milchleistungen an Bedeutung, da eine gleichmäßige Nährstoffversorgung und das Weidemanagement erschwert werden (ANONYMUS, 2001). Um eine maximale Weideleistung zu erzielen und somit das hohe Grundfutterpotential auszunutzen, muß neben einem optimalen Weidemanagement (Futterangebot, Beweidungsdauer, Weidereste, Düngungs- und Pflegemaßnahmen) auch die Kraftfuttergabe an die zu erwartende Weideleistung angepaßt werden. Durch hohe Weide- bzw. Grundfutterleistungen kann der Nährstoffinput aus zugekauftem Futter entscheidend reduziert werden. So ermittelten die Beratungsringe in Schleswig-Holstein einen abnehmenden N-Überschuß von 165 kg N ha⁻¹ auf <130 kg N ha⁻¹, basierend auf einer gesteigerten Grundfutterleistung bei der Rasse Schwarzbunte von 2500-3000 kg Milch auf 4500 kg, und der damit verbundenen Reduktion des N im zugekauften Futter von 132 kg N ha⁻¹ auf 95 kg N ha⁻¹ (ANONYMUS, 2001).

Diese Zusammenhänge verdeutlichen die Notwendigkeit exakter Kenntnisse der Weidefutterqualität und -menge, da sich Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung von Weidebeständen sowohl im Beweidungsverlauf als auch im Laufe der Vegetationsperiode ändern (BLASER, 1982). Durch die natürliche Alterung und Entwicklung der Pflanzen, aber auch durch den Einfluß des Weidetieres und seines Futteraufnahmeverhaltens, seines Tritts und seiner Exkrementabsonderung (HODGSON, 1990), kann es zu beträchtlichen Unterschieden hinsichtlich der vertikalen Differenzierung von Ertrag und Futterqualität des angebotenen Grünlandfutters im Zeitablauf kommen (TERRY & TILLEY, 1964; CLARK et al., 1974; HACKER & MINSON, 1981; DELAGARDE et al., 2000). Zusätzlich bestimmen Weidesystem (Umtriebs- vs. Standweide, PULIDO & LEAVER, 2003) und Weidemanagement (Düngung, Nachmahd), Bestandestyp (Misch- vs. Grasreinbestände) bzw. botanische Zusammensetzung (mit vs. ohne Weißklee), Nutzungsdauer (BLASER, 1982) und Besatzdichte die Qualität des angebotenen bzw. aufgenommenen Weidefutters während des Beweidungsverlaufes. Hierbei spielt bei fortschreitendem Herunterfressen der Bestände besonders die Konkurrenz um den Faktor Licht eine entscheidende Rolle (WINKLER & NÖSBERGER, 1985).

Rinder stratifizieren Weidebestände, d. h., sie verzehren die oberste Bestandesschicht, kehren zu einem späteren Zeitpunkt zurück und nehmen die nächst tiefere Schicht auf (HODGSON, 1982; SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998). Bei einem Futterüberangebot können sie zusätzlich bestimmte Pflanzenteile aktiv selektieren (HODGSON, 1990; SANDERSON et al., 2004). Diese Selektion wird durch das Vorhandensein großblättriger Arten wie z. B. Löwenzahn oder Chicoree (TAUBE et al., 2004) erleichtert, da diese von den Weidetieren gut zu greifen und aufzunehmen sind. Aufgrund der selektiven Futteraufnahme ist die Qualität des aufgenommenen Futters vielfach höher als die des angebotenen Futters (HODGSON et al., 1977; BAILEY, 1995; WALES et al., 1998; JACOBS et al., 1999; BRZEZINSKI, 2003; PULIDO & LEAVER, 2003).

Mehrjährige Weidebestände bestehen in der Regel aus weideverträglichen Untergräsern, Kräutern und Leguminosen. Da untergrasreiche Weidebestände häufig pyramidenförmig aufgebaut sind (BLATTMANN, 1967; MÄDEL & VOIGTLÄNDER, 1975; HODGSON, 1981), ist die Bestandesdichte nicht gleichmäßig über die Bestandeshöhe verteilt, sondern nimmt von unten nach oben ab. Durch unterschiedliche Blatt-/Stengelverhältnisse sowie aufgrund einer variierenden botanischen und chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Bestandesschichten, übt die Nutzungstiefe einen entscheidenden Einfluß auf die Qualität des aufgenommenen Futters aus. Die Futteraufnahme von Milchkühen auf der Weide ist von vielen Faktoren abhängig (ALLISON, 1985). Neben sozialen Einflüssen wie der Stellung einzelner Tiere in der Rangordnung und dem Platzangebot pro Tier, wirken diverse tiergebundene Faktoren auf die Futteraufnahme (PEARSON & ISON, 1997). Dazu zählen das Leistungspotential und Laktationsstadium, der Gesundheitszustand bzw. Streß sowie die Gewöhnung an das angebotene Futter und die Verfügbarkeit von Wasser (FORBES, 1995). Abgesehen von Witterungsfaktoren bestimmen auch Bestandesfaktoren wie das phänologische Entwicklungsstadium, die Narbenstruktur, Schmackhaftigkeit sowie angebotene Futtermenge (Über-/Unterbeweidung) - und damit die Selektionsmöglichkeiten - und die botanische Zusammensetzung die Höhe des Verzehrs der Tiere erheblich. Die nachgewiesenermaßen entscheidenden Einflüsse üben die Bestandeshöhe und -dichte sowie das Blatt-/Stengelverhältnis aus. Die positive Korrelation der Futteraufnahme mit der Bestandeshöhe ist eine allgemeingültige Beziehung, die in zahlreichen Experimenten belegt wurde (HODGSON, 1985; PENNING et al., 1991; PULIDO & LEAVER, 1995). Allerdings haben Untersuchungen gezeigt, daß auch die Bestandesdichte (WADE et al., 1989; LACA et al., 1992a) sowie das Blatt-/Stengelverhältnis (CHACON & STOBBS, 1976; PENNING et al., 1994;

OKAJIMA et al., 1996) einen entscheidenden Einfluß auf die Höhe des aufgenommenen Futters ausüben.

Die Futterqualität von Grünlandbeständen hat einen entscheidenden Einfluß auf die Weide- bzw. Grundfutterleistung. Diese hat ihrerseits Auswirkungen auf die Gesamtmilchleistung und damit auf ökonomische Aspekte (Zukauf von Futter) sowie die beschriebenen ökologischen Aspekte (hohe N-Bilanzen) im Betriebssystem. Besonders bei Hochleistungskühen ist eine geringe Futteraufnahme auf der Weide der Haupteffekt, der die Milchproduktion von der Weide limitiert (MCGILLOWAY et al., 1999). Optimal wäre die Bereitstellung eines gleichmäßigen Futterangebotes mit gleichbleibend hoher Qualität im Laufe der Beweidungsperiode (BLASER, 1982). Dies setzt Kenntnisse über Bestandesparameter wie Bißfläche, -tiefe und Bestandesdichte voraus, um die Vorhersage der Trockenmasse/Biß und damit der täglichen Futteraufnahme zu ermöglichen (LACA et al., 1992a; LACA et al., 1992b; SWAIN, 2000). Neben tierernährerischen Gesichtspunkten ist eine ausgeglichene Ration (ausgewogenes RP-/Energieverhältnis) daher auch für den Nährstoff-Kreislauf innerhalb des Betriebes, und speziell für das Element N, von besonderer Bedeutung.

Generell muß das Ziel der Weidenutzung neben der wiederkäuer- und leistungsgerechten Ernährung auch die Erhaltung leistungsfähiger Weiden sein (BLASER, 1982). Mittels eines angepassten Weide- und Tiermanagements (z. B. Anpassung der Besatzdichten unter Berücksichtigung des Wiederkäuer-Nährstoffbedarfs zu unterschiedlichen Jahreszeiten bzw. Laktationsstadien sowie morphologischer und physiologischer Charakteristika der Weidepflanzen) kann die Effizienz der Beweidung gesteigert werden.

Die Umtriebsweide ist in Schleswig-Holstein mit 57% das vorherrschende Weidesystem vor der Halbtagsweide mit 23% bzw. der Standweide mit 13% (ANONYMUS, 2001). Allerdings gibt es trotz der weiten Verbreitung der Umtriebsweide noch Untersuchungsbedarf über die zeitliche und räumliche Heterogenität von Weidebeständen und damit verbundener Veränderungen der Futterqualität während der Weideperiode (RU & FORTUNE, 2000; WEISBJERG & SØEGAARD, 2000). Aus den genannten Gründen sind genaue Kenntnisse über die vertikale Differenzierung der Futterqualität und damit der Qualität des aufgenommenen Weidefutters zu verschiedenen Zeitpunkten von entscheidender Bedeutung, um diese in eine leistungsgerechte Futterrationsration von Weidetieren (Milchkühen) einzukalkulieren, die Kraftfutter-Ergänzung optimal anzupassen und die Auswirkungen auf den N-Kreislauf im System berücksichtigen zu können (WEISBJERG & SØEGAARD, 2000).

Inhalt und Ziel dieser Arbeit:

Da die exakte Bestimmung der Futteraufnahme anhand von tiergebundenen Methoden und den damit verbundenen operativen Eingriffen am Tier aus Tierschutzaspekten kritisch zu betrachten ist, wurde eine alternative Methode eingesetzt. Mittels einer rein pflanzenbaulichen Methode sollte der vertikale Bestandaufbau hinsichtlich Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung und ihrer Veränderungen im Zeitablauf, sowohl während 5-tägiger Weideperioden auf Umtriebsweiden als auch im Laufe der Vegetationsperiode erhoben werden. Zusätzlich sollten allgemeingültige Aussagen bezüglich der quantitativen und qualitativen Futteraufnahme getroffen werden. Es wurde untersucht, ob Stratifikationseffekte mit der eingesetzten Methode quantitativ von Selektionseffekten zu trennen sind und ob die Effekte einer selektiven Futteraufnahme auf die N-Flüsse im System Boden-Pflanze-Tier nachweisbar sind.

Zu diesem Zweck fanden in den Jahren 1997 und 1998 Untersuchungen auf Umtriebsweiden unterschiedlicher botanischer Zusammensetzung und Bewirtschaftung statt. Der Versuch ist Teil des interdisziplinären Forschungsprojektes „Steigerung der Ausnutzung von Stickstoff im Produktionsprozeß der Milcherzeugung durch Maßnahmen des Futterbaus, der Tierernährung sowie des Managements und der Zucht“ (N-Projekt Karkendamm, TAUBE & WACHENDORF, 2000). Ziel dieses Projektes ist es, mittels eines systemanalytischen Ansatzes zu überprüfen, inwieweit die N-Verwertungseffizienz im Produktionsprozeß Milch durch Maßnahmen des Pflanzenbaus, der Tierhaltung und –zucht sowie des Managements verbessert werden kann.

In Kapitel 2 wird eine Weidelgras-Weißklee-Weide (*Lolium cynosuroides*), bestehend aus Gräsern, Kräutern und Weißklee, hinsichtlich Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung mittels einer pflanzenbaulichen schichtenspezifischen Methode untersucht. Im 3. Kapitel werden die Untersuchungsergebnisse der gleichen Fragestellung für eine reine Deutsch' Weidelgras-Weide (*Lolium perenne* L.) dargestellt. In beiden Kapiteln wird die tägliche Veränderung der Bestandesparameter Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung dokumentiert sowie das Futteraufnahmeverhalten der Milchkühe untersucht und die Auswirkungen der Stratifikation bzw. Selektion auf die Bestandesparameter und die Qualität des aufgenommenen Futters beschrieben. In Kapitel 4, der zusammenfassenden Diskussion, werden die Themen der vorangegangenen Kapitel miteinander verknüpft, die eingesetzte Methodik wird diskutiert, und die Ergebnisse der vorgestellten Arbeit werden unter Berücksichtigung der Ergebnisse anderer Teilprojekte des „N-Projektes Karkendamm“ eingeordnet. Die Arbeit endet mit einer Zusammenfassung (Kapitel 5).

Literatur

- AARTS, H.F.M., HABEKOTTE, B., HILHORST, G.J., KOSKAMP, G.J., VON DER SCHANKS, S.F.C. & DE VRIES, C.K. (1999) Efficient resource management in dairy farming on sandy soils. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, **47**, 153-167
- ALLISON, C.D. (1985) Factors affecting forage intake by range ruminants: A Review, *Journal Range Management*, **38**, 305-311
- ANGER, M. (2001) Kalkulation der umweltbelastenden Stickstoffverluste auf Dauergrünland und Bewertung des nachhaltigen Stickstoffeinsatzes im Grünlandbetrieb. Habilitationsschrift, Hohe Landwirtschaftliche Fakultät, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- ANONYMUS (1991) Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (OJL375, 31.12.91, pl). European Communities, Brussels
- ANONYMUS (2000) Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
- ANONYMUS (2001) Rinder-Report 2001 – Ergebnisse der Rinderspezialberatung in Schleswig-Holstein. *Betriebswirtschaftliche Mitteilungen*, **554/555**
- ANONYMUS (2002) Mitteilungen der Landwirtschaftskammer Rinderreport 2002. LWK Schleswig-Holstein, *Betriebswirtschaftliche Mitteilungen* **568/03**
- BAILY, D.W. (1995) Daily selection of feeding areas by cattle in homogeneous and heterogeneous environments. *Appl. Animal Behaviour Science*, Vol. **45** (3-4) pp. 183-200
- BENKE, M. (1992) Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzen-Methode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. Dissertation, Universität Kiel
- BETTERIDGE, K., ANDREWES, W.G.K. & SEDCOLE, J.R. (1986) Intake and Excretion of nitrogen, potassium and phosphorus by grazing steers. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* **106**, 393-404
- BEYER, L. & BLUME, H.-P. (1991) Stickstoffeinträge und -austräge von Agrarökosystemen. *Schriftenreihe der Agrarwissenschaftlichen Fakultät Kiel*, **73**, 55-65
- BLASER, R.E. (1982) Integrated pasture and animal management. *Tropical Grassland* **16**, 9-24
- BLATTMANN, W. (1967) Yield and utilized production of our pastures. In: Proc. Of the II. General Meeting of the European Grassland Federation, C.N.R.A. Versailles, pp. 57-66
- BOCKMANN, H.-C. (1996) Messung und Variation der Stickstoffbilanzen von Milchkühen unter praktischen Laufstallbedingungen. Dissertation, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Universität Kiel
- BÜCHTER, M. (2003). Nitratauswaschungen unter Grünland und Silomais in Monokultur auf sandigen Böden Norddeutschlands. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1996) Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen. BGBl I 1996, 118
- BRZEZINSKI, N. (2003) Analysis of the vertical structure of grazed mixed swards. Master Thesis, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- CHACON, E. & STOBBS, T.H. (1976) Influence of progressive Defoliation of a Grass Sward on the Eating Behaviour of Cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, **27**, 709-727
- CLARK, J., KAT, C. & SANTHIRASEGARAM, K. (1974) The dry matter production, botanical composition, *in vitro* digestibility and protein percentage of pasture layers. *Journal British Grassland Society* **29**, 179-184

- CUTTLE, S.P. & BOURNE, P.C. (1993) Uptake and leaching of nitrogen from artificial urine applied to grassland on different dates during the growing season. *Plant and Soil*, **150**, 77-86
- DEENEN, P.J.A.G. & MIDDELKOOP, N. (1992) Effects of cattle dung and urine on nitrogen uptake and yield of perennial ryegrass. *Netherlands J. of Agricultural Sc.*, **40**, 469-482
- DELAGARDE, R., PEYRAUD, J.L., DELABY, L. & FAVERDIN, P. (2000) Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Animal Feed Science and Technology*, **84**, 49-68
- FORBES, J.M., (1995) Voluntary intake and diet selection in farm animals. Wallingford, Oxon: CAB international
- HACKER, J.B. & MINSON, D.J. (1981) The digestibility of plant parts. *Herbage Abstracts*, **51**, 459-481
- HODGSON, J., RODRIGUEZ CAPRILES, J.M. & FENLON, J.S. (1977) The influence of sward characteristics on the herbage intake of grazing calves. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, **89**, 743-750
- HODGSON, J. (1981) Variation in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. *Grass and Forage Science*, **36**, 49-57
- HODGSON, J. (1982) Influence of sward characteristics in diet selection and herbage intake by the grazing animal. In: Hacker, J.M. (ed.): *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*. Farnham Royal, U.K. Commonwealth Agricultural Bureau, 153-166
- HODGSON, J. (1985) The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society*, **44**, 339-346
- HODGSON, J. (1990) *Grazing Management – Science into Practice*. Longman Scientific Technical, New York, pp. 203
- INGWERSEN, B. (2002) Einfluß von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Leistungsfähigkeit von leguminosenbasiertem Dauergrünland unter besonderer Berücksichtigung der Nährstoffbilanzierung. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- JACOBS, J.L., MCKENZIE, F.R. & WARD, G.N. (1999) Changes in the botanical composition and nutritive characteristics of pasture and nutrient selection by dairy cows grazing rainfed pastures in Western Victoria. *Austr. J. of Experimental Agriculture*. **39**: 4, 419-428
- KELM, M. (2004) Strategies for sustainable agriculture with particular regard to productivity and fossil energy use in forage production and organic arable farming. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- LACA, E.A., UNGAR, E.D., SELIGMAN, N. & DEMMENT, M.W. (1992a) Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*, **47**, 91-102
- LACA, E.A., UNGAR, E.D., SELIGMAN, N., RAMEY, M.R. & DEMMENT, M.W. (1992b) An integrated methodology for studying short-term grazing behaviour of cattle. *Grass and Forage Science*, **47**, 81-90
- LANU S.-H. & STEINMANN, F. (2000) Beobachtung der Grundwasserbeschaffenheit in Schleswig-Holstein. Trendmessnetz 1995-2000. Pirwitz, Kiel
- MÄDEL, F. & VOIGTLÄNDER, G. (1975) Die vertikale Verteilung der Trockensubstanz in einigen Grünlandpflanzen und -beständen. *Das wirtschaftseigene Futter* **21**, 280-290
- MAYNE, C.S. & PEYRAUD, J.L. (1996) Recent advances in grassland utilization under grazing and conservation. *Grassland Science in Europe*, **1**, 347-360
- MCGILLOWAY, D.A., CUSHNAHAN, A., LAIDLAW, A.S., MAYNE, C.S. & KILPATRICK, D.J. (1999) The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science*, **54**, 116-126
- MUNF (1999) Gesamtplan Grundwasserschutz in Schleswig-Holstein. Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.)

- OKAJIMA, T., KAMIJOH, T., YOKOTA, H. & OHSHIMA, M. (1996) Relationships between daily herbage allowance and leafiness. *AJAS*, Vol.9, No. 5, 577-582
- PEARSON, C.J. & ISON, R.L. (1997) *Agronomy of Grassland Systems*, 2nd edition. Cambridge University Press.
- PENNING, P.D., PARSONS, A.J., ORR, R.J. & TREACHER, T.T. (1991) Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. *Grass and Forage Science*, **46**, 15-28
- PENNING, P.D., PARSONS, A.J., ORR, R.J. & HOOPER, G.E. (1994) Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. *Grass and Forage Science*, **49**, 476-486
- PEYRAUD, J.L. & GONZÁLEZ-RODRÍGEZ, A. (2000) Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. *Grassl. Science in Europe*, **5**, 269-282
- PULIDO, R. & LEAVER, J.D. (1995) Influence of initial milk yield, sward height and concentrate level on herbage intake and grazing behaviour of dairy cattle. *Ann. Zootech.*, **44**, Suppl. 129
- PULIDO, R.G. & LEAVER, J.D. (2003) Continuous and rotational grazing of dairy cows - the interactions of grazing system with level of milk yield, sward height and concentrate level. *Grass and Forage Science* **58**, 265-275
- RU, Y.J. & FORTUNE, J.A. (2000) Effect of grazing intensity and cultivar on morphology, phenology and nutritive value of subterranean clover. II. Nutritive value during the growing season. *Australian Journal of Agricultural Research*, **51**, 1047-1055
- SANDERSON, M.A., SODER, K.J., BRZEZINSKI, N., MULLER, L.D., SKINNER, R.H., WACHENDORF, M., TAUBE, F. & GOSLEE, S.C. (2004) Plant species diversity influences on forage production and performance of dairy cattle on pasture. *Grassland Science in Europe*, **9**, 632-634
- SCHÜTZ, U. & SCHNYDER, H. (1998) Die räumliche Heterogenität der Futterqualität und des Verzehrs auf einer extensiv bewirtschafteten Umtriebsweide. *Tagungsband der 42. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in Gießen*, 74-79
- SWAIN, D.L. (2000) Sward structural variations and the implications in relation to optimising grazing intake. *Grassland Science in Europe*, **5**, 283-285
- TAUBE, F., WACHENDORF, M., WULFES, R. & GREEF, J.M. (1997) Pflanzenbauliche Strategien zur Reduzierung von Nährstoffüberschüssen in spezialisierten Milchvieh/-Futterbaubetrieben Norddeutschlands. *VDLUFA Schriftenreihe* 46:231-235.
- TAUBE, F. (2000) Die 10.000 Liter Kuh und die "gute fachliche Praxis": Auswirkungen auf die zukünftige Gräserzüchtung. *Tagungsband der 42. Fachtagung des DLG-Ausschusses „Gräser, Klee und Zwischenfrüchte“*, 5-9
- TAUBE, F. & WACHENDORF, M. (2000) The Karkendamm Project: A system approach to optimize nitrogen use efficiency on the dairy farm. *Grassl. Science in Europe*, **5**, 449-451
- TAUBE, F., BRZEZINSKI, N., MULLER, L.D., SANDERSON, M.A., SODER, K.J. & WACHENDORF, M. (2004) The influence of species composition on productivity, forage quality and herbage disappearance of grazed mixed swards. *Grassland Science in Europe*, **9**, 635-637
- TERRY, R.A. & TILLEY, J.M.A. (1964) The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an *in vitro* procedure. *Journal of the British Grassland Society*, **19**, 363-372
- TROTT, H. T. (2003) *Mittelfristige Auswirkungen einer variierten Bewirtschaftungsform und N-Intensität auf Leistungsparameter und die Stickstoffbilanz von Dauergrünland*. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- WACHENDORF, M., BÜCHTER, M., TROTT, H. & TAUBE, F. (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. *Grass and Forage Science*, **59**, 56-68

- WADE, M.H., PEYRAUD, J.L., LEMAIRE, G. & COMERON, E.A. (1989) The dynamics of daily area and depth of grazing and herbage intake of cows in a five day paddock system. XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1111-1112
- WALES, W.J., DOYLE, P.T. & DELLOW, D.W. (1998) Dry matter intake and nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures at different pasture allowances. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **38**, 451-460
- WEISBJERG, M.R. & SØEGAARD, K. (2000) Protein degradability of grass and grass/clover during the grazing season. *Grassland Science in Europe*, **5**, 216-218
- WHITEHEAD, D.C. (1995) *Grassland Nitrogen*. CAB International, Wallingford
- WILLIAMS, P.H. & HAYNES, R.J. (1994) Comparison of initial wetting pattern, nutrient concentrations in soil solution and the face of ¹⁵N labelled urine in sheep and cattle urine patches areas of pasture soil. *Plant and Soil*, **162**, 49-59
- WINKLER, L. & NÖSBERGER, J. (1985) Einfluß der Schnitthäufigkeit und N-Düngung auf die Bestandesstruktur und vertikale Verteilung von Weißklee (*Trifolium repens* L.) in einer Dauerwiese. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau*, **155**, 43-50

Kapitel 2

Futteraufnahme und Futterselektion von Milchkühen auf Umtriebsweiden

I. Pflanzenbauliche Untersuchungen auf Weidelgras- Weißklee-Weiden (*Lolium cynosuretum*)

Herbage disappearance and selection on pastures rotationally
grazed by dairy cows

I. Sward-based investigations on grass-clover pastures (*Lolium cynosuretum*)

Zusammenfassung

Im Rahmen des „N-Projektes Karkendamm“, das sich mit der Steigerung der Ausnutzung von Stickstoff (N) im spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieb beschäftigt, wurden 1997 und 1998 Weideuntersuchungen auf einer Weidelgras-Weißklee-Weide (4-maliger Umtrieb) durchgeführt. Ziel des Versuches war es, unter Anwendung einer rein pflanzenbaulichen Methode, den vertikalen Bestandaufbau hinsichtlich Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung und die Veränderungen im Zeitablauf sowohl während der 5-tägigen Beweidungen als auch im Laufe der Vegetationsperiode zu erheben. Zusätzlich sollte untersucht werden, ob unter der Prämisse eines hohen Futterangebotes mit daraus resultierend hohen Weideresten (40-60%) eine aktive selektive Futteraufnahme der Milchkühe (Holstein Friesian und Red Holstein) quantitativ von der Stratifikation zu trennen ist und ob Effekte einer selektiven Futteraufnahme auf die N-Flüsse im System Boden-Pflanze-Tier mit der verwendeten Methode nachweisbar sind. Zu diesem Zweck wurde ein ausschließlich mit Gülle-N versorgter Weidebestand (Mai 1997 [Mai 1998]: 34% [63%] Gräser (hauptsächlich Deutsches Weidelgras), 64% [33%] Kräuter (ausschließlich Gemeiner Löwenzahn), 2% [4%] Leguminosen (ausschl. Weißklee); Futterangebot: 20 kg Trockenmasse (TM) Kuh⁻¹ Tag⁻¹; Weiderest 40-60%) während eines repräsentativen Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchses in 5 cm mächtigen Schichten beprobt. Zur Erfassung des Zuwachses und der natürlichen Alterung während der Beweidungsphasen wurden zeitgleich ungestörte Teilbestände untersucht.

Die täglichen Veränderungen der Bestandeszusammensetzung in allen Schichten und ihr Beitrag zum Futterangebot konnten mit der verwendeten Methode umfassend dokumentiert werden. Im Beweidungsverlauf nahm als Folge der Stratifikation die unterste Bestandesschicht (5-10 cm über d. Bodenoberfläche) am letzten Beweidungstag zwar Ertragsanteile von über 90% ein, hatte aufgrund des hohen Futterangebotes bzw. der daraus resultierenden hohen Weidereste für die Futteraufnahme jedoch kaum Bedeutung. Die „Futteraufnahme“ wurde indirekt über die tägliche verschwundene Biomasse unter Berücksichtigung des Zuwachses geschätzt. Mit Hilfe statistischer Modelle und mit dem Selektionsindex (n. HODGSON) konnte eine positive Selektion von Löwenzahn und Weißklee gegenüber den Gräsern belegt werden. Die Weidetiere nahmen aufgrund des hohen Futterangebotes bzw. der hohen Weidereste trotz Selektion nur marginal rohproteinreicheres Futter (0,9 Prozentpunkte RP im Mittel der Aufwüchse) und höhere Verdaulichkeiten (0,25 Prozentpunkte VOM) im Vergleich zum angebotenen Futter auf, da sie kaum aus der untersten Bestandesschicht Weidefutter

aufnahmen. Die generell bestehende N-Problematik der Weide wird durch das hohe Futterangebot und daraus resultierende hohe Weidereste kaum zusätzlich verstärkt.

Schlüsselwörter:

Verschwendene Biomasse, Futteraufnahme, Milchkühe, Umtriebsweide, Selektion, Stratifikation, Weißklee, Löwenzahn

Summary

As a subproject of the „N-project Karkendamm“, which deals with the improvement of the nitrogen use efficiency of specialized dairy farms, investigations on a mixed grass-clover pasture (4 grazing cycles per year) were conducted in 1997 and 1998. The objective of the experiment was to record the vertical distribution of the sward in terms of herbage mass, quality and botanical composition and the changes both during five-day grazing periods and within the growing season by using a sward based method. A further aim was to investigate whether, assuming high herbage allowance with resulting high residual biomass (40-60%), active selective herbage intake by the dairy cows (Holstein Friesian and Red Holstein) can be separated from stratification and if any effects of selective herbage intake on the N-fluxes in the soil-plant-animal-system can be demonstrated by the method used. For this purpose a pasture, exclusively N-fertilized by cattle slurry (May 1997 [May 1998]: 34% [63%] grasses (dominated by perennial ryegrass), 64% [33%] herbs (exclusively dandelion), 2% [4%] legumes (exclusively white clover); herbage allowance: 20 kg DM cow⁻¹ day⁻¹; residual biomass 40-60%), was stratified in 5 cm layers during one spring, summer and autumn growth period each year. To record the increment and the natural ageing during the grazing periods, non-grazed swards were investigated simultaneously.

Daily changes of sward composition in all layers and their contribution to herbage allowance could be documented comprehensively by using the sward based method. During the grazing periods, as a result of stratification, the dry matter contribution of the lowest sward layer (5-10 cm above soil surface) increased to a level of more than 90% at the last grazing day, but because of high herbage allowance and resulting high residual biomass its relevance was marginal. Herbage “intake” was estimated indirectly by daily herbage disappearance in consideration of the increment. Via statistical models and the selection index (acc. to HODGSON) it was possible to prove a positive selection of dandelion and white clover

compared to the grasses. As a consequence of this selection the contents of crude protein and digestibility were higher in herbage disappeared than in herbage offered. However, due to high herbage allowance and high residual biomass resp., herbage intake of the grazing animals showed only marginally higher crude protein contents (0.9 percent points CP, mean of grazings) and digestibility (0.25 percent points OMD) in comparison to herbage offered because the dairy cows did not have to graze on the lowest layer. Thus, the general problem of high N-surpluses on pastures is not growing worse by grazing management allowing highest dry matter intake per cow.

Keywords:

Herbage disappearance, herbage intake, dairy cows, rotational grazing, selection, stratification, white clover, dandelion

2.1 Einleitung

Um Weideaufwüchse effizient nutzen zu können, sind Kenntnisse über die vertikale Differenzierung des Futterangebotes und der Futterqualität sowie ihrer Veränderungen im Zeitablauf von entscheidender Bedeutung. Ertrag und Futterqualität von Weidebeständen, aber auch die botanische Zusammensetzung ändern sich sowohl im Laufe der Vegetationsperiode als auch innerhalb einer Beweidungsphase beträchtlich (BLASER, 1982). So können bei Beweidungen, die einen Zeitraum von 2-3 Tagen überschreiten, die Zuwächse beachtliche Größenordnungen erlangen und müssen daher für eine korrekte Leistungserhebung erfaßt werden (VOIGTLÄNDER & VOSS, 1979; LANTINGA, 1985).

Einerseits ändern sich durch die natürliche Entwicklung und Alterung der Pflanzen sowie wechselnde Konkurrenzbeziehungen im Zeitablauf die Bestandesparameter Ertrag, Qualität und botanische Zusammensetzung. Andererseits beeinflußt das Weidetier durch sein Futteraufnahmeverhalten und Tritt sowie durch Exkrementabsonderungen den Pflanzenbestand. Neben diesen Faktoren beeinträchtigen im Vegetationsverlauf auch Witterungseinflüsse und die unterschiedlichen phänologischen Stadien der einzelnen Bestandeskomponenten die Ertrags- und Qualitätsparameter eines Weidebestandes.

Das Freßverhalten von Rindern auf der Weide ist i. d. R. als Stratifikation anzusprechen. Das bedeutet, daß die Tiere die oberste Bestandesschicht verzehren, zu einem späteren Zeitpunkt

zurückkehren und die nächst tiefere Schicht aufnehmen (SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998a). Zusätzlich werden bestimmte Pflanzenteile aktiv selektiert (HODGSON, 1990; SANDERSON et al., 2004). Die verschiedenartige Morphologie der Pflanzenarten erklärt die uneinheitliche Ausprägung der Futterqualität im stehenden Bestand. Somit ändert sich die Futterqualität je nach Bestandeszusammensetzung in der entsprechenden Schicht (TERRY & TILLEY, 1964; STOBBS, 1973; CLARK et al., 1974; HACKER & MINSON, 1981). Neben morphologischen Unterschieden zwischen den Bestandespartnern kommt es durch das beschriebene Futteraufnahmeverhalten zu veränderten Konkurrenzbeziehungen im Pflanzenbestand. Dazu kommen ungleiche Ansprüche an Temperatur, Raum, Licht, Wasser und Nährstoffe zu unterschiedlichen Zeitpunkten, die für die Pflanzenarten zu mehr oder weniger günstigen Wachstumsbedingungen führen. Generell variiert die botanische Zusammensetzung mit der Saison, der Wachstumshöhe und der Bestandesschicht, und diese Veränderungen sind verbunden mit Änderungen der Futterqualität. Dabei ist die Korrelation von Qualitätsparametern, wie zum Beispiel Verdaulichkeit und Rohproteingehalt, mit bestimmten botanischen Komponenten nicht immer eindeutig zu interpretieren, denn auch Saisoneffekte und Reifestadien überlagern das Wachstumsmuster bestimmter Arten (CLARK et al., 1974). Die Unterschiede in der vertikalen Bestandesstruktur sind bei Mischbeständen durch die verschiedenen Pflanzenarten besonders ausgeprägt. Bei geringer N-Intensität weisen Mischbestände mit Weißklee einige Vorzüge gegenüber Gras-Reinbeständen auf: Das Ertragspotential dieser Bestände ist erhöht (INGWERSEN, 2002), so daß die tierische Leistung (Milch/Fleisch) gesteigert werden kann. Ein weiterer Vorteil liegt in der größeren Nutzungselastizität (SÜDEKUM et al., 1990; LEX, 1992; TILLMANN, 1992), da die Qualitätsverschlechterung in Weißklee-Gräser-Beständen wesentlich langsamer verläuft als in reinen Gräserbeständen. Durch die Adaption der verschiedenen Pflanzenarten an unterschiedliche Umweltverhältnisse weisen Mischbestände eine höhere Ertragsstabilität auf, wobei der Weißklee eine entscheidende Rolle einnimmt (EVANS et al., 1995; WILLIAMS et al., 2003).

Eine Weidefläche mit einem hohen Futterangebot/Tier und verschiedenen Mischungspartnern im Bestand ermöglicht den Weidetieren, einzelne Pflanzen bzw. Pflanzenteile (Blätter) selektiv aufzunehmen (HODGSON, 1990). Erleichtert wird die Selektion durch die Existenz großblättriger dicotyler Arten, wie z. B. des Gemeinen Löwenzahns (*Taraxacum officinale* Web.) oder Chicorees (*Cichorium intybus* L.) (TAUBE et al., 2004).

Aufgrund der beschriebenen Veränderungen der Erträge und Futterqualitäten im Zeitablauf, aber auch durch die vertikale Verteilung innerhalb des Pflanzenbestandes, sind Kenntnisse

über die Bestandesarchitektur und ihre Veränderungen über die Zeit von zentraler Bedeutung (MEAK, 2002; TAUBE et al., 2004). Nur so ist eine Vorhersage des Einflusses verschiedener Verbißtiefen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Qualität des aufgenommenen Futters möglich. Darauf ausgerichtet kann ein angepaßtes Weide- und Tiermanagement erfolgen. Dieses sollte darauf abzielen, den Nährstoffbedarf für Wiederkäuer zu decken und gleichzeitig wünschenswerte Erträge und Qualitäten der Bestände zu erhalten (BLASER, 1982).

Methoden zur Erfassung bzw. Schätzung der Futteraufnahme werden häufig

- mit fistulierten Tieren durchgeführt (MILNE et al., 1982; ASTIGARRAGA & PEYRAUD, 1995)
- über die Kot-Stickstoff-Methode geschätzt (HODGSON & WILKINSON, 1968; SCHMIDT et al., 1995; PEYRAUD et al., 1996),
- über die tierische Leistung berechnet (PULIDO & LEAVER, 1995; 2003),
- unter Verwendung von Markern ermittelt (SPÖRNDLY & BURSTEDT, 1995; WADE et al., 1995)
- durch Wiegen vor und nach der Beweidung (PENNING & HOOPER, 1985; PENNING et al., 1994; MAYNE et al., 1997; GIBB et al., 1999) oder
- über die Differenzmethode des Pflanzenbestandes vor Auftrieb abzüglich des Weiderestes berechnet (MEIJS, 1981; WALES et al., 1998; TAUBE et al., 2004).

Es gibt kaum Arbeiten, die mittels einer rein pflanzenbaulichen Methode als Alternative zu tiergebundenen Untersuchungen, welche unter Tierschutzaspekten zunehmend kritisch betrachtet werden, sowohl die Futteraufnahme als auch die vertikale Bestandesveränderung quantifizieren.

Im Rahmen des „N-Projektes Karkendamm“ (TAUBE & WACHENDORF, 2000), das sich mit der Steigerung der Ausnutzung von Stickstoff im spezialisierten Milchvieh/Futterbaubetrieb beschäftigt, wurde die hier vorgestellte Untersuchung während zweier Jahre auf Betriebsflächenniveau durchgeführt. Unter der Prämisse, daß für Hochleistungskühe ein hohes Futterangebot zur Verfügung stand und daraus resultierend hohe Weidereste (40-60%) ermöglicht wurden, war das Ziel der vorliegenden Arbeit die Beantwortung folgender Fragestellungen:

- (1) Wie verändern sich Ertrag und Futterqualität im Beweidungsverlauf hinsichtlich ihrer vertikalen Differenzierung im Bestand?
- (2) Welchen Einfluß übt das Weidetier durch sein Futteraufnahmeverhalten auf die Bestandesparameter (Ertrag, Qualität, botanische Zusammensetzung) aus?

- (3) Ist es möglich, mittels einer rein pflanzenbaulichen Methode die selektive Futteraufnahme von der Stratifikation zu unterscheiden?
- (4) Welchen Einfluß haben unterschiedliche Nutzungstiefen des Weidebestandes auf die aufgenommene Futterqualität und damit auf die potentielle Leistung der Milchkühe?
- (5) Lassen sich die N-Flüsse auf der Weide mittels der verwendeten Methodik quantifizieren?

2.2 Material und Methoden

Standort und Witterung

Der Versuchsstandort liegt auf der schleswig-holsteinischen Geest, der Bodentyp ist ein Treposol (Tiefenumbruchboden) eines ehemaligen podsolierten Gleys, die Bodenart wird als schwach bis stark humoser Sand mit 18-25 Bodenpunkten angesprochen. Bei der untersuchten Fläche handelt es sich um einen mittelsandigen Feinsand mit einem Humusgehalt von 7,3% ($\pm 0,6\%$). Das langjährige Mittel für den Standort liegt bei 824 mm Jahresniederschlag und 8,4°C Jahrestemperatur. Die Witterungsdaten der beiden Versuchsjahre 1997 und 1998 und der jeweiligen Versuchszeiträume zeigt Tab. 1.

Tab. 1: Temperaturmittelwerte und Niederschlagssumme für die Versuchsjahre bzw. für die Versuchszeiträume 1997 und 1998

Means of temperature and sum of rainfall for the whole year and the experimental periods 1997 and 1998

	Temperatur (°C)		Niederschlag (mm)	
	1997	1998	1997	1998
Jahresmittel/-summe	9,2	8,6	786	1098
Versuchszeitraum ¹⁾	16,9	13,8	355	463

¹⁾ 19.5.-24.9.1997 bzw. 10.5.-12.10.1998

Beschreibung des Feldversuchs

Bewirtschaftung der Versuchsfläche

Bei der Versuchsfläche handelt es sich um einen ca. 10 Jahre alten, als Umtriebsweide genutzten Grünlandbestand (*Lolium cynosuretum*, Weidelgras-Weißklee-Weide, WWW). Im Herbst 1995 erfolgte eine Nachsaat mit 3 kg ha⁻¹ Weißklee und 20 kg ha⁻¹ Deutschem

Weidelgras (DW) der Standardmischung G5-Nachsaat (30% frühe, 30% mittlere, 40% späte Sortentypen). Trotz geringer Weißkleeanteile im Frühjahr (Tab. 2) entwickelte sich in den sommerlichen Nachwüchsen ein befriedigender Kleeanteil.

Tab. 2: Botanische Zusammensetzung des Versuchsbestandes (Ertragsanteilschätzung (% d. TM) Mai 1997 und 1998)

Botanical composition of the experimental sward (Visual estimation of species contribution (% of DM) May 1997 and 1998)

1997	Gräser	Kräuter	Leguminosen
	17% Deutsches Weidelgras 10% Wiesenrispe 3% Gemeine Rispe 2% Gemeine Quecke 2% Wiesenlieschgras + Knaulgras + Wiesenfuchsschwanz	64% Gemeiner Löwenzahn + Hornkraut + Vogelmiere + Krauser Ampfer + Gänseblümchen + Wiesenkerbel + Gemeine Kratzdistel + Große Brennessel + Efeublättriger Ehrenpreis + Kriechender Hahnenfuß	2% Weißklee
1998	Gräser	Kräuter	Leguminosen
	33% Deutsches Weidelgras 16% Wiesenrispe 6% Gemeine Rispe 5% Gemeine Quecke 3% Wiesenlieschgras + Knaulgras + Wiesenfuchsschwanz	33% Gemeiner Löwenzahn + Hornkraut + Vogelmiere + Krauser Ampfer + Gänseblümchen + Wiesenkerbel + Gemeine Kratzdistel + Große Brennessel + Efeublättriger Ehrenpreis + Kriechender Hahnenfuß	4% Weißklee

+ in Spuren vorhanden

Vor Versuchsbeginn erhielt die Fläche 1996 zusätzlich zu einer Güllegabe von 20 m³ ha⁻¹ im Frühjahr ca. 100 kg N ha⁻¹ in Form von Kalkammonsalpeter. Während die Gülledüngung in den Versuchsjahren fortgesetzt wurde, erfolgte ab Versuchsbeginn 1997 keine mineralische N-Düngung mehr (Tab. 3). Die Phosphor (P)- und Kalium (K)-Versorgung sowie die Kalkung erfolgte entsprechend der betrieblichen Praxis.

Bestandes- und Weidemanagement

Bei der Bemessung der Weidefläche stand die Zielgröße einer Grundfutteraufnahme von 20 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹ im Vordergrund. Gleichzeitig wurde ein Weiderest von 40-60% angestrebt (Tab. 3), um den Tieren eine ausreichende Selektion zu ermöglichen. Bei der Berechnung der zugeteilten Weidefläche (1997: 2,0 ha; 1998: 1,5 ha) wurde neben dem Ertrag bei Auftrieb und dem prognostizierten Biomassezuwachs während der Beweidungsperiode auch die Herdengröße, die sich aufgrund von Abkalbungen zwischen den Umtrieben änderte,

Tab. 3: Kenngrößen der Bewirtschaftung und Weideleistung, 1997 und 1998

Characteristics of sward management and grazing efficiency, 1997 and 1998

	Aufwuchstyp	1997	1998
Ø Flächengröße (ha)		2,0	1,5
Gülle-Düngung (kg N _{ges} ha ⁻¹ a ⁻¹)		48	90
Großviehweidetage (GWT ha ⁻¹)	Frühjahr	167	204
	Sommer	113	125
	Herbst	133	195
Besatzdichte (GV ha ⁻¹ Tag ⁻¹) #	Frühjahr	33,3	40,7
	Sommer	22,5	25,0
	Herbst	26,6	39,8
Bruttoertrag (dt TM ha ⁻¹)	Frühjahr	29,2	25,2
	Sommer	15,6	17,7
	Herbst	12,2	15,4
Nettoertrag (dt TM ha ⁻¹)	Frühjahr	17,3	14,5
	Sommer	8,7	6,7
	Herbst	3,9	5,9
Futteraufnahme (kg TM GV ⁻¹ Tag ⁻¹)	Frühjahr	24,5	14,8
	Sommer	22,5	19,2
	Herbst	10,5	7,9
Weiderest (% Brutto-TM-Ertrag) bei Abtrieb	Frühjahr	41	42
	Sommer	45	62
	Herbst	68	61
N-Bruttoertrag (kg N ha ⁻¹)	Frühjahr	72,6	68,6
	Sommer	52,4	45,1
	Herbst	41,9	46,5
N-Nettoertrag (kg N ha ⁻¹)	Frühjahr	46,1	39,4
	Sommer	33,8	17,1
	Herbst	18,5	17,9

Ø Besatzdichte für den Zeitraum der 5-tägigen Weideperiode

berücksichtigt. Die Fläche wurde mit Milchvieh der Rassen Holstein Friesian und Red Holstein (je 50%) beweidet (Tab. 4). Während der Melkzeiten konnten die Milchkühe täglich Kraftfutter über Abrufstationen im Stall aufnehmen. Aufgrund geringer Zuwachsraten des Grünlands im Herbst 1997 sowie im Sommer und Herbst 1998 wurde neben dem Weidefutter Grundfutter (20% Mais- und 80% Rotklee-/Gras-Silage) zugefüttert.

Tab 4: Kenndaten der Weidetiere (Mittel aller Tiere) für den Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs 1997 und 1998

Characteristics of the grazing animals (mean of the animals) in spring (F), summer (S) and autumn (H) growths 1997 and 1998

Jahr Aufwuchs	1997			1998		
	F	S	H	F	S	H
Milchleistung (kg Kuh ⁻¹ Tag ⁻¹)	21,0	19,1	24,9	25,9	22,5	25,1
Lebendgewicht (kg Tier ⁻¹)	618	626	618	623	626	622
Konzentratangebot (kg Tier ⁻¹)	4,7	4,5	6,0	6,1	4,5	7,5
Laktationstag bei Weideauftrieb	212	237	147	173	190	151

Feld- und Laborerhebungen

Ertragsermittlung

Die Fläche wurde in beiden Jahren durch 4 Beweidungen mit Milchvieh für jeweils 5 Tage pro Auftrieb beweidet. Von den je 4 Auftrieben wurden jeweils der 1., 3. und 4. Aufwuchs, die einen Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchs repräsentieren, detailliert untersucht (Tab. 3). Die Beprobung erfolgte vor Auftrieb (im folgenden Tag 1) und während der Beweidungsphase (Tage 2–6) täglich am Nachmittag. Angepaßt an die Höhe des Weiderestes wurde die Fläche nach Abtrieb der Milchkühe mit Jungtieren und trockenstehenden Kühen bis zu einem Weiderest von ca. 15-20% nachgeweidet, um anschließend nachgemäht zu werden. Zur Erfassung des Zuwachses während der 5-tägigen Beweidung sowie zur Beobachtung der ungestörten Bestandesentwicklung und -alterung, wurden auf der Weide (W-Fläche) 2 je 200 m² große, repräsentative Teilstücke mit einem Elektrozaun abgetrennt. Um den Weidecharakter des Bestandes zu erhalten, wurden diese ungestörten Flächen (U-Flächen) bei jedem Aufwuchs an anderen Stellen angelegt. Nach jeder Beweidungsperiode wurde der Zaun entfernt, so daß diese Flächen von den nachlaufenden Tieren abgeweidet und dann nachgemäht werden konnten. Die Weide wurde diagonal in 8 repräsentative Teilstücke gegliedert, und in jedem Teilareal wurde täglich eine Probe mit der Größe von 0.25 m² (50 x 50 cm) mit einer Rasenkantenschere 5 cm oberhalb des Bodens geschnitten. Kotstellen und

exkrementbeeinflusste Bestandesareale wurden unter der Annahme, daß die Weidetiere diese Pflanzen nicht verzehren, ausgespart.

Erhebung der vertikalen Bestandesstruktur

Neben der Erfassung der Gesamtbestände auf den W- und U-Flächen in 8-facher Wiederholung wurde im Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchs beider Jahre der Bestand in 5 cm mächtigen Schichten entsprechend folgender Unterteilung beprobt:

Schicht 1:	5 – 10 cm
Schicht 2:	10 – 15 cm
Schicht 3:	15 – 20 cm
Schicht 4:	20 – 25 cm
Schicht 5:	> 25 cm

Diese Schichtenbeprobung erfolgte täglich in 4-facher Wiederholung (1 Probe à 2 Teilstücke) sowohl auf den beweideten als auch auf den ungestörten Flächen. Die Proben wurden umgehend ins Labor transportiert und die Schichtproben zusätzlich in die Artengruppen Gräser, Kräuter und Leguminosen fraktioniert. Nach Trocknung der Proben (18h bei 65°C) wurde das Pflanzenmaterial mit einer Labormühle (Tecator, 1mm Sieb) vermahlen.

Qualitätsuntersuchungen

Die Rohprotein (RP)-Gehalte und Verdaulichkeiten der organischen Masse (VOM) wurden mittels der Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) unter Nutzung eines NIRS-Gerätes 5000 (Fa. Perstorp Analytical) und der Software NIRS 2 der Fa. Infrasoftware International (ISI, Port Matilda, PA, USA) geschätzt. Die zugrunde liegende Kalibration (Standardfehler der Kalibration SEC=1,1% RP i. d. TM; $r^2=0,98$) wurde unter Nutzung von Probenmaterial aus zahlreichen Grünlandversuchen über mehrere Jahre hinweg entwickelt. Der Rohprotein-Gehalt der im Kalibrationsprozeß ausgewählten Referenzproben wurde über eine Gesamtstickstoffgehaltsbestimmung nach KJELDAHL ermittelt (NAUMANN & BASSLER, 1976), die Verdaulichkeitsbestimmung erfolgte nach FRIEDEL & POPPE (1990) (Standardfehler der Kalibration SEC=1,8% Verdaulichkeit d. OM; $r^2=0,95$).

Berechnung der „Futteraufnahme“ und des Selektionsindex

Die „Futteraufnahme“ wurde in der vorliegenden Arbeit indirekt über die Bestimmung der verschwundenen Pflanzenmasse erhoben und stellt somit nur einen Schätzwert dar. Dennoch

wird der Begriff „aufgenommenes Futter“ verwendet und angenommen, daß der Schätzwert ein Indikator für die tatsächliche Futteraufnahme ist.

Unter Berücksichtigung der vertikalen Verteilung der Biomasse im Bestand, der Daten aus der Artenfraktionierung sowie der Daten der ungestörten Bestände ist es möglich, das sich täglich verändernde Futterangebot und die „Futteraufnahme“ sowie die sich verändernde botanische Zusammensetzung quantitativ zu beschreiben:

$$FA = (EW_n - EW_{n+1}) + 0,5 * Z_U (EU_n - EU_{n-1})$$

mit

FA = Futteraufnahme

EW = TM-Ertrag Weide (dt ha⁻¹)

Z_U = Zuwachs ungestörte Fläche (dt ha⁻¹)

EU = TM-Ertrag ungestörte Fläche (dt ha⁻¹)

Hierfür wurde die Veränderung der TM-Erträge auf der Weide von Tag zu Tag berechnet und der auf den ungestörten Teilflächen ermittelte Zuwachs von Tag zu Tag addiert. Aufgrund der zunehmenden Heterogenität des Weidebestandes wurden an einigen Beprobungsstellen nach der Beweidung höhere Trockenmassen als vor der Beweidung gemessen. In diesen Fällen wurden über die Differenzbildung „negative“ Futteraufnahmen bzw. Zuwächse berechnet, die gleich Null gesetzt wurden (BRENNER, 2001). Bei der Zuwachsermittlung wurde durch den Faktor 0,5 in Anlehnung an LANTINGA (1985) die Reduktion der Zuwachsraten aufgrund der Abnahme der photosynthetisch aktiven Blattfläche während der Beweidung berücksichtigt. Bezogen auf die Anzahl der Weidetiere unter Berücksichtigung der Tiergewichte ergeben sich daraus das Futterangebot und die „Futteraufnahme“ pro Großvieheinheit (GV) und Tag. Während die quantitative „Futteraufnahme“ (Tab. 3) auf der Basis der Gesamtbestände berechnet wurde, sind die Schichtproben, die einer teilweise zeitaufwendigen Fraktionierung unterlagen, für die prozentuale Veränderung der einzelnen Bestandesschichten und Pflanzenarten am Futterangebot, und damit für die Änderung der botanischen Zusammensetzung und der Qualität des „aufgenommenen Futters“, relevant (Tab. 5).

Diese Berechnung zur „Futteraufnahme“ wurde für die TM-Erträge und Qualitätsparameter des Gesamtbestandes sowie für die einzelnen Fraktionen durchgeführt. Das selektive Freßverhalten wird anhand des Selektionsindex (SI) nach HODGSON (1990) dargestellt. Dieser wird als Quotient aus dem prozentualen Anteil einer Fraktion im aufgenommenen

Futter und dem Anteil derselben Fraktion im angebotenen Bestand berechnet. Werte >1 beschreiben eine positive Selektion, ein Wert von 1 bedeutet keine Selektion und Werte <1 kennzeichnen eine aktive Vermeidung der jeweiligen Fraktion durch das Weidetier.

Tab. 5: Futterangebot und „Futteraufnahme“ auf Basis TM (kg GV⁻¹ Tag⁻¹), RP (% d. TM) und VOM (%) für die Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwüchse (A) im Mittel der 5 Beweidungstage, 1997 und 1998

Herbage offered (Angebot) and herbage disappeared („Aufnahme“) for DM (kg LU⁻¹ day⁻¹), CP (% DM) and OMD (%) in spring (F), summer (S) and autumn (H) growth (A), mean of 5 grazing days, 1997 and 1998

A	TM (kg GV ⁻¹ Tag ⁻¹)		RP (% d. TM)		VOM (%)	
	Angebot	„Aufnahme“	Angebot	„Aufnahme“	Angebot	„Aufnahme“
F 1997	62,4	24,7	14,6	14,5	78,2	78,2
F 1998	49,1	11,0	15,3	15,7	78,2	78,4
S 1997	59,6	26,8	18,3	17,7	77,7	77,5
S 1998	57,3	15,7	15,5	16,3	79,7	79,4
H 1997	35,9	9,8	19,9	20,4	81,2	81,1
H 1998	31,9	6,6	19,1	21,0	79,4	79,7

Statistische Auswertung

Die statistische Verrechnung der Ertrags- und Qualitätsdaten erfolgte mit der Prozedur MIXED im Programmpaket SAS V. 8.3 (SAS, 2001). Dargestellt werden in den Abbildungen die in der Varianzanalyse mit den Faktoren Aufwuchstyp (A: Frühjahr, Sommer, Herbst), Nutzungsregime (R: beweidet, ungestört) und Zeit (T: Tag 1 = Tag vor Auftrieb bis Tag 6 = 5. Beweidungstag) berechneten Mittelwerte (LSMEANS). Bei unterschiedlichen Standardfehlern der LSMEANS werden die größeren Werte angegeben. Für die statistische Verrechnung wurde die Weide in 2 Blöcke geteilt (Block 1: Teilstücke 1-4, Block 2: Teilstücke 5-8). Die Verrechnung des Selektionsindex erfolgte anhand einer Varianzanalyse mit den Faktoren Jahr (1997, 1998), Fraktion (Gras, Kraut, Klee) und Aufwuchstyp. Die Darstellung der Ertragsanteile der einzelnen Fraktionen beruht auf den Ergebnissen von Kovarianzanalysen mit den Faktoren Aufwuchstyp, Nutzungsregime und Beweidungstag (Zeit), welcher in diesem Modell als Regressor diente. Dabei konnten zu diesen LSMEANS keine Standardfehler angegeben werden, da die Modellierung wegen Varianzheterogenität auf der Logit-Skala erfolgte, und die hierbei ausgewiesenen Standardfehler nicht auf die Normalskala zurücktransformiert werden können. Die zunehmende Heterogenität des Weidebestandes ab dem 2. Beweidungstag wurde in den Modellen durch die Spezifizierung

unterschiedlicher Kovarianzstrukturen (vgroup statement) für die Tage (T) 1 bis 2 bzw. T >2 berücksichtigt. Zugrunde gelegt wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%.

