

Departement für Kleintiere, Klinik für Zoo-, Heim- und Wildtiere
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Direktor: Prof. Dr. Jean-Michel Hatt

Untersuchungen zur Futteraufnahme, Verdaulichkeit, Ingestapassage
und Partikelgrösse beim Elch (*Alces alces*) bei unterschiedlichen
Raufutter-Rationen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

Gina-Marie Kohlschein

Tierärztin
aus Darmstadt, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. Jean-Michel Hatt, Referent

Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum, Korreferent

Zürich 2011

Für Petra, Jochen und Jürgen

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
1 ZUSAMMENFASSUNG, SUMMARY	10
1.1 Zusammenfassung	10
1.2 Summary	11
EINLEITUNG	12
2 LITERATURÜBERSICHT	15
2.1 Allgemeines	15
2.2 Natürliche Äsung von Elchen	15
2.3 Futteraufnahme	15
2.4 Grundlagen zur Verdauungsphysiologie	26
2.4.1 Pansenschichtung	26
2.4.2 Retentionszeit	28
2.4.3 Verdaulichkeit	35
2.5 Elche in Menschenobhut	40
2.6 Ernährung	41
2.6.1 Laubäsung	42
2.6.2 Gras	43
2.6.3 Gras- und Luzerneheu	44
3 TIERE, MATERIAL UND METHODEN	47
3.1 Tiere	47
3.2 Zeitplan der Sammelphasen	48
3.3 Haltung und tägliches Management der Tiere	49
3.4 Versuchsfutter und Fütterung	50
3.5 Verhalten	51
3.6 Body conditions score (BCS), Faeces score (FS)	51

3.7	Witterung	52
3.8	Untersuchung zur Futteraufnahme und Verdaulichkeit	52
3.8.1	Quantifizierung der Futteraufnahme	52
3.8.2	Kotsammlung	52
3.8.3	Defäkationsverhalten	53
3.8.4	Futter- und Kotprobenaufbereitung	53
3.8.5	Nährstoffanalysen	53
3.8.6	Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit	55
3.9	Bestimmung der Ingestapassage im Verdauungstrakt	55
3.9.1	Markergabe	55
3.9.2	Sammeln und Aufbereiten der Kotproben	56
3.9.3	Analyse der Kotproben auf Cr und Co	56
3.9.4	Berechnung zur Retentionszeit	57
3.10	Ermitteln der Kotpartikelgröße	58
3.11	Statistische Methoden	58
4	ERGEBNISSE	59
4.1	Witterung	59
4.2	Verhalten	59
4.3	Futteraufnahme	60
4.3.1	Anteile der eingesetzten Futtermittel	62
4.3.2	Futterakzeptanz	63
4.3.3	Nährstoffzusammensetzungen	64
4.4	Verdaulichkeit	65
4.4.1	Kotmenge pro Tag	65
4.4.2	Nährstoff-Verdaulichkeiten	66
4.4.3	Aufnahme an verdaulicher TS, OS und Energie	67
4.4.4	Kotkonsistenz	68
4.4.5	Häufigkeit des Kotabsatzes	69
4.5	Ingestapassage	69
4.6	Kotpartikelgröße	72
5	DISKUSSION	75
5.1	Kritik der Methoden	75
5.1.1	Lebendmasse	75
5.1.2	Messung der Passagezeit	75
5.1.3	Zustand der Tiere	76
5.1.4	Adaptationsphase	76
5.2	Diskussion der Ergebnisse	77

5.2.1	Futteraufnahme	77
5.2.2	Verdaulichkeit	78
5.2.3	Ingestapassage	81
5.2.4	Kotpartikelgröße	87
5.3	Fütterung von Elchen in Menschenobhut	88
5.3.1	Futteraufnahme	88
5.3.2	Fütterungsrelevanz	94
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	96
7	LITERATURVERZEICHNIS	97
8	APPENDIX	112
9	DANKSAGUNG	131

Abkürzungsverzeichnis

In der vorliegenden Arbeit werden, neben den Einheiten des internationalen Einheitensystems, vorliegende Abkürzungen verwendet. Abkürzungen für Formeln werden direkt im Kontext erläutert.

ADF	Saure Detergenzienfaser (Acid Detergent Fiber)
ADL	Lignin (Acid Detergent Lignin)
ASS	Atomabsorbtionsspektrophotometer
BE	Bruttoenergie
C	Zellulose
Co	Cobalt
Cr	Chrom
Cr-mf	Chromium-mordanted Fiber (Partikel < 2 mm)
d	Tag
DE	verdauliche Energie
Dy	Dysprosium
EDTA	Äthylendiamintetraacetat
f	weiblich
F	Frühling (März, April, Mai)
Flk	Flüssigkeit
FA	Futteraufnahme
FS	Frischsubstanz
GIT	Gastrointestinaltrakt
H	Herbst (September, Oktober , November)
HC	Hemizellulose
JZ	Jahreszeit
LM	Lebendmasse
LM ^{0.75}	Metabolisches Körpergewicht
m	männlich
MOF	Modulus of Fineness (Feinheitsgrad)
MPS	Mean particle size = Mittlere Partikelgröße
MRT	Mean retention time = Mittlere Retentionszeit = die Zeit nach der 50% des definierten Markers ausgeschieden ist

MW	Mittelwert
n	Anzahl Messungen
NDF	Neutrale Detergentienfaser (Neutral Detergent Fiber)
OS	Organische Substanz
P	Partikel
RR	Retikulorumen
RuCl	Rutenium Chlorid
S	Sommer (Juni, Juli, August)
Sel. F	Selektivitätsfaktor
sV	scheinbare Verdaulichkeit
TS	Trockensubstanz
undf. P	Undefinierter Partikel
Vit.	Vitamin
W	Winter (Dezember, Januar, Februar)
WSC	Wasting-Syndrome-Complex
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XP	Rohprotein

1 Zusammenfassung, Summary

1.1 Zusammenfassung

Elche (*Alces alces*) werden immer wieder als äusserst anspruchsvolle Pfleglinge in Menschenobhut beschrieben, was vor allem an ihrer besonderen Verdauungsphysiologie und den daraus resultierenden Fütterungsansprüchen liegt. Elche verweigern laut Literatur oft die angebotenen Raufuttermittel, was indirekt zu einer überproportionalen Aufnahme von leichtverdaulichem Futter und damit chronischer Pansenazidose führen kann und ein Grund für die geringe Lebenserwartung von Elchen in Menschenobhut sein könnte. Ziel der vorliegenden Studie war es daher, anhand von Fütterungsversuchen an vier Elchen nicht nur verdauungsphysiologische Basisdaten von Elchen zu mehrern, sondern zu überprüfen, ob eine reine Raufutter-Fütterung tatsächlich bei diesen Tieren nicht möglich ist. Die verwendeten Futterrationen bestanden aus der zootypischen Mischfutter, und reinen Raufutterrationen aus Luzerneheu, Luzerne-/Gras-/Laubheu, und nur aus Laubheu. Während Grasheu nicht aufgenommen wurde, lag die Aufnahme an verdaulicher Energie (DE) bei Luzerneheu mit $0.64-1.13 \text{ DE MJ kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$ über dem geschätzten Erhaltungsbedarf von 0.6. Die Ergebnisse widersprechen bisherigen Berichten aus der Literatur und lassen vermuten, dass die Qualität des angebotenen Luzerneheus seine Akzeptanz wesentlich beeinflusst. Zugleich ermutigen sie, Elche in Menschenobhut hauptsächlich mit Raufutter zu füttern, wobei ein vielfältiges Raufutterangebot zu bevorzugen ist, da es zu einer höheren Futteraufnahme führen dürfte.

1.2 Summary

Moose (*Alces alces*) are regularly described as problematic animals in captivity, mainly because of their particular digestive physiology and the resulting nutritional needs. According to the literature, moose regularly reject forages offered in captivity, which indirectly leads to an overproportional ingestion of easily digestible feeds and thus chronic acidosis, and thus might be the cause of their low life expectancy in captivity. By feeding experiments in four animals, this study aimed at not only increasing physiological data on moose digestion, but also at testing whether maintaining these animals on roughage-only diets is really impossible. The diets used consisted of the typical zoo ration with mixed feeds, and exclusive diets of lucerne hay, lucerne-/grass-/browse hay, and browse hay only. While it was confirmed that moose do not ingest grass hay in relevant amounts, digestible energy (DE) intake on lucerne hay was, at 0.64-1.13 DE MJ kg^{-0.75} d⁻¹, above the estimated maintenance requirement of 0.6. The results contradict previous reports in the literature and suggest that the quality of the lucerne hay offered significantly influences its acceptance. At the same time the results promote feeding moose in captivity forage-based diets. In doing so, a variety of forages should be offered, as this likely increases food intake.

Einleitung

Elche (*Alces alces*) werden in der Literatur immer wieder als äußerst schwierige Pfleglinge in Menschenobhut beschrieben (MÜLLER 1931; SCHWARTZ et al. 1985; HOFFMAN 1990; SHOCHAT et al. 1997). Als laubäsender Wiederkäuer, wie die Giraffe (*Giraffa camelopardalis*), das Okapi (*Okapia johnstoni*) oder das Reh (*Capreolus capreolus*), sind die Gründe dafür hauptsächlich in ihrer anspruchsvollen Fütterung sowie die daraus resultierende Anfälligkeit für Störungen des Verdauungssystems zu suchen. Die Physiologie von Elchen wurde in Alaska von der Arbeitsgruppe von Charles Schwartz intensiv untersucht (SCHWARTZ et al. 1980, 1984, 1987abc, 1988abcd, 1992a). Im Zuge dieser Studien widmete sich diese Gruppe auch der Problematik der Haltung von Elchen in Menschenobhut generell (SCHWARTZ 1992b) und entwickelte selbst ein eigenes Elchfutter (SCHWARTZ et al. 1985). In Diskussionen über die adäquate Fütterung dieser Tiere wird die empirische Erfahrung eingebracht, dass sie nicht die Mengen an herkömmlichen Raufutter, wie Gras- oder Luzerneheu, aufnehmen, die man von Wiederkäuern ihrer Körpergröße erwarten würde (CLAUSS et al. 2003a). Einerseits werden Elche nach HOFMANN (1985) als ‚Konzentratselektierer‘/ Laubäser eingestuft, andererseits gibt es in der Literatur eine vorlaufende Diskussion über mögliche physiologische Unterschiede bei Gras- und Laubäsern (HOFMANN 1989; GORDAN und ILLIUS 1994; ROBBINS et al. 1995; CLAUSS et al. 2003b; CLAUSS et al. 2006a). Beim Elch gibt es zusätzliche Diskussionen, wonach diese Spezies Gras vermeintlich nicht als Futter verträgt und sogar allergische Reaktionen zeigt (SCHWARTZ 1992b; SHOCHAT et al. 1997) - eine Beobachtung, die nicht unangefochten ist (CLAUSS et al. 2002).

In Hinblick auf die Verdauungsphysiologie war die Retention von Flüssigkeit und Partikeln im Vergleich zu Beginn dieses Dissertationsprojektes nur bei einem einzigen Individuum untersucht worden (Daten aus dem Retikulum, nicht aus dem gesamten Verdauungstrakt) (RENECKER und HUDSON 1990). Obwohl Untersuchungen über die Retention der Partikel oder der Flüssigkeit existierten (siehe CLAUSS 2000), fehlten mit von anderen Studien (BEHREND et al. 2004; FLORES-MIYAMOTO et al. 2005; HUMMEL et al. 2005) vergleichbare Messungen der Retentionszeit. In der Zwischenzeit wurden an zwei weiteren Individuen Messungen durchgeführt (LECHNER et al. 2009). Die Untersuchungen an vier

weiteren Individuen in der vorliegenden Studie stellen also eine wesentliche Erweiterung des existierenden Datenpools dar.

Die Akzeptanz von verschiedenen Raufutterquellen in Gefangenschaft gehaltener Laubäser wurde bisher in keiner vergleichbaren Studie untersucht. Die Bereitstellung einer adäquaten Rohfaserquelle, die zuverlässig von den Tieren aufgenommen wird, muss als wichtigstes Ziel in der Ernährung von laubäsenden Wiederkäuern in Gefangenschaft angesehen werden (CLAUSS und DIERENFELD 2008). Studien an Giraffen haben gezeigt, dass sie Gras- oder Luzerneheu nicht in einer ausreichenden Menge aufnehmen (FOOSE 1982; HATT et al. 2005) und dass die Bereitstellung an zusätzlichem Laub zu einer Erhöhung der allgemeinen Futteraufnahme führt (CLAUSS et al. 2001; HATT et al. 2005).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Grundlagen zur Verdauungsphysiologie des Elches, auch im Vergleich zu anderen Ernährungsstudien, zu erhalten sowie den Einfluss von unterschiedlichen Rationen, insbesondere in Hinblick auf die Ergänzung durch Laub- und Luzerneheu zu erfassen. Daher sollen in dieser Arbeit folgende Punkte erarbeitet werden:

- Futteraufnahme
- Rohfaseraufnahme
- Retentionszeit von Flüssigkeit und Partikeln
- Verdaulichkeit
- Kotpartikelgröße

Hierbei sollen folgende Hypothesen überprüft werden:

Hypothese 1: Die gesamte Futter- und Rohfaseraufnahme wird sich mit der Menge an angebotenem Laub erhöhen, und bei einer Laubheu ad libitum Fütterung wird die Aufnahmen an anderen Raufuttern deutlich zurückgehen.

Hypothese 2: Bei einer kombinierten Fütterung von Laub- und Luzerneheu wird die Futteraufnahme höher sein als bei einer ausschließlichen Luzerneheufütterung.

Hypothese 3: Bei einer zusätzlichen Laubfütterung wird die Futteraufnahme steigen, jedoch die Verdaulichkeit sinken.

Hypothese 4: Die Retentionszeit steht in Zusammenhang mit der Futteraufnahme, aber es gibt keinen Unterschied im Verhältnis von Partikel- zu Flüssigkeitspassage bei den verwendeten Rationen (RENECKER & HUDSON 1990, LECHNER et al. 2009).

Hypothese 5: Die Kotpartikelgröße wird sich nur bei einer ausschließlichen Laubfütterung erhöhen.

Dazu wurden – nach einem Pilotversuch mit zwei Elchen - vier Fütterungsversuche mit verschiedenen Futtermitteln mit vier Elchen im Wildnispark Zürich durchgeführt. Zusätzlich wurden an zwei Wisenten (*Bison bonasus*) Daten über die Partikel- und Flüssigkeitsretention erfasst, um Vergleichsdaten von einem Grasäser zu erhalten.

2 Literaturübersicht

2.1 Allgemeines

Der Elch ist der grösste rezente Vertreter der Hirsche (*Cervidae*). Sein natürlicher Verbreitungsgrad erstreckt sich auf Tundra, Taiga und Waldlandschaft der nördlichen Erdhalbkugel: seine Unterarten beziehen sich primär auf seine geographische Verteilung (PETERSON 1955). Im Laufe seiner Entwicklung hat sich der Elch den starken klimatischen Schwankungen seines Lebensraumes angepasst.

Von den drei Wiederkäuer-Äsungstypen, die HOFMANN (1973, 1988, 1989, 2000) aus den morphologischen Unterschieden der Wiederkäuer-Spezies im Verdauungstrakt begründete, nimmt der Elch die Stellung eines „Konzentratselektierers“ bzw. „Laubäasers“ ein (KAY et al. 1980; HOFMANN 1985, 1989; SCHWARTZ et al. 1987c). Es sei darauf hingewiesen, dass die Bezeichnung „Konzentratselektierer“ laut verschiedener Autoren gemieden werden sollte (ROBBINS et al. 1995; CLAUSS et al. 2003).

2.2 Natürliche Äsung von Elchen

In zahlreichen Veröffentlichungen wird das Nahrungsspektrum von Elchen beschrieben. Eine umfassende Auflistung von Autoren, die sich aus unterschiedlichen Sichtweisen diesem Thema genähert haben, findet sich in CLAUSS (2000). Im Wesentlichen kommen sie alle zu dem Konsens, dass unter Berücksichtigung des jahreszeitlichen Angebots die natürliche Nahrung von Elchen fast ausschließlich Blätter, Triebe und Zweige verholzter Pflanzen (Laub- und Nadelbäumen), Kräuter, Rinde sowie Wasserpflanzen sind. SCHWARTZ (1992a) kommt in seiner Literaturübersicht über die Nahrungswahl zu ähnlichen Ergebnissen und ergänzt, dass Gräser selten mehr als 1% der Nahrung stellen.

2.3 Futteraufnahme

RENECKER und HUDSON (1985a) schätzten die Aufnahme an Trockensubstanz von frei lebenden Elchen im Winter zwischen $38 \text{ g TS kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$ bis zu $60 \text{ g TS kg}^{-1} \text{ LM}^{0.75} \text{ d}^{-1}$, abhängig von der Bestimmungsmethode und dem Monat der Studie

(Dezember-März). Anderen Berechnungen zufolge nimmt ein adulter Elch im Winter zwischen 70-80, im Sommer um die 100-120g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ auf (SCHWARTZ et al. 1988e).

Für die in Menschenobhut lebenden Elche stellt sich die Frage, aus welchen Futtermitteln und mit welchen Mengen eine ausgewogene Futtermischung zusammen zu setzen ist.

Relativ ungenaue Mengenangaben für das Angebot von Laubäsung pro Tag sind in CLAUSS (2000) beschrieben: „2-4 Äste à 2m Länge“ (KÜHME 1974); „20 Pfund Zweige“ (PATENAUDE 1978); „mindestens 4kg verwertbares Futterholz, d.h. 12kg Rohmaterial“ (RITSCHER 1990). Um genauere Vorstellungen zu erlangen, wurde in CLAUSS et al. (2003e) eine Korrelation zwischen dem Durchmesser eines Astes an seiner Schnittstelle und den daran befindlichen Blättern und essbaren Zweigen untersucht. Zumindest für die neun dort untersuchten Baumarten wäre es demnach im alltäglichen Zoomanagement möglich, zu errechnen, ob die Menge des angebotenen Futters ausreichend sein könnte: Bei einer reinen Laubfütterung und der Annahme, dass ein ausgewachsener Elch 25kg frisches Laub (Laub und Zweige) pro Tag benötigt (MIQUELLE und JORDAN 1979), kamen CLAUSS et al. (2003e) zu dem Schluss, dass 26, 14 und 9 Äste an Weide (*Salix alba*) mit einem jeweiligen Durchmesser von 30, 40 und 50mm, sowie einem Gesamtgewicht zwischen 60 und 67kg nötig wären. In der gleichen Studie berechneten CLAUSS et al. (2003e), dass bei einer kombinierten Futtermischung aus Trogfutter und frischem Laub, ein 300kg Elch bei einer angenommenen Futteraufnahme von 2% der Körpermasse, 7 Äste mit einem Durchmesser von 50mm und einem Gesamtgewicht von ca. 53kg benötigt. Diese Berechnung basiert auf der Annahme, dass die Ration einen Rohfaseranteil von ca. 20% TS beinhalten und 2/3 des täglichen Rohfaserbedarfs aus frischem Laub gedeckt werden soll.

Versuche an in Gefangenschaft lebenden Giraffen zeigten, dass die Futteraufnahme bei Zugaben von Laub (nur Blätter ohne große Astanteile) bis zu 3kg steigt, verglichen mit einer Diät ohne solche Laubzulagen oder von nur 1kg Laub; im Gegensatz dazu resultierten Zugaben von bis zu 6kg Laub in keiner weiteren Steigerung der Futteraufnahme (HATT et al. 2005).

Beobachtungen während der Futteraufnahme können aufschlussreiche Informationen über den Zustand der Tiere geben. Während es bei Raubtieren ein gutes Zeichen sein mag, wenn sie ihr Futter auf einmal restlos verzehren, so gilt für einen Pflanzenfresser wie den Elch, dass Tiere, denen ausreichend Futter angeboten wird, dieses nicht auf einmal, sondern über den entsprechenden Fütterungszeitraum hin verteilt zu sich nehmen (CLAUSS 2000). Hinzu kommt, dass Laubäser laut MARHOLDT und HOFMANN (1991) einen kleineren Pansen sowie eine raschere Futterpassage haben und sie daher häufiger Nahrung aufnehmen müssen. Beeinflussende Faktoren in der Frequenz der Futteraufnahme sind - auch bei in menschlicher Obhut lebenden Elchen - sicherlich die Vegetationsperiode (SHI et al. 2003), äußere Umwelteinflüsse, sowie die Unterschiede der Umgebungstemperatur (RENECKER und HUDSON 1989; OWEN-SMITH 1998).

Um die Bedeutung der Äsungsvielfalt bei Elchen zu untersuchen, unternahmen MIQUELLE und JORDAN (1979) ein Fütterungsexperiment in Gefangenschaft, wobei den Elchen Zweige von verschiedenen Baumarten in solchen Mengen vorlag, dass sie ihren täglichen Futterbedarf mit einer einzigen bevorzugten Laubart hätten decken können. Die Ergebnisse deuteten darauf hin, dass sich die Nahrungsaufnahme mit einem vielfältigeren Laubangebot in Gefangenschaft steigert. Dieser Meinung sind auch CLAUSS und DIERENFELD (2008), die die Empfehlung aussprechen, Laubäsern eine möglichst große Variation an Laub anzubieten, da dies die gesamte Futteraufnahme steigert und dem Tier die Möglichkeit bietet, von verschiedenen Pflanzenarten auszusuchen, die aber alle einen hohen Fasergehalt haben.

Daten zur Nahrungsaufnahme von Elchen sind in Tab. 1 und 2 zusammengestellt. SCHWARZ et al. (1988a) verfütterten in ihrem Fütterungsversuch an Elche Futterpellets mit unterschiedlicher Energiedichte. Die Futteraufnahme sank, je energiereicher die Pellets waren. Energiereiche Pellets (10.2 kJ ME g⁻¹ TS) wurden mit durchschnittlich 56g TS kg^{-0.75} d⁻¹ aufgenommen, energiearme Pellets (7.6 kJ ME g⁻¹ TS) hingegen mit durchschnittlich 79g TS kg^{-0.75} d⁻¹. Die Futteraufnahme variiert auch mit dem angebotenen Futtermittel. RENECKER und HUDSON (1990) untersuchten eine reine Luzerneheu-Fütterung mit einer durchschnittlichen Futteraufnahme von 75g TS kg^{-0.75} d⁻¹. Eine reine Grasheu-Fütterung (SCHWARZ

und HUNDERTMARK 1993) führte bei acht Elchen zu einer Futternahme von 37g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$; vergleichend dazu führte eine gemischte Gras- und Luzerneheu-Fütterung zu einer Futteraufnahme von 74g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ (RENECKER und HUDSON 1990; RENECKER 1983). Eine im Sommer ad libitum angebotene reine Laubäsung führte zu einer Futteraufnahme von 66g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ (LECHNER et al. 2009). Bei einer gemischten Laubäsung (HJELJORD et al. 1982) wurde eine Futteraufnahme von durchschnittlich 54g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ beschrieben. Eine der höchsten Futteraufnahmen wurde bei einer Laubäsung mit 7 Laubsorten mit 9.3kg TS d^{-1} bei einem Tier mit unbekannter Lebendmasse beschrieben (MIQUELLE & JORDAN 1979).

Die Tabellen 1 und 2 zeigen auch, dass Elche - auch bei *ad libitum*-Fütterung in Menschenobhut - im Winter weniger Nahrung zu sich nehmen als im Sommer. Freilebende Elche zeigen ebenfalls jahreszeitliche Schwankungen in der Futteraufnahme.

Tab. 1: Futteraufnahme von in Gehegen gehaltenen Elchen (*Alces alces*) (durch Wiegen ermittelt)

Futter	JZ	n	Alter/Geschl.	LM	LM ^{0.75}	Futterauf.	Futterauf.	Futterauf.	Quelle
				kg	kg ^{0.75}	kg TS d ⁻¹	g TS kg ⁻¹ d ⁻¹	g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹	
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3						53	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3						55	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3						54	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	2						59	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		427	93.9	5.4	12.5	57	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		433	94.9	5.1	11.8	54	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		428	94.1	6.0	14.1	64	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		434	95.1	5.1	11.8	54	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		438	95.7	5.2	11.8	54	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3						60	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3						64	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3						59	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3						61	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		430	94.4	4.9	11.4	52	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		431	94.6	5.9	13.6	62	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		426	93.8	6.1	14.3	65	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		421	92.9	5.5	13.0	59	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		423	93.3	5.7	13.5	61	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (7.6 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3						81	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (7.6 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	2						81	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (7.6 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	2						66	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (7.6 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3						87	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (7.6 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		442	96.4	7.8	17.7	81	SCHWARTZ et al. (1988b)
Pellets (7.6 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		441	96.2	7.9	17.9	82	SCHWARTZ et al. (1988b)
Pellets (7.6 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		423	93.3	6.4	15.2	69	SCHWARTZ et al. (1988b)
Pellets (7.6 kJ ME g ⁻¹ TS)	W	3		428	94.1	8.2	19.1	87	SCHWARTZ et al. (1988b)

Fortsetzung Tab. 1:

Futter	JZ	n	Alter/Geschl.	LM	LM ^{0.75}	Futterrauf.	Futterrauf.	Futterrauf.	Quelle
				kg	kg ^{0.75}	kg TS d ⁻¹	g TS kg ⁻¹ d ⁻¹	g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹	
Pellets (Proteingehalt 8%)	W	4	2x M, 2x F	444.8	96.9	6.0	13.4	62	SCHWARTZ et al. (1987a)
Pellets (Proteingehalt 11%)	W	4	2x M, 2x F	437.8	95.7	6.6	15.2	69	SCHWARTZ et al. (1987a)
Pellets (Proteingehalt 13%)	W	4	2x M, 2x F	442.2	96.4	5.0	11.4	52	SCHWARTZ et al. (1987a)
Pellets (Proteingehalt 16%)	W	4	2x M, 2x F	451.2	97.9	4.4	9.8	45	SCHWARTZ et al. (1987a)
Pellets	W	3						73	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	W	3						65	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	W	3						64	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	W	3						51	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	W	3						56	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	W	2		471	101.1	6.3	13.3	62	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	W	2		480	102.5	6.9	14.3	67	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	W	2		482	102.9	6.2	12.8	60	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	W	2		483	103.0	5.9	12.2	57	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	W	2		466	100.3	3.9	8.4	39	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	S	2	Jährling, F	246	62.1	5.7	23.2	92	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	3	Jährling, M	264	65.5	6.4	24.3	98	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	Jährling, F	319	75.5	8.8	27.6	117	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	2	Jährling, M	340	79.2	0.0	0.0	0	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	Jährling, F	326	76.7	4.5	13.9	59	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	3	Jährling, M	315	74.8	6.0	19.1	80	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	Jährling, F	323	76.2	7.2	22.4	95	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	3	Jährling, M	330	77.4	6.5	19.6	83	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	Jährling, F	343	79.7	7.3	21.2	91	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	1	Jährling, F	374	85.0	6.9	18.5	81	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	1	Jährling, F	379	85.9	6.5	17.1	75	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	2	Jährling, F	344	79.9	4.0	11.7	51	SCHWARTZ et al. (1984)

Fortsetzung Tab. 1:

Futter	JZ	n	Alter/Geschl.	LM	LM ^{0.75}	Futterauf.	Futterauf.	Futterauf.	Quelle
				kg	kg ^{0.75}	kg TS d ⁻¹	g TS kg ⁻¹ d ⁻¹	g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹	
Pellets	F	3	Jährling, M	349	80.7	4.5	12.9	56	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	1	Jährling, F	384	86.7	6.5	16.9	75	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	1	Jährling, F	405	90.3	6.2	15.3	69	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	1	2 Jahre, F	403	89.9	2.2	5.4	24	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	1	2 Jahre, F	348	80.6	4.7	13.4	58	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	1	2 Jahre, F	351	81.1	8.4	24.0	104	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	1	2 Jahre, F	363	83.2	9.1	24.9	109	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	1	2 Jahre, F	372	84.7	9.7	26.0	114	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	1	2 Jahre, F	379	85.9	9.4	24.8	110	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	1	2 Jahre, F	328	77.1	8.3	25.3	108	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	3	2 Jahre, M	373	84.9	8.7	23.4	103	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	1	2 Jahre, F	388	87.4	10.2	26.2	117	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	2	2 Jahre, F	360	82.6	9.3	25.8	112	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	3	2 Jahre, M	431	94.6	7.4	17.2	78	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	2 Jahre, F	412	91.4	8.6	20.9	94	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	2 Jahre, F	412	91.4	6.7	16.2	73	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	3	2 Jahre, F	430	94.4	0.0	0.0	0	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	2 Jahre, F	412	91.4	5.3	12.9	58	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	2 Jahre, F	408	90.8	6.0	14.6	66	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	2 Jahre, M	403	89.9	8.1	20.2	90	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	1	2 Jahre, M	420	92.8	5.9	14.0	63	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	2	2 Jahre, F	408	90.8	8.1	20.0	90	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	2	2 Jahre, F	403	89.9	7.0	17.4	78	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	3	2 Jahre, M	401	89.6	8.3	20.7	93	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	1	2 Jahre, F	448	97.4	5.8	12.8	59	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	1	2 Jahre, F	404	90.1	6.1	15.1	68	SCHWARTZ et al. (1984)

Fortsetzung Tab. 1:

Futter	JZ	n	Alter/Geschl.	LM	LM ^{0.75}	Futterauf.	Futterauf.	Futterauf.	Quelle
				kg	kg ^{0.75}	kg TS d ⁻¹	g TS kg ⁻¹ d ⁻¹	g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹	
Pellets	W	3	2 Jahre, M	402	89.8	6.3	15.7	70	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	1	2 Jahre, F	413	91.6	7.1	17.2	77	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	1	2 Jahre, M	455	98.5	8.6	18.9	87	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	2	2 Jahre, F	414	91.8	6.7	16.1	73	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	3	2 Jahre, M	403	89.9	8.7	21.5	97	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	3	2 Jahre, M	422	93.1	9.2	21.9	99	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	2	2 Jahre, F	424	93.4	7.2	17.0	77	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	2	3 Jahre, F	400	89.4	3.8	9.5	42	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	F	2	3 Jahre, F	364	83.3	7.3	20.0	88	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	2	3 Jahre, F	373	84.9	9.7	26.0	114	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	2	3 Jahre, F	386	87.1	11.1	28.7	127	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	2	3 Jahre, F	392	88.1	12.4	31.6	140	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	2	3 Jahre, F	399	89.3	12.4	31.1	139	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	2	3 Jahre, F	408	90.8	12.9	31.7	142	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	2	3 Jahre, F	412	91.4	8.6	20.9	94	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	2	3 Jahre, F	403	89.9	4.9	12.2	55	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	3	3 Jahre, M	483	103.0	0.0	0.0	0	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	2	3 Jahre, F	403	89.9	6.0	14.9	67	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	H	2	3 Jahre, F	404	90.1	6.7	16.7	75	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	2	3 Jahre, F	409	90.9	8.1	19.8	89	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	3	3 Jahre, M	452	98.0	8.9	19.7	91	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	1	3 Jahre, F	454	98.4	9.1	20.1	93	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	W	1	3 Jahre, M	466	100.3	6.8	14.5	67	SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	S	1		413	91.6	8.0	19.3	87	HUBBERT (1987)
Pellets	S	1		475	101.7	4.0	8.4	39	HUBBERT (1987)
Pellets	S	1		422	93.1	7.1	16.9	76	HUBBERT (1987)

Fortsetzung Tab. 1:

Futter	JZ	n	Alter/Geschl.	LM	LM ^{0.75}	Futterrauf.	Futterrauf.	Futterrauf.	Quelle
				kg	kg ^{0.75}	kg TS d ⁻¹	g TS kg ⁻¹ d ⁻¹	g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹	
Pellets	S	1		420	92.8	3.4	8.1	37	HUBBERT (1987)
Pellets	S	1		411	91.3	3.5	8.6	39	HUBBERT (1987)
Pellets	S	1		474	101.6	6.5	13.7	64	HUBBERT (1987)
Pellets	S	1		420	92.8	4.9	11.7	53	HUBBERT (1987)
Pellets		8	F	529	110.3	7.8	14.7	71	SCHWARTZ & HUNDERTMARK (1993)
Pellet	W	4	1	353	81.4	6.5	18.5	80	SCHWARTZ et al. (1987d)
Pellets/ Espenzweige (60:40)	W	3	2	347	80.4	4.2	12.1	52	SCHWARTZ et al. (1988)
Grassilage	S	2	Adult, F	345	80.1	5.6	16.2	70	LECHNER et al. (2010)
Grasheu		8		430	94.4	3.5	8.0	37	SCHWARTZ & HUNDERTMARK (1993)
Grasheu*	W	1	Kalb	150	42.9	2.6	17.0	59	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	W	1	Kalb	206	54.4	3.9	19.0	72	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	W	1	Kalb	153	43.5	2.9	19.0	67	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	W	1	Jährling	307	73.3	5.2	17.0	71	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	W	1	Jährling	244	61.7	3.9	16.0	63	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	W	1	Jährling	232	59.4	2.6	11.0	43	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	W	1	Jährling	297	71.5	4.2	14.0	58	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu/ Luzerneheu	W	1		260	64.7	3.4	16.5	66	RENECKER et al. (1983)
Grasheu/ Luzerneheu	W	1		265	65.7	4.2	15.7	63	RENECKER & HUDSON (1990)
Grasheu/ Luzerneheu	S	1		303	72.6	6.8	22.4	93	RENECKER & HUDSON (1990)
Luzerneheu	W	1		271	66.8	4.3	16.0	65	RENECKER & HUDSON (1990)
Luzerneheu	S	1		294	71.0	5.8	19.7	93	RENECKER & HUDSON (1990)
Luzerneheu	W	1		260	64.7	4.4	16.9	69	RENECKER et al. (1983)
Espenzweige/ Luzerneheu	W	1		271	66.8	3.9	14.5	59	RENECKER & HUDSON (1990)
Espenzweige/ Luzerneheu	W	1		260	64.7	5.1	19.6	79	RENECKER et al. (1983)
Espenblätter/ Luzerneheu	S	1		288	69.9	5.8	20.1	83	RENECKER & HUDSON (1990)

Fortsetzung Tab. 1:

Futter	JZ	n	Alter/Geschl.	LM	LM ^{0.75}	Futterauf.	Futterauf.	Futterauf.	Quelle
				kg	kg ^{0.75}	kg TS d ⁻¹	g TS kg ⁻¹ d ⁻¹	g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹	
Espen-: Birken-: Weidenzweige 1:1:1	W	4		419	92.6	2.4	5.6	25	SCHWARTZ et al. (1988)
Espen-: Birken-: Weidenzweige 1:7:2	W	3		405	90.3	3.5	8.6	39	SCHWARTZ et al. (1988)
Birke-: Weidenzweige (50:50 in FS)	W	4		419	92.6	2.4	5.6	25	SCHWARTZ et al. (1988)
Laubäsung/ Zoofutter	S	2	Jährling	Jährling		7.5			MIQUELLE (1983)
Laubäsung (3 Laubsorten)	S	1	Jährling	Jährling		6.0			MIQUELLE & JORDAN (1979)
Laubäsung (5 Laubsorten)	S	1	Jährling	Jährling		7.8			MIQUELLE & JORDAN (1979)
Laubäsung (7 Laubsorten)	S	1	Jährling	Jährling		9.3			MIQUELLE & JORDAN (1979)
Laubäsung (1 Laubsorte)	S	1	Jährling	Jährling		7.4			MIQUELLE & JORDAN (1979)
Laubäsung (1 Laubsorte)	S	1	Jährling	Jährling		5.0			MIQUELLE & JORDAN (1979)
Laubäsung (1 Laubsorte)*	S	2	Adult, F	345	80.1	5.3	15.4	66	LECHNER et al. (2010)
Laubäsung (2 Laubsorten)*	W	4	Adult, F	345	80.1	1.6	4.6	20	LECHNER et al. (2010)
gemischte Laubäsung*	W	1	Kalb	189	51.0	2.5	13.0	48	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	W	1	Kalb	139	40.5	2.6	19.0	65	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	W	1	Kalb	142	41.1	1.8	13.0	45	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	W	1	Jährling	222	57.5	3.3	15.0	58	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	W	1	Jährling	275	67.5	3.6	13.0	53	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	W	1	Jährling	260	64.7	3.1	12.0	48	HJELJORD et al. (1982)
Nadelholz	S		Jährling	Jährling		7.7 - 9.9			BERGERUD & MANUEL (1968)

Grasheu* = *Phleum pratense*, *Fesuca pratensis*, *Friofolium pratense* im Verhältnis 50:40:10;

Laubäsung (1 Laubsorte)*= vorwiegend Weide (*Salix supp.*); Laubäsung (2 Laubsorten)*= *Salix alaxensis* und *Populus balsamifera*;

gemischte Laubäsung* = es werden Weide (*Salix supp.*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*) sowie Birke (*Betula supp.*) verwendet. Von der jeweiligen Baumart werden Äste mit einem Durchmesser zwischen 2 und 8mm eingesetzt. Noch im frischen Zustand werden die Äste mit Blättern auf 10cm gehäckselt und gemischt.

Tab. 2: Futteraufnahme von frei lebenden, adulten Elchen (*Alces alces*) (durch Biss-Zählung ermittelt)

JZ	n	Geschlecht	LM	LM ^{0.75}	Futteraufnahme	Futteraufnahme	Futteraufnahme	Quelle
			kg	kg ^{0.75}	kg TS d ⁻¹	g TS kg ⁻¹ d ⁻¹	g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹	
W	5	f			4.3			SAETHER & ANDERSEN (1990)
W	15	f			5.5			SAETHER & ANDERSEN (1990)
W	1	m			7.6 - 12.8			RICARD & JOYAL (1984)
W	1	f			5.4 - 6.7			RICARD & JOYAL (1984)
W		m			3.95			MOROW (1976)
W		f			3.12			MOROW (1976)
W	2	f	ca. 320	75.7	2.9	9.1	38	RENECKER & HUDSON (1985a)
W								ANDERSSON (1971)
S		f			6.5			MIQUELLE (1983)
S	2	f	ca. 330	77.4	9.9	30.0	129	RENECKER & HUDSON (1985a)
S	20	f						MIQUELLE & JORDAN (1979)

2.4 Grundlagen zur Verdauungsphysiologie

Die anatomische Organisation des Gastrointestinaltrakts der heutigen Wiederkäuer repräsentiert das Ergebnis eines langen Adaptationsprozesses an zellulosereiche Nahrung. Das große Volumen und die starke Kompartimentierung des Vormagensystems ermöglichen eine lange Verweilzeit von Futterpartikeln und einen Sortiermechanismus, und damit eine besonders effektive mikrobielle Verdauung von pflanzlichen Gerüstsubstanzen. Als Teil des Vormagensystems ist der Pansen ein Hohlorgan und der größte der drei Vormägen. Er ist eine große Gärkammer, welche dem eigentlichen Drüsenmagen vorgeschaltet ist. Pansen und Netzmagen werden funktionell als Ruminoreticulum zusammengefasst (VAN SOEST 1994).

