

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik

Arbeit angefertigt unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

**Untersuchungen zu Fütterung und Verdauungsphysiologie
am Spitzmaulnashorn (*Diceros bicornis*)**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde

der Tierärztlichen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Johanna Castell

aus München

München 2005

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. A. Stolle
Referentin: Univ.-Prof. Dr. E. Kienzle
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. R. Hoffmann

Tag der Promotion: 11. Februar 2005

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
2 Schrifttum	2
2.1 Begriffsbestimmungen	2
2.2 Zur Biologie des Spitzmaulnashorns	4
2.2.1 Allgemeine Angaben	4
2.2.2 Taxonomische Einordnung und Bestandszahlen der Spitzmaulnashörner	5
2.3 Der Verdauungsapparat	6
2.3.1 Anatomie	6
2.3.2 Physiologie	9
2.3.3 Verdaulichkeitsstudien bei Spitzmaul- und Sumatranashorn	10
2.3.4 Darmpassagezeit beim Spitzmaulnashorn	14
2.3.5 Eisenhaushalt	14
2.4 Nahrung in freier Wildbahn	16
2.4.1 Botanische Zusammensetzung	16
2.4.2 Nährstoff-, Faser- und Mineralstoffgehalte in der natürlichen Nahrung	19
2.4.3 Gerbstoffe	21
2.4.4 Salzlecken und Koprophagie	23
2.4.5 Nahrungsaufnahme	23
2.4.6 Wasseraufnahme	24

2.4.7	Einfluss von Bränden auf die Nahrung von Spitzmaulnashörnern	24
2.5	Die Nahrung von Spitzmaulnashörnern in Menschenobhut	25
2.5.1	Futtermenge	25
2.5.2	Fütterungsempfehlungen	26
2.5.3	Fütterungsbeispiele aus der Literatur	29
2.6	Fütterungsbedingte Gesundheitsprobleme bei Spitzmaulnashörnern	32
2.6.1	Hämosiderose	33
2.6.2	Hämolytische Anämie	34
2.6.3	Hämochromatose	36
2.6.4	Nicht-hämolytische Anämie und idiopathische hämorrhagische Vaskulopathie	37
2.6.5	Ulzeration von Haut und Schleimhaut	38
2.6.6	Infektionskrankheiten	39
2.6.7	Congenitale Leukoencephalomalazie	40
2.6.8	Sonstige	41
3	Eigene Untersuchungen	42
3.1	Studienziel	42
3.2	Material und Methoden	42
3.2.1	Versuchsplan	42
3.2.2	Nashörner	44
3.2.3	Versuchsfutter	45
3.2.4	Versuchsdurchführung und Probengewinnung	47
3.2.4.1	Haltung der Tiere	47
3.2.4.2	Sammeln der Kotproben	48
3.2.4.3	Scheinbare Verdaulichkeit	49
3.2.4.4	Parameter der mikrobiellen Fermentation	49

3.2.4.5	Antioxidative Aktivität im Kot	49
3.2.4.6	Wasseraufnahme	50
3.2.4.7	Urinproben	50
3.2.5	Probenvorbereitung	50
3.2.6	Prüfparameter im Futter	51
3.2.7	Prüfparameter im Kot	52
3.2.8	Prüfparameter im Urin	54
3.2.9	Analysemethoden der Futter- und Kotproben	54
3.2.9.1	Rohnährstoffe	54
3.2.9.2	Gerüstsubstanzen	55
3.2.9.3	Bruttoenergie	56
3.2.9.4	Mineralstoffe	57
3.2.9.5	Marker	57
3.2.9.6	Parameter der mikrobiellen Fermentation	58
3.2.9.7	Antioxidative Aktivität	58
3.2.9.8	Kotpartikelgröße	59
3.2.10	Analysemethoden der Urinproben	59
3.2.11	Berechnungsmethoden	60
3.2.11.1	Rationsberechnung	60
3.2.11.2	Scheinbare Verdaulichkeit	60
3.2.11.3	Scheinbare Verdaulichkeit des nicht-Zellwand-Proteins	60
3.2.12	Statistische Methoden	61
3.3	Ergebnisse	62
3.3.1	Gesundheitszustand	62
3.3.2	Ernährungszustand	62
3.3.3	Futterakzeptanz und -aufnahme	62
3.3.4	Kot	71
3.3.5	Scheinbare Verdaulichkeit	73
3.3.6	Parameter der mikrobiellen Fermentation	80
3.3.6.1	Laktat im Kot	80
3.3.6.2	Flüchtige Fettsäuren im Kot	81

3.3.7	Antioxidative Aktivität im Kot	82
3.3.8	Kotpartikelgröße	83
3.3.9	Wasserhaushalt	84
3.3.10	Urin	85
4	Diskussion	87
4.1	Kritik der Methoden	87
4.1.1	Bestimmung der Verdaulichkeit	87
4.1.2	Bestimmung der Energiegehalte in Futtermitteln und Kot	90
4.1.3	Rationsgestaltung	92
4.1.4	Tiere	92
4.1.5	Tannine	93
4.2	Besprechung der Ergebnisse	93
4.2.1	Verdaulichkeit	93
4.2.1.1	Vergleich der Haltungen untereinander	93
4.2.1.2	Vergleich mit anderen Untersuchungen zu Spitzmaulnashörnern	94
4.2.1.3	Vergleich mit Untersuchungen zu anderen Nashornarten	95
4.2.1.4	Vergleich mit Untersuchungen zu Pferden	96
4.2.1.5	Große Dickdarmfermentierer im Vergleich	99
4.2.2	Betrachtungen zur Verdauungsphysiologie	100
4.2.3	Bewertung der Energieaufnahme	102
4.2.4	Endogene Verluste	103
4.2.5	Parameter der mikrobiellen Fermentation	104
4.2.6	Kotpartikelgröße	105
4.2.7	Wasserhaushalt	106
4.2.8	Mineralhaushalt	108
4.2.8.1	Kalzium und Phosphor	109
4.2.8.2	Natrium, Kalium, Magnesium	111
4.2.8.3	Spurenelemente	112

4.2.9	Einfluss von Tanninen	114
5	Zusammenfassung	118
6	Summary	121
7	Literaturverzeichnis	124
8	Tabellenanhang	155
8.1	Diese Studie	155
8.2	Studie von FRÖSCHLE & CLAUSS	186
8.3	Studie von WOODFINE (unveröffentlicht) und PAROS (unveröffentlicht)	194
9	Danksagung	198
10	Lebenslauf	200

Abkürzungsverzeichnis

ADF	acid detergent fiber (saure Detergentienfaser)
ADL	acid detergent lignin (Rohlignin)
AIA	acid insoluble ash (säureunlösliche Asche)
aqua dest.	destilliertes Wasser
C	Cellulose
C2	Essigsäure
C3	Propionsäure
C4	Buttersäure
C5	Valeriansäure
CITES	The Washington Convention on International Trade in Endangered Species of Wild and Flora
DE	digestible energy (verdauliche Energie)
Eq	Equivalent
FFS	flüchtige Fettsäuren
GE	gross energy (Bruttoenergie)
HC	Hemicellulose
KM	Körpermasse
m	männlich
MKM	metabolische Körpermasse ($KM^{0,75}$)
MOF	modulus of fineness
MRT	mean retention time (mittlere Retentionszeit)
MWPZ	Metro Washington Park Zoo
NADH/H ⁺	Nicotinsäureamid-adenin-dinukleotid
NDF	neutral detergent fiber (neutrale Detergentienfaser)
NDF prot	Proteingehalt der NDF-Fraktion
NfE	nitrogen free extracts (Stickstofffreie Extraktstoffe)
NRC	National Research Council
nZKP	nicht-Zellwand-Kotprotein
nZP	nicht-Zellwand-Protein
oS	organische Substanz

Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
R-KH	Rest-Kohlenhydrate
Rp	Rohprotein
SD	Standardabweichung
sV	scheinbare Verdaulichkeit
Trolox	6-hydroxy-2,5,7,8 tetramethylchroman-2-carboxylic acid
TS	Trockensubstanz
uS	ursprüngliche Substanz
w	weiblich
wV	wahre Verdaulichkeit
WWAP	Whipsnade Wild Animal Park

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Schädel eines Spitzmaulnashorns (aus BOURDELLE 1955)	7
Abb. 2.2	Magendarmtrakt des Spitzmaulnashorns (aus CLEMENS & MALOIJ 1982)	8
Abb. 4.1	Zusammenhang zwischen ADL-Aufnahme [kg] mit dem Futter und ADL-Ausscheidung [kg] mit dem Kot (diese Studie)	88
Abb. 4.2	Zusammenhang zwischen AIA-Aufnahme [kg] mit dem Futter und AIA-Ausscheidung [kg] mit dem Kot (diese Studie)	88
Abb. 4.3	Vergleich der experimentell bestimmten GE [kJ/100g TS] im Kot mit der mittels zwei verschiedener Schätzformeln berechneten GE [kJ/100g TS] im Kot (diese Studie, FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht)	92
Abb. 4.4	Zusammenhang zwischen dem Anteil an unstrukturiertem Futter [% TS-Aufnahme] und der sV [%] der Rationen ohne Tanninfütterung (diese Studie) (die Pfeile markieren die Rationen des WWAP mit hohem Rfa-Gehalt des Luzerneheus)	94
Abb. 4.5	Einfluss der Fütterung von Blättern und Zweigen bzw. Laubsilage auf die sV [%] der TS und der Gerüstsubstanzen (NDF). ¹ diese Studie, Zürich; ² ATKINSON 1995; ³ berechnet nach CLEMENS & MALOIJ 1982	95
Abb. 4.6	Vergleich der sV der oS [%] im Bezug auf den Rfa-Gehalt [% TS] in der Ration von Pferden und Spitzmaulnashörnern anhand von Rationen, die sich in ihrem Rfa- und Rp-Gehalt (Abweichung kleiner als zwei Prozentpunkte) und hinsichtlich der verwendeten Futtermittel ähneln. (Daten Spitzmaulnashorn: diese Studie, Pferd: HOFFMANN et al. 1967, AHLWEDE 1977, GÜLDENHAUPT 1979, SCHMID 1980, FUCHS et al. 1987, HOFFMANN et al. 1987, SCHUBERT & FUCHS 1987, FEHRLE 1999, ZEYNER et al. 1992b)	97

Abb. 4.7	Vergleich der sV der Rfa [%] im Bezug auf den Rfa-Gehalt [% TS] in der Ration von Pferden und Spitzmaulnashörnern anhand von Rationen, die sich in ihrem Rfa- und Rp-Gehalt (Abweichung kleiner als zwei Prozentpunkte) und hinsichtlich der verwendeten Futtermittel ähneln. (Daten Spitzmaulnashorn: diese Studie, Pferd: HOFFMANN et al. 1967, AHLWEDE 1977, GÜLDENHAUPT 1979, SCHMID 1980, FUCHS et al. 1987, HOFFMANN et al. 1987, SCHUBERT & FUCHS 1987, FEHRLE 1999, ZEYNER et al. 1992b)	98
Abb. 4.8	Zusammenhang zwischen KM [KM] und MRT [h] nach CLAUSS & HUMMEL 2004	101
Abb. 4.9	Zusammenhang zwischen NDF-Gehalt [% TS] in der Ration und der sV [%] der oS (Nashörner), bzw. sV [%] der TS (Elefanten) (Quellen: FOOSE 1982, CLEMENS & MALOIJ 1982/1983, HACKENBERGER 1987, DIERENFELD et al. 2000, KIEFER 2002, POLSTER 2004, FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht, diese Studie)	102
Abb. 4.10	Zusammenhang zwischen dem Anteil an unstrukturiertem Futter [% TS-Aufnahme] und der Summe an flüchtigen Fettsäuren (FFS) im Kotwasser [mmol/l] (diese Studie)	105
Abb. 4.11	Zusammenhang zwischen dem Anteil an unstrukturiertem Futter [% TS-Aufnahme] und dem „Modulus of Fineness“ (MOF) (diese Studie)	106
Abb. 4.12	Zusammenhang zwischen Kreatininkonzentration im Urin [mg/dl] und der aus Wasseraufnahme und faecaler Wasserausscheidung errechneten Summe renaler und insensibler Verluste abzüglich des metabolischen Wassers [ml/100kg MKM]. Die Kurve zeigt den für Pferde ermittelten Zusammenhang (für das Urinvolumen) nach MEYER & STADERMANN (1990)	108
Abb. 4.13	Zusammenhang zwischen Ca-Aufnahme [g/kg KM] und dem Ca:Kreatinin-Verhältnis im Urin (diese Studie)	110
Abb. 4.14	Zusammenhang zwischen Na-Aufnahme [mg/kg KM] und sV Na [%] (diese Studie, HAMILTON 1995, WOODFINE unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht)	112

Abb. 4.15	<i>Zusammenhang zwischen Kupfer-Aufnahme [mg/kg KM] und Kupfer-Ausscheidung mit dem Kot [mg/kg KM] (Panzernashorn: POLSTER 2004; Spitzmaulnashorn: FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht, WOODFINE unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht, diese Studie)</i>	113
Abb. 4.16	<i>Zusammenhang zwischen Eisen-Aufnahme [mg/kg KM] und Eisen-Ausscheidung mit dem Kot [mg/kg KM] (Panzernashorn: POLSTER 2004; Spitzmaulnashorn: FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht, WOODFINE unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht, diese Studie)</i>	113
Abb. 4.17	<i>Zusammenhang zwischen Zink-Aufnahme [mg/kg KM] und Zink-Ausscheidung mit dem Kot [mg/kg KM] (Panzernashorn: POLSTER 2004; Spitzmaulnashorn: PAROS unveröffentlicht, diese Studie)</i>	114
Abb. 4.18	<i>Einfluss der Zulage von Tanninen auf die totale antioxidative Aktivität (TAA) im Kot [mmol Trolox Eq/l Kotwasser]</i>	115
Abb. 4.19	<i>Einfluss der Zulage von Tanninen auf die sV [%] von Rp (diese Studie)</i>	116
Abb. 4.20	<i>Einfluss der Zulage von Tanninen auf den Anteil an nZKP am Gesamt-Kotprotein [%] (diese Studie)</i>	116

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1	<i>Gewichtsangaben [kg] beim Spitzmaulnashorn</i>	5
Tab. 2.2	<i>Maße des Verdauungstraktes beim Spitzmaulnashorn</i>	9
Tab. 2.3	<i>Literaturangaben über die Zusammensetzung der Diät [% TS-Aufnahme], den NDF-Gehalt der Ration [% TS], die TS-Aufnahme [g TS/kg MKM] und die Verdaulichkeiten [%] verschiedener Diäten beim Spitzmaul- und beim Sumatranashorn</i>	13
Tab. 2.4	<i>Mittlere Retentionszeit [h] beim Spitzmaulnashorn (FOOSE 1982)</i>	14
Tab. 2.5	<i>Nahrungszusammensetzung von Spitzmaulnashörnern in freier Wildbahn</i>	17
Tab. 2.6	<i>Nahrungszusammensetzung von Spitzmaulnashörnern in freier Wildbahn</i>	17
Tab. 2.7	<i>Nährstoff- und Fasergehalte der natürlichen Nahrung von Spitzmaulnashörnern [% TS] (angegeben als Mittelwert und Bereich)</i>	20
Tab. 2.8	<i>Mengenelementgehalte [g/kg TS] der natürlichen Nahrung von Spitzmaulnashörnern (angegeben als Mittelwert und Bereich)</i>	21
Tab. 2.9	<i>Spurenelementgehalte [mg/kg TS] in der natürlichen Nahrung von Spitzmaulnashörnern (angegeben als Mittelwert und Bereich)</i>	21
Tab. 2.10	<i>Zusammensetzung [% Gesamt-TS] und aufgenommene Futtermengen verschiedener Diäten von Spitzmaulnashörnern</i>	26
Tab. 2.11	<i>Fütterungsbeispiele für Spitzmaulnashörner aus dem Zoo [kg uS]</i>	30
Tab. 2.12	<i>Fütterungsbeispiele für Spitzmaulnashörner aus dem Zoo [% TS-Aufnahme]</i>	30
Tab. 2.13	<i>Nährstoff- und Fasergehalte [% TS-Aufnahme] von Zoofuttermitteln für Spitzmaulnashörner</i>	31
Tab. 2.14	<i>Mengenelementgehalte [g/kg TS] von Zoofuttermitteln für Spitzmaulnashörner</i>	31

Tab. 2.15	<i>Spurenelementgehalte [mg/kg TS] von Zoofuttermitteln für Spitzmaulnashörner</i>	32
Tab. 3.1	<i>Hauptbestandteile der Rationen, Rationsbezeichnungen, Anzahl der Versuchsdurchgänge und Tierzahl</i>	43
Tab. 3.2	<i>Versuchstiere</i>	45
Tab. 3.3	<i>Zusammensetzung der regulären Rationen N aller Haltungen</i>	46
Tab. 3.4	<i>Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (reguläre Rationen WWAP, Köln, Zürich)</i>	63
Tab. 3.5	<i>Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	63
Tab. 3.6	<i>Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	64
Tab. 3.7	<i>TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme] (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	65
Tab. 3.8	<i>TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	66
Tab. 3.9	<i>TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme] (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	66
Tab. 3.10	<i>Gehalt an Roh Nährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Futterrationen (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	67
Tab. 3.11	<i>Gehalt an Roh Nährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Futterrationen (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	67
Tab. 3.12	<i>Gehalt an Roh Nährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Futterrationen (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	68
Tab. 3.13	<i>Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Futterrationen (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	68
Tab. 3.14	<i>Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Futterrationen (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	69
Tab. 3.15	<i>Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Futterrationen (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	69

Tab. 3.16	Gehalt an Makroelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futtrationen (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)	70
Tab. 3.17	Gehalt an Makroelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futtrationen (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)	70
Tab. 3.18	Gehalt an Makroelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futtrationen (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)	71
Tab. 3.19	TS [% uS] des Kotes, Kotmenge [kg TS/100kg KM] pro Tag und Kotwasser [kg/100kg KM] pro Tag (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)	72
Tab. 3.20	TS [% uS] des Kotes, Kotmenge [kg TS/100kg KM] pro Tag und Kotwasser [kg/100kg KM] pro Tag (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)	72
Tab. 3.21	TS [% uS] des Kotes, Kotmenge [kg TS/100kg KM] pro Tag und Kotwasser [kg/100kg KM] pro Tag (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)	73
Tab. 3.22	sV [%] der TS, der oS, der Rohrnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA, der GE und des nZP (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)	74
Tab. 3.23	sV [%] der TS, der oS, der Rohrnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA, der GE und des nZP (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)	75
Tab. 3.24	sV [%] der TS, der oS, der Rohrnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA, der GE und des nZP (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)	75
Tab. 3.25	Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Makroelemente (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)	76
Tab. 3.26	Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Makroelemente (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)	77
Tab. 3.27	Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Makroelemente (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)	77

Tab. 3.28	<i>Tägliche Aufnahme (Auf.) [mg], fäkale Ausscheidung (Aus.) [mg] und sV [%] der Spurenelemente (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	78
Tab. 3.29	<i>Tägliche Aufnahme (Auf.) [mg], fäkale Ausscheidung (Aus.) [mg] und sV [%] der Spurenelemente (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	79
Tab. 3.30	<i>Tägliche Aufnahme (Auf.) [mg], fäkale Ausscheidung (Aus.) [mg] und sV [%] der Spurenelemente (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	79
Tab. 3.31	<i>Laktatwerte im Kot [mmol/l Kotwasser] (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	80
Tab. 3.32	<i>Laktatwerte im Kot [mmol/l Kotwasser] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	80
Tab. 3.33	<i>Laktatwerte im Kot [mmol/l Kotwasser] (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	81
Tab. 3.34	<i>Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	81
Tab. 3.35	<i>Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	82
Tab. 3.36	<i>Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	82
Tab. 3.37	<i>Totale antioxidative Aktivität (TAA) im Kot [mmol Trolox Eq/l Kotwasser] (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	82
Tab. 3.38	<i>Totale antioxidative Aktivität (TAA) im Kot [mmol Trolox Eq/l Kotwasser] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	83
Tab. 3.39	<i>Totale antioxidative Aktivität (TAA) im Kot [mmol Trolox Eq/l Kotwasser] (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	83
Tab. 3.40	<i>MOF als Maß für Partikelgrößenverteilung im Kot (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	83
Tab. 3.41	<i>MOF als Maß für Partikelgrößenverteilung im Kot (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	84

Tab. 3.42	<i>MOF als Maß für Partikelgrößenverteilung im Kot (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	84
Tab. 3.43	<i>Tägliche Wasseraufnahme und -ausscheidung [kg/100kg KM] (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	85
Tab. 3.44	<i>Tägliche Wasseraufnahme und -ausscheidung [kg/100kg KM] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	85
Tab. 3.45	<i>Kreatiningehalt [mmol/l Urin] und Ca-Gehalt [g/kg uS Urin] und Ca/Krea-Verhältnis im Urin (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	86
Tab. 3.46	<i>Kreatiningehalt [mmol/l Urin] und Ca-Gehalt [g/kg uS Urin] und Ca/Krea-Verhältnis im Urin (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	86
Tab. 3.47	<i>Kreatiningehalt [mmol/l Urin] und Ca-Gehalt [g/kg uS Urin] und Ca/Krea-Verhältnis im Urin (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	86
Tab. 4.1	<i>TS-Verdaulichkeiten [%] erhoben mit den Daten der Sammelmethode und berechnet anhand der internen Markern ADL und AIA (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)</i>	89
Tab. 4.2	<i>TS-Verdaulichkeiten [%] erhoben mit den Daten der Sammelmethode und berechnet mit den internen Markern ADL und AIA (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)</i>	89
Tab. 4.3	<i>TS-Verdaulichkeiten [%] erhoben mit den Daten der Sammelmethode und berechnet mit den internen Markern ADL und AIA (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)</i>	90
Tab. 4.4	<i>Unterschätzung [%] der GE des Kotes bei verschiedenen Tierarten bei Anwendung der von FEHRLE (1999) verwendeten Formel (siehe Text) im Vergleich zu den durch Bombenkalorimetrie bestimmten Werten</i>	91
Tab. 4.5	<i>Vergleich der sV der TS [%] von „Grazern“ und „Browsern“ auf Mischfütterationen</i>	96
Tab. 4.6	<i>Vergleich der sV der oS [%] von „Grazern“ und „Browsern“ auf reinen Grasheurationen</i>	96

Tab. 4.7	<i>Zusammenhang zwischen dem Rfa- Gehalt in der Ration [% TS] und der sV [%] der oS bzw. der TS bei Pferd, Indischem Elefant, Panzer- und Spitzmaulnashorn (m = Steigung, t = Schnittpunkt der y-Achse, R² = Korrelation, n = Tierzahl)</i>	99
Tab. 4.8	<i>Vergleich der errechneten endogenen Verluste an Rp und Rfe [g/100g TS-Aufnahme] von Pferd, Panzernashorn und Spitzmaulnashorn</i>	104
Tab. 4.9	<i>Vergleich des Wasserhaushaltes von Pferd, Panzer- und Spitzmaulnashorn, Wasseraufnahme pro Tag [ml/kg KM], fäkale Wasserverluste pro Tag [ml/kg KM], renale Ausscheidung + insensible Verluste - metabolisches Wasser pro Tag [ml/kg KM]</i>	107
Tab. 4.10	<i>Vergleich der von den Spitzmaulnashörnern aufgenommenen Menge an Mengenelementen mit den Empfehlungen für Pferde [mg/kg KM]</i>	109
Tab. 4.11	<i>Vergleich der von den Spitzmaulnashörnern aufgenommenen Menge an Spurenelementen mit den Empfehlungen für Pferde [mg/kg TS]</i>	109
Tab. 4.12	<i>Vergleich der sV von Ca und P [%] bei Pferd, Elefant, Panzer- und Spitzmaulnashorn</i>	110
Tab. 4.13	<i>Vergleich der sV [%] von Na, K und Mg bei Pferd und Spitzmaulnashorn</i>	111
Tab. 5.1	<i>Scheinbare Verdaulichkeit [%] der TS, der organischen Substanz (oS), des Rohproteins (Rp), der Rohfaser (Rfa), des Kalziums (Ca), des Phosphors (P) und des Natriums (Na)</i>	119
Tab. 6.1	<i>Apparent digestibility [%] of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), crude fibre (CF), calcium (Ca), phosphorus (P) and sodium (Na)</i>	122

1 Einleitung

Spitzmaulnashörner stehen seit 1977 auf der CITES-Liste als vom Aussterben bedrohte Tierart; seit 1996 gelten sie sogar als stark bedroht (UNEP-WCMC 2004). Die intensiven Bemühungen, sie zu schützen, zeigen langsam Erfolge. So ist die Zahl der in freier Wildbahn lebenden Individuen seit 1996 von ca. 2300 auf 3610 angestiegen ([IUCN](#) 2004). Allerdings leben 97,6 % der Tiere in nur vier Ländern Afrikas (Südafrika, Namibia, Zimbabwe und Kenia). In einigen anderen Ländern Afrikas ist die Spezies mittlerweile ganz ausgestorben. Weiterhin gefährdet wird die Population - neben der Wilderei für den internationalen Handel mit dem Horn der Tiere - durch Unruhen, Bürgerkriege und Veränderungen des Habitats (EMSLIE & BROOKS 1999).

Auch den Zoos, in denen laut der AfRSG (2003) heute 247 Spitzmaulnashörner leben, kommt zur Erhaltung der Art eine tragende Rolle zu. Der „*Rhino Global Captive Action Plan*“ (GCAP) gibt Empfehlungen und Richtlinien für die Programme zur Art-erhaltung der verschiedenen Kontinente heraus. Dies betrifft z.B. die Tierzahl, die aus genetischen und demographischen Gründen angestrebt wird (FOOSE 1998).

Eine grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Zucht ist die optimale Haltung der Tiere, an der eine ausgewogene Ernährung einen wichtigen Anteil hat (DIERENFELD 1997).

Üblicherweise wird das Pferd als Modelltier für die Nashornernährung herangezogen (OFTEDAL et al. 1996). Mit der vorliegenden Arbeit sollen verdauungsphysiologische Parameter des Spitzmaulnashorns untersucht werden, um einen Vergleich mit dem Pferd und anderen großen Dickdarmfermentierern zu ermöglichen. Außerdem soll die Eignung der in den Zoos bei Spitzmaulnashörnern eingesetzten Futterrationen beurteilt werden.

2 Schrifttum

2.1 Begriffsbestimmungen

Trockensubstanz (TS) bezeichnet den Anteil des Futters, der bei 103 °C nicht verdampft (KAMPHUES et al. 1999).

Rohasche (Ra) enthält Mineralstoffe sowie andere anorganische Substanzen, z.B. Silikate (KAMPHUES et al. 1999).

organische Substanz (oS) errechnet sich aus der Differenz von Trockensubstanz und Rohasche (KAMPHUES et al. 1999).

Rohfett (Rfe) stellt eine heterogene Stoffgruppe dar, die in Petroläther löslich ist. Dazu gehören unter anderem die eigentlichen Fette (Neutralfette) und Lipide (KAMPHUES et al. 1999).

Rohprotein (Rp) enthält neben Proteinen auch stickstoffhaltige Verbindungen nicht-eiweißartiger Natur, wie z.B. freie Aminosäuren und Alkaloide (KAMPHUES et al. 1999).

Rohfaser (Rfa) ist der unlösliche Anteil von Cellulose (C), Hemicellulose (HC), Lignin und anderen Zellwandstoffen (KAMPHUES et al. 1999).

neutrale Detergentienfaser (neutral detergent fiber, NDF) bezeichnet die Summe der Gerüstsubstanzen, d. h. Cellulose, Hemicellulose und Rohlignin (VAN SOEST 1967).

saure Detergentienfaser (acid detergent fiber, ADF) besteht vorwiegend aus Cellulose und Rohlignin (VAN SOEST 1967).

Rohlignin (acid detergent lignin, ADL) ist überwiegend mit dem Ligningehalt identisch (VAN SOEST 1967).

NDF prot bezeichnet das an die NDF-Fraktion gebundene Protein.

nicht-Zellwand-Kot-Protein (nZKP) errechnet sich aus der Differenz von Gesamt-Proteingehalt einer Kotprobe und dem an das NDF gebundene Protein (MASON & FREDERIKSEN 1979).

stickstofffreie Extraktstoffe (Nitrogen free Extracts, NfE) errechnen sich, indem man Ra, Rfe, Rp und Rfa von der TS subtrahiert. Somit umfassen sie α -glucosidisch gebundene Polysaccharide (Stärke, Glycogen), lösliche Zucker (Glucose, Fructose, Saccharose, Laktose, Maltose und Oligosaccharide), sowie lösliche Teile von Cellulose, Hemicellulosen, Lignin und Pektinen (KAMPHUES et al. 1999).

Rest-Kohlenhydrate (R-KH) werden wie die NfE bestimmt, wobei statt des Rfa die NDF abgezogen wird, sodass bei den R-KHs auch die löslichen Anteile von Cellulose, Hemicellulose und Lignin ausgeschlossen werden.

flüchtige Fettsäuren (FFS, kurzkettige Fettsäuren) sind ein Gemisch organischer Säuren, die als Produkte mikrobieller Umsetzung vor allem von Kohlenhydraten im Vormagen (bei Wiederkäuern) bzw. im Dickdarm (bei Dickdarmfermentierern) entstehen. Der Großteil besteht aus Essig-, Propion-, und Buttersäure (VON ENGELHARDT & BREVES 2000).

scheinbare Verdaulichkeit (sV) ist die Differenz zwischen der mit dem Futter aufgenommenen und der mit dem Kot ausgeschiedenen Nährstoffmenge, angegeben in Prozent der Nährstoffaufnahme (KAMPHUES et al. 1999).

wahre Verdaulichkeit (Resorbierbarkeit, wV) liegt höher als die scheinbare Verdaulichkeit, da sie denjenigen Anteil der endogenen Verluste eines Nährstoffs berücksichtigt, der in das Darmlumen sezerniert und nicht wieder rückresorbiert wird (KAMPHUES et al. 1999).

Bruttoenergie (gross energy, GE) ist die durch Verbrennung im Bombenkalorimeter bestimmte Energie eines Futtermittels (KAMPHUES et al. 1999).

verdauliche Energie (digestible energy, DE) ist derjenige Anteil der Bruttoenergie eines Futtermittels, der nicht mit dem Kot ausgeschieden wird (KAMPHUES et al. 1999).

Browser ist eine Bezeichnung für Tiere, deren Nahrungsquelle hauptsächlich aus Blättern und Zweigen verholzter Pflanzen und aus dikotyledonen, krautigen Pflanzen besteht (OWEN-SMITH 1988).

Grazer ist eine Bezeichnung für die Tiere, die sich vor allem von Blättern von Gräsern ernähren (OWEN-SMITH 1988).

Mixed Feeder ist eine Bezeichnung für Tiere, die sich sowohl von Mono- als auch Dikotyledonen ernähren (OWEN-SMITH 1988).

home range beschreibt im Allgemeinen das Gebiet, das von einem Tier während der Routineaktivitäten durchquert wird (JEWELL 1966).

2.2 Zur Biologie des Spitzmaulnashorns

2.2.1 Allgemeine Angaben

Spitzmaulnashörner leben in Afrika südlich der Sahara in tropischem Buschland und Savannen, wobei sie sich typischerweise in den Übergangszonen von offener Steppe zum Wald bewegen, da sie offenes Land, hohes Gras und eine zu dichte Vegetation meiden. Wenn sie die Möglichkeit haben, suchen sie die Nähe von permanenten Wasserstellen und Flussläufen auf (RITCHIE 1963, SCHENKEL & SCHENKEL-HULLINGER 1969, JOUBERT & ELOFF 1971, FRAME 1980, KOTZE & ZACHARIAS 1993, EMSLIE & ADCOCK 1994, FOOSE 1996).

Die Tiere sind von graubrauner Farbe, haben einen massiven Körper und kurze Beine, die breit in drei verhornten Zehen enden. Das vordere längere und das kürzere hintere Horn besteht aus keratinisierten Zellen und befindet sich in ständigem Wachstum (NELSON & FOWLER 1986).

Spitzmaulnashörner scheinen keine sehr geselligen Tiere zu sein. Bei Beobachtungen in Tansania sind die weiblichen Tiere in 75 % der Fälle entweder alleine oder von nur einem Kalb begleitet unterwegs, während 80 % der Bullen ganz alleine umherstreifen. Die „home ranges“ der Kühe scheinen sich zu überlappen, wohingegen dies bei den Bullen nur höchst selten der Fall ist (OWEN-SMITH 1988).

Die Reproduktion ist nicht strikt saisonal, wobei es Östrus- und Geburtspeaks gibt, die eventuell mit der Regenzeit in Beziehung stehen (PIENAAR & DU TOIT 1996). Nach einer Tragzeit von ca. 15 Monaten bringt die Kuh alle zwei bis vier Jahre ein einzelnes Kalb zur Welt (LINDEMANN 1982a, NELSON & FOWLER 1986, ADCOCK et al. 1998).

Die Angaben über das Körpergewicht bewegen sich in einem Bereich von 700 bis 1600 kg (siehe Tabelle 2.1).

Tab. 2.1 Gewichtsangaben [kg] beim Spitzmaulnashorn

Gewicht	Quelle
900	WILSON & EDWARDS 1965
1000-1050	SILBERMANN & FULTON 1979
1000	DOUGLASS 1980
1400-1600	JONES 1981
1000-1400	NELSON & FOWLER 1986
708-1132	OWEN-SMITH 1988
800-1350	FOOSE 1996
900-1100	MILLER 1996
800-1100	STUART & STUART 1996

GODDARD (1970b) gibt für Spitzmaulnashörner in freier Wildbahn eine durchschnittliche Lebenserwartung von 8,4 und eine maximale Lebenserwartung von 35 bis 38 Jahren an. Im Zoo beträgt der Durchschnitt 12,2 Jahre. Außerdem erreichen von den 75 % der Tiere, die die ersten drei Jahre überleben, nur neun Prozent ein Alter von über 30 Jahren (LINDEMANN 1982a).

2.2.2 Taxonomische Einordnung und Bestandszahlen der Spitzmaulnashörner

Um die Jahrhundertwende gab es ca. eine Million Spitzmaulnashörner in Afrika. Durch Zerstörung des Habitats, Sportjagd und Abschuss durch Landwirtschaftsbe-

amte waren die Tiere bis 1950 um 90 % reduziert worden (DUBLIN & WILSON 1998). In den späten Sechzigern wurde die Population auf ca. 65000 Individuen geschätzt (CUMMING 1987). Die weitere Abnahme bis zum Jahr 1995 auf nur mehr ca. 2410 Tiere (EMSLIE & BROOKS 1999), ist nach FOOSE (1996) vor allem auf die Wilderei und weniger auf den Verlust des Habitats zurückzuführen. Wie schon eingangs erwähnt erholt sich die Wildpopulation langsam und wird mittlerweile auf 3610 Tiere geschätzt (IUCN 2004).

Zur Familie der Nashörner (*Rhinocerotidae*) gehört das in Afrika lebende Spitzmaul- (*Diceros bicornis*) und Breitmaulnashorn (*Ceratotherium simum*) und das in Asien lebende Panzer- (*Rhinoceros unicornis*), Java- (*Rhinoceros sondaicus*) und Sumatranashorn (*Dicerorhinus sumatrensis*). Die Nashörner bilden zusammen mit den Tapiren (*Tapiridae*) und den Pferden (*Equidae*) die Ordnung der Unpaarhufer (*Perissodactyla*) (MC DONALD 1984). Die Spitzmaulnashörner teilen sich in die folgenden vier Unterarten auf: *Diceros bicornis longipes*, *michaeli*, *bicornis* und *minor* (STUART & STUART 1996).

2.3 Der Verdauungsapparat

2.3.1 Anatomie

Die charakteristische **Oberlippe**, die dem Tier den Namen gegeben hat, ist sehr beweglich, hervorstreckbar und wird zum Ergreifen und Heranziehen von Ästen und Zweigen genutzt. Das Spitzmaulnashorn besitzt vier Prämolare und drei Molare (RITCHIE 1963, GODDARD 1970b, PUSCHMANN 1989) **Zähne** vom brachydonten Typ (HILLMANN-SMITH & GROVES 1994), die keinen Zement zwischen den Schmelzhöckern haben (SCHAURTE 1966, HILLMANN-SMITH & GROVES 1994). Wie auch auf der Abbildung 2.1 zu sehen, fehlen ihm in der Regel sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer die Schneide- und Eckzähne (RITCHIE 1963, SCHAURTE 1966, OWEN-SMITH 1988).

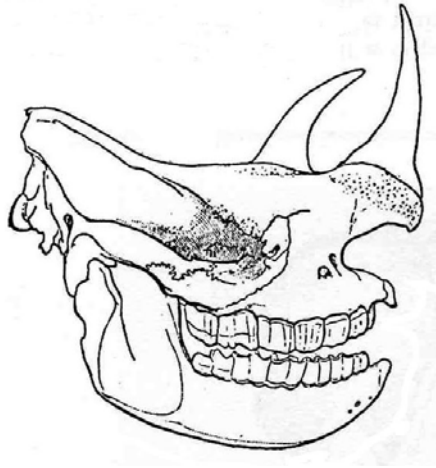


Abb. 2.1 Schädel eines Spitzmaulnashorns (aus BOURDELLE 1955)

Die **Zunge** hat auf Höhe der Backenzähne eine ausgeprägte sagittal geteilte Wölbung, die auf jeder Seite eine Gruppe von Geschmackspapillen trägt (CAVE 1977). Die Untersuchung der **Speicheldrüsen** eines einzelnen Tieres ergab eine Ähnlichkeit in der Topographie mit denen des Pferdes. Die Zusammensetzung des Sekretes der Parotis wurde nicht beschrieben. Die *Glandula submaxillaris* war vor allem seröser Natur, im Gegensatz zur *Glandula sublingualis*, die vorwiegend vom mukösen Typ war. Die kleinen Speicheldrüsen waren zum Großteil von gemischter histologischer Zusammensetzung (CAVE 1982). Der **Magen** ist im Allgemeinen nicht unterteilt (CLEMENS & MALOY 1982, STEVENS & HUME 1995). Allerdings stellen CLEMENS & MALOY (1982) Unterschiede bezüglich des pH-Wertes, der Osmolalität und der Gehalte an Natrium und Kalium zwischen dem cranialen und dem caudalen Teil des Magens fest. Sie sehen deshalb die Möglichkeit, dass die funktionelle Unterteilung des Magens ausgeprägter ist, als es strukturell den Anschein hat. Die craniale Hälfte, bzw. die cranialen zwei Drittel, bestehen aus einem mehrschichtigen Plattenepithel, der caudale Teil aus Drüsenepithel (STEVENS & HUME 1995). Der **Dünndarm** ist zwischen acht und elf Meter lang (CLEMENS & MALOY 1982). Der **Dickdarm** besitzt Taenien und Haustren, ist voluminös, beinhaltet ca. 73 % des Gewichts der gesamten Ingesta (CLEMENS & MALOY 1982) und erinnert von seiner Struktur her an den der anderen *Perissodactyla* (STEVENS & HUME 1995). Da Nashörner, genauso wie Pferde und Tapire, keine **Gallenblase** haben (NELSON &

FOWLER 1986), wird die Galle direkt von der Leber in das Duodenum sezerniert. Abbildung 2.2 zeigt eine Zeichnung des Magen-Darm-Traktes vom Spitzmaulnashorn.

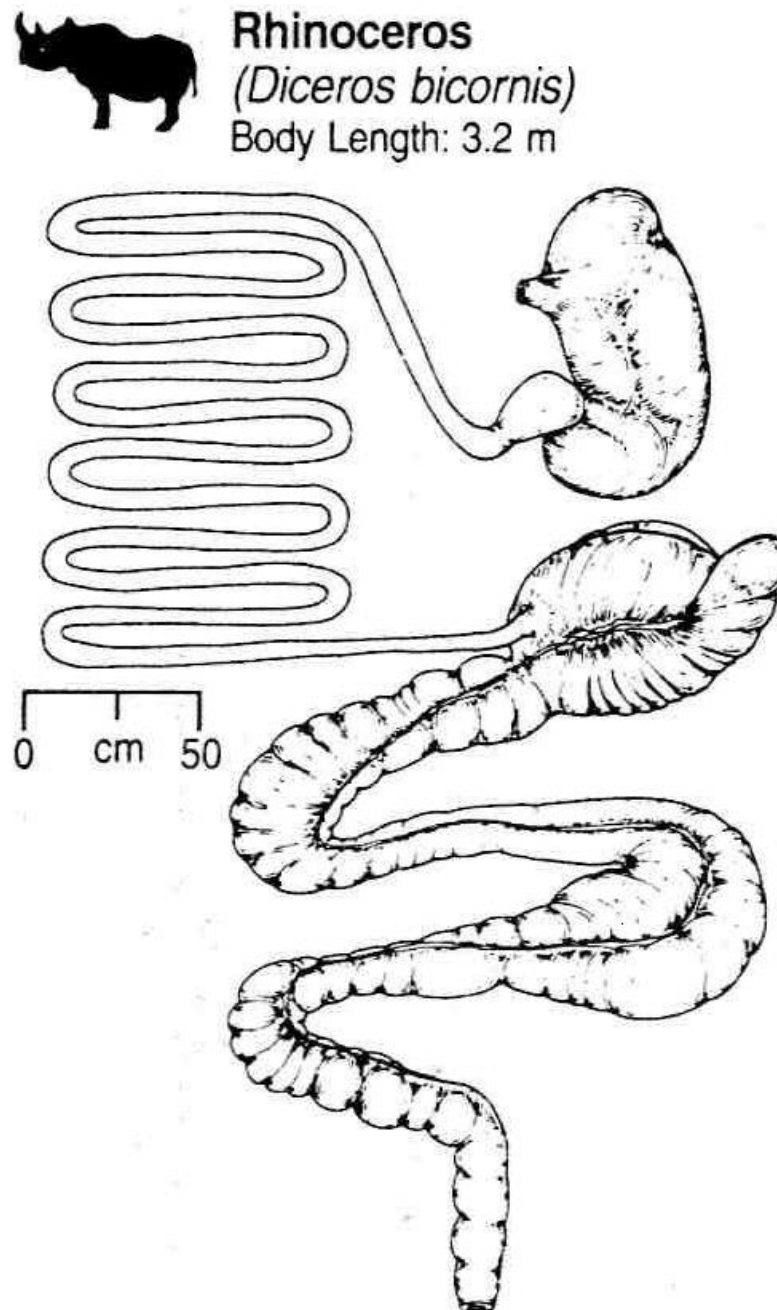


Abb. 2.2 Magendarmtrakt des Spitzmaulnashorns (aus CLEMENS & MALOIJ 1982)

In Tabelle 2.2 sind die Literaturangaben zu Länge, Durchmesser und Gewicht des Inhaltes des Magen-Darm-Traktes zusammengefasst.

Tab. 2.2 Maße des Verdauungstraktes beim Spitzmaulnashorn

Abschnitt	Länge	Ø	Inhalt	Inhalt	Quelle
	[m]	[cm]	[kg uS]	[%]	
Speiseröhre	0,9				WILSON & EDWARDS 1965
	1,3	65			DE BOUVEIGNES 1953
Magen	0,8	61			WILSON & EDWARDS 1965
	0,9		37	21,4	CLEMENS & MALOIY 1982
Dünndarm	7,8	16			DE BOUVEIGNES 1953
	11,6				WILSON & EDWARDS 1965
	11,3		9	5,2	CLEMENS & MALOIY 1982
Caecum	2,6	65			DE BOUVEIGNES 1953
	0,8		40	23,1	CLEMENS & MALOIY 1982
Colon	2,6				DE BOUVEIGNES 1953
	4,2				CLEMENS & MALOIY 1982
Mastdarm	0,5	16			DE BOUVEIGNES 1953

2.3.2 Physiologie

Spitzmaulnashörner beziehen ihre Energie neben der enzymatischen Verdauung aus der mikrobiellen Fermentation im Dickdarm. Diese Fermentation, gemessen an der Konzentration der flüchtigen Fettsäuren, findet im Caecum und im proximalen Colon statt (CLEMENS & MALOIY 1982). Auch im Magen scheint es mikrobiellen Verdau zu geben, wenn auch in geringerem Maße als im Dickdarm (CLEMENS & MALOIY 1982). Die Anzahl und Art der hierbei beteiligten Mikroorganismen (Bakterien, Protozoen, Pilze) gleicht denen im Pansen der Wiederkäuer (PARRA 1978, BREVES & DIENER 2000). Bei der Fermentation entstehen für die Dickdarmfermentierer nutzbare flüchtige Fettsäuren und Laktat (PARRA 1978, BREVES & DIENER 2000). Als Dickdarmfermentierer können Spitzmaulnashörner, im Gegensatz zu den Wiederkäuern, von Futter niederer Qualität, sprich faserreichem Futter, leben, da sie die Aufnahme und die Passagerate, anders als die durch den Pansen eingeschränkten Wiederkäuer, ihrem Bedarf passend steigern können (BELL 1971, JANIS 1976, VON ENGELHARDT 2000). Außerdem haben sie den Vorteil einer großen Körpermasse,

durch die sie einen niedrigen relativen Energiebedarf haben, während ihre Darmkapazität, in Relation zu ihrem Energiebedarf gesehen, erhöht ist (PARRA 1978).

Solange es keine spezifischeren Daten gibt, schlägt DIERENFELD (1999a) aufgrund der Ähnlichkeiten der Morphologie des Verdauungstraktes und der Physiologie das Pferd als möglicherweise bestes Modelltier für Spitzmaulnashörner vor. HAMILTON (1999) allerdings gibt zu bedenken, dass der Nährstoffbedarf unter Umständen erheblich von dem der Pferde differiert, da sich diese beiden Arten, sowohl hinsichtlich ihrer natürlichen Nahrung (siehe Kapitel 2.4) als auch des Klimas ihres natürlichen Habitats grundsätzlich unterscheiden.