2.3 Ergebnisse

Veränderung des Bestandes während der Beweidung

Während in den ungestörten Kontrollbeständen in allen Untersuchungszeiträumen Zuwächse zu verzeichnen sind, nimmt die Biomasse der beweideten Bestände generell ab (Abb. 1). Die

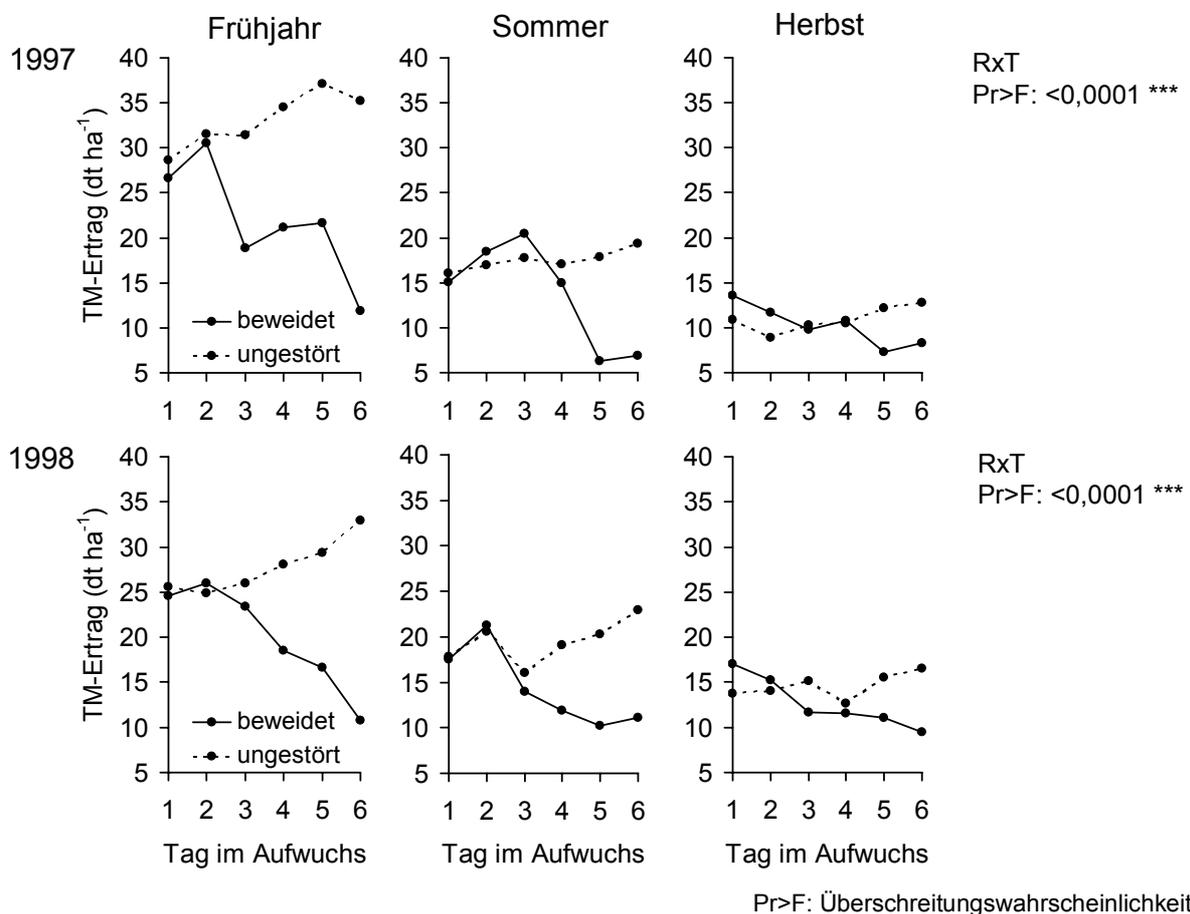


Abb. 1: Entwicklung der Trockenmasse (TM)-Erträge (dt ha⁻¹) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 (S.E. ≤1,51) und 1998 (S.E. ≤1,53) (s. Tab. A2)

Changes of dry matter (DM) yields (dt ha⁻¹) depending on the interaction defoliation (R) (grazed, non-grazed) x time (T) (day within growth period) of tested growths 1997 (S.E. ≤1,51) and 1998 (S.E. ≤1,53) (see table A2)

mittleren Abnahmeraten liegen hierbei in den Frühlingsaufwüchsen (1997: 2,5; 1998: 2,3 dt ha⁻¹ Tag⁻¹) deutlich höher als in den Sommer- und Herbstaufwüchsen (0,9 bis 1,4 dt ha⁻¹ Tag⁻¹). In beiden Versuchsjahren nimmt das Ertragsniveau bei Auftrieb über die Vegetationsperiode ab. Die Übereinstimmung der Erträge beider Nutzungsregime zu Beginn der Weideperioden ist - als eine wesentliche Voraussetzung für sämtliche weitere Auswertungen - in allen Aufwüchsen gewährleistet. Ausgehend von einem vergleichbaren Startniveau nehmen die RP-Gehalte beider Nutzungsregime während der Beweidungsphase grundsätzlich ab. Eine Ausnahme bilden hier lediglich die ungestörten Flächen im Herbst (Abb. 2). Diese relativ ertragsschwachen Aufwüchse weisen gleichzeitig das höchste RP-Niveau auf. Die mittleren täglichen RP-Abnahmeraten der beweideten Bestände weisen im

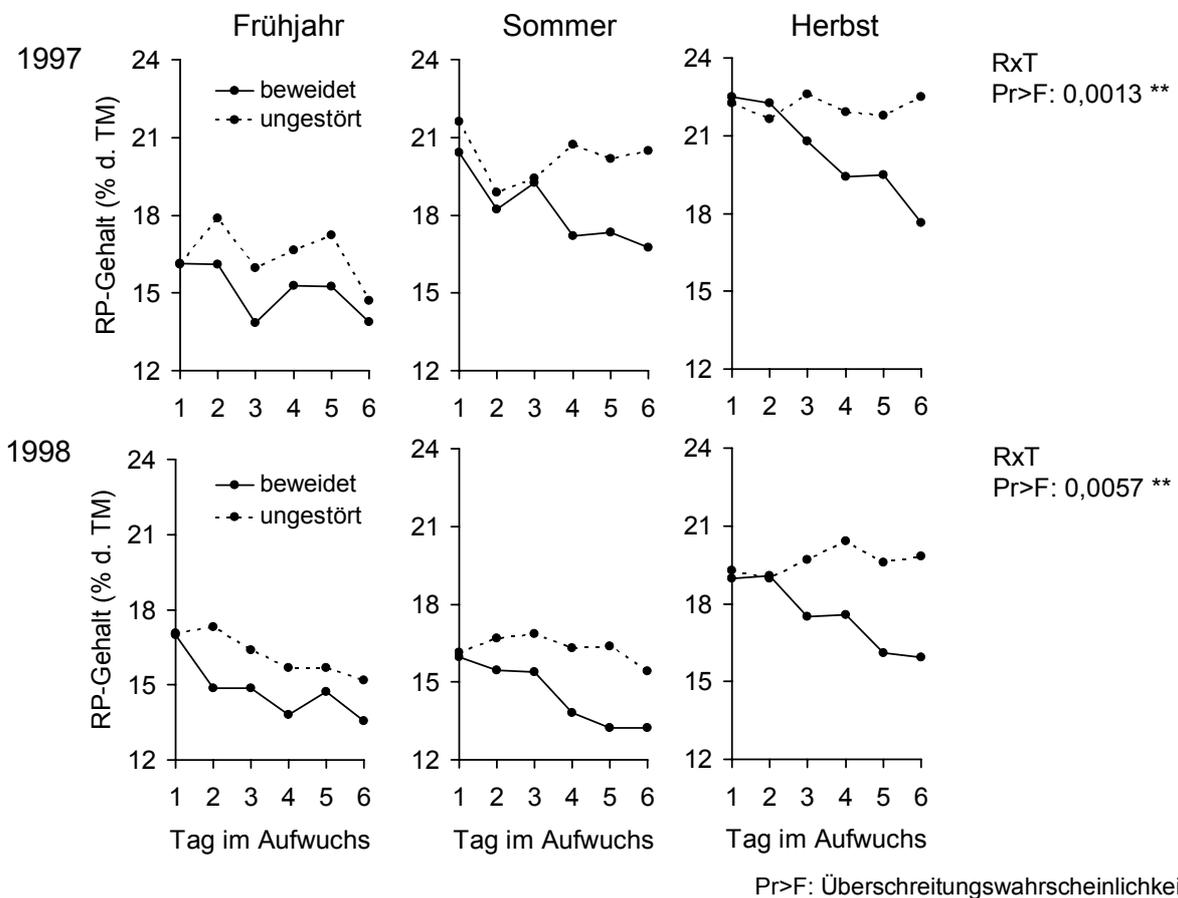


Abb. 2: Entwicklung der Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 (S.E. $\leq 0,65$) und 1998 (S.E. $\leq 0,61$) (s. Tab. A2)

Changes of crude protein content (CP) (% of DM) depending on the interaction defoliation (R) (grazed, non-grazed) x time (T) (day within growth period) of tested growths 1997 (S.E. $\leq 0,65$) and 1998 (S.E. $\leq 0,61$) (see table A2)

Herbst 1997 mit 0,8 Prozentpunkten (%pkt) die höchsten und im Frühjahr desselben Jahres mit 0,4 %pkt die geringsten Werte auf, wohingegen sie im Frühjahr des zweiten Versuchsjahres leicht über denen des Herbst- und Sommeraufwuchses liegen (0,6 bzw. 0,5 und 0,45 %pkt RP d. TM).

Auch die Verdaulichkeiten der organischen Masse nehmen auf den W-Flächen während der Beweidungsperioden generell ab (Abb. 3). Die mittleren täglichen Abnahmen sind in den Frühlarsaufwüchsen beider Jahre mit 0,9 (1997) bzw. 0,5 %pkt VOM (1998) am höchsten. Die geringste mittlere Abnahme wurde 1997 mit 0,4 %pkt VOM im Sommer- bzw. 1998 mit 0,1 %pkt im Herbstaufwuchs gemessen. Auf den U-Flächen steigen die Verdaulichkeiten im Sommer- und Herbstaufwuchs 1997 leicht an, während sie in allen übrigen Aufwüchsen abnehmen.

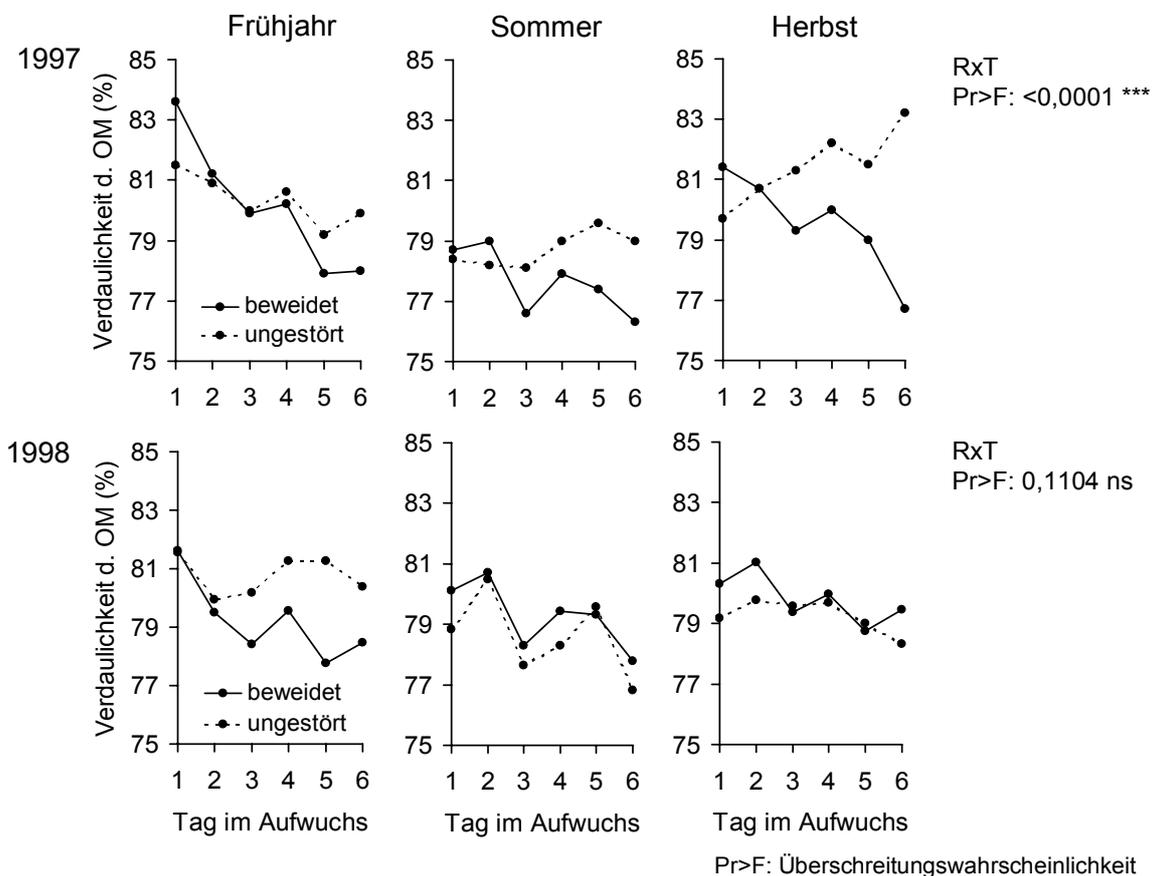


Abb. 3: Entwicklung der Verdaulichkeiten d. OM (%) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 (S.E. $\leq 0,69$) und 1998 (S.E. $\leq 0,65$) (s. Tab. A2)

Changes of OMD (%) depending on the interaction defoliation (R) (grazed, non-grazed) x time (T) (day within growth period) of tested growths 1997 (S.E. $\leq 0,69$) and 1998 (S.E. $\leq 0,65$) (see table A2)

Die Heterogenität der Entwicklung der Ertragsanteile für die Fraktionen Gras, Kraut und Klee in den einzelnen Bestandesschichten sowohl zwischen den Aufwüchsen als auch zwischen den Jahren verdeutlicht Abb. 4. Dennoch zeigen alle Aufwüchse in bezug auf die Entwicklung der Ertragsanteile einzelner Bestandesschichten bzw. ihrer Fraktionen am Gesamtbestand sowie der Futterqualitätsparameter im Beweidungsverlauf prinzipiell ein ähnliches Muster (Tab. A4-A13). Die schichtenspezifische Betrachtung konzentriert sich aus folgenden Gründen auf den Sommeraufwuchs 1998: In beiden Frühjahrswüchsen waren die Weißkleeanteile gering (Tab. 2), dagegen waren sie in den Sommeraufwüchsen mit ca. 35% (1997) bzw. 22% (1998) bei Beweidungsbeginn so hoch, daß für die Kühe eine selektive Futteraufnahme dieser Fraktion möglich war, welche auch methodisch nachweisbar war. Ferner wurde in den Herbstaufwüchsen beider Jahre Grundfutter zugefüttert, daher wird aufgrund des Datenumfangs im folgenden der Sommeraufwuchs 1998 exemplarisch dargestellt.

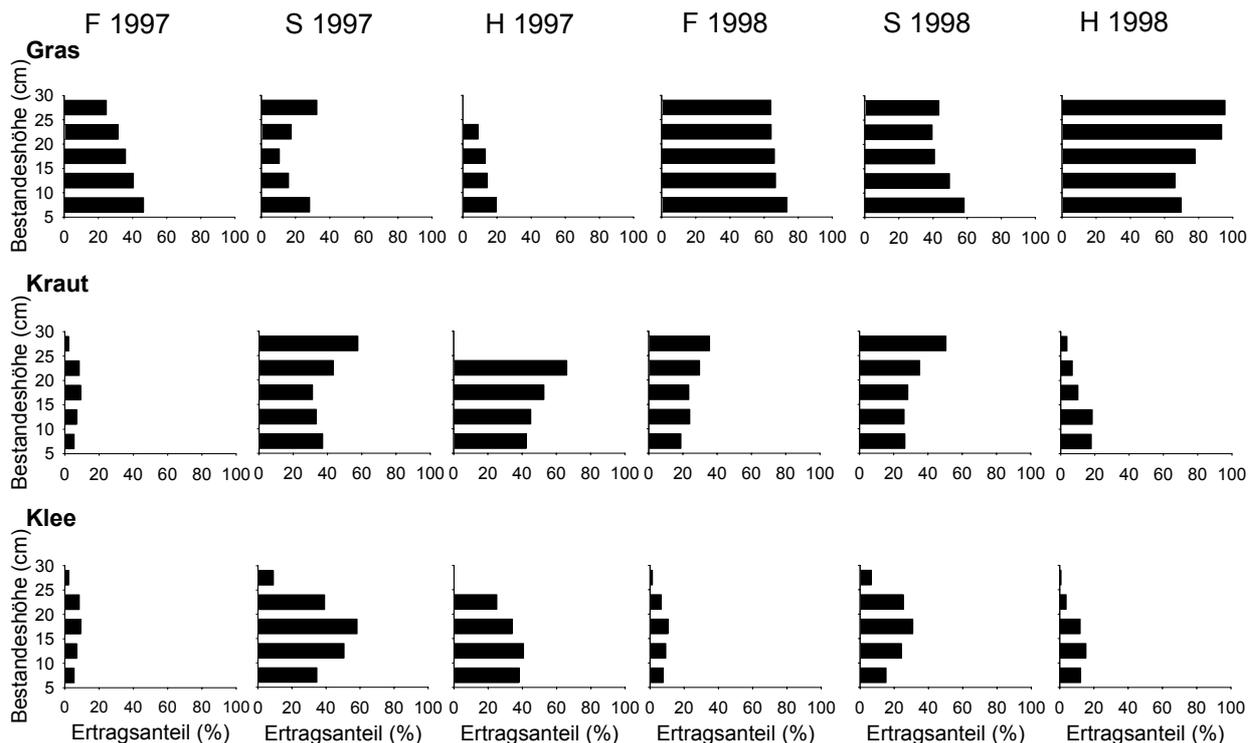


Abb. 4: Ertragsanteile (% d. TM) der einzelnen Bestandesschichten für die Fraktionen Gras (oben), Kraut (Mitte) und Klee (unten) der ungestörten Bestände im Mittel der 6 Versuchstage in den Frühjahr (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwüchsen, 1997 und 1998

Contribution (% of DM) of grass (top), herbs (mid) and clover (bottom) in single layers of the non-grazed swards, mean of 6 days in spring (F), summer (S) and autumn (H) growths, 1997 and 1998

Als Resultat des von oben nach unten fortschreitenden Verbisses des Bestandes nimmt der Anteil der untersten Bestandesschicht (5-10 cm oberhalb der Bodenoberfläche) im Verlauf der Beweidung stetig zu, bis er am Ende der 5-tägigen Weideperiode auf fast 90% des angebotenen Weidefutters ansteigt (Abb. 5). Das bedeutet, daß die Weidetiere diese Bestandesschicht kaum nutzen. Komplementär zur Entwicklung der untersten Bestandesschicht nehmen die anderen 4 Schichten während der 5-tägigen Beweidung stark ab oder werden sogar vollständig verzehrt (z.B. Schicht 5 ab dem fünften Tag). Im ungestörten Kontrollbestand entwickeln sich die Ertragsanteile der einzelnen Bestandesschichten zwar gleichgerichtet, der Betrag der Zu- bzw. Abnahme ist mit wenigen Prozenten allerdings zu vernachlässigen.

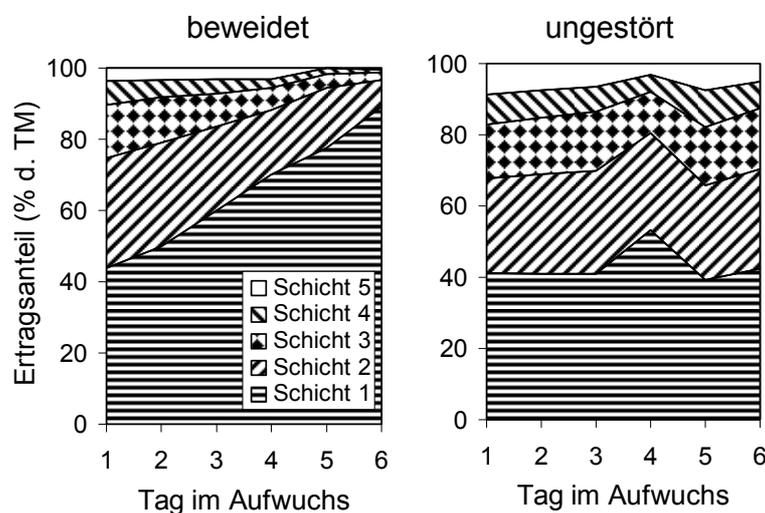


Abb. 5: Entwicklung der Ertragsanteile (% d. TM) der einzelnen Schichten am beweideten und ungestörten Bestand im Sommeraufwuchs 1998

Changes of contribution (% of DM) of single layers in summer 1998 of the grazed (left) and non-grazed swards (right)

Ausgehend von einem vergleichbaren Niveau zu Beginn der Weideperiode nimmt auf der beweideten Fläche der Ertragsanteil der Gräser in allen Bestandesschichten zu, während er in sämtlichen Schichten des Kontrollbestandes abnimmt (Abb. 6). Die Ertragsanteile der Kraut- und Kleefraktion liegen auf der beweideten Fläche generell unter denen der ungestörten Flächen und nehmen im Zuge der Beweidung in allen Schichten ab. Während der Beitrag der Gräser zum Ertrag von der Bestandesbasis zur obersten Schicht abnimmt, weisen die Krautanteile eine entgegengesetzte vertikale Verteilung auf. Die Biomasse des relativ niedrig wachsenden Weißklee ist hauptsächlich in Strata 2 bis 4 lokalisiert, während dieser in

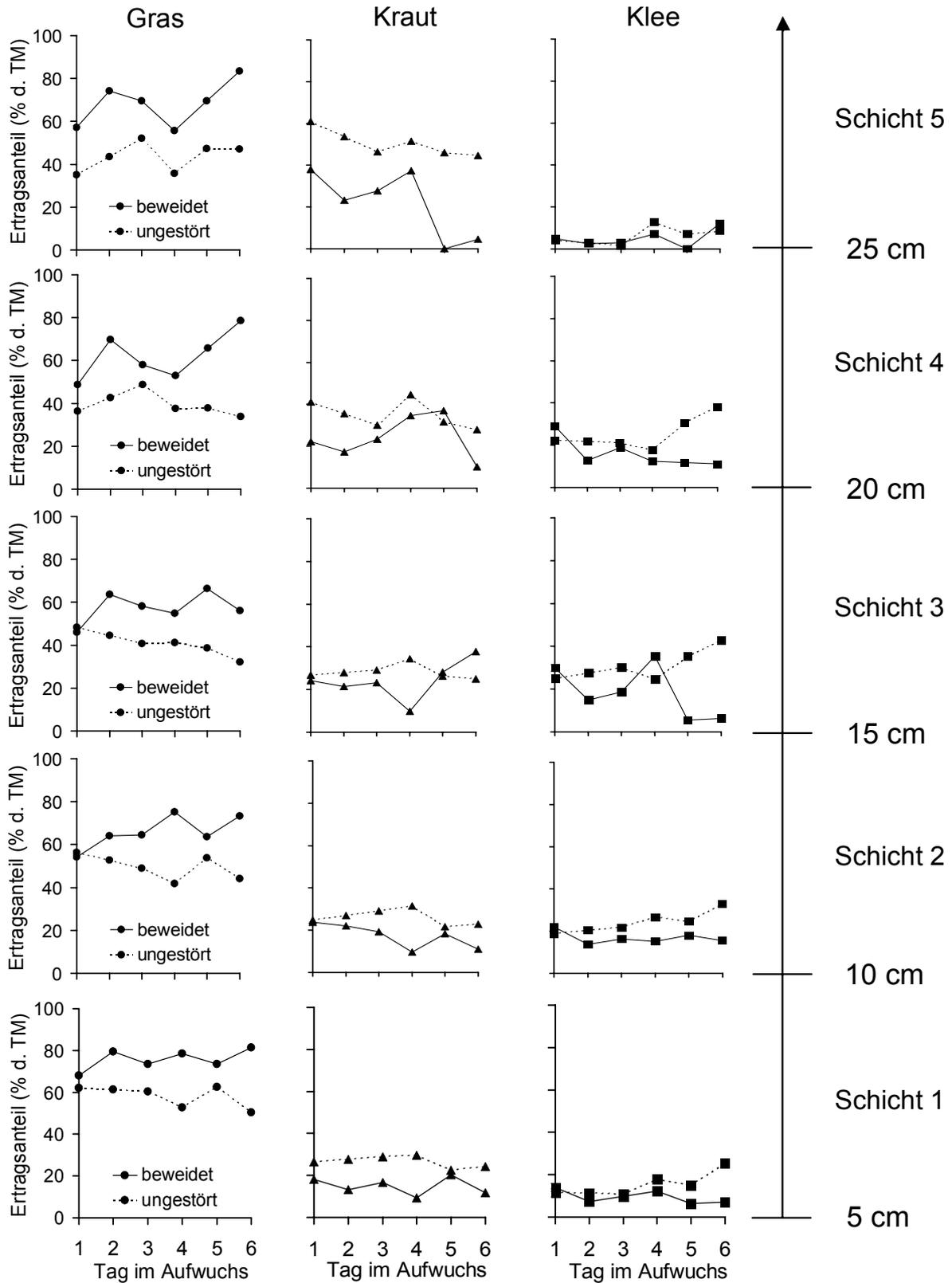


Abb. 6: Entwicklung der Gras-, Kraut- und Klee-Ertragsanteile (% d. TM) in den 5 Schichten des Sommeraufwuchses des beweideten und ungestörten Bestandes (1998)

Changes of contribution of grass (left), herbs (mid) and clover (right) (% of DM) in 5 layers of the grazed (beweidet) and non-grazed (ungestört) sward (summer 1998)

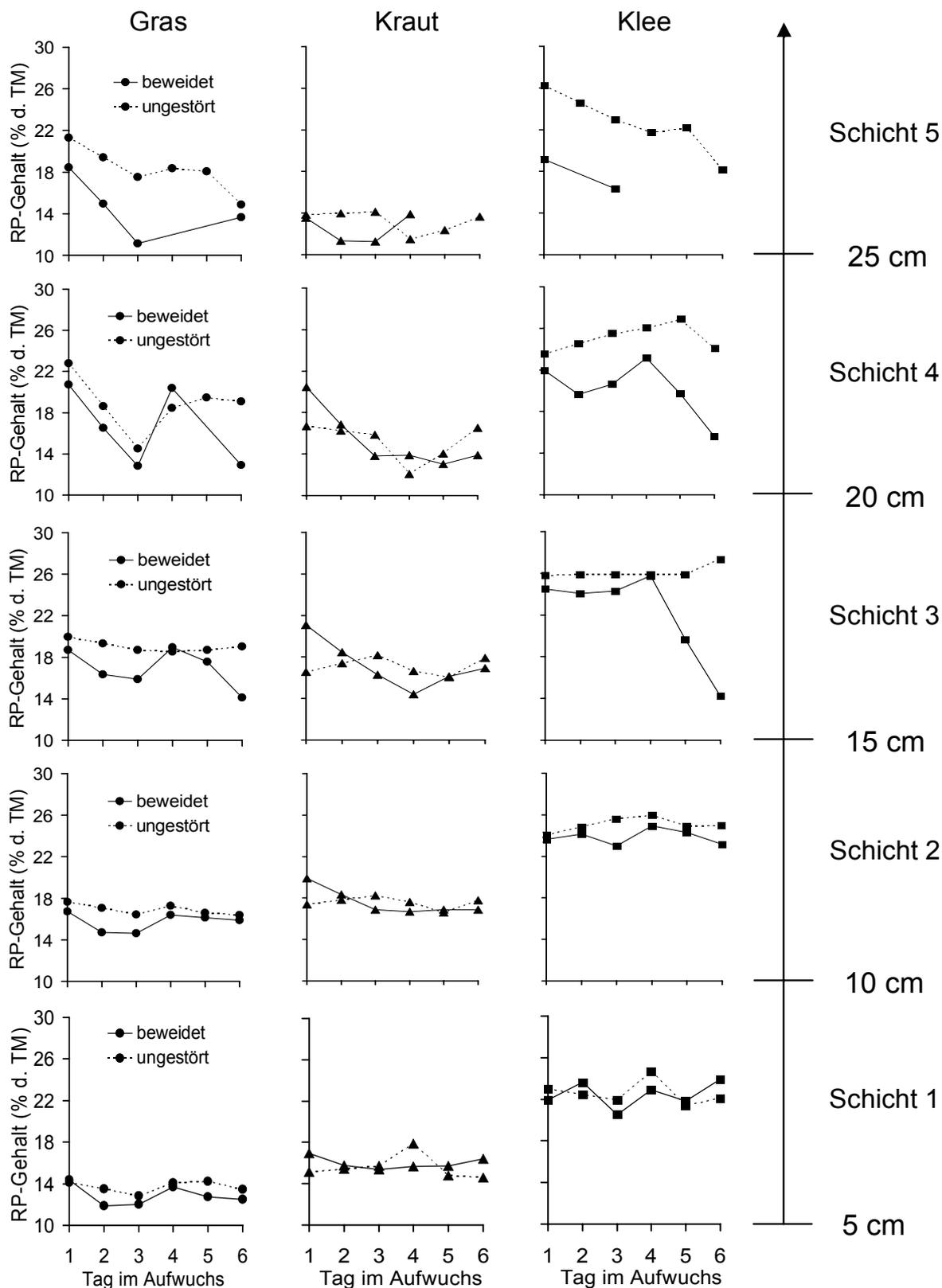


Abb. 7: Rohprotein (RP)-Gehalt (% d. TM) von Gras, Kraut und Klee in den 5 Schichten des Sommeraufwuchses des beweideten und ungestörten Bestandes (1998)

Changes of crude protein content (% of DM) of grass (left), herbs (mid) and clover (right) in 5 layers of the grazed (beweidet) and non-grazed (ungestört) sward (summer 1998)

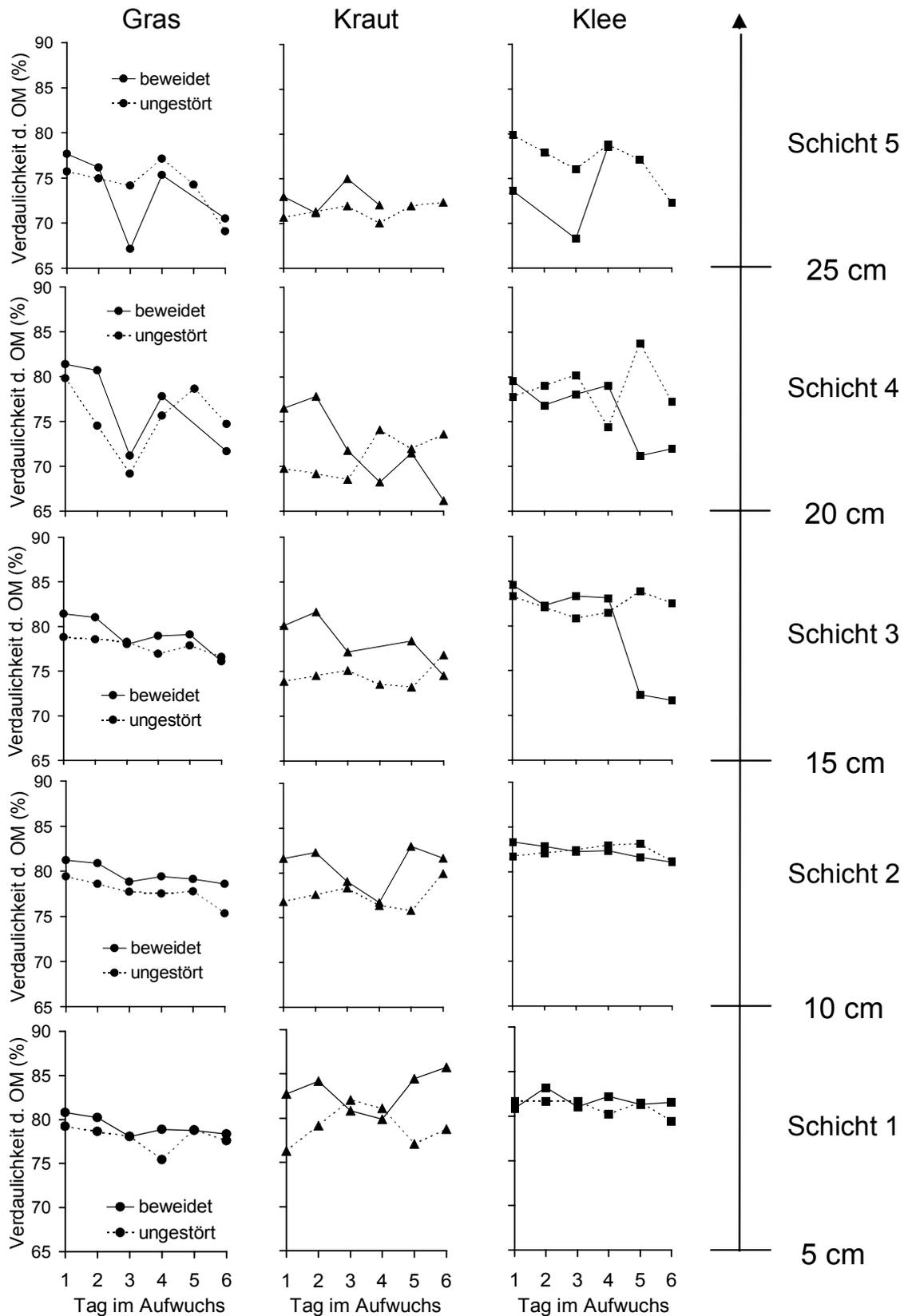


Abb. 8: Verdaulichkeit d. OM (%) von Gras, Kraut und Klee in den 5 Schichten des Sommeraufwuchses des beweideten und ungestörten Bestandes (1998)

Changes of OMD (%) of grass (left), herbs (mid) and clover (right) in 5 layers of the grazed (beweidet) and non-grazed (ungestört) sward (summer 1998)

Bestandeshöhen oberhalb 25 cm bzw. unter 10 cm kaum zu finden ist. Unabhängig von der Pflanzenart und der Bestandesschicht wurde für den Weidebestand überwiegend ein geringerer RP-Gehalt gemessen als für die ungestörten Flächen (Abb. 7). Der Weißklee weist in allen Bestandesschichten die höchsten RP-Gehalte auf. Bemerkenswert in der sommerlichen Weideperiode ist ein ausgeprägter Abfall der Gehalte vom dritten zum letzten Tag, insbesondere in den Bestandesschichten 3 und 4, in denen der größte Teil der Kleebiomasse (Petiolen, Blätter, Blüten) inseriert ist. Der RP-Gehalt des Krautes nimmt während der Beweidung hauptsächlich in den mittleren Bestandesschichten der Weide ab. Die Werte der Kontrollfläche verändern sich im Zeitablauf dagegen kaum. Die Verdaulichkeiten der einzelnen Bestandesschichten zeigen keinen eindeutigen Verlauf, das Gesamtniveau schwankt von wenigen Ausnahmen abgesehen zwischen 75% und 85% VOM (Abb. 8). Bei den Gräsern und beim Kraut liegen die Verdaulichkeiten der W-Flächen meist über denen der U-Flächen, dagegen ist die Entwicklung beim Weißklee uneinheitlich. Die höchsten VOM wurden in allen Bestandesschichten für den Klee gemessen. In den oberen Bestandesschichten 3-5 weisen die Verdaulichkeiten des Krautes die geringsten Werte auf, während es im Bestandesbereich von 5-15 cm die Verdaulichkeiten des Grases sind. Die Veränderungen auf den U-Flächen im Zeitablauf sind, unabhängig von Pflanzenart und Bestandesschicht, im allgemeinen geringer ausgeprägt als auf den W-Flächen.

Futteraufnahme und Selektion

Mit der Zielsetzung, allgemeingültige Aussagen hinsichtlich der präferentiellen Aufnahme einzelner Pflanzenarten bzw. -gruppen aus den Daten der Weidelgras-Weißklee-Weide ableiten zu können, wurden die Daten der Fraktionsanteile aller Aufwüchse, Nutzungsregime und Weidetage einer multifaktoriellen Kovarianzanalyse unterzogen (Tab. A14). Hierbei dient der Beweidungstag als Regressor, wodurch trotz der beträchtlichen Tag-zu-Tag-Variation schließlich wird bei der Generierung der Daten aus dem räumlichen Nebeneinander auf ein zeitliches Nacheinander geschlossen - statistisch abgesicherte Trends über die Zeit identifiziert werden können.

Die Ertragsanteile des Grases auf der W-Fläche liegen überwiegend über denen der U-Flächen (Abb. 9). Im Falle des Grases (sowie der beiden anderen Fraktionen) bildet der Herbstaufwuchs 1998 mit einer umgekehrten Reihung der Varianten eine Ausnahme. Allerdings sind die Daten der Herbstaufwüchse, bedingt durch den sehr geringen Ertrag bei Auftrieb, mit einer relativ großen Streuung behaftet. Für die Gesamtleistung der Weide sind

sie außerdem aufgrund geringer Zuwachsraten und der in diesem Zeitraum üblichen Zufütterung von nachgeordneter Bedeutung. Die im Vergleich zur Kontrolle im Verlauf der Beweidung zunehmenden Grasanteile können als Indiz für eine Vermeidung (=negative Selektion) dieser Artengruppe durch die Weidetiere interpretiert werden (Interaktion Nutzungsregime x Zeit). Diese Effekte sind zwar für das 2. Versuchsjahr, bei mittleren Ertragsanteilen des Grases von ca. 71% gegenüber 50% (1997), statistisch nicht gesichert, zeigen aber tendenziell denselben Verlauf.

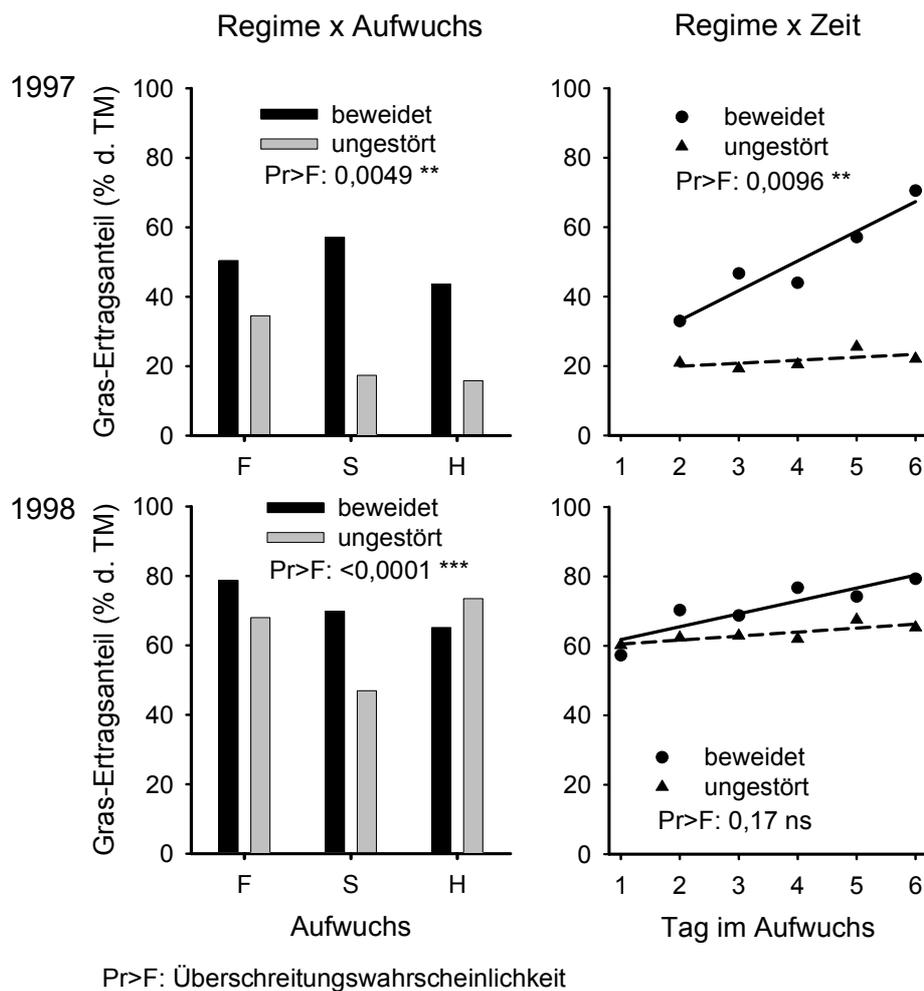


Abb. 9: Einfluß von Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört), Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs) und Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) auf die Ertragsanteile des Grases (% d. TM) der beweideten und ungestörten Flächen (1997 und 1998). Dargestellt sind die Interaktionen RxA und RxT (s. Tab. A14)

Effects of defoliation (R) (grazed, non-grazed), growth period (A) (spring (F), summer (S) and autumn (H)) and time (T) (day within growth period) on the contribution of grass (% of DM) of the grazed and non-grazed swards (1997 and 1998). Shown are the interactions RxA (left) and RxT (right) (see table A14)

Anders als beim Gras sind die Ertragsanteile der Krautfraktion auf den ungestörten Flächen höher als auf der Weide (Abb. 10). Während die Anteile auf der W-Fläche in beiden Versuchsjahren abnehmen, sind die Verläufe in den Kontrollbeständen uneinheitlicher (Wechselwirkung Nutzungsregime x Zeit 1998 nicht gesichert). Der Krautanteil der Bestände liegt im 2. Versuchsjahr mit 18% deutlich unter dem von 1997 (32%).

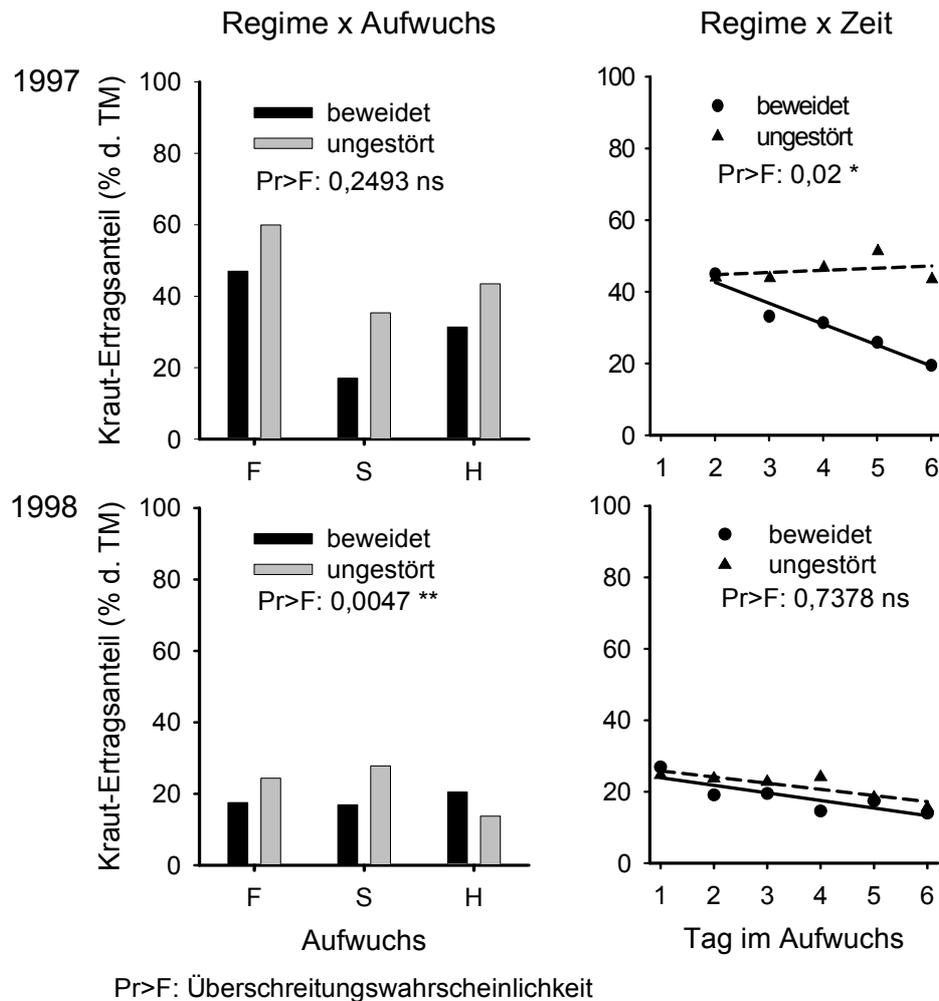


Abb. 10: Einfluß von Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört), Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs) und Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) auf die Ertragsanteile des Krautes (% d. TM) der beweideten und ungestörten Flächen (1997 und 1998). Dargestellt sind die Interaktionen RxA und RxT (s. Tab. A14)

Effects of defoliation (R) (grazed, non-grazed), growth period (A) (spring (F), summer (S) and autumn (H)) and time (T) (day within growth period) on the contribution of herbs (% of DM) of the grazed and non-grazed swards (1997 and 1998). Shown are the interactions RxA (left) and RxT (right) (see table A14)

Der Weißklee weist ähnlich wie die Krautfraktion auf der W-Fläche im allgemeinen geringere Ertragsanteile als auf den Kontrollflächen auf (Ausnahme: Herbst 1998), welche im Frühjahr beider Versuchsjahre auf einem sehr niedrigen Niveau liegen (Abb. 11). Die zeitliche

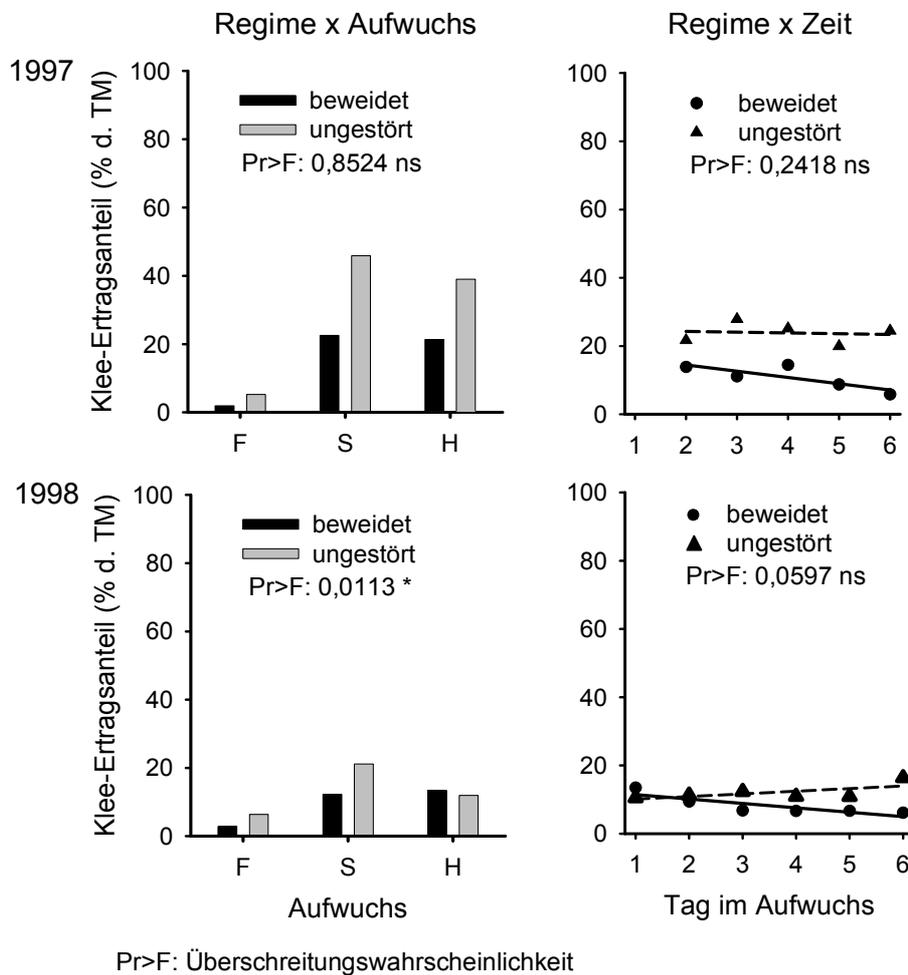


Abb. 11: Einfluß von Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört), Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs) und Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) auf die Ertragsanteile des Weißkleees (% d. TM) der beweideten und ungestörten Flächen (1997 und 1998). Dargestellt sind die Interaktionen $R \times A$ und $R \times T$ (s. Tab. A14)

Effects of defoliation (R) (grazed, non-grazed), growth period (A) (spring (F), summer (S) and autumn (H)) and time (T) (day within growth period) on the contribution of white clover (% of DM) of the grazed and non-grazed swards (1997 and 1998). Shown are the interactions $R \times A$ (left) and $R \times T$ (right) (see table A14)

Veränderung der Weißkleeanteile während der Beweidung ähnelt in beiden Bestandestypen der des Krautes, wenngleich die Interaktion Nutzungsregime x Zeit in beiden Jahren nicht abgesichert ist. Insgesamt sind die Ertragsanteile im zweiten Versuchsjahr auf der W-Fläche mit durchschnittlich 8% Klee deutlich geringer als 1997 (15%). Die geringeren Ertragsanteile von Kraut und Klee auf der Weide bzw. die Abnahme dieser Fraktionen im

Beweidungsverlauf und deren Konstanz oder Zunahme auf den ungestörten Flächen, kann als positive Selektion dieser Fraktionen gewertet werden.

Der aus den TM-Ertragsdaten des ersten und letzten Beweidungstages abgeleitete Selektionsindex (Abb. 12) belegt ein selektives Futteraufnahmeverhalten der Weidetiere. Auf die Darstellung des Herbstaufwuchses 1997 wurde wegen seines geringen Ertrages und einer daraus resultierenden übermäßigen Streuung verzichtet. In allen Aufwüchsen liegen die SI-Werte des Grases unter 1 und zeigen somit eine Vermeidung (negative Selektion) dieser Fraktion an. Werte größer 1 für die Fraktionen Kraut und Klee deuten hingegen auf eine Bevorzugung (positive Selektion) dieser beiden Pflanzengruppen hin. Diese Verhältnisse sind - wenngleich im zweiten Jahr etwas abgeschwächt - in allen Aufwüchsen beider Jahre gleichermaßen gegeben (Faktor Aufwuchs nicht signifikant).

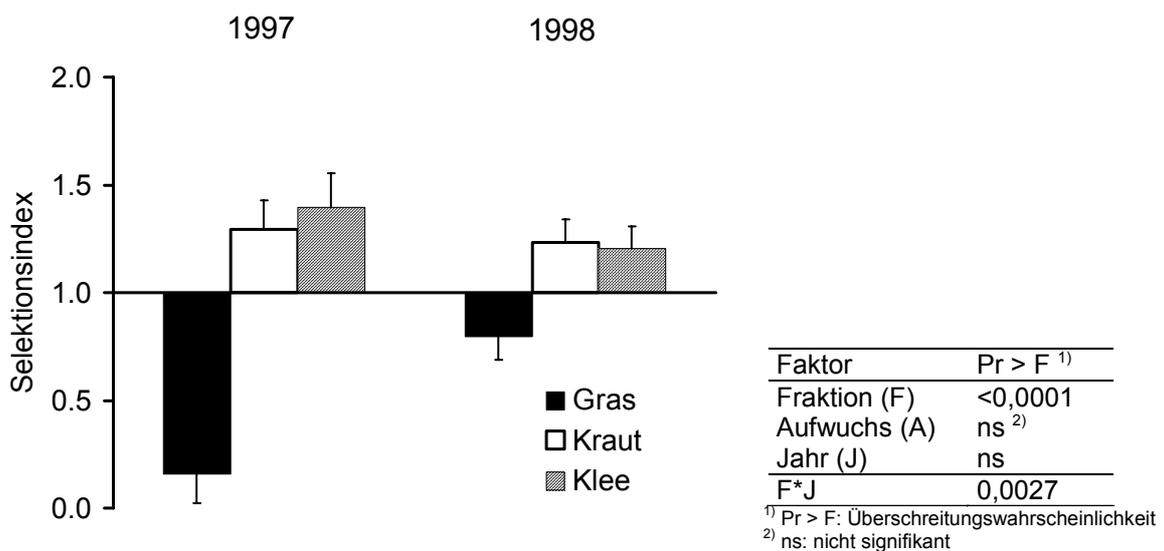


Abb. 12: Selektionsindex (n. HODGSON, 1990) für die Gras-, Kraut- und Klee fraktion im Mittel der 3 Aufwuchstypen (1997 und 1998)

Selection index of dry matter intake (according to HODGSON, 1990) for grass, herbs and clover, mean of growths (1997 and 1998)

Sowohl die aus den Fraktionsdaten ermittelte Qualität des Gesamtbestandes, die das Futterangebot auf der Weide charakterisiert als auch die des „aufgenommenen Futters“ konnten nicht statistisch ausgewertet werden, da die Wiederholungen für die Qualitätsanalyse aufgrund der geringen Mengen gepoolt werden mußten (Abb. 13, 14). Mit Ausnahme des Frühjahrsaufwuchses 1997 nehmen die Tiere in allen Aufwüchsen rohproteinreicheres Futter auf als angeboten wurde (Abb. 13). Im Mittel der Weideperioden ist diese Differenz für die

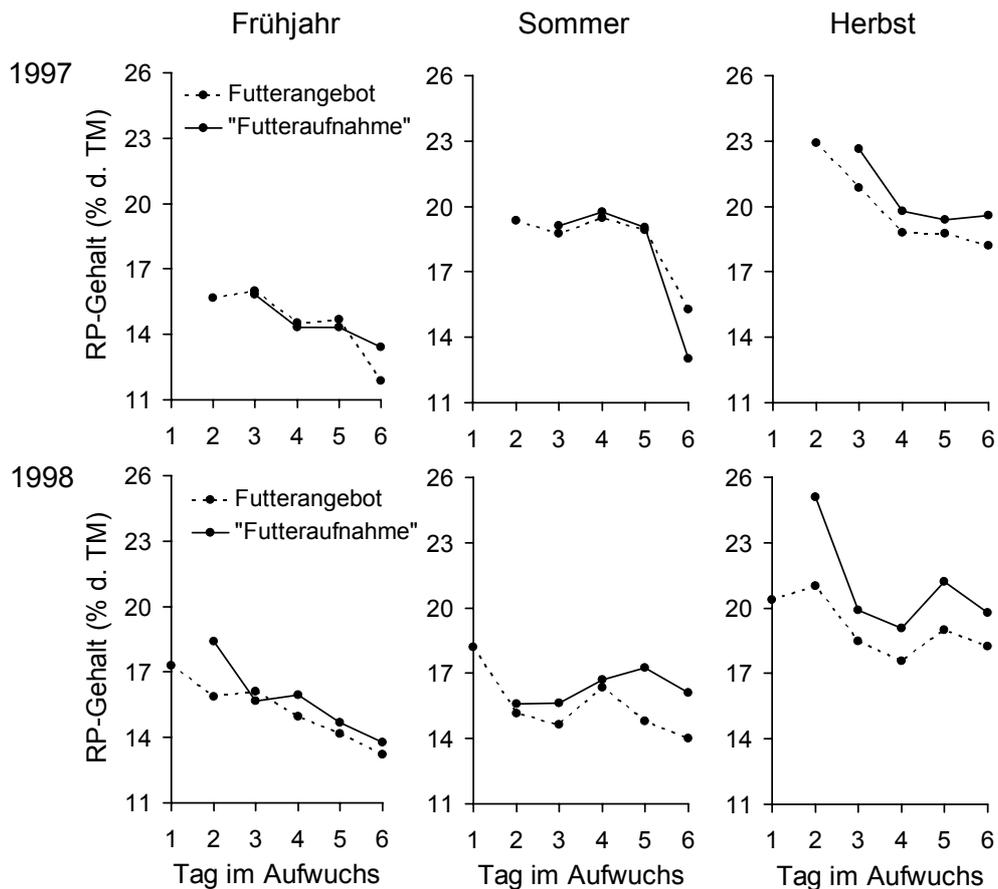


Abb. 13: Rohprotein (RP)-Gehalt (% d. TM) des angebotenen und „aufgenommenen“ Weidefutters im Frühjahr, Sommer und Herbst, 1997 und 1998

Crude protein content (% of DM) of herbage offered (Futterangebot) and herbage disappeared ("Futteraufnahme") in spring, summer and autumn, 1997 and 1998

Herbstaufwüchse (1997: 0,8 %pkt RP; 1998: 1,9 %pkt) größer als in den Sommeraufwüchsen (1997: 0,5 %pkt; 1998: 0,4 %pkt RP), während sich in den Frühjahrsaufwüchsen keine höheren RP-Gehalte im „aufgenommenen“ im Vergleich zum angebotenen Futter nachweisen lassen (Tab. 5). Der Unterschied zwischen angebotenen und „aufgenommenem“ Futter ist für die Verdaulichkeiten kaum nachzuweisen (Abb. 14; Tab. 5). Lediglich im Sommeraufwuchs 1998 weist das „aufgenommene Futter“ mit 0,2 %pkt VOM und im Herbst 1998 mit 0,3 %pkt im Mittel der 5 Beweidungstage höhere Verdaulichkeiten als das angebotene Futter auf.