Wirbeltiere sind nicht in der Lage, die Faseranteile in Pflanzennahrung selbstständig enzymatisch zu verdauen, weshalb Pflanzenfresser auf die Hilfe von symbiotischen Darmbakterien, Protozoen und Pilzen angewiesen sind, die die Pflanzenzellbestandteile verdauen. Im Wesentlichen entstehen beim Fermentieren im Pansen so die kurzkettigen Fettsäuren Acetat, Propionat und Butyrat, woraus der Wiederkäuer weitgehend seinen Energiebedarf deckt. Um eine Absorption der Fettsäuren aus dem Pansen zu ermöglichen, ist die Pansenschleimhaut mit Zotten besetzt und dadurch deutlich vergrößert (HOFMANN 1989).

An das Retiklorumen schließt sich der Blättermagen (Psalter, Omasum) an, der in erster Linie der Mineralstoff- und Wasserresorption sowie der Retention von Nahrungspartikeln dient (VAN SOEST 1994). Der folgende Labmagen (Abomasum) entspricht dem Magen monogastrischer Tiere. Der anschließende Dünndarm besitzt eine relativ geringe Kapazität zur Hydrolyse leichtverdaulicher Kohlenhydrate wie Saccharose oder Stärke (ØRSKOV und RYLE 1998). Im voluminösen Dickdarm findet Wasserresorption und ebenfalls Fermentation statt.

Die Fähigkeit von Wiederkäuern, Energiequellen ihrer Umwelt für sich nutzbar zu machen, hängt von der Futteraufnahme und der Verdaulichkeit ab. Die Passagezeit ist eine Funktion der Aufnahme und bestimmt – unter anderem – die Verdaulichkeit.

2.4.1 Pansenschichtung

Der Panseninhalt von Grasäsern ist laut Literatur geschichtet (HOFMAN 1973; SUTHERLAND 1988; HUMMEL et al. 2009). Die Schichtung stellt sich aufgrund der

unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften des Futters ein. Aus dem Futtermittel Gras entstehen beim Zerkauen der Nahrung längliche faserartige Partikel (TROELSEN und CAMPBELL 1968). Diese großen Partikel, die von einer kleineren funktionellen Dichte sind, schwimmen auf der flüssigen Phase des Panseninhalts und werden in ein „Fasernetz“ eingeflochten, das dadurch im Pansen entsteht. Durch Wiederkäuen und, zu deutlich geringerem Anteil, durch bakteriellen Abbau werden sie zu kleineren Partikeln reduziert, deren Dichte nun ein Absinken zum Pansengrund ermöglicht, von wo sie dann durch die Pansenkontraktionen aus dem Retikulorum gespült werden (LECHNER-DOLL et al. 1991).

HOFMAN (1969, 1973) stellt fest, dass, im Gegensatz zu der von ihm postulierten Pansenschichtung bei Grasäsern, eine solche Schichtung bei Laubäsern nicht vorkommt und beschreibt, dass der Inhalt des Retikulorum bei diesen Tieren im allgemeinen aus einer homogenen, ungeschichteten Masse besteht. Der Panseninhalt von frei lebenden Laubäsern wird bei CLAUSS et al. (2001a) mit dem von an feinschaumiger Gärung leidenden Hauswiederkäuern verglichen. Speziell für den Elch werden diese Beobachtungen von verschiedenen Autoren unterstützt (NYGRÉN und HOFMANN 1990; RENECKER und HUDSON 1990, TSCHUOR und CLAUSS 2008, CLAUSS et al. 2009a, CLAUSS et al. 2009b). Bei frei lebenden Elchen beträgt der Trockensubstanzgehalt im Inhalt des dorsalen Pansensacks 15.2% und des ventralen Pansensacks 15.1%, was auf keinen relevanten Unterschied im Feuchtigkeitsgehalt der beiden Pansenabschnitte hinweist - im Gegensatz zu Beobachtungen bei Rindern, bei denen der ventrale Panseninhalt mit 7% deutlich feuchter ist als der dorsale mit 10-14% (BAYER 2007).

Bei dem Zerfall von Gras im Pansen entstehen, wie schon eingangs erwähnt, längliche, faserartige Partikel, bei Laub hingegen polygonale Partikel (TROELSEN und CAMPBELL 1968), wobei letztere vermutlich nicht zur Bildung eines Fasernetzes geeignet sind (SPALINGER et al. 1993; VAN WIEREN 1996b). SPALINGER et al. (1986) zeigen in ihren Versuchen, dass eher die physikalische als die chemische Struktur von Futter für das Verhalten im Pansen verantwortlich ist. Neben dem Aspekt der Partikelbeschaffenheit, die zur Bildung eines Fasernetzes führen kann, sollte auch die physikalische Komponente der Flüssigkeit im Pansen berücksichtigt werden. Bei einer geringen Viskosität in einem Medium können Partikel leichter nach oben flotieren oder nach unten sedimentieren, was eine Schichtung der Nahrungspartikel ermöglichen würde (CLAUSS et al. 2006a).

Wichtige Faktoren für die Viskosität der Flüssigkeit im Retikulum sind Viskosität des Speichels, Unterschiede in der Wasseraufnahme (CLAUSS et al. 2006a), aber auch die Eigenschaften der unterschiedlichen Äsungen (CLAUSS et al. 2001, CLAUSS et al. 2003a). Elche haben im Vergleich zum Rotwild (*Cervus elaphus*), Bison (*Bison bison*) und Addax (*Addax nasomaculatus*) einen höheren TS-Gehalt im zentrifugierten Pansensaft, der auch zugleich visköser und proteinreicher ist, was ein weiterer Grund für das Fehlen einer Schichtung des Panseninhalts beim Elch sein dürfte (BAYER 2007).

2.4.2 Retentionszeit

Ein wichtiges ernährungsphysiologisches Merkmal aller Herbivoren ist die Aufenthaltsdauer des Futters im Verdauungstrakt (STEVENS und HUME 1998). Zahlreiche Autoren berichten für Laubäser von einer schnelleren Passagezeit, vor allem von Nahrungspartikeln durch den Verdauungstrakt, als bei Grasäsern (KAY 1987; CLAUSS und LECHNER- DOLL 2001; HUMMEL et al. 2006b). Elche zeigen eine relativ schnelle Passagezeit (HUBBERT 1987; RENECKER und HUDSON 1990) im Vergleich zu anderen Wiederkäuern ähnlicher Größe. Eine lange Retention, also das Zurückhalten von Futter im Pansen, erlaubt eine vollständigere Verdauung, wohingegen eine schnellere Passagezeit den Durchfluss von mehr Futter erlaubt. Der Elch verfolgt vermeintlich die Strategie, das aufgenommene Futter nur so lange zurückzuhalten, bis alle verdaulichen Futterkomponenten gelöst und verdaut sind, um dann das faserhaltige, kaum verdauliche Material schnell durch das Verdauungssystem zu transportieren (HUBBERT 1987; HOFMANN 1989). Beim Laubäser erscheint dies sinnvoll, weil der Faseranteil ihrer Äsung einen höheren Anteil an unverdaulichen Bestandteilen enthält (HUMMEL et al. 2006b). Im Gegensatz dazu steht die Strategie der Grasäser, die das Futter länger im Pansen zurückhalten, um eine hohe Verdaulichkeit des Faseranteils zu erzielen. Vergleichbare Daten zur Passagezeit beim Elch sind in Tab. 3 zusammengefasst. Die Passage ist im Sommer - vermutlich aufgrund der höheren Futteraufnahme - schneller als im Winter; zur gleichen Jahreszeit verlässt natürliche Äsung den Pansen schneller als Heu (RENECKER und HUDSON 1990; LECHNER et al. 2009).

Es ist bekannt, dass die Flüssigkeitspassagezeit mit der Futterration, dem Körpergewicht und der Höhe der Futteraufnahme variiert (SPALINGER et al. 1993); jedoch wird generell angenommen, dass es keinen selektiven Retentionsmechanismus für Flüssigkeit im Pansen gibt. Daher haben LECHNER-DOLL et al. (1990) einen Selektivitätskoeffizienten (MRT Partikel / MRT Flüssigkeit) eingeführt, der die MRT für Flüssigkeit und die MRT für Partikel in Bezug setzt. Er sagt aus, wie viel länger Partikel einer bestimmten Größe (< 2mm) im Verhältnis zur Flüssigkeit zurückgehalten werden und ermöglicht es, verschiedene Tiere und Rationen miteinander zu vergleichen. Ein Selektivitätsfaktor von 1 würde darauf hinweisen, dass Partikel und Flüssigkeit simultan abfließen bzw. dass keine Partikelretention stattfindet.

Von den wenigen Daten, die zur Verfügung stehen, lässt sich ableiten, dass Grasäser einen Selektivitätsfaktor zwischen 1.56 und 3.8 haben, Laubäser hingegen weisen ein viel geringeres Spektrum von 1.14 bis 1.8 auf (CLAUSS und LECHNER-DOLL 2001). Dies deutet darauf hin, dass Laubäser Partikel nicht so lange und nicht so selektiert zurückhalten können wie Grasäser, oder dass bei ihnen die Flüssigkeit langsamer durch den Vormagen geschleust wird. Wenn also Partikel und Flüssigkeit bei Laubäsern fast simultan fließen (geringerer Selektivitätsfaktor), dann ist anzunehmen, dass keine Pansenschichtung existiert, da im Umkehrschluss Grasäser mit einem höheren Selektivitätsfaktor eine Pansenschichtung aufweisen (CLAUSS und LECHNER-DOLL 2001). Einige andere Autoren vermuten ebenfalls einen grundsätzlichen Zusammenhang zwischen der nicht vorhandenen Schichtung im Pansen und der weniger ausgeprägten Partikelretention bei Laubäsern (NYGRÉN und HOFMANN 1990; RENECKER und HUDSON 1990; LECHNER-DOLL et al. 1991; JIANG und HUDSON 1996; HUMMEL et al. 2005; CLAUSS et al. 2006b; LECHNER et al. 2009) und haben dies insbesondere für den Elch formuliert (WHITE et al. 1984; HUBBERT 1987, RENECKER und HUDSON 1990). Die geringere selektive Partikelretention kann eventuell auch die Beobachtung erklären, dass Laubäser im Allgemeinen längere Partikel mit dem Kot ausscheiden als Grasäser (CLAUSS et al. 2002). Wie Siebanalysen zeigen, beträgt die Kotpartikelgröße von Elchen 4.4 - 6.9mm und mehr (RENECKER und HUDSON 1990; NYGRÉN & HOFMANN 1990; NYGRÉN et al. 2001). Andere Untersuchungen berichten im

Winter von bis zu 9% Futterpartikel der Größe 2 - 4mm im Kot (NYGRÉN und HOFMANN 1990).

Wenn Passageversuche aussagekräftig sein sollen, so muss die zu messende Partikelgröße identisch sein. Heutzutage sind Cr- Fasern (UDÉN et al. 1980) mit einer definierten Partikelgröße von < 2mm in der Kombination mit Co- EDTA als Flüssigkeitsmarker eine häufig eingesetzte Markerkombination. In Tab.3 sind allerdings alle existierenden Daten zusammengefasst, auch wenn Marker mit unterschiedlichen Partikelgrößen eingesetzt wurden. Bei den Daten für RENECKER und HUDSON (1990) ist zu bemerken, dass sie nicht die Retentionszeit des gesamten Magen-Darm-Traktes repräsentieren, da die Proben aus dem Pansen von fistulierten Tieren entnommen wurden. In einer Studie von GILL (1959) wird die Passagezeit mit Hilfe von mit Fuchsin-Diamant gefärbtem Hafer ermittelt: Dabei wird keine Futteraufnahmen gemessen und die Diät ist bei jedem Versuchsdurchlauf aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Futtermitteln (Hafer, Brot, Obst, Gemüse, Heu, Äste, Weizenkleie und Eicheln) kombiniert. Der Marker erscheint durchschnittlich erstmalig nach 21 Stunden und der letzte Markerrest wird durchschnittlich nach 9 Tagen ausgeschieden.

Wie aus Tab. 3 zu entnehmen ist, variiert bei dem Fütterungsversuch mit Futterpellets von HUBBERT (1987) die Lebendmasse mit durchschnittlich 448kg kaum, jedoch schwankt die Futteraufnahme stark. Die gemessene durchschnittliche MRT der Flüssigkeit im Retikulumen beträgt 26 Stunden, der durchschnittliche MRT der undefinierten Partikel im Retikulumen 27 Stunden. Verglichen dazu verwenden HJELJORD et al. (1982) eine gemischte Laubäsung: die Tiere haben mit durchschnittlich 205kg ein niedrigere Lebendmasse und die Futteraufnahme ist ebenfalls niedriger. Der durchschnittliche MRT der Flüssigkeit im Retikulumen beträgt trotz dieser Unterschiede mit 29 Stunden eine vergleichbare Zeitspanne.

Tab. 3a: Passagezeit beim Elch (*Alces alces*)

Futter	n	LM	FA.	Marker	MRT Fik. (GIT)	MRT undf. P. (GIT)	MRT Fik. (RR)	MRT P. <2mm (RR)	MRT undf. P. (RR)	erstes Marker Erscheinen	letztes Marker Erscheinen	Quelle
		kg	kg TS		h	h	h	h	h	h	d	
Pellets	4	353	6.5	Cr-EDTA	38.2		17.6			13.3		SCHWARTZ et al. (1988d)
Pellets	1	413	8.0	Cr-EDTA, RuCl	45.6	48.0	27.6		29.6			HUBBERT(1987)
Pellets	1	475	4.0	Cr-EDTA, RuCl	47.4	49.0	31.0		30.2			HUBBERT(1987)
Pellets	1	422	7.1	Cr-EDTA, RuCl	52.2	50.7	30.4		25.3			HUBBERT(1987)
Pellets	1	420	3.4	Cr-EDTA, RuCl	50.7	46.2	29.5		33.3			HUBBERT(1987)
Pellets	1	411	3.5	Cr-EDTA, RuCl	54.0	46.2	30.9		31.3			HUBBERT(1987)
Pellets	1	474	6.5	Cr-EDTA, RuCl	52.5	53	32.4		26.3			HUBBERT(1987)
Pellets	1	420	4.9	Cr-EDTA, RuCl	55.1	47.4	28.9		28.8			HUBBERT(1987)
Pellets	1	454		Cr-EDTA, RuCl	44.0	46.3	22.5		22.7			HUBBERT(1987)
Pellets	1	477		Cr-EDTA, RuCl	46.7	50.9	30.2		30.5			HUBBERT(1987)
Pellets	1	435		Cr-EDTA, RuCl	62.1	62.8	28.7		28.8			HUBBERT(1987)
Pellets	1	450		Cr-EDTA, RuCl	48.0	50.2	23.5		31.1			HUBBERT(1987)
Pellets	1	455		Cr-EDTA, RuCl	47.6	51.0	26.1		31.7			HUBBERT(1987)
Pellets	1	357		Cr-EDTA, RuCl	39.4	38.9	25.1		23.7			HUBBERT(1987)
Pellets	1	463		Cr-EDTA, RuCl	36.7	36.3	28		24.3			HUBBERT(1987)
Pellets	1	346		Cr-EDTA, RuCl	32.9	33.8	10.6		12.5			HUBBERT(1987)
Pellets	1	383		Cr-EDTA, RuCl	63.0	63.4	34.4		31.8			HUBBERT(1987)
Pellets	1	466		Cr-EDTA, RuCl	44.8	47.4	22.2		25.7			HUBBERT(1987)
Pellets	1	336		Cr-EDTA, RuCl	49.6	52.3	12.1		13.7			HUBBERT(1987)
Pellets	1	466		Cr-EDTA, RuCl	35.9	38.2	18.9		22.8			HUBBERT(1987)
Pellets	1	487		Cr-EDTA, RuCl	45.9	47.2	24.9		29.5			HUBBERT(1987)
Pellets	1	454		Cr-EDTA, RuCl	55.6	58.3	32.1		34.8			HUBBERT(1987)

Fortsetzung Tab. 3a:

Futter	n	LM	FA.	Marker	MRT Fik. (GIT)	MRT undf. P. (GIT)	MRT Fik. (RR)	MRT P. <2mm (RR)	MRT undf. P. (RR)	erstes Marker Erscheinen	letztes Marker Erscheinen	Quelle
		kg	kg TS		h	h	h	h	h	h	d	
Pellets				141 Ce/ 103 RU		49.0			24.8			HUBBERT (1987)
Pellets + Espen (60:40)	3	347	4.2	Cr-EDTA	38.0		18.7			13.0		SCHWARTZ et al. (1988d)
Zoofutter				Weizenkörner						60.0	5.0	HEDIGER (1949)
Grasheu*	1	150	2.6	Cr-EDTA			24.5			8-19	7-8	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1	206	3.9	Cr-EDTA			24.2			8-19	7-8	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1	153	2.9	Cr-EDTA			19			8-19	7-8	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1	307	5.2	Cr-EDTA			22.5			8-19	7-8	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1	244	3.9	Cr-EDTA			27.9			8-19	7-8	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1	232	2.6	Cr-EDTA			24.9			8-19	7-8	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1	297	4.2	Cr-EDTA			26.3			8-19	7-8	HJELJORD et al. (1982)
Grasheu/ Luzerneheu	1	265	4.2	Co-EDTA, Cr-mf, Dy			23.5	30.7	28.2			RENECKER & HUDSON (1990)
Grasheu/ Luzerneheu	1	303	6.8	Co-EDTA, Cr-mf, Dy			14.4		18.1			RENECKER & HUDSON (1990)
Luzerne	1	271	4.3	Co-EDTA, Cr-mf, Dy			23.1	36.9	32.7			RENECKER & HUDSON (1990)
Luzerne	1	294	5.8	Co-EDTA, Cr-mf, Dy			16.8	19.2	19.1			RENECKER & HUDSON (1990)
Espenzweige/ Luzerne	1	271	3.9	Co-EDTA, Cr-mf, Dy			18.9	27.9	19.3			RENECKER & HUDSON (1990)
Espenblätter/ Luzerne	1	288	5.8	Co-EDTA, Cr-mf, Dy			9.7	16.4	12.4			RENECKER & HUDSON (1990)
Birke+ Weiden Zweige (50:50 FS)	4	419	2.4	Cr-EDTA	53.6		31.2			15.8		SCHWARTZ et al. (1988)
natürlich				Dy					31.3			RENECKER & HUDSON (1985b)
Laubäsung				141 Ce/ 103 RU						35.0	16,8	WHITE et al. (1987)
gemischte Laubäsung	1	189	2.5	Cr-EDTA			33.9			12-22	8-10	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung	1	139	2.6	Cr-EDTA			31.0			12-22	8-10	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung	1	142	1.8	Cr-EDTA			21.3			12-22	8-10	HJELJORD et al. (1982)

Fortsetzung Tab. 3a:

Futter	n	LM	FA.	Marker	MRT Flk. (GIT)	MRT undf. P. (GIT)	MRT Flk. (RR)	MRT P. <2mm (RR)	MRT undf. P. (RR)	erstes Marker Erscheinen	letztes Marker Erscheinen	Quelle
		kg	kg TS		h	h	h	h	h	h	d	
gemischte Laubäsung	1	142	1.8	Cr-EDTA			21.3			12-22	8-10	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung	1	222	3.3	Cr-EDTA			28.4			12-22	8-10	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung	1	275	3.6	Cr-EDTA			29.2			12-22	8-10	HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung	1	260	3.1	Cr-EDTA			27.2			12-22	8-10	HJELJORD et al. (1982)
A*	1			gefärbter Hafer°						24.5	9.0	GILL (1959)
B*	1			gefärbter Hafer°						23.0		GILL (1959)
B*	1			gefärbter Hafer°						19.0		GILL(1959)
C*	1			gefärbter Hafer°						24.0	8.0	GILL (1959)
C*	1			gefärbter Hafer°						18.0	9.0	GILL (1959)
D*	1			gefärbter Hafer°						21.5	12.0	GILL (1959)
D*	1			gefärbter Hafer°						23.5	13.0	GILL (1959)
E*	1			gefärbter Hafer°						25.5	9.0	GILL (1959)
F*	1			gefärbter Hafer°						19.5	10.0	GILL (1959)
F*	1			gefärbter Hafer°						19.5	8.0	GILL (1959)
F*	1			gefärbter Hafer°						18.5	8.0	GILL (1959)
F*	1			gefärbter Hafer°						19.0	7.0	GILL(1959)

(FA = Futteraufnahme; Flk. = Flüssigkeit; undf. P. = undefinierte Partikel; gefärbter Hafer° = Fuchsin - Diamant gefärbter Hafer

A* = Hafer, Brot, Obst, Gemüse, Heu, Äste; B* = Hafer, Weizenkleie, Kraftfutter, Äste, Gras; C* = Hafer, Haferschrot, Äste, Geschrotete Leguminosensamen;

D* = Hafer, Weizenkleie, Gemüse, Heu, Äste; E* = Hafer, Weizenkleie, Gemüse, Brot, Äste; F* = Hafer, Eicheln, Äste, Heu

Grasheu* = Phleum pratense, Fesuca Pratensis, Frifolium pratense im Verhältnis 50:40:10; gemischte Laubäsung* = es werden Weide (*Salix supp.*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*) sowie Birke (*Betula spp.*) verwendet. Von der jeweiligen Baumart werden Äste mit einen Durchmesser zwischen 2 und 8mm eingesetzt. Noch im frischen Zustand werden die Äste mit Blättern auf 10cm gehäckselt und gemischt.)

Tab. 3b: Passagezeit beim Elch (*Alces alces*) bei LECHNER et al. (2010) mit den Markern Co-EDTA, Chrom, Cer und Lanthan gebeizte Faser (2, 10 und 20 mm).

Futter	n	LM	FA.	MRT Fik. (GIT)	MRT P. <2mm (GIT)	MRT P. 10mm (GIT)	MRT P. 20mm (GIT)	MRT Fik. (RR)	MRT P. <2mm (RR)	MRT P. 10mm (RR)	MRT P. 20mm (RR)
		kg	kg TS	h	h	h	h	h	h		
Laubäsung (1 Laubsorte)	2	345	5.3	33	39	52	53	21	27	40	41
Laubäsung (2 Laubsorten)	4	345	1.6	74	73	90	89	52	51	67	67
Grassilage	2	345	5.6	58	64	76	76	32	38	50	51

2.4.3 Verdaulichkeit

Während in Gräsern der Faseranteil insgesamt höher und das Verhältnis der einzelnen Faseranteile zugunsten von Hemizellulose und Zellulose (bei niedrigem Ligningehalt) verschoben ist, haben Blätter und auch Zweige geringere Faseranteile, wobei alle drei Faserfraktionen in nahezu ausgewogenem Verhältnis auftreten (SMITH et al. 1972; SHORT et al. 1974; OLDEMEYER et al. 1977; RENECKER UND HUDSON 1988, IASON und VAN WIEREN 1999; HOLECHEK et al. 2004; HUMMEL et al. 2006b). Es gibt keine Hinweise dafür, dass Laub verglichen mit Gras einen höheren Zucker- oder Stärkegehalt hat (CLAUSS und DIERENFELD 2008); Laub enthält jedoch einen höheren Gehalt an löslichen Rohfasern, wie den Pektinen (ROBBINS 1993).

In einer Nährstoffanalyse veranschaulichten HUMMEL et al. (2006), dass Gräser und auch Laubblätter ähnliche Rohproteinwerte haben, und zeigten - wie SHORT et al. (1974), OWEN-SMITH (1982), WHITE et al. (1987) und VAN WIEREN (1996b) -, dass Gräser einen sehr niedrigen Ligningehalt verglichen zu ihrem sehr hohen Rohfasergehalt (NDF) haben. Ein hoher Anteil von Lignin in der Faserfraktion setzt die Gesamtverdaulichkeit der Rohfaser insgesamt herab (RENECKER und HUDSON 1990; CLAUSS und DIERENFELD 2008). Dies geschieht, weil Lignin an sich unverdaulich ist und weil es die Fermentation von Zellwand behindert (VAN SOEST 1994). In einer in vitro Verdaulichkeitsstudie von HUMMEL et al. (2006) wurde gezeigt, dass Laub schneller fermentiert als Gras, was sicherlich an dem hohen Gehalt an langsam verdaulicher Zellulose von Gras und der schnelleren Fermentation des Pektins sowie des höheren Gehalts an unverdaulichem Lignin von Laub liegt. VAN WIEREN (1996a) und IASON und VAN WIEREN (1998) haben demonstriert, dass Laubäser eine geringere Verdaulichkeit von Fasern haben als Grasäser. PÉREZ-BARBERIA et al. (2004) unterstützen diese Aussage. Gründe für eine generell höhere Verdauungsleistung von Grasäsern könnten in längeren Retentionszeiten bei diesem Äsungstyp zu suchen sein. HOFMANN (1989) vermutet, dass bei Grasäsern durch längeres Wiederkäuen eine intensivere Partikelzerkleinerung erfolgt und dadurch Bakterien im GIT der Grasäser die Zellulose enzymatisch besser aufschließen. So bauen Grasäser ihr Futter im gesamten Verdauungstrakt zu Partikelgrößen von 0.5mm bis zu 1mm ab. Bei

Laubäsern hingegen wie dem Elch können die Partikel den Vormagenkomplex caudal vom Retikulum mit einer Größe von bis zu 4mm passieren. Allerdings zeigten LECHNER et al. (2010), dass die Partikel im Kot von Elchen sich nicht wesentlich von denen anderer Wiederkäuer unterscheiden, sofern Tiere auf ihrer natürlichen Äsung verglichen werden.

Der Einfluss der Körpermasse auf die Faserverdaulichkeit wird sehr kontrovers diskutiert. Theoretisch ist davon auszugehen, dass mit zunehmender Körpermasse eine höhere Partikelretentionszeit vorliegt und damit eine intensivere Verdauung möglich ist (ILLIUS und GORDON 1990; GORDON und ILLIUS 1994). Einige Autoren finden einen signifikanten Einfluss der Körpermasse auf die Rohfaserverdaulichkeit (ROBBINS 1993; IASON und VAN WIEREN 1999), andere Autoren hingegen sehen keinen Zusammenhang (PRINS et al. 1984; VAN WIEREN 1996b, PÉREZ-BARBERIA et al. 2004). In empirischen Daten zur Retentionszeit bei Säugetieren zeigt sich auch kein Zusammenhang mit der Körpermasse (CLAUSS et al. 2007).

Wenn man also davon ausgeht, dass Laub schneller fermentiert wird als Gras, kann dies ein wichtiger Hinweis für die Verdauungsphysiologie von Laubäsern sein. Es erscheint für den Laubäser sinnlos, Ingesta genauso lang zurückzuhalten wie Grasäser, da Laub verglichen mit Gras nach einer gewissen Zeit der Verdauung keine relevante Menge an Energie mehr beinhaltet (CLAUSS und DIERENFELD 2008). Eine schnellere Passagezeit und eine geringere selektive Partikelretention haben auch weitere Konsequenzen für das Verdauungssystem. Gerade weil die Ingesta den Pansen so schnell verlässt, unterliegen einige Substanzen vermutlich weniger dem Abbau oder der Verdauung im Pansen, wie zum Beispiel lösliche Kohlenhydrate, Stärke oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren. Aber auch die Protozoen-Fauna ist von der schnellen Passagezeit betroffen. Gras fressende Wiederkäuer haben nach CLAUSS und LECHNER-DOLL (2001) vermeintlich eine grössere Artenvielfalt von Protozoen in ihrer Fermentationskammer als Laubäser. Bei letzteren sind meistens nur *Entodinium* spp. vorhanden (z.B. HOPPE et al. 1981). Diese sind sich sehr schnell vermehrende Ciliaten. Es wird vermutet, dass andere Protozoen nicht in der Lage sind, die schnellen Retentionszeiten der Laubäser mit ihrem Wachstum auszugleichen und sich somit nicht in dem Verdauungstrakt der Laubäser halten können (DEHORITY 1986, 1994). Im Gegensatz zu Gräsern beinhalten verholzte Pflanzen sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (Tannine). Sekundäre

Pflanzeninhaltsstoffe haben eine verdaulichkeitssenkende Wirkung, weil sie im Allgemeinen die Proteinverfügbarkeit und Zellwandabbaubarkeit hemmen (VAN WIEREN 1996a; ROBBINS et al. 1987a, b). Schon NEHRING und SCHÜTTEL (1950) und NEHRING und SCHRAMM (1951) bemerken, dass die Verdaulichkeit des Rohproteins in Blättern niedriger ist, als man nach ihrer Zusammensetzung annehmen müsste. Jedoch werden Tannine durch spezifische tannin- bindende Proteine im Speichel des Elches neutralisiert und damit die negativen Effekte der Tannine in der Nahrung teilweise kompensiert (HAGERMANN und ROBBINS 1993; JUNTHEIKKI 1996).

Die Vermutung, dass auch bei ausgewachsenen Laubäsern im Speichel gelöste Nährstoffe die bakterielle Fermentation im Pansen mit Hilfe einer Pansenrinne umgehen (HOFMANN 1989), hat sich nach LECHNER et al. (2010) bei einem einzelnen Elch nicht bestätigt.

Die Daten aus Tab. 4 zeigen die Ergebnisse von Fütterungsversuchen an lebenden Elchen zur Ermittlung der scheinbaren Verdaulichkeitswerte mittels Sammeln des gesamten Tageskotes in einem Verdauungskäfig. Bei dem Vergleich der Werte für die scheinbare Verdaulichkeit in Tab. 4 fällt auf, dass für Grasheu und Pellets stets höhere Werte ermittelt werden als für Laubäsung. Die Studie von HJELJORD (1982) weist darauf hin, dass die scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz von verschiedenen Laubsorten unter 50% liegt. Dies sind Hinweise darauf, dass die natürliche Nahrung von Elchen nicht „hochverdaulich“ ist oder gar als „Konzentrat“ bezeichnet werden kann – eine Schlussfolgerung, die auf ähnliche Weise auch für afrikanische Laub- und Grasäser zutrifft (CODRON et al. 2007). Da die so genannten „Konzentratselektierer“ bei der Fütterung in menschlicher Obhut oft unter einer Fütterung mit zu hohem Kohlenhydratgehalt wie Stärke und Zucker zu leiden haben, sollte die Bezeichnung „Konzentratselektierer“ allein aus didaktischen Gründen vermieden werden.

Tab. 4: In vivo-Verdaulichkeiten (Bestimmung per Gesamtkotmenge) für Futtermittel und Äsung von Elchen (*Alces alces*)

Futter	n	XP	NDF	ADF	ADL	XA	A.	sV	sV	sV	sV	sV	DE	Quelle
		% TS					v. TS	TS	XP	NDF	ADF	ADL	MJ kg ^{-0.75} d ⁻¹	
Pellets (10.2 kJ ME g ⁻¹ TS)	3	11.3	32.9	20.8	3.7			53.1					0.6	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (8.7 kJ ME g ⁻¹ TS)	3	9.5	39.8	26.6	6.0	10.0		47.8					0.5	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (7.6 kJ ME g ⁻¹ TS)	3	7.4	47.0	32.1	8.2	13.0		43.8					0.6	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets (Proteingehalt 8%)	4	7.8	48.9	30.5	6.6			53.8	33.5	14.6				SCHWARTZ et al. (1987a)
Pellets (Proteingehalt 11%)	4	9.8	52.0	30.6	7.0			53.6	35.3	12.6				SCHWARTZ et al. (1987a)
Pellets (Proteingehalt 13%)	4	12.8	50.2	30.2	6.8			53.5	33.7	12.5				SCHWARTZ et al. (1987a)
Pellets (Proteingehalt 16%)	4	15.3	50.6	29.4	6.5			54.9	36.7	13.5				SCHWARTZ et al. (1987a)
Pellets	3	10.2	33.8	18.1	2.8	7.5		58.8					0.8	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	3	10.6	34.9	19.9	3.7	7.3		59.2					0.7	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	3	10.9	31.5	17.5	3.4	7.4		57.2					0.7	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	3	10.4	33.4	17.2	3.6	7.3		64.5					0.6	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	3	10.2	35.1	18.6	5.4	7.0		63.3					0.6	SCHWARTZ et al. (1988a)
Pellets	2					7.0		56.0						SCHWARTZ et al. (1984)
Pellets	1	9.9						60.2						HUBBERT (1987)
Pellets	8	10.5	33.8	18.1	2.8	7.4		59.0						SCHWARTZ & HUNDERTMARK (1993)
Pellets	4	12.7	57.0	24.0	5.2			62.7	68.0	50.0	29.3	24.7		SCHWARTZ et al. (1985)
Pellets	3	13.5	42.7						67.0	41.0				SHOCHAT et al. (1997)
Espenzweige/ Pellets 3:7	4	11.4	58.1	25.8	6.0	5.3		58.9	61.2	46.7	19.3	8.9		SCHWARTZ et al. (1988)
Grasheu*	8	8.9	63.3	35.7	4.43	5.2		62.4						SCHWARTZ & HUNDERTMARK (1993)
Grasheu*		7.0		38.1	6.3	4.9			63.1		50.8	20.9		HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1							57.6						HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1							60.2						HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1							61.0						HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1							61.0						HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1							59.4						HJELJORD et al. (1982)

Fortsetzung Tab. 4:

Futter	n	XP	NDF	ADF	ADL	XA	A.	sV	sV	sV	sV	sV	DE	Quelle
		% TS					v. TS	TS	XP	NDF	ADF	ADL	MJ kg ^{-0.75} d ⁻¹	
Grasheu*	1							59.0						HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1							61.9						HJELJORD et al. (1982)
Grasheu*	1							59.4						HJELJORD et al. (1982)
Grasheu/ Luzerneheu	1						5.0	31.8						RENECKER & HUDSON (1990)
Grasheu/ Luzerneheu	1						15.5	69.2						RENECKER & HUDSON (1990)
Luzerne	1	16.2	49.6	35.6	11.8	0.4	5.6	35.0						RENECKER & HUDSON (1990)
Luzerne	1	16.6	47.8	34.5	8.1	0.5	7.9	40.1						RENECKER & HUDSON (1990)
Espenzweige/ Luzerne	1						4.8	33.1						RENECKER & HUDSON (1990)
Espenblätter/ Luzerne	1						10.7	53.2						RENECKER & HUDSON (1990)
A*	4	7.2	61.2	49.3	22.2			31.1						SCHWARTZ et al. (1988)
B*	3	7.0	71.9	54.8	16.5	2.1		38.6	34.8	22.2	25.6	7.2		SCHWARTZ et al. (1988)
Laubäsung (1 Laubsorte)	2	16.2	44.2	30.5	17.9									LECHNER et al. (2010)
Laubäsung (2 Laubsorten)	4	9.8	31.7	22.4	9.3									LECHNER et al. (2010)
gemischte Laubäsung*	1							27.7						HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	1							35.5						HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	1							45						HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	1							32.6						HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	1							39.2						HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*	1							48.6						HJELJORD et al. (1982)
gemischte Laubäsung*		7.3		51.7	18.6	2.6		38.5	46.3		26.1	14.6		HJELJORD et al. (1982)

A* = Espen-: Birken-: Weidenzweige 1:1:1; B* = Espen-: Birken-: Weidenzweige 1:7:2

Grasheu* = Phleum pratense, Fesuca Pratensis, Trifolium pratense im Verhältnis 50:40:10;

Laubäsung (1 Laubsorte)* = vorwiegend Weide (*Salix supp.*); Laubäsung (2 Laubsorten)* = *Salix alaxensis* und *Populus balsamifera*

gemischte Laubäsung* = es werden Weide (*Salix supp.*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*) sowie Birke (*Betula supp.*) verwendet. Von der jeweiligen Baumart werden Äste mit einem Durchmesser zwischen 2 und 8mm eingesetzt. Noch im frischen Zustand werden die Äste mit Blättern auf 10cm gehäckselt und gemischt.

A. v. TS: Aufnahme verdaulicher TS

2.5 Elche in Menschenobhut

In der Literatur gibt es eine allgemeine Übereinkunft, dass Elche in Menschenobhut schwierig zu halten sind. Dabei wird die Fütterung von Elchen historisch als der schwierigste Faktor (SCHWARTZ 1992b) bei einer konventionellen Zoofütterung gesehen (CLAUSS und DIERENFELD 2008). Die große Herausforderung in der Fütterung von Pflanzenfressern ist es, eine stabile Mikroflora im Verdauungstrakt zu erhalten. Ein weit verbreitetes Problem im Futtermanagement dieser Spezies ist jedoch ein gewisser Mangel an pflanzlicher Rohfaser und, im Gegensatz dazu, eine Überversorgung an leicht verdaulichen Kohlenhydraten wie Zucker und Stärke (CLAUSS und DIERENFELD 2008), die die Mikroflora im Pansen stört. Dies spiegeln auch Daten zu Untersuchungen in europäischen Elchhaltungen wieder. Bei 23 von 25 untersuchten Elchhaltungen lag der NfE-Gehalt der gefütterten Ration stets über 50%, was die Gefahr der Pansenazidosen mit sich bringt (CLAUSS 2000). So zeigen Untersuchungen von MARHOLDT (1991) und HOFMANN & NYGRÉN (1992b) an der Pansenschleimhaut von 7 Elchen aus Menschenobhut und 25 frei lebenden Elchen, dass die Elche aus Menschenobhut ausnahmslos azidotische Veränderungen der Pansenschleimhaut aufweisen. Es ist anzunehmen, dass sehr viele Elche in Menschenobhut unter zumindest subklinischen Pansenazidosen leiden (HOFMANN & NYGRÉN 1992b). Der so genannte „Konzentratselektierer“ weist also massive Verdauungsprobleme auf, wenn er eine zu konzentratreiche Diät aufnimmt. Diese Überlegungen können vermutlich die schlechte körperliche Verfassung von Elchen in Gefangenschaft zumindest teilweise erklären (CLAUSS et al. 2002). Ein weiterer Aspekt ist die starke saisonale Schwankung des Nahrungsangebotes in freier Wildbahn. Die kurze Zeit der Sommervegetation muss dazu genutzt werden, durch rasche Gewichtszunahme genügend Reserven anzulegen, um über die lange Winterzeit zu kommen (HEPTNER und NASIMOWITSCH 1974). Deshalb ist davon auszugehen, dass der Organismus des Elchs beständigen extremen Stoffwechselschwankungen unterliegt (CLAUSS 2000). RENECKER et al. (1987) sehen darin einen möglichen Grund für die Schwierigkeit, Elche unter konstanten Bedingungen erfolgreich über längere Zeit hin zu halten.