CLEMENS & MALOIY (1982) führen die Befähigung, auch toxische Pflanzen zu verdauen zu können (siehe Kapitel 2.4.1) auf mikrobielle Verdauungsprozesse im Magen zurück, KOCK & GARNIER (1993) dagegen auf die im Vergleich zum Breitmaulnashorn (*Ceratotherium simum*) ihrer Meinung nach größeren Leber als den Ort der Detoxifikation von über die Nahrung aufgenommenen Giftsubstanzen.

2.3.3 Verdaulichkeitsstudien bei Spitzmaul- und Sumatranashorn

Daten zur Verdaulichkeit, die an Spitzmaul- bzw. Sumatranashörnern erhoben wurden, sind in Tabelle 2.3 zusammengefasst. Im Folgenden werden die einzelnen Studien kurz vorgestellt.

Zur Verdaulichkeit bei frei lebenden Spitzmaulnashörnern gibt es zwei zusammenhängende Studien von CLEMENS & MALOIY (1982, 1983). Zwei Probleme ergeben sich bei Betrachtung der Ergebnisse: Zum einen wurde Lignin als Marker verwendet - was zu einer Unterschätzung der Verdauungsleistung führen kann -, zum anderen weichen die von den Autoren 1983 veröffentlichten Ergebnisse über die Verdaulichkeit von den 1982 veröffentlichten Daten über die Zusammensetzung der Ingesta der einzelnen Magen-Darm-Abschnitte, auf deren Grundlage die Verdaulichkeiten ausgerechnet wurden, voneinander ab.

Bei drei kontrollierten Fütterungsversuchen mit Spitzmaul- bzw. Sumatra-Nashörnern auf der Grundlage ihrer natürlichen Nahrung (siehe Kapitel 2.4) wurden die aufge-

nommenen Futtermengen und die ausgeschiedenen Kotmengen genau bestimmt (ATKINSON 1995, DIERENFELD et al. 2000, MICHAEL unveröffentlicht). Obwohl die Daten von DIERENFELD et al. (2000) und MICHAEL (unveröffentlicht) von Sumatranashörnern stammen, sind sie in diesem Zusammenhang trotzdem interessant, da Sumatranashörner (VAN STRIEN 1986, OWEN-SMITH 1988) und Spitzmaulnashörner (siehe Kapitel 2.4.1) beide „Browser“ (Laubäser) sind und vermutlich eine sehr ähnliche Verdauungsphysiologie haben.

Die Versuche von ATKINSON (1995) kommen den natürlichen Bedingungen, was die Nahrung der Tiere betrifft, sehr nah. Sie fütterte vier Spitzmaulnashörner in Zimbabwe fünf Tage lang mit einheimischen Pflanzen, die auch von frei lebenden Tieren gefressen werden. Der gesamte Kot wurde an Tag vier und fünf gesammelt. Die Verdaulichkeiten errechnete sie mit den an den Tagen zwei bis vier ermittelten Aufnahmen, da die Tiere am ersten und am letzten Tag des Versuches jeweils weniger fraßen. Genauer als die Verdaulichkeit der Trockensubstanz ist ihrer Meinung nach die Verdaulichkeit der organischen Substanz, da es zum einen nicht vermieden werden konnte, dass die Kothaufen mit Erde verunreinigt wurden, zum anderen war auch beobachtet worden, dass die Tiere Erde aufgenommen hatten. Die Verdaulichkeit von Protein schätzt sie als etwas höher als angegeben ein, da manche Kotproben mit Urin kontaminiert wurden. Parallel zu den mit der Sammelmethode bestimmten Verdaulichkeiten errechnete sie diese mit Lignin als Marker, wobei sie keinen Zusammenhang zwischen diesen beiden Ergebnissen finden konnte.

MICHAEL (unveröffentlicht) bestimmte bei zwei Sumatranashörnern nach einer zehntägigen Anfütterungszeit zehn Tage lang die Aufnahme und die Ausscheidung des Futters.

Die Versuche von DIERENFELD et al. (2000) mit drei Sumatranashörnern dauerten fünf Tage. Rechnet man aus den Angaben die Verdaulichkeiten nach, so kommt man vor allem bei dem ersten Tier auf andere Ergebnisse als die Autoren.

Die folgenden vier Studien befassen sich mit Verdaulichkeiten von Tieren, die, wie in den meisten Zoos üblich, mit Gras- und / oder Luzerneheu als Grundlage gefüttert wurden.

Nach einer 14-tägigen Anfütterungszeit von zwei Tieren mit Grasheu notierten ULLREY et al. (1979) sieben Tage lang die Aufnahme und Ausscheidung an jedem zweiten Tag.

FOOSE (1982) ermittelte bei einer Vielzahl von Herbivoren die Verdaulichkeiten, unter anderem auch bei vier, bzw. drei (zwei Tiere bilden einen Durchschnitt und werden als ein Tier gezählt) Spitzmaulnashörnern. Die Tiere wurden in zwei Versuchen jeweils 24 Tage lang mit Gras- bzw. Luzerneheu ad libitum gefüttert. Nach einer Anfütterungszeit von 14 Tagen folgte eine Sammelperiode von zehn Tagen, wobei während der ersten sieben Tage die aufgenommene Futtermenge und während der letzten vier Tage die gesamte Kotmenge notiert wurde. Der große Unterschied in der Proteinverdaulichkeit bei dieser Arbeit im Vergleich zu den anderen, kommt dadurch zustande, dass FOOSE (1982) die scheinbare Verdaulichkeit des nicht-Zellwand-Kot-Proteins ausrechnet, welche eine Annäherung an die wahre Verdaulichkeit von Protein darstellt.

Bei den Versuchen von HAMILTON (1999) wurden sechs Tiere mit Grasheu, Luzerneheu, Luzernehäcksel, pelletiertem Mischfutter für Pferde, Weizenkeimen, Obst und Gemüse, wenigen Zweigen, Multivitaminergänzung und Brot gefüttert. Über fünf Tage wurden das aufgenommene Futter und der ausgeschiedene Kot bestimmt. Auffällig bei dieser Studie ist die teilweise extrem hohe Verdaulichkeit des Lignins, die in der Diskussion mit 8,8 - 34,8 % und in einer Tabelle mit -20 % - 78 % angegeben wird. Das negative Ergebnis begründet der Autor mit einem möglichen Fehler bei der Analyse. Sehr niedrig dagegen erscheinen die von ihm angegebenen Werte für die Proteinverdaulichkeit (7 - 47 %). Der Autor führt dies auf die schlechte Qualität des Grasheus zurück, das mit ungefähren 40 % einen großen Teil der Diät ausmachte.

SPALA & HRADECKY (1993) ermittelten die Verdaulichkeiten bei einem heranwachsenden Bullen und zwei trächtigen Kühen. Im Abstand von neun Monaten wurde - nach einer jeweils fünftägigen Vorbereitungsphase - das aufgenommene Futter, bestehend aus Hafer und Grasheu, notiert. Die Verdaulichkeit wurde anhand von säureunlöslicher Asche als internen Marker bestimmt.

Tab. 2.3 Literaturangaben über die Zusammensetzung der Diät [% TS-Aufnahme], den NDF-Gehalt der Ration [% TS], die TS-Aufnahme [g TS/kg MKM] und die Verdaulichkeiten [%] verschiedener Diäten beim Spitzmaul- und beim Sumatranashorn

Zusammensetzung der Diät				scheinbare Verdaulichkeit										Quelle
Grasheu	Luzerneheu	Kraftfutter ¹	Zweige Blätter	NDF-Gehalt	TS-Aufnahme	TS	oS	Rp	Rf a	ND F	AD F	AD L	GE	
Spitzmaulnashorn														
			100	66		27	30	45	8	16			27	berechnet nach CLEMENS&MALOIY 1982
			100			39		49	15	27			33	CLEMENS&MALOIY 1983
			100			40	45	65		23		24		ATKINSON 1995
100				66				30		33	22		34	ULLREY et al. 1979
100				73	83 ⁵		43	84 ²		41	37	-15		FOOSE 1982
	100			38	128 ⁵		65	96 ²		49	49	12		FOOSE 1982
81 ³		19 ³			92	52	53	47	41				53	SPALA & HRADECKY 1993
+ ⁴	+ ⁴	+ ⁴	+ ⁴	49	76	50	55	26		27	42	33	56	HAMILTON 1999
Sumatranashorn														
	8 ³	22 ³	55 ³	43	96	52				29	26	23		DIERENFELD et al. 2000
		12	88	54	57	65	65	71	69	53	50		82	MICHAEL (unveröffentlicht)

¹setzt sich aus Getreide, pelletiertem Mischfutter, Obst und Gemüse zusammen; ²sV des nZKP, Annäherung an die wV von Rp; ³TS geschätzt; ⁴keine Angaben in Zahlen über die gefressene Diät; nur wenig Blätter und Zweige; ⁵Abweichungen zu den von FOOSE (1982) angegebenen Daten kommen dadurch zustande, dass der Autor die Gewichte der vier Tiere addiert, aber nur durch drei geteilt hat;

2.3.4 Darmpassagezeit beim Spitzmaulnashorn

Bei Wiederkäuern verlängert sich die mittlere Retentionszeit mit der Zunahme des Faseranteils im Futter. Bei Nichtwiederkäuern wie dem Spitzmaulnashorn steigt sie nur in geringem Maße. Die geringere Retention wird dadurch ausgeglichen, dass mehr Futter pro Zeiteinheit verarbeitet werden kann (OWEN-SMITH 1988).

FOOSE (1982) hat neben der Verdaulichkeit auch die Darmpassagezeit anhand von gefärbtem Heu, sowohl bei der Diät mit Grasheu, als auch bei der Diät mit Luzerneheu, bestimmt. Die Aussagekraft der Ergebnisse ist dadurch eingeschränkt, dass die Kotproben nur alle 24 Stunden genommen wurden.

Tab. 2.4 Mittlere Retentionszeit [h] beim Spitzmaulnashorn (FOOSE 1982)

Zusammensetzung der Diät	mittlere Retentionszeit
100 % Grasheu	60
100 % Luzerneheu	58
100 % Luzerneheu	51

2.3.5 Eisenhaushalt

Da Spitzmaulnashörner in Gefangenschaft häufig Anzeichen einer Erhöhung des Gesamtkörpereisens entwickeln (SMITH et al. 1995, PAGLIA & DENNIS 1999), soll an dieser Stelle vorerst etwas näher auf den Eisenhaushalt von Säugetieren im Allgemeinen eingegangen werden:

Eisen wird in Form von Fe^{++} -Ionen im Dünndarm absorbiert. Nach einer passiven Aufnahme in die Epithelzelle wird es entweder aktiv ausgeschleust, zu Fe^{+++} oxidiert und an Transferrin - das Transportprotein für Eisen im Plasma - gebunden, oder noch in der Zelle oxidiert und an Ferritin - das Speicherprotein für Eisen in der Zelle - gebunden. Von hier aus wird es entsprechend dem Bedarf des Tieres ins Plasma abgegeben. Wenn diese Zwischenlagerung länger als drei bis fünf Tage besteht,

geht das so gespeicherte Eisen im Rahmen der Zellmauserung mit dem Kot verloren (CROSBY 1963, JACOBS & WORWOOD 1975, SCHARRER & WOLFRAM 2000).

Bei einem Eisenmangel, steigert sich die Aufnahme aus der Nahrung von durchschnittlich 10 % auf bis zu 80 % (FLACHOWSKY 2000). Kommt es dagegen zu einem erhöhten Angebot, wirkt der Grad der Transferrinsättigung als negativer „Feedback-Mechanismus“ für die Eisenaufnahme (CROSBY 1963, JACOBS & WORWOOD 1975, FLACHOWSKY 2000).

Da es für die Exkretion keine spezifischen Mechanismen gibt, wird überschüssig aufgenommenes Eisen im Gewebe abgelagert. Wesentliche Eisenverluste entstehen zum Beispiel bei chronischen Blutungen. Kleine Mengen gehen über den Magen-Darm-Trakt, den Urin und den Schweiß verloren (FLACHOWSKY 2000).

Es wird angenommen, dass die verschiedenen Spezies spezifische Mechanismen entwickelt haben, um den jeweiligen Eisengehalten, die sie in ihrer natürlichen Nahrung vorfinden, adäquat begegnen zu können (FAIRBANKS & BEUTLER 2001). Sowohl der Gehalt des Eisens (siehe Kapitel 2.4.2), als auch dessen Bioverfügbarkeit (siehe Kapitel 2.4.3) ist in der Nahrung der Spitzmaulnashörner - ebenso wie in der der Sumatranashörner - in freier Wildbahn gering. Möglicherweise führte diese Tatsache entweder zu einem besonders effektiven Absorptionsmechanismus oder zu dem Fehlen eines Feedback-Mechanismus, der die Absorption bei ausreichendem Eisen-Status einschränkt (CLAUSS et al. 2002b).

Mit dieser Thematik beschäftigten sich BEUTLER et al. (2001), indem sie das HFE-Gen, welches beim Menschen, wenn es mutiert, zu einer erhöhten Eisenabsorption führt, bei vier Nashornarten näher untersuchten. Aufgrund der Ergebnisse schien es den Autoren möglich, dass ein Unterschied, der beim Spitzmaulnashorn in der Gensequenz gefunden wurde, sich tatsächlich auf die Funktion des HFE-Proteins auswirkt. Allerdings fanden sie diese Veränderung beim Sumatranashorn nicht, welches in Bezug auf die Eisenproblematik dem Spitzmaulnashorn gleichzustellen ist (PAGLIA & DENNIS 1999). Nach Meinung von BEUTLER et al. (2001) lässt dies darauf schließen, dass andere Proteine bei der Hochregulierung der Eisenabsorption eine Rolle spielen.

Nicht unerwähnt bleiben sollte, dass Vitamin C für eine erhöhte Absorption des Eisens aus dem Magen-Darm-Kanal sorgt. (LIPSCHITZ et al. 1971, GAFFNEY 2001).

Die teilweise fatalen Folgen der pathologischen Erhöhung des Körpereisens werden in Kapitel 2.6 besprochen.

2.4 Nahrung in freier Wildbahn

2.4.1 Botanische Zusammensetzung

Spitzmaulnashörner sind „Browser“ (Laubäser), die eine Vielzahl von Pflanzenspezies fressen (GODDARD 1968, SCHENKEL & SCHENKEL-HULLINGER 1969, GODDARD 1970a, JOUBERT & ELOFF 1971, MUKINYA 1977, HALL-MARTIN et al. 1982, LOUITIT et al. 1987, EMSLIE & ADCOCK 1994, OLOO et al. 1994, ATKINSON 1995, POLE 1995). Ebenfalls zu den „Browsern“ wird das Sumatranashorn gezählt (VAN STRIEN 1986). Das Panzernashorn ernährt sich hauptsächlich von Gräsern (GROVES 1967, BRAHMACHARY et al. 1971, 1974, DINERSTEIN 1989) und wird von OWEN-SMITH (1988) als „Mixed Feeder“ mit einem hohen Anteil an Gras in seiner Nahrung bezeichnet. Das Breitmaulnashorn gehört zu den reinen „Grazern“ (PLAYER & FEELY 1960, OWEN-SMITH 1988, PIENAAR 1994, KIEFER et al. 2003).

Wie in den Tabellen 2.5 und 2.6 zu sehen, besteht der Großteil der Nahrung der Spitzmaulnashörner aus Büschen oder Bäumen und krautigen Pflanzen (RITCHIE 1963, GODDARD 1968, GODDARD 1970a, JOUBERT & ELOFF 1971, MUKINYA 1977). Sie sind selektiver als Elefanten, aber nicht in dem Maße wie zum Beispiel die meisten Antilopen (KINGDON 1997). Den Beobachtungen nach wird Gras von den Tieren nur sehr selten aufgenommen (GODDARD 1968, GODDARD 1970a, JOUBERT & ELOFF 1971, MUKINYA 1977, ATKINSON 1995). Kotuntersuchungen im Addo Elephant National Park durch HALL-MARTIN et al. (1982) zeigten allerdings, dass mit einem Anteil von ein bis zehn Prozent Gras im Kot die tatsächlich aufgenommene Menge eventuell unterschätzt wird.

Tab. 2.5 Nahrungszusammensetzung von Spitzmaulnashörnern in freier Wildbahn

Anteil der aufgenommenen Nahrung [%]				
Bäume und Büsche	krautige Pflanzen	Gras	Methode	Quelle
87-95	5-13	0 (einmal)	1	JOUBERT & ELOFF 1971
54-81	18-41	nie Gras alleine	2	MUKINYA 1977
47-93	5-51	0	3	OLOO et al. 1994
93-95	3-5	1	3	ATKINSON 1995
56-76	1-11	0-1	4	POLE 1995

¹Verfolgung des „Fresspfades“ und direkte Beobachtung; ²direkte Beobachtung; ³Verfolgung des „Fresspfades“ mit Zählung der Abbissstellen; ⁴direkte Beobachtung mit Bestimmung der Zeit in der an einer Pflanze gefressen wurde;

Tab. 2.6 Nahrungszusammensetzung von Spitzmaulnashörnern in freier Wildbahn

Anteil der aufgenommenen Nahrung [%]						
verholzte Pflanzen	Zwergbüsche	Sukkulanten	krautige Pflanzen	Gras	Methode	Quelle
21-39	30-42	9-18 (44 ¹)	6-19	-	2	HALL-MARTIN et al. 1982
23	14	32	31	-	2	HENNIG & GRINDIG 2001

¹bezieht sich auf die Trockenzeit; ²Verfolgung des „Fresspfades“ mit Zählung der Abbissstellen;

Die Anzahl der Pflanzenspezies, die Spitzmaulnashörnern als Nahrung dienen, reichte von 70 bei Untersuchungen im Masai Mara Game Reserve, Kenia (MUKINYA 1977) bis 191 in Nord Tansania (GODDARD 1968). Lediglich eine Veröffentlichung spricht von nur 32 Pflanzenspezies im Nairobi National Park, Kenia (MUYA & OGUGE 2000).

Aber obwohl sie von so einer Vielzahl von Pflanzen fressen, besteht der Hauptteil doch aus nur einigen wenigen (GODDARD 1968, SCHENKEL & SCHENKEL-HULLINGER 1969, GODDARD 1970a, JOUBERT & ELOFF 1971, MUKINYA 1977, HALL-MARTIN et al. 1982, 1987, EMSLIE & ADCOCK 1994, OLOO et al. 1994, ATKINSON 1995, MUYA & OGUGE 2000). Als Beispiel sei die Untersuchung von POLE (1995) in Zimbabwe angeführt, bei der die 20 am häufigsten gefressenen

Pflanzenspezies der Trockenzeit 81 % und die 20 am häufigsten gefressenen Pflanzenspezies der Regenzeit 75 % an der Gesamtmenge ausmachen.

Betrachtet man die einzelnen Pflanzenspezies, so fällt auf, dass einen Großteil davon Akazien sind (RITCHIE 1963, JOUBERT & ELOFF 1971, MUKINYA 1977, EMSLIE & ADCOCK 1994, OLOO et al. 1994, HENNIG & GINDRIG 2001), wobei EMSLIE & ADCOCK (1994) betonen, dass die Tiere Akazien von weniger als einem Meter Höhe bevorzugen. Ebenfalls wichtig ist die Familie der *Euphorbiaceae* (MUKINYA 1977, LOUITIT et al. 1987, OLOO et al. 1994, EMSLIE & ADCOCK 1994, HENNIG & GINDRIG 2001). Dies ist insofern bemerkenswert, da *Euphorbiaceae* - Wolfsmilchgewächse - giftige Diterpene enthalten, die zum Beispiel beim Menschen Symptome wie Schleimhautreizungen und Erbrechen auslösen. GODDARD (1968) stellte fest, dass *Euphorbia tirucalli*, und zwar inklusive Stamm, zu ungefähr 25 % in Regenzeit und zu über 70 % in der Trockenzeit gefressen werden. Diese Vorliebe führt er auf den hohen Wassergehalt dieser Pflanzen zurück, der besonders in der Trockenzeit den Tieren als Flüssigkeitsquelle dient. Bei einem Fütterungsversuch von MADDOCK et al. (1995) mit afrikanischen Pflanzen lehnten die Tiere die angebotenen *Euphorbiaceae* vollständig ab, was die Autoren auf die Tatsache zurückführen, dass den Tiere während des Versuches immer frisches Wasser zur Verfügung stand.

Sowohl in Nord-Tansania, als auch im Tsavo National Park, Kenia, zeigten die Tiere eine auffallende Vorliebe für Leguminosen (GODDARD 1968, 1970a). EMSLIE & ADCOCK (1994) folgern aus der Wichtigkeit von Leguminosen, dass Ostafrika, wo diese Pflanzen im Vergleich zu Südafrika häufiger vorkommen, die größere Kapazität hat, Spitzmaulnashörner aufzunehmen.

Aber nicht nur regionale, sondern auch saisonale Unterschiede bestimmen die botanische Zusammensetzung der natürlichen Nahrung, was zum größten Teil an der Verfügbarkeit (POLE 1995, MUYYA & OGUGE 2000) liegen mag, aber auch daran, dass mit der Jahreszeit die Schmackhaftigkeit der Pflanzen variiert (OLOO et al. 1994). ATKINSON (1995) konnte eine komplette Änderung der von den Spitzmaulnashörnern bevorzugten Pflanzen im Laufe eines Jahres beobachten.

Obwohl sie mit größerem Material als die meisten Herbivoren zurecht kommen (OLOO et al. 1994) und in der Trockenzeit vermehrt Arten mit Dornen oder Stacheln (ATKINSON 1995) oder sogar Rinde (GODDARD 1968, OLOO et al. 1994) fressen, bevorzugen sie nach Möglichkeit grünes Pflanzenmaterial (GODDARD 1970a) und junge Bäume (POLE 1995). Doch nicht nur im Bezug auf die äußeren Eigenschaften der Pflanzen, sondern auch im Bezug auf die chemischen Bestandteile haben sich die Spitzmaulnashörner eine Nische erobert. Sie können Pflanzen fressen, die für andere Herbivoren giftig sind (LOUTIT et al. 1987, POLE 1995). Solche Pflanzen sind zum Beispiel *Euphorbia ingens*, *Euphorbia virosa*, *Lopholeana corrifolia*, *Phytolacca dodecandra* und *Datura stramonium* (GODDARD 1968, LOUITIT et al. 1987, EMSLIE & ADCOCK 1994, POLE 1995).

2.4.2 Nährstoff-, Faser- und Mineralstoffgehalte in der natürlichen Nahrung

Die Zusammensetzung in Bezug auf den Nährstoff- und Fasergehalt (siehe Tabelle 2.7) und den Gehalt an Mineralstoffen (siehe Tabellen 2.8 und 2.9) verschiedener Pflanzen, die von Spitzmaulnashörnern gefressen werden, ist in Namibia (JOUBERT & ELOFF 1971, LOUITIT et al. 1987), Kenia (GHEBREMESKEL et al. 1991), Südafrika (HALL-MARTIN et al. 1982) und Zimbabwe (DIERENFELD et al. 1995) bestimmt worden. Sie variiert in den verschiedenen Teilen einer Pflanze (VAN SOEST 1982) und verändert sich mit der Jahreszeit (DIERENFELD et al. 1995) und dem Alter der Pflanze (VAN SOEST 1982, ATKINSON 1995). So sind die Pflanzen in der Trockenzeit faserhaltiger und proteinärmer als in der Regenzeit (ATKINSON 1995, DIERENFELD et al. 1995). Älteres Material und Zweige sind meist ligninhaltiger als Blätter und junges Material (VAN SOEST 1982).

Was den Proteingehalt betrifft, verändert sich dieser allerdings bei krautigen und verholzten Pflanzen im Laufe des Jahres weniger, als dies bei Gräsern der Fall ist (OWEN-SMITH 1982), wobei im Frühling durchaus höhere Werte als in den anderen Jahreszeiten ermittelt wurden (DIERENFELD et al. 1995). Eine weitere Besonderheit ist der höhere Gehalt an Protein in Pflanzen mit mechanischen Abwehrstrategien, wie zum Beispiel die Dornen der afrikanischen Akazien, die von Spitzmaulnashör-

gern gefressen werden (COOPER & OWEN-SMITH 1986). Da die Biomasse der verfügbaren Pflanzen gegen Ende der Trockenzeit stark abnimmt, leiden Spitzmaulnashörner aus oben genannten Gründen in dieser Zeit wohl eher unter einem Energie- als unter einem Proteinmangel (ATKINSON 1995). Vielleicht können sie es sich deshalb leisten, ihr Selektionsverhalten nicht nach dem Proteingehalt, sondern nach einem niedrigen Phenol- und Alkaloidgehalt zu richten (MUYA und OGUGE 2000).

Tab. 2.7 Nährstoff- und Fasergehalte der natürlichen Nahrung von Spitzmaulnashörnern [% TS] (angegeben als Mittelwert und Bereich)

Rp	Rfe	Rfa	NfE	NDF	ADF	ADL	C	n	Quelle
6	1	44						7	JOUBERT & ELOFF 1971
4-11	1-3	34-58							
10	5	42				11	31	- ³	AUCAMP 1972 ²
15 ¹	3 ¹	44 ¹	30 ¹	66 ¹		9 ¹	26 ¹	3	CLEMENS & MALOIY 1982
9	4	25	50					20	LOUTIT et al. 1987
2-18	1-24	10-50	34-60						
10	3	33	47					10	GHEBRMESEKEL et al. 1991
4-16	1-7	17-51	34-64						
16				49	35	10		13	ATKINSON 1995
12-23				37-57	25-41	8-15			
12				58	40	14		25	DIERENFELD et al. 1995
6-22				34-72	22-50	6-21	13-35		
	3							14	WRIGHT 1998
	1-6								
18		32						12	MUYA & OGUGE 2000
17-22		9-44							

¹Daten aus der Analyse des cranialen Magens von Spitzmaulnashörnern in freier Wildbahn; ²aus HALL-MARTIN (1982); ³keine Angaben;

Tab. 2.8 Mengenelementgehalte [g/kg TS] der natürlichen Nahrung von Spitzmaulnashörnern (angegeben als Mittelwert und Bereich)

Ca	K	Mg	Na	P	n	Quelle
16				0,9	7	JOUBERT & ELOFF 1971
7-32				0,4-1,8		
	2,7 ¹		0,8 ¹		3	CLEMENS & MALOIY 1982
18,2	8,7	2,7	0,14	1,3	18	DIERENFELD et al. 1995
7,4-42,7	2,8-17,7	1,2-6,5	0,01-0,94	0,6-2		

¹Daten aus der Analyse des cranialen Magens von Spitzmaulnashörnern in freier Wildbahn;

Tab. 2.9 Spurenelementgehalte [mg/kg TS] in der natürlichen Nahrung von Spitzmaulnashörnern (angegeben als Mittelwert und Bereich)

Co	Cu	Fe	Mn	Zn	n	Quelle
6,3	1,6	25,9	5,3	7,6	10	GHEBREMESKEL et al. 1991
0,5-33,6	0,8-3,7	11,6-115,5	1-37,1	3,1-23,3		
	6,5	113,4	89,9	17,9	18	DIERENFELD et al. 1995
	3,12,2	29-215	10,8-269	2,5-67,4		

2.4.3 Gerbstoffe

Gerbstoffe oder auch Tannine sind ein Bestandteil der natürlichen Nahrung von Spitzmaulnashörnern (LOUTIT et al. 1987, ATKINSON 1995, WRIGHT 1998). FURSTENBURG & VAN HOVEN (1994) untersuchten afrikanische Pflanzen auf ihren Gehalt an kondensierten Tanninen hin und kategorisierten diese von „sehr niedrig“ bis „extrem hoch“ in ihrem Tanningehalt. In jeder dieser Kategorien befinden sich mehrere von Spitzmaulnashörnern gefressene Pflanzen (JOUBERT & ELOFF 1971, GHEBREMESKEL 1991, KOTZE & ZACHARIAS 1993, ATKINSON 1995, DIERENFELD et al. 1995).

Tannine sind definiert als phenolische Verbindungen in Pflanzen mit einem hohen Molekulargewicht, die dazu fähig sind, Verbindungen mit Proteinen und anderen Makromolekülen einzugehen (CHEEKE 1998). Sie können in hydrolysierbare und kondensierte Gerbstoffe unterteilt werden. Diese Unterteilung ist nach COOPER & OWEN-SMITH (1985) insofern von Bedeutung, da Pflanzenfresser zwar von dem

Gehalt an kondensierten Tanninen, nicht aber von dem Gehalt an löslichen Tanninen beeinflusst werden. RITTNER & REED (1992) allerdings konnten zeigen, dass auch die löslichen Tannine einen Einfluss auf die Proteinverdaulichkeit haben, betonen aber gleichzeitig, dass der Effekt der Phenole auf den Nährwert nicht durch eine Bestimmung des Gehaltes an Polyphenolen vorhergesagt werden kann.

Neben der verminderten Schmackhaftigkeit der Pflanze (COOPER & OWEN–SMITH 1985) und ihrer Toxizität (KUMAR & SING 1984), wirken sie sich besonders durch ihren Einfluss auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe negativ aus. Sie verringern die Verdaulichkeit, indem sie die bakteriellen Fermentationsprozesse beeinflussen (MAKKAR et al. 1995), Verdauungsenzyme binden (OH et al. 1985), den Verlust, vor allem von Proteinen, erhöhen (SHAHKHALILI et al. 1990) und die Nutzung von absorbierten Nährstoffen verhindern (BUTLER & ROGLER 1992).

Spitzmaulnashörner begegnen diesen negativen Effekten mit Tannin-bindenden Proteinen im Speichel (NIEPER 1998).

Eine weitere Eigenschaft von Tanninen ist, dass sie nicht nur Makromoleküle, sondern auch Metallionen wie zum Beispiel Eisen binden, wodurch dessen Bioverfügbarkeit verringert wird (GAFFNEY et al. 2001). Da in den üblichen Zoodiäten der Gehalt an Tanninen wesentlich geringer ist als in der freien Wildbahn (bei einem semi-quantitativen Test (Werte von null bis drei) erzielten von Spitzmaulnashörnern gefressene afrikanische Blätter und Zweige einen Wert von 2,1; von Spitzmaulnashörnern gefressene nordamerikanische Blätter und Zweige einen Wert von 1,9 und nordamerikanische Zoodiäten einen Wert von 0,2; WRIGHT 1998), geht man davon aus, dass sich dies nachhaltig auf den Eisenhaushalt der Tiere auswirkt (siehe Kapitel 2.6).

Eine Abhängigkeit zwischen dem Gehalt an kondensierten Tanninen der Pflanzen, der in einem Bereich von 0,2 - 5,7 % der TS lag, und dem Selektionsverhalten der Tiere konnte ATKINSON (1995) nicht nachweisen.

2.4.4 Salzlecken und Koprophagie

Im Masai Mara Game Reserve, Kenia, konnten die Tiere bei regelmäßigen Besuchen der Salzlecken, die Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium enthielten, gesehen werden (MUKINYA 1977). Bei einer Untersuchung in Zimbabwe kam Salzlecken nur in der Trockenzeit vor, was darauf zurückgeführt wird, dass in dieser Jahreszeit viele Pflanzen vertrocknet sind und die Tiere nicht mehr alle Mineralstoffbedürfnisse über die Aufnahme von Pflanzen allein stillen können (POLE 1995).

Die gleiche These wird hier für das Vorkommen von Koprophagie aufgestellt (POLE 1995). GODDARD (1968) führt die Koprophagie auf einen Mangel an Stickstoff zurück, da es nur in den Monaten und in den Gegenden dazu kam, in denen Leguminosen selten vorkamen bzw. vertrocknet waren.

Koprophagie könnte allerdings auch an einer Unterversorgung mit den Vitaminen der B-Gruppe liegen, oder an dem Bedürfnis, den Dickdarm mit der richtigen Mikroflora zu besiedeln (HAMILTON 1999).

2.4.5 Nahrungsaufnahme

Üblicherweise knicken die Tiere die Äste mit Hilfe ihrer Hörner ab (JOUBERT & ELOFF 1971). Beim Fressen ergreifen sie mit ihrer Oberlippe die Zweige, um sie sich in das Maul zu ziehen (JOUBERT & ELOFF 1971, SCHENKEL & SCHENKEL-HULLINGER 1969). Der Durchmesser der Äste umfasst bis zu einem Zentimeter (JOUBERT & ELOFF 1971).

Die Angaben über die Höhe, in der sie fressen, reichen von elf Zentimetern (MUKINYA 1977) bis zu 1,5 Metern (ATKINSON 1995). Von JOUBERT & ELOFF (1971) wird die optimale Höhe in einem Bereich von 61 - 122 cm angegeben. Im Tsavo National Park, Kenia, ästen die Tiere 60 - 80 % der Zeit von relativ kleinen Büschen und krautigen Pflanzen am Boden, weshalb GODDARD (1970a) sie als „ground feeder“ bezeichnet. Die gleiche Bezeichnung wird auch von MUKINYA (1977) gewählt.

GODDARD (1968, 1970a), MUKINYA (1977), OLOO et al. (1994) und ATKINSON (1995) beobachteten, dass die Tiere häufiger alle Teile einer Pflanze fraßen, als den Stamm, die Blätter oder die Blüten einzeln.

2.4.6 Wasseraufnahme

Spitzmaulnashörner scheinen bevorzugt nachts zu trinken; in Abhängigkeit von der Jahreszeit genügt es auch, wenn sie nur jede zweite Nacht Wasser aufnehmen (RITCHIE 1963, JOUBERT & ELOFF 1971). OWEN-SMITH (1988) beschreibt Tiere in Kenia, die nur alle vier bis fünf Tage trinken. GODDARD (1968) vermutet sogar, dass Spitzmaulnashörner ganz unabhängig von Oberflächenwasser sind, wenn sie genügend wasserreiche Pflanzen wie zum Beispiel *Sanseiviera ehrenbergii* oder *Cissus quadrangularis* zur Verfügung haben, die sie bei seinen Beobachtungen nur kauten, um sie dann wieder auszuspucken.

2.4.7 Einfluss von Bränden auf die Nahrung der Spitzmaulnashörner

Im Tsavo National Park, Kenia, scheint der Einfluss von Feuer auf das Habitat von Spitzmaulnashörnern keinen negativen Effekt auf die Tiere zu haben. Sie fressen von den verkohlten Büschen, ohne Schaden zu nehmen. Manche Tiere fressen sogar trotz neu nachwachsendem Grün weiterhin von den angesengten Pflanzen. Großflächige Brände können das Habitat für Spitzmaulnashörner verbessern, wenn dabei Riedgras zerstört wird, das bis dahin das Nachwachsen von Futterpflanzen der Spitzmaulnashörner verhindert hat (GODDARD 1968).

Auch EMSLIE & ADCOCK (1994) schließen aus ihren Beobachtungen, dass Brände für Spitzmaulnashörner von Vorteil sind. Das Ausbleiben von Bränden dagegen wirkt sich ihrer Meinung nach aus folgenden Gründen negativ aus: Die Pflanzen wachsen über die optimale Größe für die Tiere hinaus, Sämlinge von feuerempfindlichen, nicht schmackhaften Pflanzen können sich ausbreiten, in nassen Jahren wird das Gras

nicht entfernt, und die Voraussetzungen für das in der Saison frühe Wachstum von schmackhaften krautigen Pflanzen werden nicht geschaffen.

2.5 Die Nahrung von Spitzmaulnashörnern in Menschenobhut

2.5.1 Futtermenge

Die Futtermenge betreffend, gibt es für die freie Wildbahn nur anhand von Beobachtungen geschätzte Angaben. Will man mit Hilfe von Versuchen mit der natürlichen Äsung genauere Werte ermitteln, steht man vor dem Problem, dass man den Tieren aus logistischen Gründen nur eine limitierte Zahl an Spezies vorlegen kann, was nach Beobachtungen von ATKINSON (1995) zu einer Verminderung der Futteraufnahme führt. Nach ihrer Schätzung muss man den Tieren 120 bis 150 kg an frischem Zweigen und Blättern anbieten, damit sie ihren Bedarf von ca. 60 kg ursprünglicher Substanz (uS) decken können. MADDOCK et al. (1995) ermittelten eine Aufnahme von ca. 40 kg uS und empfehlen, den Tieren 40 bis 45 kg an uS vorzulegen.

Wenn man die Menge der aufgenommenen Trockensubstanz, angegeben in % des Körpergewichts, einer üblichen Zoodiät (siehe Kapitel 2.5.3) mit der alleinigen Fütterung von krautigen und verholzten Pflanzen vergleicht, fällt auf, dass die Tiere bei der letzteren die höchsten Werte erreichen (siehe Tabelle 2.10).

DIERENFELD (1996) empfiehlt, den Tieren im Zoo 1,5 % ihrer Körpermasse an Heu und Pellets zu verfüttern.

Tab. 2.10 Zusammensetzung [% Gesamt-TS] und aufgenommene Futtermengen verschiedener Diäten von Spitzmaulnashörnern

Gras- heu	Luz.- heu ¹	Kraft- futter ²	Zweige Blätter	uS [kg]	TS [kg]	TS [% KM]	TS [g/kg MKM]	Quelle
			100	58	25	3,4	175	ATKINSON 1995
			100	38				MADDOCK et al. 1995
			100	40-45				PIENAAR & DU TOIT 1996
100					15	1,5	83	FOOSE 1982
	100				23	2,3	128	FOOSE 1982
				30				HILLMANN 1982 ³
				28				EMSLIE & ADCOCK 1993 ²
81 ⁴		19 ⁴		16	15	1,7	92	SPALA & HRADECKY 1993
+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵	+ ⁵		15	1,3	76	HAMILTON 1999

¹Luzerneheu; ²setzt sich aus Getreide, pelletiertem Mischfutter, Obst und Gemüse zusammen; ³zitiert in MADDOCK (1995); ⁴TS geschätzt; ⁵keine Angaben in Zahlen über die Zusammensetzung der Diät; nur wenig Blätter und Zweige;

2.5.2 Fütterungsempfehlungen

Für Browser im Zoo wird eine Mischung aus Luzerne- und Grasheu empfohlen, weil so der Verdaulichkeit von Hemicellulose und Protein und auch der Fettsäurezusammensetzung im Bezug auf die Verhältnisse der natürlichen Nahrung am ehesten entsprochen wird (DIERENFELD 1996). LITZENICH & WARD (1998) schlagen eine Mischung von 1,8 Anteilen Luzerneheu auf einen Anteil Grasheu vor. Das Luzerneheu sollte bei guter hygienischer Qualität, gleichzeitig aber nicht von zu hohem Futterwert sein, da das möglicherweise zu Durchfall, Kolik und Mineralstoffimbilanzen führen kann. Bei zu niedrigem Futterwert, sprich sehr faserhaltigem Heu, sind eventuell Verstopfungen oder Torsionen zu befürchten (NELSON & FOWLER 1986, DIERENFELD 1996). Da der Gehalt vor allem vor allem im Bezug auf die Mineralstoffe je nach Herkunftsgebiet des Heus variiert, ist es wichtig für den Zoo, Kenntnis über die spezielle Zusammensetzung des von ihnen verfütterten Heus zu besitzen (LINTZENICH & WARD 1998). Angemerkt sei, dass Luzerneheu mit massiver Zahn-

steinbildung und dementsprechend nachfolgenden Problemen bei Spitzmaulnashörnern in Zusammenhang gebracht wurde (MILLER 2001).

Der Anteil an Kraftfutter, wozu nach OFTEDAL et al. (1996) auch kommerziell erhältliches Obst und Gemüse gezählt werden muss, sollte nicht mehr als ein Drittel der Kalorien ausmachen und auf mindesten zwei Portionen am Tag verteilt werden. Für Obst und Gemüse speziell wird empfohlen, nicht mehr als zwei bis fünf Prozent bei einer Diät mit 90 % Trockensubstanz zu geben (LINTZENICH & WARD 1998).

Es gibt auch die Möglichkeit, nur pelletiertes Mischfutter zu füttern, welches als Alleinfuttermittel für die jeweilige Tierart hergestellt wird. Zur Beschäftigung sollten die Tiere zusätzlich Heu bekommen (LINTZENICH & WARD 1998).

Frische oder auch gefrorene Blätter und Zweige sind möglicherweise der Gesundheit zuträglich (DIERENFELD 1999a, WRIGHT et al. 1996). ROGERS (1993) empfiehlt auch nach einer gelungenen Umstellung auf Luzerneheu, niemals Blätter und Zweige ganz wegzulassen. DIERENFELD et al. (2000) erzielten beim Sumatranashorn mit der Gabe von Zweigen und Blättern eine Steigerung der Futteraufnahme.

WRIGHT (1998) weist darauf hin, dass den Tieren Büsche, Bäume und andere Pflanzen nur nach vorheriger sorgfältiger Untersuchung auf mögliche giftige Inhaltsstoffe angeboten werden sollten. DIERENFELD (1996) und GRAFFAM et al. (1997) haben neben anderen Autoren eine Liste mit Pflanzen, die erfolgreich an Spitzmaulnashörnern verfüttert wurden, veröffentlicht.

Von folgenden Spezies weiß oder vermutet man, dass sie als Futterpflanzen für Spitzmaulnashörner ungeeignet sind:

Verwelkte *Prunus* Spezies wegen ihres Gehaltes an cyanogenen Glycosiden und *Taxus* Spezies unter anderem wegen ihres Gehaltes an Taxol (CHEEKE & SHULL 1985). Bekannt dafür, Hämolyse auszulösen, sind roter Ahorn (möglicherweise auch andere Ahornarten), Eiche, *Brassicaceae* (zum Beispiel Raps) und Zwiebeln (DIERENFELD 1999a). FROST (2000) berichtet, dass in Zoos, die ihren Tieren Zweige und Blätter anbieten, vor allem Eiche und Weide verfüttert werden. Jeweils ein Zoo machte jedoch die Erfahrung, dass eine bestimmte Eichenart, nämlich *Quercus ilex*, bzw. Weidenspezies, den Urin gelb, orange oder rot färben.

Frisches Wasser, Mineral- (ATKINSON 1995) oder Salzlecksteine (DIERENFELD 1999a) sollten den Tieren immer zur Verfügung stehen.

Zur der Supplementierung von Vitaminen gibt es unterschiedliche Meinungen. Ältere Veröffentlichungen (JONES 1979, GÖLTHENBOTH 1985, RÜBEL 1990) empfehlen noch die Gabe von Vitamin C. In der neueren Literatur dagegen wird davon eher abgeraten, da Vitamin C möglicherweise die gesundheitlichen Probleme von Spitzmaulnashörnern in Menschenobhut (siehe Kapitel 2.6) noch verstärkt (PAGLIA 1999, GAFFNEY et al. 2001). Empfehlungen für die Zufütterung von Vitamin E, die von den Gehalten der natürlichen Nahrung abgeleitet sind, liegen zwischen 150 und 200 IE/kg Trockensubstanz (DIERENFELD 1999a).

Da Phosphatmangel mit hämolytischer Anämie und Dermatitis in Verbindung gebracht worden ist (siehe Kapitel 2.6.2), erscheint der Zusatz von Phosphat sinnvoll (DIERENFELD 1999a).

Um die Fruchtbarkeit zu verbessern, schlägt HAMILTON (1999) vor, die Umstellung der Tiere in freier Wildbahn von einer faserreichen und proteinarmen Diät in der Trockenzeit auf eine faserärmere und proteinreicher Diät in der Regenzeit nachzuahmen - ein Fütterungsschema, das in der Tierzucht als „flushing“ bekannt ist.

Einige Veröffentlichungen beschäftigen sich mit der Fettsäurezusammensetzung von Zoodiäten und vergleichen diese mit der Fettsäurezusammensetzung der natürlichen Nahrung von Spitzmaulnashörnern. Dabei fällt immer wieder auf, dass die Tiere bei den Zoodiäten mehr Linolsäure, dafür aber weniger Linolensäure als in freier Wildbahn aufnehmen (WRIGHT 1998, GRANT et al. 2002). WRIGHT et al. (1996) weisen darauf hin, dass für diesen Unterschied vor allem die Verfütterung von pelletiertem Mischfutter und weniger die von Heu verantwortlich zu machen ist. Passend zu dieser Aussage empfehlen BAUER et al. (2000) den Zoos, die pelletiertes Mischfutter verfüttern, den Linolsäuregehalt der Diät zu senken und einen Teil der Linolsäure durch Linolensäure zu ersetzen. Bei der Gabe von frischen Zweigen und Blättern ist zu berücksichtigen, dass die Oxidation der Linolensäure gleich nach dem Schneiden des Pflanzenmaterials beginnt (WRIGHT & BROWN 1997).

Auch Untersuchungen von weißem Fettgewebe von in Menschenobhut lebender Spitzmaul- und Sumatranashörner durch DIERENFELD & FRANK (1998) deuten auf einen möglichen Mangel an Linol- und Linolensäure hin. SUEDMAYER & DIERENFELD (1998) beschreiben die positiven Auswirkungen einer Fettsäure-supplementation - bestehend aus 50 % Linolen- und 18 % Linolensäure - bei Tieren, die eine übliche Zoodiät bekommen, wollen aber keine Empfehlungen geben, solange es keine Langzeitstudien gibt.