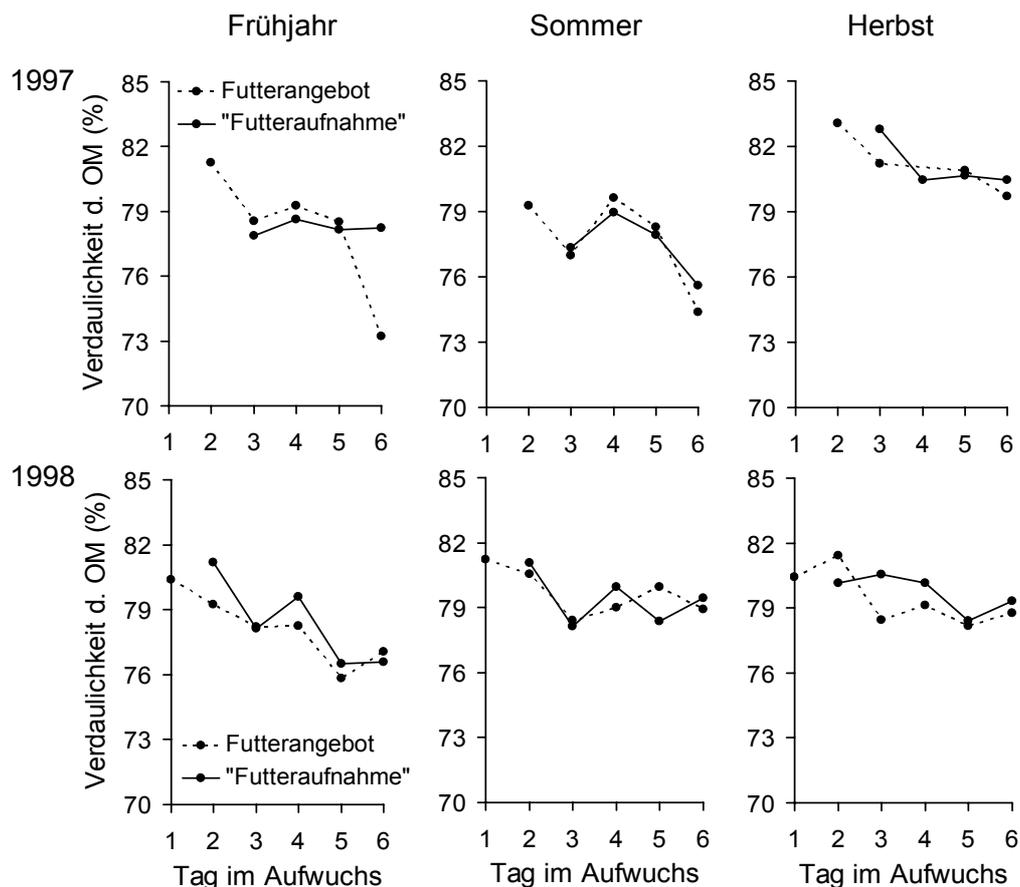


Abb. 14: Verdaulichkeit d. OM (%) des angebotenen und „aufgenommenen“ Weidefutters im Frühjahr, Sommer und Herbst, 1997 und 1998

OMD (%) of herbage offered (Futterangebot) and herbage disappeared ("Futteraufnahme") in spring, summer and autumn, 1997 and 1998

2.4 Diskussion

Auf einer Weidelgras-Weißklee-Umtriebsweide wurde mittels einer pflanzenbaulichen Methode eine schichtenspezifische Untersuchung mit dem Ziel durchgeführt, die selektive Futteraufnahme der weidenden Milchkühe sowohl quantitativ als auch qualitativ darzustellen.

Botanische Zusammensetzung und ihre Veränderung im Vegetationsverlauf

In der vorliegenden Arbeit steigt, bedingt durch die präferentielle Futteraufnahme der Weidetiere, besonders der Anteil der Gräser im Beweidungsverlauf auf bis zu 80% an, während die Ertragsanteile von Kraut und Klee in den entsprechenden Zeiträumen abnehmen. Im Verlauf der Vegetationsperiode lagen die Gräser 1997 im Mittel aller Aufwüchse bei

Beweidungsbeginn bei ca. 35% Ertragsanteil. Dagegen war ihr Beitrag im 2. Versuchsjahr mit ca. 60% deutlich höher. Während der Löwenzahn im ersten Versuchsjahr bei 45% lag, waren es 1998 ca. 22% mit deutlich geringeren Schwankungen zwischen den einzelnen Nutzungen (Abb. 10). Ein Grund liegt offensichtlich in der Niederschlagsverteilung vor dem ersten Aufwuchs (Abb. A1). Durch die trockeneren Aufwuchsbedingungen 1997 (Niederschlagssumme im April: 34 mm) war der Löwenzahn mit seiner Pfahlwurzel im ersten Versuchsjahr konkurrenzstark, während 1998 (Niederschlagssumme im April: 82 mm) für die Gräser durch die ausgeglichene Niederschlagsverteilung ab Vegetationsbeginn günstige Wachstumsbedingungen vorlagen. Nach einer sehr langsamen Entwicklung im Frühjahr mit entsprechend geringen Ertragsanteilen (1997: 2% bzw. 1998: 3%), wies der Weißklee im Mittel der folgenden Aufwüchse 22% (1997) bzw. 13% (1998) auf (Abb. 11). Eine ähnlich große Variabilität der botanischen Zusammensetzung wie in der vorliegenden Arbeit fanden MÄDEL & VOIGTLÄNDER (1975) im Vegetationsverlauf. In ihrem Versuch wurde die TS-Verteilung eines Weidebestandes im Frühjahrsaufwuchs vom charakteristischen Verhalten der dominierenden Gräser und des Löwenzahns bestimmt, in den folgenden Aufwüchsen dagegen vom Weißklee, der sich im Sommer stark ausbreitete. Die große Amplitude der Weißkleeanteile deckt sich mit Ergebnissen von EDWARDS et al. (1996). Auch INGWERSEN (2002) und TROTT et al. (2004), die Versuche am selben Standort wie in der vorliegenden Arbeit durchführten, fanden eine vergleichbare Entwicklung der Kleeanteile im Laufe der Vegetationsperiode. Die Ertragsanteile lagen auf ihrem entsprechenden Weidesystem in 6 Versuchsjahren zwischen 2 und 25%. Als Hauptfaktor, der die geringen Kleeerträge im Frühjahr bestimmt, wird die Konkurrenz um den Faktor Licht mit dem höher wachsenden Gras beschrieben (WINKLER & NÖSBERGER, 1985; WOLEDGE et al., 1992). Auf einer Umtriebsweide beobachteten PARSONS & CHAPMAN (2000) ein Absinken der Triebdichte, welches mit den Beschattungseffekten von größeren, weniger frequentierten und gefressenen Pflanzen einherging. Ferner hemmen geringe Temperaturen das Kleewachstum während des Winters stärker als das Graswachstum (ARNOTT & RYLE, 1982; LEX, 1992; WACHENDORF et al., 2001a: b). BROUGHAM et al. (1978) und LAISSUS (1982) konnten den jahreszeitlichen Einfluß auf die Bestandeszusammensetzung nachweisen, auch sie fanden im Sommer hohe Kleeanteile, während im Frühjahr und Herbst die Gräser dominierten. In der vorliegenden Arbeit war der zunehmende Klee-Ertragsanteil vom Frühjahrs- zum Sommeraufwuchs mit einem sinkenden Krautanteil (1997) bzw. einem verringerten Gras-Ertragsanteil (1998) verbunden (Abb. 9-11).

Vertikaler Bestandaufbau und Futterqualität in den einzelnen Bestandesschichten

Wenngleich sich die vertikale Differenzierung der Ertragsanteile der einzelnen Fraktionen je nach Aufwuchstyp und phänologisch-morphologischer Entwicklung stark unterscheidet (Abb. 4), weisen doch in allen Aufwüchsen die beiden untersten Schichten (5-15 cm) die höchsten TM-Erträge auf (Tab. A3 und Kap. 4, Abb. 1). Dies entspricht den Ergebnissen von BLATTMANN (1967) und MÄDEL & VOIGTLÄNDER (1975), die in ihren Versuchen für untergrasreiche Weidebestände einen ausgeprägten pyramidenförmigen Ertragsaufbau aufzeigten. Die Autoren ermittelten, daß je nach Bestandeszusammensetzung und Aufwuchstyp zwischen 70 und 82% der Gesamtmasse in den Schichten unter 20 cm gebildet wurde. Auch THUMM et al. (1998) wiesen basisbetonte TM-Verteilungen bei weidelgrasbetonten Mähweidebeständen nach. Dabei erhöhte Weißklee den TM-Anteil in 15-40 cm Bestandeshöhe signifikant, während die Leguminose in dieser Arbeit die höchsten TM-Erträge unterhalb 20 cm Bestandeshöhe aufwies (Kap. 4, Abb.2).

In der vorliegenden Arbeit liegt in Abhängigkeit von Aufwuchs, Jahr, Bestandesschicht und Pflanzenart der Gradient der RP-Gehalte zwischen 11-27% d. TM und die Verdaulichkeit zwischen 65-84% VOM. Der Witterungseinfluß auf die Qualitätsparameter wird beispielsweise an den ansteigenden Verdaulichkeiten des Herbstaufwuchses 1997 deutlich (Abb. 3). In diesem Zeitraum ist die Strahlungsintensität noch relativ hoch, während die Temperaturen deutlich abnehmen (Abb. A1 u. Abb. A2). Durch eine erhöhte Photosynthese werden verstärkt Kohlenhydrate eingelagert (HERRMANN, 1999).

Im Sommer 1998 wurden für die Fraktionen Gras und Klee die höchsten RP-Gehalte in den oberen Bestandesschichten gemessen. Diese nahmen entsprechend der Bestandesarchitektur mit sinkender Bestandeshöhe ab. Generell findet man in vegetativen Beständen die höchsten RP-Gehalte und Verdaulichkeiten in den oberen Bestandesschichten. Mit fortschreitender generativer Entwicklung verschiebt sich dann das Maximum in die mittleren Bestandesschichten (BLATTMANN, 1967; CLARK et al., 1974; THUMM et al., 1998). Für die Rohfasergehalte beschreiben die Autoren einen gegenläufigen Verlauf. Bei Beständen bis 25 cm Höhe fanden CLARK et al. (1974) zu jeder Zeit in der Saison die höchsten Gehalte an RP und VOM jeweils in den höheren Schichten. Bei einer Untersuchung von THUMM et al. (1998) erreichten die RP-Gehalte auf einer leguminosenreichen Mähweide ihr Maximum bei ca. 30 cm Bestandeshöhe. In dieser Höhe ermittelten die Autoren das Blätterdach des Weißklee, während es in der vorliegenden Arbeit zwischen 10-25 cm Bestandeshöhe liegt und dort die höchsten RP-Gehalte gemessen wurden (Tab. A10). Dadurch ergeben sich

besonders in frühen Nutzungsstadien, also zur Weidereife, ausgeprägte Futterwertdifferenzierungen in den verschiedenen Bestandesschichten.

Die RP-Gehalte des Löwenzahns nehmen dagegen im dargestellten Sommeraufwuchs 1998 in der obersten Bestandesschicht >25 cm wieder ab (Abb. 7). Eine Erklärung könnte in der vertikalen N-Verteilung liegen. Nach STROH et al. (1998) und STROH (2000) können bei Weidebeständen, die von Gräsern und Rosettenpflanzen dominiert werden, neben der Lichtverteilung auch die Bestandesstruktur und Artenzusammensetzung einen entscheidenden Einfluß ausüben: So kam es durch die Morphologie des Blattes bei *Taraxacum officinale* in der untersten Schicht zu einer Erhöhung des Blatt-N-Gehaltes, während bei den Gräsern eine leichte Abnahme zu verzeichnen war.

Die Futterqualität eines Mischbestandes ist eng mit dessen Weißkleeanteil korreliert (HARKESS & ALEXANDER (1969)). In der vorliegenden Untersuchung weist der Klee in allen Schichten, und die Krautfraktion vor allem in den unteren Bestandesschichten, höhere RP-Gehalte als die Grasfraktion auf (Abb. 7). Daher sinkt mit abnehmenden Ertragsanteilen dieser beiden Fraktionen auch der RP-Gehalt im angebotenen Weidefutter entsprechend. Diese positive Korrelation zwischen Weißklee und RP-Gehalt wiesen auch CLARK et al. (1974) nach. Während SCHELLBERG et al. (1993) für Löwenzahn in ihren Versuchen für Sommeraufwüchse stets RP-Gehalte über 20% gemessen haben, beträgt der RP-Gehalt in der vorliegenden Arbeit im Sommer 1997 bei Beweidungsbeginn 19,6% bzw. 18,7% (1998) und liegt damit über den Werten von TAUBE et al. (1991), die für Löwenzahn auf einer ungedüngten Standweide von Anfang Mai bis Ende Juni RP-Gehalte zwischen 18% und 14% gemessen haben.

„Futteraufnahme“

Neben tiergebundenen Faktoren (PEARSON & ISON, 1997) wie der Laktation (Stadium, Erstlaktierende), der Milchleistung (PEYRAUD et al., 1996), dem physiologischen Bedarf, Körpergröße und -zustand (ALLISON, 1985) und der Witterung (BUTRIS & PHILLIPS, 1987) wird die Futteraufnahme auch von der Bestandeshöhe und Bestandesdichte, besonders bei fortschreitendem Verbiß der Bestände, beeinflusst (MCGILLOWAY et al., 1999). Weiterhin spielen neben der Futterqualität auch die Futtermittelverfügbarkeit, Selektionsmöglichkeiten, Narbenstruktur, Supplementierung, Verfügbarkeit von Wasser sowie die Gewöhnung der Tiere an die Bestandeszusammensetzung eine Rolle (ALLISON, 1985; FORBES, 1995). Die botanische Zusammensetzung des angebotenen Weidefutters beeinflusst die Futteraufnahme ebenfalls. So fanden RUTTER et al. (1998) signifikant höhere Aufnahmeleistungen von Milchkühen

bei dem Verzehr von Klee im Vergleich zum Gras. Aber auch die Erwartung auf eine neu zugeteilte Weidefläche kann die Freßzeit verkürzen, da es für die Kühe leichter ist, das neue und höhere Futter mit der Zunge abzureißen und zu fressen, als die kurzen Bestandesschichten eines bereits beweideten Bestandes (PULIDO & LEAVER, 2003). Eine kürzere Freßzeit, und damit verbunden eine geringere Futteraufnahme und sinkenden Milchertrag, fanden PHILIPS & RIND (2001) nur bei Verweilzeiten <24h auf einer Weidefläche. In der vorliegenden Untersuchung waren die Freßzeiten mit 5 Tagen deutlich länger, so daß die Tiere adaptiert waren und die Futteraufnahme durch diesen Faktor nicht limitiert wurde. Das ausreichende Futterangebot wird auch durch die Weidereste von 51% (1997, Mittel der untersuchten Aufwüchse) bzw. 55% (1998) belegt. Lediglich in den Sommeraufwüchsen und im Herbstaufwuchs 1998 sinkt die „Futteraufnahme“ am Ende der Beweidungsperiode, bei allen anderen Aufwüchsen sind kaum Unterschiede zwischen den fünf Beweidungstagen festzustellen. Mit zunehmender Entwicklung sinkt die Bestandesdichte, gleichzeitig nehmen der Blattanteil und die Verdaulichkeit ab, während der Stengelanteil ansteigt (BLASER, 1982). Die abnehmende Verdaulichkeit des Weidefutters im Beweidungsverlauf wurde auch in der vorliegenden Untersuchung nachgewiesen (Abb. 3). Diese Veränderungen könnten eine Erklärung für die auch von BARRETT et al. (2001) beschriebene sinkende Aufnahmerate von unteren Bestandesschichten durch die Kühe während der Beweidung sein. Ein weiterer Grund könnte die von PULIDO & LEAVER (2003) auf einer Umtriebsweide im Vergleich zur Standweide gefundene stärkere Zunahme von nekrotisiertem Material in den unteren Bestandesschichten sein. Diese wurde auch bei der Fraktionierung im Rahmen dieser Arbeit beobachtet und nahm im Beweidungsverlauf zu.

Eine Erhöhung des verfügbaren Futters führt zu einer steigenden Futteraufnahme und Aufnahme von organischer Masse bei sinkender Freßzeit und verminderter Anzahl der Bisse, aber gleichzeitiger Erhöhung der TM je Biß (HODGSON, 1985; ROGALSKI et al., 1989; HODGSON, 1990). THARMARAJ et al. (2003) wiesen mit steigendem Futterangebot eine proportional gestiegene Gesamtfreßfläche sowie eine steigende Futteraufnahme sowohl auf kurzen (14 cm) als auch auf den höheren Beständen (28 cm) nach. Insofern könnte auch im vorliegenden Versuch das hohe Futterangebot im Frühjahr 1997 ein maßgeblicher Grund für die hohe „Futteraufnahme“ ($25 \text{ kg TM GV}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$) auf der Weide gewesen sein. KOLVER & MULLER (1998) wiesen Futteraufnahmen auf der Weide von $19 \text{ kg TM Kuh}^{-1}$ nach, welche von SÜDEKUM (1999) als außerordentlich hoch eingeordnet werden und mit dem hohen Niveau der Weidereste von 50% zusammenhängen. Auch MAYNE & PEYRAUD (1996) und PEYRAUD & GONZÁLEZ-RODRÍGEZ (2000) geben in einem Literaturüberblick 19-20 kg TM

Kuh⁻¹ Tag⁻¹ als maximale Futteraufnahme auf der Weide an, die allerdings nur im Frühljahrsaufwuchs während der ersten Wochen bei hohem Futterangebot und hoher Verdaulichkeit des jungen Weidebestandes erreicht werden kann. Die in dieser Arbeit dokumentierte große Variation des Futterangebotes und der Futterqualität in Abhängigkeit von Aufwuchs, Jahr, Bestandesschicht, Pflanzenart und Witterungseinfluß bestätigen den großen Schwankungsbereich und damit die schwierige Übertragbarkeit von im Frühjahr unter optimalen Bedingungen gewonnenen Ergebnissen auf den restlichen Verlauf der Vegetationsperiode. Auch wenn die geschätzte Futteraufnahme dieser Arbeit im Mittel der Aufwüchse (1997: 9,4 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹; 1998: 11,2 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹) mit der über den Erhaltungs- und Leistungsbedarf geschätzten Futteraufnahme von KONYALI (2001) übereinstimmt (12,6 ± 2,0 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹), ist die nach unserer Methode kalkulierte Futteraufnahme des Frühljahrs- und Sommeraufwuchses 1997 unter Berücksichtigung der Einzeltierleistungen und der Kraftfuttermengen (Tab. 4) trotz der hohen Weidereste als unrealistisch hoch einzuordnen (JUNGE, pers. Mitteilung). Die starke Reduktion der Biomasse auf der Weide im Frühjahr von Tag 5 zu Tag 6 und im Sommer von Tag 4 zu Tag 5 (Abb. 1) deutet darauf hin, daß die Wiederholungszahl bei der Beprobung aufgrund der zunehmenden Heterogenität im Beweidungsverlauf möglicherweise zu gering gewählt wurde.

Anders als z. B. bei den irischen (MAYNE et al., 1997; MCGILLOWAY et al., 1999) bzw. französischen Untersuchungen (ASTIGARRAGA & PEYRAUD, 1995; WADE et al., 1995; DELAGARDE et al., 2000; DELAGARDE et al., 2004; PEYRAUD et al., 2004), die auf Böden mit hohen Tongehalten und günstiger Wasserversorgung stattfanden, zeichnet sich der Versuchsstandort dieser Arbeit durch sandige Böden mit sehr geringer Wasserhaltefähigkeit aus. Durch die für die schleswig-holsteinische Geest typische unausgeglichene Niederschlagsverteilung in den Sommermonaten kann es zu Trockenstreß für die Pflanzenbestände kommen. Insgesamt ergibt sich aus den Standortfaktoren ein geringeres Niveau der Weideleistung bezüglich der Jahreserträge (Tab. 3) als bei den oben genannten Arbeiten, wengleich das Leistungsniveau der Milchkühe hoch ist (Tab. 4). Zusätzlich werden die botanische Zusammensetzung sowie die Bestandesdichte (Lückigkeit der Bestände, Invasion von Löwenzahn) beeinflußt. Dies muß bei der Bewertung der Weideleistung, im Spiegel der internationalen Literatur, berücksichtigt werden.

Selektion

Die 3-dimensionale Anordnung eines Pflanzenbestandes bietet dem Weidetier Selektionsmöglichkeiten sowohl auf horizontaler Ebene (Futterangebot unterscheidet sich in

Arten-Anordnung, Futterwert und Bestandeshöhe) als auch auf vertikaler Ebene, also zwischen verschiedenen Pflanzenteilen einer oder mehrerer Arten (MILNE, 1991). Die generelle Voraussetzung für eine selektive Futteraufnahme liegt in einem Überangebot an Futter (HODGSON, 1990). Die ausreichend hohen Futteraufnahmen und die hohen Weidereste im vorgestellten Versuch belegen, daß den Tieren während der 5-tägigen Beweidung in allen Aufwüchsen ein ausreichendes Futterangebot zur Verfügung stand, und damit die Möglichkeit der selektiven Futteraufnahme gegeben war. Bei ausreichendem Futterangebot stratifizieren Rinder Weidebestände, das heißt sie fressen den Bestand schichtweise von oben nach unten ab (SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998a; THUMM et al., 1998).

Durch die Stratifikation sowie die vertikale Verteilung von Blatt- und Stengelfraktionen innerhalb des Bestandes (HODGSON, 1982) kommt es zur scheinbaren vertikalen Selektion (SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998a). Dabei fressen die Weidetiere zuerst N-reiches und NDF-armes Futter der oberen Etagen. Die Futteraufnahme ist hierbei durch die vertikale Verteilung von Blatt- und Stengelmaterial bedingt. Dieses Stratifizieren des Bestandes während der Futteraufnahme, das auch SANDERSON et al. (2004) als keine aktive Selektion beschreiben, wird in dem vorliegenden Versuch an der täglichen Veränderung der Ertragsanteile einzelner Bestandesschichten deutlich (Tab. A5-7). Die oberen Bestandesschichten werden zuerst gefressen, später kehren die Tiere zurück, um an derselben Stelle die nächst tieferliegende Bestandesschicht aufzunehmen. Die Stratifikation führt im Beweidungsverlauf zu einer Abnahme von RP- und Energiegehalten bzw. Verdaulichkeiten (Tab. A8-13) sowie zu steigenden Rohfasergehalten im aufgenommenen Futter.

Dem gegenüber steht die echte horizontale Selektion (SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998a). Diese meint eine aktive Vermeidung von exkrementbeeinflussten Bestandesarealen mit hoher Narbenstruktur und bestimmten Pflanzen und Pflanzenteilen. Diese Selektion war auch bei der Beprobung der vorliegenden Untersuchung zu erkennen (Vermeidung von Disteln und Exkrementstellen). Als aktive Selektion bezeichnen TAUBE et al. (2004) die Möglichkeit des Weidetieres, eine Pflanzenart oder -fraktion (in ihrem Versuch junge Chicoreeblätter des ersten Aufwuchses) durch gezielten Fraß einzelner Blätter zu selektieren.

Obwohl diverse Untersuchungen belegen, daß Schafe Klee gegenüber Gras selektieren, wiesen NEWMAN et al. (1992) die präferentielle Futteraufnahme der Futterkomponente nach, die die Versuchstiere in letzter Zeit nicht gefressen hatten. Bei der Auswahl des Futters scheint also auch ein zeitlicher Effekt sowie Abwechslung bzw. Gewöhnung eine Rolle zu spielen (FORBES, 1995). Um diesen Effekt bei der vorliegenden Versuchsanstellung zu vermeiden, wurden die Milchkühe durch Beweidung eines Bestandes derselben botanischen

Zusammensetzung vor Beginn der Versuchsperioden an die Bestandeszusammensetzung der Versuchsfläche adaptiert.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit deuten darauf hin, daß die Ertragsanteile der einzelnen Fraktionen einen starken Einfluß auf die Möglichkeit zur Selektion ausüben. Gras mit einem Ertragsanteil von ca. 30% bei Beweidungsbeginn kann gemieden werden (1997), in einem Bereich ab ca. 60% (1998) können die Kühe die Aufnahme nicht mehr „vermeiden“ (Abb. 9). Löwenzahn, der als Rosettenpflanze wächst, kann von den Tieren bei einem Ertragsanteil von ca. 45% aktiv selektiert werden. Unter ca. 25% Ertragsanteil, wie im zweiten Versuchsjahr, ist dies offensichtlich nicht mehr möglich (Interaktion Nutzungsregime x Zeit = ns; Abb. 10). Ein ähnliches Ergebnis fanden TAUBE et al. (2004) für Chicoree als dominierende dikotyle Krautart. Dabei lag der Ertragsanteil des Chicorees im ersten Aufwuchs, in dem die Kühe die jungen Blätter selektierten, bei ca. 40% (BRZEZINSKI, 2003). Durch die räumliche Verteilung von Gras und Klee, die bedingt, daß der Weißklee nicht wie das Kraut als einzelne Rosettenpflanze, sondern in mosaikartiger Verteilung („patches“) mit dem Gras im Bestand zu finden ist (MILNE et al., 1982; THÓRHALLSDÓTTIR, 1990; EDWARDS et al., 1996; MARRIOTT et al., 1997), lassen sich diese Effekte für den Weißklee nicht absichern (Abb. 11; Tab. A14). Unabhängig vom Ertragsanteil, der in beiden Jahren bei ca. 15% bei Beweidungsbeginn lag, konnten keine gesicherten Beziehungen nachgewiesen werden (Interaktion Nutzungsregime x Zeit = ns). Die Möglichkeit der aktiven Selektion (positiven wie negativen) ist demnach bei entsprechenden Ertragsanteilen für die Gras- und Krautfraktion gegeben, der Weißklee wird stratifiziert.

Anders als bei LOUAULT et al. (1997), bei dem die Präferenz der Schafe für den Weißklee nicht zwingend in einer Abnahme des Kleeanteils resultierte, veränderten sich in der vorliegenden Arbeit die Ertragsanteile von Löwenzahn und Weißklee nach der präferentiellen Futteraufnahme dieser beiden Pflanzenarten in den Nachwüchsen. So wurde der Klee in beiden Versuchsjahren hauptsächlich in den Sommeraufwüchsen bevorzugt aufgenommen bzw. stratifiziert. Die Ertragsanteile waren im Herbst 1997 im Vergleich zum Sommer um 14% reduziert, 1998 dagegen mit 18% Ertragsanteil im Herbst ähnlich hoch wie im Sommer (22%). Der Löwenzahn wies in den ersten Aufwüchsen beider Jahre mit 67% bzw. 36% (1998) Ertragsanteil bei Beweidungsbeginn die höchsten Werte auf. Nach der selektiven Aufnahme im Frühjahr waren die Ertragsanteile des Krautes im Sommer reduziert (1997: 20% bzw. 1998: 23%) und stiegen im Herbst wieder an (1997: 53%) bzw. blieben konstant (1998: 23%). Neben der Beweidung üben weitere endo- und exogene Faktoren wie Witterung, veränderte Konkurrenzbeziehungen zwischen den Bestandepartnern (EDWARDS et al., 1996)

sowie die unterschiedliche Morphologie (Vorteil des Löwenzahns mit tiefer Pfahlwurzel gegenüber flachwurzelndem Weißklee auf sandigen Böden mit geringer Wasserhaltefähigkeit des Versuchsstandortes) Einflüsse auf die Veränderung der Ertragsanteile aus.

TAUBE et al. (2004) fanden im Weiderest einer Knautgras-Weißklee-Weide jeweils geringere Kleeanteile als vor dem Weideauftrieb. Der Klee wurde hauptsächlich zwischen 18-32 cm Bestandeshöhe nachgewiesen, während das Gras überwiegend in den unteren Schichten bis 12 cm Höhe zu finden war. Durch die Stratifikation wurden die höher im Bestand inserierten Leguminosen stärker reduziert als die Gräser, die von der Beweidung nicht beeinflusst wurden. Der hier untersuchte Weidelgras-Weißklee-Bestand weist eine ähnliche Verteilung auf. Durch die Architektur des Blätterdachs des Weißkleees liegen die höchsten Ertragsanteile zwischen 10 und 25 cm Bestandeshöhe, während das Gras vorwiegend in den unteren Schichten bis 15 cm sowie oberhalb 25 cm Höhe die höchsten Anteile aufweist (Abb. 4). Dies könnte eine Begründung für die starke Reduktion des Weißkleees im Sommeraufwuchs 1998 sein. Der Ertrag der Gräser in der obersten Schicht hat mit $0,45 \text{ dt ha}^{-1}$ für die Stratifikation keine wesentliche Bedeutung. In den beiden untersten Schichten dagegen weisen die Gräser mit $6,8 \text{ dt ha}^{-1}$ die höchsten Erträge aller Schichten auf. Die vertikale Bestandesstruktur ist somit ein Schlüsselparameter, um die Selektionsprozesse von weidenden Wiederkäuern verstehen zu können (TAUBE et al., 2004).

Qualität des „aufgenommenen Futters“

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, daß weidende Rinder aufgrund ihres selektiven Futteraufnahmeverhaltens qualitativ höherwertiges Futter aufnehmen können als angeboten wird (HODGSON, 1986; BAILEY, 1995; JACOBS et al., 1999; PULIDO & LEAVER, 2003). Daher ließ eine der Arbeitshypothesen, die hinter den Fragestellungen zur Durchführung dieses Versuches standen, einen deutlichen Unterschied zwischen den RP-Gehalten und Verdaulichkeiten im „aufgenommenen Futter“ im Vergleich zum angebotenen Futter erwarten. Diese Differenz ist, besonders für die Verdaulichkeiten, weniger stark ausgeprägt als angenommen wurde (Abb. 13, 14; Tab. 5). Eine mögliche Ursache kann in dem hohen Futterangebot/GV bzw. den hohen Weideresten liegen. So mußten die Milchkühe auch am Beweidungsende in keinem der untersuchten Aufwüchse das Futter der untersten, stengelreichen Bestandesschicht mit den zumeist geringsten RP-Gehalten und Verdaulichkeiten (Tab. A8-13) aufnehmen, sondern maximal bis zu einer Bestandeshöhe von 15 cm fressen (Abb. 5; Tab. A4). Aufgrund der höheren RP-Gehalte und Verdaulichkeiten in den oberen Schichten war die Notwendigkeit einer Selektion auf qualitativ höherwertigeres Futter

weniger stark ausgeprägt. So sind die von BLASER (1982) beschriebenen Auswirkungen der abnehmenden Verdaulichkeit einzelner Beweidungsperioden einer Umtriebsweide auf bis zu 65% VOM und die um 2-3 Tage verschobenen aber parallel verlaufenden Schwankungen in der Milchleistung in dieser Arbeit nicht zu erwarten, da die Verdaulichkeit des angebotenen Futters während der fünf Beweidungstage auf max. 76% VOM absinkt (Abb. 3, Tab. 5).

Durch das Abweiden der Bestände kommt, anders als auf den U-Flächen, Licht in die unteren Bestandesschichten. Sofern die photosynthetische Aktivität noch nicht gänzlich eingestellt war, kann die Photosyntheseleistung älterer Blätter und bereits teilweise nekrotisierten Pflanzenmaterials in diesem Bestandesbereich unmittelbar nach einer Nutzung, das heißt für die vorliegende Untersuchung noch während der Beweidungsphase, wieder ansteigen. Aufgrund der ansteigenden Photosyntheseleistung bzw. des verstärkten Assimilatbedarfs dieser Pflanzenteile werden Reservestoffe aus den Regenerationsorganen und der restlichen oberirdischen Biomasse mobilisiert (source to sink-Beziehung). Die daraus folgende Einlagerung von Kohlenhydraten und N (VOIGTLÄNDER & JACOB, 1987; OURRY et al., 1988) kann damit Effekte auf den RP-Gehalt im Beweidungsverlauf haben.

BRZEZINSKI (2003) wies in einer ähnlichen schichtenspezifischen Untersuchung für zwei Grünlandbestände (2 bzw. 9 Arten) aufgrund des selektiven Futteraufnahmeverhaltens der Weidetiere deutlich höhere RP-Gehalte und Verdaulichkeiten in der verschwundenen Biomasse in allen untersuchten Aufwüchsen im Vergleich zum angebotenen Weidefutter nach. Anders als in dem vorgestellten Versuch konnten die beschriebenen zeitlichen Effekte nicht zum Tragen kommen, da es sich um 1-tägige Beweidungen handelte.

Auch die Untersuchung von BAILEY (1995) zeigte, daß Rinder Präferenzen für die Stellen im Bestand entwickeln, die das höchste Nährstoffangebot aufweisen. So selektieren die Weidetiere trotz uneinheitlicher Verteilungsmuster auf heterogenen Weidebeständen Stellen mit hoher Futterqualität häufiger als Stellen mit geringerer Qualität. Aufgrund des selektiven Freßverhaltens fanden JACOBS et al. (1999) in ihren Versuchen eine um 4-22% höhere umsetzbare Energie im aufgenommenen im Vergleich zum angebotenen Weidefutter. Sie ermittelten ein Selektionsdifferential (SD, entspricht dem Selektionsindex nach HODGSON, 1990) für Rohprotein, das stets >1 war und für NDF stets <1 . Dabei fanden die Autoren keine Verbindung zwischen dem Futterangebot und dem Selektionsindex für die untersuchten Nährstoffe. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von PULIDO & LEAVER (2003), die auf einer Umtriebsweide von Kühen selektiertes rohproteinreicheres (SI=1,16) bzw. NDF-ärmeres Futter (SI=0,88) fanden, WALES et al. (1998) berechneten für RP-Gehalte im aufgenommenen Futter einen SI von 1,31 und für NDF 0,77. In der vorgestellten Untersuchung liegen die

Selektionsindices der RP-Gehalte und Verdaulichkeiten des „aufgenommenen Futters“ für das Gras in allen Aufwüchsen <1 , während sie für Kraut und Klee generell Werte >1 aufweisen (Tab. A15; mit Ausnahme des Herbstaufwuchses 1998 für den Löwenzahn, SI für RP = 0,98). Aus dieser selektiven Futteraufnahme ergibt sich am Beispiel des Sommeraufwuchses 1998 eine über die RP-Gehalte der verschwundenen Biomasse geschätzte „Aufnahme“ höherer RP-Gehalte als im angebotenen Futter (Abb. 13). Während die Qualität des angebotenen Futters parallel zu den RP-Gehalten der Grasfraktion verläuft, die mit einem Ertragsanteil von 80% am letzten Beweidungstag Hauptbestandbildner ist, steigen die RP-Gehalte des „aufgenommenen Futters“ mit zunehmender Beweidungsdauer bis zum 5. Tag im Aufwuchs an. Eine Erklärung könnte die starke Reduktion des Weißklee von 35 auf 6% Ertragsanteil in der Bestandesschicht von 15-20 cm sein (Abb. 6). Durch das in dieser Höhe befindliche Blätterdach des Klees weisen die RP-Gehalte mit 25% d. TM die höchsten Werte auf. Erst ab dem 5. Tag im Aufwuchs ist diese Schicht deutlich reduziert. Zeitgleich nimmt auch der RP-Gehalt im „aufgenommenen Futter“ ab, wenngleich er bis zum Beweidungsende höher als im angebotenen Futter ist (Abb. 13).

Generell lassen sich für alle Aufwüchse im Mittel der fünf Beweidungstage die relativ geringen Unterschiede zwischen den RP-Gehalten und Verdaulichkeiten im „aufgenommenen“ im Vergleich zum angebotenen Futter durch die hohen Ertragsanteile des Grases (Tab. A5) und ihren Einfluß auf die Gesamtfutteraufnahmen erklären, wenngleich die Selektion von Kraut und Klee mit den entsprechend höheren RP-Gehalten und Verdaulichkeiten eine größere Differenz vermuten ließe. Die Daten verdeutlichen die Notwendigkeit der differenzierten Betrachtung unterschiedlicher Aufwuchstypen sowie einzelner Qualitätsparameter wie Rohprotein und Verdaulichkeiten des „aufgenommenen Futters“ (Abb. 13, 14; Tab. 5).

Einfluß der Beweidung auf die N-Flüsse im System

Neben denen in dieser Arbeit über den Vergleich der RP-Gehalte der W- und U-Flächen gewonnenen Erkenntnisse des Beweidungseinflusses auf die Stickstoffflüsse im System Boden-Pflanze-Tier, können einige hinreichend untersuchte Kenntnisse aus der Literatur (WHITEHEAD, 1995; INGWERSEN, 2002; TROTT et al., 2004; WACHENDORF et al., 2004) auf die vorliegende Arbeit übertragen werden.

Üblicherweise werden von Milchkühen 75-80% des über das Futter aufgenommenen Stickstoffs wieder ausgeschieden, für Mastrinder und Jungtiere werden sogar Werte $>90\%$ angegeben (VAN DER MER, 1983; WHITEHEAD, 1995). Mit steigender N-Konzentration im

Futter steigt primär die N-Menge im Urin von 2-20 g N l⁻¹ (BETTERIDGE et al., 1986), während der über Kot ausgeschiedene Stickstoffanteil mit ca. 0,8 g/100 g TM relativ konstant bleibt (WHITEHEAD, 1995). Im vorliegenden Versuch ist durch die nur leicht erhöhten RP-Gehalte im aufgenommenen Futter nur von einem geringfügigen Anstieg der N-Konzentration im aufgenommenen Futter auszugehen. Nach der von WHITEHEAD (1995) dokumentierten Beziehung zwischen dem prozentualen N-Anteil im Futter und der prozentualen Harnausscheidung an der Gesamt-N-Ausscheidung, kommt es durch die lediglich um 0,1% erhöhte N-Konzentration im „aufgenommenen Futter“ zu einem geringfügig gestiegenen N-Anteil in den Exkrementen von 63 auf 65% (Harn-N an der Gesamt-N-Ausscheidung). Auch JARVIS et al. (1989) wiesen in ihren Untersuchungen nur einen erhöhten N-Anteil im Urin von Kühen nach, die stark mit N gedüngtes Gras (420 kg N ha⁻¹), im Vergleich zu einem Deutsch´ Weidelgras-Weißklee-Bestand ohne mineralische N-Gaben, gefressen hatten. Weitere Einflußfaktoren auf die ausgeschiedene Exkrementmenge sind neben dem Leistungsniveau der Tiere tages- und jahreszeitliche Schwankungen sowie die Wasseraufnahme. Durch die heterogene Verteilung der Exkremente (SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998b) kommt es unter Urinstellen umgerechnet zu 350 – >1000 kg N ha⁻¹ und unter Kotstellen zu 650 – >1300 kg N ha⁻¹ und damit punktuell zu extrem hohen Nährstoffrücklieferungen und N-Überschüssen (WHITEHEAD, 1995; ANGER, 2001), die auch von der Besatzdichte abhängen (KAYSER, 2003). STROH et al. (1997) fanden nach Harnzufuhr eine signifikante Zunahme der N-Konzentration bei Gräsern, bei Kräutern und Leguminosen blieb sie dagegen gleich. In der untersten Bestandesschicht kam es beim Deutschen Weidelgras unter Harnstellen zu deutlich erhöhten Blatt-N-Gehalten, während in den oberen Bestandesschichten ein deutlich steilerer N-Gradient ausgebildet wurde (STROH et al., 1998). Der erhöhte Blatt-N-Gehalt der untersten Bestandesschicht wird in dieser Arbeit nicht zur Wirkung gekommen sein, da die Milchkühe aufgrund des hohen Futterangebotes auch am letzten Beweidungstag nicht bis zur untersten Bestandesschicht fressen mußten. Harnabsonderung wirkt für den Pflanzenbestand wie eine Blattdüngung mit sehr schneller Wirksamkeit. Dadurch kann es zu erhöhten RP-Gehalten im Bestand kommen, die wiederum die RP-Gehalte im aufgenommenen Futter zusätzlich zu den beschriebenen Selektionseffekten, die im vorgestellten Versuch nur marginal wirken, erhöhen können.

INGWERSEN (2002) und TROTT (2003) fanden auf demselben Standort trotz deutlich geringerer Weißkleeanteile eine nur geringe Ertragsreduktion der untersuchten Weidevarianten gegenüber den Schnittvarianten. Dies ordneten sie der Ertragswirksamkeit der Exkremente zu. Auch MARRIOTT et al. (1987; 1997) wiesen auf einer ungedüngten

Weidelgras-Weißklee-Weide reduzierte Kleeanteile nach Urinapplikationen nach. Ferner wurden die Klee-Bestandesdichte, Stolonenlänge und Trockenmasse durch die Uringaben reduziert, diese hatten dagegen nur geringen Einfluß auf die Anzahl der Grastriebe (MARRIOTT et al., 1987). Dagegen fanden CURLL & WILKINS (1983) auf einer Weide mit denselben Bestandesbildnern aufgrund der Exkrementrückführung eine gestiegene Triebdichte des Deutschen Weidelgrases und erklärten damit teilweise die um 26% reduzierten Weißkleeanteile im Bestand, was in der vorliegenden Arbeit zusätzlich zur selektiven Futteraufnahme die Ertragsanteile der Fraktionen beeinflussen kann.

Generell ist die Ausnutzung des Exkrementstickstoffs eher als gering einzustufen (CUTTLE & BOURNE, 1993; WILLIAMS & HAYNES, 1994) und ist abhängig von der Witterung, Exkrementmenge und -konzentration, Düngungszustand der Fläche (TROTT, 2003), Zeitpunkt der Exkrementabsonderungen und Entwicklungsstand des Pflanzenbestandes sowie der botanischen Zusammensetzung bzw. des Kleeanteils (WOLTON, 1963). Ohne Berücksichtigung der heterogenen Verteilung und der Residualwirkungen, besonders der Kotstellen in folgenden Vegetationsperioden, fanden INGWERSEN (2002) auf demselben Versuchsstandort wie in der vorgestellten Arbeit jeweils im Mittel dreier Versuchsjahre eine scheinbare N-Ausnutzung des Exkrementstickstoffs von 21,5% und TROTT (2003) 27% auf einer Klee grasweide ohne mineralische N-Düngung. Diese Ausnutzungsgrade nahmen generell mit gesteigerter N-Düngung ab. Die punktuelle Nährstoffrücklieferung und die geringe Ausnutzung des Exkrementstickstoffs führen zu einem hohen Verlustpotential in Form von gasförmigen Verlusten (Ammoniak und Lachgas) und Auswaschung (Nitrat). MARRIOTT et al. (1987) fanden bestenfalls 27% des Urin-Stickstoffs in 0-10 cm Boden und 12% im geernteten Futter wieder, bei THOMAS et al. (1986) waren es maximal 16% im Futter und einen Tag nach der Urinapplikation maximal 26% im Boden. Zu der daraus resultierenden Problematik von Nitratwerten im Trinkwasser oberhalb des EU-Grenzwertes von 50 mg NO₃ l⁻¹, gerade auf den sandigen Böden der schleswig-holsteinischen Geest, fanden umfangreiche Untersuchungen (BENKE, 1992; BÜCHTER, 2003; BOBE et al., 2004; WACHENDORF et al., 2004) statt.

2.5 Schlußfolgerungen

Unter der Voraussetzung, daß bei der Beweidung einer Weidelgras-Weißklee-Weide mit Hochleistungskühen Weidereste von ca. 50% ermöglicht wurden, läßt die Untersuchung des Weidebestandes mittels einer rein pflanzenbaulichen Methode folgende Schlüsse zu:

- Durch das Futteraufnahmeverhalten der Milchkühe (Stratifikation und Selektion) tritt eine tägliche Variation in den Ertragsanteilen der Bestandesschichten in allen Schichten auf. Der Ertragsanteil der untersten Bestandesschicht (5-10 cm) kann am letzten Beweidungstag über 90% betragen.
- Durch unterschiedliche Futterqualitäten der einzelnen Bestandesschichten sowie die tägliche Veränderung der botanischen Zusammensetzung wird die Qualität des angebotenen und aufgenommenen Weidefutters beeinflusst.
- Für Löwenzahn und Weißklee ergab sich für beide Versuchsjahre ein Selektionsindex größer 1, für die Grasfraktion wies der Selektionsindex jeweils Werte kleiner 1 auf. Eine aktive, positive Selektion von Löwenzahn als großblättrige dikotyle Krautart unter Vermeidung der Gräser konnte bei Ertragsanteilen von ca. 45% nachgewiesen werden, bei Ertragsanteilen unter 20% wurden keine gesicherten Effekte gefunden. Durch die mosaikartige Verteilung von Weißklee und Gräsern im Bestand wurde die Leguminose stratifiziert, eine aktive Selektion konnte weder bei Ertragsanteilen von 20% (1997) noch von 12% (1998) abgesichert werden. Eine Vermeidung der Gräser ist ab ca. 60% Ertragsanteil nicht mehr möglich.
- Trotz des selektiven Futteraufnahmeverhaltens war die Futterqualität des „aufgenommenen“ Futters nur marginal höher als die des angebotenen Weidefutters (RP-Gehalt: 0,9 %pkt; Verdaulichkeit: 0,25 %pkt VOM, Mittel aller Aufwüchse). Die unterste Bestandesschicht mit den höchsten TM-Erträgen aber geringsten RP-Gehalten und Verdaulichkeiten war am letzten Beweidungstag noch fast vollständig vorhanden, denn aufgrund des hohen Futterangebotes mußten die Milchkühe nicht bis in die unterste Bestandesschicht fressen. Daher hatte diese Schicht bis zum fünften Beweidungstag keinen negativen Einfluß auf die Futteraufnahme und damit auch keinen direkten Einfluß auf die Milchleistung.
- Das generelle Problem hoher N-Überschüsse auf der Weide (steigende N-Ausscheidung bei steigender N-Konzentration im Futter, punktuell hohe N-Rücklieferungen über Exkreme, geringe Verwertungseffizienz des Exkrementstickstoffs) ist auch im

vorliegenden Versuch relevant. Durch die nur marginal erhöhten RP-Gehalte im „aufgenommenen“ Weidefutter wird diese allgemeine N-Problematik der Beweidung jedoch kaum verstärkt.

- Aufgrund der großen Variationsbreite des Futterangebotes im Hinblick auf Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung in Abhängigkeit von Aufwuchstyp, Jahr, Schichtung und morphologisch-phänologischem Entwicklungsstadium wird die Schwierigkeit der Prognostizierbarkeit und Modellierbarkeit der Futteraufnahme im Laufe der Vegetationsperiode deutlich.

2.6 Literatur

- ALLISON, C.D. (1985) Factors affecting forage intake by range ruminants: A Review, *Journal Range Management*, **38**, 305-311
- ANGER, M. (2001) Kalkulation der umweltbelastenden Stickstoffverluste auf Dauergrünland und Bewertung des nachhaltigen Stickstoffeinsatzes im Grünlandbetrieb. Habilitationsschrift, Hohe Landwirtschaftliche Fakultät, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- ARNOTT, R.A. & RYLE, G.J.A. (1982) Leaf surface expansion on the main axis of white and red clovers. *Grass and Forage Science*, **37**, 227-233
- ASTIGARRAGA, L., PEYRAUD, J.L. (1995) Effects of sward structure upon herbage intake by grazing dairy cows. *Ann. Zootech.*, **44**, Suppl., 126
- BAILY, D.W. (1995) Daily selection of feeding areas by cattle in homogeneous and heterogeneous environments. *Applied Animal Behaviour Science*, Vol. **45** (3-4) pp. 183-200
- BARRETT, P.D., LAIDLAW, A.S., MAYNE, C.S. & CHRISTIE, H. (2001) Pattern of herbage intake and bite dimensions of rotationally grazed cows as sward height declines. *Grass and Forage Science*, **56**, 362-373
- BENKE, M. (1992) Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzen-Methode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. Dissertation, Universität Kiel
- BETTERIDGE, K., ANDREWES, W.G.K. & SEDCOLE, J.R. (1986) Intake and Excretion of nitrogen, potassium and phosphorus by grazing steers. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* **106**, 393-404
- BLASER, R.E. (1982) Integrated pasture and animal management. *Tropical Grassland* **16**, 9-24
- BLATTMANN, W. (1967) Yield and utilized production of our pastures. In: Proc. Of the II. General Meeting of the European Grassland Federation, C.N.R.A. Versailles, pp. 57-66
- BOBE, J., WACHENDORF, M., BÜCHTER, M. & TAUBE, F. (2004) Nitrate Concentration in the Drainage Water and in the Shallow Groundwater under Permanent Grassland on Sandy Soils in Northern Germany. *J. Environm. Qual.* (*in press*)
- BRENNER, S.G.M. (2001) Quantifizierung horizontaler Nährstoffbewegungen durch angepasste Weidewirtschaft mit Schafen in Naturschutzgebieten unter Berücksichtigung floristisch-vegetationskundlicher Analysen. Shaker Verlag Aachen 2001, Dissertation Universität Bonn, Institut für Tierernährung

- BROUGHAM, R.W., BALL, P.R. & WILLIAMS, W.M. (1978) The ecology and management of white clover based pastures. In: Wilson, J.R. (Ed.): Plant relations in pastures. C.S.I.R.O. Melbourne, 309-324
- BRZEZINSKI, N. (2003) Analysis of the vertical structure of grazed mixed swards. Master Thesis, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- BÜCHTER, M. (2003). Nitratauswaschungen unter Grünland und Silomais in Monokultur auf sandigen Böden Norddeutschlands. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, CAU Kiel
- BUTRIS, G.Y. & PHILLIPS, C.J.C. (1987) The effect of herbage surface water and the provision of supplementary forage on the intake and feeding behaviour of cattle. *Grass and Forage Science*, **42**, 259-264
- CLARK, J., KAT, C. & SANTHIRASEGARAM, K. (1974) The dry matter production, botanical composition, *in vitro* digestibility and protein percentage of pasture layers. *Journal British Grassland Society* **29**, 179-184
- CURL, M.L. & WILKINS, R.J. (1983) The comparative effects of defoliation, treading and excreta on a *Lolium perenne-Trifolium repens* pasture grazed by sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, **100**, 451-460
- CUTTLE, S.P. & BOURNE, P.C. (1993) Uptake and leaching of nitrogen from artificial urine applied to grassland on different dates during the growing season. *Plant and Soil*, **150**, 77-86
- DELAGARDE, R., PEYRAUD, J.L., DELABY, L. & FAVERDIN, P. (2000) Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Animal Feed Science and Technology*, **84**, 49-68
- DELAGARDE, R., FAVERDIN, P., BARATTE, C., BAILHACHE, M. & PEYRAUD, J.L. (2004) The herbage intake model for grazing dairy cows in the EU Grazemore project. *Grassland Science in Europe*, **9**, 650-652
- EDWARDS, G.R., PARSONS, A.J., NEWMAN, J.A. & WRIGHT, I.A. (1996) The spatial pattern of vegetation in cut and grazed grass/white clover pastures. *Grass and Forage Science*, **51**, 219-231
- EVANS, D.R., WILLIAMS, T.A., JONES, S. & EVANS, S.A. (1995) The effect of blending white clover varieties and their contribution to a mixed grass / clover sward under continuous sheep stocking. *Grass and Forage Science*, **50**, 10-15
- FORBES, J.M., (1995) Voluntary intake and diet selection in farm animals. Wallingford, Oxon: CAB international
- FRIEDEL, K. & POPPE, S. (1990) Ein modifiziertes Cellulaseverfahren als Methode zur Schätzung der Verdaulichkeit von Grobfutter. *Wiss. Z. Universität Rostock, N. Reihe*, **39**, 78-86
- GIBB, M.J., HUCKLE, C.A., NUTHALL, R. & ROOK, A.J. (1999) The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, **63**, 269-287
- HACKER, J.B. & MINSON, D.J. (1981) The digestibility of plant parts. *Herbage Abstracts*, **51**, 459-481
- HARKESS, R.D. & ALEXANDER, R.H. (1969) The digestibility and productivity of selected herbage varieties. *J. British Grassland Soc.*, **24**, 282-289
- HERRMANN, A. (1999) Modellierung von Ertragsverlauf und Qualitätsentwicklung verschiedener Pflanzenteile von Einjährigem Weidelgras (*Lolium multiflorum* Lam. ssp. *gaudini*). Shaker Verlag, Dissertation, Universität Gießen
- HODGSON, J. & WILKINSON, J.M. (1968) The influence of the quantity of herbage offered and its digestibility on the amount eaten by grazing cattle. *Journal of British Grassland Society*, **23**, 75-80

- HODGSON, J. (1982) Influence of sward characteristics in diet selection and herbage intake by the grazing animal. In: Hacker, J.M. (ed.): Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. Farnham Royal, U.K. Commonwealth Agricultural Bureau, 153-166
- HODGSON, J. (1985) The control of herbage intake in the grazing ruminant. Proceedings of the Nutrition Society, **44**, 339-346
- HODGSON, J. (1986) Grazing behaviour and Herbage Intake. In: Frame, J. (ed.) Grazing. British Grassland Society, Occ. Symp. No. 19, p. 51-64
- HODGSON, J. (1990) Grazing Management – Science into Practice. Longman Scientific Technical, New York, pp. 203
- INGWERSEN, B. (2002) Einfluß von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Leistungsfähigkeit von leguminosenbasiertem Dauergrünland unter besonderer Berücksichtigung der Nährstoffbilanzierung. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- JACOBS, J.L., MCKENZIE, F.R. & WARD, G.N. (1999) Changes in the botanical composition and nutritive characteristics of pasture and nutrient selection by dairy cows grazing rainfed pastures in Western Victoria. Australian Journal of Experimental Agriculture. **39**: 4, 419-428
- JARVIS, S.C., HATCH, D.J. & ROBERTS, D.H (1989) The effects of grassland management on nitrogen losses from grazed swards through ammonia volatilization; the relationship to excretal N returns from cattle. Journal of Agricultural Science, Cambridge, **112**, 205-216
- KAYSER, M. (2003) Nitrogen and Potassium leaching from grassland: the effect of fertilizer regime and application of cattle urine. Dissertation, Göttinger Agrarwissenschaftliche Beiträge, Bd. 14, excelsior p.s. Verlag
- KOLVER, E.S. & MULLER, L.D. (1998) Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. Journal of Dairy Science, **81**, 1403-1411.
- KONYALI, A. (2001) Effects of synchronous and asynchronous concentrates on performance and efficiency of nitrogen utilization of lactating dairy cows. Dissertation, Schriftenreihe Institut für Tierzucht u. -haltung, Christian-Albrechts-Universität Kiel
- LAISSUS, R. (1982) How to use nitrogen fertilizer on a grass-white clover sward. Proc. 9th Gen. Meeting European Grassland Federation., Reading, 223-226
- LANTINGA, E.A. (1985) Simulation of herbage production and herbage intake during a rotational grazing period: An evaluation of Linehan's formula. Netherlands Journal of Agricultural Science **33**, 385-403
- LEX, J.I. (1992) Beitrag des Weißklee (*Trifolium repens* L.) im Gemenge mit Gräsern zur Ertragsbildung des Pflanzenbestandes und zum Futterwert der Erntemasse. Fakultät für Landwirtschaft u. Gartenbau, TU München, Dissertation
- LOUAULT, F., CARRIÈRE, P. & SOUSSANA, J.F. (1997) Grass and clover herbage use efficiencies in mixtures continuously grazed by sheep. Grass and Forage Science, **52**, 388-400
- MÄDEL, F. & VOIGTLÄNDER, G. (1975) Die vertikale Verteilung der Trockensubstanz in einigen Grünlandpflanzen und -beständen. Das wirtschaftseigene Futter **21**, 280-290
- MARRIOTT, C. A., SMITH, M.A. & BAIRD, M.A. (1987) The effect of sheep urine on clover performance in a grazed upland sward. Journal of Agricultural Science, Cambridge, **109**, 177-185
- MARRIOTT, C.A., BOLTON, G.R. & DUFF, E.I. (1997) Factors affecting the stolon growth of white clover in ryegrass/clover patches. Grass and Forage Science, **52**, 147-155
- MAYNE, C.S. & PEYRAUD, J.L. (1996) Recent advances in grassland utilization under grazing and conservation. Grassland Science in Europe, **1**, 347-360
- MAYNE, C.S., MCGILLOWAY, D., CUSHNAHAN, A. & LAIDLAW, A.S. (1997) The effect of sward height and bulk density on herbage intake and grazing behaviour of dairy cows.