Der Symptomkomplex der chronischen Abmagerung mit Durchfall (WSC, Wasting-Syndrome-Complex) beim Elch, mit einem Anteil von 47% an allen Todesfällen von Elchen in Menschenobhut (CLAUSS et al. 2002), ist das wichtigste Problem in der

Haltung von Elchen (SCHWARTZ 1992a; SHOCHAT et al. 1997). Erst danach folgen in Europa Todesursachen wie intraspezifische Aggression, *Trichuris* Infektionen oder Malignes katarrhalische Fieber (MCF) (CLAUSS et al. 2002).

2.6 Ernährung

Laubäser sind Pflanzenfresser, die sich in freier Wildbahn primär von zweikeimblättrigem Pflanzenmaterial wie Blättern, Trieben und Zweigen von Bäumen und Sträuchern, Kräutern, Stauden, aber auch wilden Früchten, ernähren (CLAUSS und DIERENFELD 2008). Bei frei lebenden Elchen ist einer der bestimmendsten Eigenschaften ihrer Nahrung der hohe Anteil an Faser (Rohfaser 20-45% der TS; NDF 50-70% der TS) (CLAUSS 2000).

Im Gegensatz dazu kann man die Literaturübersicht von CLAUSS (2000) über eine typische Zorration sehen: Elchen wird in der Regel eine Kombination aus einem Getreide-Krafftuttergemisch bzw. entsprechenden Pellets, Obst und Gemüse, Gras bzw. Luzerneheu mit einem begrenzten oder sporadischen Angebot an Laubäsung angeboten – also eine Ration mit einem geringeren Fasergehalt. Neben den nutritiven Eigenschaften jedes einzelnen Futtermittels, muss deren Kombination in der Zusammenstellung einer Ration bedacht werden. Die Gestaltung einer Futterration mit Laub, Luzerneheu oder Grasheu kann in der Praxis problematisch sein, da es schwierig ist, die benötigten und die tatsächlich gefressenen Mengen einzuschätzen (CLAUSS und DIERENFELD 2008).

Ein pelletiertes Alleinfuttermittel für den Elch (MRC, Pellet vom Moose Research Center, Soldotna, Alaska, USA), das schnell verfügbar, günstig, reproduzierbar und den nutritiven Anforderungen von Elchen gerecht wird, wurde zuerst von SCHWARTZ et al. (1985) entwickelt. Der Erfolg der MRC-Pellets ist auf den hohen Anteil von Rohfaser und den dadurch relativ geringen Anteil an leichtverdaulichen Kohlenhydraten zurückzuführen (CLAUSS et al. 2003b). SHOCHAT et al. (1997) sieht in der Verwendung von MRC-Pellets einen wichtigen Beitrag zur Haltung von Elchen, der zu einer beachtlichen Verbesserung in der Tiergesundheit geführt hat.

Aber es gibt auch Überlegungen, die ein pelletiertes Alleinfuttermittel durchaus kritisch sehen: Die Pansenaktivität wird reduziert (KICK et al. 1937) und die Wahrscheinlichkeit einer Pansenazidose steigt (HINDERS et al. 1961). Der pH-Wert

im Pansen sinkt, wenn weniger strukturiertes Futter aufgenommen wird, was zu weniger Wiederkäuen führt, was wiederum bedeutet, dass sich die Menge an produziertem pufferndem Speichel reduziert (CULLISON 1961). Die Futteraufnahme von Pellets erfolgt über einen kurzen Zeitraum, und ein Mangel an Strukturfutter kann zudem zur unerwünschten Aufnahme von Gras im Gehege führen (SHOCHAT et al. 1997) oder aber die Tiere zeigen ein Suchverhalten (CLAUSS 2000). Pelletiertes Futter kann nicht die Lösung für den Bedarf an grobem, strukturiertem Material sein, und da Gras und Grasheu für Elche keine empfohlene Rohfaserquelle ist, müssen andere grob strukturierte Futtermittel getestet werden, wenn eine Laubäsung nicht angeboten werden kann (CLAUSS et al. 2003b). Viele Zoologische Gärten sollten daher versuchen, Laubäsern eine Rohfaserquelle anzubieten, die sie akzeptieren und die an ihren Verdauungstrakt angepasst ist. So lange diese nicht gefunden ist, kann dies nur zur Schlussfolgerung haben, dass mehr Laub angeboten werden sollte, als dies zurzeit der Fall ist (CLAUSS et al. 2003c). Die Frage ist, ob Luzerneheu hier als Alternative dienen kann (s. unten).

2.6.1 Laubäsung

Elche in freier Wildbahn fressen fast ausschließlich Blätter, Triebe und Zweige von verholzten Pflanzen, die im Winter an die 100% und im Sommer mehr als 60% der aufgenommenen Pflanzenarten ausmachen (CLAUSS 2000). Die große Bedeutung von Laubäsung für den Elch in Menschobhut wird in der Literatur immer wieder betont und ist unbestritten. So zitiert CLAUSS (2000) verschiedene Autoren: „Ohne Blätter und Zweige können Elche nicht überleben“ (DITTRICH 1976); FATZER (1983) bezeichnet das Verfüttern von Laub als „conditio sine qua non“ der Elchhaltung; SHOCHAT et al. (1997) erklärt ebenfalls die Verfütterung großer Mengen Laub als das „einzige langfristig erfolgreiche Konzept in der Elchhaltung“ und CLAUSS (2000) kommt selber zu dem Fazit „Wer seinen Elch liebt, der gibt ihm Laub“. Bei den Korrelationen mit dem Ernährungszustand und der Kotkonsistenz sowie beim Vergleich von Haltungen mit und ohne Klauenprobleme erwies sich Laubäsung stets als positiver Faktor (CLAUSS 2000). Laub und Zweige stimulieren zudem das natürliche Äsungsverhalten und haben daher einen hohen Beschäftigungswert (OFTEDAL et al. 1996). Fütterungsbedingte Stereotypen, wie das bei Giraffen beobachtete Zungenspiel bei Raufutter-armen Rationen (HUMMEL et al. 2006a), sind beim Elch nicht beschrieben.

Laub kann von den meisten Zoothaltungen wegen der hohen Kosten, des großen Aufwandes bei der Beschaffung, Vorratshaltung und logistischer und personeller Probleme meist nur in begrenzten Mengen angeboten werden. Relativ ungenaue Mengenangaben für das Angebot von Laubäsung pro Tag wurden bereits besprochen.

Hinsichtlich der Wahl der Laubart bestehen große individuelle Unterschiede in der Bevorzugung (MIQUELLE und JORDAN 1979). Große Einigkeit herrscht darüber, dass Weiden (*Salix spp.*) von Elchen bevorzugt gefressen werden, hingegen findet Erle (*Betulaceae spp.*) und Laub von mit Dornen besetzten Ästen keine Akzeptanz (CLAUSS 2000). Das Schälen von Rinde wird in freier Wildbahn als Hinweis auf mangelndes Nahrungsangebot gesehen (PETERSON 1955; MIQUELLE & VAN BALLEMBERGHE 1989), in Tierparks wird dies jedoch provoziert durch langes Hängenlassen von Weidenästen (*Salix spp.*), damit so viel wie möglich von einem Ast verwertet wird (persönliche Beobachtung). Rinde von anderen Baumarten wird vom Elch nicht gleich gerne gefressen (CLAUSS et al. 2003e).

Da frische Laubäsung nicht das ganze Jahr über verfügbar ist, bemühen sich einige Elchhaltungen, kleine Mengen haltbar zu machen und diese für den Winter vorrätig zu halten. Dazu werden die Blätter und Zweige entweder eingefroren, getrocknet oder zu Silage verarbeitet (HATT und CLAUSS 2006).

2.6.2 Gras

Gräser stellen in freier Wildbahn selten mehr als 1% der Nahrung (SCHWARTZ 1992a). Aus unterschiedlichen Quellen wird immer wieder berichtet, dass Elche in Menschenobhut in ihren Gehegen Gras abweiden (SHOCHAT et al. 1997, CLAUSS 2000), obwohl es auch Berichte gibt, wonach Elche trotz der theoretischen Möglichkeit dazu dies unterlassen (CLAUSS 2000). SCHWARTZ (1992a) konstruiert als erster zwischen der Aufnahme von Gras und der Ätiologie des WSC einen Zusammenhang. Nach SHOCHAT et al. (1997) soll Gras entweder mit zunehmender Sensibilisierung des Darmepithels eine allergische Reaktion hervorrufen oder aber die Darmflora verändern; in beiden Fällen sollen sich aber die Gewebeschäden im Darm akkumulieren und schließlich zu einer unkontrollierten Enteritis führen. Daher empfehlen die Autoren, durch entsprechende Haltung die Grasaufnahme zu verhindern. Im Zusammenhang mit den Untersuchungen von SHOCHAT et al. (1997)

ist besonders zu erwähnen, dass bei ihren Elchen WSC nicht durch die Verfütterung abgeernteten Grases ausgelöst wurde, sondern sie die Tiere über viele Jahre auf denselben Weiden grasen ließen. Die dabei von ihnen verwendete Dosis zur Entwurmung lag deutlich unter den Empfehlungen zu *Trichuris*-Bekämpfung (CLAUSS et al. 2002). In der europäischen Literatur wird Gras allein nicht als potentielle Gefahrenquelle für WSC angesehen, wohl aber das Gras auf weideähnlichen Flächen, wegen des Risikos von parasitären Reinfektionen (PFISTER 1989).

Da Elche in freier Wildbahn selten auf Bodenebene ihre Nahrung aufnehmen, wohin auch ihr Kot fällt, kann vermutet werden, dass sie keine effizienten Abwehrmechanismen gegen Parasiten oder vom Kot übertragenen Infektionen, entwickelt haben (CLAUSS et al. 2002). CLAUSS (2000) berichtet, dass von 25 Elchhaltungen 48% im Sommer frisch gemähtes Gras mit verschiedenen Anteilen an Klee und Löwenzahn verfüttern; die Auswirkungen waren dabei nicht durchweg negativ.

2.6.3 Gras- und Luzerneheu

Gras- und Luzerneheu sind Futtermittel mit einem hohen Rohfaseranteil, und die Vermutung liegt nahe, dass Wiederkäuer, gleich welchen Äsungstyps, dieses langfasrige Raufutter bei Bedarf aufnehmen. Für Laubäser und insbesondere für den Elch gilt es, diese weit verbreitete Vorstellung näher zu definieren. Elche fressen laut Literatur kein Grasheu (BAINES 1965; LANDOWSKI 1969; HEPTNER und NASIMOWITSCH 1974; BØ und HJELJORD 1991; SCHWARTZ und HUNDERTMARK 1993; CLAUSS 2000). KOCK (1985) beobachtet, dass Grasheu von Elchen nie zu mehr als 10% FS von der gesamten Ration aufgenommen wird und CLAUSS (2000) bemerkt, dass sich Grasheu als wesentliche „Faserergänzung“, trotz individueller Variationen, nicht bewährt hat (88% aller untersuchter Haltungen). Nur in zwei Haltungen von fünfundzwanzig nahmen Elche, den Auskünften der Pfleger zufolge, Grasheu regelmäßig auf, wobei bei einer Haltung die Heuaufnahme durch knappe Trogfütterung bewusst erzwungen wurde.

SCHWARTZ und HUNDERTMARK (1993) haben in einem vergleichenden Futterexperiment mit einer Diät bestehend aus Grasheu und MRC-Pellets bei adulten Elchen und Kälbern überprüft, ob eine Zufütterung mit Grasheu in Wintern mit

knappen Futterressourcen bei frei lebenden Elchen möglich ist. Adulte Tiere auf Grasheudiät verlieren Gewicht und Kälber auf Grasheudiät behalten ihr Körpergewicht bei, während adulte Tiere und Kälber auf Pellets jeweils Gewicht zulegen. Die Langzeitfolgen von Heufütterung sind hier nicht getestet. DENNISTON (1956) berichtet, dass Elche im Winter Grasheu fressen und sie dieses auch verdauen (HJELJORD et al. 1982, RENECKER et al. 1982, RENECKER und HUDSON 1990), so dass lokal gewachsenes Grasheu als ein Notfutter für Elche in einer guten physiologischen Kondition verwendet werden könnte (SCHWARTZ und HUNDERTMARK 1993).

Die Erfahrung von Farmern in den USA zeigt, dass Elche an Heulagern nur Ballen oder Teile von Ballen mit hohem Luzerne- oder Kleeanteil fressen und den Rest verstreuen und zerstampfen (JOHNSON et al 1985). Frei lebende Elche fressen von 1kg d^{-1} bis zu 7kg d^{-1} gegen Ende des Winters, wobei der zweite Schnitt von den Elchen bevorzugt wird (JOHNSON et al 1985). Fütterungsversuche mit einer Luzerneheu ad libitum Fütterung zeigen für den Winter Futteraufnahmen von 4.3kg TS d^{-1} (RENECKER und HUDSON 1990) bzw. 4.4kg TS d^{-1} (RENECKER et al. 1983) und im Sommer von sogar 5.8kg TS d^{-1} (RENECKER und HUDSON 1990), wobei der blättrige Anteil von Luzerneheu bevorzugt wird (KOCK 1995). Die Futteraufnahmen von Luzerneheu als Rationsbestandteil zusammen mit anderen Futtermitteln kann man Tab. 1 entnehmen. Aus europäischen Elchhaltungen wird berichtet, dass die Tiere Luzerneheu fressen, und in einer Haltung wird den Tieren im Sommer ein frischer Luzerneschnitt verfüttert (CLAUSS 2000). Allerdings sollen Elche auf Luzerneheu ihr Körpergewicht nicht halten können (SCHWARTZ und HUNDERTMARK 1993). Giraffen, die ebenfalls zu den Laubäsern zählen, können ihren Energiebedarf nicht mit einer Luzerneheu ad libitum Fütterung decken (FOOSE 1982; HATT et al. 2005), eine Beobachtung die nach verschiedenen Autoren auch für den Elch zutrifft (BØ und HJELJORD 1991; SCHWARTZ und HUNDERTMARK 1993).

SCHWARTZ (1980, 1992b) vermutet einen Zusammenhang zwischen Heufütterung und WSC, da Elche in Gefangenschaft, die mehrere Jahre mit Gras- und Luzerneheu oder Pellets auf Grasheubasis gefüttert wurden, chronische Verdauungsstörungen entwickelten (SCHWARTZ et al. 1985, SCHWARTZ 1992b). SHOCHAT et al. (1997) sieht in WSC neben Gras auch Heu als Ursache: Niemals sollte laut diesen Autoren Gras- oder Luzerneheu an Elche verfüttert werden (sondern Laub sowie speziell

entwickelte pelletierte Futtermittel). Da nach SCHWARTZ (1980) ausschließlich Produkte aus Gras- oder Luzerne als Faserträger für Wiederkäuer-Pellets verwendet werden, sollte für Elche ein eigenes Futter formuliert werden (s.o.).

Es gibt Hinweise darauf, dass Unterschiede in der physikalischen Struktur zwischen Gras- und Laubäsung für Nahrungspräferenzen von Elchen verantwortlich sind und ein Aspekt für das „verweigern“ dieser Faserquelle zu sein scheinen, da es bemerkenswert ist, dass trotz des offensichtlichen Defizits an Rohfaser Elche das angebotene Grasheu nicht als Faserquelle nutzen. Grasheu ergibt längliche, „faserartige“ Partikel, während Luzerneheu in eher kubische und Laub in polygonale Partikel umgesetzt werden (TROELSEN und CAMPBELL 1968). Im Gegensatz zu Laub tendiert Gras auf Grund seiner physikalischen Eigenschaften im Retikulum dazu, ein „Fasernetz“ zu bilden. Da aber Elche an die physikalischen Beschaffenheiten von Laub angepasst sind und nicht an die von Gras, führt die Aufnahme von Gras oder Heu zu einem übermäßig gefüllten Pansen mit einer langsameren Passagezeit und einer daraus resultierenden verminderten Futteraufnahme (SCHWARTZ 1980). Laubäser sollen sogar nach der Aufnahme von Grasheu unter Vormagenverstopfungen leiden (SPALINGER et al. 1993). Dies erklärt sich mit der Erkenntnis, dass der Panseninhalt von Elchen, wie der von anderen Laubäsern, natürlicherweise nicht geschichtet ist (RENECKER und HUDSON 1990; CLAUSS et al. 2009a), ganz im Gegensatz zu dem von Grasäsern, deren Schichtung auf Grund der physikalischen Eigenschaften von Gras zustande kommt (LECHNER-DOLL et al. 1991).

Nach BØ und HJELJORD (1991) nehmen Elche langfasriges Heu nur ungern auf, steigern jedoch die Aufnahme, sobald es in kürzere Häcksel zerkleinert wird. Heu mit einer durchschnittlichen Halmlänge von 50cm wird demnach schlechter aufgenommen, als Halme die in 3-5cm lange Teile gehäckselt sind - die Futteraufnahme steigt um 39-56%. Einen ähnlichen Effekt beobachtet DISSEN (1983) bei Rehen. Während dies für natürliche Nahrung sicherlich eine Rolle spielt, ist es eher unwahrscheinlich, dass diese Erkenntnisse bei Futterpellets von Bedeutung sind, da das Ausgangsmaterial bereits stark zerkleinert ist (CLAUSS et al. 2003b), womit die Vorstellung von SCHWARTZ (1980), dass Pellets auf Grasbasis zu einer Pansenverstopfung führen, angefochten wird (CLAUSS et al. 2003b).

3 Tiere, Material und Methoden

3.1 Tiere

Die Studie wurde an 6 Elchen und 2 Wisenten (*Bison bonasus*) des Wildnispark Zürich bei Langnau am Albis in der Schweiz durchgeführt. Ein Elch-Pilotversuch zur Etablierung der Versuchsabläufe wurde im Sommer 2006 an zwei männlichen Elchen durchgeführt, die aus Gründen der Zuchthygiene wegen Klauenfehlstellungen im Anschluss an den Pilotversuch euthanasiert wurden. Ein Fütterungsversuch wurde im Herbst an zwei Wisenten durchgeführt. Im Winter 2006/2007 fand ein Elch-Versuch mit einem männlichen und drei weiblichen Elchen statt.

Das Körpergewicht der Tiere konnte zum Teil durch Wiegen ermittelt werden. Dazu lief das Tier in eine Transportbox, und das Gewicht wurde mit Hilfe einer Kranwaage ermittelt. Anhand des festgestellten Gewichtes der gewogenen Tiere erfolgte die Körpergewichtsschätzung der übrigen Tiere. Geschätzt wurde sowohl von dem Tierpfleger, dem Tierarzt als auch durch die Untersucherin selbst. Aus den abgegebenen Schätzungen wurde der Mittelwert gebildet und als Körpergewicht angenommen.

Tabelle 5a und b geben einen Überblick über die Untersuchungstiere:

Tab. 5a: Tierdaten Elch-Pilotversuch und Wisente

Tierart	Tiername	Geschlecht	Alter [Jahre]	LM [kg, geschätzt]
Elch (Pilotversuch)	Frid	m	3	300
	Yukon	m	1	200
Wisent	Luisa	f	2	246*
	Linda	f	1	130

* Gewogene LM

Tab. 5b: Tierdaten Elch-Versuch

Tierart	Tiername	Geschlecht	Alter [Jahre]	LM [kg, geschätzt]
Elch (Versuch)	Fritz	m	1.5	290*
	Viola	f	5.5	311*
	Thea	f	8.5	300
	Xenia	f	2.5	260

* Gewogene LM

Wie sich im Frühjahr 2007 herausstellte, waren zum Zeitpunkt der Elch-Versuchsphase im Winter alle drei Elchkühe trächtig (ca. 1. - 2. Trächtigkeitsmonat). Um Einflüsse von Darmparasiten auszuschließen, wurden die Tiere vor Versuchsbeginn entwurmt (Zoo-Säuger Entwurmung (Würfel), 25g Panacur kg⁻¹ (Swissmedic 40011), Fa. Protectorsa, 1kg pro Tier über fünf Tage).

3.2 Zeitplan der Sammelphasen

In Tabelle 6a und b ist die Versuchsabfolge aufgeführt. Der überwiegende Teil der Studie wurde in die Wintermonate gelegt, da eine Sammelphase im Sommer auf Grund des reichhaltigen Angebots an frischer Äsung nicht sinnvoll erschien.

In allen Versuchsphasen wurden an jedes Tier 100g Titanoxidpellets als externer Marker verfüttert, der aber schlussendlich in der Auswertung nicht benötigt wurde. Bei den Versuchen im Winter erhielt jeder Elch zu der Versuchsration 500g Pferde-Grascobs (Cavallino Pferde- Alleinfutter 821 Spezial, Cavallino AG Aamühle, Wädenswil, Schweiz) sowie zwei abgewogenen Äpfel, die als Lockmittel für tägliche Routinen dienten.

Bis auf das Trogfutter, bestehend aus zwei verschiedenen Pferde-Grascobs Sorten und Wildfutter (s. Appendix Tab. A1) während der Mischfutter-Ration, waren alle Rationsbestandteile jeder Zeit für die Tiere in einer ad libitum Fütterung zugänglich. Das tägliche Trogfutter in der Mischfutter-Ration war auf 4.3kg pro Tier limitiert. Dies entsprach der regulären Trogfuttermenge, die im Wildnispark Zürich zu dieser Jahreszeit angeboten wurde. In den Gehegen stand den Tieren keine zusätzliche Vegetation zur Verfügung, die sie hätten aufnehmen können.

Die reine Luzerneheu-Ration wurde nur von zwei Tieren durchlaufen. Da die Tiere nach anfänglich besserer Akzeptanz später nur noch sehr geringe Mengen des Grasheus aufnahmen, wurde an dieser Stelle von einem Versuch mit den beiden anderen Elchen abgesehen.

Die Anfütterungsphase, in der sich die Tiere an das offerierte Futter adaptieren konnten, betrug mindestens sieben Tage (vgl. Abb. 1). Auch hier wurde das Futter jeder Zeit zugänglich at libitum angeboten.

Tag	1	2	3	4	5	6	7*	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Anfütterungsphase A							Sammelphase A							Anfütterungsphase B						

*Markergabe (abends)

Abb. 1: Schematische Abfolge von Anfütterungs- und Sammelphasen im Elch-Versuch

Tab.6a: Sammelphasen Elch-Pilotversuch und Wisente

Tierart	Futter	Zeitraum
Elch (Pilotversuch)	Frisches Gras	06/2006
	Frisches Laub	06/2006
Wisent	Grasheu	10/2006

Tab. 6b: Sammelphasen Elch-Versuch

Tierart	Futter	Zeitraum
Elch (Elch-Versuch)	Troglutter, Luzerneheu (Mischfutter)	12/2006
	Luzerneheu	12/2006
	Luzerne-, Grasheu	01/2007
	Luzerne-, Gras-, Laubheu	01/2007
	Laubheu	02/2007

3.3 Haltung und tägliches Management der Tiere

Zu Beginn der Studie im Winter wurden die Tiere in zwei Gruppen aus jeweils zwei Tieren zusammengestellt. Durch den baulichen Charakter des Geheges war es möglich, je zwei Tiere gemeinsam in einer Anfütterungsphase zu halten und die anderen zwei Tiere getrennt in jeweils einem Gehege aufzustallen. So gelang es, Anfütterungsphase und Sammelphase gleichzeitig in abwechselnder Rotation durchzuführen.

Während der gesamten Sammelphase eines Versuchsdurchganges blieb das jeweilige Tier einzeln aufgestallt. Dadurch war es möglich, die Futteraufnahme und die Kotmenge pro Tier exakt zu ermitteln. Jedes der beiden Tiere konnte dabei ein Gehege zwischen 450m² bzw. 600m² als Auslauffläche nutzen. Beide Gehege verfügten über eine eigene Tränke, einen Leckstein sowie über eine Raufe, die in zwei Fächer unterteilt war. So wurden die unterschiedlichen Futtermittel nicht durchmischt, was eine exakte Rückwaage ermöglichte. Auch das Troglutter wurde in separaten Trögen verfüttert, so dass für jedes Futtermittel eine individuelle Fütterung möglich war. Beide Futterplätze waren großräumig überdacht und der Boden mit einer ebenen Betonfläche befestigt.

Die Tiere in der Sammelphase wurden mehrmals täglich - zwecks Probengewinnung oder Futtereinwaagen - umgesperrt. Die Tiere wurden von Pferde-Grascobs angelockt (500g gesamt Tagesration, s. oben): eine 10m² große Innenbox sowie ein 30m² großes Nebengehege dienten zum Umsperren. Weder auf der Auslauffläche

noch in den Umsperrgehegen bestand die Möglichkeit einer unkontrollierten Futteraufnahme.

In der Anfütterungsphase wurden zwei Tiere zusammen in einem Gehege gelassen. In dieser Zeit war ihnen auch ein kleines Waldstück zugänglich. Dies war notwendig, um Klauenproblemen vorzubeugen, die sonst auf dem harten Gehegeboden hätten auftreten können. Begünstigt durch die Jahreszeit, war die Möglichkeit, hier unkontrolliert Nahrung aufzunehmen, eher gering.

Die beiden Versuche mit Elchen, die im Sommer durchgeführt wurden, wichen von der Haltung im Winter nur insofern ab, als dass die Tiere die Anfütterung bereits separat durchliefen und anschließend im gleichen Gehege in die Sammelphase übergangen.

Das Wisent-Gehege besaß zwei Innenboxen, um die Tiere sicher umzusperren. Ansonsten waren die Durchführung des Versuches und der Ablauf der Routinen identisch.

Die tägliche Routine begann im Sommer jeden Morgen um 6.00 Uhr und im Winter um 8.00 Uhr mit dem Umsperren der Tiere. Darauf folgte das Sammeln der Kotproben aus den Gehegen, das Auswiegen der Futtermischung, gefolgt von dem Einwiegen der neuen Futtermischung. Das Umsperren der Tiere wurde mehrmals täglich in kurzen Zeitintervallen wiederholt. Proben wurden im Sommer bis 20.00 Uhr und im Winter bis 16.30 Uhr gewonnen.

3.4 Versuchsfutter und Fütterung

Die Mischfuttermischung entsprach der gängigen Wildparkdiät an Trogfutter; zusätzlich wurde Luzerneheu ad libitum angeboten. Diese Trogfutterdiät setzte sich aus 1.0kg FS Wildfutter (UFA 743 Wildfutter, Fa. UFA AG, Herzogenbuchsee, Schweiz), 1.8kg FS Pferde-Grascobs (Iso-Horse 5287 „Complete“(8mm), Provimi Kliba, Kaiseraugst, Schweiz) sowie 1.5kg FS Pferde-Grascobs (Cavallino Pferde-Alleinfutter 821 Spezial, Cavallino AG Aamühle, Wädenswil, Schweiz) zu einer täglichen Ration von 4.3kg FS pro Tier zusammen, die auf zwei Mahlzeiten verteilt wurde.

Während der Luzerneheu Ration wurde als Raufutter ausschließlich Luzerneheu ad libitum angeboten.

Während der Luzerne-, und Grasheu-Ration wurde Luzerneheu und Grasheu vorgelegt.

Bei der Luzerne-, Gras- und Laubheu-Ration kamen neben den beschriebenen Futtermitteln auch Laubheu zum Einsatz. Dazu wurden vor jeder Fütterung für jedes Tier Laub der Zitterpappel, Rosskastanie und Himbeere (bezogen von der Firma Gahlke, Gittelde, Deutschland) zu gleichen Teilen eingewogen und vermischt. Während der Laubheu-Ration wurde Laubheu als alleiniges Futtermittel verfüttert.

Für die Pilotstudie mit frischem Gras wurde zweimal täglich frisches Gras von einer Sommerwiese im Wildpark geschnitten. Neben verschiedenen Gräsern enthielt es Kräuter, Kleearten und Blütenstände. Der Pilotversuch mit frischen Blättern bestand ausschließlich aus Blättern von Weiden (*Familie: Salicaceae*). Die Weiden wurden ebenfalls im Wildpark geschlagen und dann die Blätter von Hand abgeschnitten.

Die Ration Grasheu für die Wisente bestand aus der gleichen Grasheu-Charge, die auch an die Elche verfüttert wurde.

Nähere Zusammensetzungen der Futtermittel finden sich im Appendix unter Tab. A1.

3.5 Verhalten

Durch das tägliche Arbeiten mit den Tieren zeichnete sich mit der Zeit für jedes Tier ein individuelles Verhaltensprofil ab. Diese subjektiven Erfahrungen ermöglichten es, durch Beobachtung und Erfassung von Momentaufnahmen Verhaltensveränderungen zu erkennen und einzuordnen. Die erfassten Beobachtungen unterlagen jedoch keinen festen Protokollschemata, da die täglich anfallenden Arbeiten (Kotsammeln, Futterwiegen etc.) keine gesonderte Beobachtung erlaubte.

3.6 Body conditions score (BCS), Faeces score (FS)

Während der Arbeit mit den Elchen musste jederzeit gewährleistet sein, dass die Tiere durch die Erprobung der unterschiedlichen Futtermittelrationen nicht deutlich an Körpergewicht verlieren. Das Bewertungsschema für den Ernährungszustand von Elchen aus Appendix Tab. A 2 wurde dazu jeden Tag angewandt und protokolliert.

Der Kot bzw. die Losung der Tiere war je nach Futterration und Versuchphase sehr unterschiedlich. Um Missverständnissen von subjektiven Beschreibungen vorzubeugen, wurde das Kotkonsistenz-Bewertungs-Schema für Elche des Zoologischen Gartens von Minnesota angewandt. Dies ist nachzuschlagen unter Appendix Tab. A 3.

3.7 Witterung

Während der Sammelphasen wurde ein Protokoll über die maximalen und minimalen Temperaturen und der Wetterlage geführt, um den Einfluss der Witterung auf das Verhalten der Tiere Rechnung tragen zu können.

3.8 Untersuchung zur Futteraufnahme und Verdaulichkeit

3.8.1 Quantifizierung der Futteraufnahme

Die Futteraufnahme wurde bei allen Versuchen über sechs aufeinander folgende Tage gemessen. Jeden Morgen wurde das übrig gebliebene Futter in den Raufen bzw. das auf den Boden gefallene Futter quantitativ erfasst. Anschließend wurde, je nach Bedarf über den Tag verteilt, frisches Futter eingewogen. Die drei Laubsorten wurden immer zu gleichen Teilen eingewogen und gut vermischt. Von der Tagesration Pferde- Grascobs (Cavallino Pferde-Alleinfutter 821 Spezial, Cavallino AG Aamühle, Wädenswil, Schweiz) blieben bei keinem der Tiere Reste übrig. Der Titanoxidmarker wurde nur von zwei Tieren immer vollständig aufgenommen und wurde daher nicht weiter ausgewertet.

3.8.2 Kotsammlung

Bei allen Tieren wurde die Gesamtkotmenge mittels Komplettsammlung des Kotes bestimmt. Der Kot lag meist in Haufen und wurde von Hand eingesammelt. Verschmutzungen wie kleine Steinchen, Stroh aus der Innenbox oder Futter wurden abgerieben oder abgewaschen. Das Tier in der Innenbox zertrat regelmäßig Kot, wenn es warten musste, bis alle Arbeiten in seinem Gehege abgeschlossen waren. Die Verluste beim Einsammeln wurden als weniger als 1% der FS an Kot pro Tag geschätzt.

Die ersten Proben konnten im Sommer um 6.00 Uhr und im Winter um 8.00 Uhr gesammelt werden. Über den Tag wurde in 2-3 Stunden Intervallen Kot aufgelesen. Die letzte Sammlung erfolgte im Sommer um 20.00 Uhr und im Winter um 16.30 Uhr. Da es nicht möglich war, die Tiere nachts mit einer Videokamera zu beobachten, ist das Zeitintervall bei den Winterversuchen nachts am längsten.

3.8.3 Defäkationsverhalten

Im Rahmen des Defäkationsverhaltens war bei dieser Studie von Interesse, in wie vielen Portionen der Kot abgesetzt wurde. Während des Kotsammelns konnten die verschiedenen Kothaufen einer abgesetzten Portion zugeschrieben werden. Die einzelnen Portionen wurden gezählt und protokolliert.

3.8.4 Futter- und Kotprobenaufbereitung

Bei den Futterproben gab es Unterschiede in der Häufigkeit der Beprobung. Die unterschiedlichen Futtermittel, die für die Tiere zum Fressen eingewogen wurden (Einwaage), wurde jeweils an vier Stellen beprobt, und zwar dann, wenn ein neuer Ballen, neue Packung oder einer Schnitt begonnen wurde. Anders verhielt es sich dagegen bei den Futterresten (Auswaagen). Da sie, trotz Überdachung, der Witterung ausgesetzt waren, musste eine Gewichtsverfälschung durch die Feuchtigkeit ausgeschlossen werden. Zu diesem Zweck wurde jeden Tag, von jedem Tier und von allen Futtermitteln, Proben der Auswaage genommen. Die Probe wurde noch im Stall in eine Plastiktüte eingeschweißt, gewogen und beschriftet. Zu einem späteren Zeitpunkt konnte so die korrekte Trockensubstanz errechnet werden. Verderbliche Futterproben wurden sofort bei -20°C eingefroren.

Die gefrorenen Proben aus Ration 1 und 2 (frisches Gras und frisches Laub) mussten für die Analyse gefriergetrocknet und gemahlen werden (Siebgröße 1mm; Hammerschlagmühle Modell D 117 – 800 Watt, Fa. Brabender, Duisburg).

Die weiteren Futtermittel wurden vor der Analyse noch originalverpackt gewogen, gemahlen und anteilig zu einer Mischprobe vereinigt.

3.8.5 Nährstoffanalysen

3.8.5.1 Trockenmassegehalt

Der Trockenmassengehalt der Analyseproben wurde durch Bestimmung der Gewichtsdiﬀerenz vor und nach dem Trocknen bis zu Gewichtskonstanz in einem 103°C Trockenschrank ermittelt.

Für die Bestimmung des Trockenmassengehalts der getrockneten und gemahlene Proben wurden jeweils ca. 5g der auf 1mm gemahlene Proben eingewogen.

3.8.5.2 Rohaschegehalt

Der Rohaschegehalt wurde ermittelt, indem ca. 5g der auf 1mm gemahlene Proben zunächst für 20 Minuten vorverascht wurden. Anschließend wurden sie über mindestens 12 Stunden bei $550^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ in einem Muffelofen verascht. Subtrahiert man vom Trockengewicht das Gewicht der Rohasche, so erhält man die organische Substanz.

3.8.5.3 Proteingehalt

Der Rohproteingehalt wurde mittels der Dumas-Verbrennungsmethode an dem Gerät FP-328 der Firma Leco (St. Joseph, Michigan USA) ermittelt. Eine abgewogene Probe von 0.2-0.3g wurde dazu in einem Trägergasstrom unter Sauerstoffzugabe bei ca. 1000°C verbrannt. Gemessen wurde der durch Reduktion entstehende molekulare Stickstoff, der durch selektive Absorption von einem Wärmefähigkeitsdetektor erfasst wurde. Der Rohproteingehalt wurde von dem Gerät durch Multiplikation mit einem Umrechnungsfaktor von 6.25 ermittelt.

3.8.5.4 NDF-ADF-ADL -Bestimmung (sequentiell)

Nach der hier angewandten Analyse nach VAN SOEST et al. (1991) wurde der Anteil an verschiedenen Zellwandbestandteilen bestimmt. Diese können NDF (Neutral Detergent Fiber = Hemizellulose, Zellulose und Lignin), ADF (Acid Detergent Fiber = Zellulose und Lignin) und ADL (Acid Detergent Lignin) sein, die hier aus derselben Probeneinwaage bestimmt wurden (sequentielle Analyse).

Der Gehalt an NDF wurde durch Gewichts Differenz der Probe vor und nach dem Kochen in NDF Lösung (pH - neutrale Detergenzien Lösung) bestimmt. Auf die gleiche Weise wurde der ADF Gehalt durch ADF Lösung (saure Detergenzien Lösung) analysiert. Der Gehalt an ADL wurde durch die Bestimmung der Gewichts Differenz der Probe vor und nach 3-stündigem Versetzen mit 72%iger Schwefelsäure erhoben. Anschließend wurde die Probe verascht, um so den Gehalt an verbleibender Asche identifizieren und vom ADL-Gehalt abziehen zu können.

3.8.5.5 Bruttoenergie

Die Bestimmung der BE erfolgte im IKA-Claorimeter C 7000 mit Kühlung (IKA-Werke + Co.KG, Staufen, Deutschland). Dazu wurde von jeder Probe eine Doppelbestimmung durchgeführt und daraus der Mittelwert berechnet.

Da von den verfütterten Äpfeln keine Proben untersucht wurden, wurden die Werte der Bruttoenergie der Äpfel aus POLSTER (2004) angenommen. Die Bruttoenergie der Titanoxidpellets wurde anhand des Gehaltes der Rohnährstoffe errechnet.

Die Bruttoenergie wurde nur in den Proben des Elchversuches bestimmt.