Aufgrund der Tatsache, dass Zoodiäten für Spitzmaulnashörner zu hochverdaulich (ATKINSON et al. 1997) und unbalanciert in Bezug auf Mineralien (PAGLIA et al. 2001a), Vitamine (DIERENFELD et al. 1988, GHEBREMESKEL et al. 1988), Fettsäuren (GRANT et al. 2002, SUEDMAYER & DIERENFELD 1998, DIERENFELD & FRANK 1998), Proteine und Kohlenhydrate (DIERENFELD et al. 1995) sind, versuchten DIERENFELD et al. (2001), ein pelletiertes Mischfutter speziell für Laub fressende Nashörner zu formulieren, wobei sie *Quercus alba* als Quelle für die Faser verwendeten. Sie konnten eine Senkung der Verdaulichkeit auf ungefähr 50 % erzielen und damit ein Annäherung an die Verdaulichkeit der natürlichen Nahrung (siehe Tabelle 2.3) (ATKINSON 1995).

2.5.3 Fütterungsbeispiele aus der Literatur

In den meisten Zoos werden Spitzmaulnashörner mit Gras- und oder Luzerneheu, pelletiertem Mischfutter und / oder Getreide, Obst und Gemüse gefüttert (JONES 1979, MILLER & BOEVER 1982, MARUSKA et al. 1986, KULOW 1990, MC CASKILL 1997, SUEDMAYER & DIERENFELD 1998). In manchen Haltungen bekommen die Tiere auch frische oder gefrorene Blätter und Zweige (FURLEY 1993, WRIGHT et al. 1996, GRAFFAM et al. 1997, MC CASKILL 1997, HAMILTON 1999, GRANT et al. 2002). Die Tabellen 2.11 und 2.12 enthalten Beispiele für einige Zoodiäten. In den Tabellen 2.13, 2.14 und 2.15 sind die Nährstoffzusammensetzungen verschiedener pelletierter Alleinfuttermittel, sowie einer kompletten Ration mit Heu und Krafffutter angegeben.

Tab. 2.11 Fütterungsbeispiele für Spitzmaulnashörner aus dem Zoo [kg uS]

Luz.- heu ¹	Gras -heu	Blätter- Zweige	Gras	Grün- mehl- pellets	pellet. Misch- futter Getreide	Obst Gemüse	Zoo	Quelle
25 ²					2	2,5	Western Plains	NIEPER 1998
8	10	wenig			2	2,7	Western Plains	HAMILTON 1999
	4	10	20 ³	2	6		Hiroshima (Sommer)	HAMILTON 1999
	8	10		2	6	5	Hiroshima (Winter)	HAMILTON 1999
	7	15		5	12,5	7,7	Osaka	HAMILTON 1999
1,5	12	wenig	10 ⁴	2	10	7	Nagoya (Herbst)	HAMILTON 1999
1,5	9	1,5			10	7	Nagoya (Frühling)	HAMILTON 1999

¹Luzerneheu; ²incl. Stroh; ³frisches Avena sativa Gras; ⁴frisches „Maisgras“;

Tab. 2.12 Fütterungsbeispiele für Spitzmaulnashörner aus dem Zoo [% TS-Aufnahme]

Luz.- heu ¹	Gras -heu	pelletiertes Mischfutter	Obst Gemüse	Blätter Zweige	Zoo	Quelle
42	17	29	8	3	Ø USA	WRIGHT et al. 1996
	61	28	6	5	20 Zoos USA	GRANT et al. 2002

¹Luzerneheu;

Tab. 2.13 Nährstoff- und Fasergehalte [% TS-Aufnahme] von Zoofuttermitteln für Spitzmaulnashörner

Rp	Rfe	Rfa	NDF	ADF	ADL	Futtermittel	Quelle
13	3	21				„Browser Maintenance“	MAZURI ZOO FOODS, SDS, UK
19	3	17	32	18		“ADF-#16-Herbivore”	MAZURI ZOO FOODS, PURINA MILLS, USA
16	3	26	43	29		“ADF-#25-Herbivore”	MAZURI ZOO FOODS, PURINA MILLS, USA
16	8		39	27	7	„Nutrena Rhino Pellet“	DIERENFELD et al. 2001
14-20			34-41			30% uS low fiber pellet, 40-50% uS Luzerneheu, 20-30% uS Grasheu	LINTZENICH & WARD 1998

Tab. 2.14 Mengenelementgehalte [g/kg TS] von Zoofuttermitteln für Spitzmaulnashörner

Ca	K	Mg	Na	P	Futtermittel	Quelle
10,7	15,9	5,7	3,4	6,1	„Browser Maintenance“	MAZURI ZOO FOODS, SDS, UK
9,0	15,1	3,3	4,9	7,6	“ADF-#16-Herbivore”	MAZURI ZOO FOODS, PURINA MILLS, USA
11,2	14,6	3,2	3,2	6,7	“ADF-#25-Herbivore”	MAZURI ZOO FOODS, PURINA MILLS, USA
12		2	2	6	„Nutrena Rhino Pelle“t	DIERENFELD et al. 2001
2,2-7,2	3-4,2	0,8-1,1	1-3	1,7-3,8	30% uS low fiber pellet, 40-50% uS Luzerneheu, 20-30% uS Grasheu	LINTZENICH & WARD 1998

Tab. 2.15 Spurenelementgehalte [mg/kg TS] von Zoofuttermitteln für Spitzmaulnashörner

Co	Cu	Fe	Mn	Zn	Futtermittel	Quelle
1,2	23,3	190	102,2	34,4	„Browser Maintenance“	MAZURI ZOO FOODS, SDS, UK
0,6	22,2	344	166,7	166,7	„ADF-#16-Herbivore“	MAZURI ZOO FOODS, PURINA MILLS, USA
0,6	23,3	400	177,8	177,8	„ADF-#25-Herbivore“	MAZURI ZOO FOODS, PURINA MILLS, USA
	57	466	141	170	„Nutrena Rhino Pellet“	DIERENFELD et al. 2001
	11,1-13,3	91-140	50-56,7	57,8-64,4	30% uS low fiber pellet, 40-50% uS Luzerneheu, 20-30% uS Grasheu	LINTZENICH & WARD 1998

Auffällig ist der relativ hohe Gehalt an Eisen einiger Futtermittel, der möglicherweise eine entscheidende Rolle bei der Entstehung der Eisenspeicherkrankheit der Spitzmaulnashörner spielt (siehe Kapitel 2.6).

2.6 Fütterungsbedingte Gesundheitsprobleme bei Spitzmaulnashörnern in Menschenobhut

Spitzmaulnashörner leiden in Zoos an Krankheiten und Symptomen, die weder bei ihren Verwandten in freier Wildbahn bekannt sind noch beim Breitmaul- oder beim Panzernashorn in Menschenobhut auftreten (MILLER 1994, WORLEY & CARPENTER 1995, PAGLIA et al. 1996, MUNSON et al. 1998). PAGLIA & DENNIS (1999) nehmen für diese Krankheiten gemeinsame Ursachen an, die ihrer Meinung nach mit der Änderung der Nahrung bei der Haltung im Zoo gegenüber der Nahrung in freier Wildbahn und mit der besonderen Anfälligkeit der Erythrozyten der Spitzmaulnashörner gegenüber oxidativen Belastungen zu tun haben. PAGLIA et al. (2001b) betonen die Wichtigkeit, Spitzmaulnashörner vor allen Situationen zu schützen, die die Produktion von oxidierenden Metaboliten, reaktiven Sauerstoffspezies

und freien Radikalen hervorrufen. Als potenzielle Auslöser betrachten sie Medikamente, Chemikalien, Toxine und Futtermittel.

2.6.1 Hämosiderose

Lange Zeit wurden die bei Spitzmaulnashörnern immer wieder in der Sektion gefundenen Eisenablagerungen in vielen Organen als Hämosiderose gedeutet (VÀHALÀ 1990, KENNY et al. 1997, DIERENFELD 1999b), die ihren Ursprung in einer oder mehrerer vorangegangenen hämolytischen Krisen mit Anämie gehabt haben soll (STRAUSS & WISSER 1995, TAUGNER et al. 1995).

Nach HERMANN (1999) ist eine Hämosiderose die Folge einer Speicherung von Eisen in Form von Hämosiderin im Gewebe, wobei das Eisen vor allem aus dem vermehrten Anfall von Hämoglobin im Rahmen von Hämolysen unterschiedlicher Genese stammt. Der Grad der Fe-Speicherung führt in diesem Fall nicht zu einer Schädigung des betroffenen Organs. Bei einer Hämochromatose dagegen beruhen die Eisenablagerungen im Gewebe auf einer vermehrten enteralen Eisenresorption.

Da die Hämosiderinablagerungen bei Spitzmaulnashörnern sehr massiv sind und sowohl parenchymatöse als auch reticuloendotheliale Zellen vieler Organe mitbeteiligt sind, folgern PAGLIA & DENNIS (1999), dass die pathologischen Veränderungen eher dem Bild einer Hämochromatose zuzuordnen sind. Auch SMITH et al. (1995) halten die Aufnahme von Eisen über die Nahrung in Bezug auf die Pathogenese der Eisenablagerungen im Körper für wichtiger, als die chronische hämolytische Anämie. So sind die von MILLER & BOEVER (1982) ermittelten 44 % der Todesfälle, die auf eine hämolytische Anämie zurückgeführt werden, wahrscheinlich etwas zu hoch, allerdings bleiben immer noch viele Fälle von hämolytischer Anämie, die durch das Auftreten von Hämoglobinurie (und niedrigen Haptoglobinwerte) belegt sind (MILLER & BOEVER 1982, VÀHALÀ 1990, JAROFKE et al. 1991, RÜBEL 1990, STRAUSS & WISSER 1995, TAUGNER et al. 1995).

2.6.2 Hämolytische Anämie

Nach einer Umfrage in Zoos in den USA, Kanada, England und Irland konnten MILLER & BOEVER (1982) zeigen, dass die ersten klinischen Anzeichen einer hämolytischen Anämie, womit in erster Linie eine plötzlich auftretende Hämoglobinurie gemeint ist, erst 2 - 48 h vor dem Tod auftreten. Verschiedene Ursachen werden für das häufige Auftreten dieser Krankheit bei Spitzmaulnashörnern verantwortlich gemacht.

Bei einem Literaturüberblick stellten JESSUP et al. (1992) fest, dass bei neun von 31 Fällen von hämolytischer Anämie diese mit einer **Leptospireninfektion** in Verbindung gebracht worden sind. Eine ausführliche Beschreibung von zwei Tieren mit Leptospireninfektion geben DOUGLASS & PLUE (1980).

Da aber nicht alle Fälle von hämolytischer Anämie damit erklärt werden können, müssen noch weitere Ursachen in Betracht gezogen werden. So überlegten MILLER & BOEVER (1982), ob ein **autoimmunes Geschehen** verantwortlich gemacht werden kann, was sich bei einer Untersuchung von CHAPLIN et al. (1986) aber nicht bestätigte.

Da **Vitamin E** für die Stabilität von Zellmembranen und so auch für die der Erythrozyten mitverantwortlich ist, wurde mehrfach der Serum-Vitamin-E-Gehalt von frei lebenden und im Zoo gehaltenen Tieren verglichen. Entgegen früheren Untersuchungen, die aussagten, dass die Tiere aus den Zoohaltung deutlich niedrigere Spiegel haben (DIERENFELD et al. 1988, GHEBREMESKEL et al. 1988, GÖLTENBOTH 1995), konnten CLAUSS et al. (2002a) zeigen, dass frei lebende Individuen ebenfalls einen niedrigen Vitamin-E-Gehalt im Serum haben und somit der Referenzwert für Pferde nicht übertragen werden kann.

Wenn allerdings die Hypothese von DIERENFELD (1994) richtig ist, dass Pferde Vitamin E für die Wintermonate speichern - ein Umstand, den Tiere in warmen Klimazonen nicht nötig haben -, so stellt sich die Frage, ob Spitzmaulnashörner, wenn sie im Zoo winterlichen Temperaturen ausgesetzt sind, einen höheren Bedarf an Vitamin E als ihre frei lebenden Artgenossen haben. MURNANE et al. (1994) beschreiben zum Beispiel ein Tier, das jeden Winter immer wieder anämisch, lethargisch und /

oder lahm war. MUNSON et al. (1998) stellen eine Häufung von Tieren mit Hautproblemen in den Wintermonaten fest.

TAUGNER et al. (1995) widersprechen der Vitamin-Theorie mit der Begründung, dass die hämolytische Anämie der Spitzmaulnashörner einen rezidivierendes Problem ist und der Vitamin-E-Mangel folglich chronisch sein müsste. Bei den von ihnen durchgeführten Obduktionen zweier an akuter Hämolyse gestorbenen Tieren, die bei der Sektion als Anzeichen für eine zeitlich zurückliegende Hämolyse ausgeprägte Hämosiderinspeicherung aufwiesen, fehlten jedoch jegliche Hinweise auf Muskeldystrophien, neuronale Degenerationen oder Kardiomyopathien, die üblicherweise bei einem chronischen Vitamin-E-Mangel auftreten. Obwohl bei der serologischen als auch bei der postmortalen Untersuchung kein Nachweis einer Virusinfektion erbracht werden konnte, bringen TAUGNER et al. (1995) die von ihnen festgestellte chronische Atrophie der Duodenalschleimhaut mit **enteropathogenen Viren** in Verbindung, die sie für die schubweise auftretenden hämolytischen Krisen verantwortlich machen. Aus den oben bereits genannten Gründen scheint es allerdings fraglich, ob die als Beweis für die zeitlich zurückliegenden Hämolysen angeführten Hämosiderinspeicherung nicht fehlinterpretiert ist.

Auch ULLREY et al. (1989) stellen die Vitamin-E-Theorie in Frage, da sie keinen Zusammenhang zwischen den gemessenen Vitamin-E- oder Selenwerten im Plasma und der *in vitro* Stabilität der Erythrozyten finden konnten.

PAUL et al. (1988) deuten die schnelle Präzipitation des Hämoglobins in Isopropanol und das hohe Vorkommen von Heinzinnenkörperchen als guten Beweis für die **Instabilität des Hämoglobins** von Nashörnern. FAIRBANKS & MILLER (1990) dagegen schlossen eine erhöhte Instabilität des Hämoglobins der Spitzmaulnashörner aus.

PAGLIA & MILLER (1992) halten den niedrigen **ATP-Gehalt** und die **niedrige Aktivität der Katalase** in den Erythrozyten der Spitzmaulnashörner aus folgendem Grund für eine mögliche Ursache der hämolytischen Anämie: Niedrige ATP-Konzentrationen limitieren den Pentose-Phosphat-Weg, der zur Bereitstellung von NADPH dient, das genau wie die Katalase die Zellmembranen vor Oxidation und damit vor ihrer Zerstö-

nung schützt. Zwei Veröffentlichungen widersprechen allerdings dieser Theorie: PAGLIA et al. (2001b) konnten zeigen, dass die Kapazität des Pentose-Phosphat-Weges unabhängig von der ATP-Konzentration ist. Außerdem haben auch die Erythrozyten der anderen Mitglieder der Familie der *Rhinocerotidae* einen niedrigen ATP-Gehalt und eine niedrige Aktivität der Katalase, ohne dass diese Tatsache bei diesen zu einer Erkrankung führt (WEBER et al 2004).

WEBER et al. (2004) stellen fest, dass die Erythrozyten der Mitglieder der Ordnung der *Perissodactyla* eine höhere Konzentration an **freiem Tyrosin** haben als andere Säugetiere. In Menschenobhut gehaltene Spitzmaulnashörner haben auffälligerweise einen niedrigeren Spiegel als ihre Artgenossen in freier Wildbahn. Die Autoren spekulieren über eine mögliche Rolle des Tyrosins im antioxidativen Stoffwechsel und über die daraus resultierende Annahme, dass die Anfälligkeit von Spitzmaulnashörnern in Menschenobhut für eine Hämolyse mit der Konzentration dieser Aminosäure zusammenhängt.

2.6.3 Hämochromatose

Da sich die übliche Nahrung im Zoo im Vergleich zur freien Wildbahn durch einen höheren Eisengehalt auszeichnet, was zum einen an den hohen Eisengehalten von pelletierten Mischfuttermitteln und zum anderen an der höheren Bioverfügbarkeit des Eisens bei Abwesenheit von Tanninen in der Nahrung (siehe Kapitel 2.4.3) liegt, könnte es durch die Zoodiäten zu einer vermehrten Eisenresorption kommen (WRIGHT 1998, CLAUSS 2003).

Auch SMITH et al. (1995) und PAGLIA & DENNIS (1999) werten die von ihnen gefundenen, mit der Dauer der Haltung in Menschenobhut logarithmisch ansteigenden Ferritinkonzentrationen im Serum als eine Folge der Fütterung in Menschenobhut. Sie konnten dieses Phänomen auch bei den natürlicherweise Laub fressenden Sumatranashörnern finden, nicht aber bei den Nashornarten, die sich in freier Wildbahn von Gräsern ernähren. Auch andere monogastrische Pflanzenfresser, deren natürliche Nahrung Tannine oder vermeintlich geringe Gehalte an (verfügbarem) Eisen enthält, neigen in Gefangenschaft zu exzessiven Eisenablagerungen (CLAUSS et al.

2002b), deren histopathologischen Charakteristika identisch zu denen der Spitzmaulnashörner sind (PAGLIA & DENNIS 1999).

Die Eisenablagerungen resultieren möglicherweise in einer erhöhten Produktion von freien Radikalen, die Zellmembrane, Proteine und DNS zerstören und somit an zellulären und nicht zellulären Einheiten Schaden anrichten, der für das Entstehen der für Spitzmaulnashörner typischen Krankheiten verantwortlich sein könnte (PAGLIA 1999).

2.6.4 Nicht-hämolytische Anämie und idiopathische hämorrhagische Vasculopathie

Bei Spitzmaulnashörnern tritt in Zoothaltungen neben der hämolytischen Anämie auch eine nicht-hämolytische Anämie auf (MURNANE 1994, BOBKO 1996, PAGLIA et al. 1996, MURRAY et al. 1999 und PAGLIA 1999). MURNANE et al. (1994) und PAGLIA (1999) verweisen auf die Möglichkeit, dass die Hämosiderinablagerungen, die bei manchen Tieren im Knochenmark gefunden wurden, Ursache für eine Anämie sein könnten, da sie groß genug waren, um hämatopoetische Elemente zu verdrängen. Als weitere Veränderungen werden in den anfangs erwähnten Veröffentlichungen Lethargie, Gewichtsverlust, Ödeme der Gliedmaßen und der Koronarabänder, Pododermatitis, Ulzera der Haut an Druckpunkten und im Maul, Vaskulitis, Hypoproteinämie und Hypophosphatämie beschrieben. BOBKO (1996) und MURRAY et al. (1999) berichten von Einzelfällen mit einem erhöhten Titer an Equinem Herpes Virus 1.

FREDERICK (1996) und MURRAY et al. (1999) fassen die von ihnen beschriebenen Fälle von Anämie, Schwellungen der Gliedmaßen, Pododermatitis und Vaskulitiden als Idiopathisches Hämorrhagisches Vasculopathie Syndrom zusammen. MURRAY et al. (1999) schlagen als Ursache eine immunmedierte Antwort auf ein infektiöses Agens vor, wohingegen FREDERICK (1996) auf den zu guten Ernährungszustand der von ihm untersuchten Fälle hinweist und hier eine mögliche Parallele zur Huflederhautentzündung der Pferde sieht.

2.6.5 Ulzeration von Haut und Schleimhaut

Die Haut von Nashörnern ist im Gegensatz zu ihrem robusten Aussehen sehr anfällig für Verletzung und Infektionen. Die Epidermis ist relativ dünn, die Dermis dagegen dick und extrem vaskularisiert (NELSON & FOWLER 1986).

Ulzerationen der Haut und Schleimhaut stehen an zweiter Stelle der Erkrankungen von Spitzmaulnashörnern in Menschenobhut (PAGLIA & MILLER 1993). Bei den leichteren Fällen kommt es zu einer spontanen Heilung (VÀHALÀ 1990, MILLER 1995). In den USA durchleiden fast 50 % der Spitzmaulnashörner im Zoo zumindest eine Episode von Haut- oder Schleimhautulzerationen (MUNSON & MILLER 1999). In der Literatur gibt es Berichte über Hauterkrankungen, deren Ätiologie in Einzelfällen durch den Nachweis von Geflügelpocken, Syphilisviren oder *Stephanofilaria dinniki* geklärt werden konnte (JONES & THOMSETT 1972, SILBERMANN & FULTON 1979). Da in den meisten Fällen allerdings die genauen Ursachen nicht klar sind, gibt es eine Vielzahl von Vermutungen: allergische Reaktion auf ein Futtermittel (GÖLTENBOTH & KLÖS 1975), Vitamin-C-Mangel (GÖLTENBOTH 1986), fehlende Schlammsohlen und Kälte (JONES 1979, VÀHALÀ 1990), Kontakttoxin (MUNSON 1993), Linolensäuremangel als Mitursache (WRIGHT 1998), Infektion mit EHV 1 (BOBKO 1996, MURRAY et al. 1999), Folge der niedrigen Katalaseaktivität (PAGLIA & MILLER 1993) und der idiopathischen hämorrhagischen Vaskulopathie (MURRAY et al. 1999). MUNSON & MILLER (1999) stellen fest, dass die Episoden meist sekundär zu anderen Erkrankungen sind, wie zum Beispiel Leberversagen, hämolytische Anämie, Enteritis, Pneumonie oder generalisierte Schwäche. Manchmal treten die Hautprobleme auch im Zusammenhang mit Stress durch Transport, plötzlich eintretender Kälte, neuen Tieren, Östrus und fortgeschrittener Trächtigkeit auf. Aufgrund der hohen Prävalenz bei in Menschenobhut lebenden Spitzmaulnashörnern, nicht aber bei frei lebenden, überlegen MUNSON et al. (1998), ob nicht die Zoodiäten die Ursache sein könnten, da ein Mangel an Aminosäuren, Defizite an essentiellen Fettsäuren und Mineralstoffen bei anderen Spezies Ursachen für ähnliche Hautprobleme sind. Auch WRIGHT et al. (1996), ziehen die veränderte Fettsäurezusammensetzung in Betracht und weisen darauf hin, dass in Port Lympne in England, einem Zoo in dem frische Äste und Zweige verfüttert werden, noch kein Tier mit Hautproblemen

auffällig geworden ist. Charakteristisch ist das plötzliche Auftreten der Läsionen, ein anhaltender klinischer Verlauf, kein Pruritus und häufiges Rezidivieren. Am Anfang kommt es zu einfachen oder multiplen epidermalen Plaques, Vesikeln oder Pusteln, die mit der Zeit erodieren oder ulzerieren. Es wurden aber auch hämorrhagische Knoten von drei bis sechs cm Durchmesser beschrieben (JONES 1979). Die Veränderungen sind gewöhnlich bilateral symmetrisch und befinden sich vor allem an Druckstellen, dem Ohrrand, dem Kronrand, der Schwanzspitze und der seitlichen Körperoberfläche. Orale und nasale Ulcera treten alleine oder mit den Hautulcera zusammen auf. Pilze und Bakterien, die aus den Läsionen isoliert werden konnten, schienen Sekundärerreger zu sein (JONES 1979). Bei Sektionen wurden immer wieder Ulcera im Ösophagus und im Magen beschrieben (JONES 1979, JONES & THOMSETT 1972, MURNANE et al. 1994, KENNY et al. 1997). Die Tiere sind zu meist anorektisch und lethargisch (MUNSON et al. 1998).

FROST (2000) berichtet von einem Tier im Zoo von Chester, das mehrere Wochen lang unter schweren Ulzerationen der Mundschleimhaut und geschwollenen Gliedmaßen litt. Innerhalb einer Woche verschwanden alle Symptome, nachdem es zusätzlich mit Eiche gefüttert worden war.

2.6.6 Infektionskrankheiten

Bei einer von GÖLTENBOTH (1995) bis 1993 ergänzten Auswertung des Zuchtbuches in Hinblick auf die Todesursachen standen die Verluste durch Infektionen an erster Stelle. Daran waren mit absteigender Häufigkeit bakterielle Septikämien, Lungenmykosen - vor allem mit Beteiligung von Aspergillen -, eitrige Bronchopneumonien, Tuberkulosen und Salmonellosen beteiligt. Die in der Literatur beschriebenen Lungenmykosen, traten meist nicht als primäre Erkrankung auf, sondern sekundär zu anderen Krankheiten, wie zum Beispiel den Ulcera der Haut und Schleimhaut, Virus-erkrankungen oder auch als Folge einer lang währenden Behandlung mit Kortikosteroiden (JONES 1979, MILLER 1995, MURRAY et al. 1999, WOODS et al. 1999, PESSIER et al. 2004).

PAGLIA & DENNIS (1999) stellen fest, dass die Anfälligkeit für Infektionskrankheiten anerkanntermaßen bei Menschen und Tieren mit Eisenspeicherkrankheit deutlich erhöht ist. Bei gesunden Individuen führt die sogenannte nutritive Immunität dazu, dass für das Pathogen essentielle Spurenelemente - wie zum Beispiel das Eisen - so im Organismus kompartimentalisiert werden, dass sie für das Pathogen nicht mehr zur Verfügung stehen (WEINBERG 1978). Dieser Mechanismus ist möglicherweise bei einer Überladung des Organismus mit Eisen nicht mehr effektiv. Die meisten Mikroorganismen, die virulent für Menschen und Tiere mit Eisenspeicherkrankheit sind, gedeihen in einem eisenreichen Milieu besonders gut (WEINBERG 1978, LEPPER & WILKS 1988).

Einen anderen Ansatz findet DIERENFELD (1999b). Sie verweist darauf, dass Imbalanzen im Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren beim Menschen und bei Labortieren mit Störungen des Immunsystems assoziiert sind. Wie in Kapitel 2.5.2 beschrieben, haben Spitzmaulnashörner in Gefangenschaft ein unausgewogenes Verhältnis von Linolsäure (Omega-6-Fettsäure) zu Linolensäure (Omega-3-Fettsäure).

Nicht unerwähnt sollte allerdings bleiben, dass CLAUSEN & ASHFORD (1980) auch bei gerade erst gefangenen Tieren eine sehr hohe Anfälligkeit für bakterielle Infektionen festgestellt haben.

2.6.7 Congenitale Leukoenzephalomalazie

Beim Spitzmaulnashorn wurden bisher vier Fälle von angeborener Leukoenzephalomalazie beschrieben. Dabei handelte es sich in allen vier Fällen um weibliche Tiere, die im Alter von drei Wochen bis zu zwei Jahren erkrankten. Die erhobenen Labordaten halfen nicht, eine Diagnose zu stellen, und die Ätiologie blieb unbekannt (MILLER et al. 1990, KENNY et al. 1996).

Neuerlich beschäftigten sich PAGLIA & DENNIS (1999), PAGLIA (1999) und PAGLIA et al. (2001a) mit diesen Fällen. Sie sehen eine mögliche Verbindung zwischen den exzessiven Eisenablagerungen und den degenerativen Veränderung des Myelins,

die bei der angeborenen Leukoencephalomalazie auftreten. Eine Ferritinübertragung über die Plazenta erscheint aufgrund der Größe des Moleküls unwahrscheinlich. Auffällig aber ist, dass bei einem der betroffenen Kälber der Ferritingehalt im Serum von 14590 ng/ml bei der Geburt innerhalb von drei Wochen auf 176 ng/ml fiel. Die Autoren gehen davon aus, dass die radikalen Sauerstoffspezies, die durch freies Eisen entstehen und Lipidmembrane, Proteine und DNS zerstören, an der Pathogenese beteiligt sind. Sie unterstützen ihre Theorie durch die Tatsache, dass elf der zwölf höchsten Ferritinkonzentrationen bei unmittelbaren Verwandten der betroffenen Kälber gemessen wurden. Als alternative Erklärung führen sie einen Kupfermangel an, da Kupfer essentiell für die Myelinisierung und für die Mobilisation von gespeichertem Eisen im retikuloendothelialen System ist. Warum die männlichen Nachkommen nicht betroffen sind, blieb bisher ungeklärt.

2.6.8 Sonstige

KOCK et al. (1994) beschreiben vier Fälle von Tieren die durch Lethargie, Anorexie, Anämie und Ikterus auffielen, nachdem sie in ein Gehege gebracht worden waren, das mit Kreosote behandelt worden war. Zwei Tiere zeigten bei der Sektion Zeichen von Ulcera im Maul und im Magen, Hämorrhagien, Hämatome und eine geschwollene, grün verfärbte Leber. Da das pathologische Bild dem einer Kreosotevergiftung entspricht, nehmen die Autoren diese als Ursache an.

Drei Fälle von Dünndarmverschlingungen werden in der Literatur beschrieben. (KLÖPPEL 1956, SILBERMANN & FULTON 1979, VÁHALÀ 1990). In einem dieser Fälle wird der Bandwurmbefall des betroffenen Tieres als Ursache betrachtet.

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Studienziel

Die vorliegende Studie hat das Ziel, die scheinbare Verdaulichkeit von Trockensubstanz, Rohrnährstoffen, Mineralstoffen und der Bruttoenergie verschiedener zooüblicher Futtermischungen beim Spitzmaulnashorn zu ermitteln und die Energieaufnahme abzuschätzen.

Insbesondere wird der Einfluss einer Beimischung von zwei verschiedenen Tanninen (Tanninsäure und Quebracho) zur aufgenommenen Ration auf die erwähnten Parameter betrachtet.

Außerdem sollen Parameter der mikrobiellen Fermentation und der antioxidativen Aktivität im Kot sowie die Wasseraufnahme der Tiere quantifiziert, und Urinproben auf ihren Gehalt an Kalzium und Kreatinin analysiert werden, um zu klären, ob die renale Ca-Ausscheidung bei dieser Spezies quantitativ eine Rolle spielt.

3.2 Material und Methoden

3.2.1 Versuchsplan

Der Versuchsplan ist in Tabelle 3.1 zusammengefasst.

Tab. 3.1 Hauptbestandteile der Rationen, Rationsbezeichnungen, Anzahl der Versuchsdurchgänge und Tierzahl

Ration ¹	Rationsbezeichnung	Haltung	Versuchsdurchgänge	Tierzahl
Luzerneheu / Mischfutter	N	WWAP	1	2
Luzerneheu / Mischfutter + Quebracho	Q	WWAP	1	2
Luzerneheu / Mischfutter + Tanninsäure	T	WWAP	1	2
Grasheu / Mischfutter	N	Köln	1	2
Grasheu / Mischfutter + Quebracho	Q	Köln	1	2
Grasheu / Mischfutter + Tanninsäure	T	Köln	1	2
Grasheu / Luzerneheu / Mischfutter	N	Zürich	2	1
Grasheu / Luzerneheu / Mischfutter	N	Zürich	1	2
Grasheu / Luzerneheu / Mischfutter + Quebracho	Q	Zürich	1	1
Grasheu / Luzerneheu / Mischfutter + Tanninsäure	T	Zürich	1	3
Grasheu / Luzerneheu / Grünmehlpellets / Mischfutter	N _A ²	Zürich	2	1
Luzerne- und Grasheu gehäckselt Mischfutter + Quebracho	Q _A ²	Zürich	1	1
Grasheu / Luzerneheu / Mischfutter + Tanninsäure	T _A ²	Zürich	1	1
Grasheu / Mischfutter + Blätter und Zweige	L 1	Zürich	1	2
Grasheu / Luzerneheu / Mischfutter + Blätter und Zweige / Laubsilage	L 2	Zürich	1	2

¹quantitativ weniger bedeutende Rationsbestandteile sind in Tabelle 3.3 aufgeführt; ²Da dieses Tier Probleme mit dem Fressen hat (siehe 3.2.2) unterscheiden sich seine Rationen von denen der anderen Tiere aus der gleichen Haltung und werden deshalb besonders gekennzeichnet.

An acht Spitzmaulnashörnern werden in drei verschiedenen Zoos zwischen drei und fünf Verdauungsversuche durchgeführt. Beteiligt sind der Zoologische Garten Köln, Deutschland, der Whipsnade Wild Animal Park (WWAP), England und der Zoologische Garten Zürich, Schweiz. Es werden die in den jeweiligen Haltungen üblichen Futterrationen eingesetzt, wobei für je einen Versuchsdurchgang in das pelletierte Mischfutter die Gerbstoffe Tanninsäure bzw. Quebracho zu einem Gewichtsanteil von fünf Prozent eingemischt werden.

Vor der Datenerhebung wird jede Futterration über zwei Monate hinweg kontinuierlich gefüttert. Anschließend werden neun Tage lang die Futteraufnahme und acht Tage lang der Kotabsatz gemessen. Aufgrund der Schätzungen der Passagezeit von FOOSE (1982) von 51 - 60 Stunden beginnt jede Kot-Sammelperiode zwei Tage nach Ermittlung der Futteraufnahme.

Frischer Kot wird zur Bestimmung von Parametern der mikrobiellen Fermentation und der antioxidativen Aktivität herangezogen. Parallel zur Messung der Futteraufnahme wird der tägliche Wasserverbrauch der Tiere bestimmt. Proben von frischem Urin werden sporadisch bei sich bietender Gelegenheit genommen.

3.2.2 Nashörner

Die für die Untersuchungen zur Verfügung stehenden Tiere - zwei aus dem Whipsnade Wild Animal Park (WWAP; 1,1), zwei aus dem Zoo Köln (1,1) und vier aus dem Zoo Zürich (1,3) sind in Tabelle 3.2 aufgeführt. Die Tiere sind zwischen fünf und 31 Jahren alt. Bei drei Tieren ist das genaue Körpergewicht in der jeweiligen Haltung bekannt; die anderen Tiere werden von derselben Person geschätzt.

Der Ernährungszustand aller Tiere ist gut, mit Ausnahme von Mtoto, die unter einem Abszess in der Mandibula zwischen dem PM 1 und dem PM 2 leidet (HATT et al. 2004). Dieses Tier hat daher Probleme, Grasheu aufzunehmen; sie kaut „Wickel“, die sie wieder ausspuckt. Das so angefeuchtete, wieder ausgespuckte Futter wird vor der Rückwaage über Nacht getrocknet. Die Flüssigkeitsverluste über den Speichel bewegen sich in einem Rahmen von 2,2 bis 5,7 kg (HATT et al. 2004). Dieses Tier

erhält abweichend von den weiteren Nashörnern der Haltung andere Formen von faserhaltigem Futter, z. B. in der Form von Grünmehlpellets oder Luzerneheuhäckseln.

Alle Tiere werden regelmäßig entwurmt. Zum Zeitpunkt der Versuche ist keines der weiblichen Tiere trächtig, und es werden keine Verhaltensänderungen beobachtet, die auf eine Brunft schließen lassen.

Tab. 3.2 Versuchstiere

Name	Zuchtbuchnr.	Haltung	Geschl.	Alter [a]	KM [kg]
Emma (E)	0451	WWAP	w	10	1065
Quinto (Q)	0430	WWAP	m	11	1133
Taco (Ta)	0533	Köln	m	6	1000 ¹
Tisa (Ti)	0532	Köln	w	7	1000 ¹
Mtoto (M) ²	0150	Zürich	w	31	762
Sabi (S)	0217	Zürich	w	ca. 30 ³	1000 ¹
Parky (P)	0318	Zürich	m	19	1200 ¹
Wanda (W)	0662	Zürich	w	5	900 ¹

¹Gewicht geschätzt; ²Tier mit Abszess in der Maulhöhle und besonderer Rationsgestaltung; ³genaue Angabe nicht möglich, da das Tier ein Wildfang ist;

3.2.3 Versuchsfutter

Einen Überblick über die Rationsgestaltung gibt die Tabelle 3.3. Es kommen die Rationen zum Einsatz, die in den jeweiligen Haltungen normalerweise verfüttert werden; allerdings wird im WWAP die Vielfalt des verfütterten Obst und Gemüse auf lediglich Bananen und Karotten reduziert. In Köln wird die normalerweise abwechslungsreich gestaltete Gabe von Trockenlaub auf ausschließlich Himbeerlaub reduziert.

Vor dem Pelletieren werden die Gerbstoffe der Grundlage des Mischfutters zu fünf Prozent des Gewichts zugesetzt. Tanninsäure wird bezogen von der Firma *Merck*, Darmstadt, Quebracho von der Firma *Tannin Cooperation*, Peabody, MA, USA. Für den WWAP wird das Mischfutter durch die Firma *SDS Mazuri*, Essex, UK, auf der

Grundlage des „Mazuri Browser Breeder“ Mischfutters und für Zürich durch die Firma NAFAG, Gossau auf Grundlage des „Elefantenwürfli“ Mischfutters hergestellt. Für Köln wird die Basismischung des „Zoopress“ der Firma Höveler Spezialfutterwerke, Langenfeld, mit den Gerbstoffen am Versuchsgut der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bonn, Gut Frankenforst, vermischt und pelletiert.

Quebracho ist eine Mischung aus Tanninen (ca. 75 % der TS, ROBBINS et al. 1991), Flavonoiden und anderen phenolischen Verbindungen (ASQUITH & BUTLER 1985)

Aufgrund einer Verwechslung im Futterlager des Zoo Zürich wird direkt während der Versuchsperiode von dem Quebracho-haltigen Mischfutter auf das normale Mischfutter umgestellt; dieser Fehler wird erst im Nachhinein erkannt. Nur die Proben zur Bestimmung der antioxidativen Aktivität im Kot (s.u.) werden sicher während der Quebracho-Fütterung gewonnen. Alle anderen bei diesem Versuchsdurchgang gewonnenen Ergebnisse werden weder einer Tanninfütterung noch einer Tannin-freien Fütterung zugeordnet. Sie sind im Tabellenanhang gesondert als Ration Q/N aufgeführt. Bei den Wiederholungsversuchen werden an Wanda und Parky frische belaubte Äste und Laubsilage verfüttert.

Tab. 3.3 Zusammensetzung der regulären Rationen N aller Haltungen

Ration N WWAP	Ration N Köln	Ration N Zürich
Luzerneheu	Grasheu	Luzerneheu
pelletiertes Mischfutter ¹	Himbeerlaub	Grasheu
Brot	pelletiertes Mischfutter	pelletiertes Mischfutter
Bananen / Karotten	Weizenkleie	Haferflocken
Vitaminsupplementierung	Lebertran / Öl	Brot
	Obst / Gemüse ²	Obst / Gemüse ³
	Vitaminsupplementierung	
	Mineralfutter	

¹sieben verschiedene pelletierte Mischfutter; ²16 bzw. 17 Sorten; ³vier Sorten

3.2.4 Versuchsdurchführung und Probengewinnung

Die Versuche finden zwischen Oktober 2000 und November 2001 statt. Der erste Versuch im Zoo Zürich dient als Pilotversuch, um in dieser Haltung zu testen, ob die Versuche mit vier Tieren gleichzeitig durchführbar sind. Aufgrund einer Verwechslung (siehe 3.2.3) muss die Quebracho-Fütterung in Zürich einmal wiederholt werden. Wegen des Ausbruchs der Maul- und Klauenseuche in den Niederlanden im Frühjahr 2001 muss der begonnene Quebracho-Versuch am Zoo Köln abgebrochen und im Mai 2001 wiederholt werden. Die Versuchsplanung und alle praktischen Arbeiten im Zoo werden von Dr. M. Clauss durchgeführt.

3.2.4.1 Haltung der Tiere

Alle Tiere werden während der Versuchsperiode einzeln gehalten. Dies entspricht der in Zürich und Köln üblichen Haltungsform; im WWAP haben normalerweise beide Tiere gleichzeitig Zugang zu einem großen Außengehege.

Im **WWAP** stehen für jedes Tier eine Innenbox und ein betoniertes Vorgehege außen zur Verfügung; tagsüber können die Tiere zwischen diesen beiden Abteilungen frei wählen. Lediglich zum Reinigen bzw. Kotsammeln wird die Verbindungstür geschlossen. Sowohl Innenbox als auch das betonierte Vorgehege werden täglich mit einem Dampfstrahler gereinigt, damit die Tiere keine Möglichkeit haben, Erde aufzunehmen. Gefüttert wird zweimal täglich in der Innenbox. Es wird nicht eingestreut. Zur Wasseraufnahme steht in jeder Box ein Trog zur Verfügung, der manuell befüllt wird.

In **Köln** sind drei Innenboxen vorhanden, in denen die Tiere getrennt gehalten werden. Jedes Tier hat ein Außengehege mit Tränkebecken, Heuraufe und Sandboden. Die Innenboxen werden täglich mit einem Dampfstrahler gereinigt. Die Tiere bekommen morgens etwas Obst. In den Außenanlagen - auf denen sie sich jeden Tag zwei bis sechs Stunden aufhalten - bekommen sie Heu. Die Hauptmahlzeit erhalten sie abends. Jedes Tier hat täglich gewechselte Stroheinstreu; durch Rückwiegen und Adspektion des Kots wird bestätigt, dass sie diese nicht in messbaren Mengen auf-

nehmen. In den Innenboxen und den Außengehegen stehen Wassertröge, die manuell befüllt werden.

In **Zürich** gibt es fünf abtrennbare Innenboxen, die über einen Gang miteinander verbunden sind und drei Außengehege mit Erd- und Schotterboden sowie ein betoniertes Vorgehege. Die Innenboxen werden täglich, das betonierte Vorgehege mehrmals täglich mit dem Besen gereinigt, damit die Tiere dort keine Möglichkeit haben, Erde aufzunehmen. Während der Versuchsphasen sind Parky und Wanda zwischen zwei und fünf Stunden auf den Außenanlagen; Mtoto und Sabi haben nur während des ersten Durchgangs der Versuchsphase N Zugang zu den Außenanlagen, während der anderen Versuche werden sie ausschließlich in den Innenboxen bzw. abwechselnd auf dem betonierten Vorgehege gehalten. Gefüttert wird zweimal täglich: morgens wird Luzerneheu, nachmittags die Restration gegeben. Wenn belaubte Äste gefüttert werden, werden sie auch auf den Außenanlagen in Astständern gereicht. Beim Umsperren erhalten die Tiere immer wieder Portionen von Brot, Sprossen und Bananen. Da nicht eingestreut wird, ist es möglich, in den abschüssigen Innenboxen mittels in den Abflüssen aufgehängten Plastikbeuteln den nachts abgesetzten Urin unverdünnt aufzufangen. Da keine Wassertröge vorhanden sind, werden die Tiere individuell aus einer Wanne getränkt, so dass hier keine Wasserverluste durch Spielen entstehen können.

3.2.4.2 Sammeln der Kotproben

Jeder abgesetzte Kothaufen wird vollständig aufgesammelt, von grobem Schmutz befreit und gewogen. Die äußere Schicht der Kotballen wird mit Pinzetten abgeschält, um Kontaminationen der Proben mit Sand, Erde oder Pflanzenteilen zu vermeiden. Von jedem Kotabsatz wird eine repräsentative Probe von zehn Prozent des Gesamtgewichtes genommen, durchmischt und bei -20 °C eingefroren.

3.2.4.3 Scheinbare Verdaulichkeit

Die scheinbare Verdaulichkeit wird sowohl mit der Kollektionsmethode als auch mit Hilfe interner Marker bestimmt. Die aufgenommenen Futtermengen werden neun Tage lang durch Einwaage und Rückwaage bestimmt. Während der Versuchsphase werden repräsentative Futterproben entnommen und bei -20 °C eingefroren. Aus den einzelnen Kotproben wird für jedes Tier und Versuchsperiode nach Trocknung und Mahlen eine Sammelprobe im prozentualen Anteil des jeweiligen Kotabsatzes an der insgesamt ausgeschiedenen Kotmenge zusammengestellt, in der dann die verschiedenen Inhaltsstoffe bestimmt werden.

3.2.4.4 Parameter der mikrobiellen Fermentation

Die Proben zur Bestimmung von flüchtigen Fettsäuren und Laktat werden aus frisch abgesetztem Kot gewonnen. In jedem Zoo wird versucht, so oft wie möglich an frisch abgesetzten Kot zu gelangen. Die dabei angestrebte Probenzahl von zehn pro Tier und Versuchsdurchgang wird in allen Fällen erreicht. Die verarbeiteten Proben werden sofort bei -20 °C eingefroren

3.2.4.5 Antioxidative Aktivität im Kot

Die Proben zur Bestimmung der antioxidativen Aktivität im Kot werden ebenfalls aus frisch abgesetztem Kot gewonnen. Es wird eine Probenzahl von zwölf pro Tier und Versuchsdurchgang angestrebt und auch erreicht, wobei von jedem Tier Proben auf einer Ration ohne Tannin, mit Tanninsäure und mit Quebracho genommen werden. Die verarbeiteten Proben werden sofort bei -80 °C eingefroren.

3.2.4.6 Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme wird quantifiziert, indem die Füllmenge jedes Wassertroges bis zu einer Markierung vor Versuchsbeginn kontrolliert wird, um dann durch Wiederauffüllen die aus dem Trog entfernte Wassermenge ermitteln zu können. Werte von Tagen, an denen deutliche Wasserverluste aufgrund von Spielverhalten offensichtlich sind, werden verworfen.

3.2.4.7 Urinproben

Es wird versucht, von allen Tieren in jedem Versuchsdurchgang so viele frische, saubere Urinproben wie möglich zu gewinnen. Es wird nur Urin verwendet, der auf sauberen Boden abgesetzt wird und nicht mit Waschwasser verdünnt ist. Dies geschieht durch Aufsaugen des abgesetzten Urins in Pipetten; in Zürich kann aufgrund der Boxenausstattung (s. o.) der Urin mittels in den Abflüssen eingehängter Plastiktüten aufgefangen werden.

3.2.5 Probenvorbereitung

Ein Teil der Kot- und Futterproben werden zur Bestimmung der Trockensubstanz im Trockenschrank bei 103 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der andere Teil wird gefroren im Lyophilisator (*CHRIST[®] Gamma 1-20*) bei ca. 35 °C getrocknet. Danach werden die Proben in einer Mühle (*Retsch ZM 100*, Siebgröße 0,5 mm) zermahlen und durchmischt. Aus den Kotproben wird pro Tier und Fütterungsversuch eine Sammelkotprobe hergestellt und durchmischt, wobei der Anteil der jeweiligen Kotprobe an der Gesamtkotmenge bezogen auf die Trockensubstanz berücksichtigt wird. Alle Proben werden bis zur Analyse bei Zimmertemperatur trocken und dunkel gelagert. Vor der Entnahme für die Analyse wird die Probe erneut durchmischt und die Feuchtigkeit bestimmt, die die Probe im Verlauf des Mahlens und Mischens aufgenommen hat. Dieser Wert wird bei der Berechnung der Nährstoffgehalte miteinbezogen.