- Proceedings of the XVIII Int. Grassl. Congress, Winnipeg, Manitoba, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, Vol. 1, 2-15 - 2-16
- MCGILLOWAY, D.A., CUSHNAHAN, A., LAIDLAW, A.S., MAYNE, C.S. & KILPATRICK, D.J. (1999) The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science*, **54**, 116-126
- MEAK, P. (2002) Biochemische Charakterisierung von Pflanzen unterschiedlicher Nutzungsintensität zur Ableitung von Parametern für die Ermittlung des energetischen Futterwertes. Dissertation der Humboldt-Universität Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
- MEIJS, J.A.C. (1981) Herbage intake by grazing dairy cows. Agricultural Research Reports 909 Pudoc, Wageningen, Doctoral thesis
- MILNE, J.A., HODGSON, J., THOMPSON, R., SOUTER, W.G. & BARTHAM, G.T. (1982) The diet ingested by sheep grazing swards differing in white clover and perennial ryegrass content. *Grass and Forage Science*, **37**, 209-218
- MILNE, J.A. (1991) Diet selection by grazing animals. *Proc. of the Nutrition Society*, **50**, 77-85
- NAUMANN, C. & BASSLER, R. (1976) Methodenhandbuch Bd. III. Die chemische Analyse von Futtermitteln. Verlag Naumann, Melsungen, Berlin, Basel und Wien
- NEWMAN, J.A., PARSONS, A.J. & HARVEY, A. (1992) Not all sheep prefer clover: diet selection revisited. *Journal of Agricultural Science* **119**, 275-283
- OURRY, A., BOUCAUD, J & SALETTE, J. (1988) Nitrogen mobilization from stubble and roots during re-growth of defoliated perennial ryegrass. *Journal of Experimental Botany*, **39**, 803-809
- PARSONS, A.J. & CHAPMAN, D.F. (2000) The principals of pasture growth and utilization. *In*: Hopkins A. (ed) *Grass its Production and Utilization*, pp. 31-89. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- PEARSON, C.J. & ISON, R.L. (1997) *Agronomy of Grassland Systems*, 2nd edition. Cambridge University Press.
- PENNING, P.D., HOOPER, G.E. (1985) An evaluation of the use of short-term weight changes in grazing sheep for estimating herbage intake. *Grass and Forage Science*, **40**, 79-84
- PENNING, P.D., PARSONS, A.J., ORR, R.J. & HOOPER, G.E. (1994) Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. *Grass and Forage Science*, **49**, 476-486
- PEYRAUD, J.L., COMERON, E.A., WADE, M.H. & LEMAIRE, G. (1996) The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Ann. Zootech.*, **45**, 201-217
- PEYRAUD, J.L. & GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. (2000) Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. *Grassl. Science in Europe*, **5**, 269-282
- PEYRAUD, J.L., MOSQUERA-LOSADA, R. & DELABY, L. (2004) Challenges and tools to develop efficient dairy systems based on grazing: how to meet animal performance and grazing management. *Grassland Science in Europe*, **9**, 373-384
- PHILIPS, C.J.C. & RIND, M.I. (2001) The effect of frequency of feeding a total mixed ration on the production and behaviour of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **84**, 1979-1987
- PULIDO, R. & LEAVER, J.D. (1995) Influence of initial milk yield, sward height and concentrate level on herbage intake and grazing behaviour of dairy cattle. *Ann. Zootech.*, **44**, Suppl. 129
- PULIDO, R.G. & LEAVER, J.D. (2003) Continuous and rotational grazing of dairy cows - the interactions of grazing system with level of milk yield, sward height and concentrate level. *Grass and Forage Science* **58**, 265-275
- ROGALSKI, M., KRYSZAK, J. & KARZOUN, Z. (1989) The effect of daily herbage allowance on the ingestive behaviour of dairy cows. *Proceedings of the 16th International Grassland Congress*, Nice, France, pp. 1107-1108

- RUTTER, S.M., ORR, R.J., PENNING, P.D. YARROW, N.H., CHAMPION, R.A. & ATKINSON, L.D. (1998) Dietary preference of dairy cows grazing grass and clover. Proceedings of the British Society of Animal Science, Penicuik, p.51
- SANDERSON, M.A., SODER, K.J., BRZEZINSKI, N., MULLER, L.D., SKINNER, R.H., WACHENDORF, M., TAUBE, F. & GOSLEE, S.C. (2004) Plant species diversity influences on forage production and performance of dairy cattle on pasture. Grassland Science in Europe, **9**, 632-634
- SAS INSTITUTE (2001) Version 8.2, SAS Institute
- SHELLBERG, J., WAGNER, B. & KÜHBAUCH, W. (1993) Zeitliche Veränderung der Futterqualität von Löwenzahn (*Taraxacum officinale* Web.) im Frühjahrs- und Spätsommaraufwuchs einer intensiven Mähweide. AG Grünland und Futterbau, 37. Jahrestagung in Husum, 211-214
- SCHMIDT, L., HOPPE, T. & WEISSBACH, F. (1995) Untersuchungen zur selektiven Aufnahme von Weidegras durch Rinder. VDLUFA – Schriftenreihe, **40**, 5, 425-428
- SCHÜTZ, U. & SCHNYDER, H. (1998a) Die räumliche Heterogenität der Futterqualität und des Verzehrs auf einer extensiv bewirtschafteten Umtriebsweide. Tagungsband der 42. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in Gießen, 74-79
- SCHÜTZ, U. & SCHNYDER, H. (1998b) Räumliche Variabilität des Bestandeswachstums in einer extensiv genutzten Umtriebsweide. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften **11**, 189-190
- SPÖRNDLY, E. & BURSTEDT, E. (1995) The effect of sward height and season on herbage intake of dairy cows in a rotational grazing system. Ann. Zootech. **44**, Suppl., 130
- STOBBS, T. H. (1973) The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animal grazing *Setaria anceps* and *Chloris Gayana* at various stages of growth. Australian Journal of Agricultural Research, **24**, 821-829
- STROH, K. (2000) Stickstoff-Verteilung in Einzelpflanzen und Beständen des Grünlandes in Abhängigkeit von Stickstoff-Angebot, Bestandesstruktur und Lichtregime. Dissertation, Technische Universität München, Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau
- STROH, K., LÖTSCHER, M. & SCHNYDER, H. (1997) Stickstoff-Status von Weidevegetation. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften **10**, 223-224
- STROH, K., LÖTSCHER, M. & SCHNYDER, H. (1998) Vertikale N-Verteilung in verschiedenen Arten in extensiv genutzten Weiden bei unterschiedlicher N-Versorgung. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften **11**, 71-72
- SÜDEKUM, K.-H., TAUBE, F. & WÖRNER, M. (1990) Einfluß der botanischen Zusammensetzung (Weißkleeanteil) auf die Veränderung des energetischen Futterwertes im Zuwachsverlauf von Dauergrünlandbeständen. VDLUFA-Schriftenreihe, **32**, 469-474
- SÜDEKUM, K.-H. (1999) Grenzen der Energiedichte von Grünlandaufwüchsen im Hinblick auf die Fütterung von Hochleistungskühen. Mitteilungen der AG Grünland u. Futterbau, Wissenschaftlicher Fachverlag Gießen, **1**, 25-30
- TAUBE, F., KORNER, A., SÜDEKUM, K.-H., WÖRNER, M. & PAPST, K. (1991) Slot seeding of white clover into a permanent pasture: Impact on botanical composition, dry matter yield and quality of herbage. EGF, Grassland renovation and weed control in Europe, September 18-21, Graz, Austria, 123-125
- TAUBE, F. & WACHENDORF, M. (2000) The Karkendamm Project: A system approach to optimize nitrogen use efficiency on the dairy farm. Grassl. Science in Europe, **5**, 449-451
- TAUBE, F., BRZEZINSKI, N., MULLER, L.D., SANDERSON, M.A., SODER, K.J. & WACHENDORF, M. (2004) The influence of species composition on productivity, forage quality and herbage disappearance of grazed mixed swards. Grassland Science in Europe, **9**, 635-637

- TERRY, R.A. & TILLEY, J.M.A. (1964) The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an *in vitro* procedure. *Journal of the British Grassland Society*, **19**, 363-372
- THARMARAJ, J., WALES, W.J., CHAPMAN, D.F. & EGAN, A.R. (2003) Defoliation pattern, foraging behaviour and diet selection by lactating dairy cows in response to sward height and herbage allowance of a ryegrass-dominated pasture. *Grass and Forage Science*, **58**, 225-238
- THOMAS, R.J., LOGAN, K.A.B., IRONSIDE, A.D. & MILNE, J.A. (1986) Fate of sheep urine-N applied to an upland grass sward. *Plant and Soil*, **91**, 425-427
- THÓRHALLSDÓTTIR, T.M. (1990) The dynamics of a grassland community: a simultaneous investigation of spatial and temporal heterogeneity at various scales. *Journal of Ecology*, **78**, 884-908
- THUMM, U., JACOB, H. & BRUNTNER, B. (1998) Vertikale Verteilung der Trockenmasse und einiger Inhaltsstoffe in einem Mähweide- und einem 2 Schnittwiesenbestand. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften* **11**, 155-156
- TILLMANN, P. (1992) Die Nutzungselastizität von Grünlandbeständen verschiedener botanischer Zusammensetzung. *Das wirtschaftseigene Futter*, **38**, 217-232
- TROTT, H. T. (2003) Mittelfristige Auswirkungen einer variierten Bewirtschaftungsform und N-Intensität auf Leistungsparameter und die Stickstoffbilanz von Dauergrünland. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- TROTT, H., WACHENDORF, M., INGWERSEN, B. & TAUBE, F. (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass and Forage Science*, **59**, 41-55
- VAN DER MER, H.G. (1983) Effective use of nitrogen on grassland farms. p. 61-68 *In* Corral, A.J. (ed.) *Efficient grassland farming*. Proceedings of the 9th General Meeting of the European Grassland Federation, Reading, UK
- VOIGTLÄNDER, G. & VOSS, N. (1979) *Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 207 S.
- VOIGTLÄNDER, G. & JACOB, H. (1987) *Grünlandwirtschaft und Futterbau*, Ulmer Verlag
- WACHENDORF, M., R.P. COLLINS, J. CONNOLLY, A. ELGERSMA, M. FOTHERGILL, B. E. FRANKOW-LINDBERG, A. GHESQUIERE, A. GUCKERT, M. P. GUINCHARD, A. HELGADOTTIR, A. LÜSCHER, T. NOLAN, P. NYKÄNEN-KURKI, J. NÖSBERGER, G. PARENTE, S. PUZIO, I. RHODES, C. ROBIN, A. RYAN, B. STÄHELI, S. STOFFEL & F. TAUBE (2001a): Overwintering of *Trifolium repens* L. and Succeeding Growth: Results from a Common Protocol carried out at Twelve Sites. *Annals of Botany* **88**, 669-682.
- WACHENDORF, M., R.P. COLLINS, A. ELGERSMA, M. FOTHERGILL, B. E. FRANKOW-LINDBERG, A. GHESQUIERE, A. GUCKERT, M. P. GUINCHARD, A. HELGADOTTIR, A. LÜSCHER, T. NOLAN, P. NYKÄNEN-KURKI, J. NÖSBERGER, G. PARENTE, S. PUZIO, I. RHODES, C. ROBIN, A. RYAN, B. STÄHELI, S. STOFFEL, F. TAUBE & J. CONNOLLY (2001b) Overwintering of *Trifolium repens* L. in mixture with *Lolium perenne* L.: A Model Approach to Plant-Environment Interactions. *Annals of Botany* **88**, 683-702.
- WACHENDORF, M., BÜCHTER, M., TROTT, H. & TAUBE, F. (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. *Grass and Forage Science*, **59**, 56-68
- WADE, M.H., PEYRAUD, J.L., COMERON, E.A. & LEMAIRE, G. (1995) The dynamics of daily milk production and sward height under paddock grazing conditions. *Ann. Zootech.*, **44**, Suppl., 127
- WALES, W.J., DOYLE, P.T. & DELLOW, D.W. (1998) Dry matter intake and nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures at different pasture allowances. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **38**, 451-460

- WHITEHEAD, D.C. (1995) Grassland Nitrogen. CAB International, Wallingford
- WILLIAMS, P.H. & HAYNES, R.J. (1994) Comparison of initial wetting pattern, nutrient concentrations in soil solution and the fate of ¹⁵N labelled urine in sheep and cattle urine patches areas of pasture soil. *Plant and Soil*, **162**, 49-59
- WILLIAMS, T.A., ABBERTON, M.T. & RHODES, I. (2003) Performance of white clover varieties combined in blends and alone when grown with perennial ryegrass under sheep and cattle grazing. *Grass and Forage Science*, **58**, 90-93
- WINKLER, L. & NÖSBERGER, J. (1985) Einfluß der Schnitthäufigkeit und N-Düngung auf die Bestandesstruktur und vertikale Verteilung von Weißklee (*Trifolium repens* L.) in einer Dauerwiese. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, **155**, 43-50
- WOLEDGE, J., REYNERI, A., TEWSON, V. & PARSONS, A.J. (1992) The effect of cutting on the proportions of perennial ryegrass and white clover in mixtures. *Grass and Forage Science*, **47**, 169-179
- WOLTON, K. M. (1963) An investigation into the simulation of nutrient returns by the grazing animal in grassland experimentation. *Journal of British Grassland Society*, **18**, 213-219

Anhang

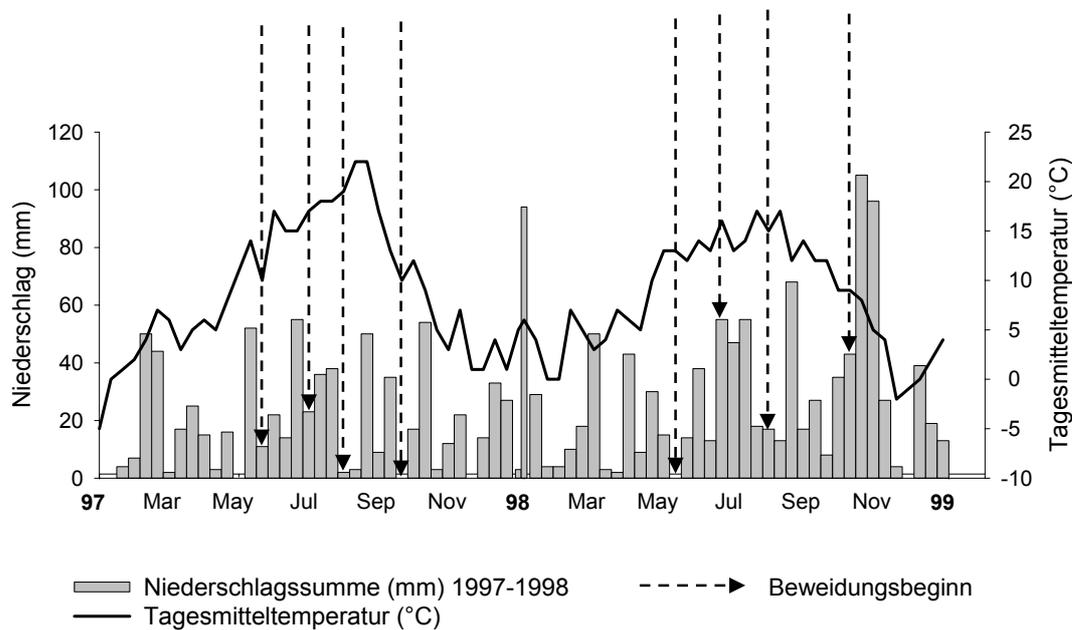


Abb. A1: Tagesmitteltemperatur (°C), Niederschlagssumme (mm) und Beweidungsbeginn der Weidelgras-Weißklee-Weide für die Versuchsjahre 1997 und 1998 (Dekadenwerte, Wetterstation Karkendamm)

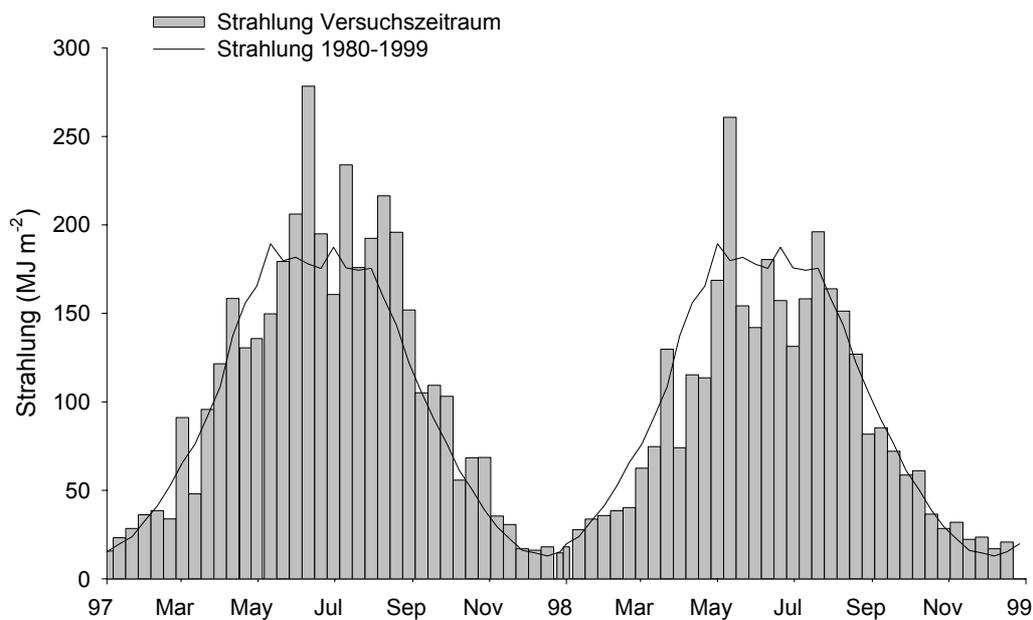


Abb. A2: Globalstrahlungssumme (MJ m^{-2}) der Versuchsjahre 1997 und 1998 sowie das langjährige Mittel 1980-1999 (Dekadenwerte, Wetterstation Quickborn)

Tab. A1: Beweidungsbeginn der einzelnen Aufwüchse und Grundfutter-Zufütterung für die Versuchsjahre 1997 und 1998

Termin	1997		1998	
	Beweidungs- beginn	Zufütterung	Beweidungs- beginn	Zufütterung
1. Aufwuchs (Frühjahr)	19.05.	-	10.05.	-
2. Aufwuchs	27.06.	-	17.06.	-
3. Aufwuchs (Sommer)	30.07.	-	02.08.	Tag 2-4
4. Aufwuchs (Herbst)	19.09.	ja	07.10.	ja

Tab. A2: Ergebnisse der Varianzanalyse des TM-Ertrages, der RP-Gehalte und der Verdaulichkeiten d. OM (VOM) der Gesamtbestände

Faktor	TM-Ertrag		RP-Gehalt		VOM	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Aufwuchstyp (A)	<0,0001 [#]	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0015
Nutzungsregime (R)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns
Aufwuchstag (T)	<0,0001	0,0007	<0,0001	<0,0001	0,0006	<0,0001
A*R	<0,0001	0,0001	ns	ns	0,0233	<0,0001
A*T	<0,0001	ns	0,0068	ns	ns	0,0162
R*T	<0,0001	<0,0001	0,0013	0,0057	<0,0001	ns
A*R*T	ns	0,0324	0,0497	ns	ns	ns

[#] ns: nicht signifikant; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Tab. A3: TM-Erträge (dt ha⁻¹) der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R						U					
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
	T											
F 1997	1											
	2	8.71	7.89	5.37	3.94	4.53	4.99	5.98	3.83	3.84	7.66	
	3	8.15	5.27	3.15	2.13	0.38	8.96	6.54	5.51	4.71	5.95	
	4	8.94	5.77	3.60	2.59		8.23	7.21	5.76	5.07	8.13	
	5	12.05	6.67	2.93			9.50	8.23	6.70	4.57	8.02	
	6	7.59	2.50	1.46	0.35		8.99	6.70	5.56	6.34	7.61	
S 1997	1											
	2	9.35	4.85	3.00	1.02	0.19	9.33	4.25	2.37	0.62	0.18	
	3	13.01	5.09	1.89	0.61		10.34	4.51	1.77	0.80	0.28	
	4	11.33	2.62	0.67	0.19	0.12	8.57	5.30	2.35	0.92	0.08	
	5	5.31	0.87				9.21	4.54	2.80	0.96	0.37	
	6	6.76	0.19				7.95	4.38	4.06	1.69	1.08	
H 1997	1											
	2	7.07	3.86	0.71			5.28	3.08	0.59			
	3	8.81	1.05				6.42	3.15	0.62			
	4	8.45	1.51	0.40	0.31		7.54	2.40	0.70			
	5	6.77	0.46				9.71	2.24	0.17			
	6	7.86	0.46				8.84	3.30	0.63	0.07		
F 1998	1	9.52	6.57	4.16	2.80	1.61	12.42	6.44	4.01	2.14	0.62	
	2	13.53	6.65	3.83	1.31	0.90	9.92	6.69	4.08	3.06	1.26	
	3	11.35	5.92	3.55	1.74	0.59	9.30	7.50	4.20	2.70	2.05	
	4	13.27	3.53	1.23	0.37	0.13	11.65	6.72	4.87	2.77	2.28	
	5	12.53	2.74	1.12	0.16	0.06	10.75	6.86	5.19	3.54	3.06	
	6	9.79	0.75	0.15			11.87	8.79	5.82	3.94	2.36	
S 1998	1	7.63	5.32	2.65	1.17	0.62	6.89	4.74	2.84	1.71	1.76	
	2	10.42	6.39	2.78	1.04	0.71	8.09	5.70	3.37	1.70	1.73	
	3	8.50	3.34	1.29	0.57	0.45	6.29	4.52	2.64	1.12	1.13	
	4	7.89	2.34	0.83	0.31	0.34	10.19	5.35	2.28	0.97	0.62	
	5	8.03	1.85	0.42	0.04		7.66	5.21	3.36	2.16	1.67	
	6	9.80	0.85	0.21	0.08	0.03	9.55	6.39	3.94	1.78	1.18	
H 1998	1	9.39	5.04	1.98	0.40	0.21	8.40	3.65	1.32	0.40	0.09	
	2	11.24	3.25	0.63	0.13		8.24	3.49	1.51	0.63	0.18	
	3	9.03	2.10	0.45	0.05	0.01	8.84	3.26	1.14	1.49	0.35	
	4	8.77	2.25	0.46	0.12	0.06	7.24	3.69	1.33	0.42	0.10	
	5	9.21	1.59	0.19	0.05	0.02	8.98	3.97	1.78	0.69	0.23	
	6	8.39	1.01	0.08	0.02		8.68	4.80	2.08	0.66	0.23	

Tab. A4: Ertragsanteile (% d. TM) der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R						U					
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
	T											
F 1997	1											
	2	28.62	25.91	17.64	12.94	14.89	18.98	22.72	14.57	14.60	29.13	
	3	42.73	27.65	16.51	11.14	1.97	28.30	20.64	17.39	14.88	18.79	
	4	42.78	27.63	17.21	12.38		23.93	20.96	16.75	14.72	23.64	
	5	55.64	30.81	13.55			25.65	22.23	18.09	12.36	21.67	
	6	63.77	21.00	12.25	2.98		25.54	19.04	15.78	18.02	21.62	
S 1997	1											
	2	50.76	26.36	16.31	5.55	1.02	55.67	25.38	14.17	3.70	1.08	
	3	63.17	24.68	9.20	2.95		58.43	25.48	9.98	4.53	1.58	
	4	75.86	17.56	4.50	1.27	0.81	49.75	30.77	13.68	5.33	0.47	
	5	85.88	14.12				51.49	25.40	15.66	5.37	2.08	
	6	97.29	2.71				41.51	22.84	21.16	8.83	5.66	
H 1997	1											
	2	60.74	33.16	6.09	0.01		59.01	34.40	6.59			
	3	89.35	10.65				62.98	30.89	6.13			
	4	79.15	14.18	3.73	2.94		70.87	22.54	6.59			
	5	93.68	6.32				80.11	18.45	1.44			
	6	94.52	5.48				68.84	25.71	4.90	0.55		
F 1998	1	38.61	26.63	16.87	11.34	6.55	48.46	25.12	15.66	8.35	2.41	
	2	51.59	25.39	14.59	4.99	3.45	39.66	26.74	16.32	12.24	5.04	
	3	49.01	25.58	15.33	7.53	2.55	36.12	29.14	16.29	10.49	7.96	
	4	71.63	19.05	6.65	1.98	0.69	41.18	23.74	17.23	9.80	8.05	
	5	75.43	16.50	6.76	0.96	0.35	36.56	23.32	17.66	12.04	10.42	
	6	91.57	7.01	1.42			36.21	26.81	17.75	12.03	7.20	
H 1998	1	55.17	29.57	11.66	2.34	1.26	60.62	26.32	9.52	2.92	0.62	
	2	73.71	21.29	4.11	0.87	0.02	58.67	24.84	10.73	4.47	1.29	
	3	77.55	18.01	3.89	0.43	0.12	58.63	21.63	7.56	9.86	2.32	
	4	75.23	19.28	3.98	1.03	0.48	56.67	28.86	10.37	3.32	0.78	
	5	83.34	14.36	1.72	0.44	0.14	57.33	25.37	11.37	4.43	1.50	
	6	88.27	10.64	0.86	0.23		52.78	29.21	12.63	4.01	1.37	

Tab. A5: Gras-Ertragsanteile (% d. TM) der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R						U					
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
	T											
F 1997	1											
	2	50.15	39.71	30.84	28.49	11.68	43.34	39.55	35.44	30.67	21.03	
	3	60.42	58.05	44.85	27.07	18.64	52.00	47.45	43.14	37.86	32.50	
	4	50.14	45.30	40.75	21.47		42.38	37.83	32.09	24.84	21.12	
	5	67.58	63.48	38.14			44.60	32.96	29.49	30.47	23.19	
	6	74.04	77.35	45.64			49.99	44.93	39.38	34.09	25.31	
S 1997	1											
	2	60.08	35.76	37.52	39.99	87.63	36.28	19.31	14.27	30.91	29.22	
	3	62.59	56.71	51.80	72.67		19.27	8.81	7.10	8.48		
	4	50.39	41.79	34.15	57.01		28.88	14.13	6.66	6.57	4.82	
	5	54.95	44.92				31.51	20.70	14.94	34.68	69.78	
	6	73.90	64.38				25.20	16.56	9.48	7.32	24.53	
H 1997	1											
	2	29.89	21.40	27.46	55.21		12.92	9.78	9.40			
	3	33.88	25.10	0.00			15.98	10.62	16.29			
	4	46.20	26.14	16.31	13.20		22.10	15.48	10.92			
	5	58.91	24.10				24.79	22.67	15.32			
	6	64.38	34.97				21.91	12.85	10.61	8.93		
F 1998	1	63.93	64.15	57.60	56.62	45.78	73.43	59.97	57.47	41.15	40.53	
	2	86.18	85.17	83.30	83.97	57.45	75.62	67.55	66.05	67.08	62.30	
	3	77.29	79.24	77.74	69.74	45.96	72.48	63.49	70.14	75.70	65.64	
	4	76.62	83.16	80.85	75.91	22.89	72.19	68.10	67.46	63.78	61.85	
	5	82.57	84.17	62.68	98.55	100.0	76.04	75.00	70.23	72.09	75.68	
	6	85.25	92.91	88.11			70.45	66.36	64.97	65.43	77.82	
H 1998	1	54.14	54.04	62.27	88.22	92.57	65.03	63.15	80.61	93.48	100.0	
	2	62.59	46.20	61.32	89.29	100.0	68.24	61.09	72.74	87.24	100.0	
	3	61.61	63.38	69.73	87.50	100.0	64.49	63.20	78.55	99.16	100.0	
	4	72.75	80.00	85.69	99.06	88.89	71.21	66.25	72.35	90.43	97.06	
	5	62.06	63.41	81.91	100.0	100.0	70.93	69.72	79.56	94.35	100.0	
	6	67.94	63.15	100.0	100.0		79.19	73.49	83.40	96.09	98.85	

Tab. A6: Kraut-Ertragsanteile (% d. TM) der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R						U					
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
	T											
F 1997	1											
	2	45.86	56.37	65.58	68.06	87.55	55.70	58.99	62.38	67.98	78.41	
	3	36.66	39.39	54.14	71.94	81.36	43.60	43.64	46.18	51.81	65.44	
	4	45.42	50.45	57.49	78.53		51.95	55.72	59.49	66.01	76.10	
	5	29.28	34.31	61.86			46.73	58.47	56.32	57.52	74.32	
	6	23.07	21.45	54.36			44.97	49.16	54.04	60.78	73.64	
S 1997	1											
	2	20.34	22.37	20.02	15.60	9.28	28.65	24.94	21.50	29.40	70.78	
	3	17.27	20.82	16.59	14.56		41.07	33.33	36.72	72.77	100.0	
	4	17.53	17.58	35.40	22.81		37.02	33.44	23.88	33.01	90.36	
	5	16.95	18.17				43.78	41.54	42.50	48.34	30.22	
	6	15.29	35.62				35.41	34.09	31.67	39.18	57.32	
H 1997	1											
	2	46.79	57.77	64.58	41.66		41.10	40.72	51.75			
	3	37.82	49.76	0.00	0.00		39.54	39.12	68.22			
	4	22.58	34.60	45.65	64.97		44.49	49.45	53.84			
	5	25.43	46.45				49.52	53.33	63.06			
	6	19.73	45.51				37.39	42.76	40.85	66.07		
F 1998	1	27.15	27.81	35.80	39.35	54.06	21.73	34.92	34.96	54.50	58.20	
	2	8.73	8.22	11.03	13.54	42.55	18.28	24.06	27.32	30.53	37.70	
	3	21.20	20.03	21.02	29.70	53.59	17.19	26.08	18.55	20.75	34.36	
	4	19.34	13.47	14.87	24.09	77.11	21.47	23.68	25.82	32.05	37.83	
	5	15.48	13.85	36.11	1.45		18.75	16.49	19.67	22.15	24.28	
	6	10.60	6.50	11.89			15.96	18.71	14.55	18.24	20.86	
H 1998	1	30.03	25.46	15.09	11.00	6.42	13.87	18.29	6.79	2.87		
	2	25.62	33.48	25.42	10.71		18.30	20.38	8.97	4.92		
	3	19.36	13.45	7.96	12.50		25.92	17.76	10.30			
	4	20.33	12.52	5.65	0.94	11.11	19.46	22.23	17.76	8.29	2.94	
	5	20.33	22.15	13.21			19.11	16.92	9.32	1.08		
	6	22.69	25.04				10.66	15.22	7.76	3.21	0.77	

Tab. A7: Weißklee-Ertragsanteile (% d. TM) der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R						U				
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	T										
F 1997	1										
	2	3.99	3.92	3.58	3.45	0.77	0.96	1.46	2.18	1.35	0.56
	3	2.92	2.56	1.01	0.99		4.40	8.91	10.68	10.33	2.06
	4	4.44	4.25	1.76			5.67	6.45	8.42	9.15	2.78
	5	3.14	2.21				8.67	8.57	14.19	12.01	2.49
	6	2.89	1.20				5.04	5.91	6.58	5.13	1.05
S 1997	1										
	2	19.58	41.87	42.46	44.41	3.09	35.07	55.75	64.23	39.69	
	3	20.14	22.47	31.61	12.77		39.66	57.86	56.18	18.75	
	4	32.08	40.63	30.45	20.18		34.10	52.43	69.46	60.42	4.82
	5	28.10	36.91				24.71	37.76	42.56	16.98	
	6	10.81					39.39	49.35	58.85	53.50	18.15
H 1997	1										
	2	23.32	20.83	7.96	3.13		45.98	49.50	38.85		
	3	28.30	25.14				44.48	50.26	15.49		
	4	31.22	39.26	38.04	21.83		33.41	35.07	35.24		
	5	15.66	29.45				25.69	24.00	21.62		
	6	15.89	19.52				40.70	44.39	48.54	25.00	
F 1998	1	8.92	8.04	6.60	4.03	0.16	4.84	5.11	7.57	4.35	1.27
	2	5.09	6.61	5.67	2.49		6.10	8.39	6.63	2.39	
	3	1.51	0.73	1.24	0.56	0.45	10.33	10.43	11.31	3.55	
	4	4.04	3.37	4.28			6.34	8.22	6.72	4.17	0.32
	5	1.95	1.98	1.21			5.21	8.51	10.10	5.76	0.04
	6	4.15	0.59				13.59	14.93	20.48	16.33	1.32
H 1998	1	15.83	20.50	22.64	0.78	1.01	21.10	18.56	12.60	3.65	
	2	11.79	20.32	13.26			13.46	18.53	18.29	7.84	
	3	19.03	23.17	22.31			9.59	19.04	11.15	0.84	
	4	6.92	7.48	8.66			9.33	11.52	9.89	1.28	
	5	17.61	14.44	4.88			9.96	13.36	11.12	4.57	
	6	9.37	11.81				10.15	11.29	8.84	0.70	0.38

Tab. A8: RP-Gehalte (% d. TM) des Grases der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

		R					U					
A	T	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
F 1997	1											
	2		17.1	18.7	19.57	21.2	21.8	13.5	16.78	18.6	20.9	22.2
	3		15.6	17.5	19.7	19.8	23.0	13.7	16.0	17.0	17.4	19.1
	4		15.1	16.1	17.2	17.8		15.6	17.3	17.8	19.3	21.1
	5		15.0	16.1	16.5			14.1	16.2	17.8	17.2	17.8
	6		13.3	10.4	16.1	17.4		13.3	15.4	16.3	17.7	17.9
S 1997	1											
	2		15.3	19.0	19.5	15.2	12.4	18.6	20.8	20.8	17.4	
	3		16.0	18.4	19.5	17.3		18.2	20.6	14.5	9.1	
	4		15.5	16.0	17.0	13.3		17.6	21.5	20.5	15.6	
	5		16.1	18.7				18.1	20.9	20.7	17.9	16.2
	6		13.7	10.8				18.3	20.4	19.8	16.3	12.3
H 1997	1		19.2	21.6	26.3	22.2		20.1	22.9	22.6		
	2		17.6	20.3				19.4	22.1	21.6		
	3		17.4	20.6	21.8	19.0		20.2	22.6	19.7		
	4		15.8	20.0				18.5	21.1	17.5		
	5		16.0	16.9				20.0	23.0	20.3		
	6											
F 1998	1		14.6	16.5	18.3	19.4	20.0	15.0	17.1	19.0	19.9	18.4
	2		13.8	15.6	17.6	18.7	19.0	15.0	17.3	18.9	20.5	20.5
	3		14.1	15.8	17.5	18.7	19.8	13.7	16.7	18.0	20.1	19.8
	4		13.5	15.2	15.9	17.4		14.2	14.5	16.2	17.0	18.2
	5		13.1	14.6	15.1	15.7	13.4	14.5	15.5	17.3	18.0	18.1
	6		12.4	14.4	15.1			13.6	15.2	17.0	17.8	17.1
H 1998	1		16.4	20.7	22.5	24.0	22.4	18.2	21.9	24.3	24.7	24.9
	2		17.7	22.2	24.8	25.4		17.9	21.6	24.6	25.8	26.9
	3		15.9	20.7	22.4	20.2		16.2	21.7	24.4	20.0	23.2
	4		15.4	18.9	23.0	24.3		15.9	21.3	23.8	25.5	25.4
	5		15.6	20.9	23.1			17.0	21.8	24.6	25.5	23.9
	6		16.4	19.9	18.2			15.8	20.3	24.0	26.6	25.0

Tab. A9: RP-Gehalte (% d. TM) des Krautes der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R		B					U				
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
F 1997	T											
	1											
	2	13.8	15.0	15.4	13.2	11.4	14.0	15.0	15.8	16.6	13.3	
	3	14.7	14.9	15.7	13.3	12.8	12.9	15.2	15.4	16.5	12.8	
	4	13.3	13.1	12.9	10.6		13.6	15.5	15.8	15.9	14.9	
	5	13.8	12.6	11.3			13.9	15.7	16.1	13.9	13.8	
	6	12.0	13.3	11.7			13.0	14.3	15.1	14.6	13.6	
S 1997	1											
	2	19.7	21.8	20.8	19.7		19.7	20.9	20.6	17.2		
	3	18.2	21.3	22.5	24.5		19.5	19.9	15.6	13.4		
	4	17.7	19.3	20.2	18.2		17.7	20.2	19.8	16.6		
	5	17.6	18.4				16.6	19.0	17.8	17.7	20.2	
	6	17.7	17.1				18.1	18.1	18.7	15.1	12.4	
H 1997	1											
	2	20.7	23.0	25.0	27.1		20.1	23.1	25.0			
	3	19.7	23.5				21.4	23.8	22.6			
	4	18.2	20.3		24.4		20.3	22.1	23.0			
	5	19.9	23.9				21.9	23.6	17.4			
	6	19.1	18.5				21.7	24.5	25.6	17.3		
F 1998	1	18.1	19.2	18.6	15.9	12.1	16.9	18.8	15.8	11.0	9.7	
	2	17.8	16.3	17.6	16.9	13.6	18.4	19.2	20.0	13.9	12.6	
	3	17.4	18.9	18.8	17.8	14.5	18.2	18.2	18.4	16.3	15.5	
	4	18.5	15.8	15.8	13.5		16.1	17.8	17.7	16.4	11.3	
	5	16.7	15.6	14.9			17.4	19.8	17.8	16.8	14.6	
	6	15.4	11.3	8.4			17.3	20.2	20.2	17.4	11.4	
H 1998	1	19.7	23.2	24.9			22.8	25.0	25.8			
	2	20.8	24.8	25.5			22.9	26.7	27.8			
	3	19.0	22.1				22.5	26.3	28.2			
	4	19.8	21.9	19.4			22.0	25.9	28.1	28.5		
	5	20.6	24.4	24.3			21.4	26.1	27.8			
	6	19.2	21.6				21.7	25.4	26.3			

Tab. A10: RP-Gehalte (% d. TM) des Weißklees der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

		R					U					
A	T	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
F 1997	1											
	2		27.1	27.5	28.4	30.8	28.2			28.8	27.2	29.8
	3		26.9	27.6	26.8	22.8		25.7	26.2	30.3	32.8	32.0
	4		27.5	29.9	29.6			22.8	22.5	26.0	32.2	33.9
	5		25.6	25.9				20.5	23.1	29.1	30.9	27.6
	6		25.7	23.9				22.4	24.7	27.9	29.1	26.8
S 1997	1											
	2		22.0	24.6	23.8	18.4		23.7	26.3	27.2	23.0	
	3		22.1	24.3	23.2	18.7		23.9	27.7	25.0	16.4	
	4		24.7	24.4	23.9	22.0		22.5	25.2	25.3	21.1	
	5		23.9	24.2				25.0	26.6	25.2	25.7	
	6		24.4					23.2	25.0	26.8	25.1	22.0
H 1997	1											
	2		27.6	28.6	22.4			26.8	30.0	29.3		
	3		24.9	26.6				27.2	29.6	26.1		
	4		24.6	25.7		26.4		26.8	27.9	27.5		
	5		25	25.0				27.3	26.5	20.9		
	6		25.5	26.8				26.0	28.6	30.4	23.3	
F 1998	1		23.6	27.1	28.3	29.6		29.1	30.9	29.2	25.2	
	2		24.7	26.6	29.1	21.4		29.8	30.4	32.6	31.8	
	3		25.9	16.9	26.5	24.6		26.4	29.9	31.3	29.1	
	4		24.7	27.2	27.3			24.9	28.3	29.4	28.5	
	5		25.8	24.7				27.8	30.6	30.9	29.6	
	6		25.7					24.2	28.2	29.1	29.9	
H 1998	1		24.8	26.8	29.3			26.3	30.3	31.5		
	2		27.3	28.2	30.2			25.7	28.8	31.4	32.9	
	3		22.8	26.6	29.9			24.7	30.2	32.9		
	4		26.0	26.6				27.4	28.6	31.5		
	5		27.9	29.2				27.0	28.3	30.1	30.8	
	6		26.9	27.7				25.7	27.1	29.5		

Tab. A11: Verdaulichkeiten d. OM (%) des Grases der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R		B					U				
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
	T											
F 1997	1											
	2	75.3	75.7	75.8	77.5	78.8	74.2	76.5	77.7	79.3	79.1	
	3	75.6	75.7	77.5	78.2	78.6	76.7	77.1	77.6	78.3	77.8	
	4	75.8	75.4	76.3	76.1		76.4	76.2	76.6	76.5	77.9	
	5	75.9	76.2	77.2			75.5	76.2	77.1	76.5	78.1	
	6	76.5	75.6	77.6	79.0		76.5	77.9	78.5	77.8	78.7	
S 1997	1											
	2	76.8	78.7	78.6	72.4	68.9	75.9	76.9	76.7	73.5		
	3	74.2	75.2	77.1	74.8		76.5	77.0	69.9	61.8		
	4	77.3	78.0	78.4	70.1		77.1	78.4	77.3	71.3		
	5	75.8	77.5				76.6	78.4	76.9	73.3	70.8	
	6	74.3	63.4				77.3	77.6	76.6	72.9	67.8	
H 1997	1											
	2	79.9	80.7	84.2	79.9		79.1	81.0	80.8			
	3	76.8	80.8				76.9	80.3	78.9			
	4	77.8	78.4	78.2	72.0		79.1	81.5	76.9			
	5	78.9	78.6				80.6	82.3	74.2			
	6	77.6	80.0				79.8	80.3	78.2			
F 1998	1	76.3	78.8	79.8	79.5	82.9	78.8	80.5	80.7	81.5	79.6	
	2	77.9	78.5	79.3	81.1	82.5	77.1	77.8	78.4	80.2	81.3	
	3	75.7	77.1	79.2	80.4	82.6	75.3	77.5	76.8	79.0	80.2	
	4	76.8	79.2	79.5	80.4		76.9	77.6	79.8	80.4	82.5	
	5	74.1	76.0	76.9	79.3	77.4	77.1	77.7	77.7	79.0	81.2	
	6	76.3	76.3	77.0			76.2	77.2	78.3	79.6	81.5	
H 1998	1	79.2	80.3	79.7	79.9	77.6	78.9	80.0	80.0	78.5	78.1	
	2	80.8	78.5	78.5	78.9		78.0	78.5	79.1	79.0	77.8	
	3	77.9	79.7	77.6	75.1		78.8	79.4	79.2	79.6	78.3	
	4	79.1	80.0	79.1	77.7		77.6	79.4	79.9	79.2	79.3	
	5	78.7	77.5	78.3			77.9	78.9	78.5	78.1	76.6	
	6	78.3	78.5	74.4			76.3	77.8	78.0	78.5	78.2	

Tab. A12: Verdaulichkeiten d. OM (%) des Krautes der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R						U					
	N	1	2	B	3	4	5	1	2	3	4	5
	T											
F 1997	1											
	2	87.1	86.8	83.1	83.5	76.2	87.1	86.8	87.9	84.6	74.5	
	3	85.0	85.6	80.6	73.3	72.1	86.0	86.0	83.4	79.0	69.5	
	4	84.9	84.7	80.2	72.5		87.1	87.1	87.4	75.5	67.0	
	5	83.5	83.1	77.7			87.3	86.4	83.9	80.8	63.4	
	6	83.6	81.6		76.3		87.4	86.0	83.9	77.9	67.5	
S 1997	1											
	2	84.3	84.1	82.4	80.7		82.6	80.9	79.9	78.0		
	3	83.8	84.2	83.5	83.3		80.7	76.4	71.9	77.2		
	4	81.5	82.6	82.1	75.3		82.2	81.5	80.0	77.7		
	5	82.6	80.8				80.8	78.9	79.2	78.5	82.0	
	6	76.7	68.7				78.9	75.7	75.7	70.2	73.2	
H 1997	1											
	2	83.4	83.8	83.9	82.4		84.1	84.6	84.5			
	3	84.5	83.5				84.2	83.0	80.6			
	4	85.0	84.8		82.8		84.3	83.6	82.7			
	5	84.1	83.9				84.7	81.5	73.8			
	6	83.8	80.6				85.0	82.2	82.7	78.6		
F 1998	1	85.4	86.1	84.0	81.1	75.8	84.6	84.1	80.0	77.0	78.5	
	2	83.1	85.0	84.2	85.1	76.8	82.0	83.7	83.0	75.7	70.3	
	3	84.3	85.0	81.8	80.0	68.5	79.9	80.2	78.8	77.2	70.6	
	4	81.7	86.0	83.8	72.9	66.0	85.8	82.0	77.1	75.3	73.0	
	5	84.0	81.0	69.6			83.4	83.8	81.1	74.3	67.9	
	6	82.8	75.8	71.0			83.7	83.5	79.6	78.3	67.9	
H 1998	1	85.3	83.8	82.2			84.0	83.4	80.4			
	2	85.0	83.4	80.1			82.3	83.8	82.3			
	3	85.2	82.4				82.7	82.1	80.7			
	4	83.4	83.8	75.3			84.5	83.3	81.0	79.4		
	5	83.2	83.6	77.6			84.9	82.5	81.2			
	6	82.7	80.0				84.2	84.5	79.0			

Tab. A13: Verdaulichkeiten d. OM (%) des Weißkleees der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)-und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R		B					U				
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
F 1997	T											
	1											
	2	87.1	86.2	86.7	87.5	79.3			84.6	81.4	80.4	
	3	85.1	86.1	78.1	78.4		86.9	85.3	86.7	87.2	86.5	
	4	85.1	86.7	82.2			84.9	84.5	87.8	87.7	87.5	
	5	86.3	86.4				85.2	85.7	87.1	87.8	87.6	
	6	85.0	80.0				84.9	87.3	88.8	88.3	80.0	
S 1997	1											
	2	81.1	83.0	82.3	75.8		80.7	83.8	84.0	80.7		
	3	77.9	77.4	77.0	70.8		80.2	83.9	80.4	71.6		
	4	79.7	77.7	80.3	73.9		79.8	82.3	81.2	77.5		
	5	79.9	80.4				81.1	83.7	82.1	81.9		
	6	80.2					80.0	82.0	83.1	82.0	79.5	
H 1997	1											
	2	84.4	86.3	81.7			84.6	87.8	88.2			
	3	81.0	85.0				84.1	88.8	85.8			
	4	83.2	83.9		80.9		81.8	86.5	86.7			
	5	83.4	77.1				85.0	85.00	73.9			
	6	83.0	82.8				84.6	85.5	85.3	79.0		
F 1998	1	82.6	85.2	87.0	85.7		82.3	85.0	85.5	84.5		
	2	83.2	86.6	86.9	75.5		83.9	84.0	84.7	84.3		
	3	82.2	75.7	84.3	78.83		84.1	85.4	87.5	83.4		
	4	84.7	84.9	81.2			83.3	87.0	86.2	88.1		
	5	84.2	81.1				84.4	86.0	87.4	86.8		
	6	84.5					84.4	87.1	88.0	90.2		
H 1998	1	82.5	82.7	84.4			83.4	84.3	83.9			
	2	83.3	82.7	81.2			79.1	81.0	82.3	81.4		
	3	83.0	84.4	82.7			80.9	84.5	82.9			
	4	81.0	81.2				82.2	83.8	82.5			
	5	80.5	78.4				81.5	81.7	82.8	83.3		
	6	80.9	80.8				79.0	79.4	80.3			

Tab. A14: Ergebnisse der Kovarianzanalyse für die Ertragsanteile (% d. TM) von Gras, Kraut und Klee in den Beständen

Effekt	Gras		Kraut		Klee	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Aufwuchstyp (A)	0,0024 [#]	<0,0001	<0,0001	ns	<0,0001	<0,0001
Regime (R)	<0,0001	0,0007	<0,0001	ns	<0,0001	0,0016
Aufwuchstag (T)	0,0018	0,0116	0,0533	ns	ns	ns
A*R	0,0049	<0,0001	ns	0,0047	ns	0,0113
A*T	ns	ns	ns	ns	ns	ns
R*T	0,0096	ns	0,020	ns	ns	0,0597
A*R*T	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[#] ns: nicht signifikant; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Tab. A15: Selektionsindex (n. HODGSON, 1990) der RP-Gehalte und Verdaulichkeiten (VOM) für Gras, Kraut und Klee der Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbstaufwüchse (H) 1997 und 1998

Aufwuchs	RP			VOM		
	Gras	Kraut	Klee	Gras	Kraut	Klee
F 1997	0.53 [#]	1.28	1.08	0.16	1.34	1.14
S 1997	0.90	1.02	1.08	0.89	1.04	1.11
H 1997	-0.80	1.76	1.13	-2.14	2.30	1.47
F 1998	0.87	1.18	1.07	0.82	1.25	1.14
S 1998	0.51	1.37	1.51	0.29	1.68	2.02
H 1998	0.86	0.98	1.36	0.82	1.02	1.54

[#] Werte >1: Selektion; Werte = 1: neutrale Futteraufnahme; Werte <1: Vermeidung

Kapitel 3

Futteraufnahme und Futterselektion von Milchkühen auf Umtriebsweiden

II. Pflanzenbauliche Untersuchungen auf Deutsch' Weidelgras-Weiden (*Lolium perenne* L.)

Herbage disappearance and selection on pastures
rotationally grazed by dairy cows

II. Sward-based investigations on perennial ryegrass pastures (*Lolium perenne* L.)

Zusammenfassung

Im Rahmen des „N-Projektes Karkendamm“ wurden 2-jährige Untersuchungen auf einem als Umtriebsweide genutzten Deutsch' Weidelgras-Bestand durchgeführt. Ziel war es, mittels einer rein pflanzenbaulichen Methode die täglichen Veränderungen des vertikalen Bestandaufbaus hinsichtlich Futterqualität, Ertrag und Blattgewichtsverhältnis sowie den Einfluß dieser Entwicklungen auf die Futterraufnahme der Milchkühe (Holstein Friesian und Red Holstein) zu erfassen. Ferner sollte untersucht werden, inwieweit eine aktive selektive Futterraufnahme der Milchkühe quantitativ von der Stratifikation zu trennen ist, bzw. ob Einflüsse des Futterraufnahmeverhaltens auf die N-Flüsse im System nachzuweisen sind. Zu diesem Zweck wurde ein gedüngter ($200 \text{ kg Mineral-N ha}^{-1} + 69 \text{ kg N ha}^{-1}$ aus Rindergülle) Grasbestand täglich in 5 cm mächtigen Bestandesschichten in je einem Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchs beprobt. Mittels einer zeitgleichen Beprobung ungestörter Kontrollflächen in derselben Schichteneinteilung wurde die natürliche Bestandesalterung sowie der Zuwachs während der Beweidung unter Verwendung von Schätzformeln ermittelt. 1997 wurde die Sproßmasse aus den Bestandesschichten in Blätter und Stengel fraktioniert, um den Einfluß der Beweidung auf das Blattgewichtsverhältnis der Gräser bzw. eine mögliche Blattselektion zu erfassen. Die „Futterraufnahme“ wurde indirekt über die täglich verschwundene Biomasse unter Berücksichtigung des Zuwachses geschätzt.

Als Folge der Stratifikation der Bestände durch die Milchkühe steigt der Ertragsanteil der untersten Bestandesschicht (5-10 cm) auf bis zu >90% am letzten Beweidungstag an. Aufgrund des hohen Futterangebotes und daraus resultierenden hohen Weideresten (40-60%) mußten die Milchkühe diese Bestandesschicht mit den höchsten TM-Erträgen, aber geringsten RP-Gehalten und Verdaulichkeiten auch am letzten Beweidungstag kaum nutzen, daher ist sie weder für die Futterraufnahme noch für die Milchleistung relevant. Da die Blattanteile der einzelnen Bestandesschichten keine geringeren Werte im Vergleich zu den entsprechenden Schichten der Kontrollflächen aufweisen, dokumentieren diese Ergebnisse eine Stratifikation, nicht aber eine aktive Selektion der Blätter durch die Weidetiere. Die Verdaulichkeit der organischen Masse (VOM) sowie die Rohprotein (RP)-Gehalte zeigen je nach Aufwuchstyp (generativ, vegetativ) deutliche Unterschiede hinsichtlich ihrer vertikalen Differenzierung über die Bestandeshöhe. Die Milchkühe nahmen nur marginal rohproteinreicheres Futter (1,1 Prozentpunkte RP) und höhere Verdaulichkeiten (1,5 Prozentpunkte VOM) im Vergleich zum angebotenen Futter auf. Somit wird die generell bestehende N-Problematik der Weide durch das hohe Futterangebot und daraus resultierende hohe Weidereste kaum zusätzlich verstärkt.