3.8.6 Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit

Die scheinbare Verdaulichkeit wird durch den Anteil eines mit dem Futter aufgenommenen Nährstoffes definiert, der nicht wieder mit dem Kot ausgeschieden wird.

$$sV = [(I - F) / I] * 100$$

I = mit dem Futter aufgenommene Menge eines Nährstoffes [g d⁻¹]

F = mit dem Kot ausgeschiedene Menge eines Nährstoffes [g d⁻¹]

sV = scheinbare Verdaulichkeit [%]

Mittels der sV der Bruttoenergie (GE) wird die Verdauliche Energie (DE) aus der GE berechnet.

3.9 Bestimmung der Ingestapassage im Verdauungstrakt

3.9.1 Markergabe

Der Flüssigkeitsmarker Cobalt(Co)-EDTA und der Partikelmarker Chrom(Cr)-gebeizte Faser (Chromium mordanted fibres; <2mm) wurden nach UDÈN et al. (1980) hergestellt.

Die Markergabe erfolgte jeweils nachmittags zu Beginn einer Sammelphase in einer Einmaldosis. Es wurde stets darauf geachtet, dass die Tiere in einem Zeitraum von maximal einer Stunde den Marker als Ganzes aufnahmen.

Alle Tiere erhielten 40g Cr-Faser. Die Dosis für das Co-EDTA musste angepasst werden, da die Elche in den ersten 2 Tagen nach Markergabe mit einem Faeces score von #4-5 reagierten. Nach den Erfahrungen aus der Elch-Pilotversuch wurde versucht, eine Dosierung zu finden, die keine negative Wirkung auf die Kotkonsistenz hat, sowie eine Unterdosierung ausschließt. Die Elche Frid und Yukon aus dem Elch-Pilotversuch, sowie die beiden Wisente, erhielten eine Dosis von 3.0g Co-EDTA.

Im Elch-Versuch erhielten alle Elchkühe stets 2.0g Co-EDTA und der Elch Fritz in der Reihenfolge der aufgelisteten Sammelphasen eine Dosis von 3.0 g, 2.5g, 2.25g, 2.0g und 2.0g Co-EDTA.

Das Co-EDTA wurde eine Stunde vor Markergabe mit 8ml kochendem Wasser gelöst. Im Trog wurde das besonders gern gefressene Wildfutter mit der Cr-Faser vermischt und dann das flüssige Co-EDTA eingearbeitet.

3.9.2 Sammeln und Aufbereiten der Kotproben

Alle Kothaufen eines Tieres aus einem Zeitintervall wurden vereinigt und gut vermischt. Abhängig vom Gesamtgewicht wurden ein bis fünf Kotproben in Aluschälchen als repräsentative Probe (ca. 10% des Frischgewichtes des Gesamtkotes) eingewogen.

Diese für die Passagezeitbestimmung abgefüllten Proben wurden zunächst innerhalb einer Stunde bei -20 °C eingefroren, später zunächst bei 60 °C und dann bei 100 °C im Trockenschrank getrocknet und danach gemahlen (Siebgröße 1mm; Zentrifugalmühle Modell ZM1, Fa. Retsch, Haan).

Zusätzlich zu den Passagezeitproben wurde eine repräsentative Tageskotprobe erstellt. Dazu wurden ca. 10% jeder Kotsammlung des Tages zu einer Mischprobe vereinigt und tiefgefroren.

3.9.3 Analyse der Kotproben auf Cr und Co

Die Chrom- und Kobalt-Gehalte im Kot wurden nach BEHREND (1999) bestimmt. Dazu wurde ca. 0.4-0.5g der Kotprobe als Doppelbestimmung in Reagenzgläser eingewogen. Anschließend wurden sie mit 5ml 72%iger Schwefelsäure nassverascht, indem sie über Nacht auf einem Schüttler inkubiert wurden. Der Aufschluss wurde in 50ml Messkolben filtriert und mit Aqua dest. aufgefüllt. Mit Hilfe eines Flammen- Atomabsorbtionsspektrophotometer (ASS) wurden die Lösungen auf ihre Co- und Cr-Konzentration untersucht.

Das Flammen-ASS ist eine instrumentelle Analysenmethode zum quantitativen Nachweis von Metallen und Halbmetallen. Die zu analysierende Flüssigkeit wurde durch einen Schlauch abgesaugt und in einer Mischkammer über eine Prallkugel gespritzt. Dabei wurde die Flüssigkeit zerstäubt. Die Flamme dissoziiert dieses Aerosol in Atome, die das Licht bei einer bestimmten Wellenlänge der

Primärlichtquelle absorbierte (WELZ und SPERLING, 1997). Diese Absorption wurde gemessen und entsprechend der Eichgeraden als Konzentration angezeigt. Die Standards für Cr und Co betragen jeweils 0.5 / 1.0 / 1.5 / 2.0 mg kg⁻¹.

3.9.4 Berechnung zur Retentionszeit

3.9.4.1 Berechnung der Retentionszeit von Flüssigkeit und Partikeln im Gastro-Intestinal-Trakt und im Retikulorum

Die Berechnung der Mittleren Retentionszeit (MRT) im gesamten Magen-Darm-Kanal [GIT] erfolgte nach dem Modell von THIELEMANS et al. (1978):

$$\text{MRT GIT} = \frac{\sum(dt \cdot t_i \cdot c_i)}{\sum(c_i \cdot dt)}$$

MRT = Mittlere Retentionszeit

dt = Länge des Zeitintervalls, das die Markerkonzentration c_i repräsentiert, [h]

t_i = Zeit nach Markergabe (mittel des Zeitintervalls, das die Markerkonzentration c_i repräsentiert.), [h]

c_i = Markerkonzentration im Kot zum Zeitpunkt i , [mg kg⁻¹ T]

Die Abnahme des Flüssigkeitsmarkers im Kot zeigte einen exponentiellen Verlauf in Abhängigkeit von der Zeit t_i der Probennahme nach der Gleichung $C_i = a \cdot e^{-kt}$. Die Darstellung dieser Funktion mit den logarithmierten Co-Konzentrationen ergibt eine lineare Funktion $\ln C_i = -k \cdot t_i + b$. Der reziproke Wert des Anstiegs k ist nach GROVUM und WILLIAMS (1973) die MRT der Flüssigkeit im Retikulorum [RR] [h]. Die MRT der Partikel im RR können mit der nachfolgenden Formeln berechnet werden, da LECHNER-DOLL et al. (1990) davon ausgehen, dass sich Partikel und Flüssigkeit distal des Vormagens gleich schnell bewegen:

$$\text{MRT}_{\text{PartikelRR}} = \text{MRT}_{\text{PartikelGIT}} - (\text{MRT}_{\text{FlüssigkeitGIT}} - \text{MRT}_{\text{FlüssigkeitRR}})$$

3.9.4.2 Selektivitäts-Faktor

Aufgrund des typischen Wiederkäuervormagens ist die Verweildauer von Partikeln im gesamten Gastro-Intestinal-Trakt länger als die der Flüssigkeit. Nach LECHNER-DOLL et al. (1990) beschreibt der Koeffizient das Verhältnis der MRT der Partikel im Retikulorum und der MRT der Flüssigkeit im Retikulorum.

$$\text{Selektivitäts-Faktor} = \frac{\text{MRT}_{\text{Partikel}}}{\text{MRT}_{\text{Flüssig}}}$$

Der Faktor beschreibt den Unterschied zwischen den beiden Phasen. Bei einem hohen Wert wird die Partikelphase im Vergleich zur flüssigen Phase deutlich länger zurückgehalten bzw. die flüssige Phase im Vergleich zur Partikelphase deutlich rascher ausgeschieden.

3.10 Ermitteln der Kotpartikelgröße

Zunächst wurden aus den eingefrorenen Tageskotproben repräsentative Mischproben erstellt.

Die eingewognen Proben wurden anschließend in Aqua dest. eingeweicht und Kotkötter aufgelöst. Die Bestimmung der Kotpartikelgröße wurde mit einem Siebturm (Vibrotronic Typ VE 1, Fa. Retsch) durchgeführt. Bei einem Wasserzufluss (ca. 2l min⁻¹) wurde mit Analysesieben der Maschenbreite 16, 8, 4, 1, 0.5, 0.25, 0.125 und 0.063mm 10 Minuten in drei Probewiederholungen gesiebt. Die einzelnen Siebungen wurden mit einem feinen Wasserstrahl auf ein zuvor bei 60°C gewogenes und nummeriertes Filterblatt gespült. Das Filterblatt wurde über Nacht bei 60°C getrocknet und anschließend zurück gewogen. Dabei wurde der erste Wert notiert bei dem die Waage einen konstanten Wert anzeigte, da das hydrophile Filterpapier Feuchtigkeit aus der Luft auf- und dadurch sehr schnell an Gewicht zunahm.

Aufgrund der Siebergebnisse wurde mittels Kurvenanpassung die mittlere Partikelgröße errechnet gemäss HUMMEL et al. (2008).

3.11 Statistische Methoden

Ergebnisse werden als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben. Unterschiede in ausgewählten Messungen zwischen den Fütterungsphasen, an denen alle vier Elche teilnahmen, wurden mittels einem General Linear Model für wiederholte Messungen analysiert; ggf. wurden die Fütterungsphasen mittels paarigem t-test (mit Sidak-Adjustierung) untereinander verglichen und signifikante Unterschiede in den Tabellen anhand unterschiedlicher Buchstaben angezeigt. Die Analysen wurden mit PASWStatistics 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf 0.05 gesetzt.

4 Ergebnisse

4.1 Witterung

Während des Elchversuchs im Juli 2006 herrschten Tagestemperaturen zwischen 28-30°C (Tagesmittel 22.5°C). Während des Wisentversuches im Oktober 2006 herrschte eine warme Föhnphase mit Temperaturschwankungen zwischen +10°C und +20°C.

Waren es in der ersten Dezemberhälfte 2006 noch Temperaturen um +5°C mit vielen Niederschlägen, wurde es in der zweiten Dezemberhälfte mit Temperaturen von +3 bis -4°C bedeutend kälter und trockener. Die ersten drei Wochen im Januar 2007 waren tagsüber mit Temperaturen zwischen +4°C und +6°C unerwartet warm. Dazu war es recht stürmisch und neblig. In der letzten Januarwoche hielt dann mit Temperaturen von durchschnittlich -5°C der Winter Einzug. Der einzige Schneefall während des Versuchs fiel nicht während einer Sammelphase. Im Februar gab es zwar fast jede Nacht Bodenfrost, doch die Tagestemperaturen lagen um die +2°C bis +4°C.

4.2 Verhalten

Die Dokumentation des Verhaltens der Tiere unterlagen keinen festen Protokollschemata und somit handelt sich nicht um quantitative Beobachtungen. Alle vier Elche zeigten während der Versuche in den Wintermonaten bis dahin noch nicht beobachtetes Lecken und Knabbern an Holzwänden, Trögen und Zäunen. Dieses Verhalten konnte vermehrt bei dem Elchbullen Fritz und der Elchkuh Xenia während der Ration mit Mischfutter und Luzerneheu beobachtet werden. Danach trat es bei allen Elchen immer wieder sporadisch auf, aber nicht in einer solchen Regelmässigkeit.

Verbrachten die Tiere während der Ration mit Mischfutter und Luzerneheu noch sehr kurze Zeit mit der täglichen Futteraufnahme, so änderte sich dies grundlegend bei den anderen Rationen. In dem Maß, in dem die tägliche Gesamtfutteraufnahme und der Anteil an aufgenommenem Raufuttermittel stiegen, erhöhten sich auch die Zeitspannen, die sie mit der Futteraufnahme verbrachten. In diesen Anfütterungs-

und Sammelphasen schienen die Tiere ruhiger und hatten längere Ruhephasen, in denen sie wiederkäuten oder dösten.

In den Versuchen mit Luzerne-, Gras- Laubheu und der Ration mit Laubheu war es nur noch schwer möglich, die Tiere mit den Pferde-Grascobs anzulocken und dann zügig umzusperren. Die Pferde-Grascobs hatten anscheinend ihren Reiz verloren.

4.3 Futteraufnahme

Aus Tabelle 7a und 7b sind die durchschnittlichen täglichen Futteraufnahmemengen pro Tier als Mittelwert mit Standardabweichung ersichtlich. Die Futteraufnahmen in g TS bezogen auf das metabolische Körpergewicht finden sich in Tab. 8a und b.

Die durchschnittliche tägliche Futteraufnahme bewegte sich zwischen 3.7kg TS d⁻¹ in der Luzerneheu Ration und 6.53kg TS d⁻¹ in der Luzerne-, Gras-, Laubheu Ration. Die Werte für die durchschnittliche Futteraufnahme der einzelnen Tiere sind aus Tab. A4a und b im Appendix ersichtlich. Dort reichten die Werte von 2.83kg TS d⁻¹ für Viola in der Luzerneheu Ration bis 6.85kg TS d⁻¹ für Xenia in der Luzerne-, Gras-Laubheu Ration. Wildfutter und pelletiertes Trogfutter wurden in allen Versuchen jeweils vollständig gefressen, während die verschiedenen Raufuttersorten im ad libitum Angebot in unterschiedlichen Mengen aufgenommen wurden. Die Futteraufnahme bei der Ration mit frischem Gras lag in einer vergleichbaren Dimension wie in der Ration aus frischem Laub.

Die Ergebnisse aus der Mischfutter- und Luzerneheu-Ration verdeutlichen, dass sich nach dem Wegfall der im Wildpark üblichen Trogfuttermischung die Futteraufnahme an Luzerneheu zwar mehr als verdoppelte, jedoch die durchschnittliche Gesamtfutteraufnahme um über 1.7kg TS d⁻¹ sank. Dass die Futteraufnahmen von Luzerneheu noch deutlich gesteigert werden konnten, demonstrierte die Elchkuh Viola, die in der Luzerneheu-Ration noch eine Futteraufnahme von 38.1g TS kg⁻¹ LM^{0.75} zeigte und in der Luzerne-, Grasheu Ration 89.9g TS kg⁻¹ LM^{0.75} aufnahm.

In der Ration aus Luzerne-, Gras-, Laubheu war die durchschnittliche Futteraufnahme von allen durchgeführten Versuchen am höchsten. Allerdings war die individuelle Futteraufnahme jedes Tieres von Luzerne- und Laubheu sehr unterschiedlich verteilt. Die Futteraufnahme von Grasheu war in allen Versuchen geringfügig bis unerheblich.

Tab. 7a: Futteraufnahme [kg TS d⁻¹] im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Versuchsfutter	Frisches Gras (Elch)	Frisches Laub (Elch)	Grasheu (Wisent)
Gesamt [kg TS d ⁻¹]	6.07	5.24	4.8 ±1.71
Frisches Gras [kg TS d ⁻¹]	5.98	-	-
Frisches Laub [kg TS d ⁻¹]	-	5.15	-
Grasheu [kg TS d ⁻¹]	-	-	4.72 ± 1.71
Titanoxidpellets [kg TS d ⁻¹]	0.09	0.09	0.09

Tab. 7b: Futteraufnahme [kg TS d⁻¹] im Elch-Versuch

Versuchsfutter	Mischfutter	Luzerneheu	Luzerne-, Grasheu	Luzerne-, Gras-, Laubheu	Laubheu
Gesamt [kg TS d ⁻¹]	5.43 ±0.42	3.70 ±0.68	6.13 ±0.76	6.53 ±0.29	5.00 ±0.83
Luzerneheu [kg TS d ⁻¹]	1.48 ± 0.42	3.34 ± 0.68	4.03 ± 1.03	2.49 ± 1.37	-
Laubheu [kg TS d ⁻¹]	-	-	-	3.51 ± 1.30	4.56 ± 0.70
Grasheu [kg TS d ⁻¹]	-	-	0.22 ± 0.06	0.02 ± 0.02	-
Wildfutter [kg TS d ⁻¹]	0.89 ± 0.00	-	-	-	-
Pferde- Grascobs (Iso-Horse) [kg TS d ⁻¹]	1.60 ± 0.00	-	-	-	-
Pferde- Grascobs (Cavallino) [kg TS d ⁻¹]	1.36 ± 0.00	0.45 ± 0.00	0.45 ± 0.00	0.45 ± 0.00	0.45 ± 0.00
Titanoxidpellets [kg TS d ⁻¹]	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.00

Die durchschnittliche absolute TS-Aufnahme des Wisents Luisa war bei der Grasheu Ration etwa doppelt so hoch, wie die des Wisents Linda. Im Bezug auf das metabolische Körpergewicht allerdings war sie in etwa die gleich.

Tab 8a: Futteraufnahmen im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten bezogen auf das metabolische Körpergewicht

Ration	Futteraufnahme [g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Frisches Gras (Elch)	93
Frisches Laub (Elch)	112
Grasheu (Wisent)	95 ± 2

Tab. 8b: Futteraufnahmen im Elch-Versuch bezogen auf das metabolische Körpergewicht

Ration	Futteraufnahme [g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Mischfutter	78 ± 8ab
Luzerneheu	53 ± 12a
Luzerne-, Grasheu	85 ± 7
Luzerne-, Gras-, Laubheu	93 ± 9b
Laubheu	71 ± 9ab

unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsdurchgängen (Durchgang Luzerne-, Grasheu nicht in Analyse einbezogen)

4.3.1 Anteile der eingesetzten Futtermittel

Die verschiedenen Anteile der Futtermittel an der täglichen Ration sind in Tabelle 9a und b aufgeführt. Daraus geht hervor, dass die Rationen frisches Gras, frisches Laub sowie Grasheu (Wisente) zu 98% aus Raufutter bestanden. Bei den Rationen Luzerneheu bis Laubheu lag der Raufutteranteil nicht unter 85%. Die Mischfutterration hatte mit etwa 30% den geringsten Raufutteranteil.

Sowohl in der Luzerne-, Grasheu-Ration als auch bei der Luzerne-, Gras-, Laubheu Ration standen den Tieren unterschiedliche Raufutterquellen ad libitum zur Auswahl. Bei der Luzerne-, Grasheu-Ration wurde das Luzerneheu mit 85.7% dem Grasheu mit nur 4.6% klar vorgezogen. Die besonders hohe Standardabweichung von Luzerne- und Laubheu in der Luzerne-, Gras-, Laubheu-Ration ist auf individuelle Futterpräferenzen der einzelnen Tiere zurückzuführen. Genauere Angaben der Futtermittel in % an der Tagesration für jedes Tier finden sich in Tab. A 5a und A 5b im Appendix.

Tab. 9a: Anteile der Futtermittel an der Tagesration in TS [%] im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Versuchsfutter	Frisches Gras (Elch)	Frisches Laub (Elch)	Grasheu (Wisent)
Frisches Gras (Elch)	98.5	-	-
Frisches Laub (Elch)	-	98.3	-
Grasheu(Wisent)	-	-	98.0 ± 0.7
Titanoxidpellets	1.5	1.7	2.0 ± 0.7

Tab. 9b: Anteile der Futtermittel an der Tagesration in TS [%] im Elch-Versuch

Versuchsfutter	Mischfutter	Luzerneheu	Luzerne-, Grasheu	Luzerne-, Gras-, Laubheu	Laubheu
Luzerneheu	26.9 ± 5.2	85.7 ± 3.0	83.7 ± 2.5	37.8 ± 19.8	-
Laubheu	-	-	-	53.7 ± 19.7	89.2 ± 1.2
Grasheu	-	-	4.6 ± 0.2	0.2 ± 0.3	-
Wildfutter	16.5 ± 1.2	-	-	-	-
Pferde-Grascobs (Iso-Horse)	29.7 ± 2.1	-	-	-	-
Pferde-Grascobs (Cavallino)	25.1 ± 1.8	12.0 ± 2.5	9.7 ± 2.2	6.9 ± 0.3	9.0 ± 1.2
Titanoxidpellets	1.7 ± 0.1	2.4 ± 0.5	1.9 ± 0.4	1.4 ± 0.1	1.8 ± 0.2

4.3.2 Futterakzeptanz

Frisches Gras wurde nicht nur als Futtermittel akzeptiert, sondern auch in großen Mengen aufgenommen ohne, dass dies zu offensichtlichen gesundheitlichen Störungen führte.

Laub wurde frisch sowie als Laubheu sehr gut akzeptiert. Auch Luzerneheu, als ein mögliches Raufuttermittel für Elche wurde nach einer entsprechenden Anfütterungszeit sehr gut akzeptiert. Die Elchkuh Xenia zog in der Luzerne-, Gras-, Laubheu Ration das Luzerneheu mit 62.1% TS Anteil an der Tagesration im direkten Vergleich sogar dem Laubheu vor. Im Gegensatz dazu steht die Elchkuh Viola, deren Laub- zu Luzerneheu Anteil an der Tagesration 78.1% TS zu 13.7% TS betrug, und die somit das Laubheu klar favorisierte. Grasheu hingegen wurde von den Elchen als Raufuttermittel nicht akzeptiert.

4.3.3 Nährstoffzusammensetzungen

Die Ergebnisse der eigenen Nährstoffanalyse der Futtermittel sind in Tab. 10a und b ersichtlich. Eine detaillierte Rationszusammensetzung in Nährstoffen für jedes Tier findet sich in Appendix Tab. A 6a und Tab A 6b und die Nährstoffzusammensetzung des Kots im Appendix Tab. A 7a und A 7b.

Für die Werte von NDF, ADF, ADL, HC und C sind die Schwankungen je nach Futterration sehr groß. Sie liegen für NDF zwischen 43.1 und 56.9% TS, ADF 27.3 und 43.1% TS, ADL 5.3 und 14% TS, HC 13.3 und 27% TS sowie C 17.3 und 30% TS. Für XA, OS und XP sind die Schwankungen deutlich kleiner. Trotz der sehr unterschiedlichen Rationszusammensetzungen schwankt die Bruttoenergie der eingesetzten Rationen nur zwischen 18.3 und 20.5MJ d⁻¹. Die verdauliche Energie erreicht Werte zwischen 10.7 und 13.3MJ kg⁻¹ TS.

Tab. 10a: Nährstoffzusammensetzung der Versuchsrationen im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	Gesamt [kg]	Gehalt im Futter [% TS bzw. MJ kg ⁻¹ TS]							
		XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C
Frisches Gras (Elch)	6.7	8.5	91.5	15.8	50.9	28.4	5.7	22.5	22.7
Frisches Laub (Elch)	6.0	7.8	92.2	13.8	48.9	31.3	14.0	17.6	17.3
Grasheu (Wisent)	4.8 ± 1.7	6.0 ± 0.0	94.0 ± 0.0	8.8 ± 0.0	52.0 ± 0.4	30.1 ± 0.1	6.0 ± 0.2	21.8 ± 0.2	24.1 ± 0.3

Tab. 10b: Nährstoffzusammensetzung der Versuchsrationen im Elch-Versuch

Ration	Gesamt [kg]	Gehalt im Futter [% TS bzw. MJ kg ⁻¹ TS]									
		XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE	DE
Mischfutter	5.4 ± 0.4	6.5 ± 0.2	93.5 ± 0.2	13.0 ± 0.2	43.1 ± 3.7	23.8 ± 2.2	5.3 ± 1.0	19.3 ± 1.7	18.5 ± 1.3	18.3 ± 0.0	11.9 ± 0.6
Luzerneheu	3.7 ± 0.7	6.6 ± 0.6	93.4 ± 0.6	14.7 ± 3.2	56.0 ± 4.7	39.3 ± 3.2	8.4 ± 0.5	13.3 ± 1.5	24.8 ± 2.7	19.0 ± 1.2	11.9 ± 1.2
Luzerne-, Grasheu	6.1 ± 0.8	6.7 ± 0.3	93.3 ± 0.3	13.6 ± 0.7	58.5 ± 0.1	40.1 ± 2.2	9.4 ± 0.9	18.4 ± 2.1	30.7 ± 1.3	18.4 ± 0.1	13.3 ± 1.2
Luzerne-, Gras-, Laubheu	6.5 ± 0.3	6.1 ± 0.1	93.9 ± 0.1	15.1 ± 0.9	56.9 ± 2.7	33.3 ± 4.3	9.2 ± 0.6	23.6 ± 1.7	24.1 ± 3.7	19.7 ± 0.9	10.7 ± 0.9
Laubheu	5.0 ± 0.8	5.6 ± 0.7	94.4 ± 0.7	14.5 ± 1.4	55.0 ± 1.7	27.3 ± 0.7	9.1 ± 0.2	27.7 ± 1.2	18.1 ± 0.7	20.5 ± 1.2	11.8 ± 0.9

4.4 Verdaulichkeit

4.4.1 Kotmenge pro Tag

Wie aus den Daten aus Tabelle 11a und b zu entnehmen ist, lagen die Kotmengen in TS in den Rationen frisches Gras sowie frisches Laub über dem Durchschnitt der anderen Versuche. Die niedrigsten Kotabgaben wurden in der Ration Luzerneheu erreicht und die höchsten in der Ration Luzerne-, Grasheu. Zwischen diesen beiden Rationen liegt ein Unterschied von fast 52%.

Einzeldaten für die Kotmengen pro Tier finden sich im Appendix unter Tab. A 8a und A8b.

Tab.11a: Kotmenge Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	Kotmenge FS	Kotmenge TS	Kotmenge TS
	[kg]	[kg]	[g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Frisches Gras (Elch)	12.28	2.25	31
Frisches Laub (Elch)	10.80	2.24	42
Grasheu (Wisent)	16.35 ± 2.92	1.68 ± 0.48	34 ± 2

Tab. 11b: Kotmenge im Elch-Versuch

Ration	Kotmenge FS	Kotmenge TS	Kotmenge TS
	[kg]	[kg]	[g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Mischfutter	8.39 ± 1.82	1.82 ± 0.11	26 ± 2
Luzerneheu	5.63 ± 1.75	1.38 ± 0.15	20 ± 3
Luzerne-, Grasheu	7.17 ± 2.57	1.65 ± 0.14	23 ± 3
Luzerne-, Gras-, Laubheu	10.48 ± 1.67	2.69 ± 0.14	38 ± 3
Laubheu	6.52 ± 1.49	2.06 ± 0.25	29 ± 3

4.4.2 Nährstoff-Verdaulichkeiten

Die scheinbare Verdaulichkeit (sV) der organischen Substanz (OS) lag bei den meisten Rationen zwischen 61% und 70% (Tab. 12ab). Lediglich die Rationen mit Laubheu Anteil hatte eine durchschnittliche sV OS von 57%. Die Proteinverdaulichkeit der Rationen mit Laubanteil war teilweise signifikant niedriger als die ohne Laubanteil. Die Zellwandverdaulichkeit der Mischfuttermischung, mit großem Trogfutteranteil, war im Vergleich zu allen anderen Rationen immer am niedrigsten; bezüglich der Hemizellulose waren die Unterschiede signifikant zwischen der Laubrationsration und zwei anderen Rationen. Im Gegensatz dazu steht die Ration Luzerne-Grasheu, deren Daten zwar nur von 2 Tieren repräsentiert werden, jedoch im Vergleich immer deutlich über dem Durchschnitt für die Verdaulichkeit der Faserbestandteile liegen. Es ist bemerkenswert, dass die scheinbare Verdaulichkeit des Luzerneheus zwischen der Luzerneheu Ration und der Luzerne-, Grasheu Ration deutlich anstieg (und damit auch die Aufnahme an Verdaulicher Energie), obwohl bei beiden Rationen von den Tieren nahezu ausschliesslich Luzerneheu gefressen wurde. Eine komplette Auflistung der scheinbaren Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und der Gerüstsubstanzen für jedes Tier finden sich im Appendix Tab. A 9a, A 9b.

Tab. 12a: Scheinbare Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und der Gerüstsubstanzen in % und der Bruttoenergie im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	TS	XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Frisches Gras (Elch)	68	43	70	65	61	57	23	67	65	-
Frisches Laub (Elch)	65	50	66	64	41	26	0	69	60	-
Grasheu (Wisent)	65 ± 3	23 ± 7	67 ± 2	4 ± 1	52 ± 5	52 ± 5	37 ± 2	51 ± 4	56 ± 6	-

Tab. 12b: Scheinbare Verdaulichkeiten [%] der Rohnährstoffe, Gerüstsubstanzen und der Bruttoenergie im Elch-Versuch

Ration	TS	XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Mischfutter	64 ± 3a	47 ± 7	66 ± 3a	65 ± 2a	35 ± 10a	25 ± 14a	-7.1 ± 30	48 ± 6a	34 ± 11a	65 ± 3a
Luzerneheu	60 ± 7a	41 ± 13	61 ± 7a	67 ± 7a	46 ± 12a	44 ± 13a	15 ± 18	49 ± 11ab	52 ± 12a	63 ± 5a
Luzerne, Grasheu	71 ± 6	62 ± 10	72 ± 6	76 ± 5	63 ± 7	61 ± 5	41 ± 1	66 ± 12	67 ± 6	72 ± 6
Luz.-, Gras-, Laubheu	56 ± 2a	46 ± 6	56 ± 2a	53 ± 7ab	46 ± 3a	34 ± 7a	0 ± 9	63 ± 3a	48 ± 6a	55 ± 3a
Laubheu	56 ± 5a	36 ± 7	57 ± 5a	41 ± 6b	55 ± 6a	39 ± 7a	10 ± 10	72 ± 4b	53 ± 6a	58 ± 3a

unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsdurchgängen (Durchgang Luzerne-, Grasheu nicht in Analyse einbezogen)

4.4.3 Aufnahme an verdaulicher TS, OS und Energie

Die verdauliche TS in $\text{g kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ lag in der Ration mit frischem Laub mit 73 mit Abstand am höchsten. Im Vergleich dazu hat die Ration mit Laubheu nur 40 verdauliche TS in $\text{g kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ (Tab. 13ab). Die Aufnahme an verdaulicher Energie lag im Bereich von $0.64\text{-}1.13 \text{ MJ kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ und unterschied sich nicht signifikant zwischen den Rationen. Eine vollständige Auflistung der verdaulichen TS und OS aller Tiere findet sich im Appendix A 10a und A 10b.

Tab. 13a: Aufnahme verdaulicher TS und OS [g TS kg^{-0.75} d⁻¹] im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Verdaulichkeit	Frisches Gras (Elch)	Frisches Laub (Elch)	Grasheu (Wisent)
vTS [g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]	63 ± 0	73 ± 0	62 ± 4
vOS [g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]	59 ± 0	69 ± 0	60 ± 4

Tab. 13b: Aufnahme verdaulicher TS und OS [g TS kg^{-0.75} d⁻¹] und verdaulicher Energie [MJ DE kg^{-0.75} d⁻¹] im Elch-Versuch

Aufnahme an	Mischfutter	Luzerneheu	Luzerne-, Grasheu	Luzerne-, Gras-, Laubheu	Laubheu
vTS [g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]	50 ± 7	32 ± 10	61 ± 10	52 ± 6	40 ± 7
vOS [g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]	48 ± 6	31 ± 9	57 ± 10	49 ± 5	38 ± 7
DE [g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]	0.93 ± 0.12a	0.64 ± 0.15a	1.13 ± 0.20	1.00 ± 0.11a	0.83 ± 0.09a

4.4.4 Kotkonsistenz

Die Kotkonsistenz war im Laufe der Versuche sehr unterschiedlich.

Im Elch-Versuch mit der Ration Mischfutter zeigten alle Tiere während der ersten 24 - 48h nach Markergabe einen Faeces score von #4-5. Der Elchbulle Fritz zeigte bei den Rationen Mischfutter, Luzerneheu und Luzerne-, Grasheu trotz der stetigen Reduktion des Co-EDTA Markers in den ersten 48 h einen Faeces score von #4-5. Erst ab der Ration mit Luzerne-, Gras-, Laubheu und einer Dosierung von 2g Co-EDTA zeigte Fritz durchschnittlich einen Faeces score von #1-2. Es ist aber festzuhalten, dass der Elchbulle auch zwei Mal in unterschiedlichen Anfütterungsphasen ohne erkennbaren Grund einen Faeces score von #3 hatte. Während des Elch-Pilotversuchs mit der Ration frischem Gras war der Faeces score durchschnittlich #3 und während der Ration mit frischem Laub durchschnittlich #2. Auch die Wisente hatten in den ersten 48h nach Markergabe einen ungeformten Kot mit hohem Wassergehalt, der beim Absetzen spritzte.

4.4.5 Häufigkeit des Kotabsatzes

Die in Tabelle 14 aufgeführte Kotabsatzhäufigkeit wurde während der Studie im Winter beobachtet und festgehalten. Angegeben sind jeweils die maximale und minimale Anzahl von gezählten Kotabsätzen (durchschnittliche Anzahl und Standardabweichung), die während einer Sammelphase ermittelt wurden.

Tab. 14: Kotabsatz pro Tag und Tier im Elch-Versuch

Ration	Fritz	Viola	Thea	Xenia
Mischfutter	13-17 (14.4 ±2.2)	12-14 (13.1±0.8)	11-17 (14.8±2.6)	12-20 (16.2±2.6)
Luzerneheu	12-19 (15.7±2.8)	10-17 (12.3±2.8)	13-20 (15.0±2.6)	9-14 (10.7±1.6)
Luzerne-, Grasheu	15-24 (18.8±3.6)	11-18 (13.5±2.5)	-	-
Luzerne-, Gras-, Laubheu	15-27 (22.1±3.7)	10-15 (13.3±1.9)	12-17 (15.2±2.2)	17-24 (21.0±2.6)
Laubheu	12-19 (15.5±2.7)	11-17 (12.8±2.2)	10-14 (11.8±1.7)	12-14 (12.7±0.82)

4.5 Ingestapassage

In Abbildung 2a ist exemplarisch die Markerausscheidung eines Elches dargestellt. Die Ausscheidung der Marker mit dem Kot begann für die flüssige und die Partikelphase nach ca. 15h und stieg dann steil an. Die Ausscheidung der Partikel erfolgte im Vergleich zur Flüssigkeit leicht versetzt. Das Maximum wurde in diesem Graphen zuerst vom Flüssigkeitsmarker nach ca. 30h erreicht, hingegen erschien das Maximum der Partikelmarkerkonzentration erst nach ca. 40h. Der Abfall beider Konzentrationen erfolgt dann stetig, bis dieses Tier nach ca. 5.5 Tagen den Flüssigkeitsmarker und den Partikelmarker nach ca. 6 Tagen komplett ausgeschieden hat.

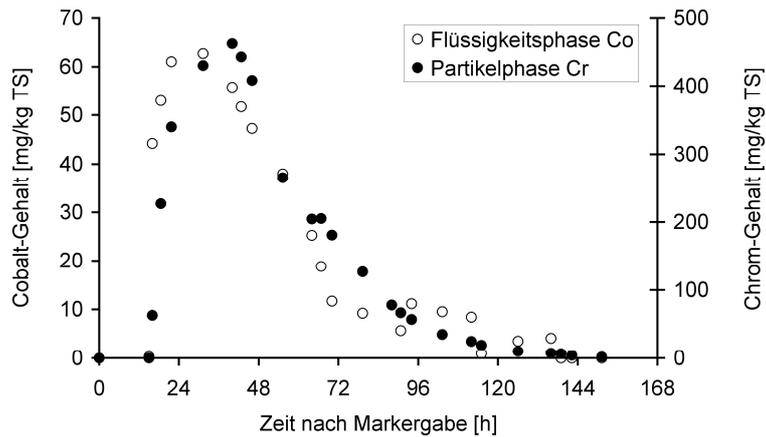


Abb. 2a: Zeitlicher Verlauf der Markerkonzentration im Kot [mg kg^{-1} TS] für Cr- und Co des Elches Viola während der Luzerneheu Ration

Abbildung 2b beschreibt den Verlauf der Markerausscheidung für die Wisentkuh Luisa. Auch hier begann die Ausscheidung der beiden Phasen gleichzeitig nach ca. 14h und erreichte nach ca. 19h ihr Maximum für den Flüssigkeitsmarker, dicht gefolgt von dem Partikelmarker nach ca. 23h. Den Flüssigkeitsmarker hatte dieses Tier nach ca. 3.5 Tagen und den Partikelmarker nach ca. 5.5 Tagen vollständig ausgeschieden.

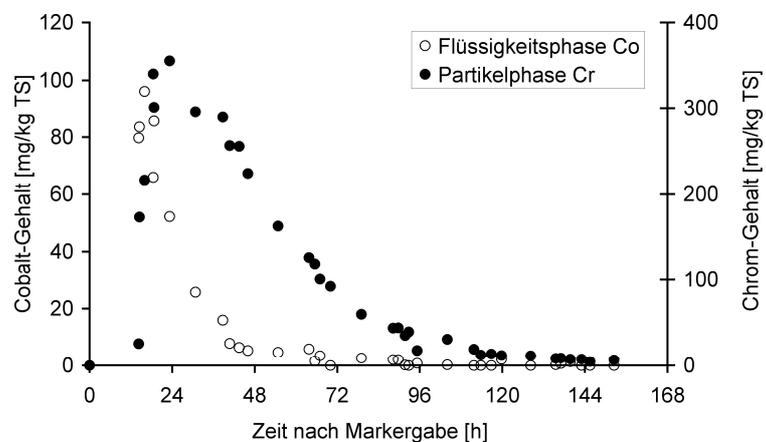


Abb. 2b: Zeitlicher Verlauf der Markerkonzentration im Kot [mg kg^{-1} TS] für Cr- und Co des Wisents Luisa während der Grasheu Ration

Die ermittelten Retentionszeiten [MRT] für den ganzen Verdauungstrakt [GIT] sind aus Tabelle 15a und b zu entnehmen. Bei allen Tieren wurde die flüssige Phase schneller ausgeschieden als die feste Phase. Die schnellste $\text{MRT}_{\text{Flüssig}}^{\text{GIT}}$ war mit 21h bei der Ration mit frischem Laub zu erkennen und die niedrigste mit 41h bei der Ration mit ad libitum Luzerneheu Fütterung. Die schnellste $\text{MRT}_{\text{Partikel}}^{\text{GIT}}$ wurde durchschnittlich mit 38h bei der Ration Luzerne/ Grasheu erreicht und die

langsamste mit 47h sowohl in der Ration aus Trogfutter mit Luzerneheu als auch mit Luzerneheu ad libitum.