Für die Laktatbestimmung wird 1 g frischer Kot mit 0,6 molarer Perchlorsäure versetzt, vermischt und zentrifugiert. Unmittelbar im Anschluss wird 1 ml des Überstandes in einem Eppendorfgefäß bei -20°C eingefroren.

Um die Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren vorzubereiten, wird 1 g frischer Kot mit Aqua tridest. versetzt, vermischt und zentrifugiert. 1 ml des Überstandes wird in ein Eppendorfgefäß pipettiert, in dem sich eine Mischung aus 0,1 ml 25 %-iger Orthophosphorsäure und 0,1 ml innerem Standard (Ameisen- und 4- Methylvaleriansäure) befindet. Danach erfolgt ebenfalls Lagerung im Gefrierraum bei -20°C bis zur Analyse.

Für die Bestimmung der antioxidativen Aktivität wird - gemäß dem Protokoll von GARSETTI et al. (2000) - ca. 1 g frischer Kot mit 10 ml Phosphat gepufferter Salzlösung (PBS) versetzt, vermischt und zentrifugiert. Unmittelbar im Anschluss wird 1 ml des Überstandes in einem Eppendorfgefäß bei -80 °C eingefroren.

3.2.6 Prüfparameter im Futter

Rohnährstoffe

- Trockensubstanz (TS)
- Rohasche (Ra)
- Rohprotein (Rp)
- Rohfett (Rfe)
- Rohfaser (Rfa)
- stickstofffreie Extraktstoffe (NfE)
- Rest-Kohlenhydrate (R-KH)
- organische Substanz (oS)

Gerüstsubstanzen

- neutral detergent fiber (NDF)
- acid detergent fiber (ADF)
- acid detergent lignin (ADL)

- Hemicellulose (HC)
- Cellulose (C)

Bruttoenergie (GE)

Mineralstoffe

- Kalzium (Ca)
- Kalium (K)
- Magnesium (Mg)
- Natrium (Na)
- Phosphor (P)
- Kobalt (Co)
- Eisen (Fe)
- Mangan (Mn)
- Zink (Zn)

Marker

- säureunlösliche Asche (AIA)
- acid detergent lignin (ADL)

3.2.7 Prüfparameter im Kot

Rohnährstoffe

- Trockensubstanz (TS)
- Rohasche (Ra)
- Rohprotein (Rp)
- Rohfett (Rfe)
- Rohfaser (Rfa)
- Stickstofffreie Extraktstoffe (NfE)
- Rest-Kohlenhydrate (R-KH)

- organische Substanz (oS)

Gerüstsubstanzen

- neutral detergent fiber (NDF)
- acid detergent fiber (ADF)
- acid detergent lignin (ADL)
- NDF-Protein (NDF prot)
- Hemicellulose (HC)
- Cellulose (C)

Bruttoenergie (GE)

Mineralstoffe

- Kalzium (Ca)
- Kalium (K)
- Magnesium (Mg)
- Natrium (Na)
- Phosphor (P)
- Kobalt (Co)
- Eisen (Fe)
- Mangan (Mn)
- Zink (Zn)

Marker

- säureunlösliche Asche (AIA)
- acid detergent lignin (ADL)

Parameter der mikrobiellen Fermentation

- Laktat

- flüchtige Fettsäuren (FFS)
- nicht-Zellwand-Kot-Protein (nZKP)

Antioxidative Aktivität (total antioxidant activity, TAA)

Kotpartikelgröße

3.2.8 Prüfparameter im Urin

- Kalzium (Ca)
- Kreatinin (Krea)

3.2.9 Analysemethoden der Futter- und Kotproben

3.2.9.1 Rohnährstoffe

Die Bestimmung der Rohnährstoffe und der Trockensubstanz in den Futtermitteln und im Kot werden nach den Vorschriften der Weender Futtermittelanalyse in der Fassung von NAUMANN & BASSLER (1997) analysiert. Um Messfehler möglichst zu vermeiden, wird jede Probe doppelt bestimmt und der Mittelwert errechnet.

Trockensubstanz (TS): Trocknung im Trockenschrank bei 103 °C bis zur Gewichtskonstanz, mindestens aber 4 h. Direkt im Anschluss wird die Probe in den Exsiccator gestellt und nach dem Abkühlen sofort gewogen.

Rohasche (Ra): Ca. 5 g der Probe werden 12 h im Muffelofen bei 550 °C verascht. Dann wird die Probe in den Exsiccator gestellt und nach dem Abkühlen sofort gewogen.

Rohprotein (Rp): Die Bestimmung des Rohproteins führt das Institut für Zoo- und Wildtierforschung in Berlin im Stickstoffanalysator *rapid N III* der Firma *Elementar-analysensysteme GmbH* nach der Verbrennungsmethode (Stickstoffbestimmung

nach Dumas) durch. Dabei wird die Probe in einem Trägergasstrom unter Zugabe von Sauerstoff bei 950 - 1000 °C verbrannt, wodurch der in der Probe enthaltene Stickstoff in molekularen Stickstoff und Stickoxide überführt wird. Anschließend werden die entstehenden Reaktionsprodukte durch verschiedene Absorber aus dem Gasgemisch entfernt und die verbleibenden Stickoxide an heißem Wolfram zu Stickstoff reduziert. Der gesamte molekulare Stickstoff wird mit einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor gemessen. Durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25 erhält man die entsprechend Menge an Rohprotein.

NDF-Protein (NDF prot): Die Bestimmung der NDF-Proteinfraction wird auf dieselbe Weise durchgeführt, allerdings nicht mit der Analyseprobe, sondern mit dem NDF-Rückstand.

Rohfett (Rfe): Nach einer achtstündigen Extraktion von ca. 3 g Probe mit Petroläther in der Soxhletapparatur von *ISOPAD GmbH* wird das Gewicht des Rohfettes nach dem Trocknen ermittelt.

Rohfaser (Rfa): Ca. 1 g der Probe wird jeweils 30 min erst in 1,25 %-iger Schwefelsäure, dann in 1,25 %-iger Natronlauge im *Fibertec®-Heißextraktor* (Fa. *Tecator*) gekocht. Zwischen den Kochungen und am Schluss wird mit heißem destilliertem Wasser gewaschen. Im Kaltextraktionsgerät wird die Probe mit Aceton entfettet, danach im Trockenschrank getrocknet, gewogen, 1 h bei 500 °C im Muffelofen verascht und wieder gewogen. Um den Wert der Rohfaser zu erhalten, wird das Gewicht der Asche von dem Wert des Rückstandes nach dem Trocknen abgezogen.

stickstofffreie Extraktstoffe (NfE): $NfE = TS - (Ra + Rp + Rfe + Rfa)$

Rest- Kohlenhydrate (R-KH): $R - KH = TS - (Ra + Rp + Rfe + NDF)$

organische Substanz (oS): $oS = TS - Ra$

3.2.9.2 Gerüstsubstanzen

Die Gerüstsubstanzen werden im Doppelansatz nach der Methode von VAN SOEST (1967) bestimmt. Diese Analytik wird am IZW Berlin durchgeführt.

neutral detergent fiber (NDF): Ca. 1 g Probe wird 60 min mit neutraler Detergenzienlösung im *ANKOM 200 Fiber Analyzer* gekocht. Im Anschluss folgt Waschen mit heißem destilliertem Wasser, Entfetten mit Aceton, Trocknen und Wiegen. Von diesem Gewicht wird noch der Veraschungsrückstand nach der ADL-Bestimmung abgezogen.

Stärkehaltige Futtermittel werden vor der Analyse mit bakterieller Amylase inkubiert, da die Stärke die Filtrierbarkeit der Probe verschlechtert und somit die Ergebnisse beeinflusst (MC QUEEN & NICHOLSON 1979).

acid detergent fiber (ADF): Der NDF-Rückstand wird 60 min mit saurer Detergenzienlösung im *ANKOM 200 Fiber Analyzer* gekocht. Im Anschluss folgt Waschen mit heißem destilliertem Wasser, Entfetten mit Aceton, Trocknen und Wiegen. Von diesem Gewicht wird noch der Veraschungsrückstand nach der ADL-Bestimmung abgezogen.

acid detergent lignin (ADL): Der Rückstand der ADF-Bestimmung wird über drei Stunden mit 72 %-iger Schwefelsäure versetzt, wobei regelmäßig umgerührt wird. Im Anschluss folgt Waschen mit heißem destilliertem Wasser, Trocknen, Wiegen, eine dreistündige Veraschung im Muffelofen bei 525 °C und erneutes Wiegen. Das Gewicht der Asche wird von dem Rückstandwert nach dem Trocknen abgezogen.

Hemicellulose (HC): $HC = NDF - ADF$

Cellulose (C): $C = ADF - ADL$

3.2.9.3 Bruttoenergie (GE)

Die Bestimmung der Bruttoenergie erfolgt im *IKA[®] - Calorimeter C 4000 adiabatic* von *JANKEL* und *KUNKEL*. Nach Einwaage von ca. 1 g Probe in ein ebenfalls gewogenes Verbrennungstütchen aus Polyäthylen wird dieses in die mit Zünddraht und Zündfaden versehene Kalorimeterbombe gegeben. Die Bombe wird verschlossen und bis 30 bar mit Sauerstoff gefüllt. So vorbereitet kommt die Bombe in einen Kessel mit Wasser, wobei Menge und Temperatur des Wassers festgelegt sind. Nach dem Vorversuch zum Temperatúrausgleich wird die Bombe gezündet. Das Gerät

ermittelt die durch die Verbrennung entstandene Temperaturerhöhung. Anhand der Temperaturdifferenz, der Wärmekapazität des Kalorimeters, der Brennwerte von Tütchen, Zünddraht und Zündfaden und des Gewichtes der Probe wird deren Bruttoenergie errechnet. Es wird eine Fünffachbestimmung durchgeführt.

3.2.9.4 Mineralstoffe

Von jeder Probe werden zweimal ca. 0,5 g Probe in jeweils ein Quarzglaschen eingewogen und mit 5 ml 65 %-iger Salpetersäure in der *mls 1200 mega High Performance Microwave (MLS GmbH)* nassverascht. Nach Abkühlung wird die Lösung in ein Reagenzglas überführt und mit destilliertem Wasser auf 10 ml aufgefüllt.

Die Analyse der Mineralstoffe wird an der GSF (Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Institut für ökologische Chemie, Neuherberg) im *JY66 (Jobin Yvon, Frankreich)* durchgeführt. Bei der Messung werden die Elektronen energetisch angeregt, um ihre optische Emission messen zu können, wenn sie auf ihren ursprünglichen energetischen Zustand zurückfallen.

Natrium wird zusätzlich noch mit dem Flammenphotometer *Eppendorf® EFOX 5053* bestimmt. Die Veraschungslösung wird mit einer 1 %-igen Lithiumlösung durch einen Dual-Diluter verdünnt und mit Acetylen verbrannt.

Im Weiteren werden die Ergebnisse der Analysen der GSF verwendet.

3.2.9.5 Marker

ADL: siehe unter 3.2.9.2

säureunlösliche Asche (AIA, acid insoluble ash): Die Probe wird nach dem für die Bestimmung von Rohasche beschriebenen Verfahren verascht. Die Asche wird in ein Becherglas mit 75 ml ca. 3 N Salzsäure überführt und 15 min gekocht. Die Lösung wird heiß durch einen aschfreien Papierfilter abfiltriert und mit heißem, destilliertem Wasser gewaschen. Der Rückstand wird zusammen mit dem Filterpapier bei 550 °C

erneut verascht. Nach dem Abkühlen im Exsiccator wird die säureunlösliche Asche gewogen. Diese Analytik wird am IZW Berlin durchgeführt.

3.2.9.6 Parameter der mikrobiellen Fermentation

Laktat: Zuerst wird die Probe aufgetaut und zentrifugiert. Das in der Probe enthaltene L-Laktat wird mit Hilfe von L-Laktase zu Pyruvat oxidiert, wobei NADH/H⁺ entsteht. Eine nachfolgende enzymatische Reaktion sorgt für die vollständige Umsetzung. Die Bestimmung des NADH/H⁺ erfolgt photometrisch (*Thermo spectronic Genesys 10 uv*).

flüchtige Fettsäuren (FFS): Die Bestimmung wird am IZW Berlin im *Perkin Elmes Auto System Gas Chromatograph (Stabilwax[®]-DA-Säule, 30 m, Innendurchmesser 0,25 cm, Crossbond[®] Carbowax[®]-PEG, Beschichtung 0,25 µm, Injektionstemperatur 150 °C, Detektionstemperatur 300 °C, Trägergasdruck 160 kPa)* durchgeführt. Die Auswertung erfolgt anhand von standardisierten Fettsäurelösungen und wird in mmol/l Kotwasser (Rohwasser des Kotes) angegeben.

nicht-Zellwand-Kotprotein (nZKP): Der Proteinrest im NDF-Rückstand wird vom Gesamt-Proteingehalt der jeweiligen Kotprobe abgezogen (MASON & FREDERIKSON 1979).

$$nZKP = Rp_{Kot} - NDF \text{ prot}_{Kot}$$

3.2.9.7 Antioxidative Aktivität

Die Bestimmung erfolgte anhand der bei GARSETTI et al. (2000) beschriebenen Methodik am Institut für Hygiene der Universität Parma, Italien, unter der Aufsicht von Dr. N. Pellegrini. Aus Kostengründen werden die zwölf Einzelproben pro Tier und Versuchsdurchgang zu einer einzigen Probe gepoolt.

3.2.9.8 Kotpartikelgröße

Zur Bestimmung der Kotpartikelgröße, die am IZW Berlin erfolgt, wird Kot in ein Analysesieb der *Laborsiebmaschine VS 1000* (Firma *Retsch*) eingewogen. Unter Wasserzufluss wird mit Sieben, die eine Maschenweite von 4 / 2 / 1 / 0,5 / 0,25 und 0,125 mm haben, 10 min lang gesiebt. Die Rückstände, die in den jeweiligen Sieben verbleiben, werden getrocknet und gewogen. Die Differenz der Summe der auf allen Sieben zurückgehaltenen Partikeln und der anhand der Trockensubstanz errechneten Gesamt-TS-Einwaage für die Siebanalytik bezeichnet diejenigen Partikel, die die kleinste Siebgröße passieren. Die durchschnittliche Kot-Partikelgröße wird ausgedrückt als Modulus of Fineness (MOF) nach POPPI et al. (1980). Dabei wird der Anteil der auf einem Sieb retinierten Trockensubstanz zunächst in Prozent der insgesamt auf allen Sieben retinierten Trockensubstanz ausgedrückt. Diese Prozentangaben werden addiert, nachdem die für das kleinste Sieb mit dem Faktor 1, die für das nächstgrößere Sieb mit dem Faktor 2 etc. multipliziert wurde. Das Resultat wird durch 100 dividiert. Ein MOF von 1 bedeutet demnach, dass sämtliche retinierten Partikel auf dem kleinsten Sieb liegen. MOF-Daten sind naturgemäß nur dann vergleichbar, wenn der gleiche Siebsatz verwendet wurde.

3.2.10 Analysemethoden der Urinproben

Kalzium: Die Bestimmung wird an dem Flammenphotometer *Eppendorf® Elex 6363* durchgeführt. Die Veraschungslösung wird mit einer 1 %-igen Lithiumlösung durch einen Dual-Diluter verdünnt und mit Acetylen verbrannt.

Kreatinin: Die Bestimmung erfolgt als ELISA mit Hilfe des Testkits der Firma *Metra Biosystems (Quidel Deutschland GmbH, Heidelberg)*. Dabei werden aus dem Urin mehrere Verdünnungen hergestellt und mit Pikrinsäure eine Farbreaktion hervorgerufen, die bei 490 nm photometrisch gemessen und anhand der Standardmessung ausgewertet wird.

3.2.11 Berechnungsmethoden

3.2.11.1 Rationsberechnung

Die Ration wird anhand der durch die tägliche Wägung bestimmte Futtermenge und der analysierten Nährstoffzusammensetzung als Durchschnittswert pro Tag für den Versuchszeitraum berechnet.

3.2.11.2 Scheinbare Verdaulichkeit (sV)

Die scheinbare Verdaulichkeit wird mit folgender Formel berechnet:

$$sV [\%] = \frac{\text{Nährstoffmenge im Futter} - \text{Nährstoffmenge im Kot}}{\text{Nährstoffmenge im Futter}} \times 100$$

Die TS-Verdaulichkeit wird zusätzlich anhand interner Marker (ADL und AIA) berechnet. Dem zugrunde liegt die Annahme, dass ADL und AIA weder resorbiert noch endogen sezerniert werden:

$$sV [\%] = 100 - \left[\frac{\% \text{ Indikator im Futter}}{\% \text{ Indikator im Kot}} \times \frac{\% \text{ Nährstoff im Kot}}{\% \text{ Nährstoff im Futter}} \times 100 \right]$$

3.2.11.3 Scheinbare Verdaulichkeit des nicht-Zellwand-Proteins (nZP)

Da bei Herbivoren ein Großteil des Stickstoffs im Kot von den Mikroorganismen im Magen-Darm-Trakt stammt, weicht die wahre Verdaulichkeit von der scheinbaren im Bezug auf das Protein stark ab. Man geht davon aus, dass nur der Anteil Protein im Kot, der an die Zellwand gebunden ist, aus dem Futter stammt und nicht verdaut worden ist. Deshalb wird bei der Berechnung nach MASON & FREDERIKSON

(1979) anstatt des Gesamtproteingehaltes im Kot nur der Teil vom Proteingehalt des Futters abgezogen, der an NDF gebunden ist. Die Formel muss demnach lauten:

$$sV \text{ nZP } [\%] = \frac{Rp_{\text{im Futter}} - NDF \text{ prot}_{\text{im Kot}}}{Rp_{\text{im Futter}}} \times 100$$

3.2.12 Statistische Methoden

Die Ergebnisse werden generell als Mittelwerte mit Standardabweichung angegeben. Der Zusammenhang zwischen zwei Variablen wird als einfache Regressionsgleichung dargestellt.

3.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind angegeben als Mittelwert \pm Standardabweichung. Alle Einzelwerte für jedes Tier und jede Fütterungsperiode sind im Tabellenanhang zu finden. Die Zusammensetzung der einzelnen Futtermittel und der Kotproben sind auch dort aufgeführt. Ebenfalls im Anhang befinden sich die Daten der unveröffentlichten Arbeiten von FRÖSCHLE & CLAUSS, WOODFINE und PAROS.

3.3.1 Gesundheitszustand

Mit Ausnahme der bereits erwähnten Probleme von Mtoto (siehe Kapitel 3.2.2) erscheint das Allgemeinbefinden der Tiere während der Versuchsphasen ungestört. Auch zwischen den Versuchsphasen wird von den jeweiligen Zootierärzten bei keinem der Tiere eine Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens festgestellt.

3.3.2 Ernährungszustand

Die Körpermasse einiger Tiere (siehe Tabelle 3.2) war anhand von vor bzw. nach den Versuchen durchgeführten Wägungen bekannt; das Gewicht der anderen Tiere wurde geschätzt. In Anlehnung an das standardisierte „body condition scoring system“ für Spitzmaulnashörner (REUTER & ADCOCK 1998) wird durch Adspektion prominenter Knochenpunkte (Schulterblatt, Hüftknochen, Dornfortsätze der Rückenwirbel) der Ernährungszustand der Tiere bestimmt. Während der Versuchsphasen lässt sich keine Veränderung feststellen. Mit Ausnahme von Mtoto erscheinen alle Tiere gut genährt, aber nicht übergewichtig.

3.3.3 Futterakzeptanz und -aufnahme

Das tanninhaltige Mischfutter wird von allen Tieren mit der gleichen Bereitschaft aufgenommen wie das üblicherweise verfütterte Mischfutter.

In den Tabellen 3.4, 3.5 und 3.6 ist die im Mittelwert während der Versuchsphase aufgenommene Menge an Trockensubstanz pro Tag in kg, in % der Körpermasse (KM) und in g/kg metabolischer Körpermasse (MKM) aufgeführt.

Tab. 3.4 Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (reguläre Rationen WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	TS-Aufnahme		
			[kg]	[% KM]	[g/kg MKM]
WWAP	E,Q	N	14,4 ±3,7	1,3 ±0,3	75,3 ±16,7
	E,Q	Q	18,5 ±4,2	1,7 ±0,3	96,6 ±19,0
	E,Q	T	17,3 ±5,1	1,6 ±0,4	90,4 ±23,9
Köln	Ta,Ti	N	18,0 ±0,8	1,8 ±0,1	101,2 ±4,7
	Ta,Ti	Q	14,6 ±4,7	1,5 ±0,5	81,8 ±26,2
	Ta,Ti	T	19,5 ±1,0	1,9 ±0,1	109,5 ±5,6
Zürich	S,P,W	N	10,9 ±3,0	1,0 ±0,2	59,5 ±10,9
	S	Q	10,3	1,0	58,1
	S,P,W	T	11,4 ±1,4	1,1 ±0,0	62,8 ±0,7

Tab. 3.5 Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	TS-Aufnahme		
			[kg]	[% KM]	[g/kg MKM]
Zürich	M	N _A	9,4 ±0,2	1,2 ±0,0	64,5 ±1,6
	M	Q _A	9,5	1,3	65,7
	M	T _A	10,4	1,4	71,9

Tab. 3.6 Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	TS-Aufnahme		
			[kg]	[% KM]	[g/kg MKM]
Zürich	P,W	L 1	14,3	1,4	77,2
			±3,7	±0,1	±8,3
	P,W	L 2	15,5	1,5	83,9
			±2,6	±0,0	±1,6

Die Tabellen 3.7, 3.8 und 3.9 zeigen, wie sich die verschiedenen Rationen zusammensetzen. Die Gestaltung der Rationen in Bezug auf den Gehalt an organischer Substanz, Rohnährstoffen und Energie sind in den Tabellen 3.10, 3.11 und 3.12, in Bezug auf die Gerüstsubstanzen und die säureunlösliche Asche in den Tabellen 3.13, 3.14 und 3.15 und in Bezug auf die Mineralstoffe in den Tabellen 3.16, 3.17 und 3.18 dargestellt. Innerhalb einer Haltung unterscheiden sich die Rationen mit und ohne Tannin wie erwartet kaum. Die eingesetzten Grundfuttermittel unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Faserzusammensetzung. Aufgrund der abweichenden Rationsgestaltung bei Mtoto war der Eisengehalt der Ration dieses Tieres deutlich erhöht.

Tab. 3.7 TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme] (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Luzerneheu	Grasheu	Blätter Zweige	Krafftutter	Obst Gemüse	Anteil [%]	
								strukturiert	unstrukturiert
WWAP	E,Q	N	33	-	-	62	5	33	67
			±11			±9	±2	±11	±11
	E,Q	Q	45	-	-	50	4	45	55
			±6			±4	±2	±6	±6
	E,Q	T	44	-	-	52	4	44	56
			±3			±0	±3	±3	±3
Köln	Ta,Ti	N	-	69	6	19	7	74	26
				±1	±0	±1	±0	±1	±1
	Ta,Ti	Q	-	63	5	27	6	67	33
				±7	±1	±6	±1	±8	±8
	Ta,Ti	T	-	70	5	20	5	75	25
				±1	±1	±1	±0	±1	±1
Zürich	S,P,W	N	19	31	-	19	10	47	53
			±6	±12		±1	±2	±14	±14
	S	Q	13	30	-	48	9	44	56
	S,P,W	T	13	25	-	53	8	38	62
			±6	±4		±7	±1	±8	±8

Tab. 3.8 TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Luzerneheu	Grasheu	Blätter Zweige	Krafftutter	Obst Gemüse	Anteil [%]	
								strukturiert	unstrukturiert
Zürich	M	N _A	22	7	-	73	9	18	82
			-	±8		±26	±3	±23	±23
	M	Q _A	32¹	10¹	-	48	10	42	58
	M	T _A	22	9	-	60	10	31	69

¹gehäckselt;

Tab. 3.9 TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme] (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	Luzerneheu	Grasheu	Blätter Zweige	Krafftutter	Obst Gemüse	Anteil [%]	
								strukturiert	unstrukturiert
Zürich	P,W	L 1	-	44	16	35	5	60	40
					±6	±4	±8	±1	±9
	P,W	L 2	18	40	22	14	6	80	20
			±0	±1	±1	±0	±1	±1	±1

Tab 3.10 Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Futterrationen (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Hal- tung	Tier	Ration	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	GE
WWAP	E,Q	N	92,6	7,4	15,1	2,6	25,2	49,7	28,1	18,3
			±0,2	±0,2	±0,0	±0,3	±2,2	±1,8	±2,7	±0,0
	E,Q	Q	92,3	7,7	13,8	1,9	31,3	45,3	24,8	18,4
			±0,0	±0,0	±0,0	±0,1	±1,9	±1,7	±2,1	±0,0
	E,Q	T	92,7	7,3	14,2	2,4	28,5	47,7	25,6	18,4
			±0,1	±0,1	±0,3	±0,1	±1,2	±1,6	±2,5	±0,0
Köln	Ta,Ti	N	92,2	7,8	12,2	4,8	24,1	51,1	25,5	18,4
			±0,1	±0,1	±0,0	±0,0	±0,2	±0,1	±0,4	±0,0
	Ta,Ti	Q	93,5	6,5	8,6	5,4	23,1	56,4	32,2	18,5
			±0,3	±0,3	±0,2	±0,8	±1,3	±0,0	±1,1	±0,0
	Ta,Ti	T	92,4	7,6	10,6	3,8	22	56	28,6	18,2
			±0,0	±0,0	±0,0	±0,1	±0,2	±0,1	±0,2	±0,0
Zürich	S,P,W	N	93,4	6,7	12,0	1,8	19,7	59,9	41,0	18,1
			±0,1	±0,0	±0,8	±0,1	±3,9	±2,9	±5,7	±0,0
	S	Q	93,6	6,4	10,7	1,8	19,0	62,1	40,8	18,0
			±0,2	±0,2	±0,2	±0,1	±1,8	±1,9	±2,6	±0,0
	S,P,W	T	93,5	6,5	11,9	1,6	18,6	61,5	43,1	18,0
			±0,2	±0,2	±0,2	±0,1	±1,8	±1,9	±2,6	±0,0

Tab. 3.11 Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Futterrationen (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Hal- tung	Tier	Ration	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	GE
Zürich	M	N _A	91,8	8,3	13,9	2,2	15,3	60,4	42,9	17,9
			±1,8	±1,8	±1,1	±0,3	±2,4	±0,7	±1,3	±0,4
	M	Q _A	92,1	7,9	13,1	1,9	19,6	57,5	40,9	17,9
			±0,2	±0,2	±0,2	±0,1	±1,8	±1,9	±2,6	±0,0
	M	T _A	93,3	6,7	12,8	1,6	17,0	61,9	46,3	18,0
			±0,2	±0,2	±0,2	±0,1	±1,8	±1,9	±2,6	±0,0

Tab. 3.12 Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Futterrationen (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	GE
Zürich	P,W	L 1	93,7	6,3	8,5	1,4	25,5	58,3	35,8	18,1
			±0,0	±0,0	±0,6	±0,1	±2,4	±1,7	±3,1	±0,0
	P,W	L 2	93,6	6,4	8,1	1,7	31,4	52,4	23,1	18,4
			±0,1	±0,1	±0,0	±0,0	±0,4	±0,3	±0,1	±0,0

Tab. 3.13 Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Futterrationen (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
WWAP	E,Q	N	46,8	31,5	6,4	15,4	25,0	0,9
			±3,1	±3,1	±0,6	±0,1	±2,5	±0,1
	E,Q	Q	51,9	36,2	7,7	15,6	28,5	0,7
			±2,3	±2,1	±0,4	±0,2	±1,6	±0,0
	E,Q	T	50,6	34,6	7,1	16,0	27,5	0,8
			±2,1	±1,4	±0,1	±0,7	±1,3	±0,0
Köln	Ta,Ti	N	49,6	26,3	2,2	23,3	24,1	2,3
			±0,5	±0,2	±0,0	±0,2	±0,2	±0,0
	Ta,Ti	Q	47,3	25,4	2,0	21,9	23,4	1,5
			±1,8	±2,4	±0,3	±0,6	±2,1	±1,4
	Ta,Ti	T	49,4	26,3	1,5	23,0	24,8	2,1
			±0,3	±0,2	±0,0	±0,1	±0,2	±0,0
Zürich	S,P,W	N	39,0	22,9	3,3	15,8	19,5	1,0
			±4,7	±4,5	±0,5	±2,1	±4,0	±0,1
	S	Q	40,3	23,1	2,9	17,2	20,3	1,4
	S,P,W	T	37,0	21,2	2,8	15,8	18,4	1,2
			±2,5	±2,0	±0,4	±0,6	±1,6	±0,0

Tab. 3.14 Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Futterrationen (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
Zürich	M	N _A	32,9	18,1	2,9	14,8	15,2	1,9
			±1,8	±2,3	±0,4	±0,6	±2,1	±1,3
	M	Q _A	36,2	21,7	3,8	14,5	17,9	1,1
	M	T _A	32,6	19,5	3,1	13,1	16,5	1,1

Tab. 3.15 Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Futterrationen (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
Zürich	P,W	L 1	48,0	29,5	4,5	18,5	25,0	1,3
			±3,8	±2,8	±0,5	±1,0	±2,3	±0,1
	P,W	L 2	60,7	38,8	6,6	21,9	32,2	1,4
			±0,3	±0,4	±0,0	±0,1	±0,4	±0,0

Tab. 3.16 Gehalt an Makroelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futtrationen (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Makroelemente					Spurenelemente				
			Ca	K	Mg	Na	P	Co	Cu	Fe	Mn	Zn
WWAP	E,Q	N	10,9	20,4	2,7	4,2	5,2	1,1	12,8	292	77,0	92,8
			±0,1	±0,4	±0,2	±0,4	±0,3	±0,2	±0,8	±0	±0,0	±9,7
	E,Q	Q	10,4	23,9	2,8	3,6	4,5	1,7	11,0	273	73,2	75,5
			±0,0	±0,6	±0,1	±0,3	±0,1	±0,1	±0,4	±0	±0,0	±4,5
	E,Q	T	10,3	17,0	2,2	3,7	4,4	1,1	11,6	244	65,8	66,8
			±0,4	±0,2	±0,0	±0,1	±0,1	±0,0	±0,1	±0	±0,0	±0,6
Köln	Ta,Ti	N	7,3	28,0	2,6	1,5	4,1	0,3	12,0	198	115,7	88,0
			±0,2	±0,0	±0,0	±0,1	±0,1	±0,0	±0,3	±0	±0,0	±3,2
	Ta,Ti	Q	6,5	18,6	1,9	2,3	3,4	0,3	12,0	234	110,5	103,2
			±0,8	±0,6	±0,1	±0,6	±0,3	±0,1	±2,6	±0	±1,0	±25,2
	Ta,Ti	T	7,3	26,3	2,3	1,7	4,3	0,3	11,1	219	83,4	88,1
			±0,1	±0,1	±0,0	±0,1	±0,1	±0,0	±0,3	±0	±0,0	±3,1
Zürich	S,P,W	N	7,9	33,0	1,7	4,1	3,3	0,3	6,4	347	64,7	37,1
			±1,2	±2,4	±0,1	±1,2	±0,3	±0,0	±0,5	±60	±10,7	±3,0
	S	Q	9,6	29,6	1,6	4,9	2,8	0,3	5,4	489	42,7	30,0
	S,P,W	T	6,7	32,2	1,6	6,8	3,4	0,3	6,3	557	53,2	34,8
			±0,6	±0,7	±0,0	±0,9	±0,1	±0,0	±0,0	40	±0,6	±1,6

Tab. 3.17 Gehalt an Makroelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futtrationen (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Makroelemente					Spurenelemente				
			Ca	K	Mg	Na	P	Co	Cu	Fe	Mn	Zn
Zürich	M	N _A	8,7	39,4	2,0	5,3	4,0	0,4	8,1	715	63,9	42,3
			0,4	6,0	0,1	0,5	0,3	0,1	0,9	417	4,2	0,4
	M	Q _A		43,7	1,6	4,9	3,5	0,3	6,2	580	48,4	30,7
	M	T _A	7,4	37,1	1,6	7,4	3,5	0,3	6,4	588	51,9	35,4

Tab. 3.18 Gehalt an Makroelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futtrationen (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	Makroelemente					Spurenelemente				
			Ca	K	Mg	Na	P	Co	Cu	Fe	Mn	Zn
		L 1	6,7	22,3	1,4	3,5	2,0	0,2	5,8	338	32,6	32,8
			±0,2	±0,4	±0,0	±0,7	±0,2	±0,0	±0,2	±0,0	±0,0	±2,1
		L 2		26,6	1,6	1,9	2,0	0,3	5,4	479	44,4	40,0
				±0,5	±0,0	±0,1	±0,1	±0,0	±0,1	±0,0	±1,0	±0,9

3.3.4 Kot

In den Tabellen 3.19, 3.20 und 3.21 sind der Kotabsatz pro Tag, die Menge an Wasser im Kot pro Tag und die Trockensubstanz des Kotes angegeben.

Tab. 3.19 TS [% uS] des Kotes, Kotmenge [kg TS/100kg KM] pro Tag und Kotwasser [kg/100kg KM] pro Tag (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Kot-TS	Kotmenge	Kotwasser
WWAP	E,Q	N	20,3	0,6	2,3
			±0,5	±0,2	±0,7
	E,Q	Q	19,8	0,8	3,3
			±1,2	±0,2	±0,5
	E,Q	T	19,9	0,7	2,8
			±0,9	±0,2	±0,5
Köln	Ta,Ti	N	17,6	0,9	4,4
			±0,4	±0,1	±0,3
	Ta,Ti	Q	17,8	0,7	3,1
			±1,7	±0,3	±0,9
	Ta,Ti	T	17,9	0,9	4,3
			±0,4	±0,1	±0,2
Zürich	S,P,W	N	17,5	0,4	1,7
			±0,3	±0,1	±0,5
	S	Q	20,9	0,4	1,5
			-	-	-
	S,P,W	T	18,9	0,4	1,6
			±0,8	±0,0	±0,1

Tab. 3.20 TS [% uS] des Kotes, Kotmenge [kg TS/100kg KM] pro Tag und Kotwasser [kg/100kg KM] pro Tag (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Kot-TS	Kotmenge	Kotwasser
Zürich	M	N _A	18,6	0,4	1,7
			±0,7	±0,0	±0,1
	M	Q _A	19,1	0,4	1,8
	M	T _A	18,9	0,4	1,6

Tab. 3.21 TS [% uS] des Kotes, Kotmenge [kg TS/100kg KM] pro Tag und Kotwasser [kg/100kg KM] pro Tag (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laub-silage)

Haltung	Tier	Ration	Kot-TS	Kotmenge	Kotwasser
Zürich	P,W	L 1	20,3	0,6	2,2
			±0,3	±0,1	±0,3
Zürich	P,W	L 2	22,3	0,9	3,0
			±0,4	±0,2	±0,5

3.3.5 Scheinbare Verdaulichkeit

Die anhand der Sammelmethode bestimmten Verdaulichkeiten sind in den folgenden Tabellen dargestellt: Die Tabellen 3.22, 3.23 und 3.24 enthalten die Werte für die Verdaulichkeit der TS, der oS, der Rohrnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA, der GE und des nZP. Die Tabellen 3. 25 bis 3.30 geben die Aufnahme, die Ausscheidung und die Verdaulichkeiten der Mineralstoffe an.

Tab. 3. 22 sV [%] der TS, der oS, der Rohrnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA, der GE und des nZP (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE	nZP
WWAP	E,Q	N	55	56	52	66	52	26	69	87	34	32	1	40	40	-3	52	92
			±6	±6	±1	±1	±9	±8	±5	±1	±8	±8	±14	±9	±6	±16	±6	±1
	E,Q	Q	52	52	55	58	40	36	61	79	37	38	20	36	43	12	47	92
			±2	±2	±0	±5	±8	±2	±3	±4	±1	±0	±3	±4	±1	±17	±1	±0
	E,Q	T	55	55	53	60	47	36	66	82	41	41	20	40	47	6	51	91
			±1	±0	±2	±9	±0	±0	±1	±1	±1	±1	±0	±5	±1	±1	±4	±1
Köln	Ta,Ti	N	48	49	34	54	53	33	56	84	30	27	-10	34	30	4	46	90
			±3	±3	±0	±2	±4	±7	±2	±1	±6	±6	±2	±5	±7	±4	±1	±0
	Ta,Ti	Q	54	55	28	42	52	40	65	86	38	36	-8	41	40	-29	50	90
			±5	±4	±10	±3	±6	±8	±4	±1	±7	±7	±12	±7	±8	±19	±4	±1
	Ta,Ti	T	52	53	42	51	43	30	63	85	36	32	-55	40	38	15	48	90
			±1	±1	±2	±2	±1	±4	±1	±1	±5	±6	±1	±2	±6	±1	±1	±0
Zürich	S,P,W	N	48	49	48	71	49	33	78	93	41	36	3	48	41	-45	65	94
			±5	±6	±2	±8	±6	±4	±5	±3	±3	±2	±2	±5	±2	±38	±6	±1
	S	Q	62	63	51	60	37	29	75	90	38	33	6	44	37	16	60	93
			±3	±3	±5	±6	±25	±2	±2	±1	±2	±2	±6	±3	±2	±7	±3	±1
	S,P,W	T	66	67	47	66	16	38	78	91	42	37	-2	47	43	-19	63	93
			±3	±3	±5	±6	±25	±2	±2	±1	±2	±2	±6	±3	±2	±7	±3	±1

Tab. 3.23 sV [%] der TS, der oS, der Rohrnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA, der GE und des nZP (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE	nZP
Zürich	M	N _A	69	71	44	63	38	46	81	92	50	44	8	57	51	-47	66	91
			±1	±0	±7	±16	±10	±11	±1	±0	±8	±8	±8	±8	±8	±8	±40	±1
	M	Q _A	66	66	59	67	19	37	78	89	43	36	3	53	44	-3	61	93
M	T _A	73	74	57	71	9	48	84	94	51	48	7	55	56	0	70	93	

Tab. 3.24 sV [%] der TS, der oS, der Rohrnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA, der GE und des nZP (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE	nZP
Zürich	P,W	L 1	59	60	45	59	22	38	71	88	40	38	19	45	41	10	56	91
			±4	±5	±4	±2	±20	±3	±5	±0	±6	±5	±2	±6	±6	±9	±4	±2
	P,W	L 2	42	42	40	49	16	20	55	79	28	25	13	33	27	-18	39	87
			±8	±8	±11	±8	±0	±11	±8	±6	±11	±11	±1	±8	±14	±20	±9	±1

Tab. 3.25 Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Makroelemente (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Ca			K			Mg			Na			P			
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	
WWAP	E,Q	N	157,8	32,1	80	294,8	107,0	62	38,3	9,9	74	60,0	40,0	34	73,9	51,5	30	
			±42,0	±11,6	±2	±79,7	±8,3	±13	±6,5	±2,6	±2	±9,6	±15,5	±15	±15,1	±9,5	±1	
			Q	192,6	43,1	78	443,3	162,9	62	51,8	15,0	72	65,5	50,2	24	83,8	67,0	20
		±44,9	±13,0	±2	±112,8	±2,0	±9	±9,8	±6,0	±6	±10,0	±17,4	±15	±18,3	±13,5	±1		
		T	179,3	42,5	77	295,3	136,7	51	38,1	9,5	76	63,2	57,9	10	76,2	60,0	20	
		±59,6	±20,4	±4	±90,7	±12,2	±19	±11,1	±4,8	±5	±16,6	±21,7	±11	±24,2	±13,4	±8		
Köln	Ta, Ti	N	130,7	30,3	77	503,8	213,7	58	46,6	17,0	63	27,8	40,7	-46	73,9	62,7	15	
			±2,4	±3,6	±3	±23,1	±8,4	±0	±1,6	±2,9	±7	±0,1	±2,1	±8	±2,3	±3,9	±8	
			Q	92,7	27,2	72	271,6	151,0	44	27,9	10,6	63	31,9	40,9	-28	48,3	42,1	14
		±18,6	±13,7	±9	±95,9	±41,7	±5	±7,3	±4,5	±6	±2,6	±3,5	±1	±11,5	±13,3	±7		
		T	141,1	28,3	80	511,0	201,0	61	44,7	16,2	64	32,2	41,1	-28	83,1	61,9	25	
		±4,7	±3,2	±2	±23,8	±16,4	±1	±2,2	±1,4	±5	±0,2	±9,8	±31	±2,6	±1,5	±4		
Zürich	S,P,W	N	87,6	15,2	82	357,5	71,8	80	19,3	3,6	81	42,3	34,2	18	36,3	22,3	37	
			±35,7	±4,6	±5	±81,5	±28,9	±7	±6,5	±0,7	±3	±2,6	±6,7	±20	±10,7	±6,1	±16	
		S	Q	99,5	9,6	90	305,7	83,9	73	16,1	3,5	78	50,9	35,4	30	28,4	22,8	20
		S,P,W	T	76,3	13,7	82	368,9	75,5	80	18,5	4,5	76	76,9	39,6	48	39,1	29,2	26
	±12,4	±2,5	±2	±49,8	±26,6	±7	±2,0	±0,5	±1	±2,5	±4,7	±8	±3,7	±5,8	±10			

Tab. 3.26 Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Makroelemente (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Ca			K			Mg			Na			P [g]		
			Auf.	Aus.	sV]	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
Zürich	M	N _A	82,0	16	81	367,5	75,1	80	17,9	5,3	71	49,4	23,4	53	37,3	27,5	27
			±6,4	±0	±2	±47,1	±24,2	±4	±0,3	±2,1	±11	±3,4	±3,7	±4	±1,4	±0,1	±2
	M	Q _A	150,6	21,0	86	416,6	80,8	81	15,7	4,1	74	46,6	30,7	34	33,7	28,4	16
M	T _A	77,2	16,3	79	387,0	64,8	83	17,1	4,2	75	77,0	21,4	72	36,3	27,8	23	

Tab. 3.27 Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Makroelemente (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	Ca			K			Mg			Na			P		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
Zürich	P,W	L 1	95,9	28,7	70	320,7	104,7	68	20,0	6,3	68	49,2	36,7	25	28,7	23,5	18
			±27,7	±5,2	±3	±88,8	±42,3	±4	±4,9	±0,9	±3	±2,5	±3,5	±3	±4,0	±4,0	±3
	P,W	L 2	190,9	33,4	82	410,3	150,9	63	24,5	6,3	74	29,8	43,0	-47	31,3	26,4	14
			±30,7	±2,9	±4	±61,9	±5,1	±7	±3,9	±0,9	±8	±4,1	±4,1	±34	±4,5	±1,1	±16

Tab. 3.28 Tägliche Aufnahme (Auf.) [mg], fäkale Ausscheidung (Aus.) [mg] und sV [%] der Spurenelemente (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Rat.	Co			Cu			Fe			Mn			Zn			
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	
WWAP	E,Q	N	16,1	13,3	17	183	147	19	4146	5403	-32	1095	912	16	1322	962	27	
			±1,9	±0,9	±4	±35	±22	±3	±488	±223	±21	±156	±72	±5	±201	±82	±5	
			Q	31,0	21,4	31	202	173	15	5023	5298	-5	1343	1093	19	1387	1185	15
		±5,5	±4,2	±1	±39	±42	±5	±856	±1141	±5	±223	±205	±2	±237	±248	±3		
	T	18,7	12,4	34	201	160	20	4233	4398	-4	1143	972	15	1158	1002	13		
		±6,1	±4,4	±2	±62	±42	±4	±1321	±1233	±3	±357	±285	±2	±353	±275	±3		
Köln	Ta, Ti	N	5,0	4,0	19	216	151	30	3559	7104	-100	2080	1719	17	1582	905	43	
			±0,1	±0,0	±0	±4	±14	±8	±108	±35	±5	±72	±19	±2	±15	±115	±8	
			Q	4,6	4,4	5	168	171	-1	3348	6210	-76	1602	1155	28	1443	1153	20
		±0,6	±1,5	±21	±18	±22	±2	±739	±4292	±89	±477	±343	±0	±115	±110	±14		
	T	5,8	3,5	39	216	199	8	4261	4727	-11	1624	1537	5	1713	1154	33		
		±0,1	±0,1	±3	±4	±12	±7	±182	±20	±5	±87	±13	±6	±27	±276	±17		
Zürich	S,P,W	N	2,8	3,0	-8	69	52	24	3681	5464	-48	727	776	-4	400	261	34	
			±0,3	±0,2	±8	±16	±5	±8	±335	±801	±8	±334	±397	±6	±80	±34	±9	
		S	Q	3,2	2,7	18	56	48	14	5043	3971	21	441	359	19	310	252	19
		S,P,W	T	3,5	3,0	13	73	59	18	6329	6574	-4	608	521	14	396	310	22
				±0,2	±0,2	±3	±9	±8	±5	±181	±1231	±17	±62	±58	±5	±29	±37	±7

Tab. 3.29 Tägliche Aufnahme (Auf.) [mg], fäkale Ausscheidung (Aus.) [mg] und sV [%] der Spurenelemente (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Co			Cu			Fe			Mn			Zn		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	s
Zürich	M	N _A	3,6	3,2 ¹	-6 ¹	75	70	8	6637	9050	-44	597	664	-12	396	309	22
			±0,8	-	-	±7	±6	±1	±373 9	±3528	±28	±24	±64	±15	±5	±0	±1
	M	Q _A	3,2	- ²	- ²	59	61	-3	5527	6366	-15	462	506	-9	292	289	1
M	T _A	3,3	3,0	12	67	62	8	6135	6636	-8	541	490	9	370	306	17	

¹ Wert nur aus einer Fütterungsperiode, da in der anderen Kobalt als Marker gegeben wurde; ² keine Angabe möglich, da Kobalt als Marker gegeben wurde;

Tab. 3.30 Tägliche Aufnahme (Auf.) [mg], fäkale Ausscheidung (Aus.) [mg] und sV [%] der Spurenelemente (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	Co			Cu			Fe			Mn			Zn		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
Zürich	P,W	L 1	3,2	5,0	-56	83	74	10	4800	8203	-72	462	486	-6	466	322	31
			±0,6	±0,4	±16	±19	±8	±11	±927	±864	±15	±77	±62	±4	±92	±48	±3
	P,W	L 2	4,4	5,1 ¹	-30 ¹	83	82	0	7382	8038	-10	683	616	9	617	421	31
			±0,7	-	-	±13	±3	±12	±995	±330	±10	±81	±20	±8	±91	±22	±7

¹ diese Werte stammen nur von Wanda, da Parky Kobalt als Marker gefüttert wurde;

3.3.6 Parameter der mikrobiellen Fermentation

3.3.6.1 Laktat im Kot

Die Konzentration von Laktat im Kotwasser ist bei allen Tieren sehr gering. Die Werte sind in den Tabellen 3.31, 3.32 und 3.33 zusammengefasst.