Schlüsselwörter:

Verschwendene Biomasse, Futteraufnahme, Deutsches Weidelgras, Milchkühe, Blattgewichtsverhältnis, Selektion, Stratifikation

Summary

As part of the „N-project Karkendamm“ 2-year investigations on a perennial ryegrass sward, used in a rotational grazing system, were carried out. The objective of the study was to record the daily changes of the vertical distribution of the sward in terms of herbage mass, herbage quality and leaf weight ratio by using a sward based method. Additionally the influence of these figures on herbage disappearance (as an indicator for herbage intake) were to be described. Furthermore the study aimed to identify, whether active selection or stratification is the dominant process of herbage intake by dairy cows (Holstein Friesian and Red Holstein) and whether the influence of grazing behaviour on the N fluxes in the system can be proven. For this purpose a fertilized (200 kg mineral N ha⁻¹ + 69 kg N ha⁻¹ as cattle slurry) grass sward was investigated daily by clipping 5 cm layers during one spring, summer and autumn growth period, respectively. Simultaneously, non-grazed swards were investigated by the same method, in order to record the natural ageing of the sward and the dry matter increment during grazing periods by using estimating formulas. In 1997 herbage mass of sward layers was separated into leaves and stems to record the influence by the grazing cows on the leaf weight ratio and selection of leaves, respectively. Herbage “intake” was estimated indirectly by looking at daily herbage disappearance, taking into consideration dry matter increment.

As a result of stratification the dry matter contribution of the lowest sward layer (5-10 cm) increases to more than 90% of the whole biomass at the last grazing day. Due to high herbage allowance and as a result of this high residual biomass (40-60%) the dairy cows did not have to graze this layer with highest dry matter yield but lowest crude protein (CP) content and organic matter digestibility (OMD). Therefore this layer is relevant neither for herbage intake nor for milk performance. The leaf weight ratio of single layers in the different grazing cycles shows no significant decrease compared to the corresponding layer of the non-grazed sward. These results indicate a stratification but not an active selection of leaves in grazed perennial ryegrass swards. Organic matter digestibility and crude protein content shows significant differences indicating a vertical gradient, modified by the type of growth (reproductive, vegetative). Herbage intake of the dairy cows shows marginally higher values for CP (1.1

percent points CP) and digestibility (1.5 percent points OMD) than recorded in herbage allowance. Thus, the general problem of high N-surpluses on pastures is not growing worse by grazing management allowing highest dry matter intake per cow.

Keywords:

Herbage disappearance, herbage intake, perennial ryegrass, dairy cows, leaf weight ratio, herbage selection, stratification

3.1 Einleitung

Die Futteraufnahme von Milchkühen auf der Weide ist neben tiergebundenen Faktoren (PEARSON & ISON, 1997) und der Witterung (BUTRIS & PHILIPS, 1987) in erheblichem Maße von der Höhe des Weidebestandes abhängig, mit der sie positiv korreliert ist (HODGSON, 1985; PENNING et al., 1991; PULIDO & LEAVER, 1995). Da die Anzahl der Bisse/Kuh/Tag sowie die Kraft, die für jeden einzelnen Biß aufgewendet wird, relativ konstant sind (HODGSON, 1981), übt somit auch die Bestandesdichte einen großen Einfluß auf die aufgenommene Futtermenge/Biß und damit auf die Gesamt-Futteraufnahme aus (WADE et al., 1989; LACA et al., 1992). Die Bestandesdichte ist nicht gleichmäßig auf die Bestandeshöhe verteilt. So sind beispielsweise Deutsch' Weidelgras-Bestände pyramidenförmig aufgebaut, d. h. die Bestandesdichte nimmt von oben nach unten zu (MÄDEL & VOIGTLÄNDER, 1975; HODGSON, 1981). Daraus ergeben sich unterschiedliche Massen/Biß bei verschiedenen Nutzungstiefen des Weidebestandes.

Ein weiterer Faktor für die Futteraufnahme ist das Blatt-/Stengelverhältnis (CHACON & STOBBS, 1976; PENNING et al., 1994; OKAJIMA et al., 1996) bzw. das Blattgewichtsverhältnis. Dieses ist bei Weidebeständen mit verschiedenen Bestandepartnern aufgrund der botanischen Zusammensetzung und unterschiedlicher Morphologie nicht gleichmäßig über die Bestandeshöhe verteilt. Aber auch in homogenen Beständen, wie zum Beispiel reinen Grasbeständen, weist das Blatt-/Stengelverhältnis in unterschiedlichen Bestandeshöhen verschiedene Werte auf. Je nach phänologischer Entwicklung des Bestandes (generativ, vegetativ) und Nutzungszeitpunkt ändert sich das Blatt-/Stengelverhältnis mit dem Alter des Bestandes und in der Bestandeshöhe. Der Blattanteil nimmt generell in den unteren Schichten

ab. Dadurch kommt es je nach Nutzungstiefe des Weidebestandes zu unterschiedlichen Futterqualitäten im angebotenen Futter (STOBBS, 1973; CLARK et al., 1974; DELAGARDE et al., 2000). Diese wirken sich wiederum auf die Selektionsmöglichkeiten für das Weidetier und die Qualität des aufgenommenen Futters aus (DELAGARDE et al., 2000). CHACON & STOBBS (1976) ordnen dem Einfluß des Blatt-/Stengelanteils auf die Futteraufnahme eine größere Bedeutung zu als der Bestandeshöhe. Eine genaue Kenntnis der Bestandesstruktur ist nötig, um Aussagen über die Futteraufnahme auf der Weide bezüglich Menge und Qualität bei unterschiedlichen Nutzungstiefen treffen zu können (TAUBE et al., 2004).

Die Höhe der Rohprotein (RP)-Gehalte im aufgenommenen Futter beeinflusst maßgeblich die Stickstoff (N)-Ausscheidung über Harn und Kot (WHITEHEAD, 1995) und damit sämtliche N-Flüsse im System Boden-Pflanze-Tier (SCHOLEFIELD & FISHER, 2000; WACHENDORF et al., 2004). Generell ist die N-Akkumulation unter Exkrementstellen und damit das N-Verlustpotential auf Weiden durch Auswaschung, gasförmige Emissionen und den Nährstoffrückfluß über Exkremente hoch. Dies führt vielfach zu hohen Nitratbelastungen im Sickerwasser, die für Weiden häufig oberhalb des EU-Grenzwertes für Trinkwasser von 50 mg NO₃ l⁻¹ liegen (BENKE, 1992; BÜCHTER, 2003; BOBE et al., 2004; WACHENDORF et al., 2004). Dieses ökologisch bedeutsame Problem ist auf sandigen, sorptionsschwachen Böden wie der schleswig-holsteinischen Geest von besonderer Relevanz. Vor diesem Hintergrund wurde das interdisziplinäre Forschungsprojekt „N-Projekt Karkendamm“ initiiert, welches 1997 startete (TAUBE & WACHENDORF, 2000). Das übergeordnete Ziel des Projektes war die Entwicklung von optimierten Produktionsstrategien zur Effizienzsteigerung der Umsetzung des eingesetzten Stickstoffs (Dünger, Futtermittel) in Produktstickstoff (Milch/Fleisch). In diesem Rahmen fanden in den Jahren 1997 und 1998 Untersuchungen auf einem als Umtriebsweide genutzten Deutsch' Weidelgras-dominierten Grünlandbestand statt. Unter Verwendung rein pflanzenbaulicher Methoden sollten die folgenden Versuchsfragen geklärt werden:

- (1) Wie verändern sich Ertrag und Futterqualität im Beweidungsverlauf auf Bestandesniveau bzw. innerhalb definierter Höenschichten?
- (2) Ist eine präferentielle Futteraufnahme von Blättern gegenüber Stengeln mit der verwendeten Methode nachweisbar?
- (3) Welchen Einfluß hat die Qualität des aufgenommenen Futters auf die N-Flüsse im System Boden-Pflanze-Tier?

3.2 Material und Methoden

Standort und Witterung

Der Versuchsstandort liegt auf der schleswig-holsteinischen Geest, der Bodentyp ist ein Treposol (Tiefenumbruchboden) eines ehemaligen podsolierten Gleys, und der Boden wird als schwach bis stark humoser Sand mit 18-25 Bodenpunkten angesprochen. Bei der untersuchten Fläche handelt es sich um einen mittelsandigen Feinsand mit einem Humusgehalt von 6,9% ($\pm 0,5\%$). Das langjährige Mittel für den Standort liegt bei 824 mm Jahresniederschlag und 8,4°C Jahrestemperatur, die Witterungsdaten für die Versuchsjahre 1997 und 1998 und die entsprechenden Versuchszeiträume zeigt Tab. 1. Im Vergleich zum langjährigen Mittel war das Jahr 1997 etwas trockener und wärmer, mit sehr wechselhaften Witterungsbedingungen im Frühjahr, während das zweite Versuchsjahr deutlich niederschlagsreicher war und sich durch sehr gute Aufwuchsbedingungen für den ersten Aufwuchs auszeichnete.

Tab. 1: Temperaturmittelwerte und Niederschlagssumme der Versuchsjahre und Versuchszeiträume 1997 und 1998

Means of temperature and sum of rainfall for the whole year and the experimental periods 1997 and 1998

Mittelwerte	Temperatur (°C)		Niederschlag (mm)	
	1997	1998	1997	1998
Jahresmittel/Niederschlagssumme	9,2	8,6	786	1098
Versuchszeitraum ¹⁾	16,6	13,9	382	444

¹⁾ 12.5.-29.9.1997 bzw. 30.4.-6.10.1998

Beschreibung des Weideversuchs

Bewirtschaftung der Versuchsfläche

Die untersuchte Fläche wurde als Umtriebsweide genutzt und im Juni 1996 mit frühen und mittleren Sortentypen Deutschen Weidelgrases (*Lolium perenne* L.) angesät, so daß die Weide bei Versuchsbeginn (Bonitur im Mai 1997 und April 1998) zu 100% aus Deutschem Weidelgras (DW) bestand. Gedüngt wurde die Fläche mit 20 m³ ha⁻¹ Rindergülle zu Vegetationsbeginn sowie 200 kg N ha⁻¹ in Form von Kalkammonsalpeter (KAS), gesplittet in 4 Gaben à 50 kg ha⁻¹ vor dem 1., 2., 3. und 4. Aufwuchs. Weitere Bewirtschaftungsmerkmale der Versuchsfläche gehen aus der Tab. 2 hervor.

Tab. 2: Kenngrößen der Bewirtschaftung und Weideleistung, 1997 und 1998

Characteristics of sward management and grazing efficiency, 1997 and 1998

	Aufwuchstyp	1997	1998
Flächengröße (ha)		1,5	1,5
Düngung: Rindergülle zu Vegetationsbeginn (kg N _{ges} ha ⁻¹ a ⁻¹)		48	90
Düngung: KAS (kg N _{ges} ha ⁻¹ a ⁻¹)	4 * 50 kg (vor 1., 2., 3., 4. Aufwuchs)	200	200
Großviehweidetage (GWT ha ⁻¹)	Frühjahr	193	218
	Sommer	150	175
	Herbst	193	200
Besatzdichte (GV ha ⁻¹ Tag ⁻¹) §)	Frühjahr	38,5	43,5
	Sommer	30,1	35,1
	Herbst	38,6	40
Bruttoertrag (dt TM ha ⁻¹)	Frühjahr	21,1	17,6
	Sommer	28,8	25,1
	Herbst	16,7	17,4
Nettoertrag (dt TM ha ⁻¹)	Frühjahr	8,0	7,8
	Sommer	7,0	17,5
	Herbst	8,1	4,5
Futteraufnahme (kg TM GV ⁻¹ Tag ⁻¹)	Frühjahr	16,0	9,2
	Sommer	15,9	20,8
	Herbst	9,3	14,9
Weiderest (%) bei Abtrieb	Frühjahr	62	56
	Sommer	75	31
	Herbst	52	74
N-Bruttoertrag (kg N ha ⁻¹)	Frühjahr	65,5	66,9
	Sommer	92,2	77,9
	Herbst	51,6	51,9
N-Nettoertrag (kg N ha ⁻¹)	Frühjahr	29,2	37,8
	Sommer	39,6	59,9
	Herbst	32,6	21,2

§) Besatzdichte für den Zeitraum der 5-tägigen Weideperiode

Bestandes- und Weidemanagement

Die Deutsch' Weidelgras-Weide (DWW) wurde von einer Milchviehherde mit je 50% der Rassen Holstein Friesian und Red Holstein beweidet (Tab. 3). Eine Kraftfutterfütterung erfolgte täglich leistungsbezogen während der Melkzeiten über Abrufstationen im Stall. Ferner wurden die Milchkühe neben dem Weidegang mit Grundfutter (Mais- und Rotklee-

/Gras-Silage im Verhältnis 80:20) im 2. Aufwuchs sowie ab dem 4. Beweidungstag des 4. und 5. Aufwuchses 1997 und im 4. und 5. Aufwuchs 1998 zugefüttert, um einen Leistungsabfall zu vermeiden (s. Tab. A1).

Tab. 3: Kenndaten der Weidetiere (Mittel aller Tiere) für den Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs 1997 und 1998

Characteristics of the grazing animals (mean of the animals) in spring (F), summer (S) and autumn (H) growths 1997 and 1998

Jahr Aufwuchs	1997			1998		
	F	S	H	F	S	H
Milchleistung (kg Kuh ⁻¹ Tag ⁻¹)	20,7	20,1	24,2	22,0	20,2	24,3
Lebendgewicht (kg Tier ⁻¹)	615	609	630	640	611	625
Konzentratangebot (kg Tier ⁻¹)	5,4	4,4	7,5	5,8	3,5	7,5
Laktationstag bei Weideauftrieb	214	223	145	178	199	134

Zur Beantwortung der Fragestellungen des vorliegenden Weideversuches ist eine hohe Futteraufnahme auf der Weide keine notwendige Voraussetzung. Vielmehr wurden hohe Weidereste angestrebt (40-60%), um ein hohes Futterangebot als nötige Voraussetzung für eine selektive Futteraufnahme bereitzustellen.

Primäre Zielgröße bei der Bemessung der Weidefläche war eine potentielle Grundfutteraufnahme von 20 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹. Unter Berücksichtigung der infolge Abkalbungen schwankenden Herdengröße, des TM-Ertrages bei Auftrieb sowie des geschätzten Zuwachses an Biomasse im Laufe der Beweidungsperioden ergab sich für beide Versuchsjahre eine Weidefläche von 1,5 ha (Tab. 2).

Feld- und Laborerhebungen

Ertragsermittlung

In den Jahren 1997 und 1998 wurde die Fläche während 5 Aufwüchsen mit Milchvieh für jeweils 5 Tage pro Auftrieb beweidet. Von den je 5 Umtrieben beider Versuchsjahre sind in dieser Untersuchung jeweils der 1., 3. und 5. Aufwuchs, die einen Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchs repräsentieren, detailliert untersucht (Tab. 4). Die Beprobung erfolgte vor Auftrieb (im folgenden Tag 1) und während der Beweidungsphase (Tage 2-6) täglich am Nachmittag. Angepaßt an die Höhe des Weiderestes wurde die Fläche nach Abtrieb der Milchkühe mit Jungtieren und trockenstehenden Kühen auf Weidereste von ca. 15-20% abgeweidet, um anschließend nachgemäht zu werden. Zur Erfassung des Zuwachses während der 5-tägigen Beweidung sowie zur Beobachtung der ungestörten Bestandesentwicklung und

-alterung, wurden auf der Weide (W-Fläche) zwei je 200 m² große, repräsentative Teilstücke mit einem Elektrozaun abgetrennt. Um den Weidecharakter des Bestandes zu erhalten, wurden diese ungestörten Flächen (U-Flächen) bei jedem Aufwuchs an anderen Stellen angelegt. Nach jeder Beweidungsperiode wurde der Zaun entfernt, so daß diese Flächen von den nachweidenden Tieren abgeweidet und dann nachgemäht werden konnten. Die Weide wurde diagonal in 8 repräsentative Teilstücke gegliedert, und in jedem Teilareal wurde täglich eine Probe mit der Größe von 0.25 m² (50 x 50 cm) mit einer Rasenkantenschere 5 cm oberhalb des Bodens geschnitten (Gesamtbestand).

Tab. 4: Futterangebot und „Futteraufnahme“ von der Weide auf Basis TM (kg GV⁻¹ Tag⁻¹), RP (% d. TM) und VOM (%) für die Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwüchse im Mittel der 5 Beweidungstage, 1997 und 1998

Herbage offered (Angebot) and herbage disappeared („Aufnahme“) from pasture for DM (kg LU⁻¹ day⁻¹), CP (% DM) and OMD (%) in spring (F), summer (S) and autumn (H), mean of 5 grazing days, 1997 and 1998

Aufwuchs	TM (kg GV ⁻¹ Tag ⁻¹)		RP (% d. TM)		VOM (%)	
	Angebot	„Aufnahme“	Angebot	„Aufnahme“	Angebot	„Aufnahme“
F 1997	32,6	7,5	18,5	20,8	83,4	82,4
F 1998	20,0	4,8	19,8	21,7	82,0	83,6
S 1997	48,9	8,6	15,3	15,5	77,4	76,4
S 1998	42,4	10,8	16,5	17,0	80,1	80,6
H 1997	21,9	8,9	16,0	16,5	80,0	82,4
H 1998	22,7	6,6	16,6	16,3	81,1	81,1

Erhebung der vertikalen Bestandesstruktur

Im Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchs beider Jahre wurde der Bestand zusätzlich in 5 cm mächtigen Schichten entsprechend folgender Unterteilung beprobt:

- Schicht 1: 5 – 10 cm
- Schicht 2: 10 – 15 cm
- Schicht 3: 15 – 20 cm
- Schicht 4: 20 – 25 cm
- Schicht 5: > 25 cm

Diese Beprobungen der einzelnen Bestandesschichten erfolgten täglich in 4-facher Wiederholung. Sämtliche Beprobungen (Gesamtbestand, Schichtbeprobung) erfolgten täglich sowohl auf den W- als auch auf den U- Flächen. Die Proben wurden umgehend ins Labor transportiert, dort wurden die Schichtproben im ersten Versuchsjahr in die Pflanzenteile

Grasblattspreite bzw. Blattscheide/Stengel fraktioniert. Nach Trocknung der Proben (18h bei 65° C) wurde das Pflanzenmaterial mit einer Labormühle (Tecator, 1mm Sieb) vermahlen.

Qualitätsuntersuchungen

Die Rohprotein-Gehalte und Verdaulichkeiten der organischen Masse (VOM) wurden mittels der Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) unter Nutzung des NIRS-Gerätes Perstorp Analytical 5000 und der Software NIRS 2 der Fa. Infrasoftware International (ISI, Port Matilda, PA, USA) geschätzt. Die zugrunde liegende Kalibration (Standardfehler der Kalibration SEC=1,1% RP i. d. TM; $r^2=0,98$) wurde unter Nutzung von Probenmaterial aus zahlreichen Grünlandversuchen über mehrere Jahre hinweg entwickelt. Der Rohprotein-Gehalt der im Kalibrierungsprozeß ausgewählten Referenzproben wurde über eine Gesamtstickstoffgehaltsbestimmung nach KJELDAHL ermittelt (NAUMANN & BASSLER, 1976), die Verdaulichkeitsbestimmung erfolgte nach FRIEDEL & POPPE (1990) (Standardfehler der Kalibration SEC=1,8% Verdaulichkeit d. OM; $r^2=0,95$).

Berechnung der „Futteraufnahme“

Davon ausgehend, daß die berechnete verschwundene Pflanzenmasse ein Indikator für die Futteraufnahme ist, soll hier der Begriff „aufgenommenes Futter“ verwendet werden, gleichwohl es sich um eine geschätzte Futteraufnahme handelt.

Unter Berücksichtigung der vertikalen Verteilung der Biomasse im Bestand, der Daten aus der Fraktionierung sowie der Daten der ungestörten Bestände ist es möglich, das sich täglich verändernde Futterangebot und die „Futteraufnahme“ ebenso wie die sich verändernde botanische Zusammensetzung quantitativ zu beschreiben:

$$FA = (EW_n - EW_{n+1}) + 0,5 * Z_U (EU_n - EU_{n-1})$$

mit

FA = Futteraufnahme

EW = TM-Ertrag Weide (dt ha⁻¹)

Z_U = Zuwachs ungestörte Fläche (dt ha⁻¹)

EU = TM-Ertrag ungestörte Fläche (dt ha⁻¹)

Hierfür wurde die Veränderung der TM-Erträge auf der W-Fläche von Tag zu Tag berechnet und der auf den U-Flächen ermittelte Zuwachs von Tag zu Tag addiert, wobei durch den

Faktor 0,5 in Anlehnung an LANTINGA (1985) die Reduktion der Zuwachsraten aufgrund der Abnahme der photosynthetisch aktiven Blattfläche während der Beweidung berücksichtigt wurde. Bezogen auf die Anzahl der Weidetiere ergibt sich daraus das Futterangebot und die Futteraufnahme pro Tier und Tag (Tab 2).

Während die quantitative „Futteraufnahme“ (Tab. 2) auf der Basis der Gesamtbestände berechnet wurde, sind die Schichtproben, die einer teilweise zeitaufwendigen Fraktionierung unterlagen, für die prozentuale Veränderung der einzelnen Bestandesschichten und Fraktionen am Futterangebot, und damit für die Änderung des Blatt-/Stengelverhältnisses und der Qualität des „aufgenommenen Futters“, relevant (Tab. 4). Diese Berechnung wurde für TM-Ertrag und Qualitätsparameter des Gesamtbestandes sowie 1997 für die beiden Fraktionen Grasblattspreite und Blattscheide/Stengel durchgeführt.

Statistische Auswertung

Die statistische Verrechnung der Ertrags- und Qualitätsdaten erfolgte mit der Prozedur MIXED im Programmpaket SAS V. 8.3 (SAS, 2001). Dargestellt werden in den Abbildungen die in der Varianzanalyse mit den Faktoren Aufwuchstyp (A: Frühjahr, Sommer, Herbst), Nutzungsregime (R: beweidet, ungestört) und Zeit (T: Tag 1 = Tag vor Auftrieb bis Tag 6 = 5. Beweidungstag) berechneten Mittelwerte (LSMEANS) (Tab. A1). Bei unterschiedlichen Standardfehlern der LSMEANS werden die größeren Werte angegeben. Für die statistische Verrechnung wurde die Weide in 2 Blöcke geteilt (Block 1: Teilstücke 1-4, Block 2: Teilstücke 5-8).

Zur Verrechnung der Ertragsanteile der einzelnen Fraktionen (Grasblattspreite bzw. Blattscheide/Stengel) und der Blattgewichtsverhältnisse wurden Kovarianzanalysen mit den Faktoren Aufwuchstyp, Nutzungsregime und Beweidungstag (Zeit), der in diesem Modell als Regressor diente, durchgeführt (nicht dargestellt Tab. A3; Tab. A4). Dabei konnten zu diesen LSMEANS keine Standardfehler angegeben werden, da die Modellierung wegen Varianzinhomogenität auf der Logit-Skala erfolgte und die hierbei ausgewiesenen Standardfehler nicht auf die Normalskala zurücktransformiert werden können. Die zunehmende Heterogenität des Weidebestandes ab dem 2. Beweidungstag wurde in den Modellen durch die Spezifizierung unterschiedlicher Kovarianzstrukturen (vgroup statement) für die Tage (T) 1 bis 2 bzw. $T > 2$ berücksichtigt. Zugrunde gelegt wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%.

3.3 Ergebnisse

Ertrags- und Qualitätsentwicklung auf Bestandesniveau

Die Bestände zeigen bei Beweidungsbeginn am Tag 1 recht gute Übereinstimmungen der TM-Erträge beider Nutzungsregime (Abb. 1), was eine notwendige Voraussetzung für alle weiteren Auswertungen darstellt. Während auf allen Kontrollflächen Zuwächse ermittelt wurden, kommt es auf der Weide generell zu einer Ertragsreduktion. Die mittleren

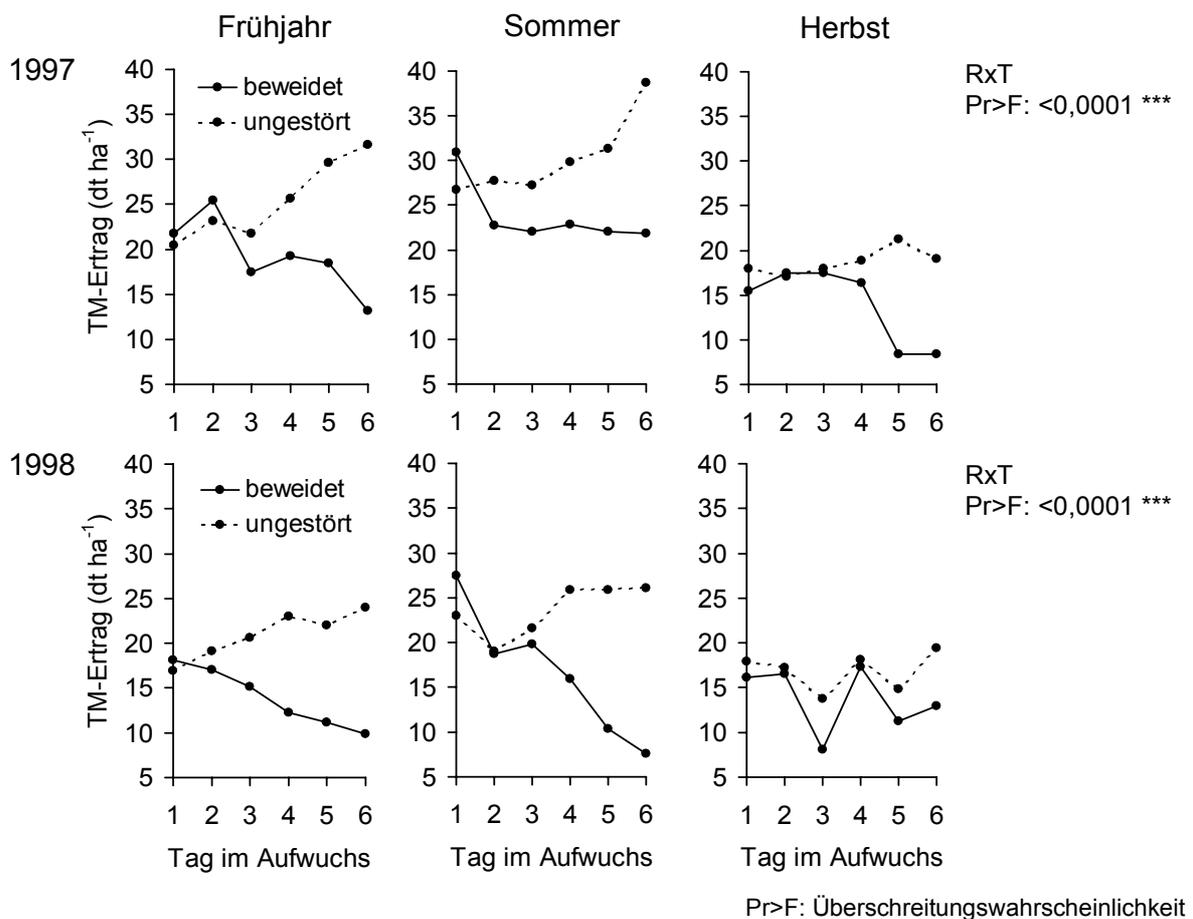


Abb. 1: Entwicklung der Trockenmasse (TM)-Erträge (dt ha⁻¹) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 (S.E. $\leq 2,32$) und 1998 (S.E. $\leq 1,54$) (s. Tab. A2)

Changes of dry matter (DM) yields (dt ha⁻¹) depending on the interaction defoliation (R) (grazed, non-grazed) x time (T) (day within growth period) of tested growths 1997 (S.E. $\leq 2,32$) and 1998 (S.E. $\leq 1,54$) (see table A2)

Abnahmeraten liegen in beiden Jahren im Sommer mit 1,5 (1997) bzw. 3,3 dt ha⁻¹ Tag⁻¹ (1998) über denen des Frühjahrs und des Herbstes. Die Sommeraufwüchse weisen die

höchsten Ertragsniveaus bei Beweidungsbeginn auf, die Herbstaufwüchse erwartungsgemäß die geringsten.

Die RP-Gehalte der Gesamtbestände weisen einen Gesamtgradienten von 14-24% RP auf und zeigen während der 6 Versuchstage auf der Weide grundsätzlich eine größere Abnahme als auf den U-Flächen (Abb. 2). Die mittleren täglichen RP-Abnahmeraten der Weide weisen 1997 im Sommer und Herbst mit je 0,9 Prozentpunkten (%pkt) Tag⁻¹ die höchsten Werte auf, während es 1998 im Frühjahr zur stärksten Abnahme der RP-Gehalte im Beweidungsverlauf kommt (0,9 %pkt vs. 0,76 %pkt (Sommer) bzw. 0,6 %pkt RP Tag⁻¹ (Herbst)). 1997 liegen die RP-Gehalte der verschiedenen Aufwuchstypen auf einem sehr ähnlichen Niveau, dagegen

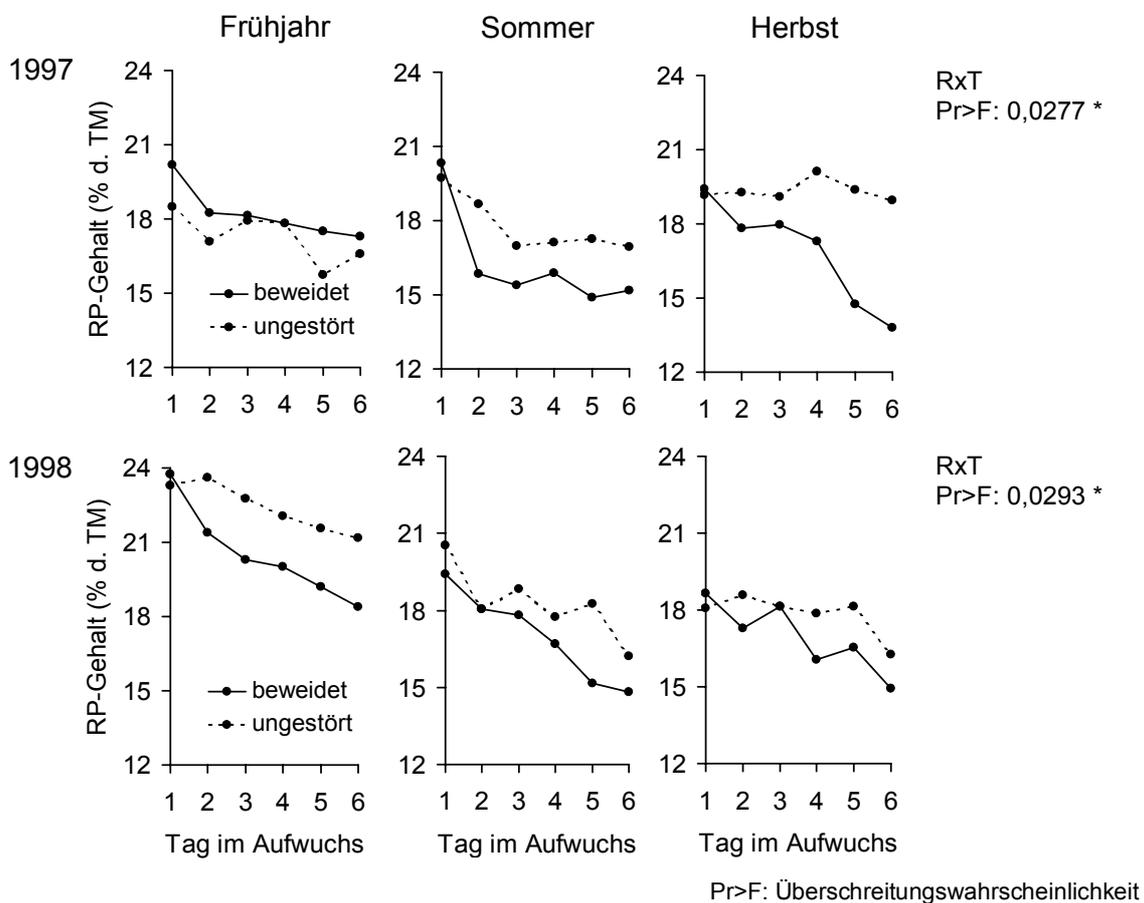


Abb. 2: Entwicklung der Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 (S.E. $\leq 1,05$) und 1998 (S.E. $\leq 0,59$) (s. Tab. A2)

Changes of crude protein (CP) content (% of DM) depending on the interaction defoliation (R) (grazed, non-grazed) x time (T) (day within growth period) of tested growths 1997 (S.E. $\leq 1,05$) and 1998 (S.E. $\leq 0,59$) (see table A2)

nehmen sie 1998 im Laufe der Vegetationsperiode deutlich ab. Auch auf den U-Flächen ist in allen Aufwüchsen eine Abnahme der RP-Gehalte zu verzeichnen, mit der höchsten Abnahmerate im Sommer beider Jahre.

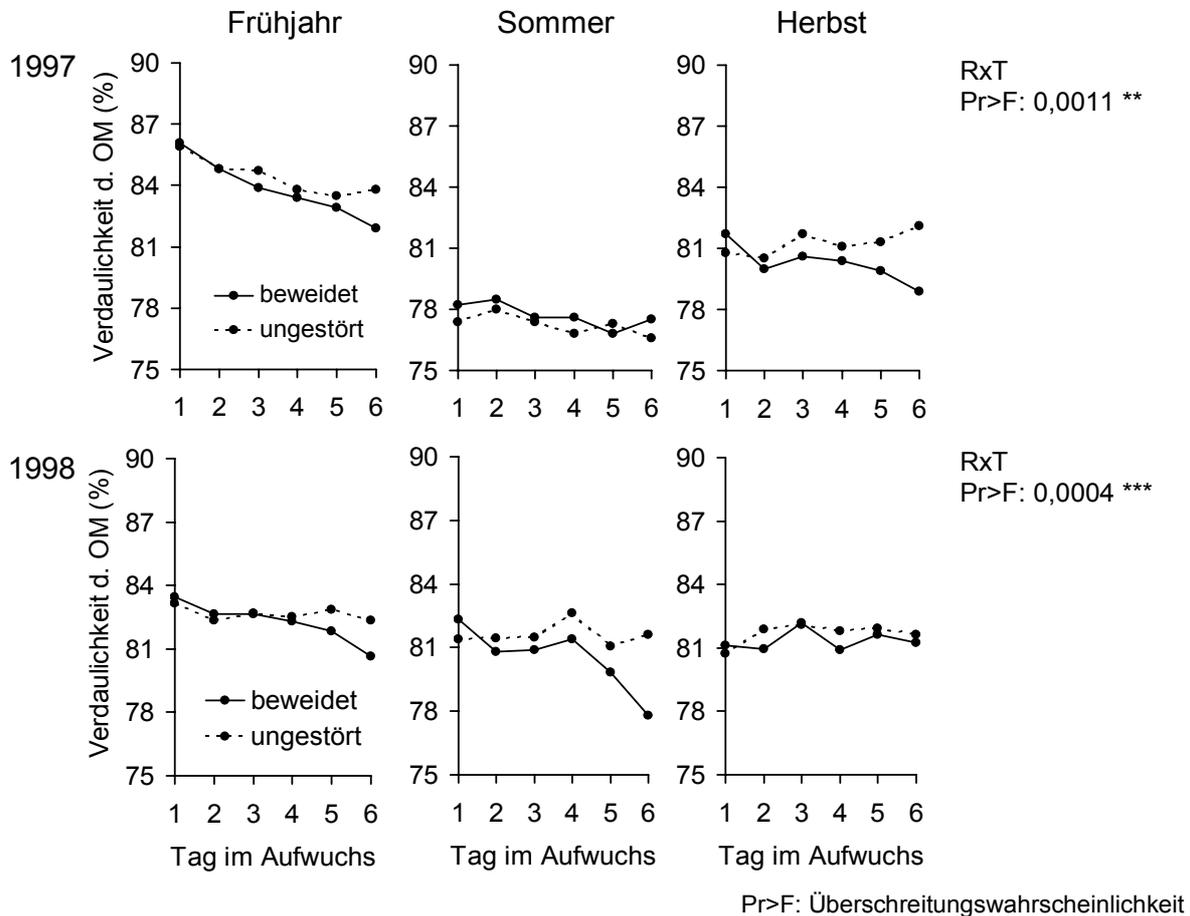


Abb. 3: Entwicklung der Verdaulichkeiten d. OM (%) in Abhängigkeit der Wechselwirkung Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört) x Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) der drei geprüften Aufwüchse 1997 (S.E. $\leq 0,57$) und 1998 (S.E. $\leq 0,45$) (s. Tab. A2)

Changes of OMD (%) depending on the interaction defoliation (R) (grazed, non-grazed) x time (T) (day within growth period) of tested growths 1997 (S.E. $\leq 0,57$) and 1998 (S.E. $\leq 0,45$) (see table A2)

Die Verdaulichkeiten der organischen Masse weisen einen Gesamtgradienten von 77-86% VOM auf und liegen 1998 in allen Aufwüchsen auf einem vergleichbaren Niveau, während im ersten Versuchsjahr im Frühjahr die höchsten bzw. im Sommer die geringsten VOM gemessen wurden (Abb. 3). Generell ist auf den W-Flächen eine Abnahme der Verdaulichkeiten im Beweidungsverlauf zu verzeichnen, lediglich im Herbst 1998 verändert sie sich nicht. Die tägliche mittlere Abnahme ist 1997 mit 0,7 Prozentpunkten im Frühjahr höher als im Herbst (0,5 %pkt) bzw. im Sommer (0,1 %pkt VOM Tag⁻¹). Im zweiten Versuchsjahr ist

die Reduktion der VOM im Sommer mit 0,8 %pkt deutlicher als im Frühjahr (0,5 %pkt VOM Tag⁻¹). Auf den U-Flächen verläuft die Abnahme der Verdaulichkeit generell langsamer als auf der Weide bzw. im Herbst 1997 und im Sommer und Herbst 1998 kommt es während der fünf Beweidungstage zu einem leichten Anstieg.

Schichtenspezifische Betrachtung

Die Milchkühe stratifizieren den Weidebestand, das heißt sie fressen ihn schichtweise von oben nach unten herunter. Dadurch steigt die Bedeutung der untersten Bestandesschicht im Beweidungsverlauf stark an. Sie nimmt auf der Weide am letzten Beweidungstag Ertragsanteile zwischen 80% (Frühjahr 1997, Herbst 1998) und deutlich über 90% (Herbst 1997, Frühjahr u. Sommer 1998) ein (Abb. 4). Entsprechend nehmen die Anteile der oberen Bestandesschichten ab bzw. werden gänzlich von den Tieren verzehrt und können daher am Beweidungsende nicht mehr erhoben werden (Herbst 1997, Frühjahr, Sommer u. Herbst 1998). Dagegen setzt sich das Futterangebot im Sommer 1997 während der gesamten Beweidungsdauer aus allen 5 Bestandesschichten zusammen. Dieser Aufwuchs wurde vergleichsweise spät genutzt und wies daher auch am letzten Beweidungstag noch über 20 dt ha⁻¹ auf. Durch sehr hohe Zuwachsraten in diesem Aufwuchs (s. Abb. 1) kam es zu keiner nennenswerten Reduktion des Gesamtbestandes bzw. einzelner Bestandesschichten. Die Ertragsanteile der Bestandesschichten auf den ungestörten Flächen verhalten sich mit Ausnahme des Herbstaufwuchses 1997 relativ gleichgerichtet, besonders im Frühjahr und Sommer 1997 wird der Zuwachs während der Beweidungsphase an dem zunehmenden Ertragsanteil der obersten Bestandesschicht 5 deutlich.

Im ersten Versuchsjahr wird der Anteil der Grasblätter am Gesamtbestand im Vergleich zu der Stengelfraktion auf der Weide am stärksten im Frühjahr reduziert, während die Abnahme im Sommeraufwuchs am geringsten ist. Auch auf den U-Flächen ist im Versuchsablauf eine Zunahme des Stengelanteils zu verzeichnen, diese ist im Frühjahr stärker als im Herbst, dagegen war der Anstieg im Sommeraufwuchs nur geringfügig. Die deutlich erhöhten Stengelanteile im Sommeraufwuchs mit 37% d. TM auf der Weide bzw. 47% auf den Kontrollflächen lassen sich durch die Existenz einiger generativer Triebe mit entsprechend hohen TM-Erträgen erklären.

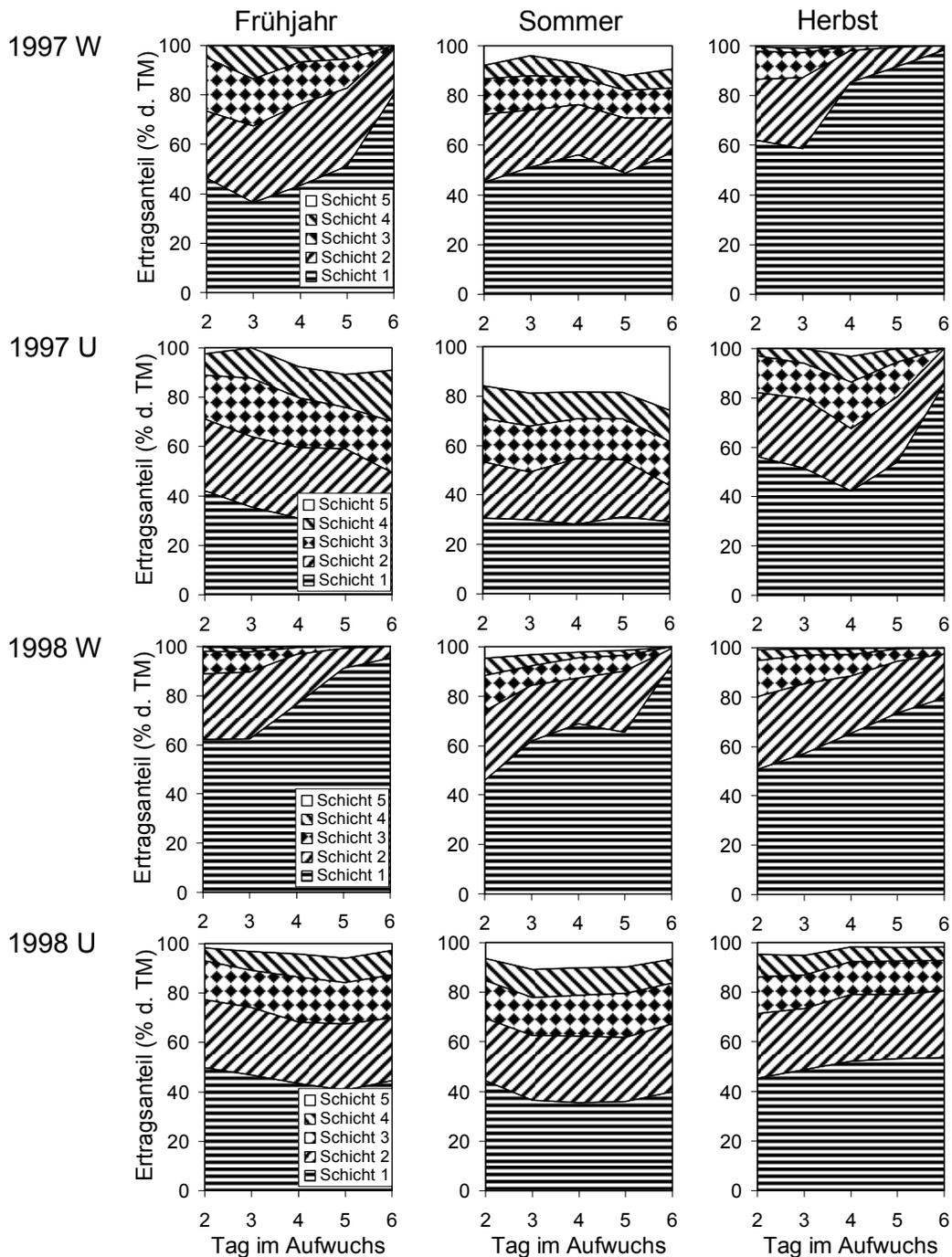


Abb. 4: Entwicklung der Ertragsanteile (% d. TM) der einzelnen Schichten am Gesamtbestand der Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwüchse der beweideten (W) und ungestörten Flächen (U), 1997 und 1998

Changes of contribution (% of DM) of single layers of total sward in spring, summer and autumn of the grazed (W) and non-grazed swards (U), 1997 and 1998

Wie sich das Blattgewichtsverhältnis über die Bestandeshöhe verteilt, zeigt Abb. 5. Im Frühjahrs- und Herbstaufwuchs werden die Blätter der oberen Schichten (3-5; 15->25 cm) im Beweidungsverlauf von den Tieren aufgenommen. Daher bestehen die Bestände am letzten Beweidungstag nur noch aus den unteren Bestandesschichten, welche gleichzeitig die

Horizonte mit dem höchsten Stengelanteil bzw. dem geringsten Blattgewichtsverhältnis darstellen. Im Sommeraufwuchs ist die Differenzierung nicht so eindeutig. Die Blütenstände, die der Stengelfraktion zugeordnet wurden, werden durch die geringen Blattanteile in den oberen Bestandesschichten (3-5) verdeutlicht. Dadurch zeigt sich ein gegensätzlicher

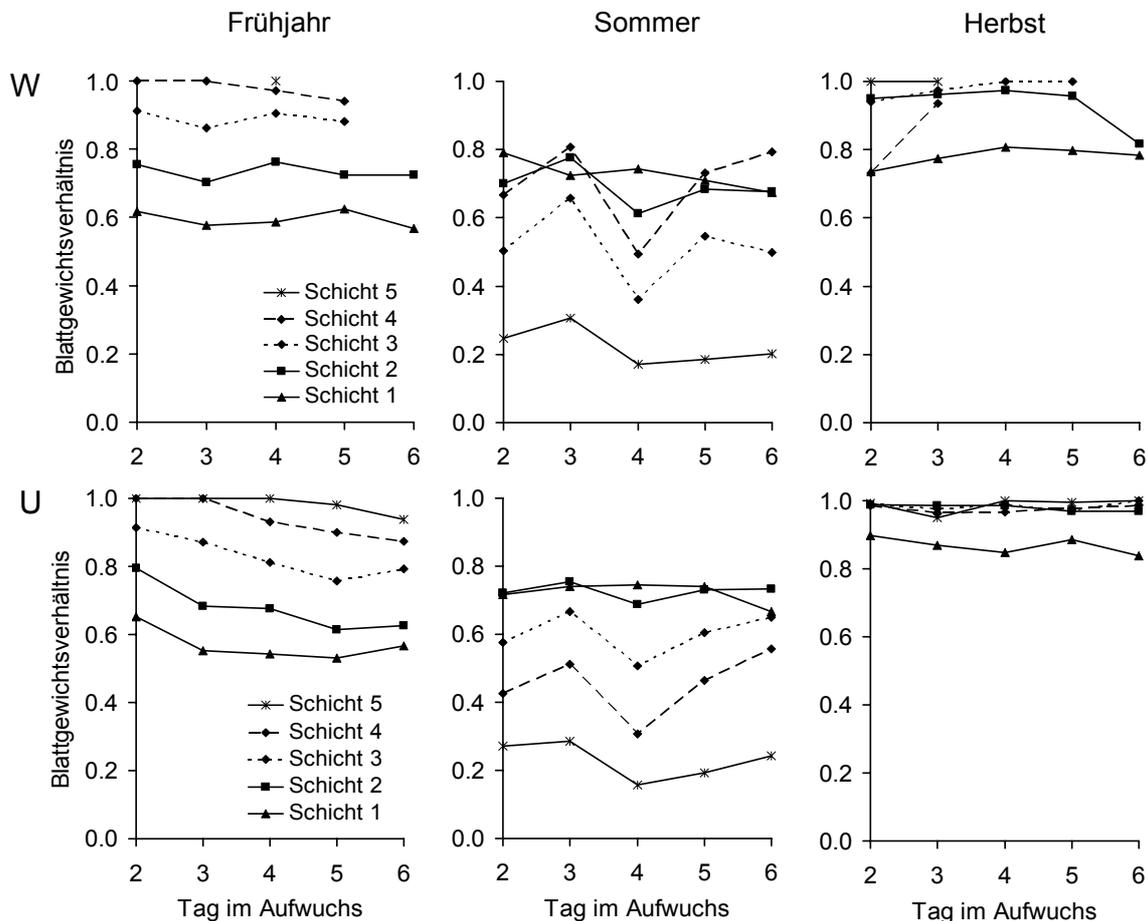


Abb. 5: Blattgewichtsverhältnis der einzelnen Bestandesschichten auf der Weide (W) (S.E. 0,025) und den ungestörten Flächen (U) (S.E. 0,019) im Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchs 1997

Leaf weight ratio of single layers in spring, summer and autumn of the grazed (W) (S.E. 0,025) and non-grazed swards (U) (S.E. 0,019), 1997

Bestandesaufbau zum Frühjahrs- und Herbstaufwuchs, in denen die oberen Bestandesschichten, entsprechend ihrer vertikalen Verteilung im Bestand, die höchsten Blattanteile und -gewichtsverhältnisse aufweisen.

Mit Ausnahme des Sommeraufwuchses 1997 und des Frühjahrs 1998 verlaufen die RP-Gehalte der einzelnen Bestandesschichten auf der Weide entsprechend ihrer vertikalen Anordnung im Bestand, d. h. sie steigen von unten nach oben betrachtet an (Abb. 6).

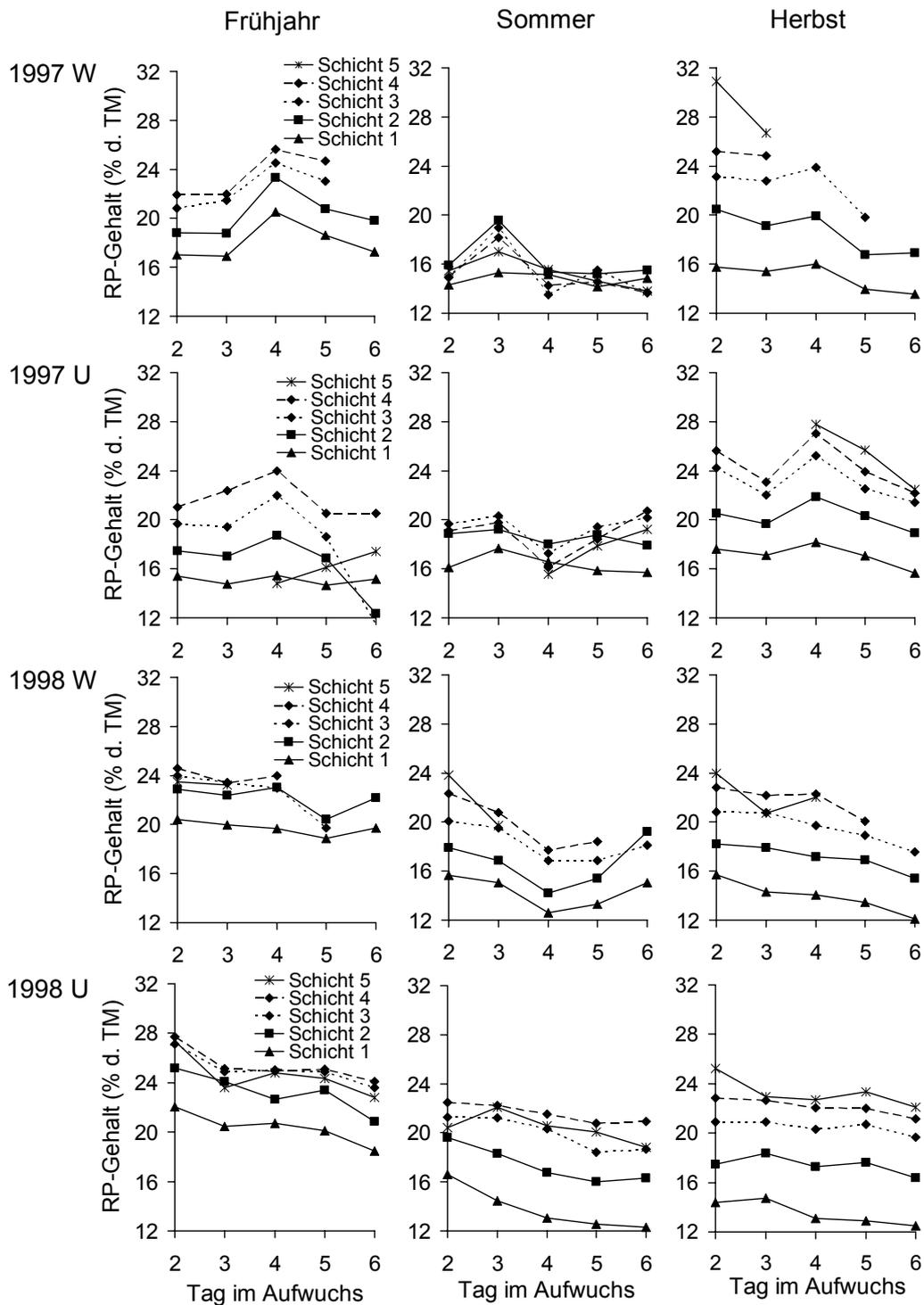


Abb. 6: Rohprotein (RP)-Gehalt (% d. TM) der einzelnen Bestandesschichten für die beweideten (W) und ungestörten Flächen (U) der Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwüchse 1997 und 1998

Crude protein content (% DM) of single layers in spring, summer and autumn on the grazed (W) and non-grazed swards (U) 1997 and 1998

Die größte Amplitude der RP-Gehalte zwischen den Schichten wurde im Herbst beider Jahre gemessen, dagegen lagen die Werte im Sommer 1997 in einem sehr engen Bereich. Auch auf den Kontrollflächen kam es im Beweidungsverlauf zu einer leichten RP-Abnahme. Diese war in den Herbstaufwüchsen beider Jahre sowie im Frühjahr 1998 am stärksten ausgeprägt. Trotzdem ist die Vergleichbarkeit der Nutzungsregime durch ähnliche RP-Gehalte bei Beweidungsbeginn gegeben.