Tab. 15a: Retentionszeiten [MRT] für den gesamten Verdauungstrakt [GIT] und dem Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}]$ im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten (

Ration	MRT [h] Flüssig	MRT [h] Partikel	Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}]$
Frisches Gras (Elch)	26	39	1.50
Frisches Laub (Elch)	21	29	1.36
Grasheu (Wisent)	25 ± 4	40 ± 8	1.62 ± 0.57

Tab. 15b: Retentionszeiten [MRT] für den gesamten Verdauungstrakt [GIT] und dem Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}]$ im Elch-Versuch

Ration	MRT [h] Flüssig	MRT [h] Partikel	Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}]$
Mischfutter	39 ± 2a	47 ± 4a	1.21 ± 0.10a
Luzerneheu	41 ± 3a	47 ± 3ab	1.14 ± 0.04a
Luzerne-, Grasheu	32 ± 4	38 ± 7	1.21 ± 0.08
Luzerne-, Gras-, Laubheu	32 ± 3a	40 ± 4b	1.26 ± 0.07a
Laubheu	35 ± 4a	46 ± 6ab	1.32 ± 0.10a

unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsdurchgängen (Durchgang Luzerne-, Grasheu nicht in Analyse einbezogen)

Tabelle 16a und b fasst die abgeschätzten Retentionszeiten im Retikulumen [RR] zusammen. Auch hier ist zu erkennen, dass die flüssige Phase von allen Tieren schneller ausgeschieden wurde als die Partikel.

Tab. 16a: Retentionszeiten [MRT] für das Retikulum [RR] und den Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}]$ im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	MRT [h] Flüssig	MRT [h] Partikel	Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}]$
Frisches Gras (Elch)	18	31	1.73
Frisches Laub (Elch)	13	21	1.58
Grasheu (Wisent)	12 ± 0	27 ± 12	2.21 ± 1.03

Tab. 16b: Retentionszeiten [MRT] für das Retikulum [RR] und den Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}]$ im Elch-Versuch

Ration	MRT [h] Flüssig	MRT [h] Partikel	Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}]$
Mischfutter	24 ± 3a	32 ± 1a	1.36 ± 0.22a
Luzerne	25 ± 3a	30 ± 3a	1.24 ± 0.07a
Luzerne-, Grasheu	17 ± 1	24 ± 5	1.39 ± 0.17
Luzerne-, Gras-, Laubheu	19 ± 4a	27 ± 6a	1.43 ± 0.09a
Laubheu	21 ± 6a	32 ± 9a	1.54 ± 0.19a

unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsdurchgängen (Durchgang Luzerne-, Grasheu nicht in Analyse einbezogen)

Die schnellste $MRT_{\text{Flüssig}}^{\text{RR}}$ war mit 12h für die Wisente zu erkennen, gefolgt von dem Elch Yukon mit 13h bei der frischen Laubfütterung. Die niedrigsten $MRT_{\text{Flüssig}}^{\text{RR}}$ zeigten sich mit 25h bei der Luzerneheu ad libitum Fütterung. Die Werte für $MRT_{\text{Partikel}}^{\text{RR}}$ bewegten sich zwischen 24h und 32h. Die Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}]$ lagen zwischen 1.24 und 1.54 im Elch-Versuch und lag mit 2.21 für die Wisente höher; insbesondere war dieser Wert für das adulte Wisent mit 2.94 sehr hoch. Die ermittelten Retentionszeiten für jedes Tier für den GIT und das RR sind im Appendix Tab. A 11a und b zu entnehmen.

4.6 Kotpartikelgröße

Die Verteilung der Partikel auf den verschiedenen Sieben ist in Tabelle 17a und b dargestellt. Hierfür wurde der Mittelwert aus drei Siebungen eines jeden Tieres bestimmt und dann aus diesen Ergebnissen der Mittelwert von allen Tieren dieser Ration gebildet. Eine komplette Auflistung aller Siebdaten finden sich im Appendix Tab. A 12a und A 12b.

Tab. 17a: Verteilung der Kotpartikelgrösse [%] (Mittelwert aus drei Siebungen) im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	16mm	8mm	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	>0.063mm
Frisches Gras (Elch)	0.00	0.00	0.08	2.48	4.46	6.49	7.03	14.67	18.20	46.58
	± 0.00	± 0.00	± 0.08	± 1.67	± 1.27	± 1.34	± 1.03	± 1.31	± 6.50	± 4.58
Frisches Laub (Elch)	0.09	0.06	0.71	4.55	8.60	14.22	12.40	15.06	13.40	35.31
	± 0.16	± 0.11	± 0.35	± 2.19	± 1.59	± 3.09	± 0.77	± 2.84	± 2.64	± 8.45
Grasheu (Wisent)	0.01	0.12	0.11	0.62	6.39	14.23	15.22	17.57	8.96	36.77
	± 0.01	± 0.17	± 0.16	± 0.65	± 0.53	± 1.75	± 1.15	± 2.18	± 1.64	± 1.37

Tab. 17b: Verteilung der Kotpartikelgrösse [%] (Mittelwert aus drei Siebungen) im Elch-Versuch

Ration	16mm	8mm	4mm	2mm	1mm	0.5mm	0.25mm	0.125mm	0.063mm	>0.063mm
Mischfutter	0.12	0.09	1.84	9.84	10.66	29.30	20.82	10.51	4.57	12.25
	± 0.11	± 0.11	± 0.17	± 1.32	± 1.32	± 4.88	± 1.94	± 0.80	± 0.33	± 4.28
Luzerneheu	0.16	0.50	1.53	7.01	8.42	24.64	19.92	13.11	8.43	16.26
	± 0.15	± 0.82	± 1.56	± 5.64	± 2.50	± 4.53	± 2.87	± 2.46	± 5.65	± 8.90
Luzerne-. Grasheu	0.36	0.23	0.97	5.25	9.97	18.65	19.58	14.76	9.68	20.55
	± 0.32	± 0.07	± 0.98	± 3.25	± 6.27	± 2.67	± 4.31	± 1.10	± 1.07	± 1.73
Luzerne-. Gras-. Laubheu	0.26	0.31	1.77	9.08	10.46	22.74	15.16	14.57	11.26	14.38
	± 0.28	± 0.20	± 1.08	± 3.88	2.78	± 1.24	± 4.39	± 1.80	± 3.94	± 8.50
Laubheu	0.03	0.04	2.36	15.52	11.89	11.75	11.80	11.36	7.97	27.28
	± 0.05	± 0.08	± 1.51	± 2.53	2.79	± 0.89	± 2.01	± 1.72	± 0.96	± 2.47

Aus den Daten der drei Siebungen jedes Tieres konnte der Mittlere Partikelgrösse (MPS) des Kots der Tiere berechnet werden. Die Ergebnisse dieser Rechnung sind in Tab. 18a und b wiedergegeben.

Tab. 18a: Kotpartikelgrößen als Mean Particle Size [mm] im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

	Frid	Yukon	Luisa	Linda
Frisches Gras (Elch)	0.4	-	-	-
Frisches Laub (Elch)	-	0.7	-	-
Grasheu (Wisent)	-	-	0.4	0.6

Tab. 18b: Kotpartikelgrößen als Mean Particle Size [mm] im Elch-Versuch

	Fritz	Viola	Thea	Xenia	Mittelwert \pm SD
Mischfutter	1.2	1.1	1.1	1.0	1.1 \pm 0.1a
Luzerneheu	1.4	1.1	0.6	0.6	0.9 \pm 0.4a
Luzerne-, Grasheu	1.0	0.6	-	-	0.8 \pm 0.3
Luzerne-, Gras-, Laubheu	0.9	1.1	1.0	0.8	1.0 \pm 0.1a
Laubheu	0.9	1.2	1.7	1.9	1.4 \pm 0.4a

unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Spalte kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsdurchgängen (Durchgang Luzerne-, Grasheu nicht in Analyse einbezogen)

Der niedrigste MPS wurde bei der Ration mit frischem Gras und er höchste bei Laubheu erreicht. Die beiden Wisente erreichten mit Grasheu einen MPS von 0.5.

5 Diskussion

5.1 Kritik der Methoden

5.1.1 Lebendmasse

Die Berechnungen der Ergebnisse aus Fütterungsversuchen hängen stark von der LM der Tiere ab. Da es leider nicht möglich war alle Tiere zu wiegen, musste die LM auf der Basis von schon gewogenen Tieren geschätzt werden. Da die Schätzung der LM von mehreren qualifizierten Personen durchgeführt wurde, und sich auf Wiegeergebnisse bei einzelnen Tieren stützen konnte, kann man davon ausgehen, dass die Schätzungen relativ verlässlich sind.

5.1.2 Messung der Passagezeit

Die Bestimmung von Darmpassagezeiten wurde mit Hilfe von externen Passagemarkern bestimmt. Allgemeine Kriterien für Marker in Ernährungsstudien sind inertes Verhalten, Nicht-Beeinflussung der Verdauung und eine komplette Wiederfindung des Markers (KOTB und LUCKEY 1972). Bei Markern für Passageratenbestimmung kommt hinzu, dass sie sich wie eine bestimmte Futterfraktion verhalten sollten und eine starke Bindung an den zu markierenden Teil aufweisen sollten. Für die flüssige Phase des Futters hat sich Cobalt-EDTA bewährt (UDÈN et al. 1980, VAN SOEST et al. 1988), für die feste Phase die nach UDÈN et al. (1980) Chrom-gebeizte Faser, die eine sehr stabile Bindung der Markersubstanz an die zu markierende Fraktion ergibt. Im Gegensatz zu normalen Futterpartikeln sind die gebeizten Fasern ab einer Chromkonzentration von 8-10% mehr oder weniger unverdaulich (VAN SOEST et al. 1988). Jedoch erhöht das gebundene Chrom auch die spezifische Dichte der Faser, so dass VAN SOEST et al. (1988) eine Chromkonzentration von ca. 2% vorschlägt. Die in dieser Studie eingesetzte Faser hat eine Chrom-Konzentration von ca. 2%. Alle verwendeten Marker stammten aus einer Charge, wodurch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse innerhalb der Studie gegeben ist. Im Vergleich mit anderen Untersuchungen könnte dies jedoch zu leichten Abweichungen führen.

Beide Marker wurden bei allen Versuchen von den Tieren innerhalb kurzer Zeit aufgenommen, auch wenn festzustellen war, dass zwei der Tiere zu Beginn der letzten zwei Versuche die Marker weniger gern fraßen.

Der Marker Co-EDTA scheint bei höheren Dosen einen osmotischen Effekt im Magen-Darm-Kanal zu haben. CLAUSS (1998) beschreibt nach der Markerapplikation von Co-EDTA an Giraffen bei einigen Tieren einen Anstieg im Feuchtigkeitsgehalt im Kot - eine Beobachtung die auf den Elch Frid in der eigenen Studie und die beiden Wisente übertragen werden kann.

Aus dem Verlauf der Markerexkretionen mit dem Kot wurden die Verweilzeiten sowohl von Flüssigkeit als auch von Partikeln (<2mm Partikelgröße) im gesamten Magen-Darm-Kanal nach THIELEMANS et al. (1978) ermittelt. Dieses Integrationsverfahren ist unabhängig von der Anzahl der im Magen-Darm-Kanal vorkommenden Kompartimente und wird häufig angewandt (RUTAGWENDA 1989; LECHNER-DOLL et al. 1990 und 1991; HOLLAND 1994; CLAUSS 1998). Der Anstieg der Markerkonzentration im Kot war bei manchen Tieren so schnell, dass für den ansteigenden Teil der Kurve wenige Werte vorlagen, was die Berechnung der Retentionszeiten nach THIELEMANN et al. (1978) ungenauer macht.

Eine Abschätzung der Retentionszeiten im Pansen kann ohne Probenentnahme direkt aus dem Pansen fistulierter Tiere immer nur relativ grob erfolgen. Die berechneten Werte sind deshalb mit einer größeren Unsicherheit behaftet als die Retentionszeiten für den gesamten Verdauungstrakt, wenn nur die Ausscheidung des Markers im Kot zugrunde gelegt werden kann (HUMMEL 2003).

5.1.3 Zustand der Tiere

Welchen Einfluss die Trächtigkeit der Elchkühe auf die Futteraufnahme gehabt hat, ist schwer abzuschätzen. Jedoch befanden sich die Tiere am Anfang der Trächtigkeit und somit dürfte der Einfluss auf den Energiebedarf und damit auf die Futteraufnahme als eher gering zu bewerten sein.

5.1.4 Adaptationsphase

Die Adaptationsphase an ein Futtermittel betrug mindestens eine Woche. Eine längere Gewöhnung war aus versuchstechnischen und logistischen Gründen in den

meisten Fällen nicht möglich. Bei den Versuchen mit Luzerneheu ist jedoch deutlich zu sehen, dass die Futteraufnahmen von Luzerneheu mit zunehmender Verfütterungsdauer anstiegen und bei den beiden Tieren, bei denen eine Luzerne-, Grasheu-Phase durchgeführt wurde, zu deutlich höheren Aufnahmen und Verdaulichkeiten führten. In zukünftigen Versuchen sollte, wenn möglich, eine längere Adaptionphase als eine Woche gewählt werden. Wiederkäuer brauchen im Allgemeinen mehrere Wochen, um sich auf ein neues Futter umzustellen (SCHWARTZ und HUNDERTMARK 1993).

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Futteraufnahme

Bei Hauswiederkäuern eignet sich der Gehalt an NDF, um die freiwillige Futteraufnahme eines Raufutters abzuschätzen (VAN SOEST 1965). MEYER et al. (2010) fanden, dass bei den meisten grossen Pflanzenfressern die freiwillige Futteraufnahme mit steigendem NDF-Gehalt im Raufutter abnimmt. Fügt man die Daten der vorliegenden Studie zu den von MEYER et al. (2010) für Elche gesammelten hinzu, so wird deutlich, dass die Futteraufnahme innerhalb eines NDF-Bereiches stark variieren kann und daher von zusätzlichen Faktoren abhängen muss (Abb. 3).

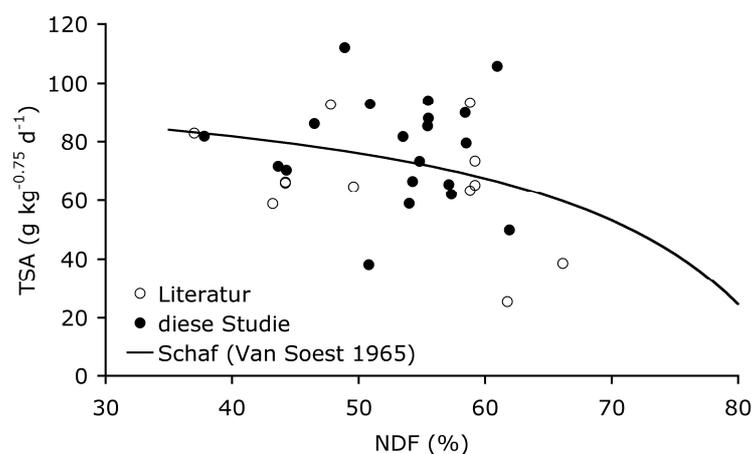


Abb. 3: NDF [%] gegen TS-Aufnahme [g kg^{-0.75} d⁻¹] aus den eigenen Versuchen und den Literaturdaten (aus der Sammlung von Meyer et al. 2010)

Innerhalb der vorliegenden Studie schien sich hingegen anzudeuten, dass die Elche die Futteraufnahme steigern, wenn das Futter im Gehalt an verdaulicher Energie sinkt – allerdings ist dieses Muster nur zu erkennen, wenn man zwei Messungen des Elches Viola ausschliesst (Abb. 4). Dieser Elch hat vermutlich die niedrige Futteraufnahme auf der Luzerneheu Ration mit einer gesteigerten Aufnahme in der drauffolgenden Luzerne-, Grasheu Ration ausgeglichen. Die Ergebnisse dieser Arbeit reichen nicht aus, um Aufschluss über die Regulation der freiwilligen Futteraufnahme bei Elchen zu geben.

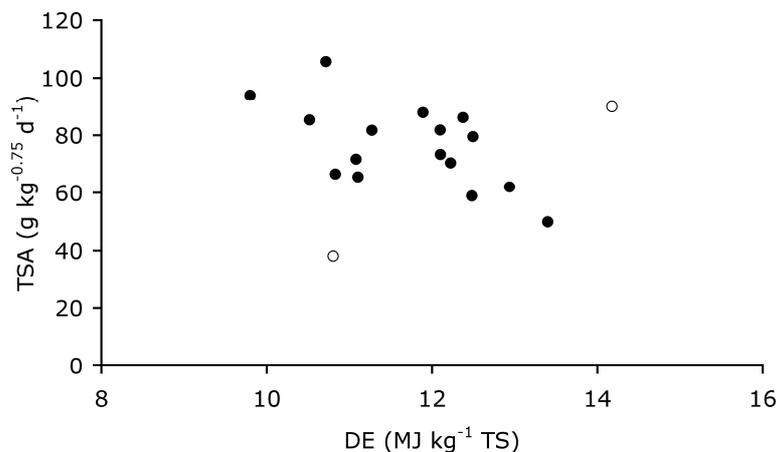


Abb. 4: DE [MJ kg⁻¹ TS] gegen TS-Aufnahme [g kg^{-0.75} d⁻¹] aus den eigenen Versuchen. Ausreißer (offene Symbole): Elch Viola 10.8 DE [MJ kg⁻¹ TS] bei 38.1 [g kg^{-0.75} d⁻¹] auf Luzerneheu und 14.2 DE [MJ kg⁻¹ TS] bei 89.9 [g kg^{-0.75} d⁻¹] auf Luzerne-, Grasheu

5.2.2 Verdaulichkeit

Die angewandte standardisierte Analyse nach VAN SOEST (1991) erlaubt es, Pflanzenzellwandbestandteile in NDF (Hemizellulose, Zellulose und Lignin), ADF (Zellulose und Lignin) und ADL (Lignin) zu separieren. Obwohl diese Methode unvollständig ist, da einige Faserkomponenten nicht isoliert werden, stellt dieses Verfahren eine gute Möglichkeit dar, die verschiedenen Faserbestandteile verschiedener Pflanzenarten zu bestimmen (DEMMENT und VAN SOEST 1985; ROBBINS 1993; VAN SOEST 1994). Generell ist zu erwarten, dass die scheinbare Verdaulichkeit mit zunehmendem Gehalt an NDF oder ADF abnimmt. In Literaturangaben zu in-vitro-Bestimmungen der Verdaulichkeit (Abb. 5ab) ist dieses Muster auch deutlich zu erkennen. Daten zu in-vivo-Bestimmungen hingegen zeigen keinen deutlichen Zusammenhang dieser Faktoren (Abb. 5cd).

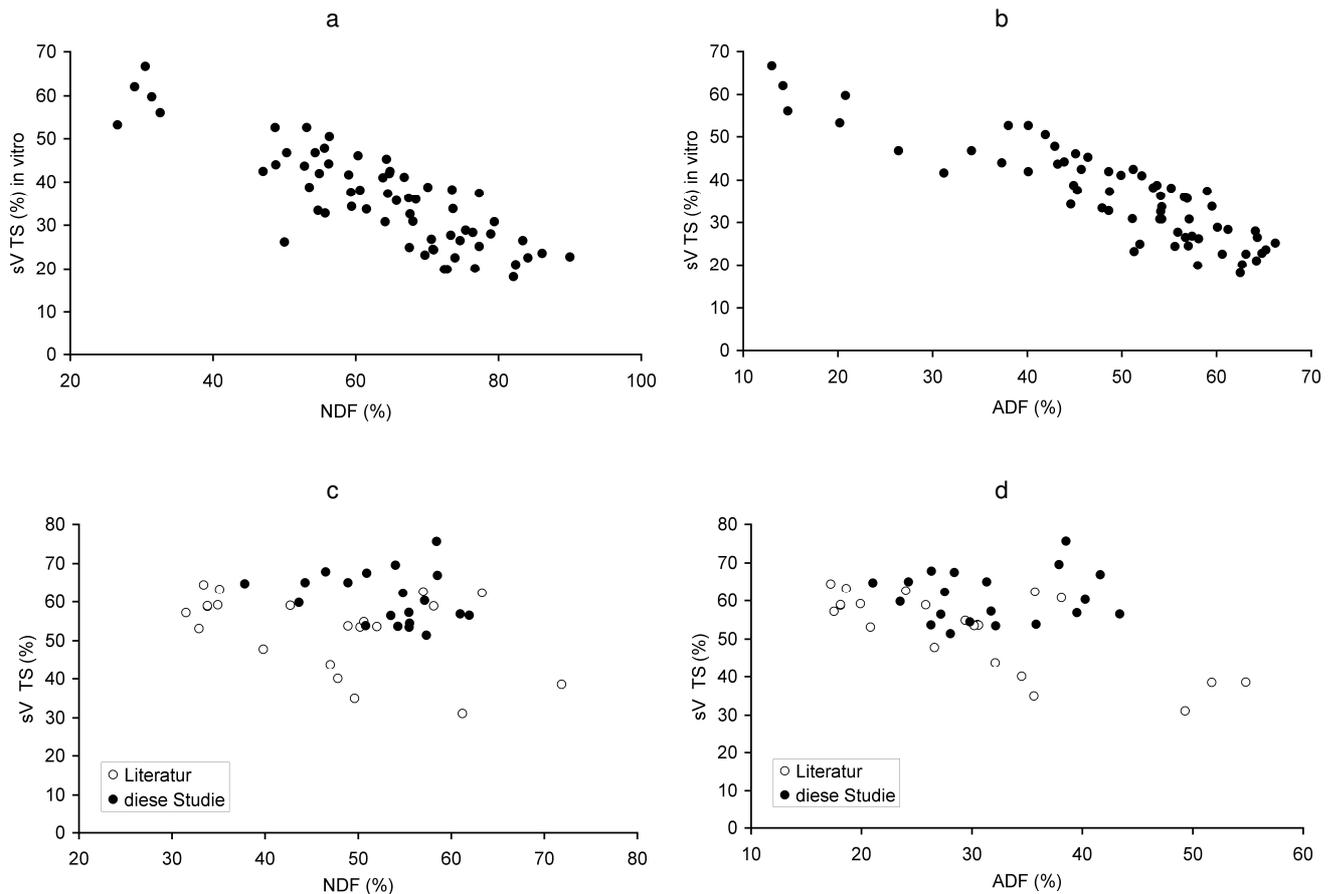


Abb. 5: NDF [%] bzw. ADF [%] der Futterration gegen sV TS [%] aus den eigenen Versuchen und den Literaturdaten für a, b) in vitro mit Elchinokulat (Literaturdaten: HJELJORD et al. 1982, SCHWARTZ et al. 1985, REGELIN et al. 1987, SCHWARTZ et al. 1988c) und c, d) in vivo (Literaturdaten: Für Pellets: SCHWARTZ et al. 1988a; HUBBERT 1987; SCHWARTZ & HUNDERTMARK 1993; SCHWARTZ et al. 1987d; SHOCHAT et al. 1997/ Für Luzerneheu: RENECKER und HUDSON 1990 / Für Grasheu: SCHWARZ & HUNDERTMARK 1993/ Für Zweige: SCHWARTZ et al. 1988e)

Die Ergebnisse der Fütterung mit Pellets aus der Literatur (Tab. 4) liegen in einen vergleichbaren Bereich wie die Ergebnisse aus der Mischfutter Ration der eigenen Studie (Tab. A 6a). Geht man davon aus, dass frisches Gras proportional weniger lignifiziert ist als Laubblätter, so überrascht, dass die scheinbare Verdaulichkeit der TS von frischem Gras (5.7% ADL) und frischem Laub (14% ADL) der eigenen Studie in den gleichen Dimensionen liegen (Tab. A 6b). Hier könnte man spekulieren, dass die Retentionszeiten bei Eichen nicht ausreichen, um eine höhere Verdaulichkeit für das theoretisch besser verdauliche Gras zu erzielen.

Luzerneheu ähnelt in seiner Fermentation (hohe Fermentationsrate, im Vergleich zu Gras geringere Abbaubarkeit) und Nährstoffzusammensetzung (niedrigere Zellwandgehalt, relativ viel Pektin, relativ viel Lignin) eher Laubblättern als Gras (Hummel 2003). In der eigenen Studie hatte Luzerneheu (Tab. A 9a) eine höhere

scheinbare Verdaulichkeit als Luzerneheu aus der Literatur (Tab. 4), trotz vergleichbaren ADF-Gehalten. Luzerneheu war aber auch zugleich besser verdaulich als Laubheu (Tab. A 9a), obwohl der ADF-Gehalt höher als im Laubheu war (Tab. A 6a). Die scheinbare Verdaulichkeit von Luzerneheu aus der eigenen Studie lag im Vergleich zu frischem Laub, also dem Futtermittel, das der natürlichen Nahrung von Elchen entspricht, in ähnlicher Höhe (Tab. A 9a und b).

Während Polysaccharide wie Zellulose, Hemizellulose und Pektin zum größten Teil mikrobiell verdaut werden können, so ist das Lignin der Zellwände weitestgehend unverdaulich. Es wird erwartet, dass die Faserverdaulichkeit mit einem höheren Lignifizierungsgrad abnimmt (ROBBINS 1993; VAN SOEST 1994; MEISSNER et al. 1999). In den Daten zur in-vivo-Verdaulichkeit beim Elch lässt sich ein derartiger Trend allerdings nicht darstellen (Abb. 6).

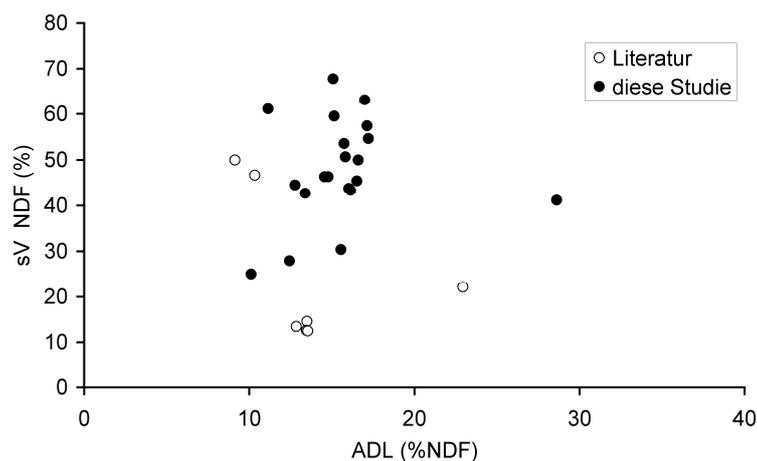


Abb. 6: ADL [%] der Futtermischung gegen sV NDF [%] aus den eigenen Versuchen und den Literaturdaten beim Elch (aus Tabelle 4)

Trägt man den Gehalt an Rohprotein in der Ration gegen den des verdaulichen Rohproteins auf, so resultiert nach ROBBINS (1993) ein linearer Zusammenhang, aus dem man die endogenen fäkalen Protein-Verluste abschätzen kann (als Extrapolation bei einem Rohproteingehalt in der Ration von 0). Abb. 7 zeigt, dass bei Berücksichtigung der verfügbaren Literatur und der Daten der vorliegenden Studie von endogenen fäkalen Verlusten von 1.8g Rohprotein pro 100g aufgenommene TS zu rechnen ist.

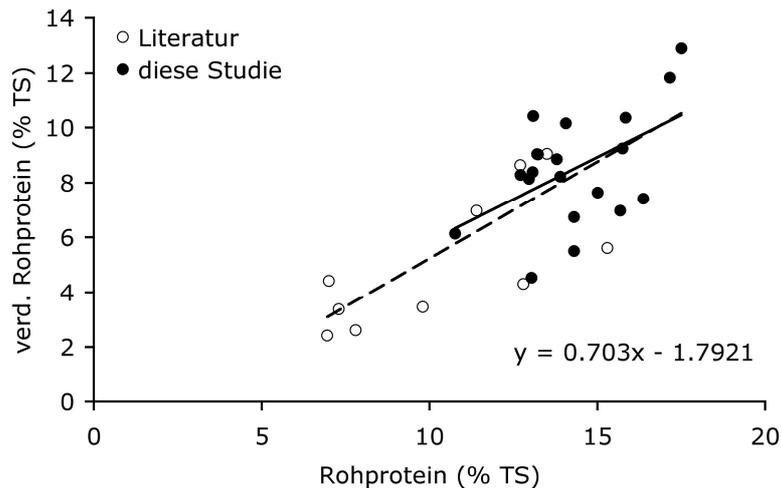


Abb. 7: Rohprotein (% TS) gegen verd. Rohprotein (% TS) aus den eigenen Versuchen und den Literaturdaten beim Elch (aus Tabelle 4)

5.2.3 Ingestapassage

5.2.3.1 Passagezeit

Die Retentionszeit von Futter im Verdauungstrakt ist eine der Schlüsselvariablen, die beschreibt, mit welcher Strategie ein Wiederkäuer verdaut. Die Retentionszeit der Nahrungspartikel ist abhängig von der Kapazität des Gastro-Interstinal-Traktes, der Nahrungsaufnahme (KAY 1987; MERCHEN 1988, VAN SOEST et al. 1988), der Qualität bzw. Verdaulichkeit der Nahrung (JIANG und HUDSON 1996) sowie der selektiven Partikelretention im Vormagen (LECHERNER-DOLL et al. 1991)

Wenn man die eigenen Daten mit solchen aus der Literatur vergleichen möchte, muss man nicht nur auf die generelle Vergleichbarkeit der eingesetzten Marker und der verwendeten Sammelmethode achten, sondern insbesondere die Höhe der Futteraufnahme mit einbeziehen; diese stellt einen wesentlichen Einflussfaktor für die Dauer der Passagezeit dar (CLAUSS et al. 2007). In Abbildung 8a ist der Einfluss der TS-Aufnahme aus den eigenen Versuchen sowie vergleichbaren Literaturdaten in Abhängigkeit zur Retention im GIT dargestellt. Aus dem Graphen geht hervor, dass es einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Höhe der Futteraufnahme und der Passagezeit durch den GIT gibt. Insbesondere die Daten des Flüssigkeitspassagemarkers Co-EDTA aus der eigenen Studie zeigen: Je höher die Futteraufnahme, desto kürzer ist die Passagezeit durch den GIT. Die hier verwendeten Literaturdaten von HUBBERT (1987), SCHWARZ et al. (1988) und

LECHNER et al. (2010) ergänzen die Flüssigkeitspassagedaten. Für Details zu diesen Studien siehe Tab. 3b.

Obwohl auch in der eigenen Studie sehr unterschiedliche Futtermittel von den Elchen aufgenommen wurden, zeigen die Ergebnisse für $MRT_{\text{FlüssigkeitGIT}}$ (Abb. 8a) eine geringere Streuung als die Literaturdaten. Die $MRT_{\text{PartikelGIT}}$ (Abb. 8b) in den Rationen mit großem Luzerneheu Anteil (Luzerneheu 41h und Luzerne-Grasheu 38h) liegen in den gleichen hohen Bereichen wie die des Laubheu-Versuches (46h). In einer Okapi Fütterungsstudie (HUMMEL 2005) wurde zum Beispiel die mit Abstand längste $MRT_{\text{PartikelGIT}}$ (65h) während einer Ration mit viel frischem Laub gemessen; hingegen hatte das gleiche Tier die schnellste $MRT_{\text{PartikelGIT}}$ mit 38h bei einer Futterration ohne frischem Laub. Hinsichtlich dieser Unterschiede ist es schwierig, einen klaren Effekt unterschiedlicher Futterarten auf die $MRT_{\text{PartikelGIT}}$ der Elche zu sehen; der Effekt der Futteraufnahme steht sicherlich im Vordergrund. Allerdings ist in der Untersuchung von LECHNER et al. (2010) bemerkenswert, dass Elche bei gleicher Futteraufnahme bei Grassilage eine deutlich längere Retentionszeit aufwiesen als bei der Aufnahme von frischem Laub.

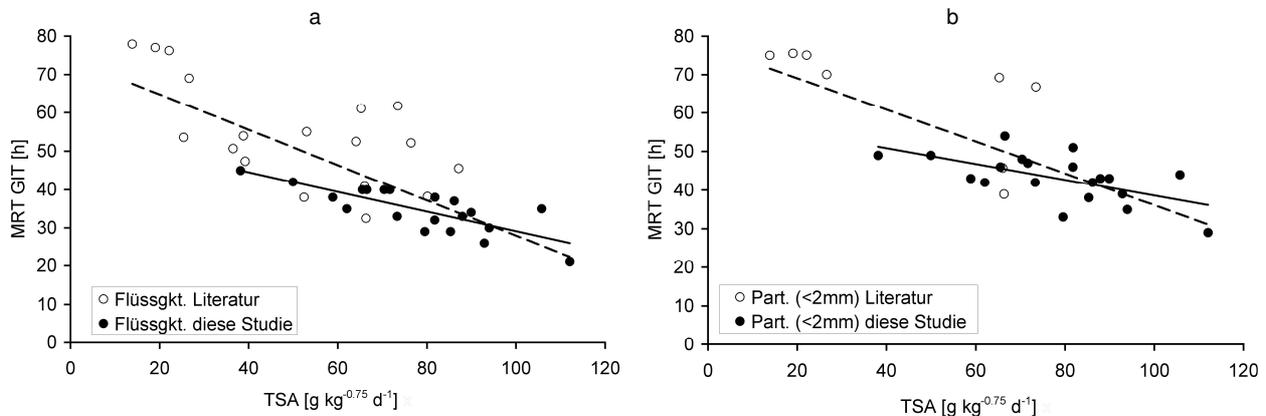


Abb. 8: TS-Aufnahme [$\text{g kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$] gegen MRT_{GIT} [h] aus der eigenen Studie verglichen mit Literaturdaten von Elchen für a) Flüssigkeit und b) Partikel

[Literaturdaten für $MRT_{\text{FlüssigkeitGIT}}$: HUBBERT (1987); SCHWARZ et al. (1988), LECHNER et al. (2010); Literaturdaten für $MRT_{\text{PartikelGIT}}$: LECHNER et al. (2010)]

Unterschiede in der Retention von Partikeln und Flüssigkeit im GIT von Wiederkäuern resultieren aus einer selektierten Retention von Partikeln im Retikulorum (LECHNER-DOLL et al. 1990). Deshalb werden Unterschiede in der Physiologie von Vormägen am besten erkannt, wenn Retentionszeiten aus dem RR miteinander verglichen werden und nicht die des gesamten GIT; allerdings sind

Angaben zum RR naturgemäß – da sie nur aufgrund der Ausscheidungsmuster abgeleitet und nicht direkt gemessen wurden – als ungenauer zu betrachten.

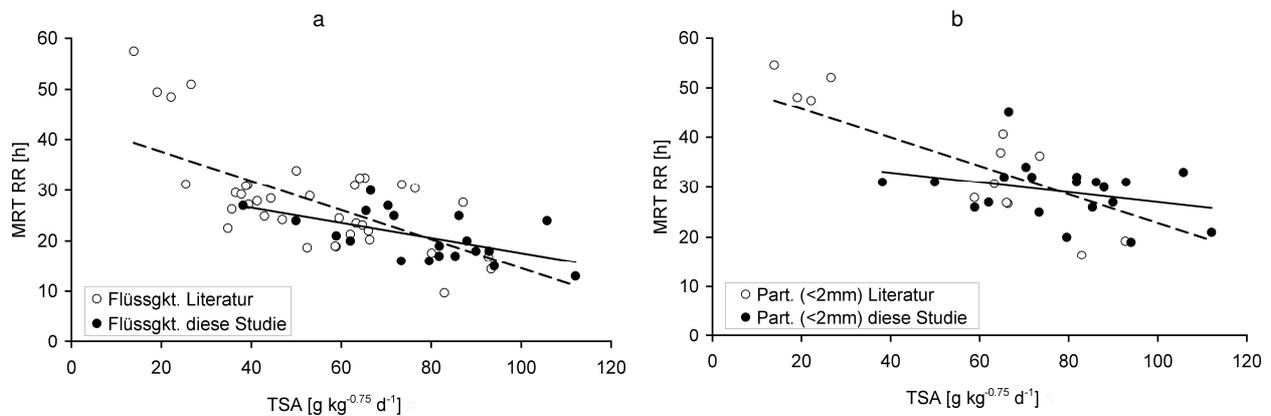


Abb. 9: TS-Aufnahme [g kg^{-0.75} d⁻¹] gegen die Mittlere Retentionszeit im Retikulum [h] aus der eigenen Studie verglichen mit Literaturdaten von Elchen für a) Flüssigkeit und b) Partikel
 [Literaturdaten für MRT_{Flüssigkeit}RR: RENECKER und HUDSON (1990); HJELJORD et al. (1982); SCHWARZ et al. (1988); HUBBERT (1987); LECHNER et al. (2010); Literaturdaten für MRT_{Partikel}RR: RENECKER und HUDSON (1990), LECHNER et al. (2010)]

Futteraufnahmen wurden bisher als ein beeinflussender Faktor auf die MRT_{Partikel} im Retikulum genannt. Abbildung 9a und b vergleicht die Ergebnisse der eigenen Studie mit denen aus der Literatur. Es wird deutlich, dass sowohl die Retentionszeit der Partikel als auch die der Flüssigkeit aus dem Retikulum von der Futteraufnahme beeinflusst werden.

Neben der Futteraufnahme wird immer wieder der Einfluss des Futtermittels auf die MRT_{Partikel} diskutiert. RENECKER und HUDSON (1990) zeigten in Ihren Fütterungsversuchen, dass die Retentionszeiten der Partikel im RR auf gemischten Laubrationen bei niedrigen Futteraufnahmen (Espenzweige/Luzerneheu 59 g kg^{-0.75} d⁻¹ und Espenblätter/Luzerneheu 83 g kg^{-0.75} d⁻¹) kürzer waren (28h bzw. 16 h MRT_{Partikel}RR) als bei etwas höheren Futteraufnahmen bei einer reinen Luzerneheu Ration (19h bei 93g kg^{-0.75} d⁻¹ und 37h bei 65 g kg^{-0.75} d⁻¹) oder einer Luzerne-, Grasheu Ration (31h bei 63g kg^{-0.75} d⁻¹) – mit anderen Worten, ein Laubanteil in der Ration schien zu einer Verkürzung der MRT_{Partikel}RR zu führen.