Tab. 3.31 Laktatwerte im Kot [mmol/l Kotwasser] (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Laktat	SD
WWAP	E,Q	N	1,35	±0,7
	E,Q	Q	1,76	±0,2
	E,Q	T	1,39	±0,3
Köln	Ta,Ti	N	1,77	±0,4
	Ta,Ti	Q	1,72	±0,1
	Ta,Ti	T	0,95	±0,4
Zürich	S,P,W	N	2,02	±0,2
	S	Q	2,08	
	S,P,W	T	1,61	±0,2

Tab. 3.32 Laktatwerte im Kot [mmol/l Kotwasser] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Laktat	SD
Zürich	M	N _A	1,59	±0,0
	M	Q _A	2,19	
	M	T _A	1,43	

Tab. 3.33 Laktatwerte im Kot [mmol/l Kotwasser] (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	Laktat	SD
Zürich	P,W	L 1	1,76	±0,3
	P,W	L 2	2,17	±0,4

3.3.6.2 Flüchtige Fettsäuren im Kot

Im Kot werden Essigsäure (C2), Propionsäure (C3), Isobuttersäure (iC4), Buttersäure (C4), Isovaleriansäure (iC5) und Valeriansäure (C5) nachgewiesen. In den Tabellen 3.34, 3.35 und 3.36 sind die Summe von C2, C3 und C4, die prozentuale Verteilung und das Verhältnis von C2 zu C3 angegeben. Der Gehalte an iC4 und iC5 sind im Tabellenanhang aufgeführt.

Tab. 3.34 Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Summe (C2 C3 C4)	C2	C3	C4	C2:C3
			[mmol/l Kotwasser]	[%]	[%]	[%]	
WWAP	E,Q	N	92,7	70	21	9	3,4
			±15,6	±2	±0	±2	±0,1
	E,Q	Q	89,5	69	22	9	3,1
			±9,3	±1	±3	±1	±0,4
	E,Q	T	95,3	71	21	8	3,4
			±21,4	±3	±3	±1	±0,6
Köln	Ta,Ti	N	53,4	62	29	9	2,1
			±6,6	±2	±1	±1	±0,1
	Ta,Ti	Q	51,0	66	23	11	2,9
			±2,4	±2	±0	±3	±0,1
	Ta,Ti	T	50,7	65	26	9	2,5
			±12,1	±3	±3	±0	±0,3
Zürich	S,P,W	N	82,1	70	20	9	3,6
			±13,7	±6	±4	±3	±1,1
	S	Q	84,5	74	19	6	3,8
	S,P,W	T	75,8	71	21	8	3,5
			±8,1	±2	±2	±1	±0,5

Tab. 3.35 Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Summe (C2 C3 C4) [mmol/l Kotwasser]	C2 [%]	C3 [%]	C4 [%]	C2:C3
Zürich	M	N _A	74,6 ±9,9	73 ±2	18 ±3	10 ±1	4,2 ±0,8
	M	Q _A	73,3	73	17	10	4,2
	M	T _A	66,9	74	17	9	4,5

Tab. 3.36 Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	Summe (C2 C3 C4) [mmol/l Kotwasser]	C2 [%]	C3 [%]	C4 [%]	C2:C3
Zürich	P,W	L 1	66,2 ±1,3	69 ±5	22 ±5	9 ±0	3,2 ±1,0
	P,W	L 2	66,7 ±1,1	71 ±6	20 ±4	9 ±2	3,7 ±1,1

3.3.7 Antioxidative Aktivität

Die Proben zur Bestimmung der antioxidativen Aktivität beider Tannin-Versuchsphasen werden in Köln verloren. Die Ergebnisse finden sich in den Tabellen 3.37, 3.38 und 3.39.

Tab. 3.37 Totale antioxidative Aktivität (TAA) im Kot [mmol Trolox Eq/l Kotwasser] (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	TAA	SD
WWAP	E,Q	N	464	±89
	E,Q	Q	1146	±188
	E,Q	T	552	±45
Köln	Ta,Ti	N	1334	±24
Zürich	S,P,W	N	740	±55
	S,P,W	Q	1280	±209
	S,P,W	T	833	±45

Tab. 3.38 Totale antioxidative Aktivität (TAA) im Kot [mmol Trolox Eq/l Kotwasser] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	TAA	SD
Zürich	M	N _A	1042	
	M	Q _A	1769	
	M	T _A	776	

Tab. 3.39 Totale antioxidative Aktivität (TAA) im Kot [mmol Trolox Eq/l Kotwasser] (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	TAA	SD
Zürich	P,W	L 1	653	±162

3.3.8 Kotpartikelgröße

Die Partikelgröße im Kot ist anhand des „Modulus of Fineness“ (MOF) in den Tabellen 3.40, 3.41 und 3.42 zusammengefasst. Der geringste Wert - und damit die kleinsten Kotpartikel - traten bei dem besonders strukturarm gefütterten Tier Mtoto auf (3,36, Ration N_A 2).

Tab. 3.40 MOF als Maß für Partikelgrößenverteilung im Kot (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	MOF	SD
WWAP	E,Q	N	3,76	±0,33
	E,Q	Q	3,81	±0,00
Köln	Ta,Ti	N	4,95	±0,13
	Ta,Ti	Q	4,82	±0,57
	Ta,Ti	T	4,98	±0,07
Zürich	S,P,W	N	5,02	±0,54
	S	Q	4,53	
	S,P,W	T	4,28	±2,15

Tab. 3.41 MOF als Maß für Partikelgrößenverteilung im Kot (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	MOF	SD
Zürich	M	N _A	3,94	±0,81
	M	Q _A	4,38	
	M	T _A	4,00	

Tab. 3.42 MOF als Maß für Partikelgrößenverteilung im Kot (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	MOF	SD
Zürich	P,W	L 1	4,47	±0,31
	P,W	L 2	4,78	±0,46

3.3.9 Wasserhaushalt

Die Gesamt-Wasseraufnahme setzt sich zusammen aus der Tränkeaufnahme und dem Wassergehalt des Futters.

Die Tabellen 3.43 und 3.44 geben die Werte derjenigen Tiere wieder, bei denen die Tränkeaufnahme gemessen werden konnte. Die Verluste über den Speichel bei Mto sind extra aufgeführt und bei der gesamten Aufnahme nicht mitberechnet.

Tab. 3.43 Tägliche Wasseraufnahme und -ausscheidung [kg/100kg KM] (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Verluste durch	Wasseraufnahme			Wasseraussch.
			Speichel	Tränke	Futter	Gesamt	faecal
WWAP	E	N	-	6,1	0,5	6,6	1,8
	E,Q	Q	-	5,9	0,6	6,5	3,3
				±1,4	±0,1	±1,3	±0,5
	E,Q	T	-	5,9	0,5	6,4	2,8
Köln	Ta,Ti	N	-	6,0	1,2	7,2	4,4
				±0,2	±0,0	±0,2	±0,3
	Ta,Ti	Q	-	5,4	0,8	6,2	3,1
				±0,4	±0,1	±0,5	±0,9
	Ta,Ti	T	-	5,4	1,0	6,4	4,3
				±0,1	±0,0	±0,1	±0,2
Zürich	S	N	-	3,6	0,5	4,1	1,7
	S,P,W	T	-	2,8	0,7	3,4	2,5
				±0,2	±0,1	±0,3	±0,1

Tab. 3.44 Tägliche Wasseraufnahme und -ausscheidung [kg/100kg KM] (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Verluste durch	Wasseraufnahme			Wasserausscheidung
			Speichel	Tränke	Futter	Gesamt	faecal
Zürich	M	N _A	0,3	5,6	0,6	6,2	1,7
	M	Q _A	-	5,2	0,8	6,0	1,8
	M	T _A	0,7	5,2	0,9	6,2	1,6

3.3.10 Urin

Der Kreatinin- und Kalziumgehalt im Urin, sowie das Verhältnis der beiden Werte sind in den Tabellen 3.45, 3.46 und 3.47 dargestellt.

Tab. 3.45 Kreatiningehalt [mmol/l Urin] und Ca-Gehalt [g/kg uS Urin] und Ca/Krea-Verhältnis im Urin (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Kreatinin	SD	Ca	SD	Ca : Krea	SD
WWAP	E,Q	N	7,70	±0,8	3,45	±0,9	0,46	±0,2
	E,Q	Q	7,17	±0,4	5,83	±1,5	0,82	±0,3
	E,Q	T	6,19	±1,8	6,49	±2,9	1,17	±0,8
Köln	Ta,Ti	N	21,76	±4,6	10,49	±1,4	0,49	±0,0
	Ta,Ti	Q	15,31	±1,1	10,10	±3,8	0,65	±0,2
	Ta,Ti	T	18,57	±2,0	14,48	±1,7	0,78	±0,0
Zürich	S,P,W	N	15,41	±4,53	8,58	±6,21	0,51	±0,22
	S	Q	9,93		-		-	
	S,P,W	T	14,08	±3,37	5,29	±1,82	0,37	±0,05

Tab. 3.46 Kreatiningehalt [mmol/l Urin] und Ca-Gehalt [g/kg uS Urin] und Ca/Krea-Verhältnis im Urin (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Kreatinin	SD	Ca	SD	Ca : Krea	SD
Zürich	M	N _A	9,0	±0,4	3,9	±0,5	0,4	±0,1
	M	Q _A	6,58		-		-	
	M	T _A	8,72		4,90		0,56	

Tab. 3.47 Kreatiningehalt [mmol/l Urin] und Ca-Gehalt [g/kg uS Urin] und Ca/Krea-Verhältnis im Urin (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	Kreatinin	SD	Ca	SD	Ca : Krea	SD
Zürich	P,W	L 1	25,28	±4,1	8,22	±6,5	0,35	±0,3
	P,W	L 2	20,95	±1,3	-		-	

4 Diskussion

4.1 Kritik der Methoden

4.1.1 Bestimmung der Verdaulichkeit

Um die Verdaulichkeit zu bestimmen, wurde für die vorliegende Studie - trotz des damit verbundenen großen Aufwands - die Sammelmethode gewählt.

Fehlerquellen stellen hierbei vor allem eine unvollständige Kotsammlung oder eine unzureichende Durchmischung des Kotes dar. Zur Überprüfung der mit der Sammelmethode gewonnenen Resultate wurde auch ADL und AIA bestimmt und die Verdaulichkeit anhand dieser internen Marker berechnet.

Wie Abbildung 4.1 zeigt, wird zum Teil weniger ADL ausgeschieden als aufgenommen. Als Ursache hierfür kommt ein mikrobieller Abbau des ADL in Frage. Das gleiche Phänomen wird bei Haus- und Wildwiederkäuern beschrieben (SMITH et al. 1956, DROZDZ et al. 1975, FAICHNEY & JUNG 1983, SCHWARTZ et al. 1985, MERCHEN 1988, CRISSEY et al. 2000). Auch ATKINSON (1995) und HAMILTON (1999) stellten bei Spitzmaulnashörnern, MIRAGLIA et al. (1999) bei Ponies, POLSTER (2004) bei Panzernashörnern und DIERENFELD et al. (2000) bei Sumatranashörnern positive Verdaulichkeiten für ADL fest.

Die etwas höhere Ausscheidung als Aufnahme von AIA (siehe Abbildung 4.2) kann in einer zusätzlichen Aufnahme von Erdreich oder einer Kontamination des Kotes begründet sein.

Trotz dieser Problematik liegen die mit der Sammelmethode bestimmten und die anhand der internen Marker ADL und AIA berechneten TS-Verdaulichkeiten innerhalb einer Größenordnung (siehe Tabellen 4.1, 4.2 und 4.3).

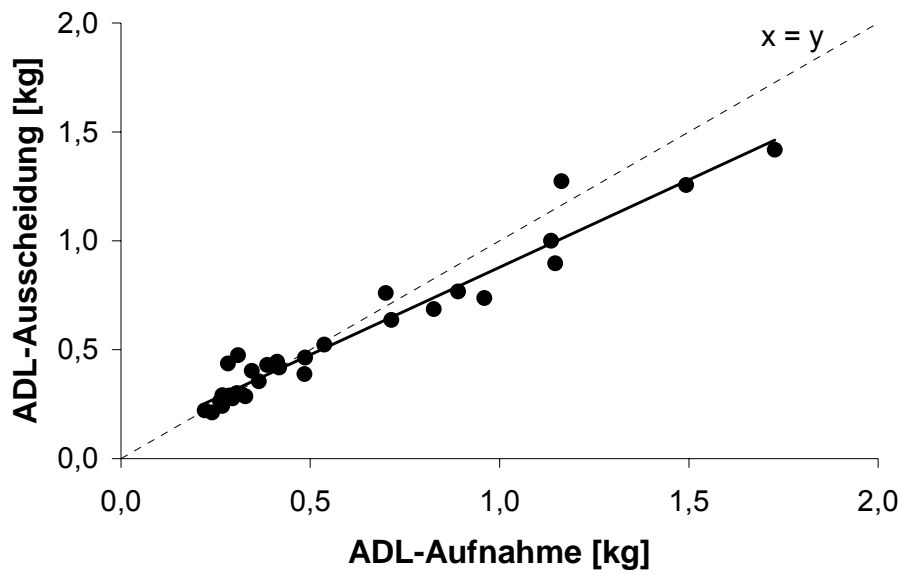


Abb. 4.1 Zusammenhang zwischen ADL-Aufnahme [kg] mit dem Futter und ADL-Ausscheidung [kg] mit dem Kot (diese Studie)

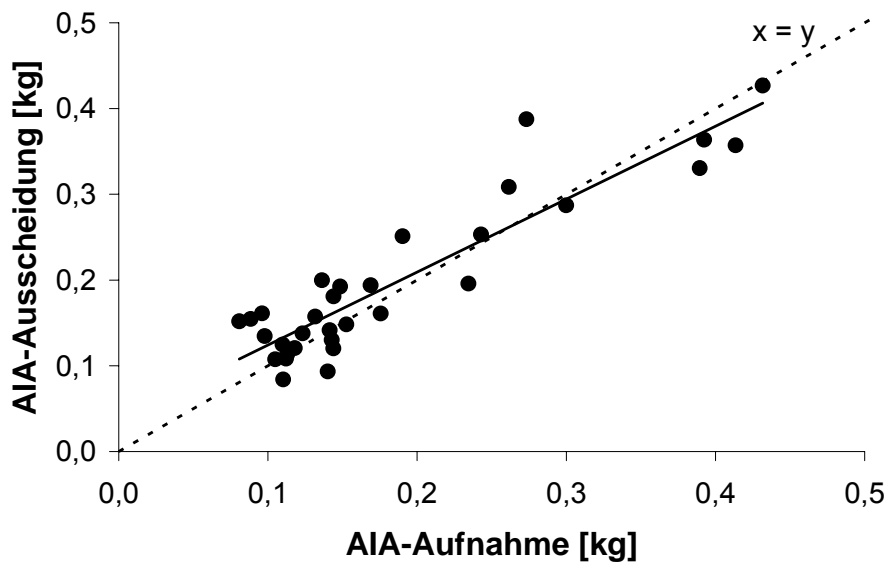


Abb. 4.2 Zusammenhang zwischen AIA-Aufnahme [kg] mit dem Futter und AIA-Ausscheidung [kg] mit dem Kot (diese Studie)

Tab. 4.1 TS-Verdaulichkeiten [%] erhoben mit den Daten der Sammelmethode und berechnet anhand der internen Markern ADL und AIA (reguläre Fütterung WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Sammel- methode	berechnet mittels ADL	berechnet mittels AIA
WWAP	E, Q	N	55	55	55
			±5	±1	±12
	E, Q	Q	52	40	44
			±2	±0	±8
	E, Q	T	55	44	52
			±1	±4	±1
Köln	Ta, Ti	N	48	52	46
			±5	±14	±1
	Ta, Ti	Q	54	57	64
			±4	±1	±2
	Ta, Ti	T	52	69	44
			±2	±1	±1
Zürich	S, P, W	N	66	68	67
			±5	±5	±4
	S	Q	62	60	55
			±3	±2	±1
	S, P, W	T	66	66	71
			±3	±2	±1

Tab. 4.2 TS-Verdaulichkeiten [%] erhoben mit den Daten der Sammelmethode und berechnet mit den internen Markern ADL und AIA (Rationen des Tieres mit Maulhöhlenabszess)

Haltung	Tier	Ration	Sammel- methode	berechnet mittels ADL	berechnet mittels AIA
Zürich	M	N _A	69	66	78
			±1	±4	±7
	M	Q _A	66	65	67
			±1	±1	±1
	M	T _A	73	71	73
			±1	±1	±1

Tab. 4.3 TS-Verdaulichkeiten [%] erhoben mit den Daten der Sammelmethode und berechnet mit den internen Markern ADL und AIA (Rationen in Zürich mit Blättern, Zweigen / Laubsilage)

Haltung	Tier	Ration	Sammel- methode	berechnet mittels ADL	berechnet mittels AIA
Zürich	P,W	L 1	59	49	54
			±4	±4	±10
	P,W	L 2	42	33	51
			±9	±11	±1

4.1.2 Bestimmung der Energiegehalte in Futtermitteln und Kot

Berechnet man den Bruttoenergiegehalt (GE) des Kotes anhand folgender Schätzformel, die von FEHRLE (1999) für die Berechnung der GE in Futtermitteln und Kot von Pferden angewandt wurde:

$$GE [kJ / 100 g TS] = 24[kJ] \times Rp + 38 [kJ] \times Rfe + 17[kJ] \times NfE + 17 [kJ] \times Rfa ,$$

(Rohnährstoffe in % TS)

so führt dies zu einer durchschnittlichen Unterschätzung der im Bombenkalorimeter bestimmten Werte um 13,5 %. Bei anderen Tierarten kommt es bei Anwendung dieser Formel ebenfalls zu einer Unterschätzung (siehe Tabelle 4.4).

Tab. 4.4 Unterschätzung [%] der GE des Kotes bei verschiedenen Tierarten bei Anwendung der von FEHRLE (1999) verwendeten Formel (siehe Text) im Vergleich zu den durch Bombenkalorimetrie bestimmten Werten

Tierart	Unterschätzung	Quelle
Spitzmaulnashorn	13,5	diese Studie, FRÖSCHLE & CLAUSS ¹
Breitmaulnashorn	15	berechnet nach KIEFER 2002
Panzernashorn	16	POLSTER 2004
Sumatranashorn	7	berechnet nach MICHAEL ¹
afrikanischer Elefant	9,5	LÖHLEIN 1999
Pferd	4,6	FEHRLE 1999
Hund, Katze	7,9	SCHRAG 1999

¹unveröffentlicht;

Mit der Schätzformel der GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (GfE) (1995):

$$GE [kJ / 100g TS] = 23,9 [kJ] \times Rp + 39,8 [kJ] \times Rfe + 20,1 [kJ] \times NfE + 17,5 [kJ] \times Rfa$$

(Rohnährstoffe in % TS)

- bei der sich die Faktoren geringfügig verschieben - beläuft sich die Unterschätzung der GE des Kotes auf 6,1 % (diese Studie, FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht).

Abbildung 4.3 veranschaulicht die Abweichung beider anhand der Formeln gewonnenen Ergebnisse von den experimentell bestimmten Werten der Kotenergie. Obwohl die Unterschätzung der GE mittels der Schätzformel der GfE (1995) kleiner ist, weichen auch diese Werte systematisch von den experimentell bestimmten Ergebnissen ab. Aus diesem Grund ist die in der vorliegenden Studie für die Bestimmung der GE des Kotes und der Futtermittel gewählte Methode der Bombenkalorimetrie gerechtfertigt.

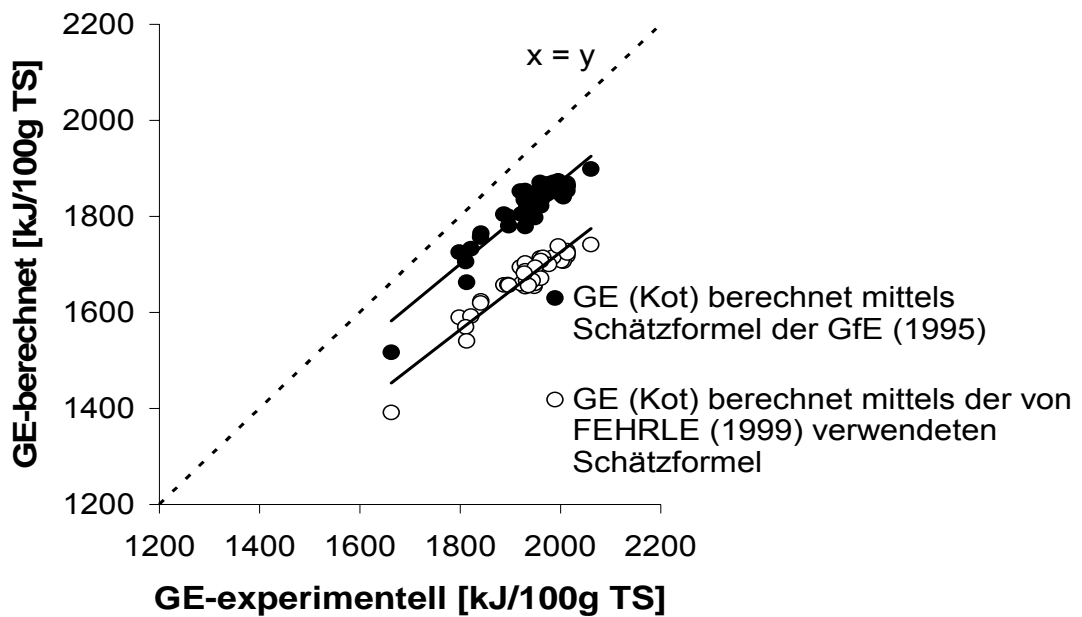


Abb. 4.3 Vergleich der experimentell bestimmten GE [kJ/100g TS] im Kot mit der mittels zwei verschiedener Schätzformeln berechneten GE [kJ/100g TS] im Kot (diese Studie, FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht)

4.1.3 Rationsgestaltung

Da sich die Rationsgestaltung der Haltungen nur bedingt beeinflussen lässt, unterscheiden sich die Rationen der verschiedenen Zoos, wodurch die Vergleichbarkeit etwas eingeschränkt wird. Allen Rationen gemeinsam ist der im Vergleich zur freien Wildbahn (CLEMENS & MALOIY 1982/1983) und zu den Zoodiäten von Panzer- und Breitmaulnashorn niedrige NDF-Gehalt (KIEFER 2002, POLSTER 2004). Fraglich ist, ob der Aufwand im WWAP, so viele verschiedene pelletierte Mischfutter zu geben (siehe Tabelle 3.3), sinnvoll ist. Ebenso überdenkenswert erscheint die Mineralstoffversorgung der Tiere aller Haltungen (siehe Kapitel 4.2.8).

4.1.4 Tiere

Alle Tiere sind bei gutem Gesundheitszustand, mit Ausnahme eines Tieres mit einem Abszess in der Maulhöhle. Da dieses Tier aufgrund von Problemen beim Kauen eine abweichende Rationsgestaltung erhält, sind die Daten im Ergebnisteil gesondert auf-

geführt. Sie bewegen sich aber in dem aufgrund des geringeren Anteils an strukturiertem Futter erwarteten Rahmen.

4.1.5 Tannine

Um den Einfluss von Tanninen auf die verschiedene Parameter der Verdauungsphysiologie testen zu können, werden - in Anlehnung an vergleichbare Versuche mit Wiederkäuern (ROBBINS et al. 1991, CLAUSS et al. 2003b) - Tanninsäure als Vertreter der hydrolysierbaren und Quebracho als Vertreter der kondensierten Tannine gewählt. Diese Stoffe stellen die einzigen beiden Tannine dar, die mit vertretbaren Kosten in größeren Mengen kommerziell erhältlich sind.

4.2 Besprechung der Ergebnisse

4.2.1 Verdaulichkeit

4.2.1.1 Vergleich der Haltungen untereinander

Bei Betrachtung der Verdaulichkeiten der Rationen ohne Tanninzulage der Haltungen dieser Studie fallen die niedrigen Verdauungsleistungen der Tiere in Köln auf. Dies liegt vermutlich an der überdurchschnittlich strukturreichen Fütterung in dieser Haltung (siehe Tabellen 3.7 und 3.8).

LINDEMANN (1982b) und KIENZLE et al. (2002) stellen eine Steigerung der Verdauungsleistung bei Pferden durch die Zulage von Krafffutter zum Raufutter fest. KIENZLE et al. (2002) führen dies unter anderem darauf zurück, dass durch den erhöhten Influx von fermentierbaren Kohlenhydraten die mikrobielle Aktivität im Caecum gesteigert wird. Den gleichen Effekt stellt POLSTER (2004) bei Panzernashörnern fest.

Abbildung 4.4 macht diesen Zusammenhang für die Spitzmaulnashörner der vorliegenden Studie deutlich. Interessant sind hier die beiden mit Pfeilen markierten Datenpunkte der Tiere aus dem WWAP. Die verhältnismäßig niedrige Verdaulichkeit

erklärt sich eventuell durch den hohen Rohfaseranteil im Luzerneheu, das an diese Tiere verfüttert wurde. (Rfa-Gehalt im Luzerneheu: WWAP: 39 [% TS], Zürich 23 [% TS]).

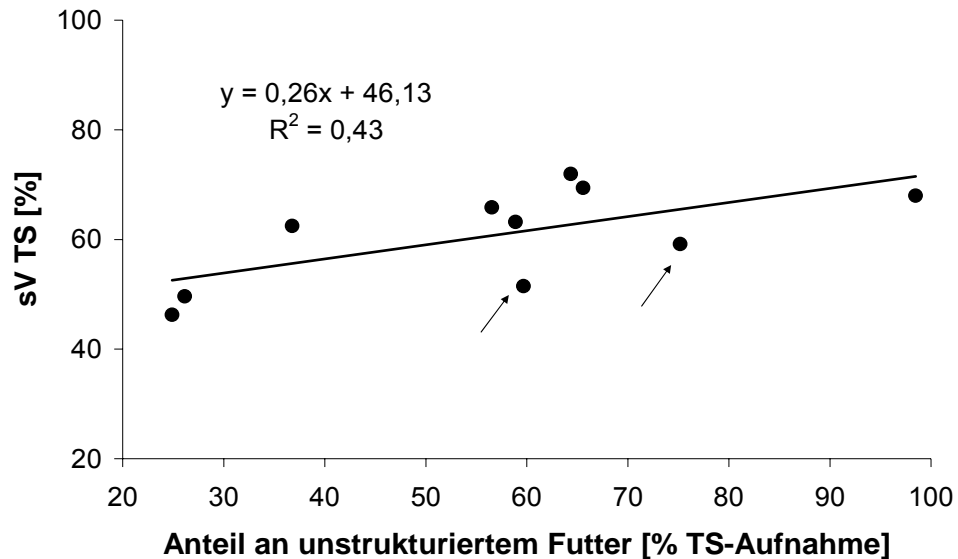


Abb. 4.4 Zusammenhang zwischen dem Anteil an unstrukturiertem Futter [% TS-Aufnahme] und der sV der TS [%] der Rationen ohne Tanninfütterung (diese Studie) (die Pfeile markieren die Rationen des WWAP mit hohem Rfa-Gehalt des Luzerneheus)

4.2.1.2 Vergleich mit anderen Untersuchungen zu Spitzmaulnashörnern

Beim Vergleich mit Daten von anderen Spitzmaulnashörnern wird der Unterschied der niedrigen scheinbaren Verdaulichkeit der Trockensubstanz (sV TS) bei ausschließlicher Aufnahme von Blättern und Zweigen von 27 % (berechnet nach CLEMENS & MALOIJ 1982) und 40 % (ATKINSON 1995) zu einer höheren scheinbaren TS-Verdaulichkeit von 46 - 72 % (FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht, WOODFINE unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht, diese Studie) bei Mischrationen ohne Laub deutlich. Anhand der Versuche von FOOSE (1982) mit reiner Grasheu- und reiner Luzerneheufütterung lässt sich erkennen, dass die Verdaulichkeit von Luzerneheu für Spitzmaulnashörner sehr viel höher liegt als von Grasheu (siehe

Tabelle 2.3). Zu einer deutlichen Senkung der scheinbaren Verdaulichkeit kommt es durch die Laub- und Laubsilagefütterung der Haltung in Zürich (siehe Abbildung 4.5).

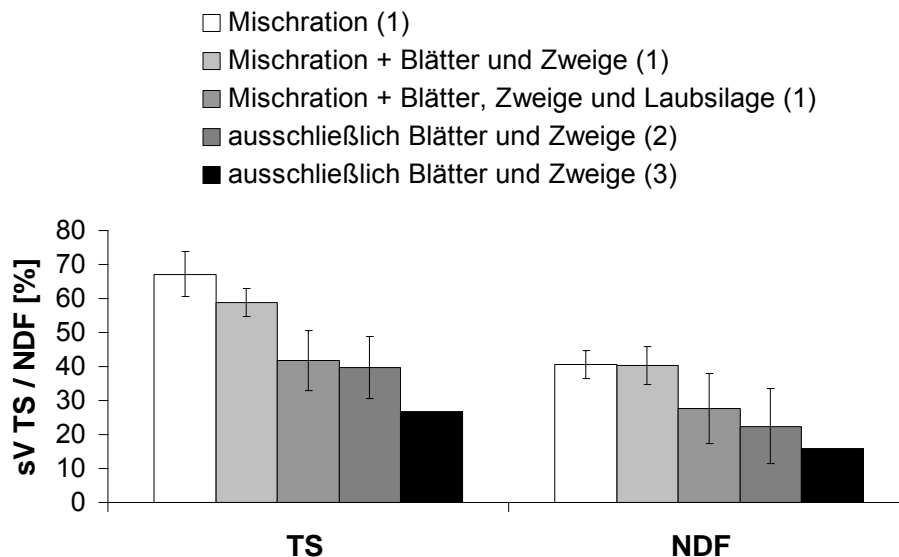


Abb. 4.5 Einfluss der Fütterung von Blättern und Zweigen bzw. Laubsilage auf die sV [%] der TS und der Gerüstsubstanzen (NDF). ¹diese Studie, Zürich; ²ATKINSON 1995; ³berechnet nach CLEMENS & MALOIY 1982

4.2.1.3 Vergleich mit Untersuchungen zu anderen Nashornarten

Sowohl bei Betrachtung der Verdaulichkeiten auf Mischfütterrationen als auch auf reinen Grasheurationen lassen sich zwischen den „Grazern“ unter den Nashörnern (Breitmaul- und Panzernashorn; das Panzernashorn wird hier dazu gezählt, da es hauptsächlich Gras aufnimmt, OWEN-SMITH 1988) und den „Browsern“ (Spitzmaul- und Sumatranashorn) (GODDARD 1968, VAN STRIEN 1986) keine deutlichen Unterschiede erkennen (siehe Tabellen 4.5 und 4.6). Diese werden erst deutlich, wenn die Verdaulichkeiten in Bezug zum Fasergehalt in der Ration gesetzt werden (siehe Kapitel 4.2.2).

Tab. 4.5 Vergleich der sV der TS [%] von „Grazern“ und „Browsern“ auf Mischfütterationen

Ernährungstyp	Spezies	sV TS	Quelle
„Browser“	Sumatranashorn	51-68	DIERENFELD et al. 2000, MICHAEL unveröffentlicht
	Spitzmaulnashorn	46-72	1
„Grazer“	Panzernashorn	53-63	POLSTER 2004
	Breitmaulnashorn	42-76	FRAPE 1982, KIEFER 2002

¹SPALA & HRADECKY 1993, HAMILTON 1999, FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht, WOODFINE unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht, diese Studie (Rationen ohne Laub, ohne Tannine);

Tab. 4.6 Vergleich der sV der oS [%] von „Grazern“ und „Browsern“ auf reinen Grasheurationen

Ernährungstyp	Spezies	sV oS	Quelle
„Browser“	Spitzmaulnashorn	43	FOOSE 1982
„Grazer“	Panzernashorn	42-52	FOOSE 1982, POLSTER 2004
	Breitmaulnashorn	51-60	FOOSE 1982, KIEFER 2002

4.2.1.4 Vergleich mit Untersuchungen zu Pferden

Für den Vergleich mit den Verdaulichkeiten von Pferden wurden aus der Literatur entsprechende, an Pferden erhobene Daten gesucht. Die Gehalte an Rohfaser und Rohprotein der Vergleichsrationen weichen um nicht mehr als zwei Prozentpunkte von den Gehalten in den Rationen der Nashörner ab. Zusätzlich ähneln sich die eingesetzten Futtermittel.

Die auf diesen Rationen erzielten Verdaulichkeiten der oS von Spitzmaulnashörnern liegen leicht unter denen von Pferden. Die Abnahme der Verdaulichkeit bei steigendem Rohfasergehalt in der Ration scheint ähnlich zu sein (siehe Abbildung 4.6). Betrachtet man dagegen die scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser fällt diese bei größerem Rohfaseranteil in der Ration bei den Spitzmaulnashörnern etwas stärker ab als bei Pferden auf vergleichbaren Rationen (siehe Abbildung 4.7).

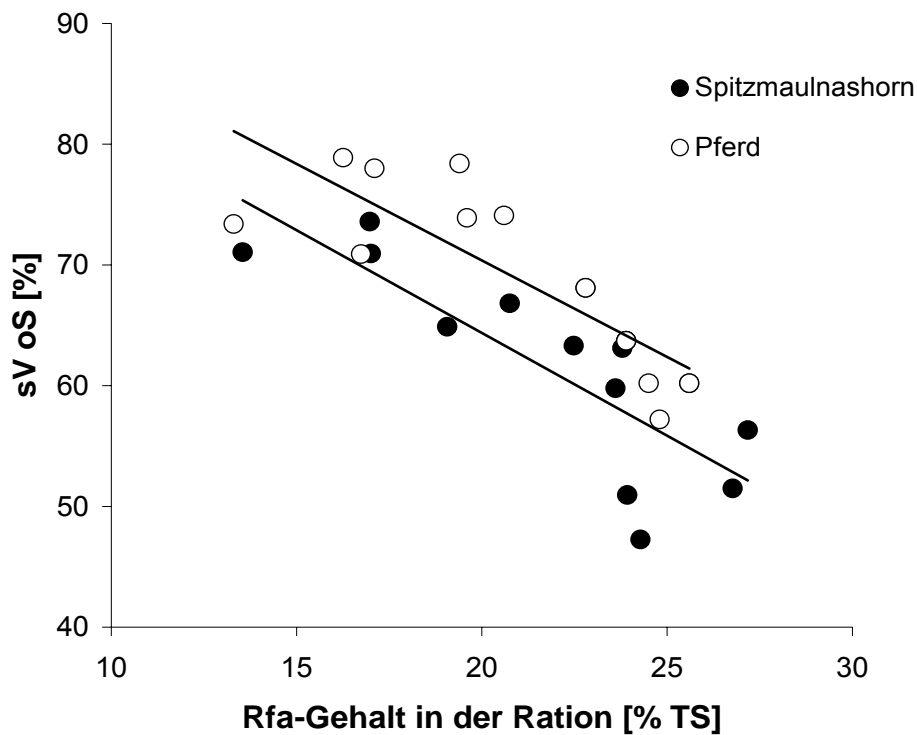


Abb. 4.6 Vergleich der sV der oS [%] im Bezug auf den Rfa-Gehalt [% TS] in der Ration von Pferden und Spitzmaulnashörnern anhand von Rationen, die sich in ihrem Rfa- und Rp-Gehalt (Abweichung kleiner als zwei Prozentpunkte) und hinsichtlich der verwendeten Futtermittel ähneln. (Daten Spitzmaulnashorn: diese Studie, Pferd: HOFFMANN et al. 1967, AHLWEDE 1977, GÜLDENHAUPT 1979, SCHMID 1980, FUCHS et al. 1987, HOFFMANN et al. 1987, SCHUBERT & FUCHS 1987, FEHRLE 1999, ZEYNER et al. 1992b)

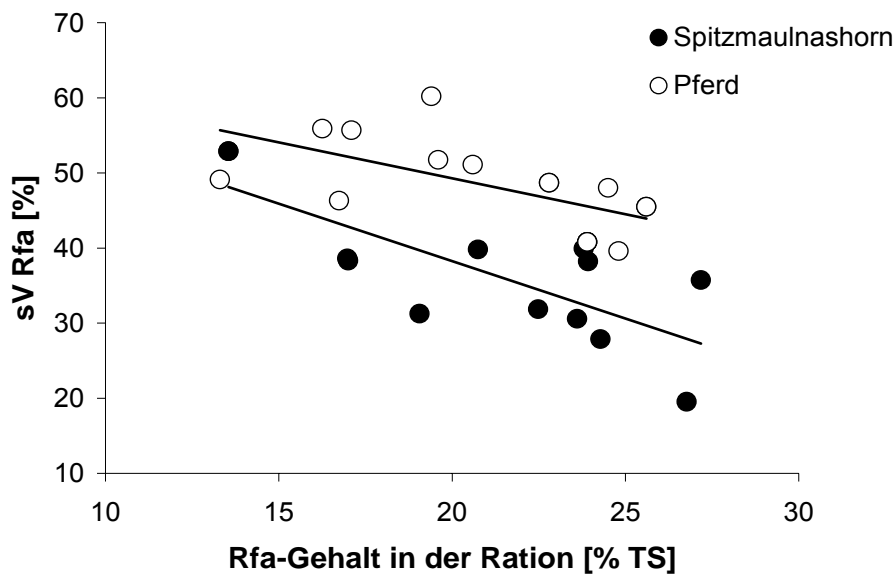


Abb. 4.7 Vergleich der sV der Rfa [%] im Bezug auf den Rfa-Gehalt [% TS] in der Ration von Pferden und Spitzmaulnashörnern anhand von Rationen, die sich in ihrem Rfa- und Rp-Gehalt (Abweichung kleiner als zwei Prozentpunkte) und hinsichtlich der verwendeten Futtermittel ähneln. (Daten Spitzmaulnashorn: diese Studie, Pferd: HOFFMANN et al. 1967, AHLWEDE 1977, GÜLDENHAUPT 1979, SCHMID 1980, FUCHS et al. 1987, HOFFMANN et al. 1987, SCHUBERT & FUCHS 1987, FEHRLE 1999, ZEYNER et al. 1992b)

Das heißt, dass die abgeschätzte Verdaulichkeit einer Ration für Spitzmaulnashörner bei Verwendung von an Pferden gewonnenen Kenntnissen vor allem bei Rfa-reichen Rationen überschätzt werden kann. Allerdings kommt es bei den verwendeten Daten auch bei niedrigen Rfa-Gehalten teilweise zu hohen Abweichungen, so dass mit dem vorliegendem Datensatz kein Rfa-Gehalt angegeben werden kann, unterhalb dessen Pferde und Spitzmaulnashörner vergleichbare Verdaulichkeiten erzielen.

Auf den möglichen Grund für die anscheinend weniger effektive Faserfermentation durch Spitzmaulnashörner und andere Blätter und Zweige fressenden Dickdarmfermentieren wird in Kapitel 4.2.2 und 4.2.6 eingegangen.

4.2.1.5 Große Dickdarmfermentierer im Vergleich

Der in den Abbildungen 4.6 und 4.7 dargestellte Zusammenhang zwischen Verdaulichkeit und Fasergehalt kann durch Regression auch als Gleichung ausgedrückt werden:

$$sV \text{ oS bzw. TS [\%]} = m \times Rfa [\% \text{ TS}] + t$$

Die entsprechenden Ergebnisse für Spitzmaulnashörner sind in Tabelle 4.7 zusammen mit den Ergebnissen von Pferden (FEHRLE 1999), Elefanten (CLAUSS et al. 2003a) und Panzernashörnern (POLSTER 2004) dargestellt.

Tab. 4.7 Zusammenhang zwischen dem Rfa- Gehalt in der Ration [% TS] und der sV [%] der oS bzw. der TS bei Pferd, Indischem Elefant, Panzer- und Spitzmaulnashorn (m = Steigung, t = Schnittpunkt der y-Achse, R² = Korrelation, n = Tierzahl)

sV oS	m	t	R²	n	Quelle
Pferd	-1,07	88,6	0,79	95	FEHRLE 1999
Panzernashorn	-0,82	80,3	0,18	19	POLSTER 2004
Spitzmaulnashorn	-1,32	90,3	0,64	53	1
sV TS	m	t	R²	n	Quelle
Indischer Elefant	-1,18	81,9	0,35	31	CLAUSS et al. 2003a
Panzernashorn	-0,77	78,3	0,17	19	POLSTER 2004
Spitzmaulnashorn	-1,34	88,9	0,66	53	1

¹diese Studie, FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht, CLEMENS & MALOIY 1982/1983, SPALA & HRADECKY 1993;

Die Steigung der Regressionsgeraden hängt insbesondere von Rationen mit extrem hohen oder niedrigen Gehalten an Rohfaser ab. Daher müssen die Ergebnisse, die alle von unterschiedlichen Studien mit unterschiedlichen Rationen stammen, vorsichtig interpretiert werden. Die Tatsache, dass die Regressionsgerade für die Spitzmaulnashörner deutlich steiler ausfällt als die für Panzernashörner, könnte jedoch auf

einen systematischen Unterschied hindeuten. Eine mögliche Ursache dieser Beobachtung wird im folgenden Kapitel besprochen.

4.2.2 Betrachtungen zur Verdauungsphysiologie

Da Blätter und Zweige schneller fermentiert werden als Gras und bei ersteren das Maximum der freisetzbaren Energie früher erreicht wird (SHORT et al. 1974, DEMMENT & VAN SOEST 1985), wäre es für „Browser“ unökonomisch, die aufgenommene Nahrung ebenso lange im Verdauungstrakt zurückzuhalten wie „Grazer“. So wird für Wiederkäuern postuliert, dass „Browser“ eine schnellere Passage der Ingesta durch den Verdauungstrakt haben als „Grazer“ (KAY et al. 1980, HOFMANN 1989), doch fehlen für eine endgültige Klärung dieser Frage Studien mit einer ausreichenden Anzahl unterschiedlicher Spezies bei vergleichbarer Methodik (CLAUSS et al. 2004b). Da die Darmpassagezeit generell mit zunehmender Körpermasse steigt (ILLIUS & GORDON 1992), ist es möglich die Darmpassagezeiten von „Grazern“ und „Browsern“ in Bezug zu ihrer Körpermasse zu setzen.

CLAUSS et al. (2004a) beschreiben die mittleren Retentionszeiten (MRT) von Flüssigkeit und Partikeln bei einigen an dieser Studie beteiligten Nashörnern. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4.8 zusammen mit den Daten von Pferd, Esel, Panzer- und Breitmaulnashörnern dargestellt. Demnach scheinen die Spitzmaulnashörner als „Browser“ tatsächlich eine im Vergleich zu den „Grazern“ (Panzer- und Breitmaulnashorn) relativ schnelle Darmpassage für ihre Körpermasse zu haben. Die gleiche Tendenz ist beim Vergleich der mittleren Retentionszeiten zwischen Indischen und Afrikanischen Elefanten zu beobachten (siehe Abbildung 4.8). Es sind zwar beide Elefantenspezies als „Mixed Feeder“ zu betrachten (OWEN-SMITH 1988), die Afrikanischen Elefanten aber nehmen einen höheren Anteil an Blättern und Zweigen mit der natürlichen Äsung auf (CERLING et al. 1999).