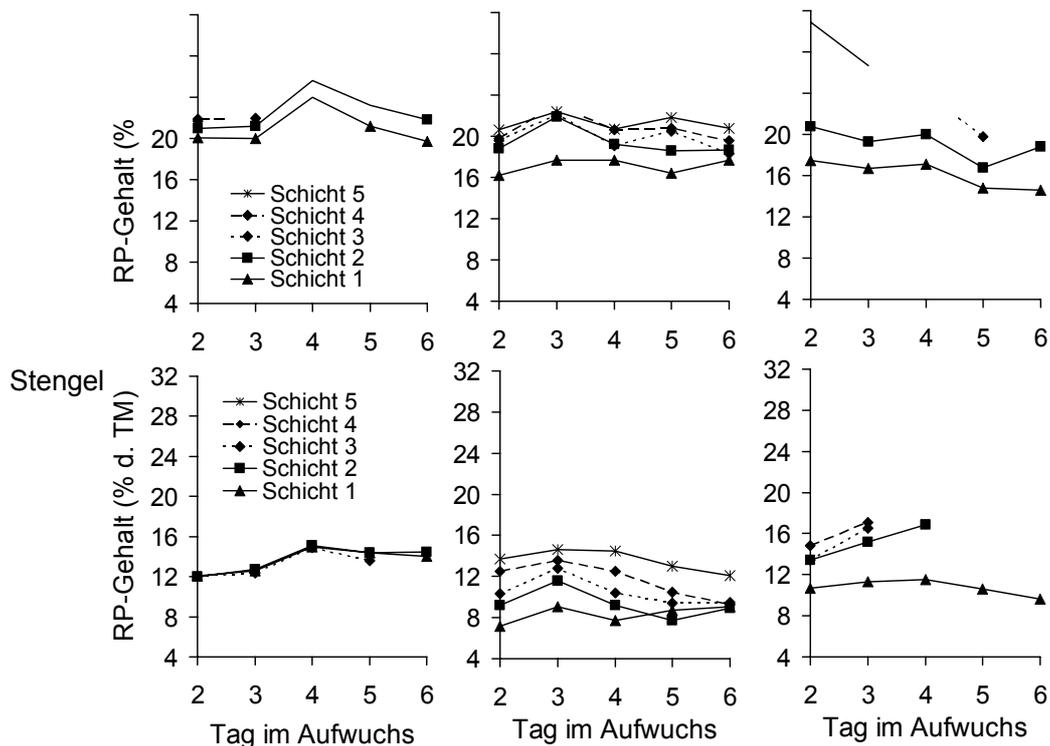


Abb. 7: Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) der Blätter und Stengel der einzelnen Bestandesschichten auf der Weide im Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchs 1997

Crude protein content (% DM) of leaves and stems in single layers in spring, summer and autumn on the grazed sward 1997

Die RP-Gehalte der Blätter liegen für die einzelnen Bestandesschichten im Frühjahr und Sommer (1997) relativ eng beieinander und verlaufen nahezu parallel (Abb. 7). Dagegen ist die Amplitude im Herbstaufwuchs größer; gleichzeitig entspricht die Höhe der RP-Gehalte der einzelnen Schichten ihrer vertikalen Anordnung im Bestand. Dadurch werden zunächst die Schichten mit den höchsten RP-Gehalten stratifiziert, so daß das Futterangebot mit zunehmender Beweidung aus rohproteinärmeren Schichten besteht (Frühjahr, Herbst) und die Qualität des angebotenen Futters abnimmt. Die RP-Gehalte der Stengelfraktion weisen erwartungsgemäß ein insgesamt deutlich geringeres Niveau auf als das der Blätter. Dabei

verläuft die Reduktion einzelner Schichten im Beweidungsverlauf durch den Einfluß des Weidetieres ähnlich wie bei den Blättern.

„Futteraufnahme“

Die aus der Schichtenuntersuchung ermittelte Qualität des „aufgenommenen Futters“ konnte nicht statistisch verrechnet werden, da für die Qualitätsanalyse wegen der geringen Probenmenge das Material sämtlicher Wiederholungen gepoolt werden mußte. Lediglich im

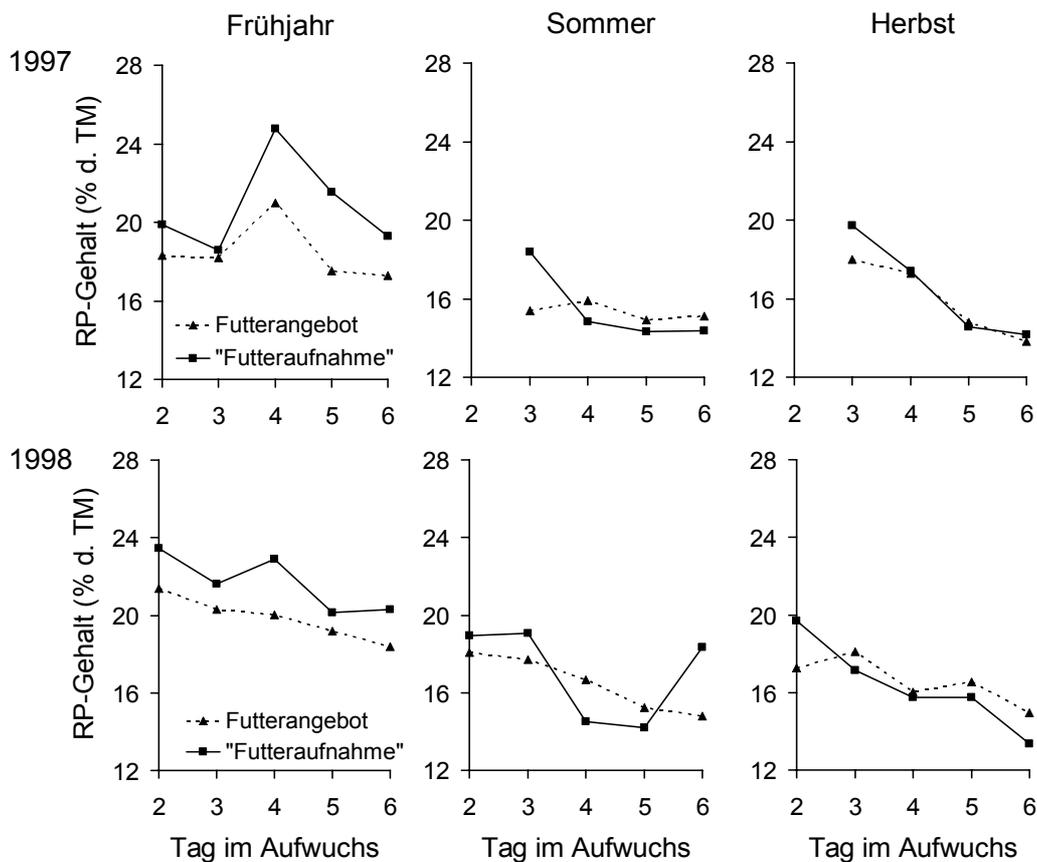


Abb. 8: Rohprotein (RP)-Gehalt (% d. TM) des angebotenen und „aufgenommenen“ Weidefutters im Frühjahr, Sommer und Herbst, 1997 und 1998

Crude protein content (% DM) of herbage offered (Futterangebot) and herbage disappeared („Futteraufnahme“) in spring, summer and autumn, 1997 and 1998

Frühjahr beider Versuchsjahre liegen die RP-Gehalte des „aufgenommenen Futters“ über denen des Futterangebotes (Abb. 8), die Verdaulichkeit des „aufgenommenen Futters“ ist im Herbst 1997 und im Frühjahr 1998 während der gesamten Beweidungsphase höher als die Verdaulichkeit im angebotenen Futter (Abb. 9). Dabei ähnelt die Entwicklung der RP-Gehalte im „aufgenommenen Futter“ stark dem Profil der RP-Gehalte der oberen Bestandsschichten,

die von den Kühen zuerst und vollständig aufgenommen wurden (s. Abb. 6). In allen übrigen Aufwüchsen ist die Aufnahme rohproteinreicheren Futters bzw. höherer Verdaulichkeiten über die fünf Beweidungstage nicht konstant (Abb. 8, 9). Das Mittel der Aufwüchse, in denen die Qualität des „aufgenommenen“ Weidefutters über der des angebotenen liegt, beträgt 1,1 %pkt RP bzw. 1,5 %pkt VOM (Tab. 4) und ist damit marginal.

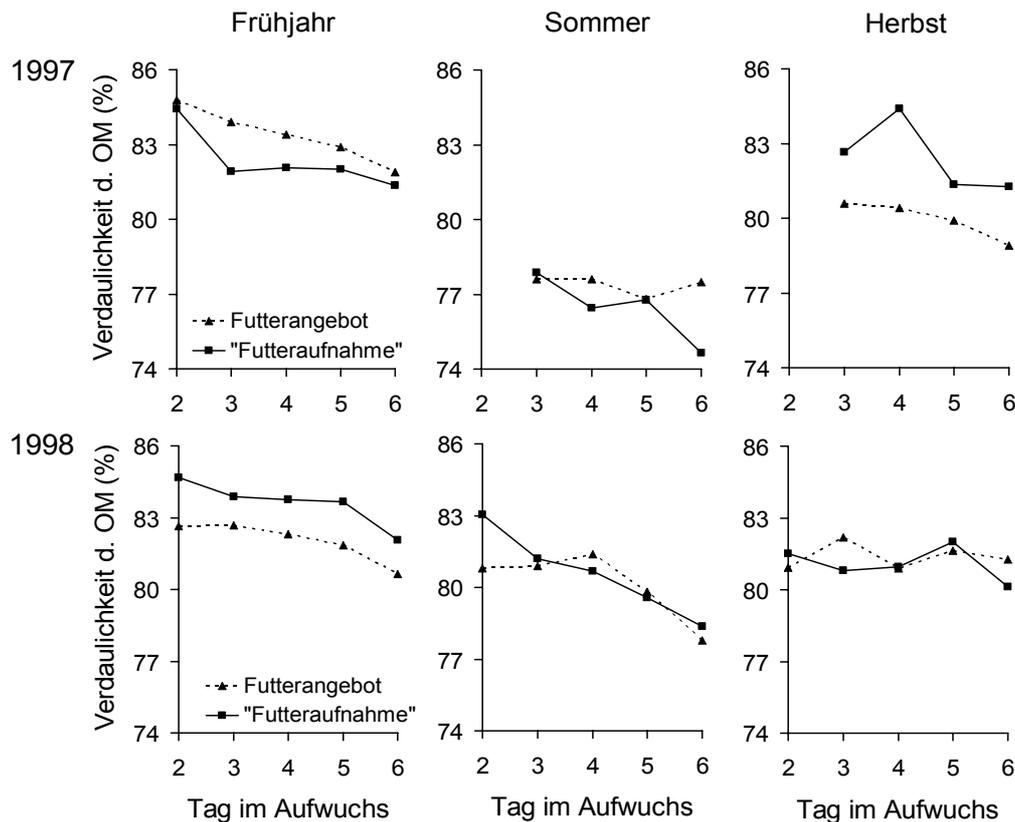


Abb. 9: Verdaulichkeit d. OM (%) des angebotenen und „aufgenommenen“ Weidefutters im Frühjahr, Sommer und Herbst, 1997 und 1998

OMD (%) of the herbage offered (Futterangebot) and herbage disappeared ("Futteraufnahme") in spring, summer and autumn, 1997 and 1998

3.4 Diskussion

Mittels einer schichtenspezifischen pflanzenbaulichen Methode wurde eine Deutsch' Weidelgras-Umtriebsweide bezüglich der Veränderungen von Quantität und Qualität des angebotenen und „aufgenommenen“ Futters, der Blatt-/Stengelverhältnisse bzw. Blattgewichtsverhältnisse sowie einer selektiven Futteraufnahme durch Milchkühe untersucht.

Einfluß der Witterung auf den phänologischen Entwicklungsstatus des Grasses

Grünlandaufwüchse, die als Umtriebsweiden genutzt werden, zeigen charakteristische phänologische Entwicklungen im Jahresablauf, die Auswirkungen auf die Blatt-/Stengelverhältnisse zu Aufwuchsbeginn haben. So sind die ersten (Frühjahrs-) Aufwüchse, die zu Schoßbeginn beweidet werden, durch erhöhte Stengelanteile in den unteren Bestandesschichten geprägt, während für die dritten (Sommer-) Aufwüchse häufig ein vegetativer Bestand mit einigen

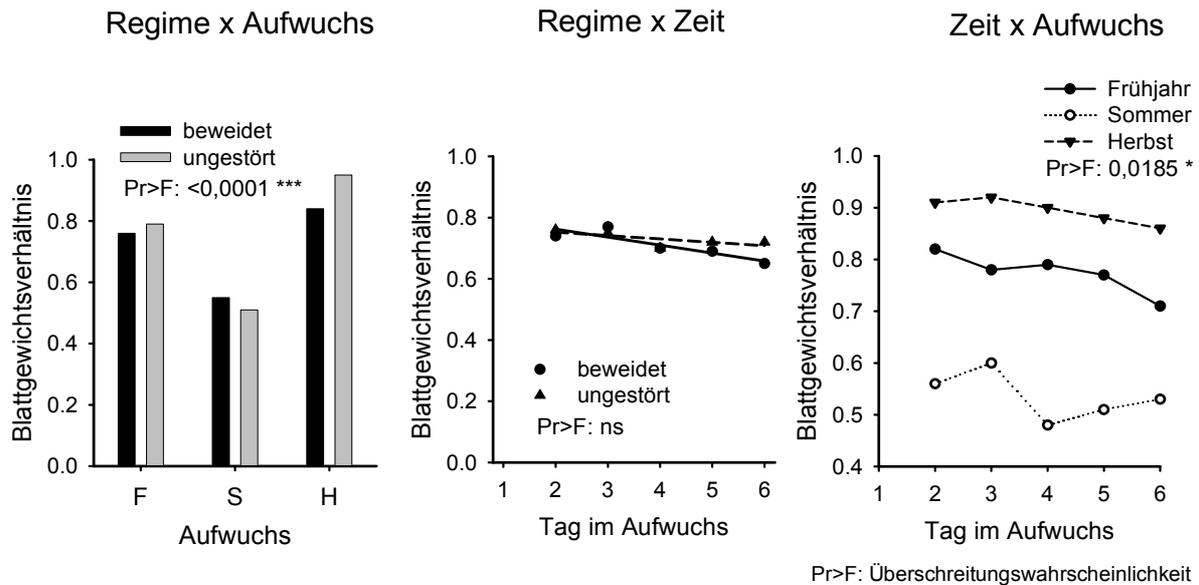


Abb. 10: Einfluß von Nutzungsregime (R) (beweidet, ungestört), Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs) und Zeit (T) (Tag im Aufwuchs) auf die Blattgewichtsverhältnisse des Gesamtbestandes der beweideten und ungestörten Flächen (1997). Dargestellt sind die Interaktionen $R \times A$, $R \times T$ und $T \times A$ (s. Tab. A4)

Effects of defoliation (R) (grazed, non-grazed), growth period (A) (spring (F), summer (S) and autumn (H)) and time (T) (day within growth period) on the leaf weight ratio of total sward of the grazed and non-grazed swards (1997). Shown are the interactions $R \times A$ (left), $R \times T$ (mid) and $T \times A$ (right) (see table A4)

residualen, generativen Trieben charakteristisch ist. Diese generativen Triebe machen numerisch zwar häufig nur ca. 10% des Ertrages aus, aufgrund der hohen TM-Erträge der Blütenstände in den oberen Bestandesschichten können sie gravimetrisch jedoch ca. 50% des TM-Ertrages betragen. Die fünften (Herbst-) Aufwüchse zeichnen sich durch rein vegetative, blattdominierte Bestände aus.

Diese typischen phänologischen Entwicklungsstadien mit variierenden Blattgewichtsverhältnissen wurden auch in dieser Arbeit für das Jahr 1997 nachgewiesen (Abb. 10).

So weist der Sommeraufwuchs wegen der hohen TM-Erträge der generativen Triebe die geringsten bzw. der blattdominierte Herbstaufwuchs die höchsten Werte auf (Abb. 10, links

und rechts). Wenngleich die Interaktionen Nutzungsregime x Aufwuchs (RxA) und Zeit x Aufwuchs (TxA) gesichert sind, zeigt sich doch ein sehr ähnlicher Trend in der Entwicklung der Blattgewichtsanteile. So besteht aus agronomischer Sicht zwar zwischen den Aufwüchsen ein Unterschied im Niveau der Blattgewichtsverhältnisse, dieser ist allerdings weder zwischen den Nutzungsregimen (RxA) noch im Beweidungsverlauf (TxA) stark ausgeprägt. Im Mittel der Aufwüchse besteht zwischen den beiden Nutzungsregimen kein gesicherter Unterschied (RxT: ns, Mitte).

Im vorliegenden Versuch herrschten sehr günstige Aufwuchsbedingungen für den Sommeraufwuchs 1997 vor (Abb. A1). Nach der nur 3-tägigen Nutzung des 2. Aufwuchses, bei dem praktisch kein Weiderest auf der Fläche verblieb, stiegen die Temperaturen stetig an (15-18°C), verbunden mit insgesamt 92 mm Niederschlag während der 3-wöchigen Nachwuchsphase. Aufgrund der geringen Niederschlagsmenge zwischen der ersten und zweiten Beweidung wurde die Schoßphase der bereits angelegten Seitentriebe unterdrückt. Diese setzte dann offensichtlich mit den Niederschlagsereignissen nach der zweiten Beweidungsperiode ein. Durch die hohen TM-Erträge der Stengel und Blütenstände stieg der Ertragsanteil dieser Fraktion (hohes Einzeltriebgewicht) an. Hinzu kam die vergleichsweise späte Nutzung des Sommeraufwuchses, so daß das generative Entwicklungsstadium vieler Grastriebe bei Beweidungsbeginn besonders ausgeprägt war (Abb. 5; 10). Eine entsprechende phänologische Entwicklung aufgrund ähnlicher Witterungseinflüsse beschreibt DAVIES (1973). Zunehmende Trockenheit führte bei seiner Untersuchung nach einer Beweidung Anfang Mai zu verzögertem Schossen im Nachwuchs. Neben Nutzungszeitpunkt und -intervall hat die Witterung (Strahlung, Temperatur und Niederschlag) einen entscheidenden Einfluß auf die phänologische Entwicklung des Grases (DAVIES, 1973; KEATINGE et al., 1979; LAUER, 1990). Bei frühen Nutzungen noch vor dem Schossen der Gräser, schiebt die Mehrzahl der Triebe erst im Nachwuchs Blütenstände (TAUBE, 1990). Der Nachwuchs wird von der Höhe der Vegetationskegel zum Nutzungszeitpunkt des ersten Aufwuchses beeinflusst. Bleiben die meisten Vegetationskegel erhalten, weil sie unterhalb der Nutzungshöhe liegen (WULFES, 1993), hat diese frühe Nutzung vor dem Schossen der Gräser zwar einen negativen Effekt auf den Jahresertrag (TAUBE, 1990), die Halmentwicklung wird jedoch schnell wieder aufgenommen (DAVIES, 1969; 1973). Im Gegensatz dazu beschreiben HOOGENDOORN et al. (1992) als Folge einer ausgeprägten generativen Phase im Frühjahrsaufwuchs geringere TM-Erträge im Nachwuchs (Frühsommer), dafür aber höhere Gehalte an Blättern und verdaulicher OM und weniger Stengel und abgestorbenes Pflanzenmaterial. Ferner beeinflussen auch

Sortenunterschiede die phänologische Entwicklung des Deutschen Weidelgrases (CAMLIN, 1975; WULFES, 1993) und damit das Blatt-/Stengelverhältnis bzw. das Blattgewichtsverhältnis (TAUBE, 1990). Späte Sorten des Deutschen Weidelgrases sind blattreicher und stengelärmer als mittelfrühe Sorten (PIONTKOWITZ, 2001). Im vorliegenden Versuch wurden frühe und mittelfrühe Sorten angesät, so daß von einem insgesamt geringeren Blatt-/Stengelverhältnis auszugehen ist.

Generell sinken mit fortschreitender Entwicklung die Verdaulichkeit (FISCHER, 1985), die Bestandesdichte und der Blattanteil, während der Stengelanteil ansteigt (BLASER, 1982). Das sich verändernde Blatt-/Stengelverhältnis übt einen wesentlichen Einfluß auf die Futterqualität aus, da die Strukturkohlenhydrate (SKH), die grundsätzlich mit fortschreitender Alterung der Pflanzen ansteigen, in den Stengeln höher akkumuliert sind als in den Blättern (REUTHER, 1991). SÜDEKUM (1989) wies die enge negative Korrelation zwischen SKH und Verdaulichkeit nach. Dabei muß das Alter der Pflanzen bzw. ihr phänologisches Entwicklungsstadium beachtet werden.

Der Einfluß von Tages- und Nachttemperatur sowie der Einstrahlung mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Photosynthese bzw. Respiration und damit auf Qualitätsparameter des Weidebestandes wird in dieser Arbeit durch den Gradienten der RP-Gehalte der unterschiedlichen Bestandesschichten in den verschiedenen Aufwüchsen deutlich (Abb. 7). Das Frühjahrswachstum ist wegen steigender Temperaturen und einer hohen Einstrahlung durch einen schnellen Zuwachsverlauf gekennzeichnet. Aufgrund der relativ hohen TM-Erträge (Abb. 1) kommt es sowohl im Frühjahrs- als auch im Sommeraufwuchs zu einem Verdünnungseffekt der RP-Gehalte. Das Strahlungsgefälle innerhalb des Weidebestandes wirkt in diesen Aufwüchsen aufgrund des eher erektophilen Bestandaufbaus kaum, der Unterschied der RP-Gehalte zwischen den einzelnen Bestandesschichten ist gering. Dagegen kommt die verstärkte Beschattung im blattdominierten Herbstaufwuchs mit mehr planophiler Blattstellung zum Tragen, so daß der Gradient der RP-Gehalte zwischen den einzelnen Bestandesschichten in diesem Aufwuchs, besonders für die Blattfraktion, deutlich ausgeprägter ist. Zusätzlich könnte die N-Akkumulation durch Exkremate während der vorangegangenen Beweidungsperiode zu einer Erhöhung der RP-Gehalte im Herbstaufwuchs führen. Generell sind die RP-Konzentrationen im Blatt höher als im Stengel (Abb. 7) (TERRY & TILLEY, 1964; DEINUM, 1984). Dagegen wies HERRMANN (1999) bei Einjährigem Weidelgras bei Stengeln von generativen Beständen bis zum Ährenschieben zwar geringere RP-Gehalte als beim Blatt nach, dafür aber höhere Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten und eine höhere Energiekonzentration. Die Autorin stuft den Halm daher bis

zum Erscheinen des Blütenstandes als wertvoller und ernährungsphysiologisch günstiger ein als das Blatt.

Aufgrund unterschiedlicher Blatt-/Stengelverhältnisse in den einzelnen Bestandesschichten fand MÄDEL (1980) schwankende TS-Gehalte zwischen diesen Bestandesschichten der untersuchten Arten, die sich in der vorliegenden Arbeit bestätigen (Tab. A7). Die Bedeutung des Blatt-/Stengelverhältnisses sowie der Bestandeshöhe und -dichte für die Futteraufnahme wurde in diversen Untersuchungen nachgewiesen (STOBBS, 1973; CHACON & STOBBS, 1976; BLACK & KENNEY, 1984; PENNING et al., 1991; ARMSTRONG et al., 1995; PRACHE & PETIT, 1995). Deutsch' Weidelgras-Bestände weisen von den unteren zu den oberen Bestandesschichten eine abnehmende Bestandesdichte auf (MÄDEL & VOIGTLÄNDER, 1975; HODGSON, 1981; s. Kap. 4). Daher sind zur Vorhersage der Futteraufnahme bzw. ihrer Einflußfaktoren auch auf homogenen Beständen genaue Kenntnisse über die Bestandesstruktur und -architektur (PRACHE & PETIT, 1995) sowie ihre Veränderungen im Zeitablauf nötig.

„Futteraufnahme“

Eine Futterauswahl zwischen unterschiedlichen botanischen Komponenten, die die Selektionsmöglichkeit erhöht (HODGSON, 1986; EMMANS, 1991), war im vorliegenden Versuch nicht gegeben. Dennoch ist eine selektive Futteraufnahme in vertikaler Richtung zwischen verschiedenen Pflanzenteilen (Blattspreite bzw. -scheide/Stengel) möglich (MILNE, 1991). Die von FORBES (1995), OKAJIMA et al. (1996) und MCGILLOWAY et al. (1999) nachgewiesene Bevorzugung von Blättern gegenüber Stengeln konnte in dieser Arbeit allerdings nicht belegt werden. Die Kovarianzanalyse, die zur Überprüfung einer selektiven Blattaufnahme durchgeführt wurde, ergab keine signifikante Reduktion des Blattanteils auf der Weide im Vergleich zur Kontrollfläche (Nutzungsregime x Zeit = ns; Tab. A3). Allerdings würde ein geringerer Blattanteil auf der Weide noch nicht zwingend auf eine selektive Futteraufnahme durch die Milchkühe hinweisen, da sich durch das Stratifizieren des Bestandes der Weidebestand im Laufe der fünf Beweidungstage zunehmend aus den unteren Bestandesschichten zusammensetzt (Abb. 4). Der Referenzbestand besteht hingegen über die gesamte Beweidungsphase aus allen fünf Bestandesschichten. Da die unteren Horizonte auch gleichzeitig die blattärmsten sind (Abb. 5), ist in diesem Fall, anders als für den Mischbestand (s. Kap. 2), keine aktive Selektion, sondern eine Stratifikation nachweisbar (HODGSON, 1986). Nur wenn der Blattanteil einer Schicht auf der Weide einen deutlich geringeren Wert im Vergleich zu der entsprechenden Schicht des Referenzbestandes aufweisen würde, könnte von

einer aktiven Selektion der Blätter ausgegangen werden. Dagegen weisen auf der Weidelgras-Weißklee-Weide (s. Kap. 2) die Ertragsanteile des Grases auf der W-Fläche in allen Bestandesschichten höhere Werte auf als in den entsprechenden Schichten der U-Fläche, während es sich bei der Kraut- und Klee fraktion entgegengesetzt verhält. Somit konnte für diese Fraktionen von einer präferentiellen Futteraufnahme ausgegangen werden, unter Vermeidung des Grases. Die beschriebene Entwicklung der Blattanteile der DWW (Abb. 5, 10) gilt nicht für den generativen Sommeraufwuchs 1997. Hier ist der Blattanteil des Weidebestandes höher als der des Referenzbestandes, und die oberen Bestandesschichten weisen wegen der Blütenstände und Stengel die geringsten Blattanteile auf und werden von den Milchkühen im Zuge der Stratifikation aufgenommen.

Die scheinbare vertikale Selektion (SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998; SANDERSON et al., 2004) aufgrund der vertikalen Verteilung der Blätter und Stengel (HODGSON, 1982) führt durch das Stratifizieren des Bestandes zunächst zur Aufnahme des N-reichen und NDF (neutral detergent fiber) -armen Futters der oberen Bestandesschichten. Die Aufnahme N-reichen Futters der oberen Bestandesschichten wird durch die vertikale Verteilung der RP-Gehalte und die gleichzeitige Reduktion bzw. das Verschwinden der oberen Bestandesschichten (Abb. 4) auch in der vorliegenden Arbeit gefunden (Abb. 7, Ausnahme Sommer 1997). Durch das Stratifizieren des Bestandes im 5-tägigen Beweidungsverlauf ändert sich täglich der Beitrag einzelner Bestandesschichten zum Futterangebot, was wiederum durch unterschiedliche Blattgewichtsverhältnisse der jeweiligen Schichten Auswirkungen auf die Qualität des angebotenen und „aufgenommenen“ Futters hat. ASTIGARRAGA & PEYRAUD (1995) ermittelten aufgrund des größeren Anteils von Blattscheiden in einem Nachwuchs eine reduzierte Futteraufnahme. Der Anstieg bewirkte erhöhte NDF-Gehalte, aber sinkende NDF-Verdaulichkeiten im angebotenen Futter, dadurch stieg die Wiederkauzeit an. Im Gegensatz dazu war die Futteraufnahme mit $15,9 \text{ kg GV}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$ (Tab. 2) im vorliegenden Versuch im Sommer 1997 trotz des hohen Anteils von Blütenständen und Stengeln und den damit einhergehenden erhöhten ADF (acid detergent fiber) -Gehalten (Frühjahr: 24,8% d. TM; Sommer: 28,1%) relativ hoch.

Obwohl es sich um einen reinen Deutsch' Weidelgras-Bestand mit ähnlichen TM-Erträgen zwischen den Aufwüchsen (Abb. 1) handelt, variiert der Gesamtgradient der RP-Gehalte in Abhängigkeit von Aufwuchs, Jahr und Bestandesschicht zwischen 12-31% und weist damit eine große Amplitude auf (Abb. 2; 6). Die RP-Gehalte der ungestörten Flächen verlaufen in der Beweidungsperiode im Herbst relativ stabil, während sie im Frühjahr und Sommer aufgrund von Witterungseinflüssen, die in diesem Zeitraum stärker zur Wirkung kommen als

am Ende der Vegetationsperiode bei abnehmender Photosyntheserate, größeren Schwankungen unterliegen (Abb. 2). Generell wirken sich Witterung und saisonale Effekte je nach Morphologie und phänologischem Entwicklungsstadium der Pflanzen (generative Triebe im Frühjahr und Sommer; blattdominierte Aufwüchse im Herbst) variierend auf die Futterqualität aus (KÜHBAUCH & VOIGTLÄNDER, 1979; BUXTON, 1996). In der vorliegenden Arbeit weisen die RP-Gehalte in den vegetativen Herbstaufwüchsen zu Beginn des Aufwuchses die größte Amplitude für die einzelnen Bestandesschichten auf. In den Sommeraufwüchsen wurden dagegen aufgrund der Management- (1997) und Witterungseinflüsse in beiden Jahren und wegen des hohen Stengelanteils mit entsprechend geringen RP-Gehalten 1997 (Abb. 7) für alle Bestandesschichten die geringsten RP-Gehalte gemessen (Abb. 6). Lediglich für die Frühlingsaufwüchse ergibt sich über die gesamte Beweidungsphase ein höherer RP-Gehalt im „aufgenommenen“ als im angebotenen Futter (Abb. 8). Im Mittel der Beweidungstage wird allerdings, mit Ausnahme des Herbstaufwuchses, auch in allen übrigen Beweidungsperioden rohproteinreicheres Futter „aufgenommen“ als angeboten wurde (Tab. 4). Die Qualitätsabnahme in vertikaler Richtung verläuft, wie auch von HAAG (1995) beschrieben, vom jüngsten zum ältesten Organ, also von oben nach unten (DELAGARDE et al., 2000). Durch die Stratifikation nehmen die Tiere in den ersten Beweidungstagen die oberen Schichten mit den höheren RP-Gehalten auf (SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998; Abb. 6). Eine mögliche Erklärung für die nahezu parallel verlaufenden RP-Gehalte des angebotenen und „aufgenommenen“ Futters in den Herbstaufwüchsen kann in der geringen Menge verschwendener Biomasse bzw. der Zufütterung mit Silage zum Rationsausgleich aufgrund des geringen Futterangebotes in diesen Zeiträumen liegen. Denn der Anreiz, qualitativ hochwertiges Futter zu selektieren, ist bei unausgewogenen Rationen für die Tiere größer als bei optimaler Nährstoffversorgung (FORBES, 1995). Eine entsprechende Differenzierung in den Bestandesschichten sowie zwischen den Fraktionen gilt für die Verdaulichkeiten (Tab. A5; A6); allerdings wurden nur für den Herbstaufwuchs 1997 sowie den Frühlings- und Sommeraufwuchs 1998 höhere Verdaulichkeiten im „aufgenommenen“ im Vergleich zum angebotenen Futter berechnet (Abb. 9; Tab. 4). Dies verdeutlicht die Variation und damit die Notwendigkeit einer getrennten Betrachtung unterschiedlicher Futterqualitätsparameter wie RP-Gehalt und VOM im „aufgenommenen“ Futter.

Die Entwicklung der TM-Erträge und RP-Gehalte im Sommeraufwuchs 1997 decken sich mit den Ergebnissen von HAAG (1995). Auch sie fand bei Nutzungen deutlich nach dem Ährenschieben zwar hohe Erträge, die jedoch mit erheblichen Qualitätseinbußen verbunden waren. Dagegen wird die gute Futterqualität bei kurzen Beweidungen aber reduzierter Jahresleistung

z. B. von BINNIE & CHESTNUTT (1991) und CHENAIS et al. (1995) beschrieben. Obwohl MINSON et al. (1969) und DAVIES (1973) relativ hohe *in-vitro* Verdaulichkeiten in stengelreichen Nachwüchsen im Vergleich zu blattreichen Nachwüchsen fanden, wurden in ihren Versuchen diese Aufwüchse häufig von den Weidetieren verschmäht. In der vorgestellten Untersuchung wurden dagegen in den Frühjahrs- und besonders in den Sommeraufwüchsen ausreichende Futteraufnahmen auf der Weide erzielt.

Die RP-Gehalte und Verdaulichkeiten der Sommeraufwüchse liegen auf einem deutlich geringeren Niveau als im Frühjahr und Herbst, so daß die Milchkühe zwar höhere RP-Gehalte bzw. Verdaulichkeiten im Vergleich zum angebotenen Futter aufnehmen können, die Futterqualität in dieser Weideperiode allerdings relativ gering ist. Auch THUMM et al. (1998) beschreiben die abnehmende Möglichkeit, mit zunehmender generativer Entwicklung höherwertige Pflanzenteile zu selektieren, was sich in der vorliegenden Untersuchung in den RP-Gehalten (Abb. 7) bzw. den Verdaulichkeiten der Stengel (Tab. A6) für den generativen Sommeraufwuchs 1997 bestätigt. Trotz der variierenden Qualitäten des aufgenommenen Futters während der Weideperiode, mit geringsten Energiewerten und Proteinabbaubarkeiten im Hoch- bis Spätsommer, sehen WEISBJERG & SØEGAARD (2000) darin keine ausreichende Erklärung für die reduzierte Futteraufnahme, die gewöhnlich am Ende der Beweidungsperiode zu beobachten ist und in dieser Arbeit auch für 1997 gemessen wurde (Tab. 2). Allerdings wurde in beiden Versuchsjahren während der Herbstaufwüchse Grundfutter zugefüttert. Mit der eingesetzten Methode wurden, je nach Aufwuchs und Zufütterung, Futteraufnahmen zwischen 7,2 und 16,7 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹ (im Mittel der Aufwüchse 1997: 11,1 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹; 1998: 11,9 kg) geschätzt. Diese Ergebnisse decken sich mit KONYALI (2001), die auf demselben Standort über den Leistungs- und Erhaltungsbedarf der Milchkühe eine mittlere Futteraufnahme von 11,7 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹ berechnete. Unter Berücksichtigung der Einzeltierleistungen sowie der Milchleistung im Herdendurchschnitt und der Kraftfuttersupplementierung (Tab. 3), liegen diese Futteraufnahmen in einer realistischen Größenordnung (JUNGE, pers. Mitteilung). MAYNE & PEYRAUD (1996) und PEYRAUD & GONZÁLEZ-RODRÍGEZ (2000) geben maximale Futteraufnahmen auf der Weide mit 19-20 kg TM Kuh⁻¹ Tag⁻¹ an, die allerdings nur im Frühjahr unter idealen Bedingungen (hohes Futterangebot und hohe Verdaulichkeit) über wenige Wochen erreicht werden können. Die in der vorliegenden Arbeit gefundenen Ergebnisse dokumentieren die große Variation von Ertrag und Qualität des angebotenen Weidefutters und damit auch der potentiellen Futteraufnahme in Abhängigkeit von Aufwuchs, Jahr, Bestandesschicht, morphologisch-phänologischem Entwicklungsstadium und Witterung. Die daraus resultierende große Variationsbreite des Weidefutters verdeutlicht

die Schwierigkeit der Übertragbarkeit von Ergebnissen, die unter bestimmten Aufwuchsbedingungen erhoben wurden, auf die anderen Aufwuchstypen.

Konsequenzen für die N-Flüsse in Weidesystemen

Der Beweidungseinfluß auf die Stickstoffflüsse im System Boden-Pflanze-Tier wurde in dieser Arbeit über den Vergleich der RP-Gehalte der ungestörten Flächen mit denen des angebotenen Futters auf der Weide erfaßt. Unter dem Management, das ca. 50% Weidereste im Mittel aller untersuchten Aufwüchse ermöglichte, waren die Unterschiede zwischen den RP-Gehalten der beiden Nutzungsregime und damit der Einfluß des Weidetieres auf den N-Fluß im System relativ gering (Abb. 2). Aufgrund des hohen Futterangebotes und der daraus resultierenden Weidereste von ca. 50% mußten die Tiere auch am letzten Beweidungstag noch nicht aus der zwar ertragreichsten aber gleichzeitig rohproteinärmsten Bestandesschicht (5-10 cm) fressen. Dadurch kommt es im Beweidungsverlauf zu einer vergleichsweise geringen Abnahme der RP-Gehalte sowohl im angebotenen als auch im „aufgenommenen“ Futter (Abb. 8). Es ist nicht davon auszugehen, daß sich diese Qualitätsverschlechterung direkt auf die Milchleistung und somit auf die N-Verwertung (Umwandlung von eingesetztem N in Produktstickstoff (Milch)) auswirkt. Dagegen sind bei einer Untersuchung von BLASER (1982), bei der die Verdaulichkeit auf Umtriebsweiden im Beweidungsverlauf auf unter 65% VOM (in unserer Untersuchung mind. 77% VOM im angebotenen Futter am letzten Beweidungstag, Abb. 9) des angebotenen Futters absinkt, die neuen Umtriebe direkt an der zwar um 2-3 Tage verschobenen, aber parallel zur Verdaulichkeit verlaufenden, abnehmenden und mit neuen Auftrieben wieder steigenden Milchleistung zu erkennen.

Ferner sind die von WHITEHEAD (1995), INGWERSEN (2002), TROTT et al. (2004) und WACHENDORF et al. (2004) dokumentierten Erkenntnisse über die Stickstoffflüsse auf der Weide auch auf die vorliegende Arbeit übertragbar. Generell wird die Produktivität und Nachhaltigkeit des Systems durch die Effizienz bestimmt, mit der die Nährstoffe den Kreislauf durchfließen (SCHOLEFIELD & FISHER, 2000). Milchkühe scheiden ungefähr 75-80% des mit dem Futter aufgenommenen N wieder aus (VAN DER MEER, 1983). Mit steigender N-Aufnahme über das Futter kann sich die N-Menge in den Exkrementen entscheidend erhöhen (BETTERIDGE et al., 1986). Während die N-Ausscheidung im Kot mit 0,8g/100g TM relativ konstant ist, erhöht sie sich im Harn linear auf bis zu 80% der Gesamt N-Ausscheidung (WHITEHEAD, 1995). Diese Problematik ist auch in der vorliegenden Arbeit relevant. Da RP-Gehalte von 24% im „aufgenommenen Futter“, die nach WHITEHEAD (1995) einen Anstieg des Harn-N auf ca. 75% der gesamten N-Ausscheidung bedingen, nur vereinzelt geschätzt

wurden wie in den Frühjahrsaufwüchsen, sind sie kaum von Bedeutung. Allerdings kann sich bereits bei RP-Gehalten dieser Größenordnung das Problem eines unausgeglichene RP-/NEL (Netto-Energie-Laktation)-Verhältnisses ergeben. Insbesondere durch eine mangelnde Energieversorgung der Milchkühe wird dann der aufgenommene N nur unvollständig in Produktstickstoff (Milch) umgewandelt, so daß die N-Ausscheidung ansteigt.

Die steigenden Ertragsanteile der unteren Bestandesschichten können neben der Stratifikation noch durch die Wirkung des Harn-N, der eine Erhöhung der Triebdichte bedingt (CURLL & WILKINS, 1983), erhöht werden. Die an sich sehr hohe Nährstoffakkumulation unter Exkrementstellen ($350 \rightarrow 1000 \text{ kg N ha}^{-1}$ unter Harn bzw. $650 \rightarrow 1300 \text{ kg N ha}^{-1}$ unter Kot; WHITEHEAD, 1995; ANGER, 2001), die heterogen auf der Fläche verteilt sind (SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998), birgt generell ein großes Verlustpotential durch Auswaschung und gasförmige Verluste (BENKE, 1992; BÜCHTER, 2003; WACHENDORF et al., 2004). Dieses ökologische Problem ist auf den sorptionsschwachen Böden der Geest besonders ausgeprägt. BÜCHTER (2003) und WACHENDORF et al. (2004) wiesen für den Versuchsstandort für das vergleichbare Weidesystem zur vorliegenden Untersuchung jeweils Nitratwerte im Trinkwasser oberhalb des EU-Grenzwertes von $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$ nach. Durch ein bis zwei Schnittnutzungen im Frühjahr mit anschließender Beweidung sowie reduzierte N-Düngung können die Auswaschungsverluste erheblich verringert werden (TROTT et al., 2004; WACHENDORF et al., 2004).

3.5 Schlußfolgerungen

Unter den Voraussetzungen des hohen Futterangebotes pro Kuh und den daraus resultierenden Selektionsmöglichkeiten für Hochleistungskühe (Weidereste von 50%) konnte mit der eingesetzten pflanzenbaulichen Methode folgendes nachgewiesen werden:

- Durch den Einfluß des Weidetieres nimmt der Ertragsanteil der untersten Bestandesschicht (5-10 cm) im Beweidungsverlauf stark zu. Dieser kann am letzten Beweidungstag über 90% ausmachen. Die RP-Gehalte und Verdaulichkeiten des angebotenen Futters zeigen je nach Entwicklungsstadium des Aufwuchses (generativ, vegetativ) deutliche Unterschiede bezüglich ihrer vertikalen Differenzierung im Bestand. Aufgrund des hohen Futterangebotes haben die Milchkühe auch am Beweidungsende noch die Möglichkeit, qualitativ hochwertiges Futter aufzunehmen,

wengleich die Futterqualität des angebotenen und „aufgenommenen“ Futters im Laufe der 5-tägigen Beweidung abnimmt.

- Eine Selektion der Blätter gegenüber den Stengeln kann in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Die Tatsache, daß die Blattanteile in den einzelnen Bestandsschichten des Weidebestandes keine oder nur geringfügig reduzierte Werte im Vergleich zu den entsprechenden Schichten des Referenzbestandes einnehmen, belegt eine Stratifikation, jedoch keine aktive Selektion der Blätter durch die Weidetiere.
- Generell ist die Weide aufgrund des Weidetiereinflusses durch hohe N-Überschüsse (steigende N-Ausscheidungen bei steigender N-Konzentration im Futter, punktuell hohe N-Rücklieferungen und geringe Verwertungseffizienz des Exkrement-N) und ein damit verbundenes hohes N-Verlustpotential (Auswaschung, gasförmige Emissionen) gekennzeichnet.
- Wegen des hohen Futterangebotes/Kuh war die Aufnahme rohproteinreicheren Futters bzw. höherer Verdaulichkeiten im Vergleich zum angebotenen Weidefutter mit 1,1 %pkt RP und 1,5 %pkt VOM (Mittel der Aufwüchse) marginal. Dadurch wird die bestehende N-Problematik der Beweidung nur unwesentlich verstärkt.
- Die Ergebnisse dokumentieren die große Variationsbreite des Futterangebotes und der Futteraufnahme bezüglich Ertrag und Futterqualität in Abhängigkeit von Aufwuchs, Jahr, Bestandsschicht und morphologisch-phänologischer Entwicklung. Dadurch ergibt sich die Schwierigkeit, die Höhe der Futteraufnahme systematisch für alle Aufwüchse innerhalb der Vegetationsperiode abzuschätzen, sofern nur Ergebnisse eines Aufwuchses zugrunde gelegt werden.

3.6 Literatur

- ANGER, M. (2001) Kalkulation der umweltbelastenden Stickstoffverluste auf Dauergrünland und Bewertung des nachhaltigen Stickstoffeinsatzes im Grünlandbetrieb. Habilitationsschrift, Hohe Landwirtschaftliche Fakultät, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
- ARMSTRONG, R.H., ROBERTSON, E. & HUNTER, E.A. (1995) The effect of sward height and its direction of change on the herbage intake, diet selection and performance of weaned lambs grazing ryegrass swards. *Grass and Forage Science*, **50**, 389-398
- ASTIGARRAGA, L. & PEYRAUD, J.L. (1995) Effects of sward structure upon herbage intake by grazing dairy cows. *Ann. Zootech.* **44**, Suppl., 126

- BENKE, M. (1992) Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzen-Methode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. Dissertation, Universität Kiel
- BETTERIDGE, K., ANDREWES, W.G.K. & SEDCOLE, J.R. (1986) Intake and Excretion of nitrogen, potassium and phosphorus by grazing steers. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* **106**, 393-404
- Binnie, R.C. & Chestnutt, D.M.B. (1991) Effect of regrowth interval on the productivity of swards defoliated by cutting and grazing. *Grass and Forage Science*, **46**, 343-350
- BLACK, J.L. & KENNEY, P.A. (1984) Factors affecting Diet Selection by Sheep. II Height and Density of Pasture. *Australian Journal of Agricultural Research* **35**, 565-578
- BLASER, R. E. (1982) Integrated pasture and animal management. *Tropical Grassl. Vol.* **16**, 9-24
- BOBE, J., WACHENDORF, M., BÜCHTER, M. & TAUBE, F. (2004) Nitrate Concentration in the Drainage Water and in the Shallow Groundwater under Permanent Grassland on Sandy Soils in Northern Germany. *J. Environm. Qual. (in press)*
- BÜCHTER, M. (2003). Nitratauswaschungen unter Grünland und Silomais in Monokultur auf sandigen Böden Norddeutschlands. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- BUTRIS, G.Y. & PHILLIPS, C.J.C. (1987) The effect of herbage surface water and the provision of supplementary forage on the intake and feeding behaviour of cattle. *Grass and Forage Science*, **42**, 259-264
- BUXTON, D.R. (1996) Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science Technology*, **59**, 37-49
- CAMLIN, M.S. (1975) Variation in heading dates of perennial ryegrass cultivars as influenced by spring and early summer temperatures. *Journal of British Grassland Society*, **30**, 289-294
- CHACON, E. & STOBBS, T.H. (1976) Influence of progressive Defoliation of a Grass Sward on the Eating Behaviour of Cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, **27**, 709-727
- CHENAIS, F., ESPINASSE, R. & LEROUX, M (1995) Rotational grazing of dairy cows: effect of grazing intervals on animal and grass production. *Ann. Zootechn.*, **44**, Suppl., 132
- CLARK, J., KAT, C. & SANTHIRASEGARAM, K. (1974) The dry matter production, botanical composition, *in vitro* digestibility and protein percentage of pasture layers. *Journal British Grassland Society* **29**, 179-184
- CURLL, M.L. & WILKINS, R.J. (1983) The comparative effects of defoliation, treading and excreta on a *Lolium perenne-Trifolium repens* pasture grazed by sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, **100**, 451-460
- DAVIES, I. (1969) The influence of management on tiller development and herbage growth. *Tech. Bull. No. 3. Welsh Pl. Breed. Stn, Aberystwyth*
- DAVIES, I. (1973) Regrowth characteristics of an S. 23 perennial ryegrass sward defoliated at early stages of reproductive development. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, **80**, 1-10
- DELAGARDE, R., PEYRAUD, J.L. DELABY, L. & FAVERDIN, P. (2000) Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Animal Feed Science and Technology*, **84**, 49-68
- DEINUM, B. (1984) Chemical composition and nutritive value of herbage in relation to climate. *Proc. 10th European Grassland Federation, As, Norway*, 338-350
- EMMANS, G.C. (1991) Diet selection by animals: theory and experimental design. Symposium on "Diet selection", *Proceedings of the Nutrition Society*, **50**, 59-64

- FISCHER, H. (1985) Veränderung der Verdaulichkeit verschiedener Reifetypen von *Lolium perenne* L. in Abhängigkeit von Entwicklungsstadium der Pflanze, Jahreszeit und Stickstoffdüngung. Dissertation Universität Hohenheim
- FORBES, J.M., (1995) Voluntary intake and diet selection in farm animals. Wallingford, Oxon: CAB international
- FRIEDEL, K. & POPPE, S. (1990) Ein modifiziertes Cellulaseverfahren als Methode zur Schätzung der Verdaulichkeit von Grobfutter. Wiss. Z. Universität Rostock, N. Reihe, **39**, 78-86
- HAAG, N. (1995) Untersuchungen zur Veränderung des Futterwertes und der Morphologie einzelner Organe des Deutschen und Welschen Weidelgrases in einem Frühjahrswachstum. Diplomarbeit Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung
- HERRMANN, A. (1999) Modellierung von Ertragsverlauf und Qualitätsentwicklung verschiedener Pflanzenteile von Einjährigem Weidelgras (*Lolium multiflorum* Lam. ssp. *gaudini*). Shaker Verlag, Dissertation, Universität Gießen
- HERRMANN, A. (2000) Simulations of forage quality for varying leaf-stem proportions of annual ryegrass. Grassland Science in Europe, **5**, 241-243
- HODGSON, J. (1981) Variation in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. Grass and Forage Science, **36**, 49-57
- HODGSON, J. (1982) Influence of sward characteristics in diet selection and herbage intake by the grazing animal. In: Hacker, J.M. (ed.): Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. Farnham Royal, U.K. Commonwealth Agricultural Bureau, 153-166
- HODGSON, J. (1985) The control of herbage intake in the grazing ruminant. Proceedings of the Nutrition Society, **44**, 339-346
- HODGSON, J. (1986) Grazing behaviour and Herbage Intake. In: Frame, J. (ed.) Grazing. British Grassland Society, Occ. Symp. No. 19, p. 51-64
- HOOGENDOORN, C.J., HOLMES, C.W. & CHU, A.C.P. (1992) Some effects of herbage composition, as influenced by previous grazing management, on milk production by cows grazing on ryegrass/white clover pastures. 2. Milk production in late spring/summer: effects of grazing intensity during the preceding spring period. Grass and Forage Science, **47**, 316-325
- KEATINGE, J.D.H., CAMLIN, M.S. & STEWART, R.H. (1979) The influence of climatic factors on physiological development in perennial ryegrass. Grass and Forage Science, **34**, 55-59
- KONYALI, A. (2001) Effects of synchronous and asynchronous concentrates on performance and efficiency of nitrogen utilization of lactating dairy cows. Dissertation, Schriftenreihe Institut für Tierzucht u. -haltung, Christian-Albrechts-Universität Kiel
- KÜHBAUCH, W. & VOIGTLÄNDER, G. (1979) Veränderungen des Zellinhalts, der Zellwandzusammensetzung und der Verdaulichkeit von Knäulgras (*Dactylis glomerata* L.) und Luzerne (*Medicago x varia* Martyn) während des Wachstums. Z. Acker- und Pflanzenbau, **148**, 455-466
- LACA, E.A., UNGAR, E.D., SELIGMAN, N. & DEMMENT, M.W. (1992) Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. Grass and Forage Science, **47**, 91-102
- LANTINGA, E.A. (1985) Simulation of herbage production and herbage intake during a rotational grazing period: An evaluation of Linehan's formula. Netherlands J. of Agric. Sc. **33**, 385-403
- LAUER, H. (1990) Untersuchungen zum Jahreszeitlichen Verlauf der Ertragsbildung von ausgewählten Grünlandgräsern bei simulierter Weidenutzung. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- MÄDEL, F. (1980) Empfehlungen zur Probenahme im Feldversuch mit Futterpflanzen. Das wirtschaftseigene Futter, **26**, 126-139

- MÄDEL, F. & VOIGTLÄNDER, G. (1975) Die vertikale Verteilung der Trockensubstanz in einigen Grünlandpflanzen und -beständen. Das wirtschaftseigene Futter **21**, 280-290
- MAYNE, C.S. & PEYRAUD, J.L. (1996) Recent advances in grassland utilization under grazing and conservation. *Grassland Science in Europe*, **1**, 347-360
- McGilloway, D.A., CUSHNAHAN, A., LAIDLAW, A.S., MAYNE, C.S. & KILPATRICK, D.J. (1999) The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science*, **54**, 116-126
- MILNE, J.A. (1991) Diet selection by grazing animals. *Proceedings of the Nutrition Society*, **50**, 77-85
- MINSON, D.J., RAYMOND, W.F. & HARRIS, C.E. (1969) Studies in the digestibility of herbage. VIII. The digestibility of S.37 cocksfoot, S.23 ryegrass and S. 24 ryegrass. *Journal of British Grassland Society*, **15**, 174-180
- NAUMANN, C. & BASSLER, R. (1976) *Methodenhandbuch Bd. III. Die chemische Analyse von Futtermitteln*. Verlag Naumann, Melsungen, Berlin, Basel und Wien
- OKAJIMA, T., KAMIJOH, T., YOKOTA, H. & OHSHIMA, M. (1996) Relationships between daily herbage allowance and leafiness. *AJAS*, Vol.9, No. 5, 577-582
- PEARSON, C.J. & ISON, R.L. (1997) *Agronomy of Grassland Systems*, 2nd edition. Cambridge University Press.
- PENNING, P.D., PARSONS, A.J., ORR, R.J. & TREACHER, T.T. (1991) Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. *Grass and forage Science*, **46**, 15-28
- PENNING, P.D., PARSONS, A.J., ORR, R.J. & HOOPER, G.E. (1994) Intake and behaviour responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. *Grass and Forage Science*, **49**, 476-486
- PEYRAUD, J.L. & GONZÁLEZ-RODRÍGEZ, A. (2000) Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. *Grassl. Science in Europe*, **5**, 269-282
- PIONTKOWITZ, K. (2001) Analyses of the morphological composition of six perennial ryegrass varieties in relation to grass intake and milk production of dairy cows. Thesis, Wageningen University
- PRACHE, S. & PETIT, M. (1995) Influence of stage of maturity of the sward on the bite mass of lactating ewes. *Ann. Zootech.* **44**, Suppl., 108
- PULIDO, R. & LEAVER, J.D. (1995) Influence of initial milk yield, sward height and concentrate level on herbage intake and grazing behaviour of dairy cattle. *Ann. Zootech.*, **44**, Suppl. 129
- REUTHER, B. (1991) Tägliche Veränderung wertbestimmender Futterqualitätsparameter beim Deutschen Weidelgras unter besonderer Berücksichtigung der wasserlöslichen Kohlenhydrate. Diplomarbeit, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- SANDERSON, M.A., SODER, K.J., BRZEZINSKI, N., MULLER, L.D., SKINNER, R.H., WACHENDORF, M., TAUBE, F. & GOSLEE, S.C. (2004) Plant species diversity influences on forage production and performance of dairy cattle on pasture. *Grassland Science in Europe*, **9**, 632-634
- SAS INSTITUTE (2001) Version 8.2, SAS Institute
- SCHOLEFIELD, D. & FISHER, G.E.J. (2000) NUTRIENT CYCLING IN GRAZING SYSTEMS. *In: Rook, A.J. & Penning, P.D. (eds.) Grazing Management*, BGS, Occasional Symposium No. 34, pp.119-128
- SCHÜTZ, U. & SCHNYDER, H. (1998) Die räumliche Heterogenität der Futterqualität und des Verzehrs auf einer extensiv bewirtschafteten Umtriebsweide. *Tagungsband der 42. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in Gießen*, 74-79
- STOBBS, T. H. (1973) The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, **24**, 809-819