Dies trifft in der eigenen Studie nur für frisches Laub, nicht jedoch für Laubheu zu. Vergleicht man den Laubheu-Versuch (Tab. 16a), mit den anderen Versuchen, so ergibt sich kein signifikanter Unterschied in der MRT_{Partikel}RR. Lediglich die Ration mit frischem Laub hatte mit 21h MRT_{Partikel}RR eine vergleichsweise kurze MRT_{Partikel}RR.

Dies legt nahe, dass Auswirkungen unterschiedlicher Futtermittel bei einer vergleichbaren Futteraufnahme untersucht werden sollten, um Rückschlüsse ziehen zu können. Die Daten von RENECKER und HUDSON (1990) basieren meist nur auf den Ergebnissen von einem Tier. Bemerkenswerterweise fanden LECHNER et al. (2010) bei zwei Elchen deutlich längere Passagezeiten bei Gras- im Vergleich zur Laubäsung bei gleicher Futteraufnahme. Auf welche Weise das Futter die Passagezeit beeinflusst, ist bislang nicht geklärt.

Abbildung 10 vergleicht $MRT_{\text{FlüssigkeitRR}}$ von Elchen und Rindern. Dabei wird deutlich, dass beim Vergleich dieser beiden Tierarten kein Zusammenhang zwischen $MRT_{\text{FlüssigkeitRR}}$ und der Lebendmasse besteht. Allerdings weisen Daten darauf hin, dass Elche eine längere Flüssigkeitsretention haben als Rinder.

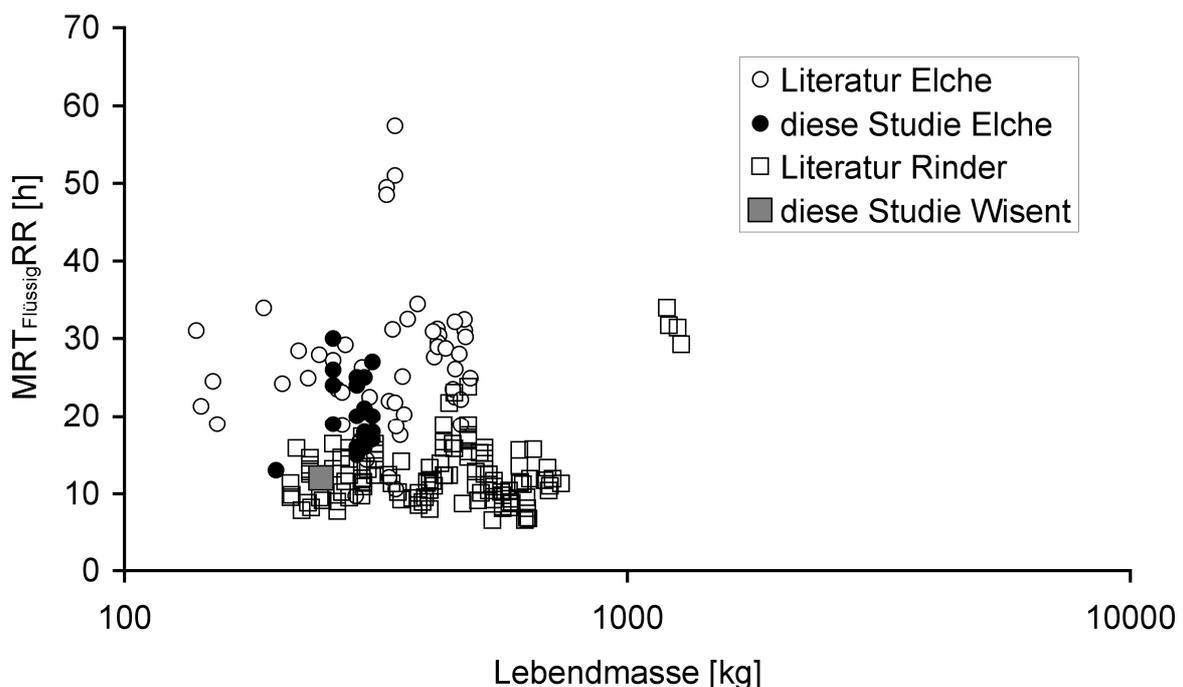


Abb. 10: Lebendmasse gegen $MRT_{\text{FlüssigkeitRR}}$: Daten von Elchen und Rindern aus der Literatur und von Elchen und der eigenen Studie sowie Literaturdaten von Rindern

[Literaturdaten für $MRT_{\text{FlüssigkeitRR}}$ Elche: RENECKER und HUDSON (1990), LECHNER et al. (2010) HELJORD et al. (1990), SCHWATZ et al. (1988), HUBBERT (1987)

Literaturdaten für $MRT_{\text{FlüssigkeitRR}}$ Rinder: ARTHUN et al. (1992), BARTOCCI et al. (1997), BRAINE und GALYEAN (1990), BURNS et al. (1997), COLUCCI et al. (1984), FUNK et al. (1987), GOETSCH und GALYEAN (1982), HENDRICKSEN et al. (1981), JACQUES et al. (1989), KATTNIG et al. (1992), KRYSL et al. (1987), LEDOUX et al. (1985), MAJAK et al. (1985), McCOLLUM und GALYEAN (1985), MLD pers comm, MOORE et al. (1990), OKINE et al. (1989), POPPI et al. (1980a und 1980b), PRIGGE et al. (1984), RENECKER & HUDSON 1990, SHAVER et al. (1988), LECHNER et al. (2010), TAJAJ et al. (2001), UDÉN et al. (1980)]

5.2.3.2 Korrelation von $MRT_{\text{Flüssigkeit}RR}$ und $MRT_{\text{Partikel}RR}$

CLAUSS et al. (2010) stellten dar, dass das Verhältnis der $MRT_{\text{Partikel}RR}$ zur $MRT_{\text{Flüssigkeit}RR}$ ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der zwei Wiederkäuer-Verdauungs-Grundtypen darstellt. Für ‚Rinderartige‘ (‚cattle-type‘) sind nach diesen Autoren durch im Verhältnis zur $MRT_{\text{Flüssigkeit}RR}$ deutlich längere $MRT_{\text{Partikel}RR}$ charakteristisch, während für ‚Elchartige‘ (‚moose-type‘) diese beiden Werte eher nah beieinander liegen. In Abbildung 11 sind die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in einen entsprechenden Graph aus CLAUSS et al. (2010) eingefügt. Es zeigt sich, dass die Elche der vorliegenden Arbeit das in vorigen Studien gefundene Muster bestätigen (und dabei die n-Zahl der untersuchten Tiere mehr als verdoppeln), und dass sich auch das adulte Wisent erwartungsgemäss als ‚Rinderartige‘ in das Schema einfügt.

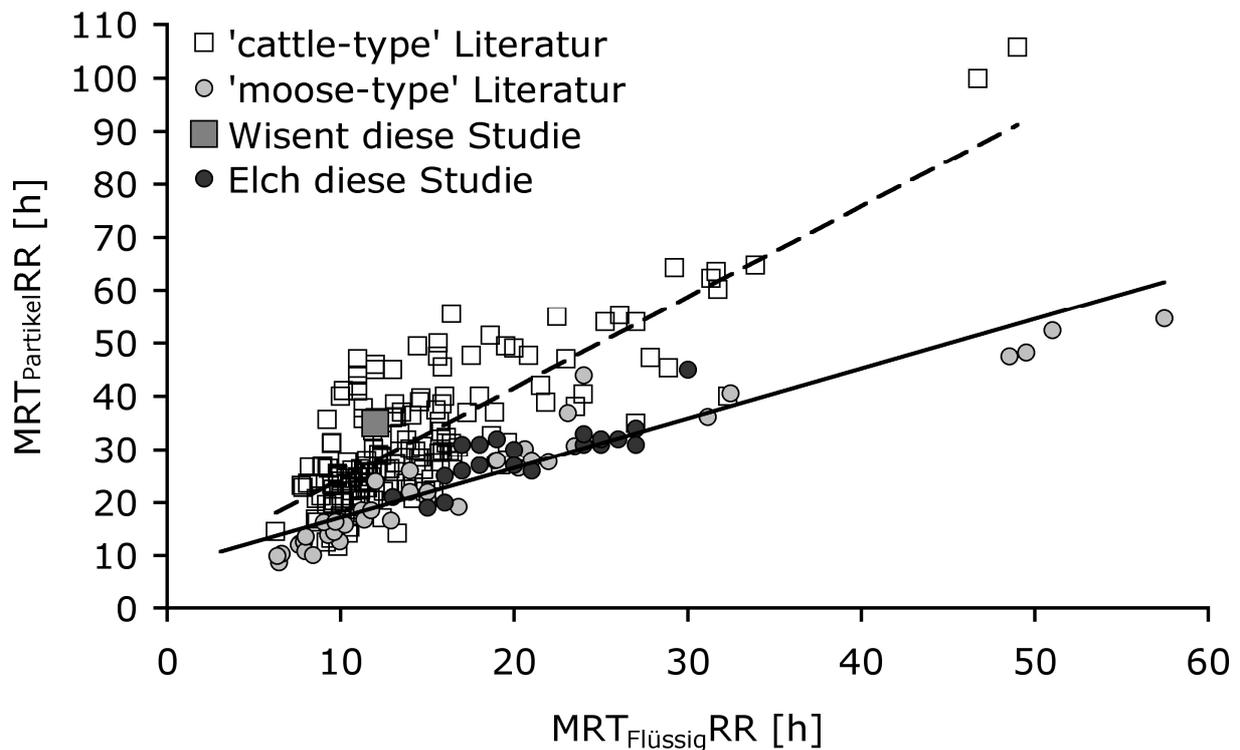


Abb. 11: $MRT_{\text{Flüssig}RR}$ gegen $MRT_{\text{Partikel}RR}$ aus den Daten der eigenen Studie für die zwei Wiederkäuer-Verdauungstypen (CLAUSS et al. 2010) und die Tiere dieser Studie

5.2.3.3 Selektivitäts-Faktor

Nach LECHENER-DOLL et al. (1991) stellt der Selektivitäts-Faktor ($MRT_{\text{Partikel}}/MRT_{\text{Flüssigkeit}}$) ein gutes Maß zum Vergleich des Rückhaltevermögens von Partikeln im Verdauungstrakt bzw. im Vormagen dar. Faktoren wie Futteraufnahme

oder unterschiedliches Konzentrat-/Raufutter-Verhältnis beeinflussen nach LECHNER-DOLL et al. (1991) den Faktor nicht. Nach SCHWARM et al. (2009) ist es sogar ein wesentliches Charakteristikum von Wiederkäuern (im Gegensatz zu anderen Vormagenfermentierern), dass bei ihnen der Selektivitätsfaktor von der Futteraufnahme unabhängig ist; insbesondere werden bei anderen Vormagenfermentierern abnehmende Selektivitätsfaktoren bei steigender Futteraufnahme beobachtet.

Allerdings zeigt Abbildung 12 einen deutlichen Anstieg des Selektivitätsfaktors mit zunehmender Futteraufnahme. Hier muss die Grössenordnung der Futteraufnahme berücksichtigt werden. In dem Bereich von $60\text{-}120\text{g kg}^{-0.75}\text{ d}^{-1}$ zeichnet sich kein Einfluss der Futteraufnahme ab. Die Korrelation wird aber massgeblich von den vier Laubversuchen von LECHNER et al. (2010) beeinflusst, bei denen das Laub restriktiv gefüttert wurde. Es lässt sich spekulieren, dass zur Einstellung eines für die jeweilige Wiederkäuer-Art typischen Selektivitätsfaktors ein gewisses Mass an Wiederkau-Tätigkeit pro Tag mit dem damit zusammenhängenden Speichelfluss gewährleistet sein muss, das bei derart begrenzten Futteraufnahmen nicht erreicht werden kann.

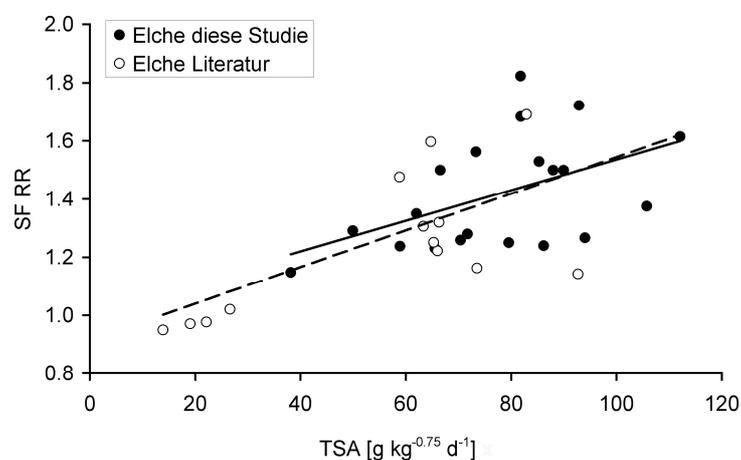


Abb. 12: TS-Aufnahme [g kg^{-0.75} d⁻¹] gegen Selektivitäts-Faktor [h] des RR aus den Daten der eigenen Studie und der Literaturdaten

[Literaturdaten: RENECKER und HUDSON (1990), LECHNER et al. (2010)]

CLAUSS und LECHNER-DOLL (2001) leiten von den wenigen existierenden Daten ab, dass Laubäser einen Selektivitäts-Faktor in einem Bereich von 1.1 bis 1.8 haben. Die eigene Studie als auch die Literaturdaten weisen einen Selektivitäts-Faktor RR zwischen 1.2 und 1.8 auf, die sich damit genau in das von CLAUSS und LECHNER-DOLL (2001) genannte Spektrum einordnen. Wenn also Partikel und Flüssigkeit

beim Elch fast simultan fließen (geringerer Selektivitätsfaktor), dann ist anzunehmen, dass keine Pansenschichtung existiert: im Umkehrschluss weisen Grasäser mit einem höhern Selektivitätsfaktor (Bereich 1.6 bis 3.8) eine Pansenschichtung auf (CLAUSS und LECHNER-DOLL 2001). Mit einem Selektivitäts-Faktor von 2.9 liegt das adulte Wisent in dem für Grasäser genannten Bereich.

5.2.4 Kotpartikelgröße

Das wiederholte Regurgitieren von Nahrungsbrei zum Zerkauen durch den Ruktus und die selektive Retention größerer Nahrungspartikel im Retikulum sind verantwortlich für den Feinheitsgrad der Partikel im Kot. Dabei ist die mikrobielle Fermentation für die Reduktion der Partikelgröße von weit aus kleinerer Bedeutung als das mechanische Zerkauen (SPALINGER und ROBBINS 1992). Damit ist die Partikelgrößenverteilung im Kot aber auch ein Indikator für die Effizienz von Faserverdaulichkeit. Nach CLAUSS et al. (2002) haben in Gefangenschaft lebende Laubäser größere Partikel im Kot als Grasäser. Allerdings tritt dieser Unterschied nur bei in Gefangenschaft lebenden Tieren auf und nicht bei frei lebenden (Abb. 13), was bedeuten könnte, dass die Zähne von Laubäsern weniger an Zoodiäten angepasst sind, als die von Grasäser (HUMMEL et al. 2008). Unterschiede in Zahnform und Zahnstruktur zwischen den beiden Äsungstypen könnten eine Ursache der unterschiedlichen Kotpartikelgröße sein (ARCHER und SANSON 2002), als auch generelle Unterschiede im Abnutzungsgrad der Zähne zwischen in Gefangenschaft gehaltenen und frei lebenden Tieren (KAISER et al. 2009). Die Zähne von Laubäsern könnten morphologisch weniger an das Zerkauen von Zoodiäten angepasst sein, da ihre Zähne einen größeren Abnutzungsgrad aufweisen. Eine feine Zerkleinerung des Futters könnte dadurch erschwert sein.

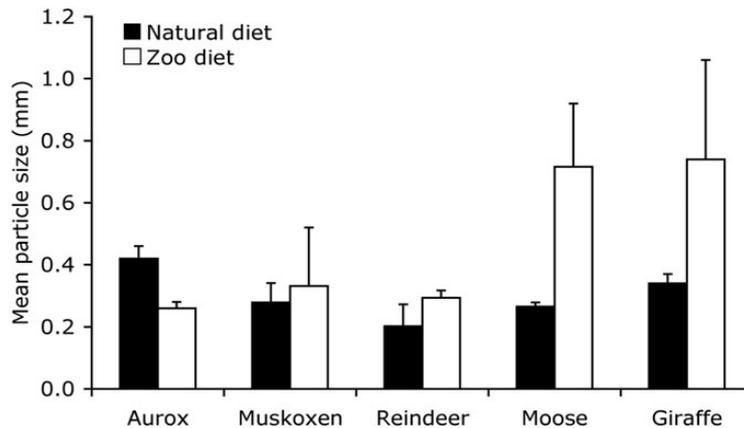


Abb. 13: Vergleich der Kotpartikelgrösse bei Wildwiederkäuern (Aurochse, Moschusochse, Rentier, Elch, Giraffe) in Menschenobhut und in freier Wildbahn aus LECHNER et al. (2010)

In der eigenen Studie zeigt die Wahl der verschiedenen Futtermittel keinen systematischen Effekt auf die MPS (Tab. 18a und b). Auffällig ist jedoch dass die MPS der eigenen Studie immer deutlich höher waren als in anderen Studien. Die MPS in der Laubheu Ration lagen durchschnittlich bei 1.4mm, was verglichen mit Ration aus frischem Gras (0.4mm) und frischem Laub Ration (0.7mm) deutlich höher war. Dies könnte ein Hinweis sein, dass sich selbst Laubheu anders verhält als natürliche Äsung.

5.3 Fütterung von Elchen in Menschenobhut

5.3.1 Futteraufnahme

In der Fütterung von Wiederkäuern, die ihrem natürlichen Nahrungsspektrum entsprechend gefüttert werden sollen, hat Raufutter einen besonders hohen Stellenwert, da es einen möglichst großen Anteil der täglichen Nahrung ausmachen sollte (HUMMEL 2003). Während sich frei lebende Elche zu 100% von Raufutter ernähren, also von unzerkleinertem Laub- und Stengelmateriale, stellt diese Futtergruppe in Gefangenschaft nur einen Teil der Ration dar. Im Hinblick darauf wurden 7 verschiedene Raufutterrationen für die Elche zur Erprobung gewählt. Keine dieser Rationen entsprach einer im Wildnispark Zürich für die Elche angewandten Ration, so dass abzuwarten war, ob die Tiere die verschiedenen neuen Raufaserquellen überhaupt akzeptieren und in größeren Mengen regelmäßig aufnehmen würden.

Mischfutter: Trogfutter mit ad libitum Luzerne

Im Wildnispark Langenberg stellten Grascobs und Wildfutter auf Basis von Getreide, Zuckerrübenprodukten, Mineral- und Vitaminzusätzen eine Grundlage der täglichen Ration dar.

In der Literatur gibt es keinen vergleichbaren Fütterungsversuch für Elche, obwohl es interessant wäre, zu sehen, wie sich die Tiere im direkten Vergleich zwischen einem pelletierten Futter und Luzerne als Raufutterquelle entscheiden. Die durchschnittlich aufgenommene Tagesration in diesem Versuch bestand zu 73% aus pelletierten Grascobs bzw. Wildfutter und nur zu 27% aus Luzerneheu. Dies bestätigt die Aussagen von CLAUSS et al. (2003c), dass laubäsende Wiederkäuer in Zoos regelmäßig niedrigere Raufutteraufnahmen haben. Es ist anzunehmen, dass Luzerneheu trotz guter Qualität als Raufaserquelle nicht präferiert wurde, weil gleichzeitig ein bekanntes und sehr schmackhaftes pelletiertes Futter angeboten wurde. Dies veranschaulicht ganz deutlich das von CLAUSS und DIERENFELD (2008) beschriebene Problem, dass in Haltungen von Elchen ein gewisser Mangel an pflanzlichen Rohfasern herrscht und im Gegensatz dazu eine Überversorgung an leichtverdaulichen Kohlenhydraten wie Zucker und Stärke festzustellen ist. Dieser Fütterungsversuch scheint also aufzuzeigen, dass eine ad libitum Fütterung von Luzerneheu noch nicht automatisch zu einer höheren Futteraufnahme an pflanzlicher Rohfaser führt, solange ein pelletiertes Futtermittel den größten Anteil einer Tagesration ausmacht. So müsste das pelletierte Futter auf ein benötigtes Minimum reduziert werden und gleichzeitig eine von den Elchen gern gefressene Raufaserquelle ad libitum angeboten werden, um eine Erhöhung der Rohfaser im Futter der Elche zu erreichen.

Vergleicht man die Ergebnisse aus verschiedenen Fütterungsversuchen aus Tab 1 mit alleiniger Pelletfütterung, so war die in unserem Versuch erreichte durchschnittliche Futteraufnahme von $78\text{g TS kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ überdurchschnittlich, was vermutlich auf die unterschiedliche Zusammensetzung der eingesetzten pelletierten Futtermittel zurückzuführen ist.

Luzerneheu ad libitum

Luzerneheu wird in Zoos aufgrund der ihm zugesprochenen laubähnlichen Eigenschaften oft an laubäsende Arten verfüttert. So ist bei Giraffen das Verfüttern von Luzerneheu als Raufutter als typisch anzusehen (CLAUSS et al. 2001b). Bei

anderen Laub fressenden Arten wie dem Großen Kudu (*Tragelaphus strepsiceros*) machte dagegen bei nur 2 von 4 untersuchten Zoos Luzerneheu bzw. Luzerne einen nennenswerten Anteil des Raufutters aus (HUMMEL 2003). Okapis, einem Laub äsenden Urwaldbewohner, wurde in einer Fütterungsstudie von HUMMEL (2003) immer Luzerneheu ad libitum als Raufutter angeboten. Die pro Tier verzehrte Menge schwankte stark zwischen ca. 0.9 und 2.1kg TS d⁻¹ (HUMMEL 2003); dies ergibt eine errechnete Futteraufnahme zwischen 14 und 32g TS kg^{-0.75} d⁻¹ und liegt damit in der Größenordnung (17-30g TS kg^{-0.75} d⁻¹), die auch bei den Elchen dieser Studie bei gleichzeitigem Trogfutter-Angebot aufgenommen wurde.

Fütterungsversuche beim Elch mit einer Luzerneheu ad libitum Fütterung zeigen für den Winter Futteraufnahmen von 4.3kg TS d⁻¹ (RENECKER und HUDSON 1990) bzw. 4.4kg TS d⁻¹ (RENECKER et al. 1983) und im Sommer von sogar 5.8kg TS d⁻¹ (RENECKER und HUDSON 1990). Dies ergibt eine Futteraufnahme von Luzerneheu für den Winter zwischen 65 und 69g TS kg^{-0.75} d⁻¹, sowie für den Sommer 93g TS kg⁻¹ LM^{0.75} d⁻¹. Die im Winter erfassten Daten des eigenen Versuches für Luzerneheu zeigten zunächst ein geringere Futteraufnahme: Die Futteraufnahmen lagen zwischen 2.3 und 3.8kg TS d⁻¹ bzw. 38 und 66g TS kg^{-0.75} d⁻¹. Allerdings sind diese Ergebnisse unter dem Vorbehalt zu sehen, dass bei den gleichen Tieren im folgenden Luzerne- und Grasheu Fütterungsversuch die Futteraufnahmen von Luzerneheu anstiegen. Die höheren Futteraufnahmen bei RENECKER und HUDSON (1990) im Vergleich zu dem eigenen Versuch liegt vermutlich auch an unterschiedlicher Luzerneheu-Qualität und an einer längeren Angewöhnungsphase. Europäisches Luzerneheu hat in seiner chemischen Zusammensetzung einen höheren Gehalt an Faser und einen geringeren Gehalt an Proteinen, als Luzerneheu aus den USA, das meist bereits kurz nach der Blüte geerntet wird (CLAUSS und DIERENFELD 2008). Zudem ist davon auszugehen, dass aufgrund typischer saisonaler Unterschiede in der Futteraufnahme im Sommer erhobene Werte über den in dieser Studie gemessenen Werten liegen.

Luzerne- und Grasheu ad libitum

Die Futteraufnahme von Grasheu beim Elch wird in der Literatur sehr kontrovers diskutiert. Viele Autoren sehen in Grasheu über einen längeren Zeitraum keine geeignete Raufaserquelle für den Elch (RENECKER und HUDSON 1990; CLAUSS 2000; SCHWARZ et al. 1985; SCHWARZ 1992b; SPALINGER et al. 1993); jedoch

zeigen Fütterungsversuche von HJELJORD et al. (1982) über 21 Tage eine Futteraufnahme zwischen 37 und 72g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$. In einer Studie von SCHWARTZ und HUNDERTMARK (1993) wurde acht Elchen eine Grasheu ad libitum Fütterung angeboten, wobei sie erst nach 10 Tagen begannen, Grasheu zu fressen. Dies wurde dadurch begründet, dass sie wie frei lebende Elche Grasheu zunächst nicht als eine Futterquelle erkennen; erst nach 10 Tagen waren die Elche vermeintlich hungrig genug, um das Grasheu zu fressen.

In unserer Studie konnten zwei Elche zwischen Luzerneheu und Grasheu frei wählen. In den ersten drei Tagen der Anfütterungsphase für diesen Versuch (keine genaue quantitative Mengenbestimmung durch Ein- und Rückwaagen des Futters) wurde beobachtet, dass Fritz und Viola zusammen zwischen 2kg und 4kg Grasheu fraßen. Ab dem vierten Tag der Anfütterung wurde jedoch kein Grasheu mehr aufgenommen. Die Futteraufnahme während der Versuchsphase für Grasheu lagen bei 0.18 und 0.26kg TS d^{-1} . Da die Futteraufnahmen von Grasheu so gering waren, wurde von einem weiteren Versuch mit zwei Tieren abgesehen.

In den Fütterungsversuchen mit Luzerne- und Grasheu (RENECKER und HUDSON 1990; RENECKER et al. 1983) lag die Futteraufnahme zwischen 63 und 93g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$. Allerdings ist festzuhalten, dass Luzerneheu nicht getrennt von Grasheu angeboten wurde, da RENECKER und HUDSON (1990) davon ausgingen, dass Elche keine ausschließliche Grasheufütterung für eine längere Zeit überstehen, wurden Luzerne- und Grasheu zu gleichen Teilen vermischt. Anschließend wurden beide Futtermittel auf 10cm große Stücke geschnitten, um eine Selektion von Pflanzenteilen zu verhindern. Damit bestand keine Wahlmöglichkeit zwischen den beiden Futtermitteln bestand wie im eigenen Versuch.

Wie bereits angesprochen, stieg die Futteraufnahme von Luzerneheu bei den gleichen Elchen im Luzerne- und Grasheu Versuch im Vergleich zum Luzerneheu Versuch. Der Elchbulle Fritz nahm 4.7kg TS d^{-1} Luzerneheu auf, was eine Steigerung um den Faktor 1.7 war. Bei der Regulation der Futteraufnahme kommen nach TOATES (1986) immer externe Faktoren (z.B. Konfrontation mit einem bestimmten Futter) und interne Faktoren (z.B. bestimmter Hungerzustand) zusammen, wobei auch Lernvorgänge eine wichtige Rolle spielen. Im Fall der beiden Elche in diesem Versuch ist davon auszugehen, dass eine verlängerte Adaptationszeit an das Luzerneheu zu einer verbesserten Akzeptanz führte.

Luzerne-, Gras-, und Laubheu ad libitum

CLAUSS et al. (2001b) beschrieben für 2 Zoogiraffen, einem Laubäser wie der Elch, dass ein zusätzliches Laubangebot, ergänzend zu einer bereits limitiert angebotenen Laubration, nicht zu einer Reduzierung der Aufnahme der anderen Futtermittel, sondern zu einer insgesamt höheren Futteraufnahme führte. Die eigenen Ergebnisse aus diesem Versuch zeigen für drei von vier Elchen eine reduzierte Futteraufnahme von Luzerneheu und geringfügigere Futteraufnahme von Grasheu im Vergleich zu dem angebotenen Laubheu sowie zu den vorhergegangenen Versuchen (Tab. A 4a). Allerdings war bei allen vier Elchen die durchschnittliche Futteraufnahme zwischen 85 und 106g TS kg^{-0.75} d⁻¹ so hoch wie in keinem der anderen durchgeführten Versuche. Es dürfte sich hier um eine Kombination von mehreren Faktoren handeln – eine Steigerung der Futteraufnahme einerseits aufgrund der höheren Vielfalt (MIQUELLE und JORDAN 1979), andererseits, weil ein für Elche besonders adäquates Raufutter angeboten wurde. Zudem waren die Elche zu dem Zeitpunkt dieser Ration an das Luzerneheu schon sehr gut angewöhnt.

Hervorzuheben ist die individuelle Futterpräferenz für Luzerneheu der Elchkuh Xenia. Im direkten Vergleich zwischen Laub- und Luzerneheu fraß sie mehr als doppelt so viel Luzerneheu (4.3kg TS d⁻¹) als Laubheu (2.1kg TS d⁻¹). Auch steigerte Xenia die Luzerneheu Aufnahme insgesamt vom Luzerneheu Versuch (3.8kg TS d⁻¹) zum Luzerne-, Gras-, und Laubheu Versuch (4.3kg TS d⁻¹). Solche tierspezifischen Faktoren für die Wahl eines Futtermittels dokumentieren MIQUELLE und JORDAN (1979) ebenfalls für verschiedene Laubsorten. Bei einer ad libitum Auswahl von sieben verschiedenen Laubsorten war bei manchen Tieren eine individuelle Bevorzugung einer bestimmten Laubsorte festzustellen. MIQUELLE und JORDAN (1979) bemerkten jedoch auch, dass tierabhängige individuelle Vorlieben für eine bestimmte Laubart im Laufe der Zeit sogar für die gleichen Tiere variierten.

Laubheu ad libitum

Es ist fraglich, in wie weit Literaturdaten für die Futteraufnahme von frischem Laub auf Laubheu übertragen werden können. Für Giraffen und andere große Laub äsende Wiederkäuer wurde jedoch die Empfehlung gegeben, dass täglich 2% ihrer LM an Futter (TS) aufgenommen werden sollten (LINTZENICH und WARD 1997). Rechnerisch ergeben sich für die vier Elche daraus Futteraufnahmen zwischen 80

und 84g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$. Nur die Elchkuh Viola erreichte während des Laubheu Versuchs mit 82g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ diese Empfehlung; die Futteraufnahmen der drei anderen Elche lagen zwischen 62 und 73g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$. Anders als bei Xenia zeigen die Ergebnisse, dass die Elchkuh Viola eine Futterpräferenz für Laubheu hatte. Ihre Futteraufnahmen für Laubheu liegen sowohl im Luzerne-, Gras- und Laubheu Versuchen mit 5.21kg TS d^{-1} als auch im Laubheu Versuch mit 5.47kg TS d^{-1} verglichen mit den anderen Elchen aus diesen Versuchen am höchsten.

Da die Futteraufnahme bei Wiederkäuern nicht linear mit der Lebendmasse ansteigt, sondern – je nach Datenauswertung – mit dem metabolischen Körpergewicht ($\text{LM}^{0.75}$) (CLAUSS et al. 2007) oder einem anderen Exponenten ($\text{LM}^{0.9}$) (HACKMANN und SPAIN 2010), ist eine Angabe in Prozent für einen grossen Körpergrössenbereich vermutlich nicht adäquat. Angaben zur Futteraufnahme sollten daher für eine entsprechende nicht-lineare Basis ($\text{LM}^{-0.75}$ oder $\text{LM}^{-0.9}$) gemacht werden.

Frisches Gras

Obwohl frisches Gras für Elche keine empfohlene Rohfaserquelle ist (CLAUSS et al. 2003b; SHOCHAT et al. 1997), wurde es in diesem Versuch von dem einzigen getesteten Elch mit einer durchschnittlichen Futteraufnahme von 93g TS $\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$ aufgenommen. Es existieren keine vergleichbaren Literaturdaten für eine frische Grasschnitt-Fütterung für den Elch, jedoch kann mit diesem Versuch gezeigt werden, dass frisches Gras von diesem Elch als Futter akzeptiert und auch in großen Mengen gefressen wurde.

Während der Anfütterungsphase nahm der Kot die Form eines Kuhfladens an. Auch während des Versuches veränderte sich dies nicht. Eine unkontrollierte Enteritis wie sie von SHOCHAT et al. (1997) beschrieben wurde, konnten nicht festgestellt werden. Es ist jedoch zu bemerken, dass das Gras frisch geschnitten und dann in der Raufe angeboten wurde und nicht über ein Abweiden auf einer Wiese aufgenommen wurde. Aufgrund der kurzen Versuchsdauer kann nicht gesagt werden, ob das Verfüttern von Gras an Elche im Zusammenhang mit WSC (Wasting-Syndrom-Complex) steht, jedoch lässt der Versuch vermuten, dass WSC wahrscheinlicher beim Grasens auf weideähnlichen Flächen und des damit verbundenen Risikos von parasitärer Reinfektion (PFISTER 1989) verbunden ist. Nach PETERSON (1955) und SCHWARTZ (1992b) sowie Berichten zu Elchen aus freier Wildbahn von William Collins (pers. comm. 2009) ist kuhfladenartiger Kot bei Elchen

in freier Wildbahn im Sommer häufig zu beobachten und kann daher vermutlich, wenn keine anderen Anzeichen für Durchfall vorliegen, als normal betrachtet werden.

Frisches Laub

Die in diesem Versuch angebotenen frischen Blätter der Weide (*Salix spp.*) ähneln wohl am ehesten der natürlichen Nahrung von Elchen. Der Elch Yukon aus dieser Studie hatte eine Futteraufnahme von $112\text{g TS kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$. Im Vergleich dazu liegen die Futteraufnahmen bei HJEJORD et al. (1982) zwischen 48 und $58\text{g TS kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei HJEJORD et al. (1982) Laub und Äste von Weide, Eberesche und Birke auf 10cm gehäckselt und gemischt wurden. Weide wird zwar von Elchen bevorzugt gefressen (CLAUSS 2000), jedoch ist es fraglich, ob dies der einzige Faktor für die hohe Futteraufnahme aus dieser Studie gewesen sein kann. Die Tatsache, dass sich der verwendete Jährling noch im Wachstum befand, dürfte hier ebenfalls eine Rolle gespielt haben. Bei MIQUELLE und JORDAN (1979) nahmen Elch-Jährlinge, von denen keine LM angegeben sind, zwischen 5.0 und 9.3kg TS an Laubäsung auf. Dort lagen die höchsten Futteraufnahmen bei einem Versuch mit sieben verschiedenen Laubsorten. Vergleicht man die Versuche von MIQUELLE und JORDAN (1979) mit nur einer Laubart, so lagen die Futteraufnahmen zwischen 5.0 und 7.4kg TS d^{-1} , was ähnlich zu den erfassten 6.0kg TS d^{-1} aus dem eigenen Versuch war. Die Kotkonsistenz war mit einem Faeces score von #2 so kompakt wie in keinem anderen der durchgeführten Versuche.

5.3.2 Fütterungsrelevanz

Abbildung 14 vergleicht die Aufnahme an verdaulicher Energie DE ($\text{MJ kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$) auf den verschiedenen Rationen. SCHWARTZ et al. (1988a) errechnet $0.6 \text{ DE } (\text{MJ kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1})$ als täglichen energetischen Erhaltungsbedarf (s. Tab. 4). Bemerkenswert ist, dass dieser Energiebedarf (eingezeichnete Linie) in der vorliegenden Studie alleine durch Raufutter-Fütterung gedeckt werden konnte. Diese Ergebnisse sollten dazu ermutigen, Elche in Menschenobhut nur mit Raufuttermitteln zu füttern.

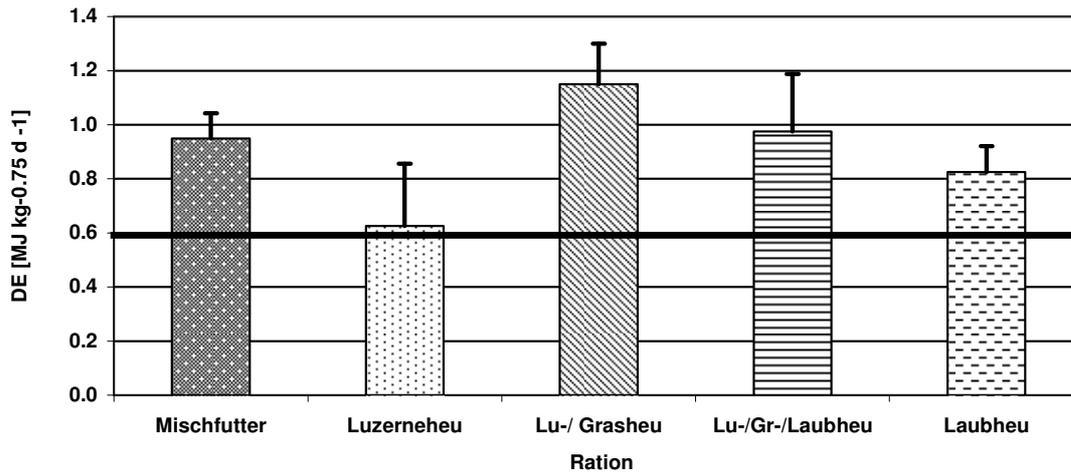


Abb. 14: Aufnahme an verdaulicher Energie (DE) bei den verschiedenen Futterrationen im Vergleich zum von Schwartz et al. (1988a) ermittelten Bedarf (durchgezogene Linie)

Es bleibt zu klären, ob die gemessenen DE ($\text{MJ kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$) auch dem Energiebedarf eines in menschlicher Obhut gehaltenen Elchs entsprechen. Elche mit einer Luzerneheu Fütterung sollen ihr Körpergewicht nach SCHWARTZ und HUNDERTMARK (1993) nicht halten können. Giraffen, die ebenfalls zu den Laubäsern zählen, können ihren Energiebedarf nicht mit einer Luzerneheu ad libitum Fütterung decken (FOOSE 1982; HATT et al. 2005), eine Beobachtung die nach verschiedenen Autoren auch für den Elch zutrifft (BØ und HJELJORD 1991; SCHWARTZ und HUNDERTMARK 1993). Nur durch regelmässiges Wiegen könnte festgestellt werden, ob eine ausreichende Energieversorgung stattgefunden hat; eine regelmäßige Kontrolle der Körpermasse war während der eigenen Versuche aber nicht möglich.