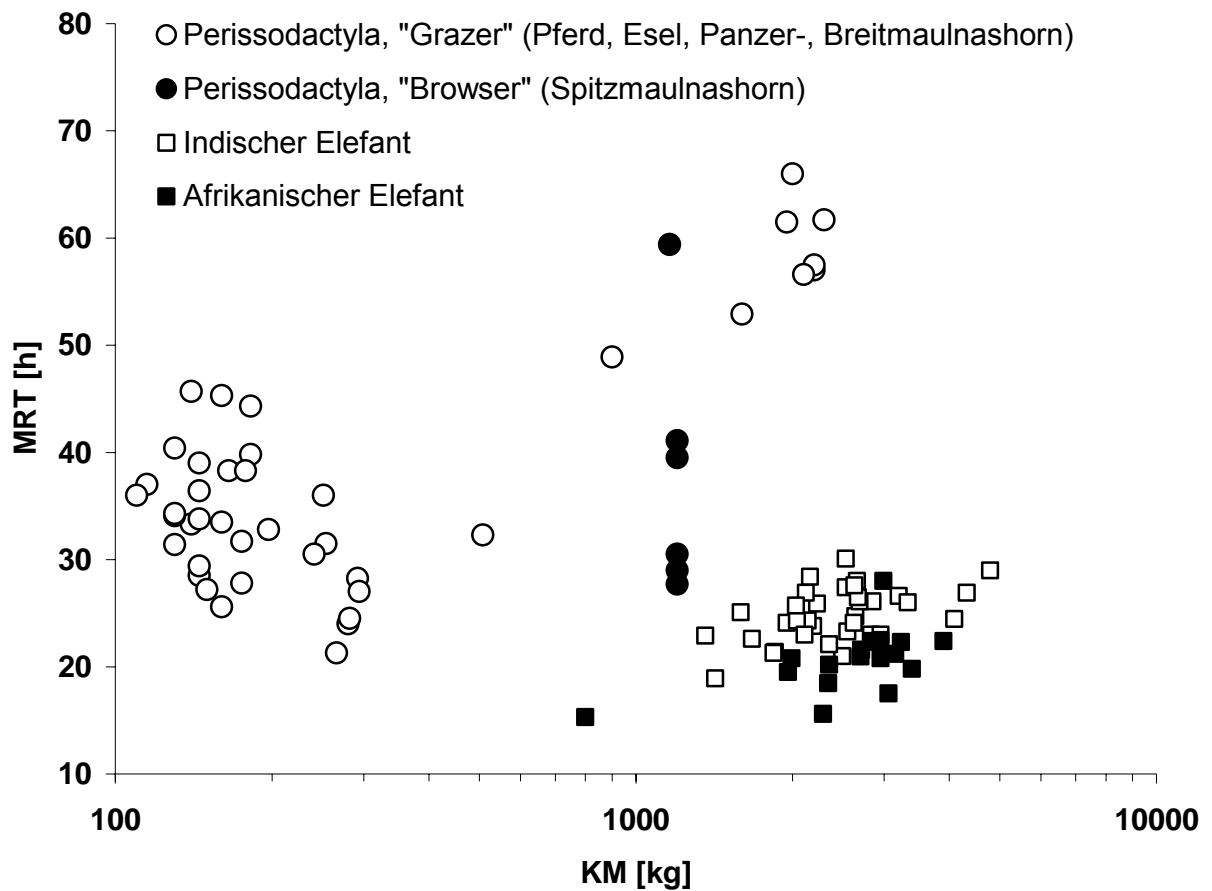


Abb. 4.8 Zusammenhang zwischen KM [kg] und MRT [h] nach CLAUSS & HUMMEL 2004

Interessanterweise lässt sich die Retentionszeit der „Browser“ nicht durch eine Nahrungsumstellung verlangsamen, was für eine evolutionsgeschichtliche Anpassung der Passagezeit spricht.

Die relativ schnelle Darmassage bei den Spitzmaulnashörnern stellt also eine mögliche Erklärung für die in den Kapiteln 4.2.1.4 und 4.2.1.5 gemachte Beobachtung dar, dass Spitzmaulnashörner bei reinen Heurationen niedrigere Verdaulichkeiten als Pferd, Panzernashorn und Indische Elefanten erzielen und dass mit steigendem Rohfaseranteil die Verdaulichkeit bei Spitzmaulnashörnern stärker abnimmt als bei Pferden.

Auch Abbildung 4.9, die einen Vergleich bezüglich der Verdaulichkeiten zwischen „Grazern“ und „Browsern“ bei ähnlichen Rationen zieht, unterstützt diese Überlegung: Trägt man die Verdauungsleistung von Spitzmaul- und Sumatranashorn (als „Browser“) und von Breitmaul- und Panzernashorn (als „Grazer“) gegen den NDF-Gehalt der Ration auf, so zeigt sich dieser tendenzielle Unterschied in einer stärkeren Abnahme der Verdaulichkeit bei den „Browsern“ mit zunehmendem Fasergehalt der Ration. Ein ähnlicher Unterschied ergibt sich wiederum für die beiden Elefantenspezies, die ebenfalls in Abbildung 4.9 aufgeführt sind.

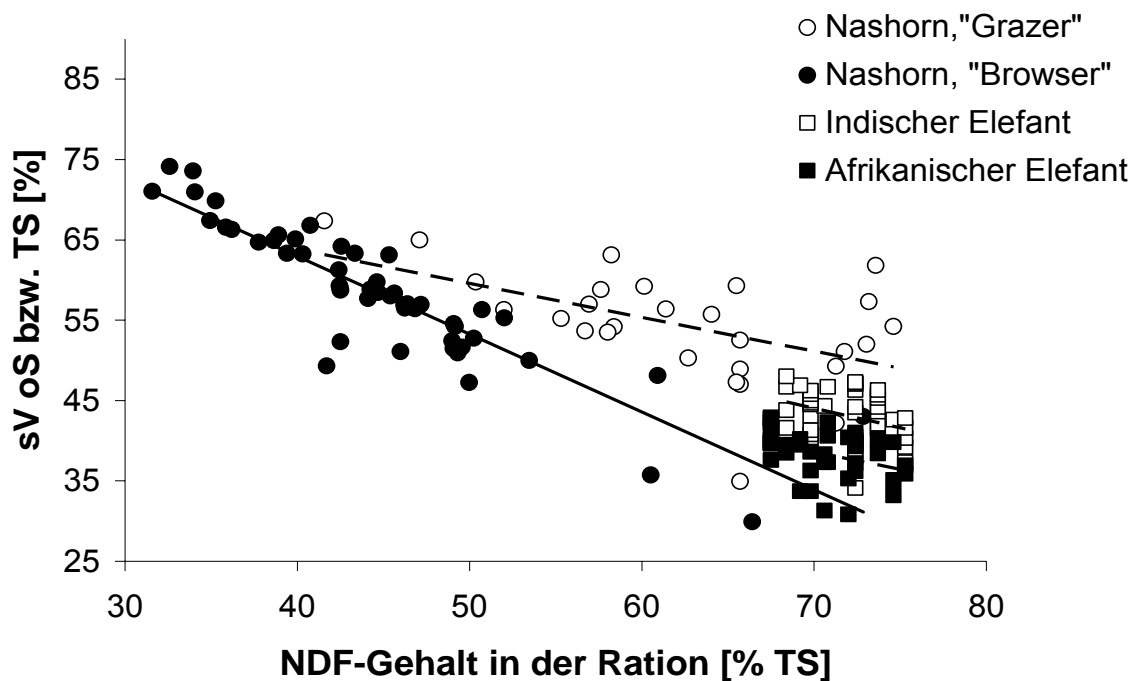


Abb. 4.9 Zusammenhang zwischen NDF-Gehalt [% TS] in der Ration und der sV [%] der oS (Nashörner), bzw. sV [%] der TS (Elefanten) (Quellen: FOOSE 1982, CLEMENS & MALOIY 1982/1983, HACKENBERGER 1987, DIERENFELD et al. 2000, KIEFER 2002, POLSTER 2004, FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht, diese Studie)

4.2.3 Bewertung der Energieaufnahme

Die täglich aufgenommene verdauliche Energie (DE) der Tiere dieser Studie liegt in einem Bereich von 0,50 - 1,03 [MJ/kg MKM], bei einem Durchschnitt von 0,75 [MJ/kg

MKM]. Spitzmaulnashörner aus anderen Haltungen erreichen Werte zwischen 0,63 und 0,90 [MJ/kg MKM] (FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht) und zwischen 0,62 und 1,2 [MJ/kg MKM] (SPALA & HRADECKY 1993). Damit liegen Spitzmaulnashörner über dem von MEYER & COENEN (2002) für Pferde vorgeschlagenem Wert für die Erhaltung von 0,6 [MJ/kg MKM] und über dem von Panzernashörnern im Zoo aufgenommenen Bereich von 0,23 - 0,89 [MJ/kg MKM] (POLSTER 2004). Dies trifft auch bei ausschließlicher Betrachtung derjenigen Werte zu, die von den Tieren dieser Studie stammen, deren Gewicht nicht geschätzt wurde, sondern durch Wiegen genau ermittelt werden konnte: 0,66 - 1,03 [MJ/kg MKM]. Da bei den Tieren dieser Studie - im Gegensatz zu den Panzernashörnern der Studie von POLSTER (2004) - keines dem äußeren Anschein nach übergewichtig war (siehe Kapitel 3.1.2), deutet dies darauf hin, dass Spitzmaulnashörner tatsächlich einen höheren Erhaltungsenergiebedarf als Panzernashörner und Pferde haben.

ZMIJA (1991) stellt fest, dass die Energieaufnahme für Erhaltung und Arbeit bei normalgewichtigen Rennpferden höher ist, als der für Erhaltung und Arbeit faktoriell als Bedarf berechnete Wert, wenn als Erhaltungsbedarf 0,6 MJ/kg MKM und Tag veranschlagt werden. Als eventuelle Ursache führt sie unter anderem das Temperament der Tiere an. NELSON & FOWLER (1986) beschreiben das Spitzmaulnashorn als das temperamentvollste unter den Nashörnern. Möglicherweise ist eine höhere Aktivität ein Grund für den höheren Energiebedarf der Spitzmaulnashörner. Zusätzlich sei noch angemerkt, dass die Höhe der Aufnahme an DE unabhängig von dem Anteil an Krafffutter war, dass heißt, dass die Tiere ihren Energiebedarf auch bei hauptsächlichlicher Raufuttergabe decken können.

4.2.4 Endogene Verluste

Berechnet man die endogenen Verluste, indem man die Aufnahme eines Nährstoffs [g/100g TS-Aufnahme] gegen die faecale Ausscheidung [g/100g TS-Aufnahme] aufträgt und gegen Null extrapoliert, findet man für Rohprotein und Rohfett bei Spitzmaul-, Panzernashörnern und Pferden Werte, die als Hinweis auf geringe Speziesunterschiede gedeutet werden können (siehe Tabelle 4.8).

Tab. 4.8 Vergleich der errechneten endogenen Verluste an Rp und Rfe [g/100g TS-Aufnahme] von Pferd, Panzernashorn und Spitzmaulnashorn

Tierart	Rp	Rfe	Quelle
Pferd	2,2-3,3	1,2	1
Panzernashorn	1,5	1,0	POLSTER 2004
Spitzmaulnashorn	3,1 ³	0,6	2

¹FONNESBECK (1969), SLADE & ROBINSON (1970), CYMBALUK (1990); ²diese Studie, FRÖSCHLE & CLAUSS, unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht, WOODFINE unveröffentlicht, ³ohne Tanninfütterung

4.2.5 Parameter der mikrobiellen Fermentation

CLEMENS & MALOIY (1982) fanden im Kotwasser von frei lebenden Spitzmaulnashörnern einen Laktatgehalt von 0,86 mmol/l. Bei Pferden steigt der Laktatgehalt im Kotwasser bei Mischrationen auf bis zu 4 mmol/l (ARGENZIO et al. 1974) gegenüber Gehalten von 0,1 - 0,9 mmol/l bei reinen Raufuttrationen an (ALEXANDER & DAVIES 1963). Eine Steigerung der Laktatwerte bei Mischrationen im Gegensatz zu reinen Raufuttrationen wie sie in freier Wildbahn der Fall sind, trifft auch für Spitzmaulnashörner zu. Die Laktatwerte der Spitzmaulnashörner dieser Studie liegen mit 0,69 - 2,48 mmol/l Kotwasser über denen frei lebender Tieren, erreichen allerdings nicht die Höhe von Pferden auf Mischrationen.

Der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kotwasser von Spitzmaulnashörnern (42,1 - 108,7 mmol/l) bewegt sich in vergleichbaren Größenordnungen wie bei Pferd (Mischrationen: 52,2 - 71,2 mmol/l Kotwasser, ZEYNER et al. 1992a) und Panzernashorn (reine Raufuttrationen: 21 - 34 mmol/l Kotwasser, Mischrationen: 31 - 55 mmol/l Kotwasser, POLSTER 2004) Mit steigendem Kraftfutteranteil zeigte sich, ähnlich wie bei auch beim Pferd (GÜNTHER 1984, ZEYNER et al. 1992a) und beim Panzernashorn (POLSTER 2004), eine tendenzielle Zunahme des Gehaltes (siehe Abbildung 4.10).

Daher ist es nicht weiter überraschend, dass beim Spitzmaulnashorn in freier Wildbahn Werte im unteren Bereich der eigenen Untersuchungen gefunden worden sind (53,3 mmol/l Kotwasser, CLEMENS & MALOIJ 1982).

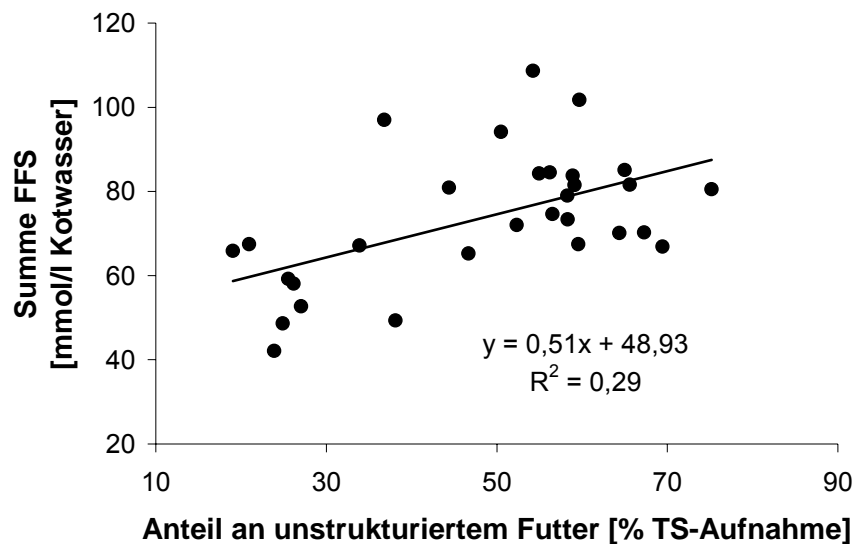


Abb. 4.10 Zusammenhang zwischen dem Anteil an unstrukturiertem Futter [% TS-Aufnahme] und der Summe an flüchtigen Fettsäuren (FFS) im Kotwasser [mmol/l] (diese Studie)

4.2.6 Kotpartikelgröße

Die durchschnittliche Kotpartikelgröße, ausgedrückt als „Modulus of Fineness“ (MOF), nimmt in der vorliegenden Studie erwartungsgemäß mit steigendem Anteil an unstrukturiertem Futter ab (siehe Abbildung 4.11).

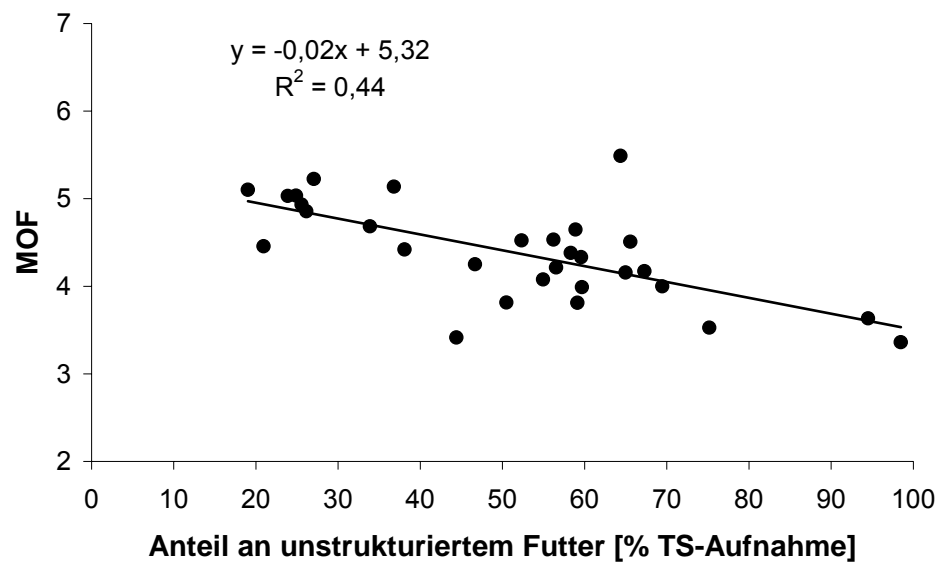


Abb. 4.11 Zusammenhang zwischen dem Anteil an unstrukturiertem Futter [% TS-Aufnahme] und dem „Modulus of Fineness“ (MOF) (diese Studie)

Im Vergleich zu den Werten beim Spitzmaulnashorn (4,9 - 5,1) werden unter Verwendung des gleichen Siebsatzes bei Wiederkäuern MOF-Werte zwischen 2,2 (Büffel) und 3,1 (Giraffe, CLAUSS et al. 2002c), bei Flusspferden Werte um die 5 (CLAUSS et al. 2004c) und bei Ponies um die 4 (FRITZ, pers. Mitt.) gefunden. Die größeren Partikeln in der Ingesta der Nashörner könnten eine weitere Ursache der teilweise schlechteren Verdaulichkeiten bei steigendem Rohfasergehalt beim Spitzmaulnashorn gegenüber dem Pferd erklären (siehe Kapitel 4.2.1.4).

4.2.7 Wasserhaushalt

Bei der Wasserbilanz - soweit an dem vorhandenen Datenmaterial darstellbar - sind die Werte von Panzernashorn und Pferd denen der Spitzmaulnashörner der eigenen Untersuchung ähnlich. Allerdings sind die Maxima der Wasseraufnahme und -ausscheidung beim Spitzmaulnashorn etwas höher (siehe Tabelle 4.9).

Tab. 4.9 Vergleich des Wasserhaushaltes von Pferd, Panzer- und Spitzmaulnashorn, Wasseraufnahme pro Tag [ml/kg KM], fäkale Wasserverluste pro Tag [ml/kg KM, renale Ausscheidung + insensible Verluste - metabolisches Wasser pro Tag [ml/kg KM]

Tierart	Wasser- aufnahme	fäkale Was- serverluste	renale Ausscheidung + insensible Verluste - metabolisches Wasser ¹	Quelle
Pferd	30-50	20-30		MEYER 1992
Panzernashorn	30-49	16-36	11-25	POLSTER 2004
Spitzmaulnashorn	32-75	16-46	16-48	diese Studie ²

¹errechnet aus der Differenz von Wasseraufnahme und fäkalem Wasserverlust; ²Werte von den Tieren, bei denen die Wasseraufnahme gemessen werden konnte;

Der Graph in Abbildung 4.12 vollzieht den von MEYER & STADERMANN (1990) am Pferd ermittelten Zusammenhang

$$y = 24,3 + \left(\frac{14067}{x} \right)$$

zwischen der Kreatininkonzentration im Urin (= x) und dem Urinvolumen (= y) für das Spitzmaulnashorn nach. Genau wie auch bei POLSTER (2004), die diesen Zusammenhang für Panzernashörner berechnete, ergibt sich für Spitzmaulnashörner keine systematische Abweichung von den Pferdedaten.

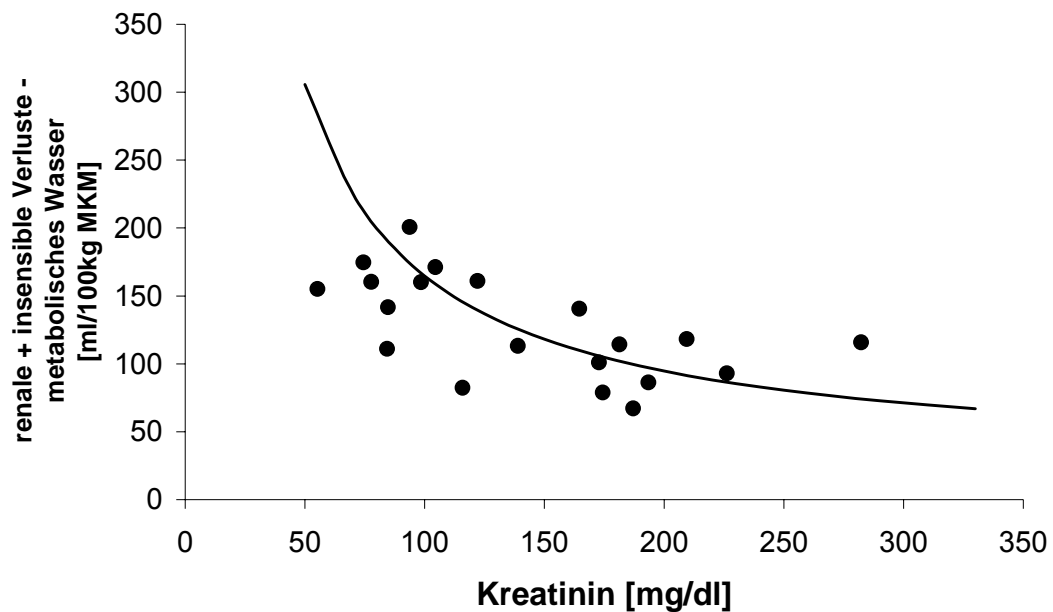


Abb. 4.12 Zusammenhang zwischen Kreatininkonzentration im Urin [mg/dl] und der aus Wasseraufnahme und Wasserausscheidung über den Kot errechneten Summe renaler und insensibler Verluste abzüglich des metabolischen Wassers [ml/100kg MKM]. Die Kurve zeigt den für Pferde ermittelten Zusammenhang (für das Urinvolumen) nach MEYER & STADERMANN (1990)

4.2.8 Mineralhaushalt

Für das Spitzmaulnashorn liegen keine Bedarfszahlen hinsichtlich der Mineralstoffversorgung vor. Die Aufnahme der Mengenelemente werden auf die absolute Körpermasse bezogen und mit den im selben Format stehenden Empfehlungen für die Versorgung von Pferden verglichen (siehe Tabelle 4.10). Sowohl in den eigenen Studien als auch im Schrifttum liegen die Aufnahmen an Mengenelementen von im Zoo gehaltenen Spitzmaulnashörnern im und über dem für Pferde empfohlenen Bereich.

Bei den Spurenelementen wurde der Bezug auf die TS gewählt und die Aufnahme ebenfalls mit den Empfehlungen für Pferde verglichen (siehe Tabelle 4.11). Hierbei zeigt sich, dass in den eigenen Untersuchungen bei einigen Rationen der Haltung in Zürich die Aufnahme von Kupfer, Mangan und Zink im marginalen Bereich liegt. Anzeichen einer Unterversorgung sind bei den Tieren nicht zu erkennen, obwohl sich die TS-Aufnahme in den Größenordnungen von Pferden bewegt.

Die Versorgung mit Eisen geht in allen Haltungen über ein Vielfaches der Empfehlungen für Pferde hinaus.

Tab. 4.10 Vergleich der von den Spitzmaulnashörnern aufgenommenen Menge an Mengenelementen mit den Empfehlungen für Pferde [mg/kg KM]

Tierart	Ca	K	Mg	Na	P	Quelle
Pferd	40-50	50	8-20	20	29-34	1
	54-198	204-547	14-52	27-101	24-85	diese Studie
	35-178					FRÖSCHLE & CLAUSS ²
Spitzmaulnashorn	177-286	241-375	32-51	39-59	30-53	HAMILTON 1999
	47-71		31-43	54-55	52-59	WOODFINE ²
	179-205	197-220	50-58	32-37	66-74	PAROS ²

¹NRC (1989), PAGAN (1998), MEYER & COENEN (2002); ²unveröffentlicht;

Tab. 4.11 Vergleich der von den Spitzmaulnashörnern aufgenommenen Menge an Spurenelementen mit den Empfehlungen für Pferde [mg/kg TS]

Tierart	Co	Cu	Fe	Mn	Zn	Quelle
Pferd	0,1	8-10	70	40	35	MEYER & COENEN 2002
	0,2-1,7	5-14	196-1009	30-117	30-121	diese Studie
Spitzmaulnashorn		10-13	98-789			FRÖSCHLE & CLAUSS ¹
		7	230-265			WOODFINE ¹
		12	325-327	52-54	51-52	PAROS ¹

¹unveröffentlicht;

4.2.8.1 Kalzium und Phosphor

Die Werte für die scheinbare Verdaulichkeit von Kalzium von Spitzmaulnashörnern liegen im und über dem Bereich der aus der Literatur bekannten Werte von Pferd (MEYER & COENEN 2002), Elefant (LÖHLEIN 1999) und Panzernashorn (POLSTER 2004) (siehe 4.12). Das gleiche gilt für die Verdaulichkeiten von Phosphor, die bei Mischfütterationen erzielt werden (siehe Tabelle 4.12).

Tab. 4.12 Vergleich der sV von Ca und P [%] bei Pferd, Elefant, Panzer- und Spitzmaulnashorn

Tierart	Ca	P	Quelle
Pferd	50-60	25-40	1
Elefant	40-60	17-53	LÖHLEIN 1999
Panzernashorn	60-83	-18-29	POLSTER 2004
Spitzmaulnashorn	65-90	3-50	diese Studie
	70-88		FRÖSCHLE & CLAUSS ²
	81-88	-19-36	HAMILTON 1999
	79-82	6-14	WOODFINE ²
	83	21-34	PAROS ¹

¹PAGAN 1998, MEYER & COENEN 2002; ²unveröffentlicht;

Wie auch bei Pferd (SCHRYVER et al. 1970, CAPLE et al. 1982, MAYER & STADDERMANN 1990) und Panzernashorn (POLSTER 2004) ergibt sich beim Spitzmaulnashorn ein Zusammenhang zwischen Ca-Aufnahme und renaler Ca-Ausscheidung (ausgedrückt als Ca:Kreatinin-Verhältnis) (siehe Abbildung 4.13). Dies spricht dafür, dass auch Spitzmaulnashörner einen Großteil des Kalziums im Darm resorbieren und das Ca-Gleichgewicht über die renale Ca-Ausscheidung regulieren.

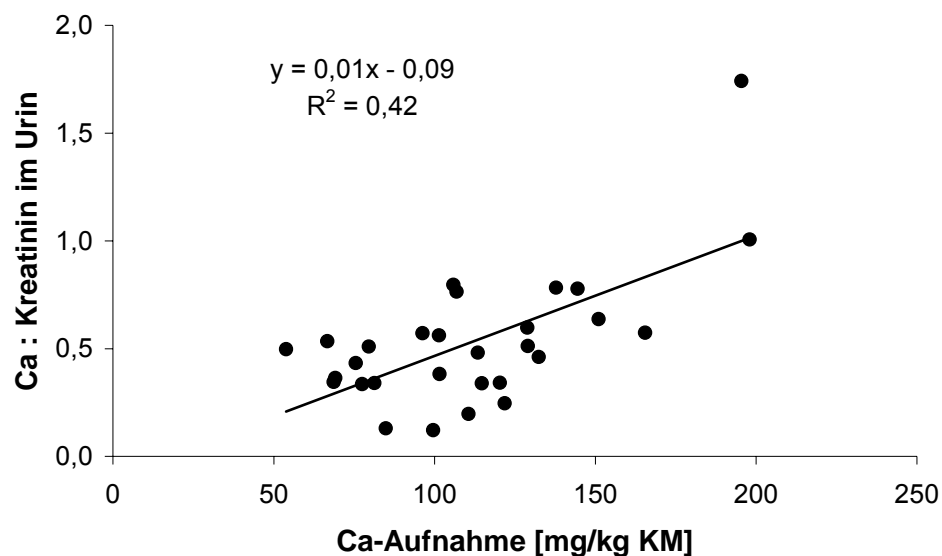


Abb. 4.13 Zusammenhang zwischen Ca-Aufnahme [g/kg KM] und dem Ca:Kreatinin-Verhältnis im Urin (diese Studie)

4.2.8.2 Natrium, Kalium, Magnesium

Trotz doppelter Bestimmung des Na-Gehaltes aller Proben dieser Studie in zwei unabhängigen Laboren mit unterschiedlichen Methoden, weichen die scheinbaren Verdaulichkeiten stark von den bei Pferden ermittelten Daten ab (siehe Tabelle 4.13). Auch die Daten von HAMILTON (1999) und die unveröffentlichten Daten von WOODFINE und PAROS, die jeweils in unterschiedlichen Zoos genommen und unterschiedlichen Laboren analysiert worden sind, liegen - bezüglich der Verdaulichkeit von Natrium - weit unter den von Pferden erreichten Werten und zeigen große Schwankungen.

Tab. 4.13 Vergleich der sV [%] von Na, K und Mg bei Pferd und Spitzmaulnashorn

Tierart	Na	K	Mg	Quelle
Pferd	90	80	40-52	1
	-71-72	37-88	58-84	diese Studie
Spitzmaulnashorn	15-36		74-75	WOODFINE ²
	3-10	52-64	72-78	PAROS ²
	6-40	44-68	59-77	HAMILTON 1999

¹PAGAN 1998, MEYER & COENEN 2002; ²unveröffentlicht;

Interessanterweise steigt die scheinbare Na-Verdaulichkeit mit zunehmender Na-Aufnahme an (siehe Abbildung 4.14). Dies spricht dafür, dass die relativ geringe scheinbare Verdaulichkeit Folge von bei dieser Spezies anscheinend überdurchschnittlich hohen endogenen fäkalen Verlusten ist.

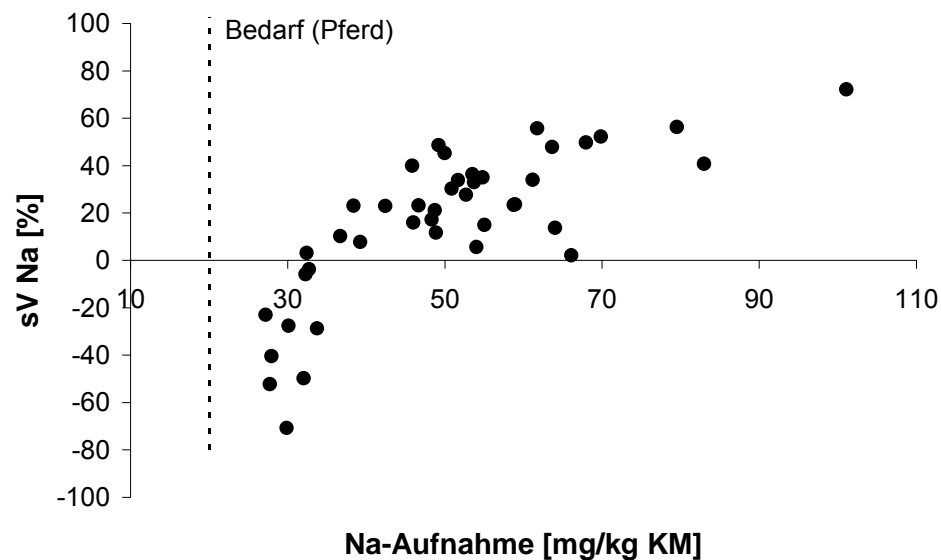


Abb. 4.14 Zusammenhang zwischen Na-Aufnahme [mg/kg KM] und sV Na [%] (diese Studie, HAMILTON 1999, WOODFINE unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht)

Im Gegensatz zum Natrium liegen die für Kalium und Magnesium ermittelten scheinbaren Verdaulichkeiten in Größenordnungen, die mit Pferden vergleichbar sind (siehe Tabelle 4.13).

4.2.8.3 Spurenelemente

Die Aufnahmen von Kupfer, Eisen und Zink sind zwar bei den Spitzmaulnashörnern dieser Studie und den Studien von FRÖSCHLE & CLAUSS (unveröffentlicht), WOODFINE (unveröffentlicht) und PAROS (unveröffentlicht) höher als bei den Panzernashörnern der Studie von POLSTER (2004), trägt man aber die Aufnahme gegen die faecale Ausscheidung dieser Spurenelemente bezogen auf das Körpergewicht in einem Graphen auf, so lässt sich eine Übereinstimmung zwischen den beiden Spezies erkennen (siehe Abbildungen 4.15, 4.16 und 4.17).

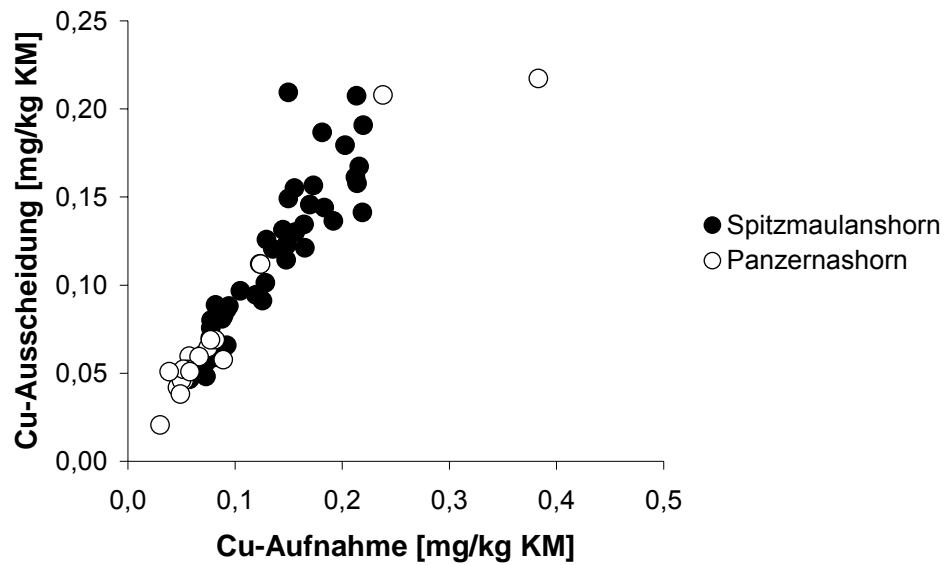


Abb. 4.15 Zusammenhang zwischen Kupfer-Aufnahme [mg/kg KM] und Kupfer-Ausscheidung mit dem Kot [mg/kg KM] (Panzernashorn: POLSTER 2004; Spitzmaulnashorn: FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht, WOODFINE unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht, diese Studie)

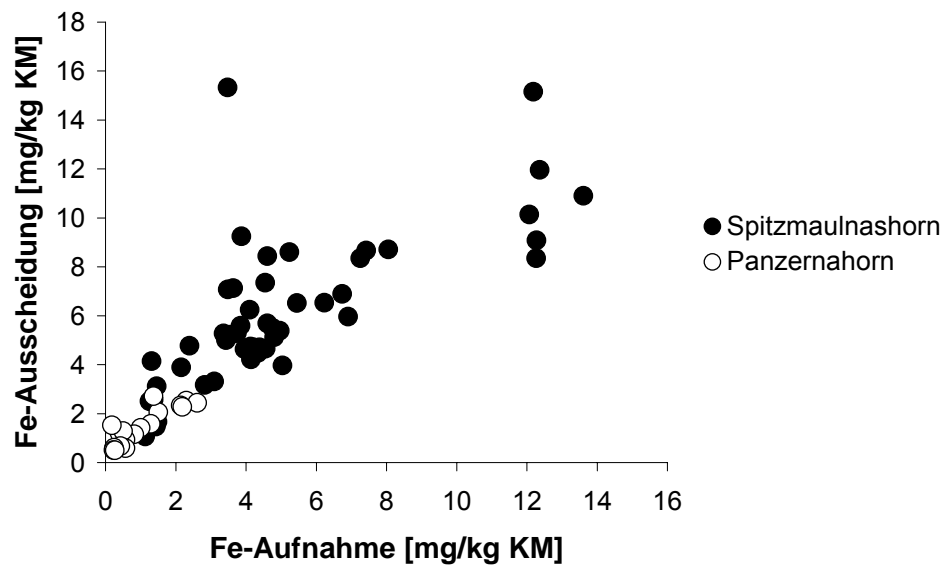


Abb. 4.16 Zusammenhang zwischen Eisen-Aufnahme [mg/kg KM] und Eisen-Ausscheidung mit dem Kot [mg/kg KM] (Panzernashorn: POLSTER 2004; Spitzmaulnashorn: FRÖSCHLE & CLAUSS unveröffentlicht, WOODFINE unveröffentlicht, PAROS unveröffentlicht, diese Studie)

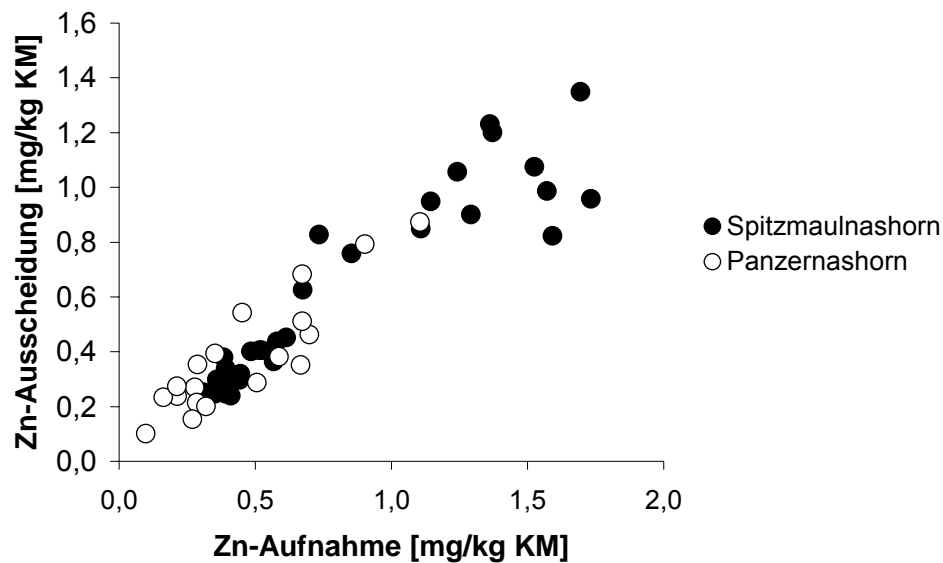


Abb. 4.17 Zusammenhang zwischen Zink-Aufnahme [mg/kg KM] und Zink-Ausscheidung mit dem Kot [mg/kg KM] (Panzernashorn: POLSTER 2004; Spitzmaulnashorn: PAROS unveröffentlicht, diese Studie)

Bei der Versorgung mit Kupfer ist zu beachten, dass DIERENFELD et al. (2004) bei Spitzmaulnashörnern im Zoo oft geringe Kupfergehalte in der Leber fanden. Auch wenn nach DIERENFELD et al. (2004) die potentielle Bedeutung einer geringen Kupfer-Versorgung beim Spitzmaulnashorn nicht geklärt ist, so spekulieren doch PAGLIA & DENNIS (1999), PAGLIA (1999) und PAGLIA et al. (2001) über Kupfermangel als Ursache der angeborenen Leukoencephalomalazie.

Für Kobalt und Mangan gibt es keine Vergleichsdaten.

4.2.9 Einfluss von Tanninen

Der Anteil an Quebracho, bzw. an Tanninsäure liegt in einem Bereich von 0,5 - 1,3 % der Gesamt-TS-Aufnahme.

Dass es tatsächlich zu einem Einfluss durch die Zulage von Tanninen auf den Tierkörper und die Ingesta kommt, zeigt sich an folgenden Parametern: der Gehalt von Tannin-bindenden Proteinen im Speichel (CLAUSS et al. 2004d) steigt an; ebenso nimmt die antioxidative Aktivität im Kot zu (siehe Abbildung 4.18).

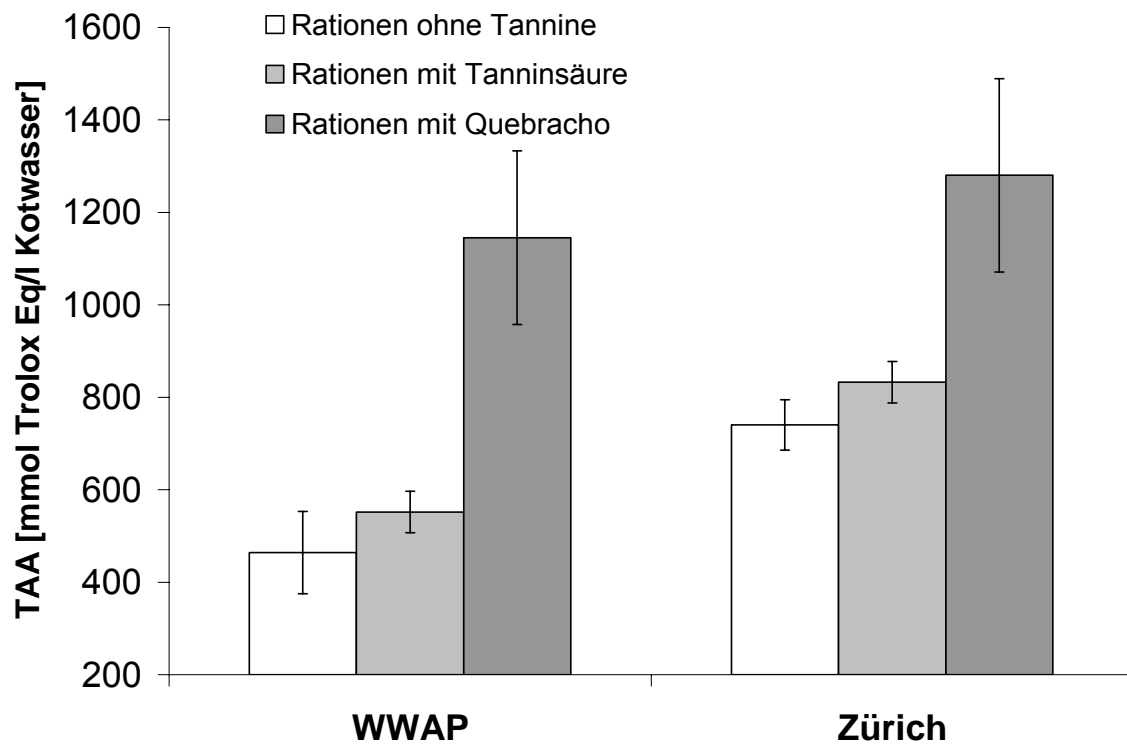


Abb. 4.18 Einfluss der Zulage von Tanninen auf die totale antioxidative Aktivität (TAA) im Kot [mmol Trolox Eq/l Kotwasser] (diese Studie)

Im Gegensatz dazu sind Veränderungen der Verdaulichkeiten aufgrund der Tannin-Zulage kaum darzustellen. Die tendenzielle Abnahme der scheinbaren Verdaulichkeit des Rohproteins während der Fütterungsphasen mit Quebracho ist nicht signifikant, die Erhöhung des Anteils an nZKP am Gesamt-Protein im Kot zwischen den den Rationen ohne Tannine und den Rationen mit Quebracho hingegen schon¹ (siehe Abbildungen 4.19 und 4.20). Ähnliche Effekte, bezüglich der scheinbaren Verdaulichkeit des Rohproteins, wurden von HAGERMANN et al. (1992) vor allem bei Quebracho-Zulage bei Wiederkäuern beobachtet, was von den Autoren damit erklärt wird, dass kondensierte Tannine wie Quebracho an Futterproteine binden und diese dadurch unverdaulich machen.

¹ Repeated Measures ANOVA mit nachfolgenden paarweisen Vergleichen (Sidak Adjustierung), durchgeführt von Dr. W.J. Streich vom IZW Berlin.

Dass die Abnahme der scheinbaren Verdaulichkeit von Rohprotein nicht deutlicher ausfällt, liegt möglicherweise an dem Effekt der Tannin-bindenden Proteine im Speichel. ROBBINS et al. (1991) stellten bei Versuchen mit verschiedenen Spezies eine geringere Senkung der Proteinverdaulichkeit durch die Zufütterung von Quebracho bei den Tierarten fest, die Tannin-bindende Proteine im Speichel produzieren.

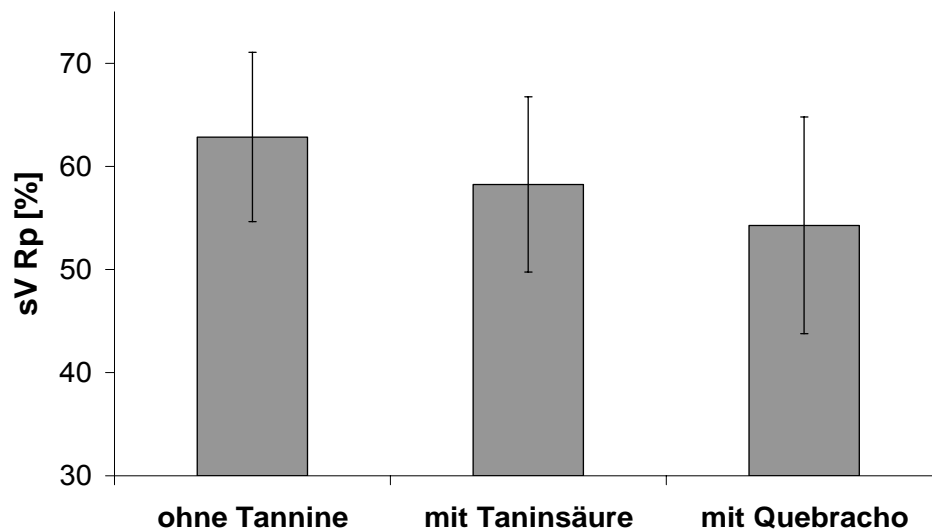


Abb. 4.19 Einfluss der Zulage von Tanninen auf die sV [%] von Rp (diese Studie)

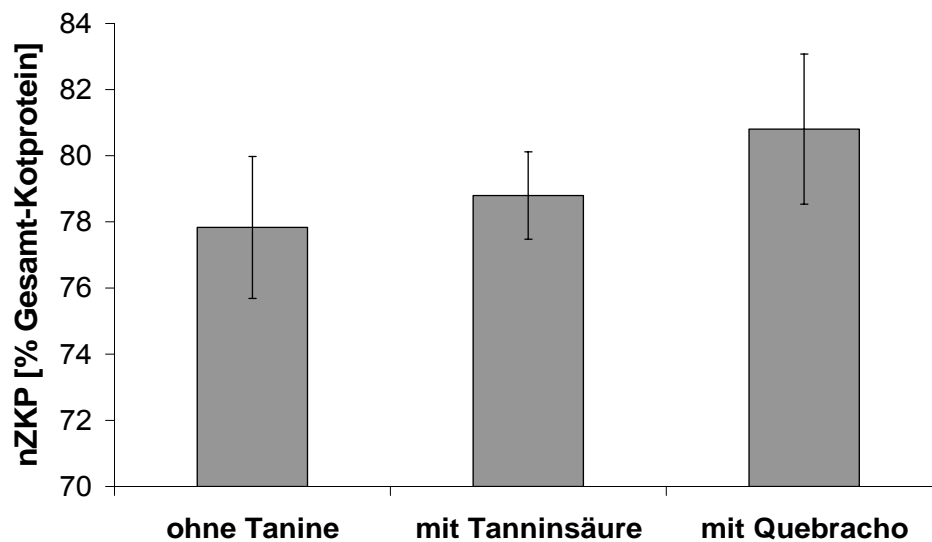


Abb. 4.20 Einfluss der Zulage von Tanninen auf den Anteil an nZKP am Gesamt-Kotprotein [%] (diese Studie)

In der vorliegenden Untersuchung können keine Effekte der Tannine auf den Eisenhaushalt gefunden werden. Die in den eigenen Untersuchungen erhobenen Daten geben somit keinen Hinweis auf einen positiven Einfluss von Tanninen auf die Gesundheit der Tiere. Um einen solchen zu finden, müssten möglicherweise andere Parameter gewählt werden.