- SÜDEKUM, K.-H. (1989) Untersuchungen an Milchkühen zum Ausmaß und Ort der Verdauung von Zellwandkohlenhydraten. Dissertation, Institut für Tierernährung und Futtermittelkunde, Universität Kiel
- TAUBE, F. (1990) Growth characteristics of contrasting varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). J. Agron. Crop Science, **165**, 159-170
- TAUBE, F. & WACHENDORF, M. (2000) The Karkendamm Project: A system approach to optimize nitrogen use efficiency on the dairy farm. Grassl. Science in Europe, **5**, 449-451
- TAUBE, F., BRZEZINSKI, N., MULLER, L.D., SANDERSON, M.A., SODER, K.J. & WACHENDORF, M. (2004) The influence of species composition on productivity, forage quality and herbage disappearance of grazed mixed swards. Grassland Science in Europe, **9**, 635-637
- TERRY, R.A. & TILLEY, J.M.A. (1964) The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an *in vitro* procedure. Journal of the British Grassland Society, **19**, 363-372
- THUMM, U., JACOB, H. & BRUNTNER, B. (1998) Vertikale Verteilung der Trockenmasse und einiger Inhaltsstoffe in einem Mähweide- und einem 2 Schnittwiesenbestand. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften **11**, 155-156
- TROTT, H., WACHENDORF, M., INGWERSEN, B. & TAUBE, F. (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. Grass and Forage Science, **59**, 41-55
- VAN DER MEER, H.G. (1983) Effective use of nitrogen on grassland farms. p. 61-68 *In*: Corral, A.J. (ed.) Efficient grassland farming. Proceedings of the 9th General Meeting of the European Grassland Federation, Reading, UK
- WACHENDORF, M., BÜCHTER, M., TROTT, H. & TAUBE, F. (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. Grass and Forage Science, **59**, 56-68
- WADE, M.H., PEYRAUD, J.L., LEMAIRE, G. & COMERON, E.A. (1989) The dynamics of daily area and depth of grazing and herbage intake of cows in a five day paddock system. XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1111-1112
- WEISBJERG, M.R. & SØEGAARD, K. (2000) Protein degradability of grass and grass/clover during the grazing season. Grassland Science in Europe, **5**, 216-218
- WHITEHEAD, D.C. (1995) Grassland Nitrogen. CAB International, Wallingford
- WULFES, R. (1993) Wachstumsanalytische Untersuchungen zur Dynamik der Qualitätsentwicklung von Deutschem Weidelgras und Knaulgras im Vegetationsverlauf in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung und vom Standort. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel

Anhang

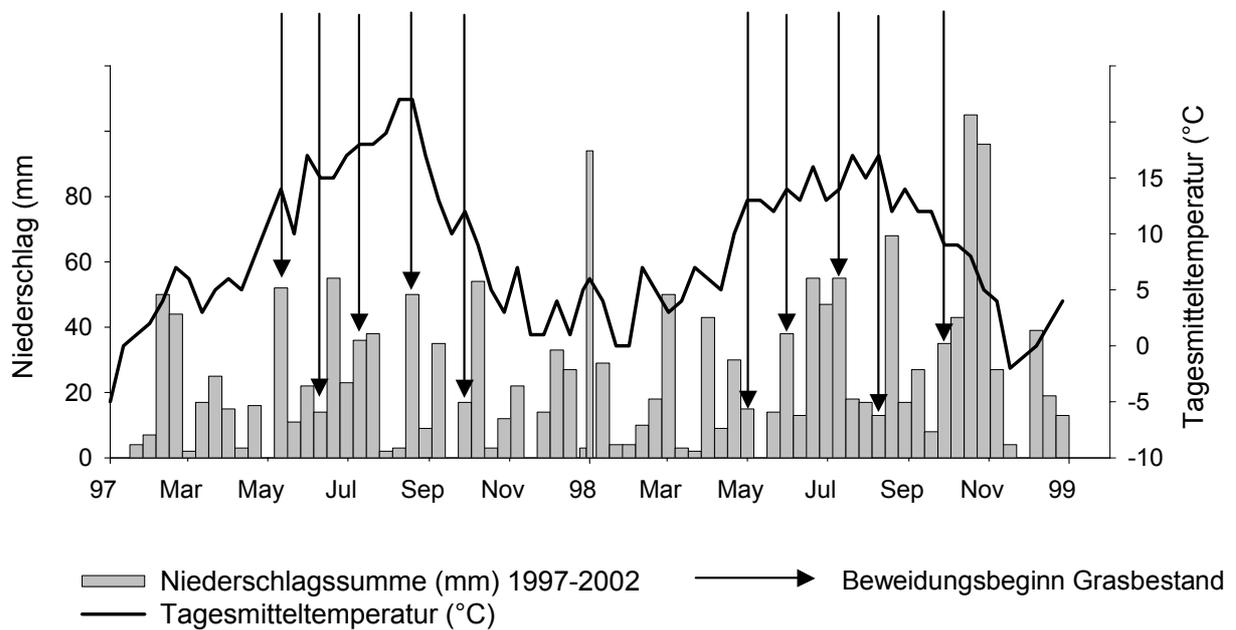


Abb. A1: Tagesmitteltemperatur (°C), Niederschlagssumme (mm) als Dekadenwerte (Wetterstation Karkendamm) sowie Beweidungsbeginn der Deutsch' Weidelgras-Weide für die Versuchsjahre 1997 und 1998

Tab. A1: Beweidungsbeginn der einzelnen Aufwüchse und Grundfutter-Zufütterung für die Versuchsjahre 1997 und 1998

Termin	1997		1998	
	Beweidungsbeginn	Zufütterung	Beweidungsbeginn	Zufütterung
1. Aufwuchs (Frühjahr)	13.05.	-	30.04.	-
2. Aufwuchs	10.06.	ja	29.05.	-
3. Aufwuchs (Sommer)	07.07.	-	09.07.	-
4. Aufwuchs	18.08.	ab Tag 4	11.08.	ja
5. Aufwuchs (Herbst)	24.09.	ab Tag 4	01.10.	ja

Tab. A2: Ergebnisse der Varianzanalyse des TM-Ertrages, der RP-Gehalte und der Verdaulichkeiten d. OM (VOM) der Gesamtbestände, LSMEANS

Faktor	TM-Ertrag		RP-Gehalt		VOM	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Aufwuchstyp (A)	<0,0001 ^{#)}	<0,0001	0,0019	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Nutzungsregime (R)	<0,0001	<0,0001	0,0025	<0,0001	0,0092	0,0002
Aufwuchstag (T)	ns	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
A*R	ns	0,0068	<0,0001	ns	0,0001	ns
A*T	0,0028	0,0001	ns	ns	0,0001	0,0007
R*T	<0,0001	<0,0001	0,0277	0,0293	0,0011	0,0004
A*R*T	ns	0,0004	ns	ns	ns	ns

^{#)} ns: nicht signifikant; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Tab. A3: Ergebnisse der Kovarianzanalyse für die Blatt- und Stengelanteile in den Beständen (1997)

Effekt	Blatt	Stengel
Aufwuchstyp (A)	<0,0001 ^{#)}	<0,0001
Nutzungsregime (R)	<0,0001	<0,0001
Aufwuchstag (T)	0,0103	0,0103
A*R	<0,0001	<0,0001
A*T	0,0791	0,0791
R*T	ns	ns
A*R*T	ns	ns

^{#)} ns: nicht signifikant; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Tab. A4: Ergebnisse der Kovarianzanalyse für die Blattgewichtsverhältnisse (BGV), 1997

Effekt	BGV
Aufwuchstyp (A)	<0,0001 ^{#)}
Nutzungsregime (R)	ns
Aufwuchstag (T)	0,0031
A*R	0,0003
A*T	0,0364
R*T	ns
A*R*T	ns

^{#)} ns: nicht signifikant; * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Tab. A5: Verdaulichkeiten d. OM (%) des Grases der Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B), ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997 und 1998

A	R		B				U					
	T	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
F 1997	1		83.4	84.3	85.7	85.8						
	2		83.4	84.2	85.7	86.1	83.9	85.0	85.7	86.9		
	3		82.0	83.9	84.2	85.1	82.7	84.2	85.2	85.6		
	4		81.8	83.1	82.1	83.7	81.8	83.6	83.9	85.7	77.0	
	5		81.7	82.7	83.0	83.7	80.4	82.0	83.1	83.9	78.5	
	6		80.2	82.1			81.3	82.1	82.0	84.5	84.0	
S 1997	1											
	2		79.3	79.7	77.6	76.6	74.7	77.1	78.5	76.8	76.2	75.7
	3		77.6	79.6	78.6	76.7	75.3	77.5	78.5	78.1	76.6	75.3
	4		79.0	77.4	75.1	73.4	75.5	78.9	78.4	76.8	74.6	72.9
	5		77.0	76.7	75.9	74.0	70.5	77.8	77.3	76.9	75.2	74.0
	6		76.5	77.0	74.8	73.4	71.3	77.1	77.2	76.9	74.6	73.4
H 1997	1											
	2		79.3	81.9	82.5	83.4	82.9	82.1	82.2	82.9	82.5	82.6
	3		80.3	81.7	82.0	82.3	84.1	80.6	82.5	81.4	83.8	82.3
	4		81.2	82.1	83.1			81.4	82.3	82.2	83.6	82.9
	5		80.0	81.2	77.0			82.2	83.1	82.4	84.8	83.0
	6		80.6	68.0				79.9	81.5	81.9	83.2	82.8
F 1998	1		84.5	84.7	85.2	87.4	87.6	84.0	85.2	87.0	87.4	86.7
	2		82.2	84.1	85.0	85.7	84.6	82.5	83.7	85.7	86.9	86.6
	3		82.0	85.3	84.9	86.0	86.2	83.4	84.8	85.1	87.0	87.6
	4		82.7	84.1	84.1	84.2		83.2	83.4	84.9	85.6	86.8
	5		82.1	84.2	83.6			83.0	83.7	84.6	86.7	87.7
	6		81.9	82.6				82.4	83.9	85.0	86.0	87.6
S 1998	1		81.5	82.9	83.0	83.0	80.4	82.2	82.1	83.1	82.1	79.2
	2		81.5	83.5	84.4	83.4	83.4	82.1	83.0	82.2	83.4	80.6
	3		80.6	81.9	81.3	81.7	79.5	80.2	81.7	80.7	81.8	79.5
	4		82.1	82.0	81.9	78.7		79.8	82.0	84.1	83.7	81.8
	5		79.4	81.5	80.7	79.1		79.1	81.4	79.9	81.5	79.0
	6		77.9	79.2	76.4			79.5	82.2	83.2	83.3	78.0
H 1998	1		76.9	81.6	82.5	82.9	81.5	80.0	81.6	82.7	83.0	83.0
	2		80.5	82.0	82.6	83.3	81.9	80.4	82.5	84.2	84.7	83.8
	3		80.0	81.1	81.8	81.9	82.0	81.2	81.4	82.3	82.4	81.3
	4		79.9	82.2	82.5	83.2	80.8	79.6	81.7	83.1	82.7	81.4
	5		81.3	82.4	83.3	82.8		81.1	84.1	85.1	84.4	84.5
	6		79.1	82.4	82.4			79.6	82.4	84.6	84.4	83.9

Tab. A6: Verdaulichkeiten d. OM (%) der Blätter und Stengel in den Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B) und ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997

A	R		B			U					
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Blätter											
T											
F 1997	1	83.3	84.2	85.7	85.8						
	2	83.7	84.4	85.9	86.1		83.8	85.1	85.9	86.9	87.6
	3	82.7	84.3	84.5	85.1		83.1	84.3	85.5	85.6	86.6
	4	82.7	83.3	82.2	83.8	83.1	82.3	84	84.1	85.8	85.6
	5	82.2	82.9	83.2	83.8		81.3	82.1	83.1	84	84.5
	6	81.1	82.4				82.6	82.3	83.3	84.6	85.8
S 1997	1										
	2	80.9	82.5	83.8	83.2	84.9	79.9	82.1	82.6	83.1	83.8
	3	79.3	82.4	82.5	82.9	84.1	79.3	81.8	82.2	83.4	83.8
	4	81.9	81.8	83.4	84	85.2	81.5	82.7	83.7	82.8	84.0
	5	78.9	80.9	82.4	82.7	83.6	80.4	80.9	81.9	82.1	83.8
	6	78.5	80.8	81.5	82.1	84.1	79.7	80.8	82.4	81.8	82.7
H 1997	1										
	2	79.1	81.9	82.7	83.7	82.9	81.9	82.2	82.8	82.6	82.9
	3	79.7	81.6	82.1	82.6	84.1	80.4	82	82.8	83.3	84.4
	4	80.4	82.2	83.1			80.8	82.3	82	82.4	82.9
	5	79.8	81.2	77			82	82.5	82.5	83.9	83.3
	6	80.6	83.1				79.8	80.8	81.9	82.4	82.8
Stengel											
F 1997	1	83.6	85	84.5							
	2	82.9	83.7	83.3			84.2	84.8	83.3		
	3	80.9	83	82.3			82.1	83.9	83.3		
	4	80.3	82.3	81.3	80.2		81.2	82.5	82.5	83.4	76.4
	5	81	82.1	81.2	78.3		79.3	81.9	83.1	82.7	78.0
	6	79	81.2				79.6	82.1	81.8	82	81.1
S 1997	1										
	2	73.2	73.1	71.5	73.3	71.3	70	69.3	68.9	71.1	72.8
	3	71.3	69.7	70.8	70.9	71.3	72.1	68.3	69.8	69.5	71.8
	4	70.6	70.4	70.5	70.5	73.5	71.2	68.8	69.6	71.1	70.9
	5	72.2	67.5	68.1	68.4	67.6	70.3	67.2	69.3	69.8	71.7
	6	72.5	69.3	68.6	67	68.2	71.9	67	66	67	70.5
H 1997	1										
	2	79.8	81.1	77.3	79.6		84.1	78.3	69.9	75.8	
	3	82.1	84.3	72.1	71.7		81.8	74.8		74.6	
	4	84.4	78.0				84.9	80.8	78.9	79.9	
	5	80.6	70.6				84	79.6	80.3	77.9	
	6	80.8					80.7	83.1		74.2	

Tab. A7: TS-Gehalte (%) der Blätter und Stengel in den Bestandesschichten (N) beider Nutzungsregime (R) (beweidet (B) und ungestört (U)) während der 6 Tage (T) im Aufwuchs (A) (Frühjahrs (F)-, Sommer (S)- und Herbst (H)-Aufwuchs), 1997

A	R					U					
	N	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	T										
Blätter											
F 1997	1	16.9	18.2	20.1	27.7		16.9	18.2	20.1	27.7	
	2	17.6	18.3	20.3			17.9	18.8	20.2	23.1	
	3	15.6	16.7	18.2	21.2		17.2	17.7	19.5	23.0	
	4	13.8	14.7	16.3	13.4		14.5	15.3	16.1	18.1	20.9
	5	15.5	16.6	17.9	20.8		15.5	16.7	16.9	18.8	21.7
	6	18.0					16.3	16.8	18.0	17.3	24.0
S 1997	1										
	2	19.4	19.7	22.6	25.6	29.5	17.3	17.1	18.4	21.3	25.4
	3	18.8	18.2	19.3	22.3		17.6	16.7	17.6	20.2	24.1
	4	19.4	20.3	23.6	27.8		17.0	17.8	19.9	22.7	25.6
	5	20.4	19.8	21.2			17.5	17.6	19.4	22.1	23.5
	6	22.3	21.4				15.9	17.8	18.3	20.1	23.8
H 1997	1										
	2	22.0	19.6	20.6			21.3	19.9	20.8		
	3	22.9	20.9				22.4	20.4	21.5	22.8	
	4	22.1	20.5				18.7	17.7	21.3	19.6	
	5	26.1	25.2				20.5	19.9	21.7	23.6	
	6	27.8					22.6	20.8	21.2	23.6	
Stengel											
F 1997	1	16.5	19.8	20.5			16.5	19.8	20.5		
	2	15.8	17.6	20.4			17.2	18.7	22.3		
	3	14.6	16.3	18.3			16.4	17.7	20.3		
	4	12.7	13.4	14.6	11.3		13.8	14.5	16.3	19.5	
	5	14.1	15.7	16.7			14.0	15.1	16.9	19.5	
	6	15.0					15.0	16.6	18.6	22.8	
S 1997	1										
	2	20.7	20.9	22.2	24.6	27.6	17.0	15.8	18.7	21.4	25.7
	3	19.4	18.4	19.7	22.9		17.2	17.0	18.1	20.3	25.2
	4	20.9	21.7	23.7	20.5		17.3	18.5	20.5	22.5	27.6
	5	21.4	21.5	23.3			18.5	18.1	20.9	22.7	28.0
	6	24.0	23.9				18.8	18.0	18.9	20.8	26.7
H 1997	1										
	2	21.0	21.2				21.5	27.3			
	3	22.3	23.1				22.4				
	4	20.8					19.0	19.8			
	5	25.8					21.1		34.1		
	6	27.6					23.2				

Kapitel 4

Zusammenfassende Diskussion

4.1 Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Das übergeordnete Ziel des Versuches war die Erfassung der Ertrags- und Qualitätsveränderungen sowie die Schätzung der Futteraufnahme und -selektion mittels einer pflanzenbaulichen Methode. Zu diesem Zweck wurden Grünlandbestände verschiedener botanischer Zusammensetzungen und mineralischer N-Versorgung während eines repräsentativen Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchses jeweils im Laufe einer 5-tägigen Beweidung beprobt. Zur Erfassung der täglichen vertikalen Veränderungen bezüglich Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung bzw. des Blattgewichtsverhältnisses wurden die Bestände täglich in 5-cm mächtigen Schichten untersucht. Um die Zuwächse im Beweidungsverlauf zu ermitteln, fanden zusätzliche Untersuchungen in demselben Umfang wie auf der Weide auf ungestörten Kontrollflächen statt. Weiteres Versuchsziel war die quantitative Trennung von Stratifikation und aktiver Selektion mittels der schichtenspezifischen Beprobung sowie der Vergleich der erhobenen Parameter zwischen beweideten und ungestörten Flächen. Die sich aus dem Futteraufnahmeverhalten der Weidetiere ergebenden Einflüsse auf die N-Flüsse im System Boden-Pflanze-Tier sollten erfaßt werden.

Die Weidelgras-Weißklee-Weide (WWW) (Kapitel 2), bestehend aus einer Reihe von Gräsern (haupts. Deutschem Weidelgras) und Kräutern (ausschl. Löwenzahn) sowie als Leguminose Weißklee, zeigt starke Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung sowohl im Verlauf der Vegetationsperiode als auch innerhalb der 5-tägigen Beweidungsphasen. Während die Gräser im 2. Versuchsjahr in allen Aufwüchsen mit ca. 70% Hauptbestandbildner waren, setzte sich der Bestand 1997, und besonders im Frühjahr mit 47% Ertragsanteil, aus ertragsrelevanten Krautanteilen zusammen (31% im Mittel der Aufwüchse). Der Weißklee wies in beiden Frühjahren sehr geringe Ertragsanteile auf (3%); diese stiegen im Vegetationsverlauf im Mittel der Aufwüchse auf 22% (1997) bzw. 13% (1998) an. Aufgrund der Stratifikation der Bestände durch die Weidetiere stieg der Ertragsanteil der untersten Bestandesschicht (5-10 cm) auf über 90% am letzten Beweidungstag an, hatte für die Futteraufnahme jedoch kaum Bedeutung. Mit Hilfe von Kovarianzanalysen und des Selektionsindex (n. HODGSON) konnte die präferentielle Futteraufnahme von Kraut und Klee unter Vermeidung des Grases nachgewiesen werden. Dabei wird das Kraut von Beginn an aktiv von den Weidetieren selektiert, während der Weißklee erst im Zuge der Stratifikation passiv selektiert wird.

Für die Deutsch' Weidelgras-Weide (DWW) (Kapitel 3), bestehend aus 100% Deutschem Weidelgras, wurde neben den vertikalen Veränderungen der Futterqualitäten und -erträge 1997 zusätzlich die Entwicklung des Blattgewichtsverhältnisses erfaßt. Dies diente der Beantwortung der Fragestellung, ob eine präferentielle Aufnahme der Blätter gegenüber den Stengeln mit der eingesetzten Methode nachweisbar ist. Nach Überprüfung mit statistischen Modellen konnte diese Hypothese nicht abgesichert werden. Denn die Blattanteile in den einzelnen Schichten wiesen auf der Weide nur unwesentlich geringere Werte auf als die in den entsprechenden Schichten der ungestörten Bestände. Dies deutet auf eine Stratifikation, aber keine aktive Selektion hin. Die unterste Bestandesschicht nahm am Beweidungsende Ertragsanteile von über 90% ein, war aber auch auf dieser Weide für die Futterraufnahme kaum von Bedeutung. Generell wiesen die RP-Gehalte sowie die Verdaulichkeiten der organischen Masse des angebotenen Weidefutters je nach Aufwuchstyp und Bestandesschicht starke Differenzierungen hinsichtlich ihrer vertikalen Verteilung im Bestand auf.

Aufgrund des hohen Futterangebotes und daraus resultierender hoher Weidereste (ca. 50%, Mittel der Aufwüchse) mußten die Milchkühe die unterste Bestandesschicht mit den höchsten TM-Erträgen, aber geringsten RP-Gehalten und Verdaulichkeiten, auch am letzten Beweidungstag kaum nutzen. Die RP-Gehalte im „aufgenommenen Futter“ lagen im Mittel der Aufwüchse mit 0,9 Prozentpunkten RP (WWW) bzw. 1,1 %pkt RP (DWW) und 0,25 %pkt VOM (WWW) bzw. 1,5 %pkt VOM (DWW) nur marginal über den RP-Gehalten und Verdaulichkeiten des angebotenen Futters. Es ist davon auszugehen, daß die bestehende N-Problematik auf der Weide (hohe Nährstoffakkumulation unter Exkrementen, geringe Verwertungseffizienz des Exkrement-N, hohes N-Verlustpotential in Form von Nitrat- auswaschung, Ammoniak- und Lachgasemission) durch die nur geringfügig höheren RP-Gehalte im „aufgenommenen Futter“ nicht wesentlich verstärkt wird.

4.2 Diskussion

Räumlich-zeitliche Variation von Bestandescharakteristika

Da Weidebestände hinsichtlich botanischer Zusammensetzung, Ertrag und Futterqualität starke vertikale Differenzierungen aufweisen (CLARK et al., 1974; DELAGARDE et al., 2000; CARRIÈRE et al., 2001), reicht die Bestandeshöhe als alleiniger Parameter nicht aus, um

Vorhersagen über Futterqualität und –quantität bei verschiedenen Nutzungstiefen zu unterschiedlichen Zeitpunkten treffen zu können (WADE et al., 1989; LACA et al., 1992a). Diese Unterschiede im vertikalen Bestandaufbau haben Auswirkungen auf die Futteraufnahme und damit auch auf die tierische Leistung. Um diese Einflüsse sowie die Beziehung zwischen Freßverhalten bzw. der Futteraufnahme von Rindern und sich im Beweidungsverlauf verändernden Bestandesstrukturen auch mit Hilfe von Modellen darstellen zu können, ist eine detaillierte Beschreibung der räumlich-zeitlichen Variation von Weidebeständen (PARSONS et al., 1994; COSGROVE & MITCHELL, 1995; GALLI et al., 1995; DELAGARDE et al., 2004) bzw. die nach Pflanzenteilen differenzierte Betrachtung der Futterqualität (HERRMANN, 1999) eine wesentliche Voraussetzung. Nach COSGROVE & MITCHELL (1995) muß zur Abschätzung der täglichen Futteraufnahme der gesamte Weideprozeß betrachtet werden. Die Berücksichtigung des Ertrages bei Auftrieb und die tägliche Weidezeit sind wegen der zunehmenden Heterogenität auf der Weide und des sich damit verändernden Futterangebotes nicht ausreichend. GALLI et al. (1995) heben die Bedeutung einer adäquaten räumlichen Beschreibung der aufeinanderfolgenden Beweidungshorizonte hervor, um mit Hilfe von Modellen gesicherte Beziehungen zwischen der Futteraufnahme und Bestandescharakteristika ableiten zu können (PARSONS et al., 1994).

Um die vertikale Differenzierung der Versuchsbestände der vorliegenden Arbeit bezüglich der TM-Erträge, RP-Gehalte und Verdaulichkeiten als denkbare Datengrundlage zur Modellierung aufzuzeigen, wurden diese Bestandesparameter der ungestörten Flächen im Mittel der 6 Versuchstage und beider Jahre dargestellt (Abb. 1-6). Die Signifikanzniveaus der quadratischen Anpassung sind den Tab. A1 und A2 zu entnehmen. Die Abszisse beginnt jeweils bei 5 cm Bestandeshöhe, da dies auf der Weide als maximale Fraßtiefe angenommen wurde.

Die Abb.1 und 2 zeigen, welchen durchschnittlichen Beitrag die einzelnen Bestandesschichten bzw. die einzelnen Pflanzenarten innerhalb der Bestandesschichten zu dem Futterangebot im Vegetationsverlauf leisten. Der in verschiedenen Untersuchungen beschriebene pyramidenförmige Ertragsaufbau von Deutsch' Weidelgras- (HODGSON, 1981; THUMM et al., 1998; PARGA et al., 2000) und Mischbeständen (BLATTMANN, 1967; CLARK et al., 1974; MÄDEL & VOIGTLÄNDER, 1975a; SWAIN, 2000) wird auch in der vorliegenden Arbeit gefunden (Abb. 1). Dies bedeutet, daß die unteren Bestandesbereiche verstärkt zur Ertragsbildung genutzt werden. Bei einer Untersuchung von BLATTMANN (1967) wurden im Frühsommer 88% der Gesamtmasse in den Schichten unter 20 cm gebildet, während es im

Herbst 93% waren. In einem Weißkleebestand fanden MÄDEL & VOIGTLÄNDER (1975a) auf einer Weide 70-82% des Gesamtertrages in demselben Bestandesbereich, was sich mit den Ergebnissen unserer Untersuchung deckt.

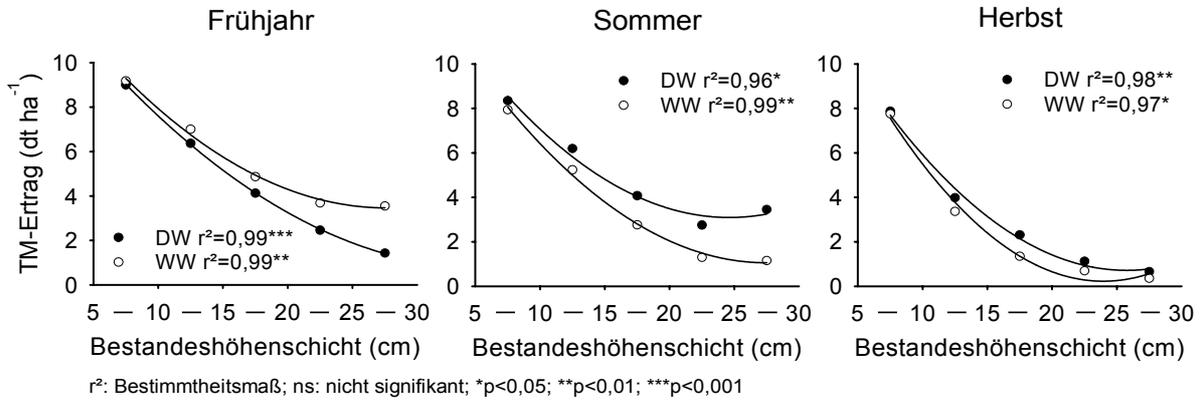


Abb.1: TM-Erträge (dt ha⁻¹) der ungestörten Deutsch´ Weidelgras (DW)- und Weidelgras-Weißklee (WW)-Bestände, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht

DM-yield (dt ha⁻¹) of non-grazed grass (DW) and mixed swards (WW), mean of days (1-6) and years (1997-1998) depending on sward height layer

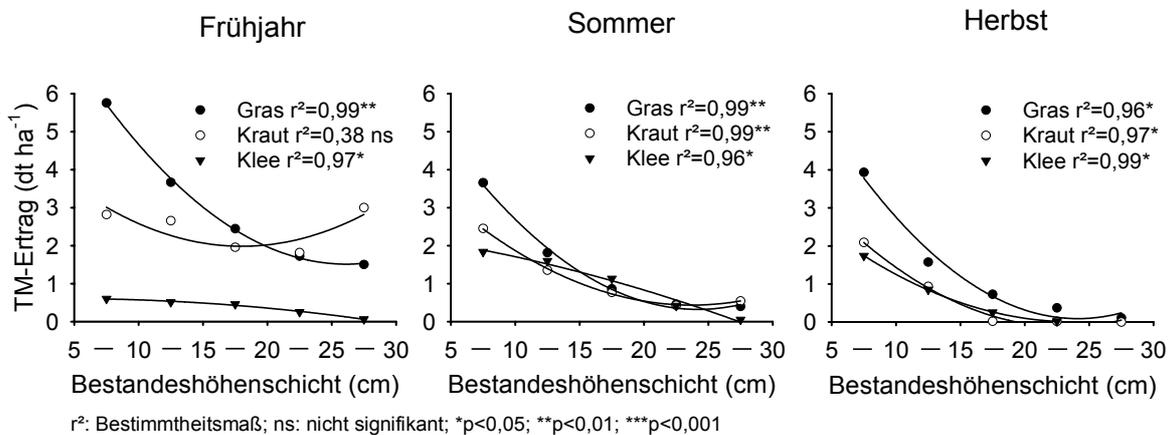


Abb. 2: TM-Erträge (dt ha⁻¹) der Fraktionen Gras, Kraut, Klee des Weidelgras-Weißklee-Bestandes der ungestörten Flächen, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht

DM-yields (dt ha⁻¹) of grass, herbs and clover of non-grazed mixed swards, mean of days (1-6) and years (1997-1998) depending on sward height layer

Die Fraktionen Gras, Kraut und Klee (Abb. 2) weisen generell einen entsprechenden Ertragsaufbau auf wie die Gesamtbestände, lediglich beim Kraut und Klee sind diese Verläufe im Frühjahr abweichend. Dabei kommt es zu relativ großen Schwankungen der TM-Erträge bzw.

der Ertragsanteile in Abhängigkeit von Jahr, Aufwuchstyp, Bestandesschicht und Fraktion (s. Kap. 2, Abb. 4). Der Löwenzahn war zum Zeitpunkt der Frühjahrsbeweidung in der Blüte und weist daher durch den Blütenkopf sehr hohe TM-Erträge in den oberen Bestandesschichten auf (Abb. 2). Der Klee wies im Mittel beider Jahre in den Frühjahrsaufwüchsen nur 3% Ertragsanteil auf und hatte daher für die Ertragsbildung dieser Aufwüchse keine Bedeutung. Die von THUMM et al. (1998) beschriebene signifikante Erhöhung der TM durch den Weißklee in der Bestandeshöhe von 15-40 cm wird in der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt. Der Klee weist in allen Aufwüchsen die höchsten TM-Erträge in den unteren Schichten bis 15 cm auf. Diese Abweichung der unterschiedlichen TM-Erträge in verschiedenen Bestandeshöhen kann in einem Sortenunterschied und somit in der Höhe des Blätterdaches begründet sein. In der vorliegenden Untersuchung wurde die mittelblättrige Sorte ABERHERALD verwendet, THUMM et al. (1998) geben keine Information zur verwendeten Sorte.

Die Verläufe der RP-Gehalte sind entgegengesetzt zur TM-Entwicklung. Sie erreichen in den mittleren Bestandesbereichen (WW-Bestand: Frühjahr; Sommer) bzw. in den oberen Schichten (DW-Bestand: Frühjahr; Herbst) ihre Maxima (Abb. 3). Besonders im Frühjahr ist der RP-Gradient für die homogene DWW aufgrund der Witterungsverhältnisse (hohe Einstrahlung, geringe Nachttemperatur) sowie wegen des nur sehr geringen Strahlungsgefälles innerhalb dieses Weidebestandes, bedingt durch die erektophile Blattstellung, nur sehr wenig ausgeprägt (s. auch Kap. 3, Abb. 7 u. S. 98).

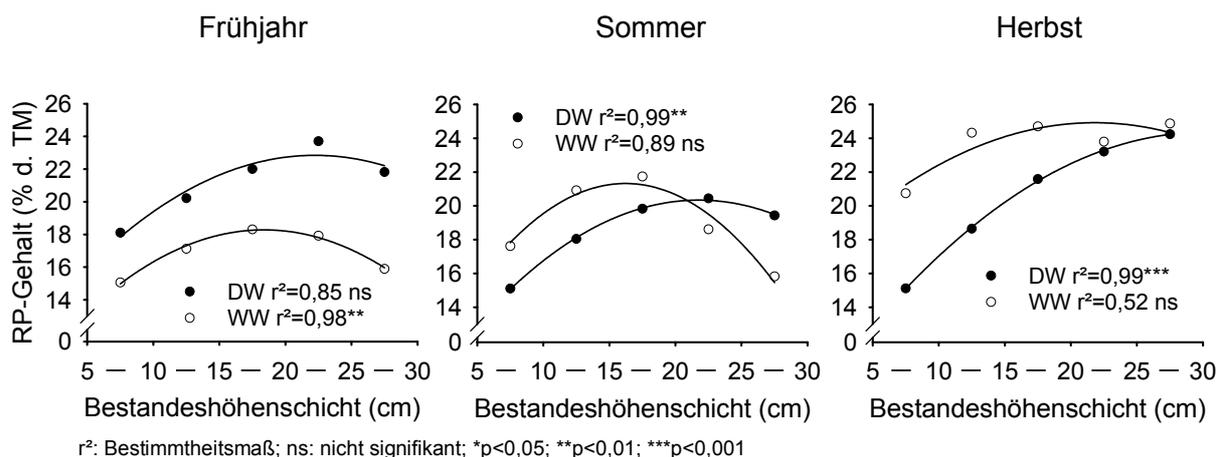


Abb. 3: Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) der ungestörten Deutsch' Weidelgras (DW)- und Weidelgras-Weißklee (WW)-Bestände, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht

Crude protein content (% of DM) of non-grazed grass (DW) and mixed swards (WW), mean of days (1-6) and years (1997-1998) depending on sward height layer

Die einzelnen Fraktionen des WW-Bestandes zeigen ähnliche Verläufe wie der Gesamtbestand der WWW in abgeschwächter Form (Abb. 4).

BLATTMANN (1967), CLARK et al. (1974) und THUMM et al. (1998) haben in vegetativen Beständen in den oberen Schichten die höchsten RP-Gehalte gemessen. Die Maxima verschieben sich mit zunehmender generativer Entwicklung in die mittleren Bereiche. Dies trifft für den generativen Sommeraufwuchs des Grasbestandes der vorliegenden Untersuchung allerdings nicht eindeutig zu. Da die Blütenstände in den oberen Schichten proteinreicher sind als die Stengel in den mittleren Bestandesschichten, was auch HERRMANN (1999) in ihren Untersuchungen nachwies, wurden im Sommeraufwuchs in den oberen Schichten die höchsten RP-Gehalte gemessen.

Die RP-Gehalte des Weidelgras-Weißklee-Bestandes (Abb. 3) liegen im Frühjahr deutlich unter denen des Grasbestandes. Dies erklärt sich neben der mineralischen N-Düngung des Grasbestandes auch durch die geringen Weißkleeanteile des WW-Bestandes von 3% in diesem Zeitraum. Ferner haben die geringen RP-Gehalte der Löwenzahnfraktion, die wegen der Blütenköpfe in diesem Aufwuchs bei maximal 16% d. TM liegen (Abb. 4), allerdings mit

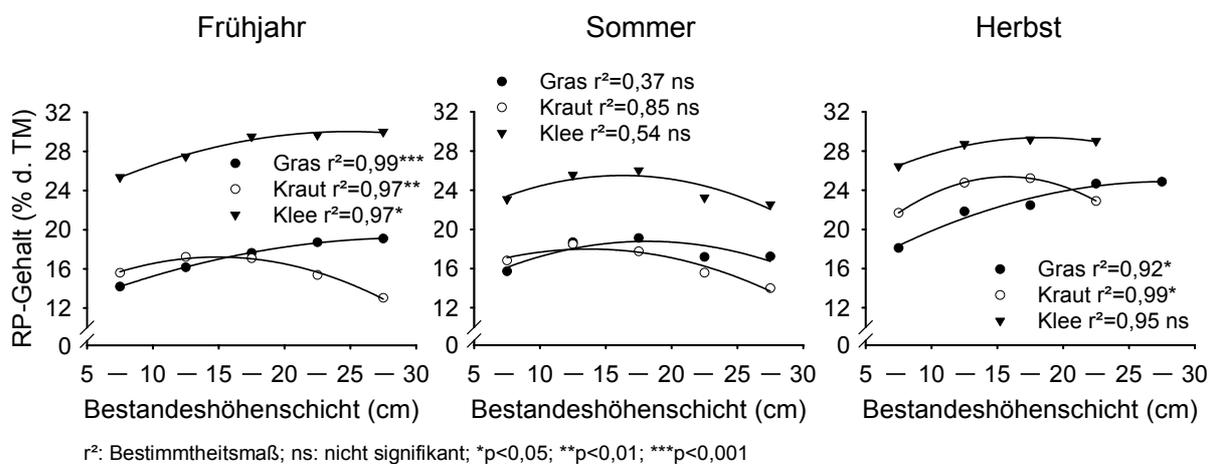


Abb. 4: Rohprotein (RP)-Gehalte (% d. TM) der Fraktionen Gras, Kraut, Klee des Weidelgras-Weißklee-Bestandes der ungestörten Flächen, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht

Crude protein contents (% of DM) of grass, herbs and clover of non-grazed mixed swards, mean of days (1-6) and years (1997-1998) depending on sward height layer

Ertragsanteilen von 42% bestandesbildend sind, einen erheblichen Einfluß auf den RP-Gehalt des Gesamtbestandes. Durch die Blüte des Löwenzahns im Frühjahr bzw. des Weißkleees im Sommer erklären sich auch die geringeren RP-Gehalte der obersten Bestandesschicht. Zusätzlich kann der abnehmende RP-Gehalt des Löwenzahns in der obersten Bestandes-

schicht >25 cm auch in der vertikalen N-Verteilung begründet sein. Diese wird bei von Gräsern und Rosettenpflanzen dominierten Weidebeständen neben dem Lichtgradienten auch von der Bestandesstruktur und Artenzusammensetzung beeinflusst (STROH, 2000). Die Autorin wies aufgrund der Morphologie des Blattes beim Löwenzahn in der untersten Schicht eine Erhöhung des Blatt-N-Gehaltes nach, während es bei den Gräsern zu einer leichten Abnahme kam. Im vorliegenden Versuch verlaufen die RP-Gehalte des Löwenzahns und der Gräser wie von STROH (2000) beschrieben (Abb. 4). SCHELLBERG et al. (1993) haben für Löwenzahn in Sommeraufwüchsen generell RP-Gehalte über 20% gemessen; in unserem Versuch wird dieser Wert einzig im Herbstaufwuchs erreicht, im Sommer liegen die RP-Gehalte bei maximal 18% d. TM. Dies deckt sich mit Ergebnissen von TAUBE et al. (1991), bei denen die RP-Gehalte von Löwenzahn auf einer ungedüngten, weißklee-dominierten Standweide zwischen Anfang Mai und Ende Juni bei 18% bis 14% lagen. Die höchsten RP-Gehalte von leguminosenreichen Beständen liegen in der Höhe des Blätterdachs des Weißklee. Dieses befindet sich in der vorliegenden Untersuchung bei ca. 10-25 cm, dagegen lag es bei THUMM et al. (1998) auf einer leguminosenreichen Mähweide bei ca. 30 cm Bestandeshöhe. CLARK et al. (1974) untersuchten Bestände bis 25 cm Höhe und fanden während der gesamten Vegetationsperiode die höchsten RP-Gehalte und Verdaulichkeiten in den höheren Schichten.

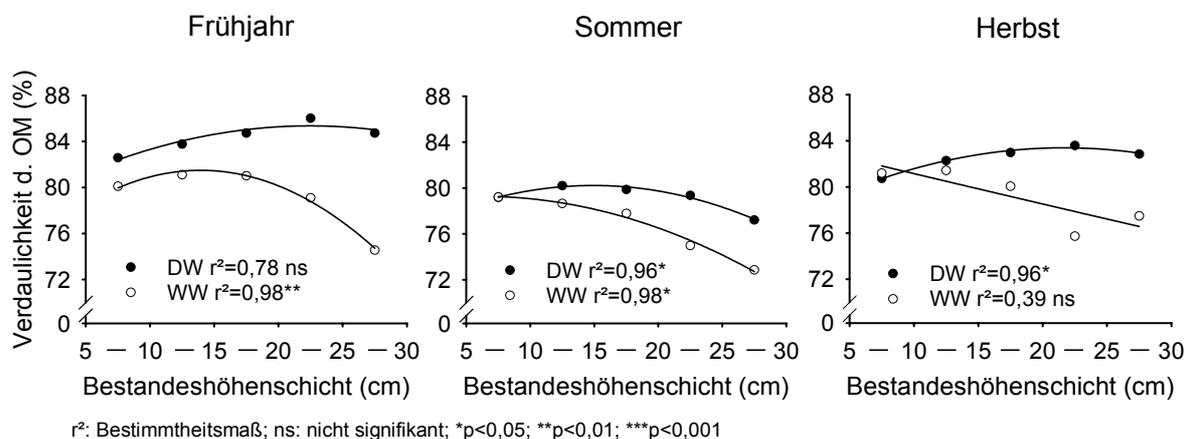


Abb. 5: Verdaulichkeiten d. OM (%) der ungestörten Deutsch' Weidelgras (DW)- und Weidelgras-Weißklee (WW)-Bestände, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht

Organic matter digestibility (%) of non-grazed grass (DW) and mixed swards (WW), mean of days (1-6) and years (1997-1998) depending on sward height layer

Im Gegensatz zu der Untersuchung von SØEGAARD & AAES (1996) weist der Weidelgras-Weißklee-Bestand der vorliegenden Arbeit generell in allen Aufwüchsen über die gesamte

Bestandeshöhe geringere Verdaulichkeiten auf als der Grasbestand (Abb. 5). Einen großen Einfluß auf die Verdaulichkeit des WW-Bestandes hat der Löwenzahn mit geringen Werten in den oberen Bestandesschichten (Kap. 2, Abb. 8 u. Tab. A12) bei entsprechend hohen TM-Erträgen (Abb. 2) bzw. Ertragsanteilen (Kap. 2, Abb. 4). Die höchste Verdaulichkeit in den oberen Schichten bei vegetativen Beständen, die BLATTMANN (1967) und CLARK et al. (1974) beschrieben, wurde im vorliegenden Versuch nur für den Grasbestand im Frühjahr und Herbst gemessen. Auch wenn einzelne Fraktionen variierende Verdaulichkeiten in Abhängigkeit der Bestandeshöhe aufweisen, liegt der Wert für den Gesamtbestand, wie auch bei CLARK et al. (1974), aufgrund der hohen Ertragsanteile der unteren Schichten im unteren Bestandesbereich.

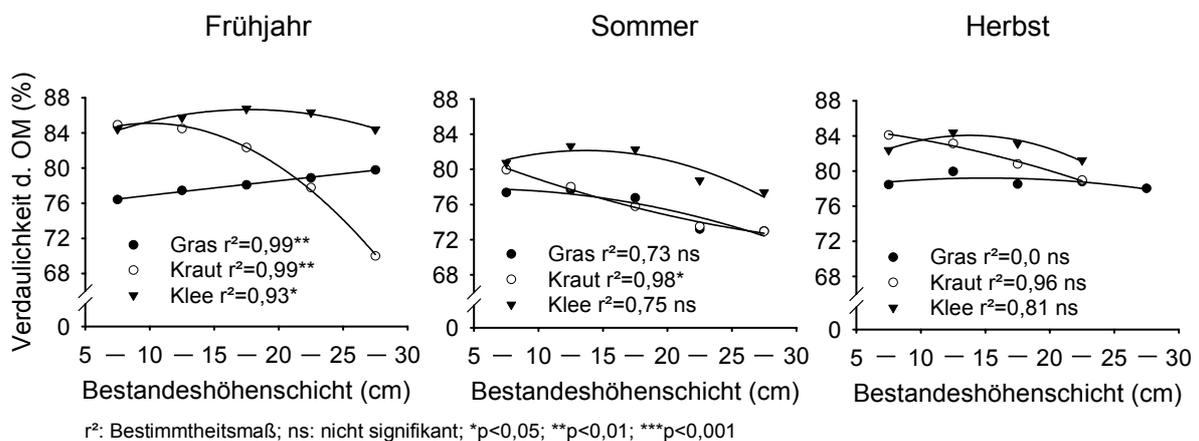


Abb. 6: Verdaulichkeiten d. OM (%) der Fraktionen Gras, Kraut, Klee des Weidelgras-Weißklee-Bestandes der ungestörten Flächen, im Mittel der Tage (1-6) und Jahre (1997-1998) in Abhängigkeit von der Bestandeshöhenschicht

Organic matter digestibility (%) of grass, herbs and clover of non-grazed mixed swards, mean of days (1-6) and years (1997-1998) depending on sward height layer

Generell können mit unterschiedlichem Alter große Differenzierungen in der Verdaulichkeit zwischen einzelnen Futterkomponenten auftreten (TERRY & TILLEY, 1964; HACKER & MINSON, 1981). Diese Differenzen zeigen sich auch im vorliegenden Versuch sowohl mit unterschiedlicher phänologischer Entwicklung zwischen den Aufwüchsen als auch in verschiedenen Bestandeshöhenschichten (Abb. 6). Dabei spielt die phänologische Entwicklung in Abhängigkeit vom Aufwuchstyp eine entscheidende Rolle. Aufgrund der Blütenköpfe/-stände weist die VOM der oberen beiden Bestandesschichten für den Löwenzahn im Frühjahr und für alle Fraktionen im Sommer die geringsten Werte auf. Auch SØEGAARD (2002) wies die negative Wirkung von Grasstengeln auf die Verdaulichkeit nach. Dagegen verläuft die Ver-

daulichkeit der Gräser im Herbst, unabhängig von der Bestandesschicht, auf einem einheitlichen Niveau, da es sich um einen vegetativen, blattdominierten Nachwuchs handelt (Abb. 6).

Die dargestellte vertikale Differenzierung der einzelnen Bestandesparameter zeigt, wie wichtig genaue Kenntnisse der Bestandescharakteristika sind, um Vorhersagen zur Qualität des angebotenen und aufgenommenen Futters bei unterschiedlichen Bestandeshöhen bzw. Nutzungstiefen treffen zu können.

Leistungsfähigkeit der Weideflächen

Im vorliegenden Versuch weist die DWW höhere Jahreserträge, N-Erträge (s. Kap. 2, Tab. 3 u. Kap. 3, Tab. 2) und mit insgesamt 1226 Großviehweidetagen $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ (GVT, Milchkühe und Nachläufer, Mittel der Jahre) eine höhere Weideleistung als die WWW (s. Kap. 2, Tab. 3) mit 776 GVT auf. INGWERSEN (2002) fand auf demselben Standort für Weidebestände mit einer N-Düngung von 200 kg ha^{-1} , die der des Grasbestandes der vorliegenden Arbeit entspricht, GVT von 1252 (Mittel 1997-1998) bzw. von $1023 \text{ GVT ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ für einen ungedüngten Mischbestand. Dabei muß berücksichtigt werden, daß seine Versuche unter optimierten Bedingungen auf Parzellenniveau mit Färsen stattfanden und die Weidereste auf der 0 kg N-Weide bei 12% (Mittel 1997–1998) lagen, auf der mit 200 kg N ha^{-1} gedüngten Weide bei 15%. Dagegen beruhen die Daten der vorliegenden Arbeit auf Erhebungen von Betriebsflächen, die mit hochleistenden Milchkühen beweidet wurden, was aufgrund der unterschiedlichen Milchleistung einen entscheidenden Einfluß auf die Höhe der Futteraufnahme hat (PEYRAUD & GONZÁLEZ-RODRÍGEZ, 2000). Um den Milchkühen eine selektive Futteraufnahme zu ermöglichen, wurden deutlich höhere Weidereste im Vergleich zu der Untersuchung von INGWERSEN (2002) zugelassen (WWW: 53% im Mittel aller Aufwüchse und beider Versuchsjahre; DWW: 50%). Wenngleich die Weideleistung in GVT des Grasbestandes höher ist als die der WWW, wiesen KONYALI et al. (2000) auf demselben Versuchsstandort für die Herde, die den WW-Bestand beweidete, eine signifikant höhere Milchleistung nach (s. auch Kap. 2, Tab. 4; Kap. 3, Tab. 3). Die Autorin führt dies, aufgrund der höheren Milchharnstoffgehalte der Herde, die den Grasbestand beweidete, auf eine geringere Verwertungseffizienz des Futter-N für die Milchbildung zurück (KONYALI, 2001). Die mit Ausnahme des Herbstaufwuchses 1997 höheren RP-Gehalte des Grasbestandes (Kap. 3, Abb. 2) im Vergleich zu denen des Weidelgras-Weißklee-Bestandes (Kap. 2, Abb. 2) im

angebotenen Weidefutter bei Beweidungsbeginn, wurden von den Milchkühen nicht entsprechend umgesetzt. Durch die in dieser Arbeit nachgewiesene passive, selektive Futteraufnahme des rohproteinreichen Weißkleees bzw. die aktive Selektion des Löwenzahns auf der WWW (Kap. 2) konnte der aufgenommene N effizient für die Milchbildung verwertet werden. Dagegen fanden SANDERSON et al. (2004) bei dem Vergleich von artenreichen Weiden (6 bzw. 9 Arten) mit einer Gras-Leguminosen Weide zwar steigende TM-Erträge mit zunehmendem Artenreichtum, die Milchleistung zwischen den Systemen zeigte jedoch keine signifikanten Unterschiede. Allerdings wurden die Milchkühe sowohl in dem Versuch von SANDERSON et al. (2004) als auch im vorliegenden Versuch mit Kraftfutter gefüttert, so daß es hier zu kompensatorischen Effekten der Auswirkungen eventuell unterschiedlicher Weideleistungen kommen kann.

Hohe Weißkleeanteile können sich negativ auf die Diversität der Gras- und Krautarten auswirken (TAUBE et al., 1995). Die Autoren fanden bei dem Vergleich von ökologisch vs. konventionell bewirtschafteten Weiden als Folge sehr hoher Weißkleeanteile auf den beschriebenen Praxisbeständen bei den Gräsern eine Ausbreitung des konkurrenzkräftigen Deutschen Weidelgrases und im Falle der Kräuter eine Dominanz einzelner stickstoffliebender Arten wie z. B. des Löwenzahns, so daß die botanische Zusammensetzung weißkleebasierter Weiden zunehmend der eines reinen gedüngten Grasbestandes ähnelt. Auch wenn die Weißkleeanteile bei TAUBE et al. (1995) mit Werten von bis zu 55% deutlich höher lagen als in der vorliegenden Untersuchung (max. 23%) (Kap. 2, Abb. 11), sind die von den Autoren genannten Arten die, die auch im vorliegenden WW-Bestand zu den Hauptbestandbildnern gehörten. Ferner führt Weißklee nicht zwingend zu einer Verbesserung der Verdaulichkeit im angebotenen Weidefutter (Kap. 2, Tab. 5; Kap. 3, Tab. 4). Dies deckt sich mit den Ergebnissen von TAUBE et al. (1991), die den starken Anstieg der ADF-Gehalte des Weißkleees auf einer ungedüngten Standweide in der Zeit von Anfang Mai bis Ende Juni und die negative Korrelation von ADF-Gehalt und Verdaulichkeit dokumentierten. SØEGAARD (2002) wies in ihrer Untersuchung die negative Korrelation von Verdaulichkeit und nekrotisiertem Material und Grasstengeln nach. Diese Parameter hatten einen stärkeren Einfluß auf die Verdaulichkeit als der Weißkleeanteil, während es für die RP-Gehalte umgekehrt war.

Generell müssen bei dem Vergleich der Weideleistung dieser Arbeit mit Ergebnissen anderer Untersuchungen (WADE et al., 1995; MAYNE et al., 1997; MCGILLOWAY et al., 1999; DELAGARDE et al., 2004; PEYRAUD et al., 2004) die ungünstigeren Standortbedingungen

(typische Sommertrockenheit auf der Geest, sandige Böden, geringe Wasserhaltekapazität) des Versuchsstandortes beachtet werden.

Methodik

Bei der hier angewandten pflanzenbaulichen Methode zur Bestimmung der Futteraufnahme handelt es sich um eine Schätzmethode. Die Differenz der Biomasse vor der Beweidung und des Weiderestes bzw. die täglichen Differenzen der „verschwundenen Pflanzenmasse“ („herbage disappearance“) wurden als Indikator für die Futteraufnahme angesehen, wie es auch TAUBE et al. (2004) in ihrem Versuch anwendeten. Bei Beweidungen, die den Zeitraum von 2-3 Tagen überschreiten, sollten zur korrekten Erfassung der Weideleistung die Zuwächse berücksichtigt werden (VOIGTLÄNDER & VOSS, 1979). Dies war im vorliegenden Versuch wegen der Dauer von fünf Tagen pro Beweidungsperiode über eine parallele Beprobung ungestörter Kontrollflächen mit derselben Intensität wie auf der Weide gewährleistet. Wenngleich die Kontrollflächen Weidecharakter aufwiesen, da die Zäune nach jeder 5-tägigen Beweidung entfernt wurden und die Flächen dann den nachweidenden Tieren zur Verfügung standen, kann nicht die gesamte auf den ungestörten Flächen gemessene TM auf die Weide übertragen werden. Denn auf der Weide wird die photosynthetisch aktivste Blattmasse der oberen Bestandesschichten durch die Stratifikation der Weidetiere zuerst entfernt, während diese Schichten auf den Referenzflächen die höchsten Nettoassimilationsraten aufweisen. Zwar fällt durch die Beweidung auf den W-Flächen Licht auch in die unteren Schichten, so daß dort die Photosynthese intensiver abläuft als in den U-Flächen der entsprechenden Schichten (JACKSON & CALDWELL, 1992), dennoch muß die Reduktion der jüngsten Blattmasse auf den W-Flächen berücksichtigt werden. Dies wurde in der vorliegenden Untersuchung in Anlehnung an LANTINGA (1985) durch den Faktor 0,5 für die gemessenen Zuwächse der U-Flächen bedacht.

Möglichkeiten und Grenzen der Methodik

Mittels der eingesetzten Methode konnte für die Weidelgras-Weißklee-Weide eine aktive Selektion des Krautes bei Ertragsanteilen von >20-45% unter Vermeidung des Grases bis zu dessen Ertragsanteil von ca. 60% gesichert nachgewiesen werden. Dagegen wurde der Klee bei Ertragsanteilen von ca. 15% bei Beweidungsbeginn (Mittel der Aufwüchse) nicht aktiv, sondern durch die Stratifikation der Milchkühe passiv selektiert (Kap. 2). Dies ergibt sich aus

der Tatsache, daß der Weißklee nicht als Einzelpflanze, sondern aufgrund der wechselseitigen Konkurrenzbeziehungen in einer Mosaikstruktur mit den Gräsern wächst (EDWARDS et al., 1996; MARRIOTT et al., 1997). Auch TAUBE et al. (2004) weisen eine passive selektive Futteraufnahme von Weißklee auf einer Knautgras-Weißklee-Weide im Zuge der Stratifikation nach. Parallel zu den stets geringeren Ertragsanteilen der Fraktionen Kraut und Klee in allen fünf Schichten auf der Weide (bei zunehmenden Anteilen auf den U-Flächen) entwickelten sich die Ertragsanteile des Grases genau entgegengesetzt. So konnte für die WWW die Stratifikation, die mit der eingesetzten Methode an der Abnahme der oberen Schichten im Beweidungsverlauf abgebildet wurde, quantitativ von der Selektion getrennt werden.