RENECKER und HUDSON (1985a) errechnen eine benötigte Aufnahme von verdaulicher Energie (DE) von $0.75 \text{ MJ kg}^{-0.75} \text{ d}^{-1}$, damit keine Gewichtsreduktion bei Elchen eintritt. Es wird von Unterschieden im diesem Grund- bzw. Ruhezustand zwischen den Jahreszeiten beim Elch berichtet, die den Faktor 1.4 (REGELIN et al. 1985), 1.5 (REGELIN et al. 1985), 2.2 (RENECKER und HUDSON 1986) bzw. 3.1 (RENECKER und HUDSON 1989a) ausmachen.

6 Schlussfolgerungen

Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können die anfangs aufgestellten Hypothesen nicht durchweg bestätigt werden.

Im Gegensatz zu den Hypothesen stieg die Futteraufnahme nicht mit dem Anteil von angebotenen Laub an; sie war bei Raufutter-Rationen, in denen Luzerneheu angeboten wurde, höher als bei der reinen Laub-Ration. Die beiden Elche, die für einen längeren Zeitraum Luzerneheu (allein oder mit dem nicht angenommenen Grasheu) angeboten bekamen, hatten auf diesem Futter eine höhere Futteraufnahme als bei Rationen mit Laubanteil (Hypothesen 1 und 2). Signifikante Unterschiede in der Verdaulichkeit ergaben sich nicht (Hypothese 3), was an der kurzen Anfütterungsphase gelegen haben könnte. Auch bestätigte sich nicht, dass mit dem Anteil der Laubfütterung die Partikelgrösse im Kot ansteigt (Hypothese 5).

Hingegen bestätigte sich, dass das Verhältnis von Partikel- zu Flüssigkeitspassage unabhängig von den verwendeten Futterrationen ist, und dass auch bei Elchen die Futteraufnahme einen Einfluss auf die Ingestapassage hat (Hypothese 4).

Zusätzlich können aufgrund der vorliegenden Arbeit folgende Schlussfolgerungen über die Futteraufnahme und Verdauungsphysiologie gezogen werden:

- Luzerneheu wird von Elchen als Futtermittel akzeptiert und in solchen Mengen gefressen, dass der tägliche Energiebedarf gedeckt wird.
- Wie der Luzerne-, Gras-, und Laubheu Versuch zeigt, kann die gesamte Futter- und Rohfaseraufnahme mit einer größeren Vielfalt von adäquaten Raufaserquellen gesteigert werden. Die Futteraufnahme von Luzerneheu ging mit einem Angebot von ad libitum Laubheu nicht zurück. Die Elche zeigen jedoch individuelle Futterpräferenzen hinsichtlich des Luzerne- und Laubheus. Grasheu wurde als Futtermittel nicht angenommen.
- Nur wenn die pelletierte Zoofutterration auf ein benötigtes Minimum reduziert wird und gleichzeitig eine von Elchen gern gefressene Raufutterquelle ad libitum angeboten wird, kann eine Erhöhung der Rohfaser im Futter der Elche erreicht werden.

7 Literaturverzeichnis

- Andersson E (1971) Observations on the winter food and diurnal rhythm of the moose (*Alces alces*). Suomen Riista 23:105-118
- Archer D und Sanson G (2009) Form and function of the selenodont molar in southern African ruminants in relation to their feeding habits. Journal Zoology 257:13-26
- Arthun D, Holechek JL, Wallace JD, Gaylean ML, Cardenas M (1992) Forb and shrub effects on ruminal fermentation in cattle. Journal of Range Management 45:519-522
- Baines TH (1965) Notes on the breeding of Rocky Mountain goat (*Oreamnos montanus*) and the care of other ungulates at Calgary Zoo. International Zoo Yearbook 5:66-69
- Bartocci S, Amici A, Verna M, Terramoccia S, Martillotti F (1997) Solid and fluid passage rate in buffalo, cattle and sheep fed diets with different forage to concentrate ratios. Livestock Production Science 52:201-208
- Bayer D (2007) Untersuchung zur Schichtung des Vormagens bei Hausrindern und Wildwiederkäuern. Dissertation. Departement für Kleintiere. Klinik für Zoo-, Heim-, und Wildtiere. Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich
- Behrend A (1999) Kinetik des Ingestaflusses bei Rehen (*Capreolus capreolus*) und Mufflons (*Ovis ammon musimon*) im saisonalen Verlauf. Dissertation. Institut für Zoo- und Wildtierforschung. Humboldt Universität Berlin
- Behrend A, Lechner-Doll M, Streich WJ und Clauss M (2004) Seasonal faecal excretion, gut fill, liquid and particle marker retention in mouflon (*Ovis ammon musimon*), and a comparison with roe deer (*Capreolus apreolus*). Acta Theriologica 49:503-515
- Bergerud AT und Manuel F (1968) Moose damage to balsam fri-white birch forests in central Newfoundland. Journal of Wildlife Management 32:729-746
- BØ S und Hjeljord O (1991) Do continental moose ranges improve during cloudy summers? Canadian Journal of Zoology 69:1875-1879
- Branine ME, Galyean ML (1990) Influence of grain and monensin supplementation, intake, digesta, kinetics and incidence and severity of frothy bloat in steers grazing winter wheat pasture. Journal of Animal Science 68:1139-1150
- Burns JC, Pond KR, Fisher DS, Luginbuhl JM (1997) Changes in forage quality, ingestive mastication, and digesta kinetics resulting from switchgrass maturity. Journal of Animal Science 75:1368-1379

- Clauss M (1998) Feeding giraffe (*Giraffa camelopardalis*). Master Arbeit. The Royal Veterinary College/ Zoological Society of London
- Clauss M (2000) Fütterungspraxis in der Haltung von Elchen (*Alces alces*). Dissertation. Institut für Physiology, Physiologische Chemie und Tierernährung. Ludwig-Maximilians-Universität München
- Clauss M und Lechner-Doll M (2001) Differences in selective reticulo-ruminal particle retention as a key factor in ruminant diversification. *Oecologia* 129:321-327
- Clauss M, Lechner-Doll M, Behrend A, Lason K, Lang D, Streich WJ (2001a) Particle retention in the forestomach of a browsing ruminant, the roe deer (*Capreolus capreolus*). *Acta Theriologica* 46:103-107
- Clauss M, Lechner-Doll M, Flach E, Tack C, Hatt J-M (2001b) Comparative use of four different marker systems for the estimation of digestibility and low food intake in a group of captive giraffes (*Giraffa camelopardalis*). *Zoo Biology* 20:315-329
- Clauss M, Lechner-Doll M, Streich WJ (2002) Faecal particle size distribution in captive wild ruminants: An approach to browser/grazer dichotomy from the other end. *Oecologia* 131:343-349
- Clauss M, Lechner-Doll M, Streich WJ (2003a) Ruminant diversification as an adaptation to the physicommechanical characteristics of forage. A reevaluation of an old debate and a new hypothesis. *Oikos* 102:253-262
- Clauss M, Kienzle H, Wiesener H (2003b) The botanical, structural and chemical composition of different pelleted feeds used in a captive browsing ruminant, the moose (*Alces alces*). In: Fidgett A, Clauss M, Gansloßer U, Hatt J-M, Nijboer J (Hrsg), *Zoo Animal Nutrition*, Bd. 2. Filander Verlag, Fürth, 91-101
- Clauss M, Kienzle H, Hatt J-M (2003c) Feeding practice in captive wild ruminants: Peculiarities in the nutrition of browsers/concentrate selectors an intermediate feeders. A review. In: Fidgett A, Clauss M, Gansloßer U, Hatt J-M, Nijboer J (Hrsg) *Zoo Animal Nutrition*, Bd 2. Filander Verlag, Fürth, 27-52
- Clauss M, Flach EJ, Tack C, Lechner-Doll M, Streich WJ, Hatt J-M (2003d) Feed intake, preference patterns and digestion coefficient in captive giraffe (*Giraffa camelopardalis*) offered a tannin-containing diet. *Erkrankung der Zootiere: Verhandlungsbericht des 41. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zoo- und Wildtiere*:333-342
- Clauss M, Kienzle E; Wiesner H (2003e) Feeding browse to large zoo herbivores: How much is "a lot", how much is "sufficient"? In: Fidgett A, Clauss M, Gansloßer U, Hatt J-M, Nijboer J (Hrsg), *Zoo Animal Nutrition*, Bd. 2. Filander Verlag, Fürth

- Clauss M, Hummel J, Streich WJ (2006a) The dissociation of the fluid and particle phase in the forestomach as a physiological characteristic of large grazing ruminants: An available, comparable ruminant passage data. *European Journal of Wildlife Research* 52:88-98
- Clauss M, Hofmann RR, Hummel J, Adamczewski J, Nygren K, Pitra C, Streich WJ, Reese S (2006b) Macroscopic anatomy of the omasum of free-ranging moose (*Alces alces*) and muskoxen (*Ovibos moschatus*) and a comparison of the omasal laminal surface area in 34 ruminant species. *The Journal of Zoology* 270:346-358
- Clauss M, Schwarm A, Ortmann S, Streich WJ, Hummel J (2007) A case of non-scaling in mammalian physiology? Body size, digestive capacity, food intake, and ingesta passage in mammalian herbivores. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 148:249-265
- Clauss M, und Dierenfeld E (2008) The Nutrition of Browsers. In: *Zoo and Wild Animal Medicine, Current Therapy*. Elsevier, St.Louis, Missouri, 444-454
- Clauss M, Fritz J, Bayer D, Nygren K, Hammer S, Hatt J-M, Südekum K-H, Hummel J (2009a) Physical characteristics of rumen contents in four large ruminants of different feeding type, the addax (*Addax nasomaculatus*), bison (*Bison bison*), red deer (*Cervus elaphus*) and moose (*Alces alces*). *Comparative Biochemistry and Physiology A* 152:398-406
- Clauss M, Hofmann RR, Fickel J, Streich WJ, Hummel J (2009b) The intraruminal papillation gradient in wild ruminants of different feeding types: Implications for rumen physiology. *Journal of Morphology* 270:929-942
- Clauss M, Hume ID, Hummel J (2010) Evolutionary adaptations of ruminants and their potential relevance for modern production systems. *Animal* 4:979-992
- Codron D, Lee-Thorp, Sponheimer M, Codron J (2007) Nutritional content of savanna plant foods: Implications for browser/grazer models of ungulate diversification. *European Journal of Wildlife Research* 53:100-111
- Colucci PE, Macleod GK, Grovum WL, McMillan I (1984) Comparative digestion and digesta kinetics in sheep and cattle. *Canadian Journal of Animal Science, Supplement* 64:173-174
- Cullison AE (1961) Effect of physical form of the ration on steer performance and certain rumen phenomena. *Journal of Animal Science* 20:478-483
- Dehority BA (1986) Microbes in the foregut of arctic ruminants. In: Milligan LP, Grovum, WL, Dobson A, (Hrsg) *Control of digestion and metabolism in ruminants*. Reston Book, Prentice Hall, Englewood Cliff, NJ, 307-325
- Dehority BA (1994) Rumen ciliate protozoa of the blue duiker (*Cephalophus monticola*), with observations on morphological variation lines within the species *Entodinium dubardi*. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 41:103-111

- Denniston RH (1956) Ecology, behaviour and population dynamics of the wyoming or rocky mountain moose (*Alces alces shirasi*). *Zoologica* 41:105-118
- Dissen J (1983) Untersuchung über die Verdaulichkeit von Roh Nährstoffen verschiedener Futterrationen an Rehwild (*Capreolus c. capreolus L.*) und Ziegen (*Capra a. hircus L.*) sowie Beobachtungen über das Äsungsverhalten von Gehege-Rehen. Dissertation, Landwirtschaftliche Fakultät, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
- Dittrich L (1976) Food presentation in relation to behaviour in ungulates. *International Zoo Yearbook* 16:48-54
- Faichney GJ, Boston RC (1983) Interpretation of the faecal excretion patterns of solute and particle markers introduced into the rumen of sheep. *Journal of Agricultural Science* 101:575-581
- Fatzer R (1983) Beobachtungen zur Entwicklung von 4 Elchen (*Alces alces*) vor der ersten Brunft. *Zoologischer Garten N.F.* 53:233-264
- Fritz J, Hummel J, Kienzle E, Arnold C, Nunn C, Clauss M (2009) Comparative chewing efficiency in mammalian herbivores. *Oikos* 118:1623-1632
- Foose TJ (1982) Trophic strategies of ruminant versus nonruminant ungulates. PhD Arbeit, University of Chicago
- Franzmann AW (1977) Condition assessment of Alaskan moose. *Alces* 13:119-127
- Funk MA, Galyean ML, Branine ME, Krysl LJ (1987) Steers grazing blue grama rangeland throughout the growing season. I. Dietary composition, intake, digesta kinetics and ruminal fermentation. *Journal of Animal Science* 65:1342-1353
- Gill J (1959) Die Durchgangszeiten der Nahrung durch den Verdauungskanal des Elches. In: *International Union of Game Biologists, 4. Congress Arnhem/Oosterbeek*, 155-164
- Goetsch AL und Galyean ML (1982) Effect of dietary concentrate level on rumen fluid dilution rate. *Canadian Journal of Animal Science* 62:649-652
- Gordon IJ, und Illius AW (1994) The functional significance of the browser-grazer dichotomy in African ruminants. *Oecologia* 98:167-175
- Hackmann TJ, und Spain, JN (2010) Ruminant ecology and evolution: Perspectives useful to ruminant livestock research and production. *Journal of Dairy Science* 93:1320-1334
- Hagermann AE, und Robbins CT (1993) Specificity of tannin-binding salivary proteins relative to diet selection by mammals. *Canadian Journal of Zoology* 71:628-633

- Hatt J-M, Schaub D, Clauss M (2005) Energy and fibre intake in a group of captive giraffe (*Giraffa camelopardalis*) offered increasing amount of browse. *Journal of Veterinary Medicine* 52:485-490
- Hatt J-M, Clauss M (2006) Browse silage in zoo animal nutrition-feeding enrichment of browsers during winter. In: Fidgett A, Clauss M, Eulenberger K, Hatt JM, Hume I, Janssens G, Nijboer J (Hrsg) *Zoo animal nutrition III*. Filander Verlag, Fürth, 201-204
- Hediger H (1949) Die zweite Elchgeburt im Berner Tierpark (1941). *Deutscher Zoologischer Garten* 16:93-110
- Hendricksen RE, Poppi DP, Minson DJ (1981) The voluntary intake, digestibility and retention time by cattle and sheep of stem and leaf fractions of a tropical legume (*Lablab purpureus*). *Australian Journal of Agricultural Research* 32:389-398
- Henneke DR, Potter GD, Kreider JL, Yeates BF (1983) Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Veterinary Journal* 15:371-372
- Heptner WG, und Nasimowitsch AA (1974) *Der Elch*. Ziemsen Verlag, Wittenberg
- Hinders RC, Vidacs GY, Ward GM (1961) Effects of feeding dehydrated alfalfa pellets as the only roughage to dairy cows. *Journal of Dairy Science* 44:1178
- Hjeljord O, Sundstøl F, Haagenrud H (1982) The nutritional value of browse to moose. *Journal of Wildlife Management* 46:333-343
- Hofmann RR (1969) Zur Topographie und Morphologie des Wiederkäuermagens im Hinblick auf seine Funktion (nach vergleichenden Untersuchungen an Material ostafrikanischer Wildarten). *Zentralblatt für Veterinärmedizin* 10:1-180
- Hofmann RR (1973) *The Ruminant Stomach*. Stomach structure and feeding habits of East African game ruminants. East African Literature Bureau, Nairobi
- Hofmann RR (1985) Digestive physiology of deer - their morphophysiological specialization and adaptation. In: Drew K, Fennessy P (Hrsg) *Biology of deer production*, Royal Society of New Zealand Bulletin 22:393-407
- Hofmann RR (1988) Anatomy of the gastro-intestinal tract. In: Church DC (Hrsg) *The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition*. Prentice Hall, New Jersey, 14-43
- Hofmann RR (1989) Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78:443-457
- Hofmann RR (1990) Der Elch - ein jahreszeitlich anpassungsfähiger Konzentratselektierer, in Gefangenschaft ein schwieriger Kostgänger. *Wildhaltung* 90:24-27

- Hofmann RR (1991) Endangered tropical herbivores-their nutritional requirements and habitat demands. In: Ho YW, Wong H, Abdullah N, Tajuddin ZA (Hrsg) Recent advances on the nutrition of herbivores. Malaysia Society of Animal Production, UPM Serdang, 27-34
- Hofmann RR, und Nygrén K (1992a) Morphophysiological specialization and adaptation of the moose digestive system. *Alces Supplement* 1:91-100
- Hofmann RR, und Nygrén K (1992b) Ruminale mucosa as indicator of nutritional status in wild and captive moose. *Alces Supplement* 1:77-83
- Hofmann RR (2000) Functional and comparative digestive system anatomy of arctic ungulates In: 10th Arctic Ungulate Conference, Nordic Council for Reindeer Research, Tromsø 20:71-81
- Holand Ø (1994) Seasonal dynamics of digestion in relation to diet quality and intake in European roe deer (*Capreolus capreolus*). *Oecologia* 98:274-279
- Holechek JL, Pieper DR, Herbal CH (2004) Range management: Principles and Practices. Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey
- Hoppe PP, Gwynne MD, Van Hoven W (1981) Nutrients, protozoa and volatile fatty acids in the rumen of Harvey's red duiker (*Cephalophus harveyi*). *South African Journal Wildlife Research* 11:110-111
- Hubbert ME (1987) The effect of diet on energy partitioning in moose. PhD Arbeit. University of Alaska, Fairbanks
- Hummel J (2003) Ernährung und Nahrungsaufnahme-Verhalten des Okapis (*Okapia johnstoni*) in Zoologischen Gärten. Dissertation. Universität zu Köln, Shaker Verlag.
- Hummel J, Clauss M, Zimmermann W, Johanson K, Nørgaard C, Pfeffer E (2005) Fluid and particle retention in captive okapi (*Okapia johnstoni*). *Comparative Biochemistry and Physiology A* 140:436-444
- Hummel J, Clauss M, Baxter E, Flach EJ, Johansen K (2006a) The influence of roughage intake on the occurrence of oral disturbances in captive giraffids. In: Fidgett A, Clauss M, Eulenberger K, Hatt JM, Hume I, Janssens G, Nijboer J (Hrsg) Zoo animal nutrition III. Filander Verlag, Fürth, Germany, 235-252
- Hummel J, Südekum K-H, Streich WJ, Clauss M (2006b) Forage fermentation patterns and their implications for herbivore ingesta retention times. *Functional Ecology* 20:989-1002
- Hummel J, Fritz J, Kienzle E, Medici EP, Lange S, Zimmermann W, Streich WJ, Clauss M (2008) Differences in fecal particle size between free-ranging and captive individuals of two browser species. *Zoo Biology* 27:70-77

- Iason GR, und Van Wieren SE (1999) Digestive and ingestive adaptations of mammalian herbivores to low-quality forage. In: Olf H, Brown VK, Drent RH (Hrsg) Herbivores, plants and predators. Blackwell Science. Oxford, 337-369
- Illius AW, Gordon IJ (1990) Constraints on diet selection and foraging behaviour in mammalian herbivores. In: Hughes RN (Hrsg) Behavioural mechanisms of food selection. Springer Verlag, Berlin, 369-393
- Jacques K, Harmon DL, Croom WJ, Hagler WM (1989) Estimating salivary flow and ruminal water balance of intake, diet, feeding pattern, and slaframine. Journal of Dairy Science 72:443-452
- Jiang Z, Hudson RJ (1996) Digestive responses of wapiti (*Cervus elaphus Canadensis*) to seasonal forages. Acta Theriologica 41:415-423
- Johnson BK, Straley JK, Roby G (1985) Supplemental feeding of moose in western Wyoming for damage prevention. Alces 21:139-148
- Juntheikki MR (1996) Comparison of tannin-binding proteins in saliva of Scandinavian and North American moose. Biochemical Systematics and Ecology 24:595-601
- Kaiser TM, Brasch J, Castell JC, Clauss M (2009) Dental wear patterns in captive wild ruminant species differ from those of free-ranging conspecifics. Mammalian Biology 74:425-437
- Kattnig RM, Porodomingo AJ, Schneberger AG, Duff GC, Wallace JD (1992) Influence of saline water intake, digesta kinetics, and serum profiles of steers. Journal of Range Management 45:514-518
- Kay RNB, von Engelhardt W, White RG (1980) The digestive physiology of wild ruminants. In: Ruckebusch CY, Thivend P (Hrsg) Digestive physiology and metabolism in ruminants. AVI Publisher Co., Westport, 743-761
- Kay RNB (1987) Comparative studies of food propulsion in ruminants. In: Ooms LA A; Degtyse AD, Van Miert ASJPAM (Hrsg) Physiological and pharmacological aspects of the reticulo-rumen. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 155-170
- Kick CH, Gerlaugh P, Schalk AF, Silver EA (1937) The effect of mechanical processing of feeds on the mastication and rumination of steers. Journal of Agriculture Research 55:587-592
- Kleffner H (2008) Literaturstudie über die Verdaulichkeit von Energie und Nährstoffen bei carnii- und omnivoren Säugetieren als Grundlage für Energiewertschätzungen im Futter. Dissertation. Tierärztliche Fakultät. Ludwig-Maximilians Universität, München
- Kleiber M (1961) The fire of life. John Wiley & Sons, New York

- Kock RA (1985) Health and nutrition of the moose at Whipsnade Park. Verhandlungsbericht des Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere 27:101-106
- Koene P, Visser EK (1997) Tongue playing behaviour in captive giraffe. In: Proceedings 1st International Symposium on Physiologies and Ethology of Wild and Zoo Animal, Berlin, 106-111
- Kotb AR, Luckey TD (1972) Markers in nutritions. Nutrition Abstracts and Review 42:813-845
- Krysl LJ, Galyean ML, Judkins MB, Branine ME, Estell RE (1987) Digestive physiology of steers grazing fertilized and nonfertilized blue grama rangeland. Journal of Range Management 40:493-501
- Kühme W (1974) Klauenpflege beim Nord-Elch. Kölner Zoo 17:23-28
- Landowski VJ (1969) Künstliche Aufzucht und Entwicklung junger Elche. Zoologischer Garten 36:327-336
- Lechner I, Barboza P, Collins W, Fritz J, Günther D, Hattendorf B, Hummel J, Südekum K-H, Clauss M (2010) Differential passage of fluids and different-sized particles in fistulated oxen (*Bos primigenius f. taurus*), muskoxen (*Ovibos moschatus*), reindeer (*Rangifer tarandus*) and moose (*Alces alces*): Rumen particle size discrimination is independent from contents stratification. Comparative Biochemistry and Physiology A 155:211-222
- Lechner-Doll M (1986) Selektive Retention von Futterpartikeln verschiedener Größe im Magen-Darmkanal von Kamelen im Vergleich mit Rindern und Schafen in Sudan. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- Lechner-Doll M, von Engelhardt W (1989) Particle size and passage from the forestomach in camels compared to cattle and sheep fed a similar diet. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 61:120-128
- Lechner-Doll M, Rutagwenda T, Schwartz HJ, Schultka W, von Engelhardt W (1990) Seasonal changes of ingesta mean retention time and forestomach fluid volume in indigenous camels, cattle, sheep and goats grazing a thornbush savannah pasture in Kenya. Journal of Agricultural Science 115:409-420
- Lechner-Doll M, Kaske M, von Engelhardt W (1991) Factors affecting the mean retention time of particles in the forestomach of ruminants and camelids. In: Tsuda T, Saaski Y, Kawashima R (Hrsgs) Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. Academic Press, San Diego, 455-482
- Ledoux DR, Williams JE, Stroud TE, Garner GB, Paterson JA (1985) Influence of forage level on passage rate, digestibility and performance of cattle. Journal of Animal Science 61:1559-1566
- Lintzenich BA, und Ward AM (1997) Hay and pellet ration: Considerations in feeding ungulates. Nutritional Advisory Group Handbook. Fact Sheet 006

- Majak W, Hall JW, Rode LM, Kalnin CM (1986) Rumen clearance rates in relation to the occurrence of alfalfa bloat in cattle. 1. Passage of water-soluble markers. *Journal of Dairy Science* 69:1560-1567
- Marholdt F, und Hofmann RR (1991) Makro- und mikroskopische Veränderungen der Pansenschleimhaut von Zoo- und Wildwiederkäuern- ein Befundbericht mit Hinweisen zur artgerechten Fütterung. In: 11. Arbeitstagung der Zootierärzte im deutschsprachigen Raum, 19-33
- McCollum FT, und Galyean ML (1985) Influence of cottonseed meal supplementation on voluntary intake, rumen fermentation and rate of passage of prairie hay in beef steers. *Journal of Animal Science* 60:570-577
- Meissner HH, Zacharias PJK, O'Reagain PJ (1999) Forage quality (feed value). In: Tainton NM (Hrsg) *Veld management in South Africa*. University of Natal Press, Pietermaritzburg, 139-168
- Merchen NR (1988) Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: Church DC (Hrsg) *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Prentice-Hall, Englewood Cliff, 172-201
- Meyer K, Hummel J, Clauss M (2010) The relationship between forage cell wall content and voluntary food intake in mammalian herbivores. *Mammal Review* 40: 221-245
- Miquelle DG (1983) Summer defecation-urination rates and volumes of moose. *Journal of Wildlife Management* 47:1230-1233
- Miquelle DG, und Jordan, PA (1979) The importance of diversity in the diet of moose. *Alces* 15:54-79
- Miquelle DG, und Van Ballenberghe V (1989) Impact of bark stripping by moose on aspen-spruce communities. *Journal of Wildlife Management* 53:577-586
- Moore JA, Poore MH, Swingle RS (1990) Influence of roughage source on kinetics of digestion and passage, and on calculated extents of ruminal digestion in beef steers fed 65% concentrate diets. *Journal of Animal Science* 68:3412-3420
- Morow K (1976) Food habits of moose from Augustów Forest. *Acta Theriologica* 21:101-116
- Murray JA (1919) Meat production. *Journal of Agricultural Science* 9:174-178
- Nehring K, und Schüttel J (1950) Über die Zusammensetzung und den Futterwert von Laub und Reisig. I. Mitteilung: Über die Änderungen in der Zusammensetzung von Laub und Reisig verschiedener Baumarten in Abhängigkeit von der Vegetationszeit. *Archiv für Tierernährung* 1:151-176
- Nehring K, und Schüttel J (1951) Über die Zusammensetzung von Laub und Reisig. II. Mitteilung: Über die Verdaulichkeit von Laub und Sommerreisig. *Archiv für Tierernährung* 1:264-280

- Nygrén K, und Hofmann, RR (1990) Seasonal variation of food particle size in moose. *Alces* 26:44-50
- Nygrén K, Lechner-Doll M, Hofmann RR (2001) Influence of papillae on post-ruminal regulation of ingesta passage in moose (*Alces alces*). *Journal of Zoology* 254:375-380
- Oftedal OT, Baer DJ, Allen ME (1996) The feeding and nutrition of herbivores. In: Kleimann DG, Allen ME, Thompson KV, Lumpkin S (Hrsg) *Wild mammals in captivity: Principles and techniques*. University of Chicago Press, Chicago, 129-139
- Okine EK, Mathison GW, Hardin RT (1989) Relations between passage rates of rumen fluid and particulate matter and foam production in rumen contents of cattle fed on different diets ad lib. *British Journal of Nutrition* 61:387-395
- Oldemeyer JL, Franzmann AW, Brundage AL, Arneson PD, Flynn A (1977) Browse quality and the Kenai moose population. *Journal of Wildlife Management* 41:533-542
- Ørskov ER, Ryle M (1998) *Energy nutrition in ruminants*. Chalcombe Publications, Painshall, Lincoln
- Owen-Smith N (1982) Factors influencing the consumption of plant products by large herbivores. In: Hentley W (Hrsg) *Ecology of tropical savannahs*, Springer Verlag, Berlin: 359-404
- Owen-Smith N (1998) How high ambient temperature affects the daily activity and foraging time of a subtropical ungulate, the greater kudu (*Tragelaphus strepsiceros*). *Journal of Zoology* 246:183-192
- Patenaude R (1978) Medical care of captive moose. *Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians*, 143-149
- Pérez-Barbería FJ, Elston DA, Gordon IJ, Illius AW (2004) The evolution of phylogenetic differences in the efficiency of digestion in ruminants. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Sciences* 271:1081-1090
- Peterson RL (1955) *North American moose*. University of Toronto Press, Toronto
- Pfister K, Meister V, Robin K, Kipfer H, Lobsiger L, Henzi M (1989) Bedeutung und Behandlung von *Trichuris supp.*- Infektionen beim Elch und anderen Wildwiederkäuern. *Verhandlungsbericht des Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere* 31:397-401
- Phillips PK (1992) *Regulation of surface temperature in mammals*. PhD Arbeit. University of Illinois

- Polster C (2004) Untersuchung zur Fütterung und Verdauungsphysiologie am Indischen Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*). Dissertation. Tierärztliche Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München
- Poppi DP, Minson DJ, Ternouth JH (1980a) Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. 1. The voluntary intake, digestibility and retention time in the reticulo-rumen. *Australian Journal of Research* 32:99-108
- Poppi DP, Norton BW, Minson DJ, Hendricksen RE (1980b) The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. *Journal of Agricultural Science* 94:275-280
- Prigge EC, Baker MJ, Varga GA (1984) Comparative digestion, rumen fermentation and kinetics of forage diets by steers and wethers. *Journal of Animal Science* 59:237-245
- Prins RA, Lankhorst A, Van Hoven W (1984) Gastrointestinal fermentation in herbivores and the extent of plant cell wall digestion. In: Gilchrist FMC, Mackie RI (Hrsg.) *Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics*. The Science Press, Craighall, 408-434
- Regelin WL, Schwartz CC, Franzmann AW (1985) Effects of forest succession on nutritional dynamics of moose forage. *Swedish Wildlife Research Supplement* 1: 247-263
- Renecker LA, Hudson RJ, Berzins R (1982) Nylon bag digestibility and rate of passage of digesta in moose, Wapiti and Cattle. *Alces* 18:1-16
- Renecker LA, und Hudson RJ (1983) Winter energy budgets of free-ranging moose, using a calibrated heart rate index. *International Conference on Wildlife Biotelemetry* 4:137-141
- Renecker LA, und Hudson RJ (1985a) Estimation of dry matter intake of free-ranging moose. *Journal of Wildlife Management* 49:785-792
- Renecker LA, und Hudson RJ (1985b) A technique for estimating dry matter intake of tame free-ranging moose. *Alces* 21:267-277
- Renecker LA, Hudson RJ, Lynch GW (1987) Moose husbandry in Alberta, Canada. *Swedish Wildlife Research Supplication* 1:775-780
- Renecker LA, Hudson RJ (1988) Seasonal quality of forages used by moose in the aspen-dominated boreal forest, central Alberta. *Holarctic Ecology* 11:11-118
- Renecker LA, und Hudson RJ (1990) Digestive kinetics of moose (*Alces alces*), wapiti (*Cervus elaphus*) and cattle. *Animal Production* 50:51-61
- Ricard JG, und Joyal, R (1984) Technique pour calculer la biomasse ingérée quotidiennement en hiver par l'original en liberté. *Alces* 20:245-257

- Ritscher D (1990) Erkrankungen und Todesfälle bei Elchen im Zoologischen Garten Rostock. Verhandlungsbericht des Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere 32:297-313
- Robbins CT, Hanley TA, Hagerman AE, Hjeljord O, Baker DL, Schwartz CC, Mautz WW (1987a) Role of tannins in defending plants against ruminants: Reduction in protein availability. Ecology 68:98-107
- Robbins CT, Mole S, Hagerman AE, Hanley TA (1987b) Role of tannins in defending plants against ruminants: Reduction in dry matter digestion? Ecology 68:1606-1615
- Robbins CT (1993) Wildlife feeding and nutrition. Academic Press, San Diego
- Rutagwenda TH (1989) Adaption of indigenous sheep and goats to seasonal changes of forage on a semi-arid thornbush savannah in northern Kenya. Dissertation. Tierärztliche Hochschule Hannover
- Saether BE, und Andersen R (1990) Resource limitation in a generalist herbivore, the moose (*Alces alces*): Ecological constraints on behavioural decisions. Canadian Journal of Zoology 68:993-999
- Schaub D (2004) Der Einfluss von Futterrationen mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften auf Futteraufnahme und weitere verdauungsphysiologische Parameter bei Giraffen (*Giraffa camelopardalis*). Dissertation. Klinik für Zoo-, Heim-, und Wildtiere, Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich
- Schwarm A, Ortmann S, Wolf C, Streicher J, Clauss M (2009) Passage marker excretion in red kangaroo (*Macropus rufus*), collared peccary (*Pecari tajacu*) and colobine monkeys (*Colobus angolensis*, *C. polykomos*, *Trachypithecus johnii*). Journal of Experimental Zoology A 311:647-661
- Schwartz CC, Regelin WL, Franzmann AW (1980) A formulated ration for captive moose. Proceedings of the North American moose conference 16:82-105
- Schwartz CC, Regelin WL, Franzmann AW (1984) Seasonal dynamics of food intake in moose. Alces 20:223-244
- Schwartz CC Regelin WL, Franzmann AW (1985) Suitability of a formulated ration for moose. Journal of Wildlife Management 49:137-141
- Schwartz CC, Regelin WL, Franzmann AW (1987a) Protein digestion in moose. Journal of Wildlife Management 51:352-357
- Schwartz CC, Regelin WL, Franzmann AW (1987b) Seasonal weight dynamics of moose. Swedish Wildlife Research Supplication 1:301-310
- Schwartz CC, Regelin WL, Franzmann AW, Hubbert ME (1987c) Nutritional energetics of moose. Swedish Wildlife Research Supplication 1:265-280

- Schwartz CC, Hubbert ME, Franzmann AW (1988a) Energy requirements of adult moose for winter maintenance. *Journal of Wildlife Management* 52:26-33
- Schwartz CC, Hubbert ME, Franzmann AW (1988b) Changes in body composition of moose during winter. *Alces* 24:178-187
- Schwartz CC, Regelin WL, Franzmann AW (1988c) Estimates of digestibility of birch, willow, and aspen mixtures in moose. *Journal of Wildlife Management* 52:333-337
- Schwartz CC, Regelin WL, Franzmann AW, White RG, Holleman DF (1988d) Food passage rate in moose. *Alces* 24:97-101
- Schwartz CC (1992a) Physiological and nutritional adaptations of moose to Northern Environments. *Alces. Supplement* 1:139-155
- Schwartz CC (1992b) Techniques of moose husbandry in North America. *Alces Supplement* 1:177-192
- Schwartz CC, und Hundertmark KJ (1993) Supplemental feeding of moose during winter: Can hay serve as an emergency ration? *Alces* 29:135-147
- Shaver RD, Satter LD, Jorgensen NA, (1988) Impact of forage fiber content on digestion and digesta passage in lactating dairy cows. *Journal Dairy Science* 71:1556-1565
- Shi J, Dunbar RIM, Buckland D, Miller D (2003) Daytime activity budgets of feral goats (*Capra hircus*) on the Isle of Rhum: influence of season, age, and sex. *Canadian Journal of Zoology* 81:803-815
- Shochat E, Robbins CT, Parish SM, Young PB, Stephenson TR, Tamayo A (1997) Nutritional investigations and management of captive moose. *Zoo Biology* 16:479-494
- Short HL, Blair RM, Segelquist CA (1974) Fiber composition and forage digestibility by small ruminants of *Wildlife Management* 38:197-209
- Smith LW, Goering HK, Goerdon CH (1972) Relationships of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. *Journal of Dairy Science* 55:1140-1147
- Spalinger DE, Robbins CT, Hanley TA (1986) The assessment of handling time in ruminants: The effect of plant chemical and physical structure on the rate of breakdown of plant particles in the rumen of mule deer and elk. *Canadian Journal of Zoology* 64:312-321
- Spalinger DE, und Robbins CT (1992) The dynamics of particle flow in the rumen of mule deer (*Odocoileus hemionus hemionus*) and elk (*Cervus elaphus nelsoni*). *Physiological Zoology* 65:379-402

- Spalinger DE, Robbins CT, Hanley TA (1993) Adaptive rumen function in elk (*Cervus elaphus nelson*) and mule deer (*Odocoileus hemionus hemionus*). *Canadian Journal of Zoology* 71:601-610
- Sutherland TM (1988) Particle separation in the forestomach of sheep. In: Dobson A, Dobson MJ (Hrsg) *Aspects of digestive physiology in ruminants*. Cornell University Press. Ithaca, 43-73
- Tafaj M, Kolaneci V, Maulbetsch A, Steingass H, Drochner W. (2002) Relationship between chewing activity, passage rate and nutrient digestibility in dairy cows. "Dnevnik"-Holding: Savremena poljoprivreda: Contemporary Agriculture, Novi Sad; Animal Husbandry and Agroeconomics in the processes of Transition. Herceg Novi , 105-109
- Thielemanns MF, Francois E, Bodart C, Thewis A (1978) Mesure du transit gastrointestinal chez le porc à l'aide des radiolanthanides. Comparaison avec le mouton. *Annales de Biologie Animales, Biochimie, Biophysique* 18:237-247
- Toates F (1986) *Motivational systems*. Cambridge University Press, Cambridge
- Troelsen JE, und Campbell JB (1968) Voluntary consumption of forage by sheep and its relation to the size and shape of particles in the digestive tract. *Animal Production* 10:289-296
- Tschuor A, Clauss M (2008) Investigations on the stratification of forestomach contents in ruminants: an ultrasonographic approach. *European Journal of Wildlife Research* 54:627-633
- Udén P, Colucci PE, Van Soest PJ (1980) Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *Journal of Science Food Agriculture* 31:625-632
- Udén P, Van Soest PJ (1982) The determination of digesta particle size in some herbivores. *Animal Feed Science and Technology* 7:35-44
- Van Soest PJ (1965) Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science* 24:834-843
- Van Soest PJ (1994) *Nutritional ecology of the ruminant*. In. Cornell University Press, Ithaca
- Van Soest PJ, Sniffen CJ, Allen MS (1988) Rumen dynamics. In: Dobson A, Dobson MJ (Hrsg) *Aspects of digestive physiology in ruminants*. Cornell University Press. Ithaca, 21-42
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Symposium: Carbohydrate mythology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597

-
- Van Wieren SE (1996a) Browsers and grazers: Foraging strategies in ruminants. In: Van Wieren SE (Hrsg) Digestive strategies in ruminants and nonruminants. Thesis Landbouw University of Wageningen, Netherlands, 119-145
- Van Wieren SE (1996b) Nutrient extraction from mixed grass-browse diets by goats and sheep. In: Van Wieren SE (Hrsg) Digestive strategies in ruminants and nonruminants. Thesis Landbouw University of Wageningen, Netherlands, 67-80
- Welz B, Sperling M (1997) Atomabsorptionsspektrometrie. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim
- White RG, Holleman DF, Schwartz CC, Regelin WL, Franzman AW (1984) Control of rumen turnover in Northern ruminants. Canadian Journal of Zoology 64:349-350
- White RG, Holleman DF, Hubbert ME, Staaland H (1987) Herbivores in cold climates. In: Hacker JB, Ternouth JH (Hrsg) The nutrition of herbivores. Academic Press, Sydney, 465-486

8 Appendix

Tab. A 1:

Im Folgenden wird die Zusammensetzung der Ergänzungsfuttermittel erläutert (Angaben gemäß der Verpackungsangaben des Herstellers):

Futtermittel	Zusammensetzung
Wildfutter (UFA 743 Wildfutter. Fa. UFA AG. Herzogenbuchsee. Schweiz)	Apfeltrester, Gerste, Hafer. Sojaextraktionsschrot, Mineralstoffe, Weizenkleie, Mühlennachproduktgemische, Zuckerrübenmelasse, Maiskleber, Weizenquellstärke, Raffinationsfellsäuren, Weizen, Kräuter
Pferde-Grascobs (Iso-Horse 5287 „Complete“ (8mm). Provimi Kliba. Kaiseraugst. Schweiz)	Weizenkleie, Getreidestroh, Grünmehl, Gerste, Hafer, Zuckerrübentrockenschnitzel, Zuckerrübenmelasse, Haferschälkleie, Sonnenblumenkuchen, TradiLin 135 (Leinsamen, Weizenkleie und Futtermehl extrudiert), Calciumcarbonat, Natriumchlorid, Pflanzenöl, Weizenfuttermehl, Magnesiumoxyd, Monocalciumphosphat, Zusatzstoffe: Vit. A. Vit. D3. Vit. E.
Pferde-Grascobs (Cavallino Pferde- Alleinfutter 821 Spezial. Cavallino AG Aamühle. Wädenswil. Schweiz)	Heu, Hafer, Mais, Zuckerrübenmelasse, Obsttrester, Leinsaat, Weizen, Mineralstoffe, Vitamin- und Surenelementvormischungen

**Tab. A 2: Verhältnis von Fettmasse zu fettfreier Masse im Körper eines lebenden Tier.
Bewertungsschema für den Ernährungszustand von Elchen (FRANZMANN 1977).
Body Conditions Score (BCS)**

Punkte	Beschreibung
#10	Exzellente genährter Elch. Festes Rumpffett sichtbar. Rücken und Lende voll bemuskelt. (Beachte: im ursprünglichen Schema von FRANZMANN 1977 kommt die Beurteilung „obes“ nicht vor, da es sich – so wie das Schema bei dem Autor angewendet wird – um verschiedene Zustände im Jahreswechsel handelt, bei denen ein saisonales Fettdepot als positiv und natürlich angesehen wird)
#9	Sehr gut genährter Elch. Rumpffett tastbar. Schultern rund und voll.
#8	Gut genährter Elch. Rumpffett tastbar. Knochige Strukturen von Rücken und Lende nicht hervorstehend.
#7	Durchschnittselch ohne Anzeichen von Rumpffett. aber gut bemuskelt. Knochige Strukturen von Rücken und Lende ertastbar. Schultern leicht abgehoben.
#6	Mäßig bemuskelter Elch. der eine der drei Zustände im Anfangsstadium zeigt: a) Hals und Schultern deutlich gezeichnet. b) Oberarmmuskulatur vom Brustkorb deutlich abgesetzt. c) Rippen deutlich gezeichnet.
#5	Zwei der Merkmale von (6) treffen zu.
#4	Alle drei Merkmale von (6) treffen zu.
#3	Haut sitzt lose um Hals und Schultern. Kopf niedriger getragen als normal. Gehen und Galoppieren erscheinen normal.
#2	Offensichtliche Zeichen von Unterernährung. Das Schulterblatt ist deutlich gezeichnet. Kopf und Hals niedrig und vorgestreckt gehalten. Elch geht normal. trottet und trabt mit Mühe und kann nicht galoppieren.
#1	Infauster Zustand. Generalisierter Eindruck von Schwäche. Elch geht nur mit Mühe und kann nicht mehr trotten. traben oder galoppieren.
#0	Ein an Auszehrung gestorbener Elch.