5 Zusammenfassung

Johanna Castell: Untersuchungen zu Fütterung und Verdauungsphysiologie am Spitzmaulnashorn (*Diceros bicornis*)

In der vorliegenden Arbeit werden bei acht Spitzmaulnashörnern aus drei Zoos die Futteraufnahmen und die scheinbaren Verdaulichkeiten bei verschiedenen Futterrationen überprüft. Neben der in dem jeweiligen Zoo üblicherweise verfütterten Ration, gibt es in jedem Zoo je eine Fütterungsperiode, in der der normalen Ration die Tannine Quebracho bzw. Tanninsäure zugemischt werden. In einem Zoo werden in zwei zusätzlichen Fütterungsperioden Blätter und Zweige, bzw. Blätter, Zweige und Laubsilage zu der normalen Ration gefüttert. Ein Tier wird aufgrund von Problemen beim Kauen wegen eines Abszesses in der Maulhöhle abweichend von den anderen besonders strukturarm gefüttert. Jede Anfütterungsperiode dauert zwei Monate. Es wird die Kollektionsmethode verwendet. Des Weiteren werden der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren und Laktat sowie die antioxidative Aktivität und die Partikelgröße im Kot, die Wasseraufnahme und das Kalzium-Kreatinin-Verhältnis in sporadisch gesammelten Urinproben bestimmt. Von drei Tieren ist das genaue Körpergewicht bekannt, bei den anderen wird das Körpergewicht geschätzt.

Folgende Ergebnisse werden erzielt:

1. Die tägliche Aufnahme an Trockensubstanz bewegt sich in einem Bereich von 1,0 - 2,2 % der Körpermasse (Mittelwert 0,7; \pm 0,1), die aufgenommene Menge an verdaulicher Energie in einem Bereich von 0,5 - 1,0 MJ/kg^{0,75} metabolische Körpermasse (Mittelwert 0,8; \pm 0,9). Angaben zur scheinbaren Verdaulichkeit sind in Tabelle 5.1 dargestellt.

Tab. 5.1 Scheinbare Verdaulichkeit [%] der TS, der organischen Substanz (oS), des Rohproteins (Rp), der Rohfaser (Rfa), des Kalziums (Ca), des Phosphors (P) und des Natriums (Na)

	TS	oS	Rp	Rfa	Ca	P	Na
Bereich	36 - 73	36 - 74	40 - 79	36 - 48	65 - 90	3 - 50	-71 - 72
Mittelwert	58	59	60	35	79	24	15
Standardabweichung	8	9	9	8	5	10	36

2. Der Laktatgehalt im Kot beträgt im Mittel $1,72 \pm 0,4$ mmol/l Kotwasser (n = 32), der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren $73,8 \pm 15$ mmol/l Kotwasser (n = 32). Das Verhältnis von Essigsäure zu Propionsäure beläuft sich im Mittel dabei auf $3,5 \pm 0,8$ (n = 32).
3. Die Partikelgröße im Kot nimmt mit zunehmendem Anteil an unstrukturiertem Futter ab. Im Mittel wird ein Anteil von $47,6 \% \pm 17,2$ (n = 22) der auf den Sieben retinierten Partikel mit einer Partikelgröße von > 4 mm gemessen.
4. Die Wasseraufnahme (Tränke + Futter) liegt im Mittel bei $5,8$ kg/100kg Körpermasse $\pm 1,3$ (n = 20) und unterscheidet sich nicht zwischen den verschiedenen Rationen.
5. Das Kalzium:Kreatinin-Verhältnis im Urin steigt mit steigender Kalzium-Aufnahme.
6. Die antioxidative Aktivität im Kot nimmt mit Tanninfütterung zu. Sie liegt im Mittel bei den Rationen ohne Tannine bei 630 ± 162 mmol Trolox Eq/l Kotwasser, bei den Rationen mit Tanninsäure bei 721 ± 159 mmol Trolox Eq/l Kotwasser und bei den Rationen mit Quebracho bei 1259 ± 193 mmol Trolox Eq/l Kotwasser.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der Parameter der mikrobiellen Fermentation, der Wasseraufnahme, des Kalzium-Haushaltes deuten darauf hin, dass das Spitzmaulnashorn in diesen Aspekten seiner Verdauungsphysiologie dem Pferd ähnelt.

Abweichungen ergeben sich bei Betrachtung der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohfaser, die beim Spitzmaulnashorn mit zunehmendem Gehalt an Rohfaser in der Ration stärker abfällt als beim Pferd. Dies könnte unter anderem auf eine geringere Zerkleinerung der Ingesta und eine schnellere Darmpassage beim Spitzmaulnashorn zurückzuführen sein. Ein weiterer Unterschied zum Pferd betrifft den Natrium-Haushalt, der beim Spitzmaulnashorn durch hohe fäkale Verluste gekennzeichnet zu sein scheint.

Das Pferd ist daher als Modelltier für die Fütterung von Spitzmaulnashörnern nur bedingt geeignet.

6 Summary

Johanna Castell: Investigations on feeding and digestive physiology of the black rhinoceros (*Diceros bicornis*)

In this study, food intake and apparent digestibility coefficients of eight adult black rhinoceroses from three zoos were investigated. In every zoo the regular zoo diet, a diet with added quebracho, and a diet with added tannic acid were fed. In one zoo, two additional diets with added browse were used. One animal received a diet with low proportion of roughage because of chewing problems due to an abscess in the oral cavity. Every adaptation period lasted two months. Feeds offered and refused and faeces were collected in toto. Additionally, the concentration of volatile fatty acids, lactate and the antioxidative activity were measured in the faeces, as well as faecal particle size distribution, water intake and the calcium:creatinine-ratio in sporadically sampled urine. Three animals were actually weighed; the body weight of the other animals was estimated.

The following results were obtained:

1. Daily dry matter intake was in a range of 1.0 - 2.2 % body weight (average 0.7; ± 0.1), and intake of digestible energy in a range of 0.5 - 1.0 MJ/kg^{0.75} metabolic body weight (average 0.8; ± 0.9). Results on apparent digestibility coefficients are presented in table 6.1.

Tab. 6.1 Apparent digestibility [%] of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), crude fibre (CF), calcium (Ca), phosphorus (P) and sodium (Na)

	DM	OM	CP	CF	Ca	P	Na
range	36 - 73	36 - 74	40 - 79	36 - 48	65 - 90	3 - 50	-71 - 72
average	58	59	60	35	79	24	15
standard deviation	8	9	9	8	5	10	36

2. The concentration of lactate in faeces was on average 1.72 ± 0.4 mmol/l faecal water (n = 32); the concentration of volatile fatty acids in faeces was on average 73.8 ± 15 mmol/l faecal water (n = 32). The ratio of acetate to propionate was on average 3.5 ± 0.8 (n = 32).
3. Faecale particle size distribution decreased with decreasing proportion of roughage. On average, $47.6 \% \pm 17.2$ (n = 22) of all particles retained on the sieves was of a size > 4 mm.
4. The average total water intake was 5.8 kg/100kg body weight ± 1.3 (n = 20).
5. The calcium:creatinine-ratation in urine increased with increasing calcium intake.
6. The antioxidative activity increased with added tannin. It was on average 630 ± 162 mmol Trolox Eq/l faecal water for the rations without tannin, 721 ± 159 mmol Trolox Eq/l faecal water for the rations with tannic acid and 1259 ± 193 mmol Trolox Eq/l faecal water for the rations with quebracho.

The results on parameters of microbial fermentation, the water intake, the calcium metabolism suggest that black rhinos resemble horses in these aspects of digestive physiology. Differences were evident when apparent digestibility coefficients of crude fibre were compared, which decrease faster in black rhinoceroses with increasing

amounts of crude fibre in the ration than in horses. This could be due to a less thorough comminution of ingesta particles and to shorter ingesta retention times in black rhinoceroses. Another difference to the horse concerns sodium metabolism: black rhinoceroses seem to have high faecal losses of sodium.

In conclusion, the horse appears to be only to some extent a suitable model animal for black rhinoceros ration evaluation.

7 Literaturverzeichnis

Adcock, K., H. B. Hansen, H. Lindemann (1998) Lessons from the introduced black rhino population in Pilanesberg National Park. *Pachyderm* 26: 40-51

AfRSG (2003) (African Rhino Specialist Group) *Diceros bicornis*. The IUCN red list or threatened species, www.redlist.org (eingesehen am 18.10.2004)

Ahlswede, L. (1977) Untersuchungen über Pferdealleinfuttermittel in Form von Brikketts. *Dtsch Tierärztl Wschr* 84: 132-135

Alexander, F., M. E. Davies (1963) Production and fermentation of lactate by bacteria in the alimentary canal of the horse and pig. *J Comp Path* 73: 1-8

Argenzio, R. A., M. Southworth, C. E. Stevens (1974) Sites of organic acid production and absorption in the equine gastrointestinal tract. *Am J Physiol* 226 (5): 1043-1050

Asquith, T. N., L. G. Butler (1985) Use of dye-labeled protein as spectrophotometric assay for protein precipitants such as tannin. *J Chem Ecol* 11: 1535-1544

Atkinson, S. J. (1995) Maintenance of captive black rhinoceros (*Diceros bicornis*) on indigenous browse in Zimbabwe: energetics, nutrition and implications for conservation. MSc Thesis, University of Zimbabwe

Atkinson, S., J. du Toit, J. Topps (1997) Maintenance of captive black rhinoceros (*Diceros bicornis*) on indigenous browse in Zimbabwe: nutrition and energetics. Proc. NAG Conf 2: ohne Seitenangabe

Bauer, J. E., K. E. Bigley, E. S. Dierenfeld (2000) Fatty acid metabolism in free ranging and captive rhinoceros: evidence for low delta-6 desaturase activities. J Vet Int Med 14: 388

Bell, R. H. V. (1971) A grazing ecosystem in the Serengeti. Sci Am 225: 86-93

Beuteler, E., C. West, J. A. Speir, I. A. Wilson, M. Worley (2001) The HFE gene of browsing and grazing rhinoceroses: a possible site of adaptation to a low-iron diet. Blood Cells, Molecules, and Diseases 27: 342-350

Bobko, C. M. (1996) Detection and treatment of a possible new disease syndrome in a captive black rhinoceros (*Diceros bicornis*). AZA Reg Conf Proc: 452-455

Bourdelle, E. (1955) Ordre des Périssodactyles. Aus: P.-P. Grassé (Hrsg.), Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie, Band 17 (Säugetiere). Masson et Cie Éditeurs Libraires de l'Académie de Médecine, Paris: 1002-1167

Brahmachary, R. L., B. Malik, B. Rakshit (1971) An attempt to determine the food habits of the Indian rhinoceros. J Bombay Nat Hist Soc 67: 558-560

Brahmachary, R. L., B. Rakshit, B. Malik (1974) Further attempts to determine the food habits of the Indian rhinoceros at Kaziranga. J Bombay Nat Hist Soc 71: 295-298

Breves, G., M. Diener (2000) Funktion des Dickdarms. Aus: W. von Engelhardt, G. Breves (Hrsg), Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart: 394-402

Butler, L. G., J. C. Rogler (1992) Biochemical mechanisms of the antinutritional effects of tannins. Aus: C. T. Ho, C. V. Lee, M. T. Huang (Hrsg.) Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health. Vol. 1, Washington DC, Am Chem Soc, ACS Symposium Series 506: 298

Caple, I. W., P. A. Doake, P. G. Ellis (1982) Assessment of the calcium and phosphorus nutrition in horses by analysis of urine. Aust Vet J 58: 125-131

Cave, A. J. E. (1977) Observations on rhinoceros tongue morphology. J Zool Lond 181: 265-284

Cave, A. J. E. (1982) Note on rhinoceros salivary glands. J Zool Lond 196: 53-61

Cerling, T. E., J. M. Harris, M. G. Leakey (1999) Browsing and grazing in elephants: the isotope record of modern and fossil proboscideans. Oecologia 120: 364-374

Chaplin, H., A. C. Malecek, R. E. Miller, C. E. Bell, L. S. Gray, V. L. Hunter (1986) Acute intravascular hemolytic anemia in the black rhinoceros: hematologic and immunohematologic observations. AJVR 47: 1313-1320

Cheeke, P. R., L. R. Shull (1985) Natural toxicants in feeds and poisonous plants. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut

Cheeke, P. R. (1998) Natural toxicants in feeds, forages, and poisonous plants. Interstate Publishers, Danville, Illinois

Clausen, B., W. A. Ashford (1980) Bacteriologic survey of black rhinoceros (*Diceros bicornis*). J Wildl Dis 16: 475-480

Clauss, M., D. A. Jessup, E. B. Norkus, T. C. Chen, M. F. Holick, W.J. Streich, E. S. Dierenfeld (2002a) Fat soluble vitamins in blood and tissues of free-ranging and captive rhinoceros. J Wildl Dis 38: 402-413

Clauss, M., M. Lechner-Doll, T. Hänichen, J.-M. Hatt (2002b) Excessive iron storage in captive mammalian herbivores - a hypothesis for its evolutionary etiopathology. Proc. EAZWV Conf. 4, Heidelberg: 123-131

Clauss, M., M. Lechner-Doll, W. J. Streich (2002c) Faecal particle size distribution in captive wild ruminants: an approach to the browser/grazer dichotomy from the other end. Oecologia 131: 343-349

Clauss, M (2003) Tannins in the nutrition of wild animals: a review. Aus: A. L. Fiddgett, M. Clauss; U. Gansloßer; J.-M. Hatt, J. Nijboer (Hrsg.), Zoo Animal Nutrition Vol. II. Filander Verlag, Fürth: 53-89

Clauss, M., W. Löhlein, E. Kienzle, H. Wiesner (2003a) Studies on feed digestibilities in captive Asian elephants (*Elephas maximus*). J Anim Physiol Anim Nutr 87: 160-173

Clauss, M., K. Lason, J. Gehrke, M. Lechner-Doll, J. Fickel, T. Grune, W. J. Streich (2003b) Captive roe deer (*Capreolus capreolus*) select for low amounts of tannic acid but not quebracho: fluctuation of preferences and potential benefits. *Comp Biochem Physiol* 136B: 369-382

Clauss, M., A. Schwarm, S. Ortman, D Thierer, T. B. Hildebrandt, G. Hohmann, E. J. Flach, R. Kühne, H. Hofer (2004c) Comparative analysis of physical and chemical characteristics of faeces from free-ranging and captive common hippos (*Hippopotamus amphibius*). 5th International Symposium on Physiology, Behaviour and Conservation of Wildlife, Berlin: 26

Clauss, M., J. Hummel (2004) Not only ruminants: indications for differences in digestive physiology between grazing and browsing large hindgut fermenters. 5th International Symposium on Physiology, Behaviour and Conservation of Wildlife, Berlin: 53

Clauss M., T. Fröschle, J. Castell, J. Hummel, J.-M. Hatt, S. Ortman, W. J. Streich (2004a, eingereicht) Fluid and particle retention times in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*).

Clauss, M., J. Hummel, W. J. Streich (2004b, eingereicht) The dissociation of the fluid and particle phase in the forestomach as a physiological characteristic of large grazing ruminants: a meta-analysis of ruminant passage rate.

Clauss, M., J. Gehrke, J.-M. Hatt, E. S. Dierenfeld, E. J. Flach, R. Hermes, J. Castell, W. J. Streich, J. Fieckel (2004d, akzeptiert) Tannin-binding salivary proteins in three captive rhinoceros species. *Comp Biochem Physiol*.

Clemens, E. T., G. M. O. Maloiy (1982) The digestive physiology of three East African herbivores: the elephant, rhinoceros and hippopotamus. *J Zool Lond* 198: 141-156

Clemens, E. T., G. M. O. Maloiy (1983) Nutrient digestibility and gastrointestinal electrolyte flux in the elephant and rhinoceros. *Comp Biochem Physiol* 75A: 635-658

Cooper, S. M., N. Owen-Smith (1985) Condensed tannins deter feeding by browsing ruminants in relation to seasonal changes in the leaf chemistry of woody plants in a South African savanna. *Oecologia* 75: 336-342

Cooper, S. M., R. N. Owen-Smith (1986) Effects of plant spinescence on large mammalian browsers. *Oecologia* 75: 336-342

Crissey, S., E. S. Dierenfeld, J. Kanselaar, K. Leus, J. Nijboer (2000) Okapi (*Okapi johnstoni*) feeding in eight European zoos. Aus: J. Nijboer, J. M. Hatt, W. Kaumanns, A. Beijnen, U. Gansloser (Hrsg.). Zoo animal nutrition. Zoological library Vol. 10. Filander Verlag, Stuttgart: 271-280

Crosby, W. H. (1963) The control of iron balance by intestinal mucosa. *Blood* 22: 441-449

Cuddeford, D. D. Hughes (1990) A comparison between chromium-mordanted hay and acid-insoluble ash to determine apparent digestibility of a chaffed, molassed hay/straw mixture. *Equine Vet J* 22: 122-125

Cumming, D. H. M. (1987) Small Population Management of Black Rhinos. *Pachyderm* 9: 12-13

Cymbaluk, N. F., G. I. Christison (1989) Effects of dietary energy and phosphorus content on blood chemistry and development of growing horses. *J Anim Sci* 67: 951-958

De Bouveignes, O. (1953) Sparrmann et les rhinoceros. *Zooleo* 21: 85-97

Dement, M. W., P. J. Van Soest (1985) A nutritional explanation for body-size patterns of ruminant and nonruminant herbivores. *Am Nat* 125: 641-672

Dierenfeld, E. S., R. du Toit, R. E. Miller (1988) Vitamin E in Captive and Wild Black Rhinoceros (*Diceros bicornis*). *J Wildl Dis* 24: 547-550

Dierenfeld, E. S. (1994) Vitamin E in exotics: effects, evaluation and ecology. *J Nutr* 124: 2579S-2581S

Dierenfeld, E. S., R. du Toit, W. E. Braselton (1995) Nutrition Composition of Selected Browse Consumed by Black Rhinoceros (*Diceros bicornis*) in the Zambezi Valley, Zimbabwe. *J Zoo Wildl Med* 26: 220-230

Dierenfeld, E. S. (1996) Nutrition. Aus: AZA Rhinoceros husbandry resource manual. M. Fouraker, T. Wagener (Hrsg.), Fort Worth Zoological Park, Cockerell Printing Company: 52-53

Dierenfeld, E. S. (1997) Captive wild animal nutrition: a historical perspective. *Proc Nutr Soc* 56: 989-999

Dierenfeld, E. S., C. L. Frank (1998) Fatty Acid Composition of White Adipose Tissue in Captive Rhinoceros. Proc AAZV and AAWV Joint Conf: 508-509

Dierenfeld, E. S. (1999a) Rhinoceros Feeding and Nutrition. Aus: M. E. Fowler, R. E. Miller (Hrsg.), Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy 4. W. B. Saunders, Philadelphia: 568-571

Dierenfeld, E. S. (1999b) Rhinoceros nutrition overview. Report to the rhinoceros Taxon Advisory Group. St Louis, MO

Dierenfeld, E. S., R. E. C. Wildmann, S. Roma (2000) Feed Intake, Diet Utilization, and Composition of Browse Consumed by the Sumatran Rhino (*Dicerorhinus sumatrensis*) in a North American Zoo. Zoo Biol 19: 169-180

Dierenfeld, E. S., J. Jarzombek, N. Irlbeck, R. Radcliffe, J. Fleming (2001) Development of a pelleted diet for a browsing rhino species based on native plant composition. Proc Int Elephant and Rhino Research Symp, Vienna: 174-180

Dierenfeld, E. S., S. Atkinson, A. M. Craig, K. C. Walker, W. J. Streich, M. Clauss (2004, akzeptiert) Mineral concentrations in serum / plasma and liver tissue of captive and free-ranging rhinoceros species. Zoo Biol

Dinerstein, E. (1989) The Foliage-as-fruit hypothesis and the feeding behaviour of South Asian ungulates. Biotropica 21: 214-218

Douglass, E. M., R. E. Plue (1980) Hemolytic anemia suggestive of leptospirosis in the black rhinoceros. JAVMA 177: 921-923

Drozd, A., J. Weiner, Z. Gebczynska. M. Krasinska (1975) Some bioenergetic parameters of wild ruminants. *Pol Ecol Stud* 1: 85-101

Dublin, H., A. Wilson (1998) The fight for survival: Four decades of conserving Africa's rhinos. Gland, Switzerland, World Wide Found for Nature

Emslie, R. H., K. Adcock (1994) Feeding ecology of black rhinos. *Proc Symp „Rhinos as Game Ranch Animals“*, Onderstepoort: 65-81

Emslie, R., M. Brooks (1999) African rhino status survey and conservation action plan. IUCN/SSC African Rhino Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK

Faichney, G. C., H. G. Jung (1983) Lignin as a marker in digestion studies: a review. *J Anim Sci* 57: 220-225

Fairbanks, V. F., R. E. Miller (1990) Beta-globin chain hemoglobin polymorphism and hemoglobin stability in black rhinoceroses (*Diceros bicornis*). *AJVR* 51: 803-807

Fairbanks, V. F., E. Beutler (2001) Iron metabolism. Aus: E. Beutler, B. S. Coller, M. A. Lichtmann, T. J. Kipps, U. Seligsohn (Hrsg.), *Williams Hematology*, 6. Auflage, McGraw-Hill Medical Publishing Division, New York: 295-304

Fehrle, S. (1999) Untersuchungen von Verdaulichkeit von Mischfutter beim Pferd in Abhängigkeit von der Rauhfutteraufnahme. *Diss. med. vet.*, München

Flachowsky, G. (2000) Spurenelemente. Aus: W. von Engelhardt, G. Breves (Hrsg), Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart: 609-620

Fonnesbeck, P. V. (1969) Partition of the nutrients of forage for horses. J Anim Sci 28: 624-633

Foose, T. J. (1982) Trophic strategies of ruminant versus nonruminant ungulates. PhD, University of Chicago

Foose, T. J. (1996) Taxonomy and conservation status. Aus: M. Fouraker, T. Wagener (Hrsg.), AZA Rhinoceros husbandry resource manual. Fort Worth Zoological Park, Cockerell Printing Company: 1-10

Foose, T. J. (1998) Global captive programs. www.rhinos-irf.org (eingesehen am 19.10.2004)

Frame, G. W. (1980) Black Rhinoceros (*Diceros bicornis* L.) sub-population on the Serengeti Plains, Tanzania. Afr J Ecol 18: 155-166

Frape, D. L., M. G. Tuck, N. H. Sutcliffe, D. B. Jones (1982) The use of inert markers in the measurement of the digestibility of cubed concentrates and of hay given in several proportions to the pony, horse and White rhinoceros (*Diceros simus*). Comp Biochem Physiol 72A: 77-83

Frederick, H. M. (1996) Diet evaluation of black rhinoceros (*Diceros bicornis*) with IHV syndrome. AZA Nutrition Advisory Group. IRF Progress Report

Frost, J. (2000) The Rhinoceros Browse Survey. North of England Zoological Society, Chester: 1-22

Fuchs, R, H. Miltz, M. Hoffmann (1987) Untersuchungen zur Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei Pferden. Arch Anim Nutr 37: 235-246

Furley, C. (1993) The management , behaviour and health of rhinos at Port Lympne. Proc Int Conf on Rhinoceros Biology and Conservation, San Diego: 354-356

Furstenburg, D., W. van Hoven (1994) Condensed tannin as anti-defoliate agent against browsing by giraffe (*Giraffa camelopardalis*) in the Kruger National Park. Comp Biochem Physiol 107A: 425-431

Gaffney, S., W. Tramontano, E. Dierenfeld, C. Babb, C. Mowry (2001) The effect of tannin on the in vitro solubilization of iron. Proc NAG Conf 4: nachgereicht (ohne Seitenangabe

Garsetti, M., N. Pellegrini, C. Baggio, F. Brighenti (2000) Antioxidant activity in human faeces. Br J Nutr 84: 705-710

GfE (1995) Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie. Proc Soc Nutr Physiol 4: 121-123

Ghebremeskel, K., G. Williams, J. C. M. Lewist, R. du Toit (1988) Serum α -tocopherol, all-trans retinol, total lipids and cholesterol in the black rhinoceros. Comp Biochem Physiol 91A: 343-345

Ghebremeskel, K., G. Williams, R. A. Brett, R. Burek, L. S. Harbige (1991) Nutrient composition of plants most favoured by black rhinoceros (*Diceros bicornis*) in the wild. *Comp Biochem Physiol* 98A: 529-534

Goddard, J. (1968) Food preferences of two black rhinoceros populations. *E Afr Wildl J* 6: 1-18

Goddard, J. (1970a) Food preferences of black rhinoceros in the Tsavo National Park. *E Afr Wildl J* 8: 145-161

Goddard, J. (1970b) Age criteria and vital statistics of a black rhinoceros population. *E Afr Wildl J* 8: 105-121

Göltenboth, R., H.-G. Klös (1975) Myoglobinurie bei Zebras und einige andere Erkrankungen bei Säugetieren des zoologischen Gartens Berlin. *Verh ber Erkr Zootiere* 17: 211-216

Göltenboth, R. (1985) Vitamin-C-Mangel-Syndrom beim Spitzmaulnashorn. *VAZ* 5: 75-78

Göltenboth, R. (1986) Zur tierärztlichen Betreuung der Nashörner im Zoo Berlin. *Zool Garten NF* 56: 43-52

Göltenboth, R. (1995) Zu einigen Problemen der Haltung und der Krankheiten der Nashörner in zoologischen Gärten. *Verh ber Erkr Zootiere* 73: 53-58

Graffam, W., E. S. Dierenfeld, G. Pattillo, L. Bass (1997) Evaluation of eight species of native Texas browses as suitable forage substitutes for black rhinoceros (*Diceros bicornis*). Proc NAG Conf 2: ohne Seitenangabe

Grant, J. B., D. L. Brown, E. S. Dierenfeld (2002) Essential fatty acid profiles differ across diets and browse of black rhinoceros. J Wildl Dis 38: 132-142

Groves, C. P. (1967) On the rhinoceroses of south-east Asia. Säugetierkundl Mitt 15: 221-237

Güldenhaupt, V. (1979) Verträglichkeit und Verdaulichkeit eines Alleinfutters für Pferde in Kombination mit Stroh. Diss. med. vet., Hannover

Günther, C. (1984) Untersuchungen über die Verdaulichkeit und Verträglichkeit von Hafer, Quetschafer, Gerste und Mais beim Pferd. Diss. med. vet., Hannover

Hackenberger, M. K. (1987) Diet digestibilities and ingesta transit times of captive Asian and African elephants. MSc Thesis, University of Guelph, Canada

Hagermann, A. E., C. T. Robbins, Y. Weerasuriya, T. C. Wilson, C. McArthur (1992) Tannin chemistry in relation to digestion. J Range Manage 45: 57-62

Hall-Martin, H. J., T. Erasmus, B. P. Botha (1982) Seasonal variation of diet and faeces composition of black rhinoceros *Diceros bicornis* in the Addo Elephant National Park. Koedoe 25: 63-82

Hamilton, S. (1999) Rhinoceros Nutrition: a comparative approach. BSc Thesis, Department of Animal Science, University of Sidney, Australia

Hatt, J.-M., C. Wenker, J. Castell, M. Clauss (2004) Dietary and veterinary management of a lingual abscess in a geriatric captive black rhino (*Diceros bicornis*) with iron storage disease. EAZWV 5th scientific meeting, Ebeltoft, Denmark: 339-340

Hennig, J., T. Gindrig (2001) Feeding habits of desert dwelling black rhinoceros (*Diceros bicornis*), in Kunene region, northwest of Namibia. Proc Int Elephant and Rhino Research Symp, Vienna: 311-313

Hermanns W. (1999) Leber. Aus: Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. E. Dahme, E. Weiss (Hrsg.), Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart: 197-232

Hillmann-Smith, K. A. K., C. P. Groves (1994) *Diceros bicornis*. Mammalian Species 455: 1-8

Hoffmann, M. W. Klippel, R. Schiemann (1967) Untersuchungen über den Energieumsatz beim Pferd unter besonderer Berücksichtigung der Horizontalbewegung. Arch Anim Nutr 17: 441-449

Hoffmann, M., O. Steinhöfel, R. Fuchs (1987) Vergleichende Untersuchungen zum Verdauungsvermögen von Warmblutpferd, Pony und Hammel. Arch Tierernähr 37: 351-362

Hofmann, R.R. (1989) Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78: 443-457

Illius, A. W., I. J. Gordon (1992) Modelling the nutritional ecology of ungulate herbivores: evolution of body size and competitive interactions. *Oecologia* 89: 428-434

IUCN (2004) IUCN, SSC, AfRSG (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Species Survival Commission, African Rhino Specialist Group) www.rhinos-irf.org (eingesehen am 18.10.2004)

Jacobs, A., M. Worwood (1975) Iron absorption: present state of the art. *Br J Haemat (Suppl.)* 31: 89-98

Janis, C. (1976) The evolutionary strategy of the equidae and the origins of rumen and caecal digestion. *Evolution* 30: 757-776

Jarofke, D., H.-G. Klös, R. Frese (1991) Zuchtbuchauswertung der Todesursachen von Spitzmaulnashörnern (*Diceros bicornis* L.) in zoologischen Gärten. *Verh ber Erkr Zootiere* 33: 333-336

Jessup, D. A., R. E. Miller, C. A. Bolin, M. D. Kock, P. Morkel (1992) Retrospective evaluation of leptospirosis in free-ranging and captive black rhinoceroses (*Diceros bicornis*) by microscopic agglutination titers and fluorescent antibody testing. *J Zoo Wildl Med* 23 (4): 401-408

Jewell, P. A. (1966) The concept of home rage in mammals. *Symp Zool Soc London* 18: 85-109

Jones, D. M., L. R. Thomsett (1972) A short review of the diseases of rhinoceros skin with case reports on a exudative dermatitis of the white rhinoceros (*Ceratotherium simum*). Verh ber Erkr Zootiere 14: 227-231

Jones, D. M. (1979) The husbandry and veterinary care of captive rhinoceroses. Int Zoo Yb 19: 239-252

Joubert, E., F. C. Eloff (1971) Notes on the ecology and behaviour of the black rhinoceros *Diceros bicornis* Linn. 1758 in South West Africa. Madoqua 1: 5-53

Kamphues, J., D. Schneider, J. Leibetseder (1999) Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. Verlag M. und H. Schaper, Alfeld-Hannover

Kay, R. N. B., W. von Engelhardt, R. G. White (1980) The digestive physiology of wild ruminants. Aus: Y. Ruckebusch, P. Thivend (Hrsg.), Digestive physiology and metabolism in wild ruminants. MTP Press, Lancaster: 743-761

Kenny, D. E., R. C. Cambre, T. R. Spraker, J. C. Stears, R. D. Park, S. B. Colter, A. de Lahunta, J. R. Zuba (1996) Leucoencephalomalacia in a neonatal female black rhinoceros (*Diceros bicornis*): Report of a fourth case. J Zoo Wildl Med 27: 259-265

Kenny, D. E., J. Baier, D. M. Getzy (1997) Salmonellosis in captive black rhinoceroses (*Diceros bicornis*). J Zoo Wildl Med 28: 307-311

Kiefer, B. (2002) Qualität und Verdaulichkeit der vom Breitmaulnashorn aufgenommenen Nahrung. Diss. med. vet., München

Kienzle, E., S. Fehrle, B. Opitz (2002) Interactions between the apparent energy and nutrient digestibilities of a concentrate mixture and roughages in horses. *J Nutr* 132: 1778S-1780S

Kingdon, J. (1997) The Kingdon field guide to African mammals. Academic Press. London

Klöppel, G. (1956) Über einen Fall von Volvulus jejuni bei einem Nashorn. *Zool Garten NF* 21: 245-249

Kock, N. D., M. D. Kock, K. B. Young (1994) Hepatopathy in two black rhinoceroses (*Diceros bicornis*) in Zimbabwe: Creosote Toxicosis? *J Zoo Wildl Med* 25: 270-273

Kolb, K. H. (1958) Klinische Untersuchung und physiologische Daten des Nashornes (*Diceros bicornis* L.). *Berl Münch Tierärztl Wschr* 71: 380-382

Kotze, D. C., P. J. K. Zacharias (1993) Utilization of woody browse and habitat by the black rhino (*Diceros bicornis*) in Western Itala Game Reserve. *Afr J For Sci* 10: 36-40

Krull, H. D. (1984) Untersuchungen über Aufnahme und Verdaulichkeit von Grünfutter beim Pferd. Diss. med. vet., Hannover/Stuttgart-Hohenheim

Kulow, W. (1990) Krankheiten der Nashörner aus der Sicht des Zootierarztes mit einem Beitrag zur medikamentellen Immobilisierung. Diss. med. vet., Hannover/Stuttgart-Hohenheim

Kumar, R., M. Singh (1984) Tannins, their adverse role in ruminant nutrition. J Agric Food Chem 32: 447-453

Lepper, A. W. D., C. R. Wilks (1988) Intracellular iron storage and the pathogenesis of paratuberculosis. Comparative studies with other mycobacterial, parasitic or infectious conditions of veterinary importance. J Comp Path 98: 31-53

Lindemann, H. (1982a) African rhinoceroses in captivity: the white rhinoceros *Ceratotherium simum* (Burchell 1817), the black rhinoceros *Diceros bicornis* (Linnaeus 1758), MSc Thesis, University of Copenhagen, Denmark

Lindemann, G. (1982b) Untersuchungen über den Einfluss von Laktose- und Stärkezulagen auf die Verdaulichkeit von NH₃-aufgeschlossenem Stroh. Diss. med. vet., Hannover

Lintzenich, B. A., A. M. Ward (1998) Hay and pelleted ratios: considerations in feeding ungulates. Aus: Nutrition advisory group handbook. Chicago Zoological Society, Brookfield Zoo: Fact Sheet 006

Lipschitz, D. A., T. H. Bothwell, H. C. Seftel, A. A. Wapnick, R. W. Charlton (1971) The role of ascorbic acid in the metabolism of storage iron. Br J Haematol 20: 155-163

Löhlein, W. (1999) Untersuchung zur Verdaulichkeit von Futtermitteln beim Asiatischen Elefanten (*Elephas maximus*). Diss. med. vet., München

Loutit, B. D., G. N. Louw, M. K. Seely (1987) First approximation of food preferences and the chemical composition of the diet of the desert-dwelling black rhinoceros, *Diceros bicornis* L.. Madoqua 15: 35-54

Maddock, A. H., G. D. La Cock, M. Burger (1995) Feeding trials on captive black rhinoceros *Diceros bicornis* in the Eastern Cape, South Africa. S.-Afr. Tydskr. Natuurnav. 25: 32-34

Makkar, H. P. S., M. Blummel, K. Becker (1995) Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones of polyethylene glycols and tannins, and their implications in gas production and true digestibility in in vitro techniques. Br J Nutr 73: 897-913

Maruska, E. J., B. L. Dresser, B. D. Barden (Hrsg.) (1986) Black rhinoceros husbandry, reproduction, health survey results. AAZPA Species Survival Plan. Black rhinoceros international management survey.

Mason, V. C., J. H. Frederiksen (1979) Partition of the nitrogen in sheep faeces with detergent solutions, and its application to the estimation of the true digestibility of dietary nitrogen and the excretion of non dietary faecal nitrogen. Z Tierphysiol Tierernährg Futtermittelkd 41: 121-131

McDonald, D. (Hrsg.) (1984) The Encyclopedia of Mammals. Equinox, Oxford

McQueen, R. E., J. W. G. Nicholson (1979) Modification of the neutral-detergent fiber procedure for cereals and vegetables by using alpha-amylase. J Assoc Off Anal Chem 62: 676-680

McCaskill, L. (1997) Husbandry and management of the southern black rhino (*Diceros bicornis Minor*) at White Oak Conservation Center. *Animal Keepers` Forum* 24: 443-448

Merchen, N. R. (1988) Digestion, absorption and excretion in ruminants. Aus: D. C Church. (Hrsg.). *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall: 172-201

Meyer, H. (1992) Intestinaler Wasser- und Elektrolytstoffwechsel des Pferdes. *Übers Tierernährg* 20: 135-166

Meyer, H., B. Stadermann (1990) Möglichkeiten zur Bestimmung der Mineralstoffversorgung des Pferdes durch Harnanalysen. *Fortschr Tierphysiol Tierernähr* 21: 86-97

Meyer, H., M. Coenen (2002) *Pferdefütterung*. 4. Auflage. Paul Parey Verlag, Berlin

Michael, A. L. (unveröffentlicht) Intake, digestibility and passage rate of Mahang Hijau leaves (*Macaranga triloba*) supplemented with Banana (*Musa spp.*) by the sumatran rhinoceros (*Dicerorhinus sumatrensis*). Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science University Pertanian, Malaysia

Miller, R. E., W. J. Boever (1982) Fatal hemolytic anemia in the black rhinoceros: case report and a survey. *JAVMA* 181 (11): 1228-1231

Miller, R. E., R. C. Cambre, A. de Lahunta, R. E. Brannian, T. R. Spraker, C. Johnson, W. J. Boever (1990) Encephalomalacia in Three Black Rhinoceroses (*Diceros bicornis*). *J Zoo Wildl Med* 21: 192-199

Miller, R. E. (1994) Diseases of black rhinoceroses in captivity. Proc Symp "Rhinos as Game Ranch Animals", Onderstepoort: 180-185

Miller, R. E. (1995) Selected Diseases of Black Rhinoceroses in Captivity. *Verh ber Erkr Zootiere* 37: 47-52

Miller, E. (1996) Health. Aus: M. Fouraker, T. Wagener (Hrsg.) AZA Rhinoceros husbandry resource manual. Fort Worth Zoological Park, Cockerell Printing Company: 41-51

Miller, R. E. (2001) An overview of diseases of black rhinoceroses in North America 1980-2001. Proc Int Elephant and Rhino Research Symp, Vienna: 174-180

Miraglia, N., D. Bergero, B. Bassano, M. Tarantola, G. Ladetto (1999) Studies of apparent digestibility in horses and the use of internal markers. *Livestock Prod Sci* 60: 21-25

Mukinya, J. G. (1977) Feeding and drinking habits of the black rhinoceros in Masai Mara Game Reserve. *E Afr Wildl J* 15: 125-138

Munson, L. (1993) Mucosal and cutaneous ulcerative syndrome in black rhinoceros (*Diceros bicornis*). Aus: O. A. Ryder (Hrsg.), Rhinoceros biology and conservation. Zool Soc San Diego: 354-356

Munson, L., J. W. Koehler, J. E. Wilkinson, R. E. Miller (1998) Vesicular and ulcerative dermatopathy resembling superficial necrolytic dermatitis in captive black rhinoceroses (*Diceros bicornis*). *Vet Pathol* 35: 31-42

Munson, L., R. E. Miller (1999) Skin diseases of black rhinoceroses. Aus: M. E. Fowler, R. E. Miller (Hrsg.), Zoo and Wild Animal Medicine. 4. Auflage, W. B Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania: 551-555

Murnane, R. D., S. A. Raverty, M. Briggs, L. G. Phillips (1994) Chronic recurrent anemia, massive pulmonary and systemic mineralization, chronic interstitial nephritis and membranoproliferative glomerulonephritis, and hemosiderosis with myelophthisis in an euthanatized black rhinoceros. Proc AAZV: 325-331

Murray, S., N. P. Lung, T. P. Alvarado, K. C. Gamble, M. A. Miller, D. E. Paglia, R. J. Montali (1999) Idiopathic hemorrhagic vasculopathy syndrome in seven black rhinoceros. JAVMA 216: 230-233

Muya, S. M., N. O. Oguge (2000) Effects of browse availability and quality on black rhino (*Diceros bicornis michaeli* Groves 1967) diet in Nairobi National Park, Kenya. Afr J Ecol, 38: 62-71

Naumann, C., R. Bassler (Hrsg.) (1997) Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Methodenbuch, Band 3. Verlag J. Neumann - Neudamm

Nelson, L., M. E. Fowler (1986) Rhinocerotidae. Aus: M. E. Fowler (Hrsg.), Zoo and Wild Animal Medicine, 2. Auflage. W. B. Saunders Company, Philadelphia, PA: 934-938

Nieper, F. M. (1998) Aspects of nutrition concerning the black rhinoceros (*Diceros Bicornis*) - regarding salivary tannin-binding proteins and captive diet adequacy. 4th Year Animal Production Project, University of Sidney

NRC (1989) (National Research Council) Nutrient requirements of horses. 5. Auflage, National Academy Press, Washington DC

Oftedal, O. T., D. J. Baer, M. E. Allen (1996) The feeding and nutrition of herbivores. Aus: D. G. Kleimann, M. E. Allen, K. V. Thompson, S. Lumpkin (Hrsg.), Wild Mammals in Captivity: Principles and Techniques. University of Chicago Press, Chicago: 129-138

Oloo, T. W., R. Brett, T. P. Young (1994) Seasonal variation in the feeding ecology of black rhinoceros (*Diceros bicornis* L.) in Laikipia, Kenya. Afr J Ecol 32:142-157

Owen-Smith, R. N. (1982) Factors influencing the consumption of plant products by large herbivores. Aus: B. J. Huntley, B. H. Walder (Hrsg.) The Ecology of Tropical Savannas. Springer-Verlag, Berlin: 359-404

Owen-Smith, R. N. (1988) Megaherbivores: the influence of very large body size on ecology. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Pagan, J. D. (1998) Factors affecting mineral digestibilities in horses. Aus: J. D. Pagan (Hrsg.) Advances in equine nutrition. Proc Equine Nutr Conf, Lexington, Kentucky: 89-104

Paglia, D. E., R. E. Miller (1992) Erythrocytic ATP deficiency and acatalasemia in the black rhinoceros and their pathogenic roles in acute episodic hemolysis and mucocutaneous ulcerations. Proc Joint Meeting AAZV / AAWV

Paglia, D. E., R. E. Miller (1993) Erythrocytes of the black rhinoceros (*Diceros bicornis*): susceptibility to oxidant-induced haemolysis. Int Zoo Yb 32: 20-27

Paglia, D. E., R. E. Miller, S. W. Renner (1996) Is impairment of oxidant neutralization the common denominator among diverse diseases of black rhinoceroses? Proc AAZV: 37-41

Paglia, D. E. (1999) On the significance of hemosiderosis in captive rhinoceroses: a convergent hypothesis on the role of chronic iron overload in multiple disorders of black rhinoceroses. Acquired Hemochromatosis Hypothesis 8/12/98; last revision 4/21/99; not for publication: intended for internal and discussion by rhinoceros researchers, veterinarians, consultants, and conservationists)

Paglia, D. E., P. Dennis (1999) Role of chronic iron overload in multiple disorders of captive black rhinoceroses (*Diceros bicornis*). Proc AAZV: 163-171

Paglia, D. E., D. E. Kenny, E. S. Dierenfeld, I-H. Tsu (2001a) Role of excessive maternal iron in the pathogenesis of congenital leukoencephalomalacia in captive black rhinoceroses (*Diceros bicornis*). AJVR 62: 343-349

Paglia, D. E., B. Weber, I. Baumgarten, E. H. Harley (2001b) Radiometric assessment of hexose monophosphate shunt capacity in erythrocytes of rhinoceroses. AJVR 62: 1113-1117

Parra, R. (1978) Comparison of foregut and hindgut fermentation in herbivores. Aus: G. H. Montgomery (Hrsg.) The ecology of arboreal folivores. Smithsonian Institution Press, Washington DC: 205-229

Paul, B., R. du Toit, S. Lloyd, A. Mandisodza (1988) Haematological studies on wild black rhinoceros (*Diceros bicornis*) - evidence of an unstable haemoglobin. J Zool Lond 214: 399-405

Pessier, A. P., L. Munson, R. E. Miller (2004) Oral, nasal, and cutaneous eosinophilic granulomas in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*): a lesion distinct from superficial necrolytic dermatitis. J Zoo Wildl Med 35: 1-7

Pienaar, D. J. (1994) Habitat preferences of the white Rhino in the Kruger National Park. Proc Symp "Rhinos as a Game Ranch Animals", Onderstepoort, Republic of South Africa

Pienaar, D. J., J. G. du Toit (1996) White and black rhinoceroses. Aus: J. du P. Bothma (Hrsg.), Game Ranch Management, 3. Auflage, J.L. van Schaik Publishers, Pretoria: 448-455

Player, I. C., J. M. Feely (1960) A preliminary report on the square-lipped rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*). Lammergeyer 1: 3-5

Pole, A. (1995) Feeding ecology of semi-intensive black rhinoceros (*Diceros bicornis*) in a highveld habitat.