Dagegen wurde für den Grasbestand keine präferentielle Futteraufnahme der Blätter gegenüber den Stengeln nachgewiesen. Da die Blattanteile bzw. Blattgewichtsverhältnisse der einzelnen Schichten auf der Weide keine deutlich geringeren Werte aufwiesen als in den entsprechenden Schichten der Referenzfläche, belegt dieses Freßverhalten eine Stratifikation (s. Kap. 3, Abb. 5; 10; Tab. A3; A4). Dabei hätte auch für diesen homogenen Bestand mit nur einer Bestandekomponente (Deutsches Weidelgras) eine Selektion der Blätter methodisch nachgewiesen werden können, wenn die Blattanteile in den Schichten auf der Weide stärker abgenommen hätten als die der entsprechenden Schichten auf den U-Flächen.

Es muß beachtet werden, daß es sich hierbei um einjährige Daten handelt, da die sehr zeitaufwendige Fraktionierung des Pflanzenmaterials in bis zu 6 Fraktionen (WWW) aus arbeitstechnischen Gründen im 2. Versuchsjahr nicht durchgeführt werden konnte, und daher auf die Trennung in Blatt und Stengel 1998 für beide Bestände verzichtet wurde. Um eine korrekte Qualitätsanalyse durchführen zu können, wurde die teilweise sehr geringe Materialmenge aus den Schichtproben auf Kosten der Wiederholungen gepoolt. Ein Problem der statistischen Auswertung ergab sich durch den heterogenen Datenpool wegen des „Verschwindens“ von Schichten auf der Weide, während die Bestände der Referenzflächen im allgemeinen über die gesamte Beweidungsdauer aus allen 5 Schichten bestanden bzw. Schichten zugewachsen sind. Die optisch erfaßte, stark zunehmende Heterogenität der Weidebestände nach dem 2. Beweidungstag fand bei der statistischen Auswertung durch die Modellierung der entsprechenden Varianzstrukturen („vgroup-statement“) besondere Berücksichtigung. Allerdings wurden teilweise wegen des ungleichmäßigen Abweidens der Bestände und der daraus entstehenden großen Streuung über die Differenzbildung von Tag zu Tag „negative Futteraufnahmen“ berechnet, während es auf den U-Flächen zu „negativen Zuwächsen“ kommen konnte. In solchen Fällen wurde die Futteraufnahme bzw. der Zuwachs

gleich Null gesetzt. Dieses mathematisch-biologische Problem beschreibt auch BRENNER (2001), der es in einem Beweidungsversuch mit Hüteschafhaltung in Naturschutzgebieten in gleicher Weise löste. Die täglich zunehmende Heterogenität mit fortschreitendem Herunterfressen der Weidebestände erfordert eine objektive und gleichmäßige Beprobung anhand zahlreicher Wiederholungen, da es innerhalb einer Versuchsparzelle zu Variationen der Bestandesstruktur kommen kann (MÄDEL, 1980). Daher wurden sämtliche Beprobungen des vorliegenden Versuches von derselben Person durchgeführt.

Aufgrund der genannten Einschränkungen bzw. Grenzen der Methode müssen die hohen Futterraufnahmen von bis zu 25 kg TM GV⁻¹ Tag⁻¹ (WWW, Kap. 2, Tab 3) bzw. 21 kg (DWW, Kap. 3, Tab. 2) kritisch bewertet werden. Zum einen wurde die Wiederholungszahl aufgrund der zunehmenden Heterogenität der Weidebestände und der sich daraus ergebenden großen Streuung eventuell zu klein gewählt. Zum anderen ist die von LANTINGA (1985) entwickelte Berechnung zur Zuwachserfassung auf den vorliegenden Versuch nur bedingt übertragbar. Diese wurde von hochproduktiven Beständen unter günstigeren Witterungseinflüssen (günstigere Niederschlagsverteilung, bessere Wasserhaltefähigkeit der Böden) abgeleitet, so daß sich insgesamt eine höhere Weideleistung als auf der schleswig-holsteinischen Geest ergibt (s. Kap. 2, „Futterraufnahme“)

Neben der gleichmäßigen Abtrennung der Versuchsparzelle vom Weidebestand, zur konsequenten und korrekten Ertragserfassung, weisen MÄDEL & VOIGTLÄNDER (1975a; b), MÄDEL (1980) und BARTHAM et al. (2000) auf weitere Faktoren wie Witterung, Beprobungszeit, praktische Anwendungen unterschiedlicher Methoden, Zeitverlust etc. hin, die bei der Beprobung beachtet werden sollten, um den Versuchsfehler gering zu halten.

Alternative Methoden zur Erfassung der Selektion und Bestandesänderungen

Alternative pflanzenbauliche Möglichkeiten zur Messung der vertikalen TM-Verteilung werden von BARTHAM et al. (2000) beschrieben. Neben Handscheren, die auch im vorliegenden Versuch eingesetzt wurden, kommen elektrische Mäher mit anschließendem Aufsaugen des Pflanzenmaterials (MILNE et al., 1982) und an Federklemmen befestigte Scheren zum Einsatz. Zusätzlich wird die „Sandwich-Methode“ (RHODES & COLLINS, 1993) angewendet, bei der das zu schneidende Material zwischen zwei dafür ausgerichtete Bretter (clipboards) geklemmt wird, um Verluste während der Beprobung zu vermeiden. PULIDO & LEAVER (2003) schätzten das selektierte Futter, indem sie, angrenzend an die Fraßplätze einzelner Kühe, den Bestand bis zur entsprechenden Fraßtiefe der Tiere erfaßten und dies mit dem aufgenommenen Futter gleichsetzten. Ferner werden automatische Systeme zum

Monitoring des Weideverhaltens (CHAMPION et al., 1997; LACA & VALLISDEVRIES, 2000) sowie „hand-konstruierte Bestände“, kombiniert mit Video- und Tonüberwachung (LACA et al., 1992a; b), zur Ermittlung der Auswirkungen von Bestandescharakteristika auf das Freßverhalten von Rindern eingesetzt. Alle beschriebenen Methoden zur Erfassung der Futteraufnahme sind Schätzmethode, da sie nicht, wie bei fistulierten Tieren (MILNE et al., 1982; ASTIGARRAGA & PEYRAUD, 1995) oder dem Einsatz von Markern (SPÖRNDLY & BURSTEDT, 1995; WADE et al., 1995), das tatsächlich aufgenommene Futter erfassen, und somit Fehlerquellen bergen.

Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Verdaulichkeit des aufgenommenen Futters

Zeitgleich zu den beschriebenen pflanzenbaulichen Untersuchungen, bei denen die Qualitätsuntersuchungen mittels NIRS angestellt wurden, fanden am Institut für Tierernährung und Stoffwechselphysiologie der Universität Kiel Untersuchungen der Verdaulichkeit der organischen Masse des beschriebenen Weidematerials mittels der Kot-Stickstoff-Methode statt (LUKAS, 2002). Einen Vergleich der Ergebnisse von tatsächlich verzehrtem Pflanzenmaterial (Kot-Stickstoff-Methode) und geschätztem verzehrtem Pflanzenmaterial (Schichtenmethode) zeigt Abb. 7. Dargestellt sind die durchschnittlichen Verdaulichkeitsabnahmen vom Beginn einer Beweidung bis zum 5. Beweidungstag von fünf ausgewählten Aufwüchsen (Tab. A3). Um einen Einfluß der Vorbeweidung auszuschließen, wurden die Differenzen der Verdaulichkeiten erst ab dem zweiten Beweidungstag bis zum Beweidungsende ermittelt.

Die Kot-Stickstoff-Methode weist grundsätzlich geringere Verdaulichkeiten aus als die pflanzenbauliche Methode (LUKAS, 2002). Die potentielle Verdaulichkeit der NIRS-Schätzung wird an der Methode von FRIEDEL & POPPE (1990) kalibriert. Da dieses *in-vitro* Verfahren systematisch besonders im Bereich geringer Verdaulichkeiten die tatsächliche Verdaulichkeit überschätzt (SÜDEKUM & SCHRÖDER, 1995; MAHLKOW-NERGE, 1998; WACHENDORF et al., 1998), ergeben sich über die pflanzenbauliche Methode geschätzte höhere Verdaulichkeitsabnahmen im Beweidungsverlauf als bei der Kot-Stickstoff-Methode. Insgesamt ist die Differenz zwischen den Methoden mit max. 2 Prozentpunkten relativ gering (Tab. A3). Besonders im Bereich der geringen Qualitätsabnahme während der Beweidung zeigt der Methodenvergleich recht gute Übereinstimmungen. Je größer die Verdaulichkeitsabnahme im Zeitablauf, um so größer wird die Differenz zwischen den eingesetzten Methoden (Abb. 7). Generell ist aber die gute Übereinstimmung der NIRS-Schätzung mit den

klassischen Labormethoden zur Qualitätsbestimmung in zahlreichen Untersuchungen belegt worden (REDSHAW et al., 1986; LYONS & STUTH, 1992; LYONS et al., 1995).

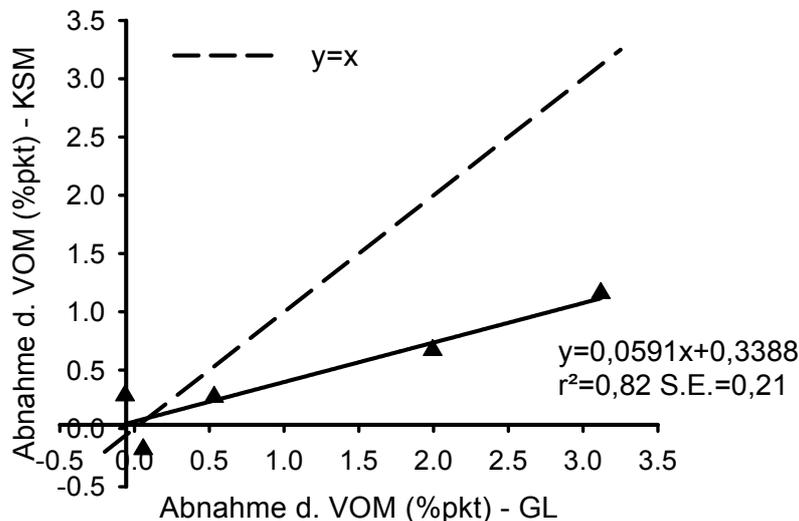


Abb. 7: Vergleich der geschätzten Verdaulichkeitsabnahme im Beweidungsverlauf mittels der Kot-Stickstoff-Methode (KSM) vs. der pflanzenbaulichen Methode (GL) (ausgewählte Aufwüchse 1997 und 1998; s. Tab. A3), Werte in Prozentpunkten (%pkt)

Comparison of estimated decrease of OMD within the grazing period by fecal nitrogen method (KSM) vs. the sward based method (GL) (selected growth periods 1997 and 1998, see table A3), values in percent points (%pkt)

Futteraufnahme, Selektion und Stratifikation

Grundsätzlich wird über die Bißgröße und –frequenz sowie die Weidezeit die aufgenommene Futtermenge bestimmt (HODGSON, 1981; ROOK, 2000). Die tierische Leistung resultiert aus der Menge und Qualität des aufgenommenen Futters; dabei muß die individuelle Konstitution berücksichtigt werden. Bei sehr homogenen Weidebeständen, wie dem Deutsch´ Weidelgras-Bestand der vorliegenden Untersuchung, haben die Vegetationshöhe und –dichte einen entscheidenden Einfluß auf zu realisierende Futteraufnahmen (BLACK & KENNY, 1984; EDWARDS et al., 1995). Dagegen modifiziert das Weidetier auf heterogen zusammengesetzten Weidebeständen, wie dem WW-Bestand der vorgestellten Arbeit, seine Bißgröße, -frequenz und Freßzeit, wodurch die selektive Futteraufnahme ausgeprägter ist (DISTEL et al., 1995). Im vorliegenden Versuch wurden beide in der Literatur beschriebenen Selektionstypen nachgewiesen. Während es auf dem Grasbestand zu einer scheinbaren vertikalen Selektion kam, bei der durch die Anordnung der Arten im Bestand (MILNE, 1991; SANDERSON et al.,

2004) und die Verteilung des Blattgewichtsverhältnisses über die Bestandeshöhe zuerst N-reiches und NDF-armes Futter stratifiziert wird (HODGSON, 1982; SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998), wurde für den WW-Bestand zusätzlich die echte horizontale Selektion nachgewiesen. Diese beschreibt die Möglichkeit des Weidetieres, durch gezielten Fraß einzelne Pflanzen oder Pflanzenteile aufzunehmen bzw. unerwünschte Bestandesareale aktiv zu meiden (HODGSON, 1982; MILNE et al., 1982; SCHÜTZ & SCHNYDER, 1998; TAUBE et al., 2004). Für beide Selektionstypen gilt, daß das aufgenommene Pflanzenmaterial höhere Stickstoff-, Phosphor- und Energiegehalte hat als das angebotene Futter (WALES et al., 1998). Für die RP-Gehalte trifft dies in der vorliegenden Untersuchung für beide Bestandestypen nur eingeschränkt zu. Da das Futterangebot/Kuh bzw. die Weidereste mit ca. 50% sehr hoch waren, mußten die Milchkühe bis zum letzten Beweidungstag kaum aus der untersten Bestandes-schicht mit den höchsten TM-Erträgen und geringsten RP-Gehalten und Verdaulichkeiten fressen. Daher sind die RP-Gehalte und Verdaulichkeiten des „aufgenommenen Futters“ für die Weidelgras-Weißklee-Weide mit 0,9 %pkt RP bzw. 1,1 %pkt (DWW) und 0,25 %pkt VOM (WWW) bzw. 1,5 %pkt (DWW) im Mittel der Aufwüchse nur geringfügig höher als im angebotenen Futter (Kap. 2, Tab. 5; Kap. 3, Tab. 4).

PULIDO & LEAVER (2003) fanden unabhängig von Weidemanagement (Umtriebs- vs. Standweide), Bestandeshöhe (hoher vs. niedriger Bestand), Milchleistung und Kraftfutter-Supplementierung (mit vs. ohne) in allen Behandlungen eine ähnlich hohe geschätzte umsetzbare Energie (ME) im aufgenommenen Futter. Daraus schließen die Autoren, daß Kühe in der Lage sind, aus beiden Weidesystemen und Bestandeshöhen jeweils eine qualitativ hochwertige Ration zu selektieren, was die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen. Dabei muß berücksichtigt werden, daß die Milchkühe aufgrund des hohen Futterangebotes während der gesamten Beweidungsperioden die Möglichkeit einer selektiven Futteraufnahme hatten, und der Gesamtgradient der Qualität des angebotenen Futters in Abhängigkeit von Aufwuchstyp, Jahr und Beweidungstag mit 13-23% RP (WWW) bzw. 14-24% RP (DWW) und Verdaulichkeiten zwischen 77-84% VOM (WWW) bzw. 77-86% VOM (DWW) ein qualitativ gutes Weidefutter für die Hochleistungskühe charakterisiert.

Konsequenzen der Beweidung auf die N-Flüsse im Weidesystem

Nach den Ergebnissen dieser Arbeit, anderen Untersuchungen innerhalb des „N-Projektes Karkendamm“ (TAUBE & WACHENDORF, 2000; INGWERSEN, 2002; BÜCHTER, 2003; TROTT et al., 2004; WACHENDORF et al., 2004) sowie den Erkenntnissen von BENKE (1992) und

WHITEHEAD (1995), besteht die allgemeine N-Problematik der Weide (punktuell hohe N-Rücklieferung und geringe Verwertungseffizienz von Exkrement N, hohe N-Bilanzüberschüsse und daraus resultierend ein hohes N-Verlustpotential in Form von Nitratauswaschung, Ammoniak- und Lachgas-Emissionen) auch im vorliegenden Versuch. Die N-Gehalte der Pflanzen werden durch die Exkrementstellen beeinflusst (STROH et al., 1998), durch die Besatzdichte und damit durch die Beweidungsintensität wird die Menge an Harnflecken bestimmt. Diese Faktoren haben somit einen entscheidenden Einfluß auf die N- und K-Verluste von beweidetem Grünland (KAYSER, 2003).

Allerdings wird die beschriebene generell bestehende N-Problematik der Weide nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit durch die Bestandsschichtung und das Futteraufnahmeverhalten der Weidetiere nur unwesentlich verstärkt. Aufgrund der hohen Weidereste von ca. 50% und der damit bis zum letzten Beweidungstag bestehenden Möglichkeit zur selektiven Futteraufnahme, haben die vertikale Differenzierung der RP-Gehalte und damit die RP-Gehalte im „aufgenommenen“ Futter kaum Effekte auf die N-Flüsse. Denn die im Zuge der Stratifikation (Grasbestand, Kap. 3) bzw. Selektion und Stratifikation (WWW, Kap. 2) verzehrten RP-Gehalte im „aufgenommenen Futter“ sind im Vergleich zum angebotenen Futter nur marginal erhöht und führen somit nur zu einer geringen Erhöhung der N-Ausscheidung über den Harn (WHITEHEAD, 1995).

4.3 Schlußfolgerungen

Trotz der diskutierten Grenzen der Methode war es möglich, die vertikalen Veränderungen der Bestandesarchitektur bezüglich Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung, und damit das sich verändernde Futterangebot sowie den Einfluß der Weidetiere auf den Bestand, detailliert darzustellen. Gleichzeitig wurde die Bedeutung des Zuwachses während der 5-tägigen Beweidungsperioden, je nach Aufwuchstyp, deutlich. Die Stratifikation (passive Selektion) konnte quantitativ von der aktiven Selektion getrennt und die Qualität des „aufgenommenen Futters“ für unterschiedliche Nutzungstiefen abgeschätzt werden. Dabei wurde deutlich, daß unter der Prämisse des hohen Futterangebotes und daraus resultierender Weidereste von 40-60% die Erfassung des Gesamtbestandes zur Charakterisierung des „aufgenommenen Futters“ ausreicht. Das Futterangebot und damit die geschätzte Futteraufnahme, besonders in Bezug auf die Qualität des „aufgenommenen Futters“, konnte

mit Hilfe der schichtweisen Beprobung zufriedenstellend geschätzt werden. Da die Weidetiere wegen des hohen Futterangebotes auch am letzten Beweidungstag kaum das Futter der untersten, ertragreichsten Bestandesschicht mit den geringsten RP-Gehalten und Verdaulichkeiten nutzen mußten, ist die Qualität des „aufgenommenen Futters“ nur geringfügig höher als die des angebotenen Futters. Genaue Kenntnisse über den vertikalen Bestandaufbau sind Grundlage für die Schätzung der täglichen Futteraufnahme, zur Erhaltung leistungsfähiger Weidebestände und um den Ansprüchen einer wiederkäuergerechten Fütterung gerecht zu werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit verdeutlichen die große Variationsbreite des Futterangebotes in Abhängigkeit von Aufwuchs, Jahr, botanischer Zusammensetzung, Bestandesschicht und phänologischem Entwicklungsstand. Somit ist die Übertragbarkeit gewonnener Ergebnisse nur eines Aufwuchses auf die restliche Vegetationsperiode nur sehr eingeschränkt möglich; vielmehr sind Untersuchungen und die Berücksichtigung repräsentativer Aufwüchse (Frühjahr, Sommer, Herbst) nötig, um zum einen verallgemeinerbare Beziehungen zwischen Bestandesstruktur und Futteraufnahme ableiten zu können, und zum anderen eine systematische Prognostizierbarkeit und Modellierung der Futteraufnahme zu gewährleisten.

Auf Basis der geschätzten Qualität im „aufgenommenen Futter“ im Vergleich zum Futterangebot können die Auswirkungen der Beweidung auf die Nährstoffflüsse, besonders für das Element Stickstoff, berücksichtigt werden. Der Vergleich der geschätzten Verdaulichkeiten im „aufgenommenen Futter“ mit der pflanzenbaulichen Methode zeigt generell eine lineare Beziehung zu den Ergebnissen der Kot-Stickstoff-Methode.

4.4 Literatur

- ASTIGARRAGA, L., PEYRAUD, J.L. (1995) Effects of sward structure upon herbage intake by grazing dairy cows. *Ann. Zootech.*, **44**, Suppl., 126
- BARTHAM, G.T., ELSTON, D.A. & BOLTON, G.R. (2000) A comparison of three methods for measuring the vertical distribution of herbage mass in grassland. *Grass and Forage Science*, **55**, 193-200
- BENKE, M. (1992) Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugkerzen-Methode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnitt/Weide), der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weißklee) und der Stickstoffdüngung. Dissertation, Universität Kiel
- BLACK, J.L. & KENNEY, P.A. (1984) Factors affecting Diet Selection by Sheep. II Height and Density of Pasture. *Australian Journal of Agricultural Research* **35**, 565-578

- BLATTMANN, W. (1967) Yield and utilized production of our pastures. In: Proc. Of the II. General Meeting of the European Grassland Federation, C.N.R.A. Versailles, 57-66
- BRENNER, S.G.M. (2001) Quantifizierung horizontaler Nährstoffbewegungen durch angepasste Weidewirtschaft mit Schafen in Naturschutzgebieten unter Berücksichtigung floristisch-vegetationskundlicher Analysen. Shaker Verlag Aachen 2001, Dissertation Universität Bonn, Institut für Tierernährung
- BÜCHTER, M. (2003). Nitratauswaschungen unter Grünland und Silomais in Monokultur auf sandigen Böden Norddeutschlands. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- CARRIÈRE, P., LOUAULT, F., DE FACCIO CARVALHO, P.C., LAFARGE, M. & SOUSSANA, J.F. (2001) How does the vertical and horizontal structure of a perennial ryegrass and white clover sward influence grazing? Grass and Forage Science, **56**, 118-130
- CHAMPION, R.A., RUTTER, S.M. & PENNING, P.D. (1997) An automatic system to monitor lying, standing and walking behaviour of grazing animals. Appl. Animal Behaviour Science, **54**, (4), 291-305
- CLARK, J., KAT, C. & SANTHIRASEGARAM, K. (1974) The dry matter production, botanical composition, *in vitro* digestibility and protein percentage of pasture layers. Journal British Grassland Society **29**: 179-184
- COSGROVE, G.P. & MITCHELL, R.J. (1995) Effect of sward type on intake rate parameters during progressive defoliation by lambs. Ann. Zootech., **44**, Suppl., 249
- DELAGARDE, R., PEYRAUD, J.L. DELABY, L. & FAVERDIN, P. (2000) Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. Animal Feed Science and Technology, **84**, 49-68
- DELAGARDE, R., FAVERDIN, P., BARATTE, C. BAILHACHE, M. & PEYRAUD, J.L. (2004) The herbage intake model for grazing dairy cows in the EU Grazemore project. Grassland Science in Europe, **9**, 650-652
- DISTEL., R.A., LACA, E.A., GRIGGS, T.C. & DEMMENT, M.W. (1995) Patch selection by cattle: Maximization of intake rate in horizontally heterogeneous pastures. Applied Animal Behaviour Science, **45**, 11-21
- EDWARDS, G.R., PARSONS, A.J., PENNING, P.D. & NEWMAN, J.A. (1995) Relationship between vegetation state and bite dimensions of sheep grazing contrasting plant species and its implications for intake rate and diet selection. Grass and Forage Science, **50**, 138-388
- EDWARDS, G.R., PARSONS, A.J., NEWMAN, J.A. & WRIGHT, I.A. (1996) The spatial pattern of vegetation in cut and grazed grass/white clover pastures. Grass and Forage Science, **51**, 219-231
- FRIEDEL, K. & POPPE, S. (1990) Ein modifiziertes Cellulaseverfahren als Methode zur Schätzung der Verdaulichkeit von Grobfutter. Wiss. Z. Universität Rostock, N-Reihe, **39**, 78-86
- GALLI, J.R., CANGIANO, C.A. & FERNANDEZ, H.H. (1995) A simulation model of intake of grazing cattle in homogeneous environments. Ann. Zootechn., **44**, Suppl., 261
- HACKER, J.B. & MINSON, D.J. (1981) The digestibility of plant parts. Herbage Abstracts, **51**, 459-481
- HERRMANN, A. (1999) Modellierung von Ertragsverlauf und Qualitätsentwicklung verschiedener Pflanzenteile von Einjährigem Weidelgras (*Lolium multiflorum* Lam. ssp. *gaudini*). Shaker Verlag, Dissertation, Universität Gießen
- HODGSON, J. (1981) Variation in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. Grass and Forage Science, **36**, 49-57
- HODGSON, J. (1982) Influence of sward characteristics in diet selection and herbage intake by the grazing animal. In: Hacker, J.M. (ed.): Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. Farnham Royal, U.K. Commonwealth Agricultural Bureau, 153-166

- INGWERSEN, B. (2002) Einfluß von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Leistungsfähigkeit von leguminosenbasiertem Dauergrünland unter besonderer Berücksichtigung der Nährstoffbilanzierung. Dissertation, Institut für Pflanzenbau u. -züchtung, Universität Kiel
- JACKSON, R.B. & CALDWELL, M.M. (1992) Shading and the capture of localized soil nutrients: nutrient contents, carbohydrates, and root uptake kinetics of a perennial tussock grass. *Oecologia*, **91**, 457-462
- KAYSER, M. (2003) Nitrogen and Potassium leaching from grassland: the effect of fertilizer regime and application of cattle urine. Dissertation, Göttinger Agrarwissenschaftliche Beiträge, Bd. 14, excelsior p.s. Verlag
- KONYALI, A., JUNGE, W., SÜDEKUM, K.-H. & KALM, E. (2000) Einfluß unterschiedlicher Fütterungsstrategien auf die Milchleistung und N-Effizienz der Kuh. Mitt. AGGF, 44. Jahrestagung in Kiel, Wissenschaftlicher Fachverlag Gießen, **2**, 213-216
- KONYALI, A. (2001) Effects of synchronous and asynchronous concentrates on performance and efficiency of nitrogen utilization of lactating dairy cows. Dissertation, Schriftenreihe Institut für Tierzucht u. -haltung, Christian-Albrechts-Universität Kiel
- LACA, E.A., UNGAR, E.D., SELIGMAN, N.G., RAMEY, M.R. & DEMMENT, M.W. (1992a) An integrated methodology for studying short-term grazing behaviour of cattle. *Grass and Forage Science*, **47**, 81-90
- LACA, E.A., UNGAR, E.D., SELIGMAN, N. & DEMMENT, M.W. (1992b) Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*, **47**, 91-102
- LACA, E.A. & WALLISDEVRIES, M.F. (2000) Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle. *Grass and Forage Science*, **55**, 97-104
- LANTINGA, E.A. (1985) Simulation of herbage production and herbage intake during a rotational grazing period: An evaluation of Linehan's formula. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, **33**, 385-403
- LUKAS, M. (2002) Fecal crude protein as an estimate of diet digestibility in cattle. Shaker Verlag Aachen, Dissertation Universität Kiel
- LYONS, R.K. & STUTH, J.W. (1992) Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. *Journal of Range Management*, **45** (3), 238-244
- LYONS, R.K., STUTH, J.W. & ANGERER, J.P. (1995) Technical note: fecal NIRS equation field validation. *Journal of Range Management*, **48** (4), 380-382
- MÄDEL, F. & VOIGTLÄNDER, G. (1975a) Die vertikale Verteilung der Trockensubstanz in einigen Grünlandpflanzen und -beständen. *Das wirtschaftseigene Futter* **21**, 280-290
- MÄDEL, F. & VOIGTLÄNDER, G. (1975b) Die vertikale Verteilung der Trockensubstanz in einigen Futterleguminosen. *Das wirtschaftseigene Futter* **21**, 312-323
- MÄDEL, F. (1980) Empfehlungen zur Probenahme im Feldversuch mit Futterpflanzen. *Das wirtschaftseigene Futter*, **26**, 126-139
- MAHLKOW-NERGE, K. (1998) Untersuchungen über den Effekt der Bewirtschaftungsintensität von Grünland auf Ertrag und Futterwert sowie über die Eignung verschiedener Verfahren der Futterwertschätzung. Dissertation der Agrarwissenschaftlichen Fakultät, Universität Rostock
- MARRIOTT, C.A., BOLTON, G.R. & DUFF, E.I. (1997) Factors affecting the stolon growth of white clover in ryegrass/clover patches. *Grass and Forage Science*, **52**, 147-155
- MAYNE, C.S., MCGILLOWAY, D., CUSHNAHAN, A. & LAIDLAW, A.S. (1997) The effect of sward height and bulk density on herbage intake and grazing behaviour of dairy cows. *Proceedings of the XVIII Int. Grassl. Congress, Winnipeg, Manitoba, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, Vol. 1*, 2-15 - 2-16
- MCGILLOWAY, D.A., CUSHNAHAN, A., LAIDLAW, A.S., MAYNE, C.S. & KILPATRICK, D.J. (1999) The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science*, **54**, 116-126

- MILNE, J.A., HODGSON, J., THOMPSON, R., SOUTER, W.G. & BARTHAM, G.T. (1982) The diet ingested by sheep grazing swards differing in white clover and perennial ryegrass content. *Grass and Forage Science*, **37**, 209-218
- MILNE, J.A. (1991) Diet selection by grazing animals. *Proc. of the Nutrition Society*, **50**, 77-85
- PARGA, J., PEYRAUD, J.L. & DELAGARDE, R. (2000) Effect of sward structure and herbage allowance on herbage intake and digestion by strip-grazing dairy cows. In: Rook, A.J. & Penning, P.D. (eds.) *Grazing Management*, BGS, Occasional Symposium No. 34, p.61-66
- PARSONS, A.J., THORNLEY, J.H.M., NEWMAN, J. & PENNING, P.D. (1994) A mechanistic model of some physical determinants of intake rate and diet selection in a two-species temperate grassland sward. *Functional Ecology*, **8**, 187-204
- PEYRAUD, J.L. & GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. (2000) Relations between grass production, supplementation and intake in grazing dairy cows. *Grassl. Science in Europe*, **5**, 269-282
- PEYRAUD, J.L., MOSQUERA-LOSADA, R. & DELABY, L. (2004) Challenges and tools to develop efficient dairy systems based on grazing: how to meet animal performance and grazing management. *Grassland Science in Europe*, **9**, 373-384
- PULIDO, R.G. & LEAVER, J.D. (2003) Continuous and rotational grazing of dairy cows - the interactions of grazing system with level of milk yield, sward height and concentrate level. *Grass and Forage Science* **58**, 265-275
- REDSHAW, E.S., MATHISON, G.W., MILLIGAN, L.P. & WEISENBURGER, R.D. (1986) Near Infrared Reflectance Spectroscopy for predicting forage composition and voluntary consumption and digestibility in cattle and sheep. *Canadian Journal of Animal Science*, **66** (1), 103-116
- RHODES, I. & COLLINS, R.P. (1993) Canopy structure. In: DAVIES, A., BAKER, R.D., GRANT, S.A. and LAIDLAW, A.S. (eds) *Sward Measurement Handbook*, 2nd edn. Pp. 139-156. Reading: British Grassland Society
- ROOK, A.J. (2000) Principals of foraging behaviour. In: Hopkins, A. (ed.) *Grass – Its production and utilization*. Blackwell Science Ltd, Oxford, 229-246
- SANDERSON, M.A., SODER, K.J., BRZEZINSKI, N., MULLER, L.D., SKINNER, R.H., WACHENDORF, M., TAUBE, F. and GOSLEE, S.C. (2004) Plant species diversity influences on forage production and performance of dairy cattle on pasture. *Grassland Science in Europe*, **9**, 632-634
- SHELLBERG, J., WAGNER, B. & KÜHBAUCH, W. (1993) Zeitliche Veränderung der Futterqualität von Löwenzahn (*Taraxacum officinale* Web.) im Frühjahrs- und Spätsommernaufwuchs einer intensiven Mähweide. AG Grünland und Futterbau, 37. Jahrestagung in Husum, 211-214
- SCHÜTZ, U. & SCHNYDER, H. (1998) Die räumliche Heterogenität der Futterqualität und des Verzehrs auf einer extensiv bewirtschafteten Umtriebsweide. Tagungsband der 42. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in Gießen, 74-79
- SØEGAARD, K. & AAES, O. (1996) The effect of protein levels in feed supplements on herbage production and animal performance under continuous grazing with dairy cows. *Grassland Science in Europe*, **1**, 621-624
- SØEGAARD, K. (2002) The effect of grazing management on botanical composition and herbage quality on field level. *Grassland Science in Europe*, **7**, 162-163
- SPÖRNDLY, E. & BURSTEDT, E. (1995) The effect of sward height and season on herbage intake of dairy cows in a rotational grazing system. *Ann. Zootech.* **44**, Suppl., 130
- STROH, K., LÖTSCHER, M. & SCHNYDER, H. (1998) Vertikale N-Verteilung in verschiedenen Arten in extensiv genutzten Weiden bei unterschiedlicher N-Versorgung. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften* **11**, 71-72

- STROH, K. (2000) Stickstoff-Verteilung in Einzelpflanzen und Beständen des Grünlandes in Abhängigkeit von Stickstoff-Angebot, Bestandesstruktur und Lichtregime. Dissertation, Technische Universität München, Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau
- SÜDEKUM, K.-H. & SCHRÖDER, A. (1995) Sukzessive versus abrupte Extensivierung von Grünlandflächen: Einfluß auf in vivo und in vitro ermittelte Futterwertparameter. VDLUFA Schriftenreihe **40**, 437-440
- SWAIN, D.L. (2000) Sward structural variations and the implications in relation to optimising grazing intake. *Grassland Science in Europe*, **5**, 283-285
- TAUBE, F., KORNHER, A., SÜDEKUM, K.-H., WÖRNER, M. & PAPST, K. (1991) Slot seeding of white clover into a permanent pasture: Impact on botanical composition, dry matter yield and quality of herbage. EGF, Grassland renovation and weed control in Europe, Sept. 18-21, Graz, Austria, p. 123-125
- TAUBE, F., WACHENDORF, M. & KORNHER, A. (1995). Leistungsfähigkeit weißkleebasierter Produktionssysteme auf dem Dauergrünland Norddeutschlands. *Das wirtschaftseigene Futter* **41**, 28-42
- TAUBE, F. and WACHENDORF, M. (2000) The Karkendamm Project: A system approach to optimize nitrogen use efficiency on the dairy farm. *Grassl. Science in Europe*, **5**, 449-451
- TAUBE, F., BRZEZINSKI, N., MULLER, L.D., SANDERSON, M.A., SODER, K.J. and WACHENDORF, M. (2004) The influence of species composition on productivity, forage quality and herbage disappearance of grazed mixed swards. *Grassland Science in Europe*, **9**, 635-637
- TERRY, R.A. & TILLEY, J.M.A. (1964) The digestibility of the leaves and stems of perennial ryegrass, cocksfoot, timothy, tall fescue, lucerne and sainfoin, as measured by an *in vitro* procedure. *Journal of the British Grassland Society*, **19**, 363-372
- THUMM, U., JACOB, H. & BRUNTNER, B. (1998) Vertikale Verteilung der Trockenmasse und einiger Inhaltsstoffe in einem Mähweide- und einem 2 Schnittwiesenbestand. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften* **11**, 155-156
- TROTT, H., WACHENDORF, M., INGWERSEN, B. & TAUBE, F. (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. I. Impact of defoliation system and nitrogen input on performance and N balance of grassland. *Grass and Forage Science*, **59**, 41-55
- VOIGTLÄNDER, G. & VOSS, N. (1979) Methoden der Grünlanduntersuchung und -bewertung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 207 S.
- WACHENDORF, M., TAUBE, F. & SÜDEKUM, K.-H. (1998) Vergleich der Enzymlöslichkeit mit den Enzymtests nach FRIEDEL und DE BOEVER. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften*, **11**, 235-236
- WACHENDORF, M., BÜCHTER, M., TROTT, H. & TAUBE, F. (2004) Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. *Grass and Forage Science*, **59**, 56-68
- WADE, M.H., PEYRAUD, J.L., LEMAIRE, G. & COMERON, E.A. (1989) The dynamics of daily area and depth of grazing and herbage intake of cows in a five day paddock system. XVI International Grassland Congress, Nice, France, 1111-1112
- WADE, M.H., PEYRAUD, J.L., COMERON, E.A. & LEMAIRE, G. (1995) The dynamics of daily milk production and sward height under paddock grazing conditions. *Ann. Zootech.*, **44**, Suppl., 127
- WALES, W.J., DOYLE, P.T. & DELLOW, D.W. (1998) Dry matter intake and nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures at different pasture allowances. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **38**, 451-460
- WHITEHEAD, D.C. (1995) *Grassland Nitrogen*. CAB International, Wallingford

Anhang

Tab. A1: Signifikanzniveaus der quadratischen Anpassung der ungestörten Deutsch' Weidelgras (DW)- und Weidelgras-Weißklee-Bestände (WW) für die TM-Erträge, RP-Gehalte und Verdaulichkeiten d. OM im Frühjahr, Sommer und Herbst, im Mittel der Beweidungstage und Jahre

	Frühjahr			Sommer			Herbst		
	r ²	S.E.	P	r ²	S.E.	P	r ²	S.E.	P
TM-Ertrag (dt ha ⁻¹)									
DW-Bestand	0,99	0,06	***	0,96	0,44	*	0,98	0,37	**
WW-Bestand	0,99	0,24	**	0,99	0,25	**	0,97	0,46	*
RP-Gehalt (% d. TM)									
DW-Bestand	0,85	0,8	ns	0,99	0,11	**	0,99	0,12	***
WW-Bestand	0,98	0,19	**	0,89	0,8	ns	0,52	1,17	ns
Verdaulichkeit d. OM (%)									
DW-Bestand	0,78	0,6	ns	0,96	0,23	*	0,96	0,2	*
WW-Bestand	0,98	0,35	**	0,98	0,42	*	0,39	1,93	ns

r²: Bestimmtheitsmaß; S.E.: Standardfehler ns: nicht signifikant; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

Tab. A2: Signifikanzniveaus der quadratischen Anpassung der Gras-, Kraut- und Klee fraktion der ungestörten Mischbestände für die TM-Erträge, RP-Gehalte und Verdaulichkeiten d. OM im Frühjahr, Sommer und Herbst, im Mittel der Beweidungstage und Jahre

	Frühjahr			Sommer			Herbst		
	r ²	S.E.	P	r ²	S.E.	P	r ²	S.E.	P
TM-Ertrag (dt ha ⁻¹)									
Gras	0,99	0,09	**	0,99	0,12	**	0,96	0,32	*
Kraut	0,38	0,42	ns	0,99	0,04	**	0,97	0,15	*
Klee	0,97	0,03	*	0,96	0,14	*	0,99	0,02	*
RP-Gehalt (% d. TM)									
Gras	0,99	0,06	***	0,37	1,07	ns	0,92	0,74	*
Kraut	0,97	0,26	**	0,85	0,68	ns	0,99	0,03	*
Klee	0,97	0,33	*	0,54	1,07	ns	0,95	0,26	ns
Verdaulichkeit d. OM (%)									
Gras	0,99	0,12	**	0,73	1,2	ns	0,00	0,75	ns
Kraut	0,99	0,34	**	0,98	0,46	*	0,96	0,41	ns
Klee	0,93	0,28	*	0,75	1,13	ns	0,81	0,58	ns

r²: Bestimmtheitsmaß; S.E.: Standardfehler ns: nicht signifikant; *P<0,05; **P<0,01; ***P<0,001

Tab. A3: Abnahme der Verdaulichkeit d. OM (Prozentpunkte) vom 2. bis 5. Beweidungstag, ermittelt über die Kot-Stickstoff-Methode (KSM) und die pflanzenbauliche Schichtenmethode (GL), ausgewählter Aufwüchse (Frühjahrs-(F), Sommer-(S), Herbst-(H)aufwuchs) der Deutsch' Weidelgras- (DWW) und Weidelgras-Weißklee-Weide (WWW), 1997 und 1998

Aufwuchs/Jahr	DWW			WWW		
	F 1997	S 1998	H 1998	F 1997	F 1998	S 1998
KSM	-0,13	1,16	-0,18	0,67	0,28	0,27
GL	1,95	3,12	0,06	1,99	-0,06	0,53

Kapitel 5

Zusammenfassung / Summary

5.1 Zusammenfassung

Grünlandaufwüchse zeigen bezüglich ihrer vertikalen Anordnung starke Differenzierungen in Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung, sowohl während eines Aufwuchses als auch im Laufe der Vegetationsperiode. Das Weidetier beeinflusst durch sein Futteraufnahmeverhalten (Selektion, Stratifikation), Tritt und Exkrementabsonderung diese Veränderungen des Pflanzenbestandes sowie die Nährstoffflüsse im System Boden-Pflanze-Tier erheblich. Diese sind auf den spezialisierten Milchvieh-/Futterbaubetrieben der schleswig-holsteinischen Geest, die durch sorptionsschwache Sandböden gekennzeichnet ist, besonders für das Element Stickstoff (N) relevant und haben entscheidende Auswirkungen auf die N-Bilanz dieser Betriebstypen.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes „Steigerung der Ausnutzung von Stickstoff im Produktionsprozeß der Milcherzeugung durch Maßnahmen des Futterbaus, der Tierernährung sowie des Managements und der Zucht“ in den Jahren 1997 und 1998 auf dem Versuchsbetrieb Karkendamm der Universität Kiel zwei als Umtriebsweiden genutzte Grünlandbestände (*Lolio cynosuroides*, Weidelgras-Weißklee-Weide (WWW); Deutsch' Weidelgras-Weide (*Lolium perenne* L., DWW)) unterschiedlicher botanischer Zusammensetzung, N-Düngung und Nutzungsintensität untersucht. Ziel des Versuches war es, den vertikalen Bestandaufbau hinsichtlich Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung und die Veränderungen im Zeitablauf, unter Verzicht auf *in-vivo* Methoden, mittels einer pflanzenbaulichen Methode zu erfassen. Ferner sollte überprüft werden, ob eine aktive selektive Futteraufnahme der Milchkühe (Holstein Friesian und Red Holstein) quantitativ von einer Stratifikation (schichtenweises Abweiden eines Bestandes) zu trennen ist und ob das Futteraufnahmeverhalten der Weidetiere Einfluß auf den N-Kreislauf im System Boden-Pflanze-Tier hat.

Beide Bestände wurden jeweils während eines repräsentativen Frühjahrs-, Sommer- und Herbstaufwuchses in 5 cm mächtigen Bestandesschichten beprobt. Zur Erfassung des Zuwachses sowie der natürlichen Alterung während der 5-tägigen Beweidungsperioden fanden zeitgleiche Untersuchungen auf ungestörten Teilarealen statt. Die „Futteraufnahme“ wurde indirekt, unter Addition des Zuwachses, über die täglich verschwandene Biomasse auf der Weide geschätzt. Zur Ermöglichung einer selektiven Futteraufnahme wurden Weidereste von 40-60% angestrebt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Weidelgras-Weißklee-Weide: Auf der Weidelgras-Weißklee-Weide (Mai 1997 [Mai 1998]: 34% [63%] Gräser (hauptsächlich Deutsches Weidelgras), 64% [33%] Kräuter (Gem. Löwenzahn), 2% [4%] Leguminosen (Weißklee); 20 m³ ha⁻¹ Rindergülle vor Vegetationsbeginn; 4-maliger Umtrieb) konnte mit Hilfe statistischer Modelle und des Selektionsindex (n. HODGSON) eine aktive, positive Selektion von Löwenzahn und Weißklee unter Vermeidung der Gräser belegt werden. Während der Löwenzahn bei Ertragsanteilen von ca. 25-45% aktiv selektiert wurde, wurde für den Weißklee aufgrund der mosaikartigen Verteilung mit den Gräsern eine passive Selektion im Zuge der Stratifikation nachgewiesen. Die Gräser konnten ab ca. 60% Ertragsanteil von den Milchkühen nicht mehr selektiv gemieden werden.

Deutsch' Weidelgras-Weide: Auf der Deutsch' Weidelgras-Weide (200 kg ha⁻¹ Mineral-N, 20 m³ Rindergülle vor Vegetationsbeginn; 5-maliger Umtrieb) konnte im vorliegenden Versuch keine aktive Selektion von Blättern (Blattspreiten) gegenüber den Stengeln (Blattscheiden u. Stengel) nachgewiesen werden. Die Tatsache, daß die Blattanteile in den einzelnen Bestandesschichten des Weidebestandes keine oder nur geringfügig reduzierte Werte im Vergleich zu den entsprechenden Schichten des Referenzbestandes annehmen, belegt eine Stratifikation, jedoch keine aktive Selektion der Blätter durch die Weidetiere.

Für **beide Weiden** konnten die täglichen Veränderungen bezüglich Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung (WWW) in allen Schichten umfassend dokumentiert werden. Aufgrund der vertikalen Differenzierung der einzelnen Bestandesschichten (WWW) bzw. der Blätter und Stengel (DWW) sowie des Futteraufnahmeverhaltens (Stratifikation, Selektion) der Weidetiere kommt es zu täglichen Veränderungen des angebotenen und „aufgenommenen“ Weidefutters. Beide Bestände zeigen einen pyramidenförmigen Aufbau mit den höchsten TM-Erträgen in der untersten Bestandesschicht (5-10 cm über d. Bodenoberfläche) und gleichzeitig den geringsten Rohprotein (RP)-Gehalten und Verdaulichkeiten der organischen Masse (VOM). Weil der Ertragsanteil der untersten Bestandesschicht am letzten Beweidungstag Werte z. T. über 90% einnahm und dadurch die Selektionsmöglichkeit dokumentiert war, hatte diese Bestandesschicht bis zum fünften Beweidungstag keinen negativen Einfluß auf die Futteraufnahme und dadurch keinen direkten Einfluß auf die Milchleistung. Denn durch das hohe Futterangebot/Kuh und den daraus resultierenden Weideresten (ca. 50% im Mittel aller Aufwüchse) mußten die Milchkühe die Bestandesschicht mit den geringsten RP-Gehalten und Verdaulichkeiten auch am letzten Beweidungstag

kaum nutzen. Daher waren auch die RP-Gehalte und Verdaulichkeiten im „aufgenommenen Futter“ mit 0,9 Prozentpunkten RP und 0,25 %pkt VOM (WWW) bzw. 1,1 %pkt RP und 1,5 %pkt VOM (DWW, Mittel der Aufwüchse) im Vergleich zum angebotenen Weidefutter nur marginal erhöht. Mit einem Gesamtgradienten von 13-23% RP (WWW) bzw. 14-24% RP (DWW) und Verdaulichkeiten zwischen 77-84% VOM (WWW) bzw. 77-86% VOM (DWW, abhängig von Aufwuchstyp, Jahr und Beweidungstag) wurde den Hochleistungskühen ein qualitativ hochwertiges Weidefutter angeboten.

Die generell auf der Weide bestehende N-Problematik (punktuell hohe N-Rücklieferung und geringe Verwertungseffizienz von Exkrement N, hohe N-Bilanzüberschüsse und daraus resultierend ein hohes N-Verlustpotential in Form von Nitratauswaschung, Ammoniak- und Lachgas-Emissionen) ist auch im vorliegenden Versuch relevant. Durch die nur marginal erhöhten RP-Gehalte im „aufgenommenen Weidefutter“ im Vergleich zum Futterangebot wird sie unter diesen Versuchsbedingungen (hohes Futterangebot, hohe Weidereste) nur unwesentlich verstärkt.

Die Ergebnisse dokumentieren die große Variationsbreite des Futterangebotes bezüglich Ertrag, Futterqualität und botanischer Zusammensetzung in Abhängigkeit von Aufwuchstyp, Jahr, Bestandesschicht und morphologisch-phänologischem Entwicklungsstadium. Dadurch wird zum einen die Schwierigkeit der systematischen Prognostizierbarkeit und Modellierung der Futteraufnahme im Laufe der Vegetationsperiode, und zum anderen die Notwendigkeit, repräsentative Aufwüchse zu untersuchen, um verallgemeinerbare Beziehungen abzuleiten, deutlich.

5.2 Summary

With respect to the vertical structure of the sward grassland growths show significant differences in dry matter yield, herbage quality and botanical composition both during a grazing period and the growing season. The grazing animal influences these differences and nutrient fluxes in the soil-plant-animal-system because of its grazing behaviour (selection, stratification), treading and excreta considerably. Nutrient fluxes on specialized dairy farms in Northern Germany, on sandy soils which are characterized by a low water holding capacity, are especially relevant for nitrogen (N) and have critical impacts on the N-balance of these types of farming.

Against this background as part of the integrated research project “Improvement of the nitrogen use efficiency in the milk production process by methods of forage management, animal nutrition as well as management and animal breeding” in 1997 and 1998 two rotationally grazed pastures (*Lolium cynosuroides*, grass-clover pasture (WWW); pure perennial ryegrass pasture (DWW)) with different botanical composition, N-fertilization and frequency of utilization were investigated. The objective of the study was to record the vertical structure of the sward in terms of herbage mass, herbage quality and botanical composition and their changes over time, using not *in vivo* methods, but a sward based method. A further aim of the study was to investigate whether active selective herbage intake by the dairy cows (Holstein Friesian and Red Holstein) could be separated from stratification (grazing a pasture in sward layers) and if effects of selective herbage intake on the N-fluxes in the soil-plant-animal-system could be demonstrated.

Both pastures were clipped in 5 cm layers during one spring, summer and autumn growth, respectively. To record the increment of dry matter and the natural ageing during the grazing periods, non-grazed swards were investigated simultaneously. Herbage “intake” was estimated indirectly by adding daily herbage disappearance and calculated dry matter increment. To enable selective grazing a residual biomass of 40-60% was targeted. The results are summarised as follows:

Grass-clover pasture: On the grass-clover pasture, fertilized with 20 m³ ha⁻¹ cattle slurry before growing period and composed by May 1997 [May 1998]: 34% [63%] grasses (dominated by perennial ryegrass), 64% [33%] herbs (exclusively dandelion), 2% [4%] legumes (exclusively white clover) (4 utilisations) an active, positive selection of dandelion and white clover by avoidance of grasses could be documented by using statistical models and

the selection index (acc. to HODGSON). While dandelion was actively selected when contents ranged between ca. 25-45% (dry matter), white clover was, because of the distribution in patches with the grasses, passively selected by stratification. The dairy cows could no longer avoid the grasses anymore if grass contents in the sward exceeded about 60%.

Perennial ryegrass pasture: On the ryegrass sward (200 kg mineral N ha⁻¹ + 20 m³ ha⁻¹ cattle slurry before growing period, 5 utilisations) an active selection of leaves (leaf blades) compared to stems (leaf sheaths and stems) could not be shown in the present study. The fact, that the leaf contributions of single layers of the pasture are not or only marginally reduced compared to equivalent layers of the non-grazed sward, demonstrate a stratification, but not an active selection of leaves by the grazing animals.

On **both pastures** daily changes concerning dry matter yield, herbage quality and botanical composition (WWW) in all layers were comprehensively documented. As a result of vertical differences of single plant species (WWW) and leaves and stems (DWW) respectively as well as grazing behaviour (stratification, selection) of the dairy cows daily changes in herbage allowance and herbage disappearance are recorded. Both pastures show pyramidal composition with highest dry matter yields in the lowest layer (5-10 cm above soil surface) and simultaneously the least crude protein (CP) content and organic matter digestibility (OMD). Since the contribution of the lowest layer represented more than 90% of the available biomass at the last grazing day, a fact which documents the possibility of selection, this layer has no negative effects on herbage intake and thus no direct influence on milk performance. Because of the high herbage allowance/cow and the resulting high residual biomass (ca. 50%, mean of all grazing cycles) the dairy cows did not have to graze on this layer with lowest CP-contents and OMD. For this reason crude protein and digestibility in herbage disappeared were only marginally increased compared with herbage allowance at a rate of 0.9 percent points CP and 0.25 percent points OMD (WWW) and 1.1 percent points CP and 1.5 percent points OMD (DWW), respectively. With an overall range of 13-23% CP (WWW) and 14-24% CP (DWW), respectively and digestibility between 77-84% OMD (WWW) and 77-86% OMD (DWW, according to type of growth, year and grazing day) a high-quality forage was offered to the high-yielding cows.

Generally the N-problem on pasture (spots of high nutrient recirculation and low recycling efficiency of excreta N, high N-surpluses a resulting high potential of N-losses in terms of nitrate leaching, ammonia and N₂O emissions) is also relevant in the present study. Due to

marginally higher crude protein contents and digestibility in herbage disappeared in comparison to herbage on offer the N-problem is only fractionally increased in condition of this experiment.

The results document the great variation of herbage allowance, herbage quality and botanical composition as influenced by type of growth, year, sward layer and morphological-phenological development stage of the sward. This makes clear on the one hand the difficulty of systematic predictability and modelling of herbage intake over the growing season, and on the other hand the imperative to investigate representative growths, to derive reliable figures.

DANKE...

... Herrn Prof. Dr. Taube für die Überlassung des Themas, die freie Hand, die ständige Diskussionsbereitschaft (über die optimale Darstellung der Bestandesarchitektur...) und die immer wieder ansteckende und überzeugende Motivation – auch und besonders in schwierigeren Phasen

... Herrn Prof. Dr. Susenbeth für die Übernahme des Koreferates

... Herrn PD Dr. Michael Wachendorf für die langjährige Betreuung, die mit einer Diplomarbeit begann und – u. a. aufgrund seiner Betreuung - mit einer Promotion endete

... Herrn Dr. G. Rave für die Unterstützung bei statistischen Fragen und Problemen

... dem gesamten (ehemaligen) „Karkendamm-Team“, besonders Herrn Peter Hartmann und Herrn Uwe Petersen

... allen MitarbeiterInnen des Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau für die nette Arbeitsatmosphäre, besonders Karin Makoben (für alles *Rund um den Hund*) und „meinem“ damaligen Hiwi Brigitte Wenzel, die mit unermüdlicher Geduld Schichtproben fraktioniert hat

... meinen Kolleginnen Sandra Kruse, Karen Volkers, Janina Bobe und Carola Lampe für das gemeinsame „Durchstehen“ und Motivieren in besonderen Situationen, nette Kaffeerunden, viele Durchhalteparolen und alles was darüber hinausging...

... Dr. Antje Herrmann und Dr. Martin Gierus für die spontane Hilfe bei kleinen Fragen und technischen Problemen und das sichere Wissen, auch am Wochenende nicht alleine im z. T. sehr kalten Institut zu sitzen

... meiner Mutter, meinen Schwestern Sandra und Nina, Daniela Harder, Nicola Barfoot und Sandra Kruse für das geduldige Korrekturlesen auch unter „inhaltlich erschwerten Bedingungen“

... der gesamten Familie Rzehak für die extrem nette Aufnahme in ihre Familie und besonders Dr. Harald Rzehak, der durch seinen Enthusiasmus und harmonischen Umgang mit seinen Kühen mein Verhältnis zu denselbigen entscheidend ausgeprägt hat

... meiner Familie und meinen Freunden, besonders Dres. Maike und Jan Abshagen und ganz speziell Stephanie Gresser für die langjährige, ständige Unterstützung, die Kinderbetreuung, unendlich viele hilfreiche Telefongespräche (an Ron Sommer, er wird es uns danken...), ...

... meinem Mann Boris für seine Geduld und sein Verständnis, das Zurückstellen seiner eigenen Interessen und das „Mehr“ an Kind, Hund und Haus, um mir viel Zeit und noch mehr Wochenenden am Schreibtisch zu ermöglichen sowie meiner Tochter Liv Jane für ihren „unbewußten Verzicht in einer bindenden Zeit“

... Charly für die aufgelockerten Wochenenden im Institut und das motivierende Gefühl, nicht alleine vor der Arbeit zu sitzen