Tab. A 3:Kotkonsistenz-Beurteilungs-Schema. Faeces score (FS) für Elche des Zoologischen Gartens von Minnesota (WOLFF und PETRINI pers. Mitt. 1997)

Grad	Kotkonsistenz
#1	fester. geformter Kot
#2	geformter. aber weicher. zusammenklebender Kot
#3	ungeformter Kot. der noch Haufen bildet
#4	ungeformter Kot. der einen flachen Fladen bildet. ohne zu spritzen
#5	kontrollierter Durchfall; ungeformter Kot. der beim Absetzen spritzt
#6	unkontrollierter Durchfall; sehr hoher Wassergehalt; häufiger Kotabsatz oder ständiges Rinnen; Hinterbeine kotverschmiert; Kot tropfenweise über Gehege verteilt

Tab. A 4a: Futteraufnahme in [g TS kg^{-0.75} d⁻¹] und [kg TS d⁻¹] im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

	Tier	Gesamt	Gesamt	Frisches Gras	Frisches Laub	Luzerneheu	Laubheu	Grasheu	Wildfutter	Pferde- Grascobs (Iso- Hosre)	Pferde- Grascobs (Cavallino)	Titanoxic Pellets
		[g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]	[kg TS d ⁻¹]									
Frisches Gras (Elch)	Frid	93	6.69	5.98	-	-	-	-	-	-	-	0.09
Frisches Laub (Elch)	Yukon	112	5.96	-	5.15	-	-	-	-	-	-	0.09
Grasheu (Wisent)	Luisa	97	6.02	-	-	-	-	5.93	-	-	-	0.09
	Linda	94	3.60	-	-	-	-	3.51	-	-	-	0.09

Tab. A 4b.: Futteraufnahme [$\text{g TS kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$] und [kg TS d^{-1}] im Elch-Versuch

	Tier	Gesamt	Gesamt	Frisches Gras	Frisches Laub	Luzerneheu	Laubheu	Grasheu	Wildfutter	Pferde- Grascobs (Iso- Hosre)	Pferde- Grascobs (Cavallino)	Titanoxid- Pellets
		$[\text{g TS kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}]$		$[\text{kg TS d}^{-1}]$								
Mischfutter	Fritz	86	6.05	-	-	2.09	-	-	0.89	1.60	1.36	0.09
	Viola	70	5.21	-	-	1.26	-	-	0.89	1.60	1.36	0.09
	Thea	72	5.17	-	-	1.20	-	-	0.89	1.60	1.36	0.09
	Xenia	82	5.30	-	-	1.35	-	-	0.89	1.60	1.36	0.09
Luzerneheu	Fritz	50	3.51	-	-	3.48	-	-	-	-	0.45	0.09
	Viola	38	2.83	-	-	2.34	-	-	-	-	0.45	0.09
	Thea	59	4.24	-	-	3.77	-	-	-	-	0.45	0.09
	Xenia	66	4.24	-	-	3.79	-	-	-	-	0.45	0.09
Luzerne- Grasheu	Fritz	80	5.59	-	-	4.76	-	0.26	-	-	0.45	0.09
	Viola	90	6.66	-	-	3.30	-	0.18	-	-	0.45	0.09
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	94	6.60	-	-	2.57	3.41	0.05	-	-	0.45	0.09
	Viola	88	6.51	-	-	0.91	5.21	0.00	-	-	0.45	0.09
	Thea	85	6.15	-	-	2.23	3.35	0.00	-	-	0.45	0.09
	Xenia	106	6.85	-	-	4.25	2.05	0.01	-	-	0.45	0.09
	Laubheu	Fritz	62	4.36	-	-	-	4.23	-	-	-	0.45
Viola		82	6.05	-	-	-	5.47	-	-	-	0.45	0.09
Thea		73	5.29	-	-	-	4.70	-	-	-	0.45	0.09
Xenia		67	4.31	-	-	-	3.85	-	-	-	0.45	0.09

Tab. A 5a: Anteile der Futtermittel im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten an der Tagesration in TS [%]

	Tiername	Frisches Gras [%]	Frisches Laub [%]	Luzerneheu [%]	Laubheu [%]	Grasheu [%]	Wildfutter [%]	Pferde- Grascobs (Iso-Hosre) [%]	Pferde- Grascobs (Cavallino) [%]	Titanoxid- Pellets [%]
Frisches Gras (Elch)	Frid	98.5	-	-	-	-	-	-	-	1.5
Frisches Laub (Elch)	Yukon	-	98.3	-	-	-	-	-	-	1.7
Grasheu (Wisent)	Luisa	-	-	-	-	98.5	-	-	-	1.5
	Linda	-	-	-	-	97.5	-	-	-	2.5

Tab. A 5b: Anteile der Futtermittel im Elch-Versuch an der Tagesration in TS [%]

	Tiername	Frisches Gras [%]	Frisches Laub [%]	Luzerneheu [%]	Laubheu [%]	Grasheu [%]	Wildfutter [%]	Pferde- Grascobs (Iso-Hosre) [%]	Pferde- Grascobs (Cavallino) [%]	Titanoxid- Pellets [%]
Mischfutter	Fritz	-	-	34.7	-	-	14.8	26.6	22.5	1.5
	Viola	-	-	24.1	-	-	17.2	30.9	26.1	1.7
	Thea	-	-	23.4	-	-	17.3	31.2	26.4	1.7
	Xenia	-	-	25.6	-	-	16.8	30.3	25.6	1.7
Luzerneheu	Fritz	-	-	86.5	-	-	-	-	11.2	2.2
	Viola	-	-	81.2	-	-	-	-	15.7	3.1
	Thea	-	-	87.4	-	-	-	-	10.5	2.1
	Xenia	-	-	87.5	-	-	-	-	10.4	2.1
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	-	-	85.5	-	4.8	-	-	8.1	1.6
	Viola	-	-	82.0	-	4.5	-	-	11.2	2.2
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	-	-	39.1	51.9	0.7	-	-	6.9	1.4
	Viola	-	-	13.7	78.1	0.0	-	-	6.9	1.4
	Thea	-	-	36.4	54.7	0.1	-	-	7.4	1.5
	Xenia	-	-	62.1	29.9	0.1	-	-	6.6	1.3
Laubheu	Fritz	-	-	-	88.6	-	-	-	9.5	1.9
	Viola	-	-	-	91.0	-	-	-	7.5	1.5
	Thea	-	-	-	89.7	-	-	-	8.6	1.7
	Xenia	-	-	-	87.7	-	-	-	10.3	2.0

Tab. A 6a.: Rationszusammensetzung in Nährstoffen im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	Tiername	Gesamt [kg]	Gehalte im Futter [% TS bzw. MJ kg ⁻¹ TS]										Aufgenommene Menge [kg d ⁻¹ bzw. MJ d ⁻¹]								
			XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE	DE	XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE
Frisches Gras (Elch)	Frid	6.7	8.5	91.5	15.8	50.9	28.4	5.7	22.5	22.7	-	-	0.6	6.1	1.1	3.4	1.9	0.4	1.5	1.5	-
Frisches Laub (Elch)	Yukon	6.0	7.8	92.2	13.8	48.9	31.3	14.0	17.6	17.3	-	-	0.5	5.5	0.8	2.9	1.9	0.8	1.0	1.0	-
Grasheu (Wisent)	Luisa	6.0	6.0	94.0	8.8	52.2	30.2	5.9	22.0	24.4	-	-	0.4	5.7	0.5	3.1	1.8	0.4	1.3	1.5	-
	Linda	3.6	6.0	94.0	8.9	51.7	30.0	6.1	21.7	23.9	-	-	0.2	3.4	0.3	1.9	1.1	0.2	0.8	0.9	-

Tab. A 6b.: Rationszusammensetzung in Nährstoffen im Elch-Versuch

Ration		Gesamt [kg]	Gehalte im Futter [% TS bzw. MJ kg ⁻¹ TS]										Aufgenommene Menge [kg d ⁻¹ bzw. MJ d ⁻¹]								
			XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE	DE	XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE
Mischfutter	Fritz	6.1	6.6	93.4	13.2	46.5	26.3	5.9	20.2	20.4	18.2	12.4	0.4	5.7	0.8	2.8	1.6	0.4	1.2	1.2	110.5
	Viola	5.2	6.7	93.3	13.1	44.3	24.3	5.9	20.0	18.3	18.3	12.2	0.3	4.9	0.7	2.3	1.3	0.3	1.0	1.0	95.2
	Thea	5.2	6.5	93.5	13.0	43.6	23.5	5.4	20.1	18.1	18.3	11.1	0.3	4.8	0.7	2.3	1.2	0.3	1.0	0.9	94.5
	Xenia	5.3	6.3	93.7	12.7	37.8	21.0	3.8	16.8	17.2	18.2	12.1	0.3	5.0	0.7	2.0	1.1	0.2	0.9	0.9	96.7
Luzerneheu	Fritz	3.5	7.0	93.0	17.2	61.9	43.4	9.1	18.5	34.2	20.8	13.4	0.2	3.3	0.6	2.2	1.5	0.3	0.7	1.2	72.9
	Viola	2.8	5.8	94.2	17.5	50.8	35.8	7.9	15.0	27.9	18.9	10.8	0.2	2.7	0.5	1.4	1.0	0.2	0.4	0.8	53.5
	Thea	4.2	7.0	93.0	13.2	54.0	37.9	8.2	16.1	29.7	18.1	12.5	0.3	3.9	0.6	2.3	1.6	0.3	0.7	1.3	76.7
	Xenia	4.2	6.6	93.4	10.8	57.1	40.2	8.3	16.9	31.9	18.3	11.1	0.3	4.0	0.5	2.4	1.7	0.4	0.7	1.4	77.5
Luzern-, Grasheu	Fritz	5.6	6.9	93.1	14.1	58.5	41.6	10.0	16.9	31.6	18.3	12.5	0.4	5.2	0.8	3.3	2.3	0.6	0.9	1.8	102.5
	Viola	6.7	6.5	93.5	13.1	58.4	38.5	8.8	19.9	29.7	18.5	14.2	0.4	6.2	0.9	3.9	2.6	0.6	1.3	2.0	123.3
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	6.6	6.2	93.8	15.0	55.5	32.1	8.9	23.3	23.2	19.2	9.8	0.4	6.2	1.0	3.7	2.1	0.6	1.5	1.5	126.7
	Viola	6.5	6.1	93.9	15.7	55.5	29.8	8.8	25.7	21.0	21.0	11.9	0.4	6.1	1.0	3.6	1.9	0.6	1.7	1.4	137.0
	Thea	6.1	6.1	93.9	15.7	55.4	31.7	8.9	23.7	22.8	19.4	10.5	0.4	5.8	1.0	3.4	2.0	0.5	1.5	1.4	119.5
	Xenia	6.8	6.1	93.9	13.9	61.0	39.5	10.1	21.5	29.4	19.0	10.7	0.4	6.4	1.0	4.2	2.7	0.7	1.5	2.0	129.8
Laubheu	Fritz	4.4	6.2	93.8	16.4	57.3	28.0	9.0	29.3	19.0	22.2	12.9	0.3	4.1	0.7	2.5	1.2	0.4	1.3	0.8	96.8
	Viola	6.1	5.7	94.3	14.3	53.5	27.2	9.2	26.3	18.0	19.8	11.3	0.3	5.7	0.9	3.2	1.6	0.6	1.6	1.1	119.8
	Thea	5.3	5.7	94.3	14.3	54.8	27.5	9.3	27.3	18.2	19.7	12.1	0.3	5.0	0.8	2.9	1.5	0.5	1.4	1.0	104.0
	Xenia	4.3	4.6	95.4	13.0	54.3	26.3	9.0	28.0	17.3	20.2	10.8	0.2	4.1	0.6	2.3	1.1	0.4	1.2	0.7	86.8

Tab. A 7a: Nährstoffzusammensetzung des Kotes [% TS] und ausgeschiedene Kotmenge [kg] aus den Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	Tiername	Kotabsatz [kg]	Gehalte im Kot [% TS bzw. MJ ⁻¹ kg TS]									Ausgeschiedene Menge [% TS bzw. MJ d ⁻¹]									
			XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE	XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE	
		Durchschnitt in TS																			
Frisches Gras (Elch)	Frid	2.2	14.9	85.1	16.9	61.0	38.0	13.5	23.0	24.5	-	0.3	1.8	0.4	1.3	0.8	0.3	0.5	0.5	-	
Frisches Laub (Elch)	Yukon	2.1	11.1	88.9	14.1	82.4	66.6	46.7	15.7	19.9	-	0.2	1.9	0.3	1.7	1.4	1.0	0.3	0.4	-	
Grasheu (Wisent)	Luisa	2.0	12.8	87.2	13.8	70.4	39.8	10.9	30.6	28.9	-	0.3	1.8	0.3	1.4	0.8	0.2	0.6	0.6	-	
	Linda	1.3	13.4	86.6	12.9	72.0	41.4	10.6	30.6	30.8	-	0.2	1.2	0.2	1.0	0.6	0.1	0.4	0.4	-	

Tab. A 7b: Nährstoffzusammensetzung des Kotes [% TS] und ausgeschiedene Kotmenge [kg] aus dem Elch-Versuch

Ration	Tiername	Kotabsatz [kg]	Gehalte im Kot									Ausgeschiedene Menge								
			[% TS bzw. MJ kg ⁻¹ TS]									[% TS bzw. MJ d ⁻¹]								
		Durchschnitt in TS	XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE	XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE
Mischfutter	Fritz	1.9	9.4	90.6	13.1	80.3	51.4	14.7	28.9	36.7	18.2	0.2	1.8	0.3	1.6	1.0	0.3	0.6	0.7	110.5
	Viola	1.8	11.8	88.2	13.4	72.7	44.6	15.2	28.1	29.4	18.3	0.2	1.6	0.2	1.3	0.8	0.3	0.5	0.5	95.2
	Thea	2.1	9.1	90.9	12.0	78.2	49.0	15.2	29.2	33.8	18.3	0.2	1.9	0.2	1.6	1.0	0.3	0.6	0.7	94.5
	Xenia	1.9	9.0	91.0	12.6	80.5	53.4	15.9	27.1	37.5	18.2	0.2	1.7	0.2	1.5	1.0	0.3	0.5	0.7	96.7
Luzerneheu	Fritz	1.5	10.1	89.9	12.3	76.4	50.8	15.3	25.6	35.5	18.2	0.2	1.4	0.2	1.2	0.8	0.2	0.4	0.5	72.9
	Viola	1.3	9.6	90.4	10.0	76.6	56.9	18.4	19.7	38.5	18.3	0.1	1.2	0.1	1.0	0.7	0.2	0.3	0.5	53.5
	Thea	1.3	10.5	89.5	13.7	71.9	51.5	18.4	20.4	33.1	18.3	0.1	1.2	0.2	0.9	0.7	0.2	0.3	0.4	76.7
	Xenia	1.7	8.8	91.3	11.7	77.3	58.0	19.3	19.3	38.8	18.2	0.1	1.5	0.2	1.3	1.0	0.3	0.3	0.7	77.5
Luzerne-, Grasheu	Fritz	1.8	9.3	90.7	11.9	75.4	53.9	18.1	21.5	35.9	18.3	0.2	1.7	0.2	1.4	1.0	0.3	0.4	0.7	102.5
	Viola	1.6	8.3	91.7	11.0	77.5	56.8	21.0	20.7	35.8	18.5	0.1	1.5	0.2	1.3	0.9	0.3	0.3	0.6	123.3
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	3.1	7.9	92.1	15.9	67.6	48.8	22.0	18.8	26.8	19.2	0.2	2.8	0.5	2.1	1.5	0.7	0.6	0.8	126.7
	Viola	3.0	8.0	92.0	19.1	60.2	39.2	18.5	21.0	20.7	21.0	0.2	2.7	0.6	1.8	1.2	0.5	0.6	0.6	137.0
	Thea	2.6	6.8	93.2	15.2	72.9	54.3	22.2	18.6	32.1	19.4	0.2	2.4	0.4	1.9	1.4	0.6	0.5	0.8	119.5
	Xenia	3.0	7.3	92.8	13.2	77.1	56.9	22.7	20.2	34.2	19.0	0.2	2.7	0.4	2.3	1.7	0.7	0.6	1.0	129.8
Laubheu	Fritz	2.1	8.4	91.6	18.4	54.8	37.4	17.8	17.4	19.6	22.2	0.2	1.9	0.4	1.2	0.8	0.4	0.4	0.4	96.8
	Viola	2.6	8.1	91.9	20.3	55.8	38.3	18.8	17.5	19.5	19.8	0.2	2.4	0.5	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5	119.8
	Thea	2.0	8.4	91.6	20.1	53.7	37.9	18.8	15.8	19.1	19.7	0.2	1.8	0.4	1.1	0.8	0.4	0.3	0.4	104.0
	Xenia	2.0	7.3	92.8	18.4	58.6	39.1	19.4	19.5	19.7	20.2	0.1	1.9	0.4	1.2	0.8	0.4	0.4	0.4	86.8

Tab. A 8a: Kotmenge pro Tag als FS [kg], TS [kg] und TS [g TS kg^{-0.75} d⁻¹] für den Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	Tiername	Körpergewicht	Kotmenge FS	Kotmenge TS	Kotmenge TS
		[kg]	[kg]	[kg]	[g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Frisches Gras (Elch)	Frid	300	12.28	2.25	31
Frisches Laub (Elch)	Yukon	200	10.80	2.24	42
Grasheu (Wisent)	Luisa	246	18.41	2.02	32
	Linda	130	14.29	1.34	35

Tab. A 8b: Kotmenge pro Tag als FS [kg], TS [kg] und TS [g TS kg^{-0.75} d⁻¹] für den Elch-Versuch

Ration	Tiername	Körpergewicht	Kotmenge FS	Kotmenge TS	Kotmenge TS
		[kg]	[kg]	[kg]	[g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Mischfutter	Fritz	290	10.35	1.83	26
	Viola	311	5.92	1.71	23
	Thea	300	8.66	1.97	27
	Xenia	260	8.63	1.77	27
Luzerneheu	Fritz	290	6.68	1.39	20
	Viola	311	3.25	1.30	18
	Thea	300	5.43	1.24	17
	Xenia	260	7.17	1.60	25
Luzerne-, Grasheu	Fritz	290	8.98	1.75	25
	Viola	311	5.35	1.55	21
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	290	12.91	2.67	38
	Viola	311	9.56	2.83	38
	Thea	300	9.22	2.50	35
	Xenia	260	10.25	2.77	43
Laubheu	Fritz	290	6.60	2.00	28
	Viola	311	8.51	2.5	33
	Thea	300	6.01	1.92	27
	Xenia	260	4.95	1.89	29

Tab. A 9a: Scheinbare Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und Gerüstsubstanzen [%] für den Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	Tiername	TS	XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Frisches Gras(Elch)	Frid	67.5	42.9	69.8	65.4	61.1	56.6	22.9	66.8	65.0	-
Frisches Laub(Elch)	Yukon	65.0	50.2	66.3	64.2	41.1	25.7	-16.7	68.7	59.9	-
Grasheu (Wisent)	Luisa	66.5	27.8	69.0	47.5	54.9	55.9	37.5	53.6	60.3	-
	Linda	62.9	17.4	65.8	46.0	48.3	48.8	35.4	47.6	52.2	-

Tab. A 9b: Scheinbare Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe und Gerüstsubstanzen [%] für den Elch-Versuch

Ration	Tiername	TS	XA	OS	XP	NDF	ADF	ADL	HC	C	BE
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Mischfutter	Fritz	67.9	54.6	68.8	68.2	44.5	37.3	20.3	53.9	42.2	67.8
	Viola	65.1	38.5	67.0	64.1	42.7	35.9	10.5	51.0	44.1	67.0
	Thea	59.8	43.6	60.9	62.8	28.0	16.2	-13.0	41.7	25.0	60.6
	Xenia	64.8	49.9	65.8	65.1	25.1	10.6	-46.2	43.2	23.2	66.3
Luzerneheu	Fritz	56.5	37.1	58.0	69.0	46.4	49.1	27.3	40.0	54.9	64.5
	Viola	53.8	23.5	55.7	73.7	30.4	26.6	-7.6	39.4	36.3	57.1
	Thea	69.6	54.3	70.8	68.4	59.5	58.7	31.4	61.5	66.1	69.1
	Xenia	60.3	47.3	61.2	57.0	46.3	42.8	8.1	54.7	51.9	60.7
Luzerne-, Grasheu	Fritz	67.0	55.7	67.8	72.2	57.4	57.2	40.3	57.9	62.5	68.1
	Viola	75.7	69.2	76.1	79.6	67.8	64.2	42.1	74.7	70.7	76.6
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	53.5	40.7	54.3	50.9	43.3	29.4	-14.2	62.5	46.2	51.1
	Viola	54.5	40.2	55.4	44.5	50.6	40.2	4.0	62.8	55.3	56.5
	Thea	57.2	52.1	57.6	58.7	43.8	26.8	-7.0	66.5	39.9	54.1
	Xenia	56.9	48.9	57.4	59.2	45.4	37.9	2.8	59.4	49.9	56.5
Laubheu	Fritz	51.4	34.6	52.5	45.2	53.5	35.2	4.1	71.0	50.0	58.2
	Viola	56.5	38.3	57.6	38.4	54.7	38.7	11.2	71.1	52.8	57.0
	Thea	62.3	44.9	63.4	47.1	63.1	48.2	24.0	78.1	60.6	61.5
	Xenia	53.7	27.7	54.9	34.8	50.0	31.1	0.3	67.8	47.1	53.7

Tab. A 9c: Verdauliche Energie im Elch-Versuch

Ration	Tiername	DE	DE
		[MJ d ⁻¹]	[MJ kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Mischfutter	Fritz	74.9	1.1
	Viola	63.7	0.9
	Thea	57.3	0.8
	Xenia	64.1	1.0
Luzerneheu	Fritz	47.0	0.7
	Viola	30.5	0.4
	Thea	53.0	0.7
	Xenia	47.1	0.7
Luzerne-, Grasheu	Fritz	69.8	1.0
	Viola	94.4	1.3
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	64.7	0.9
	Viola	77.4	1.0
	Thea	64.7	0.9
	Xenia	73.4	1.1
Laubheu	Fritz	56.4	0.8
	Viola	68.2	0.9
	Thea	63.9	0.9
	Xenia	46.6	0.7

Tab. A 10a : Verdauliche TS und OS [g TS kg^{-0.75} d⁻¹] im Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	Tiername	TS	OS
		[g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]	[g TS kg ^{-0.75} d ⁻¹]
Frisches Gras (Elch)	Frid	63	59
Frisches Laub(Elch)	Yukon	73	69
Grasheu (Wisent)	Luisa	65	63
	Linda	59	58

Tab. A 10b : Verdauliche TS und OS [$\text{g TS kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$] im Elch-Versuch

Ration	Tiername	TS	OS
		[$\text{g TS kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$]	[$\text{g TS kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$]
Mischfutter	Fritz	59	55
	Viola	46	44
	Thea	43	41
	Xenia	53	50
Luzerneheu	Fritz	28	27
	Viola	21	20
	Thea	41	39
	Xenia	40	38
Luzerne-, Grasheu	Fritz	53	50
	Viola	68	64
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	50	48
	Viola	48	46
	Thea	49	46
	Xenia	60	57
Laubheu	Fritz	32	31
	Viola	46	44
	Thea	46	44
	Xenia	36	35

Tab. A 11a: Mittlere Retentionszeit [MRT] für den GIT, RR und Selektivitätsfaktor [$MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}$] für den Elch-Pilotversuch und bei den Wisenten

Ration	Tier	GIT			RR		
		MRT [h] Flüssig	MRT [h] Partikel	Selektivitätsfaktor [$MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}$]	MRT [h] Flüssig	MRT [h] Partikel	Selektivitätsfaktor [$MRT_{\text{Partikel}} / MRT_{\text{Flüssig}}$]
Frisches Gras (Elch)	Frid	26	39	1.50	18	31	1.73
Frisches Laub (Elch)	Yukon	21	29	1.36	13	21	1.58
Grasheu (Wisent)	Luisa	22	45	2.02	12	35	2.94
	Linda	28	34	1.21	12	18	1.48

Tab. A 11b: Mittlere Retentionszeit [MRT] für den GIT, RR und Selektivitätsfaktor $[MRT_{\text{Partikel}}/ MRT_{\text{Flüssig}}]$ für den Elch-Versuch

Ration	Tier	GIT			RR		
		MRT [h]	MRT [h]	Selektivitätsfaktor	MRT [h]	MRT [h]	Selektivitätsfaktor
		Flüssig	Partikel	$[MRT_{\text{Partikel}}/ MRT_{\text{Flüssig}}]$	Flüssig	Partikel	$[MRT_{\text{Partikel}}/ MRT_{\text{Flüssig}}]$
Mischfutter	Fritz	37	42	1.14	25	31	1.21
	Viola	40	48	1.18	27	34	1.27
	Thea	40	47	1.16	25	32	1.26
	Xenia	38	51	1.35	19	32	1.68
Luzerneheu	Fritz	42	49	1.18	24	31	1.32
	Viola	45	49	1.09	27	31	1.16
	Thea	38	43	1.13	21	26	1.24
	Xenia	40	46	1.15	26	32	1.24
Luzerne-, Grasheu	Fritz	29	33	1.15	16	20	1.27
	Viola	34	43	1.27	18	27	1.51
Luzerne-, Gras-, Laubheu	Fritz	30	35	1.15	15	19	1.31
	Viola	33	43	1.30	20	30	1.50
	Thea	29	38	1.30	17	26	1.50
	Xenia	35	44	1.27	24	33	1.39
Laubheu	Fritz	35	42	1.20	20	27	1.35
	Viola	32	46	1.43	17	31	1.80
	Thea	33	42	1.27	16	25	1.54
	Xenia	40	54	1.36	30	45	1.47

Tab. A 12a: Verteilung der Partikel auf den Sieben [%] (Mittelwert aus drei Siebungen) für den Elch-Pilotversuch und die Wisente

	16 mm	8 mm	4 mm	2 mm	1 mm	0.5 mm	0.25 mm	0.125 mm	0.063 mm	>0.063 mm
Frisches Gras (Elch, Frid)	0.00	0.00	0.08	2.48	4.46	6.49	7.03	14.67	18.20	46.58
Frisches Laub (Elch, Yukon)	0.09	0.06	0.71	4.55	8.60	14.22	12.40	15.06	13.40	35.31
Grasheu (Wisent, Luisa)	0.01	0.25	0.22	1.08	6.01	12.99	14.41	19.11	10.11	35.80
Grasheu (Wisent, Linda)	0.00	0.00	0.00	0.16	6.77	15.46	16.04	16.03	7.80	37.74

Tab. A 12b: Verteilung der Partikel auf den Sieben [%] (Mittelwert aus drei Siebungen) für den Elch-Versuch

Fritz	16 mm	8 mm	4 mm	2 mm	1 mm	0.5 mm	0.25 mm	0.125 mm	0.063 mm	>0.063 mm
Mischfutter	0.05	0.03	2.04	7.96	10.23	28.51	20.42	10.01	4.61	16.14
Luzerneheu	0.02	0.06	3.18	13.77	11.45	27.11	18.38	10.06	3.73	12.22
Luzerne-, Grasheu	0.58	0.29	1.66	7.55	14.40	16.76	16.53	13.98	8.92	19.32
Luzerne-, Gras-, Laubheu	0.00	0.05	0.36	6.78	7.90	22.25	14.84	15.30	7.91	24.62
Laubheu	0.00	0.00	1.38	12.29	11.64	13.02	10.79	11.76	9.01	30.12
Viola	16 mm	8 mm	4 mm	2 mm	1 mm	0.5 mm	0.25 mm	0.125 mm	0.063 mm	>0.063 mm
Mischfutter	0.00	0.03	1.90	10.13	9.00	26.00	22.12	11.21	4.35	15.26
Luzerneheu	0.10	1.73	2.54	9.48	8.37	28.80	22.15	13.69	5.70	7.44
Luzerne-, Grasheu	0.13	0.18	0.28	2.95	5.54	20.53	22.63	15.54	10.44	21.77
Luzerne-, Gras-, Laubheu	0.08	0.31	1.60	14.82	10.11	21.34	12.18	13.20	8.27	18.08
Laubheu	0.00	0.00	1.27	18.23	13.48	11.02	10.97	11.37	7.42	26.26
Thea	16 mm	8 mm	4 mm	2 mm	1 mm	0.5 mm	0.25 mm	0.125 mm	0.063 mm	>0.063 mm
Mischfutter	0.18	0.04	1.67	11.04	11.45	26.27	22.49	11.18	5.02	10.65
Luzerneheu	0.37	0.21	0.32	3.07	5.32	18.47	22.50	16.00	16.55	17.18
Luzerne-, Gras-, Laubheu	0.32	0.55	2.92	8.06	14.39	24.24	12.17	12.99	16.21	8.15
Laubheu	0.11	0.17	2.26	15.00	14.38	11.28	10.63	13.23	8.52	24.43

Fortsetzung Tab. A 12b:

Xenia	16 mm	8 mm	4 mm	2 mm	1 mm	0.5 mm	0.25 mm	0.125 mm	0.063 mm	>0.063 mm
Mischfutter	0.23	0.26	1.74	10.25	11.96	36.42	18.24	9.66	4.29	6.95
Luzerneheu	0.15	0.02	0.09	1.71	8.52	24.18	16.65	12.71	7.75	28.22
Luzerne-, Gras-, Laubheu	0.64	0.32	2.20	6.68	9.44	23.14	21.47	16.77	12.66	6.69
Laubheu	0.00	0.01	4.52	16.57	8.06	11.70	14.81	9.08	6.93	28.32

9 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben, ganz herzlich danken.

Herrn Prof. Dr. Jean-Michel Hatt für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates.

Herrn Prof. Dr. Karl-Heinz Südekum für die engagierte Unterstützung seines Institutes und die Übernahme des Korreferates.

Herrn Dr. Marcus Clauss gilt ein besonderer Dank als Ideengeber dieser Arbeit. Seine Unterstützung während allen Höhen und Tiefen sowie seiner fachlichen Kompetenz waren für diese Arbeit von grosser Bedeutung. Ein herzliches Dankeschön!

Herrn Dr. Jürgen Hummel möchte ich von Herzen danken für seine unermüdliche Unterstützung während der Probenaufarbeitungsphase sowie seine endlose Geduld und fachliche Präzision in Diskussionen, womit er einen großen Anteil an dem Gelingen dieser Arbeit hat.

Beim Wildnisparkleiter Herrn Andreas Reifler möchte ich mich für die freundliche Aufnahme und die Erlaubnis bedanken, mit den Elchen und Wisenten des Wildnisparks Zürich arbeiten zu dürfen.

Ein ganz besonderer Dank gilt dem Tierpfleger der Elche in Langenberg Herrn Andreas Peemöller, der großes Vertrauen in mich gesetzt hat, mit seinen Schützlingen arbeiten zu dürfen, der immer bemüht war, für meine Arbeit die besten Bedingungen zu schaffen und mich bei guter Laune gehalten hat. An dieser Stelle auch ein herzliches Dankeschön an das gesamte Tierpflegerteam im Wildnispark Zürich.

Dem Laborteam des Instituts für Tierernährung in Bonn bin ich zu ganz besonderem Dank verpflichtet, da sie mich allen Phasen meiner Analysen tatkräftig unterstützt haben.

Bei dem Doktorantenteam aus dem Institut für Tierernährung in Bonn möchte ich für die tolle Aufnahme und schöne Zeit bedanken. Ein besonderer Dank gilt Herrn Patrick Steuer, der einen erheblichen Teil meiner Proben transportiert hat und mich in die Analysemethoden einführte.

Die Stiftung für Wissenschaftliche Forschung der Universität Zürich unterstützte diese Arbeit finanziell.

Von unschätzbarem Wert waren meine Freunde Katharina Frassine, Dr. Kai Wicker, die eifrig Korrektur gelesen haben und mich moralisch unterstützen.

Ein ganz besonderes herzliches Dankeschön geht an Frau Marie Luise Krauss und Frau Rosemarie Renner für ihre Unterstützung während meiner Ausbildung, ihre Freundschaft und das monatelange Einhüten meines Katers Arthur, wenn ich gerade mal wieder unterwegs war.

Nicht zuletzt möchte ich meiner Familie und meinen Freunden für ihre große Unterstützung während meiner Ausbildung und dieser Arbeit danken.

LEBENS LAUF

Name	Gina-Marie Kohlschein
Geburtsdatum	04. Oktober 1977
Geburtsort	Darmstadt
Nationalität	Deutsch
1984 – 1988	Grundschule in Seeheim – Jugenheim, Deutschland
1988 – 1997	Gymnasium in Bensheim, Deutschland
1997	Abitur Gymnasium in Bensheim, Deutschland
2000 – 2006	Studium der Veterinärmedizin an der Tierärztliche Hochschule Hannover, Deutschland
Juli 2006	Approbation als Tierärztin an der Tierärztliche Hochschule Hannover, Deutschland
2006 – 2009	Doktorarbeit an der Abteilung für Zoo-, Heim- und Wildtiere der Vetsuisse- Fakultät, Universität Zürich, Schweiz
April 2008	Assistentztierärztin in der Kleintierpraxis Dr. Birgit Hagen in Bensheim- Auerbach, Deutschland