Polster, C. (2004) Untersuchung zu Fütterung und Verdauungsphysiologie am Indischen Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*). Diss. med. vet., München

Poppi, D. P., B. W. Norton, D. J. Minson, R. E. Hendricksen (1980) The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. J Agric Sci 94: 275-280

Puschmann, W. (1989) Zootierhaltung Band 2: Säugetiere, Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

Reuter, H.-O., K. Adcock (1998) Standardised body scoring system for black rhinoceros (*Diceros bicornis*). *Pachyderm* 26: 116-121

Ritchie, A. T. A. (1963) The black rhinoceros (*Diceros bicornis* L.). *E Afr Wildl J* 1: 54-62

Rittner, U., J. D. Reed (1992) Phenolics and in vitro degradability of protein and fibre in West African browse. *F Sci Food Agric* 38: 21-28

Robbins, C. T., A. E. Hagermann, P. J. Austin, C. McArther, T. A. Hanley (1991) Variation in mammalian physiological responses to a condensed tannin and its ecological implications. *J Mamm* 72 (3): 480-486

Rogers, P. S. (1993) Care of black rhinoceros *Diceros bicornis* in captivity. Aus: A. McKenzie (Hrsg.), *The capture and care manual: capture, care, accommodation and transportation of wild African animals*. Wildlife Decision Support Services and The South African Veterinary Foundation, Pretoria: 558-562

Rübel, A. (1990) Erkrankungen von Spitzmaulnashörnern im Züricher Zoo. *VAZ* 10: 51-53

Scharrer; E., S. Wolfram (2000) Funktion des Dünndarms und seiner Anhangdrüsen. Aus: W. von Engelhardt, G. Breves (Hrsg.), *Physiologie der Haustiere*. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart: 369-394

Schaurte, W. T. (1966) Beiträge zur Kenntnis des Gebisses und Zahnbaues der afrikanischen Nashörner. *Säugetierkundl Mitt* 14: 327-341

Schenkel, R., L. Schenkel-Hullinger (1969) Ecology and behaviour of the black rhinoceros (*Diceros bicornis L.*). Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin

Schmid, M. (1980) Untersuchungen über die Verträglichkeit und Verdaulichkeit eines pelletierten Mischfutters für Pferde in Kombination mit Heu und NH₃-aufgeschlossenem Stroh. Diss. med. vet., Hannover

Schrag, I. (1999) Untersuchungen zur Bruttoenergiebestimmung an isolierten Einzellfuttermitteln sowie an kommerziellen Futtermitteln für Hund und Katze. Diss. med. vet., München

Schrug, W. A. (1981) Compilation of data evaluating various techniques for determining digestion of equine rations. Equine Nutr Physiol Symp 7: 1

Schryver, H. F., P. H. Craig, H. F. Hintz (1970) Calcium metabolism in ponies fed varying levels of calcium. J Nutr 100: 955-964

Schubert, R., R. Fuchs (1987) Futteraufnahme, Lebendmasseveränderung und Verdaulichkeit der Ration bei Verabreichung von NH₃-behandelten oder unbehandeltem Weizenstroh an Pferde. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R. 36: 254-259

Schwartz, C. C., W. L. Regelin, A. W. Franzmann (1985) Suitability of a formulated ration for moose (*Alces alces*). J Wildl Manage 49: 137-141

Shahkhalili, Y., P. A. Finot, R. Hurrell, E. Fern (1990) Effects of foods rich in polyphenolics on nitrogen excretion in rats. J Nutr 120: 346-352

Short, H. L., R. M. Blair, C. A. Segelquist (1974) Fiber composition and forage digestibility by small ruminants. *J Wildl Manage* 38: 197-209

Silbermann, M. S., R. B. Fulton (1979) Medical problems of captive and wild rhinoceros - a review of the literature and personal experiences. *J Zoo An Med* 10: 6-16

Smith, A. D., R. B. Turner, G. E. Harris (1956) Apparent digestibility of lignin by mule deer (*Odocoileus hemionus*). *J Range Manage* 9: 142-145

Smith, J. E., P. S. Chavey, R. E. Miller (1995) Iron metabolism in captive black (*Diceros bicornis*) and white (*Ceratotherium simum*) rhinoceroses. *J Zoo Wildl Med* 26: 525-531

Spala, P., P. Hradecky (1993) Preliminary determination of nutritional requirements of the pregnant black rhinoceros (*Diceros bicornis*). O. A. Ryder (Hrsg.) Rhinoceros biology and conservation. Proceedings of an international conference, San Diego, California. Zoological Society of San Diego: 277-281

Stevens, C. E., I. D. Hume (1995) Comparative physiology of the vertebrate digestive system. Cambridge University Press, Cambridge

Strauß, G., J. Wisser (1995) Veterinärmedizinische Aspekte der Nashornhaltung im Tierpark Berlin - Friedrichsfelde. *Verh ber Erkr Zootiere* 37: 59-69

Stuart, C., T. Stuart (1996) Rhinos - on the horns of a dilemma. Africa's vanishing wildlife. Southern Book Publishers, South Africa

Suedmeyer, W. K., E. S. Dierenfeld (1998) Clinical experience with fatty acid supplementation in a group of black rhinoceros (*Diceros bicornis*). *Proc AAVZ*: 113-115

Taugner, F., R. Göltenboth, J. Hentschke (1995) Beitrag zur Hämolyse bei Spitzmaulnashörnern. Verh ber Erkr Zootiere 37: 71-77

Ullrey, D. E., P. T. Robinson, P. A. Whetter (1979) Comparative digestibility studies with zoo herbivores. Proc AAZV: 120-121a

Ullrey, D. E., P. K. Ku, P. A. Whetter, P. T. Robinson (1989) Black rhinoceros (*Diceros bicornis*) erythrocyte stability. Proc AAZV: 19-22

UNEP-WCMC (2004) (United Nations Environment Programme - World Conservation Monitoring Centre) UNEP-WCMC Species Database: CITES-Listed Species. www.sea.unep-wcmc.org (eingesehen am 18.10.2004)

Váhalá, J. (1990) Brief analysis of veterinary care of black rhinoceros at Dvůr Králové Zoo. Verh ber Erkr Zootiere 32: 261-275

Van Soest, P. J. (1967) Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. J Anim Sci 26: 119-125

Van Strien, N. J. (1986) The Sumatran rhinoceros *Dicerorhinus sumatrensis* (Fischer, 1814) in the Gunung Leuser National Park Sumatra, Indonesia. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin

Von Engelhardt, W. (2000) Vergleichende Aspekte der Vormagen- und Dickdarmverdauung. Aus: W. von Engelhardt, G. Breves (Hrsg.), Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart: 402-405

Von Engelhardt, W., G. Breves (Hrsg.) (2000) Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart

Weber, B. W., D. E. Paglia, E. H. Harley (2004) Elevated free tyrosine in rhinoceros erythrocytes. *Comp Biochem Physiol* 138: 105-109

Weinberg, E. D. (1978) Iron and infection. *Microbiol Rev* 42: 45-66

Wilson, V. J., P. W. Edwards (1965) Data from a female rhinoceros and foetus (*Diceros bicornis*) from the Fort Jameson District. *Puku* 3: 179-180

Woods, R., D. J. Blyde, J. T. Seaman, A. H. Thorne (1999) Fungal pneumonia in a captive black rhinoceros. *Aust Vet J* 77: 717-719

Worley, M. B., A. C. Carpenter (1995) Red blood cell enzymes in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*): initial molecular studies of catalase. *Verh ber Erkrz Zootiere*

Wright, J. B., D. L. Brown, E. S. Dierenfeld (1996) Omega-3 fatty acids in the nutrition of the black rhinoceros (*Diceros bicornis*) in Captivity in the United States. *Proc Cornell Nutr Conf*: 87-91

37: 41-45

Wright, J. B., D. L. Brown (1997) Identification of 18:3 (n-3) linolenic acid, 18:3 (n-6) linolenic acid and 18:2 n-6) linoleic acid in Zimbabwean browses preferred by wild black rhinoceroses (*Diceros bicornis*) determined by GC-MS analysis. *Anim Feed Sci Technol* 69: 195-199

Wright, J. B. (1998) A comparison of essential fatty acids, total lipid, and condensed tannin in the diet of captive black rhinoceroses (*Diceros bicornis*) in North America and in browses native to Zimbabwe, Africa. MSc Thesis, Cornell University

Zeyner, A., C. Geißler, H. Kaske, R. Fuchs (1992a) Untersuchungen zur Beurteilung der Futterration mittels Kotwasseranalysen (Wasser, pH, org. Säuren). 1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 88-91

Zeyner, A. M. Hoffmann, R. Fuchs (1992b) Möglichkeiten zur Schätzung des Energiegehaltes in Rationen zur Sportpferdefütterung, 1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 175-178

Zmija, G (1991) Fütterungspraxis bei Galopp- und Trabrennpferden. Diss. med. vet., Hannover

8 Tabellenanhang

8.1 Diese Studie

Tab.8.1 Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (WWAP, Köln)

Haltung	Tier	Ration	[kg]	[% KM]	[g/kg MKM]
WWAP	E	N	11,8	1,1	63,5
	Q	N	17,0	1,5	87,2
	E	Q	15,5	1,5	83,1
	Q	Q	21,5	1,9	110,0
	E	T	13,7	1,3	73,5
	Q	T	21,0	1,8	107,3
Köln	Ta	N	18,6	2,1	113,0
	Ti	N	17,4	1,9	105,9
	Ta	Q	17,9	2,0	108,7
	Ti	Q	11,3	1,3	68,5
	Ta	T	20,2	2,2	122,8
	Ti	T	18,8	2,1	114,2

Tab. 8.2 Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (Zürich)

Haltung	Tier	Ration	[kg]	[% KM]	[g/kg MKM]
Zürich	P	N	14,5	1,2	71,2
	S	N 1	9,1	1,0	55,6
	S	N 2	9,9	1,1	60,3
	W	N	8,8	1,0	53,7
	S	Q	10,3	1,1	62,8
	P	T	13,0	1,1	63,6
	S	T	11,1	1,2	67,7
	W	T	10,2	1,1	62,3
	M	N _A 1	9,5	1,2	65,6
	M	N _A 2	9,2	1,2	63,4
	M	Q _A	9,5	1,3	65,7
	M	T _A	10,4	1,4	71,9
	P	L 1	16,9	1,4	83,1
	W	L 1	11,7	1,3	71,3
	P	L 2	17,3	1,4	85,0
	W	L 2	13,6	1,5	82,7
	M	Q/N	10,4	1,4	71,8
	P	Q/N	14,7	1,2	72,1
	S	Q/N	10,0	1,1	60,9
	W	Q/N	10,5	1,2	63,6

Tab.8.3 TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme] (WWAP, Köln)

Haltung	Tier	Ration						Anteil [%]	
			Luzerneheu	Grasheu	Blätter, Zweige	Krafftutter	Obst, Gemüse	strukturiert	unstrukturiert
WWAP	E	N	25	-	-	69	6	25	75
	Q	N	40	-	-	55	4	40	60
	E	Q	41	-	-	53	6	41	59
	Q	Q	50	-	-	48	3	50	50
	E	T	42	-	-	52	6	42	58
	Q	T	46	-	-	52	2	46	54
Köln	Ta	N	-	70	5	18	6	75	25
	Ti	N	-	68	6	19	7	74	26
	Ta	Q	-	68	5	22	5	73	27
	Ti	Q	-	58	4	31	7	62	38
	Ta	T	-	71	5	19	5	76	24
	Ti	T	-	70	4	20	5	74	26

Tab. 8.4 TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme] (Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Luzerneheu	Grasheu	Blätter, Zweige	Krafftutter	Obst, Gemüse	Anteil [%]	
								strukturiert	unstrukturiert
Zürich	P	N	24	39	-	29	8	63	37
	S	N 1	13	28	-	47	12	41	59
	S	N 2	-	43	-	50	7	43	57
	W	N	19	17	-	52	12	36	64
	S	Q	13	30	-	48	9	44	56
	P	T	20	28	-	45	7	48	52
	S	T	8	27	-	56	9	35	65
	W	T	12	20	-	58	9	33	67
	M	N _A 1	22	12	-	54	11	34	66
	M	N _A 2		2	-	91	7	2	98
	M	Q _A	32	10	-	48	10	42	58
	M	T _A	22	9	-	60	10	31	69
	P	L 1	-	48	18	30	4	66	34
	W	L 1	-	40	13	41	5	53	47
	P	L 2	18	41	22	14	5	81	19
	W	L 2	19	39	21	15	6	79	21
	M	Q/N	4	2	-	86	8	5	95
	P	Q/N	28	27	-	39	5	56	44
	S	Q/N	6	34	-	52	7	40	60
	W	Q/N	28	17	-	48	7	45	55

Tab.8.5 Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Futterrationen (WWAP, Köln, Zürich)

Hal- tung	Tier	Ration	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	GE
WWAP	E	N	92,5	7,5	15,1	2,8	23,6	51,0	30,0	18,3
	Q	N	92,7	7,3	15,1	2,4	26,8	48,5	26,2	18,3
	E	Q	92,3	7,7	13,7	2,0	30,0	46,5	26,3	18,4
	Q	Q	92,3	7,7	13,8	1,8	32,6	44,1	23,3	18,4
	E	T	92,7	7,3	14,0	2,4	27,6	48,8	27,3	18,4
	Q	T	92,6	7,4	14,4	2,3	29,3	46,6	23,8	18,4
Köln	Ta	N	92,2	7,8	12,2	4,8	24,3	50,9	25,3	18,7
	Ti	N	92,2	7,8	12,3	4,8	23,9	51,2	25,8	18,6
	Ta	Q	93,7	6,3	8,5	4,9	24,0	56,4	31,4	18,4
	Ti	Q	93,2	6,8	8,8	5,9	22,2	56,4	32,9	18,5
	Ta	T	92,4	7,6	10,6	3,8	22,1	55,9	28,5	18,3
	Ti	T	92,4	7,6	10,6	3,9	21,9	56,0	28,8	18,2
Zürich	P	N	93,4	6,6	11,4	1,7	22,5	57,8	36,9	18,1
	S	N 1	93,6	6,4	11,3	1,9	19,1	61,3	41,7	18,1
	S	N 2	93,5	6,5	9,4	1,5	20,8	61,8	41,8	18,0
	W	N	93,3	6,7	12,6	1,9	17,0	61,9	45,0	18,1
	S	Q	93,6	6,4	10,7	1,8	19,0	62,1	40,8	18,0
	P	T	93,4	6,6	12,0	1,5	20,7	59,3	40,0	18,0
	S	T	93,7	6,3	11,7	1,6	17,5	62,9	44,6	17,9
	W	T	93,5	6,5	12,0	1,7	17,5	62,3	44,5	17,9
	M	N _A 1	93,0	7,0	13,1	2,0	17,0	60,9	43,8	18,1
	M	N _A 2	90,5	9,5	14,6	2,4	13,6	59,9	41,9	17,6
	M	Q _A	92,1	7,9	13,1	1,9	19,6	57,5	40,9	17,9
	M	T _A	93,3	6,7	12,8	1,6	17,0	61,9	46,3	18,0
	P	L 1	93,7	6,3	8,1	1,3	27,2	57,2	33,6	18,2
	W	L 1	93,7	6,3	8,9	1,5	23,8	59,5	38,0	18,1
	P	L 2	93,7	6,3	8,1	1,6	31,7	52,3	23,0	18,4
	W	L 2	93,5	6,5	8,1	1,7	31,1	52,6	23,2	18,4
	M	Q/N	90,3	9,7	14,2	2,5	15,5	58,0	38,6	17,7
	P	Q/N	93,0	7,0	11,7	1,5	24,1	55,7	32,9	18,1
	S	Q/N	93,4	6,6	10,6	1,8	21,0	60,0	36,8	18,1
	W	Q/N	92,9	7,1	12,3	1,7	21,9	57,0	36,5	18,1

Tab.8.6 Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Futterrationen (WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
WWAP	E	N	44,6	29,3	6,0	15,3	23,3	0,9
	Q	N	49,1	33,6	6,8	15,4	26,8	0,8
	E	Q	50,3	34,7	7,4	15,5	27,3	0,7
	Q	Q	53,5	37,7	8,0	15,8	29,7	0,7
	E	T	49,1	33,6	7,0	15,5	26,6	0,8
	Q	T	52,0	35,5	7,1	16,5	28,4	0,8
Köln	Ta	N	50,0	26,5	2,2	23,5	24,3	2,3
	Ti	N	49,3	26,2	2,2	23,1	23,9	2,3
	Ta	Q	49,0	26,3	1,9	22,7	24,4	1,5
	Ti	Q	45,6	24,5	2,0	21,2	22,5	1,5
	Ta	T	49,6	26,4	1,5	23,1	24,9	2,0
	Ti	T	49,2	26,1	1,5	22,9	24,6	2,1
Zürich	P	N	43,3	26,1	3,7	17,3	22,4	1,0
	S	N 1	38,6	22,3	3,1	16,4	19,1	1,1
	S	N 2	40,7	23,8	2,7	17,0	21,1	1,4
	W	N	34,0	19,7	3,0	14,3	16,7	0,9
	S	Q	40,3	23,1	2,9	17,2	20,3	1,4
	P	T	39,9	23,6	3,2	16,3	20,3	1,1
	S	T	35,9	20,0	2,4	15,9	17,6	1,2
	W	T	35,3	20,1	2,7	15,2	17,4	1,2
	M	N _A 1	34,1	19,7	3,1	14,3	16,6	0,9
	M	N _A 2	31,6	16,4	2,6	15,2	13,7	2,8
	M	Q _A	36,2	21,7	3,8	14,5	17,9	1,1
	M	T _A	32,6	19,5	3,1	13,1	16,5	1,1
	P	L 1	50,7	31,5	4,9	19,3	26,6	1,4
	W	L 1	45,3	27,5	4,1	17,8	23,4	1,3
	P	L 2	60,9	39,0	6,6	21,9	32,5	1,4
	W	L 2	60,5	38,6	6,6	22,0	32,0	1,4
	M	Q/N	34,9	18,6	3,2	16,4	15,4	2,9
	P	Q/N	46,8	28,0	4,8	18,8	23,2	0,9
S	Q/N	44,2	24,4	3,1	19,9	21,3	1,2	
W	Q/N	42,4	25,5	4,7	16,9	20,8	0,9	

Tab.8.7 Gehalt an Makroelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futterrationen (WWAP, Köln, Zürich)

Hal- tung	Tier	Rati- on	Ca	K	Mg	Na	P	Co	Cu	Fe	Mn	Zn
WWA P	E	N	10,8	20,1	2,8	4,5	5,3	1,2	13,4	321	83,2	99,7
	Q	N	11,0	20,6	2,5	3,9	5,0	1,0	12,2	264	70,8	86,0
	E	Q	10,4	23,5	2,9	3,8	4,6	1,7	11,3	285	76,5	78,6
	Q	Q	10,4	24,3	2,7	3,4	4,5	1,6	10,7	262	69,8	72,3
	E	T	10,0	16,9	2,2	3,8	4,3	1,1	11,5	241	65,0	66,3
	Q	T	10,6	17,2	2,2	3,6	4,5	1,1	11,7	247	66,6	67,2
Köln	Ta	N	7,1	28,0	2,6	1,5	4,1	0,3	11,8	196	114,7	85,7
	Ti	N	7,4	28,0	2,6	1,6	4,1	0,3	12,2	200	116,6	90,3
	Ta	Q	5,9	19,0	1,8	1,9	3,2	0,3	10,2	217	108,6	85,4
	Ti	Q	7,1	18,1	2,0	2,7	3,6	0,4	13,8	251	112,3	121,0
	Ta	T	7,2	26,2	2,3	1,6	4,2	0,3	10,9	218	83,5	85,9
	Ti	T	7,3	26,3	2,3	1,7	4,3	0,3	11,4	220	83,3	90,3
Zürich	P	N	8,8	31,1	1,8	2,7	3,3	0,2	6,0	278	76,6	33,9
	S	N 1	7,6	35,0	1,8	4,2	3,5	0,3	6,7	376	72,7	39,4
	S	N 2	5,4	29,4	1,4	5,0	2,5	0,3	5,8	389	39,0	35,6
	W	N	8,3	35,8	1,8	5,0	3,6	0,3	7,0	382	61,7	39,8
	S	Q	9,6	29,6	1,6	4,9	2,8	0,3	5,4	489	42,7	30,0
	P	T	7,0	32,3	1,6	5,9	3,3	0,3	6,3	504	52,2	33,0
	S	T	6,2	33,2	1,6	7,2	3,5	0,3	6,3	560	53,0	35,2
	W	T	6,8	31,1	1,7	7,3	3,5	0,3	6,4	608	54,4	36,1
	M	N _A 1	9,1	35,1	1,9	4,9	3,8	0,3	7,4	420	60,9	42,0
	M	N _A 2	8,4	43,6	2,0	5,6	4,2	0,5	8,7	1009	66,8	42,6
	M	Q _A	15,8	43,7	1,6	4,9	3,5	0,3	6,2	580	48,4	30,7
	M	T _A	7,4	37,1	1,6	7,4	3,5	0,3	6,4	588	51,9	35,4
	P	L1	6,8	22,6	1,4	3,0	1,9	0,2	5,7	322	30,5	31,3
	W	L1	6,5	22,0	1,4	4,0	2,2	0,2	5,9	354	34,8	34,2
	P	L2	12,3	26,2	1,6	1,9	2,0	0,3	5,3	466	42,7	39,3
	W	L2	12,4	27,0	1,6	2,0	2,1	0,3	5,4	491	46,1	40,6
	M	Q/N	8,9	39,5	2,0	5,1	4,1	0,5	8,7	996	67,7	42,4
	P	Q/N	9,4	26,3	1,5	3,8	3,2	0,3	6,7	376	41,4	33,0
S	Q/N	6,7	27,7	1,5	4,9	3,0	0,3	6,4	434	47,3	37,1	
W	Q/N	9,5	25,8	1,6	4,6	3,4	0,3	7,1	414	43,8	35,7	

Tab.8.8 TS-Kotmenge [kg/d], Kot-TS [% uS], Gehalt an oS [% TS], Rohnährstoffen [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g] (WWAP, Köln)

Haltung	Tier	Ration	Kotmenge	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
WWAP	E	N	4,8	19,9	91,1	8,9	12,7	2,9	40,1	35,3	9,9	65,5	45,1	13,2	20,4	31,9	2,6	19,6
	Q	N	8,3	20,6	92,7	7,3	10,6	2,7	44,4	35,0	7,1	72,3	51,1	15,4	21,2	35,7	1,6	20,1
	E	Q	7,3	18,9	92,7	7,3	13,3	2,3	40,5	36,5	10,9	66,1	46,0	12,3	20,1	33,7	1,2	20,1
	Q	Q	10,7	20,6	93,0	7,0	10,9	2,4	43,4	36,2	11,2	68,5	47,3	13,3	21,3	34,0	1,3	20,0
	E	T	6,3	19,3	92,2	7,8	14,3	2,8	38,8	36,4	11,0	64,1	43,5	11,8	20,7	31,7	1,7	20,1
	Q	T	9,4	20,6	92,5	7,5	10,9	2,8	42,0	36,7	10,3	68,5	46,4	13,4	22,1	33,0	1,7	19,7
Köln	Ta	N	10,0	17,9	90,5	9,5	10,3	4,0	32,6	43,7	7,4	68,9	38,4	4,5	30,5	33,9	4,3	19,2
	Ti	N	8,8	17,4	89,8	10,2	11,7	4,8	29,4	43,9	8,7	64,6	35,6	4,9	29,0	30,7	4,1	19,8
	Ta	Q	8,8	19,0	90,0	10,0	9,6	5,2	31,9	43,3	8,9	66,3	36,9	4,5	29,4	32,3	4,4	19,6
	Ti	Q	4,9	16,6	89,9	10,1	12,3	6,1	28,4	43,2	11,5	60,0	33,3	4,5	26,7	28,8	4,0	20,6
	Ta	T	9,9	18,2	91,2	8,8	10,5	4,3	33,0	43,3	7,9	68,5	39,1	4,8	29,4	34,3	3,6	19,6
	Ti	T	8,8	17,6	90,3	9,7	11,5	4,8	31,3	42,7	9,7	64,3	35,6	5,0	28,7	30,6	3,8	19,9

Tab. 8.9 TS-Kotmenge [kg/d], Kot-TS [% uS], Gehalt an oS [% TS], Rohnährstoffen [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g] (Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Kotmenge	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Zürich	P	N	5,4	17,2	91,2	8,8	8,4	2,3	40,8	39,8	8,8	71,8	45,8	9,6	26,0	36,2	3,5	18,9
	S	N 1	3,4	18,6	89,4	10,6	11,0	3,0	35,6	39,7	11,2	64,2	40,0	8,6	24,2	31,3	4,8	19,2
	S	N 2	3,4	16,6	90,8	9,2	10,3	2,4	36,6	41,5	11,1	66,9	41,8	7,1	25,2	34,7	2,8	19,3
	W	N	2,5	17,7	87,8	12,2	9,6	3,0	37,1	38,1	7,0	68,3	44,5	10,6	23,8	33,8	6,1	18,4
	S	Q	3,9	20,9	91,7	8,3	11,4	3,0	35,7	41,6	10,5	66,8	41,0	7,1	25,8	33,9	3,1	19,3
	P	T	4,7	19,9	90,5	9,5	10,0	4,3	36,0	40,2	9,3	66,8	42,0	8,9	24,8	33,1	3,9	19,8
	S	T	3,9	18,4	89,6	10,4	13,9	4,5	31,7	39,6	11,5	59,9	35,9	7,5	24,0	28,4	4,1	19,7
	W	T	3,2	18,4	90,0	10,0	11,4	3,0	33,8	41,8	12,5	63,2	38,8	8,3	24,3	30,6	4,3	19,6
	M	N _A 1	2,9	19,1	88,3	11,7	11,0	3,6	34,3	39,4	11,1	62,6	39,8	9,9	22,8	29,9	5,3	19,5
	M	N _A 2	2,9	18,1	81,9	18,1	21,9	5,2	20,0	34,8	11,1	43,7	25,6	7,2	18,1	18,4	10,5	19,3
	M	Q _A	3,3	19,1	90,5	9,5	12,7	4,5	36,1	37,2	13,2	60,1	40,2	10,8	19,9	29,4	3,3	20,1
	M	T _A	2,8	18,9	89,2	10,8	13,9	5,4	32,5	37,3	11,0	58,8	37,3	10,5	21,6	26,8	4,0	20,1
	P	L1	7,5	20,5	92,6	7,4	7,8	2,7	39,5	42,5	9,0	73,1	47,1	9,2	26,0	38,0	2,6	19,3
	W	L1	4,5	20,1	90,5	9,5	9,4	2,5	37,4	41,2	12,3	66,2	42,6	8,7	23,6	34,0	3,3	19,4
	P	L2	9,0	22,0	93,5	6,5	7,0	2,6	44,2	39,6	7,5	76,4	50,5	11,1	25,9	39,4	2,8	19,5
	W	L2	8,8	22,6	93,2	6,8	7,2	2,2	42,4	41,5	9,2	74,7	49,7	8,8	24,9	41,0	2,9	19,3
	M	Q/N	3,6	20,2	85,4	14,6	17,5	4,1	25,6	38,3	13,1	50,7	30,3	7,9	20,4	22,4	8,0	19,5
	P	Q/N	6,5	21,4	92,0	8,0	9,0	3,9	39,5	39,5	6,4	72,6	47,4	11,7	25,2	35,7	3,1	19,6
	S	Q/N	4,2	20,0	91,3	8,7	10,6	3,7	34,5	42,4	12,6	64,3	38,8	7,1	25,5	31,7	2,9	19,6
	W	Q/N	4,1	21,3	91,4	8,6	10,0	2,0	38,5	40,9	9,9	69,5	45,0	11,3	24,5	33,7	3,3	19,4

Tab.8.10 sV [%] der TS, der oS, der Rohrnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA, der GE und des nZP (WWAP, Köln)

Haltung	Tier	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE	nZP
WWAP	E	N	59	60	52	65	58	31	72	86	40	37	11	46	44	-14	56	92
	Q	N	51	52	51	66	45	20	65	87	28	26	-9	33	35	9	47	91
	E	Q	53	53	55	54	46	37	63	81	38	38	22	39	42	24	48	91
	Q	Q	50	50	55	61	34	34	59	76	36	38	18	33	43	0	46	92
	E	T	54	55	51	53	47	36	66	82	40	41	23	39	46	3	50	90
	Q	T	55	55	54	66	47	36	65	81	41	41	16	40	48	8	52	93
Köln	Ta	N	46	47	34	55	55	28	54	84	26	22	-8	30	25	1	45	90
	Ti	N	50	51	34	52	50	38	57	83	34	31	-11	37	35	7	47	90
	Ta	Q	50	52	21	44	47	34	62	86	33	31	-16	36	34	-42	47	89
	Ti	Q	57	58	35	40	56	45	67	85	43	41	1	46	45	-15	52	91
	Ta	T	51	52	43	52	44	27	62	86	32	28	-54	38	33	14	47	90
	Ti	T	53	54	40	49	42	33	64	84	39	36	-55	41	42	15	49	90

Tab. 8.11 sV [%] der TS, der oS, der Rohnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA, der GE und des nZP (Zürich)

Haltung	Tier	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE	nZP
Zürich	P	N	62	63	50	72	48	32	74	91	38	34	3	43	39	-30	61	93
	S	N 1	63	65	39	64	41	31	76	90	39	34	-1	46	40	-68	61	93
	S	N 2	66	67	52	62	46	40	77	91	44	40	10	49	44	33	63	93
	W	N	72	74	49	79	55	39	83	96	44	37	0	53	43	-88	71	95
	S	Q	62	63	51	60	37	29	75	90	38	33	6	44	37	16	60	93
	P	T	64	65	48	70	0	37	76	92	40	36	0	45	41	-26	61	93
	S	T	65	67	42	59	3	37	78	91	42	37	-9	47	43	-20	62	92
	W	T	69	70	52	70	44	40	79	91	44	39	3	50	45	-12	66	95
	M	N _A 1	69	71	49	74	45	38	80	92	44	38	2	51	45	-75	67	94
	M	N _A 2	68	71	39	52	31	53	81	92	56	50	13	62	57	-18	65	88
	M	Q _A	66	66	59	67	19	37	78	89	43	36	3	53	44	-3	61	93
	M	T _A	73	74	57	71	9	48	84	94	51	48	7	55	56	0	70	93
	P	L 1	56	56	48	57	8	36	67	88	36	34	17	40	37	16	53	90
	W	L 1	62	63	42	60	36	40	74	88	44	41	20	49	45	3	59	93
	P	L 2	48	48	47	55	16	27	61	83	35	33	12	39	37	-4	45	87
	W	L 2	36	36	32	43	16	12	49	74	20	17	14	27	17	-32	32	87
	M	Q/N	66	67	48	58	44	43	77	88	50	44	13	57	50	4	62	90
	P	Q/N	56	56	49	66	-11	28	69	91	32	25	-9	41	32	-47	52	85
	S	Q/N	58	59	45	58	12	31	70	86	39	33	2	46	37	-2	54	91
	W	Q/N	61	61	52	68	54	31	72	89	35	30	5	43	36	-38	58	85

Tab.8.12 Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Makroelemente (WWAP, Köln)

Haltung	Tier	Ration	Ca			K			Mg			Na			P		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
WWAP	E	N	128,1	23,9	81	238,4	112,9	53	33,7	8,1	76	53,2	29,1	45	63,2	44,8	29
	Q	N	187,5	40,3	78	351,1	101,2	71	42,9	11,8	73	66,8	51,0	24	84,6	58,2	31
	E	Q	160,8	34,0	79	363,6	161,5	56	44,8	10,8	76	58,4	37,9	35	70,9	57,4	19
	Q	Q	224,3	52,3	77	523,1	164,3	69	58,7	19,3	67	72,5	62,5	14	96,8	76,5	21
	E	T	137,2	28,1	80	231,2	145,3	37	30,3	6,2	80	51,5	42,6	17	59,0	50,6	14
	Q	T	221,4	57,0	74	359,4	128,1	64	45,9	12,9	72	74,9	73,2	2	93,3	69,5	26
Köln	Ta	N	132,4	27,8	79	520,2	219,6	58	47,7	15,0	69	27,9	39,2	-40	75,5	60,0	21
	Ti	N	129,0	32,9	75	487,5	207,8	57	45,5	19,1	58	27,7	42,2	-52	72,2	65,4	9
	Ta	Q	105,8	36,8	65	339,4	180,5	47	33,0	13,8	58	33,7	43,4	-29	56,4	51,5	9
	Ti	Q	79,5	17,5	78	203,8	121,4	40	22,7	7,5	67	30,1	38,4	-28	40,1	32,7	18
	Ta	T	144,5	30,6	79	527,8	212,6	60	46,3	15,2	67	32,3	34,2	-6	85,0	60,9	28
	Ti	T	137,8	26,1	81	494,2	189,4	62	43,2	17,2	60	32,0	48,0	-50	81,3	62,9	23

Tab. 8.13 Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Makroelemente (Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Ca			K			Mg			Na			P		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
Zürich	P	N	128,2	18,0	86	451,4	93,7	79	26,8	4,4	84	39,3	40,7	-4	48,5	28,3	42
	Si	N 1	69,1	11,1	84	319,9	79,9	75	16,4	3,2	81	38,4	29,5	23	32,4	23,6	27
	S	N 2	53,8	8,7	84	291,2	85,2	71	14,2	3,7	74	49,2	25,3	49	24,4	21,5	12
	W	N	73,1	17,7	76	315,5	39,1	88	15,7	3,0	81	43,9	34,6	21	32,1	16,0	50
	S	Q	99,5	9,6	90	305,7	83,9	73	16,1	3,5	78	50,9	35,4	30	28,4	22,8	20
	P	T	90,6	16,2	82	418,3	71,9	83	20,7	5,0	76	76,4	39,8	48	43,2	33,8	22
	S	T	68,6	11,3	84	369,6	103,8	72	17,8	4,4	75	79,5	34,8	56	38,4	31,2	19
	W	T	69,7	13,5	81	318,7	50,9	84	17,0	4,0	77	74,7	44,2	41	35,8	22,7	37
	M	N _A 1	86,5	16,0	82	334,2	58,0	83	17,7	3,8	78	47,0	20,8	56	36,3	27,4	25
	M	N _A 2	77,4	16,0	79	400,8	92,2	77	18,1	6,8	63	51,8	26,0	50	38,3	27,5	28
	M	Q _A	150,6	21,0	86	416,6	80,8	81	15,7	4,1	74	46,6	30,7	34	33,7	28,4	16
	M	T _A	77,2	16,3	79	387,0	64,8	83	17,1	4,2	75	77,0	21,4	72	36,3	27,8	23
	P	L1	115,5	32,4	72	383,5	134,6	65	23,5	6,9	71	50,9	39,2	23	31,5	26,3	16
	W	L1	76,3	25,1	67	257,9	74,8	71	16,5	5,6	66	47,4	34,3	28	25,9	20,6	20
	P	L2	212,7	31,3	85	454,1	147,3	68	27,3	5,7	79	32,6	40,1	-23	34,5	25,6	26
	W	L2	169,2	35,4	79	366,5	154,5	58	21,8	7,0	68	26,9	45,9	-71	28,1	27,2	3
	M	Q/N	92,8	17,8	81	411,8	98,7	76	20,9	6,0	71	53,2	25,4	52	42,9	30,1	30
	P	Q/N	137,6	26,3	81	386,1	82,4	79	22,4	5,0	78	55,2	46,4	16	47,3	31,4	33
	S	Q/N	66,6	12,2	82	277,0	84,6	69	15,2	3,3	78	48,9	43,1	12	30,3	24,6	19
	W	Q/N	99,5	22,2	78	270,0	61,5	77	16,3	3,7	77	48,3	32,4	33	35,7	21,1	41

Tab.8.14 Tägliche Aufnahme (Auf.) [mg], fäkale Ausscheidung (Aus.) [mg] und sV [%] der Spurenelemente (WWAP, Köln)

Haltung	Tier	Ration	Co			Cu			Fe			Mn			Zn		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
WWAP	E	N	14,7	12,6	14	158	132	17	3801	5561	-46	985	861	13	1180	904	23
	Q	N	17,4	13,9	20	208	163	21	4491	5245	-17	1206	962	20	1464	1020	30
	E	Q	27,1	18,4	32	175	143	18	4417	4491	-2	1186	948	20	1219	1010	17
	Q	Q	34,8	24,3	30	230	203	12	5628	6104	-8	1501	1238	18	1554	1361	12
	E	T	14,4	9,3	36	157	130	17	3299	3526	-7	890	770	13	909	808	11
	Q	T	23,0	15,5	33	244	190	22	5167	5270	-2	1396	1173	16	1408	1197	15
Köln	Ta	N	5,0	4,0	19	219	141	35	3635	7128	-96	2131	1732	19	1592	823	48
	Ti	N	4,9	4,0	19	213	161	24	3483	7079	-103	2030	1705	16	1571	986	37
	Ta	Q	5,0	5,5	-10	181	187	-3	3871	9245	-139	1939	1398	28	1525	1075	30
	Ti	Q	4,2	3,3	20	155	155	0	2826	3175	-12	1265	913	28	1362	1231	10
	Ta	T	5,9	3,5	41	220	191	13	4390	4712	-7	1685	1528	9	1732	958	45
	Ti	T	5,7	3,6	37	213	207	3	4132	4741	-15	1562	1547	1	1694	1349	20

Tab. 8.15 Tägliche Aufnahme (Auf.) [mg], fäkale Ausscheidung (Aus.) [mg] und sV [%] der Spurenelemente (Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Co			Cu			Fe			Mn			Zn		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
Zürich	P	N	3,1	3,2	-1	88	58	34	4035	6335	-57	1112	1234	-11	492	287	42
	Si	N 1	2,6	2,9	-11	61	51	17	3430	5003	-46	664	750	-13	360	298	17
	S	N 2	2,7	3,3	-23	57	46	19	3850	5595	-45	386	363	6	353	246	30
	W	N	2,6	2,7	-5	61	48	21	3368	4759	-41	544	536	2	351	223	36
	S	Q	3,2	2,7	18	56	48	14	5043	3971	21	441	359	19	310	252	19
	P	T	3,7	3,2	12	82	67	19	6538	7826	-20	677	569	16	427	322	25
	S	T	3,4	3,0	11	70	60	13	6231	6530	-5	590	536	9	392	339	14
	W	T	3,4	2,8	16	66	51	23	6219	5366	14	557	456	18	370	269	27
	M	N _A 1	3,0	3,2	-6	70	66	7	3993	6555	-64	580	709	-22	399	309	23
	M	N _A 2	4,2	277,3		80	74	8	9281	11544	-24	614	618	-1	392	309	21
	M	Q _A	3,2	179,8		59	61	-3	5527	6366	-15	462	506	-9	292	289	1
	M	T _A	3,3	3,0	12	67	62	8	6135	6636	-8	541	490	9	370	306	17
	P	L1	3,6	5,3	-45	96	79	18	5456	8814	-62	517	530	-3	531	356	33
	W	L1	2,8	4,7	-67	70	68	2	4145	7592	-83	408	443	-9	401	288	28
	P	L2	4,9			92	84	9	8085	8271	-2	741	630	15	682	437	36
	W	L2	3,9	5,1	-30	74	80	-8	6678	7805	-17	626	602	4	552	406	26
	M	Q/N	5,1	4,1	21	91	72	21	10371	8305	20	705	620	12	441	333	24
	P	Q/N	4,0	3,3	18	98	77	21	5531	6833	-24	609	539	11	485	372	23
	S	Q/N	3,3	2,5	25	64	50	22	4343	4483	-3	473	415	12	371	291	22
	W	Q/N	3,2	2,5	22	74	53	29	4326	4612	-7	458	414	9	373	284	24

Tab.8.16 Laktatwerte im Kot [mmol/l Kotwasser]
(WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Laktat
WWAP	E	N	1,83
	Q	N	0,88
	E	Q	1,65
	Q	Q	1,86
	E	T	1,61
	Q	T	1,17
Köln	Ta	N	1,51
	Ti	N	2,04
	Ta	Q	1,66
	Ti	Q	1,79
	Ta	T	0,69
	Ti	T	1,21
Zürich	P	N	2,24
	S	N 1	2,25
	S	N 2	1,75
	W	N	1,82
	S	Q	2,08
	P	T	1,59
	S	T	1,39
	W	T	1,83
	M	N _A 1	1,59
	M	N _A 2	1,59
	M	Q _A	2,19
	M	T _A	1,43
	P	L1	1,57
	W	L1	1,95
	P	L2	1,85
	W	L2	2,48
	M	Q/N	1,43
	P	Q/N	2,30
	S	Q/N	1,63
	W	Q/N	2,09

Tab.8.17 Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot [mmol/l Kotwasser] (WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Rati- on	Summe							Verhält- nis			
			C2	C3	iC4	C4	iC5	C5	C2,3,4	C2:C3	%C2	%C3	%C4
WWAP	E	N	57,5	16,8	1,4	6,2	0,7	1,1	80,5	3,4	71	21	8
	Q	N	70,4	21,4	2,4	10,0	3,3	2,0	101,7	3,3	69	21	10
	E	Q	55,3	19,9	1,8	6,3	1,1	1,4	81,6	2,8	68	24	8
	Q	Q	65,6	19,4	2,8	9,1	3,1	1,9	94,1	3,4	70	21	10
	E	T	58,1	15,1	1,6	5,9	2,1	1,1	79,0	3,8	73	19	7
	Q	T	74,7	25,1	3,6	8,9	3,5	1,8	108,7	3,0	69	23	8
Köln	Ta	N	29,5	14,7	1,3	4,4	0,4	0,9	48,7	2,0	61	30	9
	Ti	N	36,7	16,6	1,5	4,8	0,3	0,9	58,1	2,2	63	29	8
	Ta	Q	34,1	12,1	0,6	6,6	0,0	1,0	52,7	2,8	65	23	12
	Ti	Q	33,4	11,5	0,9	4,4	0,9	0,9	49,4	2,9	68	23	9
	Ta	T	26,8	11,7	1,0	3,6	0,0	1,0	42,1	2,3	64	28	9
	Ti	T	39,9	14,3	1,4	5,0	0,9	0,9	59,2	2,8	67	24	8
Zürich	P	N	66,7	19,2	0,9	11,1	7,2	1,6	97,0	3,5	69	20	11
	S	N 1	63,4	13,7	1,1	6,7	2,9	1,2	83,7	4,6	76	16	8
	S	N 2	58,8	12,1	1,3	3,7	1,0	1,2	74,6	4,9	79	16	5
	W	N	45,8	17,3	1,5	7,1	1,7	1,2	70,1	2,6	65	25	10
	S	Q	62,3	16,6	1,3	5,6	1,8	1,0	84,5	3,8	74	20	7
	P	T	52,5	12,8	0,3	6,7	2,6	1,2	72,0	4,1	73	18	9
	S	T	60,2	18,9	1,6	5,9	1,0	1,0	85,1	3,2	71	22	7
	W	T	48,9	15,4	1,4	5,9	1,5	1,0	70,2	3,2	70	22	8
	M	NA 1	58,4	16,1	1,6	7,1	1,9	1,1	81,6	3,6	72	20	9
	M	NA 2	50,2	10,8	1,0	6,6	0,6	1,0	67,6	4,7	74	16	10
	M	QA	53,6	12,7	1,4	7,0	1,4	1,0	73,3	4,2	73	17	10
	M	TA	49,8	11,0	1,0	6,0	3,1	1,0	66,9	4,5	74	17	9
	P	L 1	43,6	17,4	0,2	6,2	1,3	0,9	67,2	2,5	65	26	9
	W	L 1	47,1	11,9	1,3	6,3	1,2	1,1	65,3	4,0	72	18	10
	P	L 2	49,8	11,2	0,6	4,9	1,4	1,0	65,9	4,4	76	17	7
	W	L 2	45,4	15,7	1,3	6,4	1,5	1,0	67,4	2,9	67	23	9
	M	Q/N	59,2	14,1	1,4	7,2	0,7	1,1	80,5	4,2	74	18	9
	P	Q/N	56,3	17,2	0,3	7,4	0,8	1,2	80,9	3,3	70	21	9
S	Q/N	50,3	12,5	0,5	4,7	1,0	1,0	67,5	4,0	75	19	7	
W	Q/N	59,0	18,8	1,7	6,4	1,3	1,1	84,2	3,1	70	22	8	

Tab.8.18 Totale antioxidative Aktivität (TAA) im Kot [mmol Trolox Eq/ Kotwasser] (WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	TTA
WWAP	E	N	401,0
	Q	N	527,0
	E	Q	1012,7
	Q	Q	1278,3
	E	T	520,0
	Q	T	583,7
Köln	Ta	N	1350,6
	Ti	N	1316,5
Zürich	P	N	801,1
	S	N	695,6
	W	N	724,1
	P	Q	1040,2
	S	Q 1	1490,6
	S	Q 2	1360,0
	W	Q	1375,1
	P	T	784,9
	S	T	873,7
	W	T	840,4
	M	N _A	1042,2
	M	Q _A 1	1804,2
	M	Q _A 2	1734,0
	M	T _A	775,7
	P	L 1	538,5
W	L 1	768,3	

Tab.8.19 MOF als Maß für Partikelgrößenverteilung im Kot
(WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	MOF
WWAP	E	N	3,53
	Q	N	3,99
	E	Q	3,81
	Q	Q	3,82
Köln	Ta	N	5,03
	Ti	N	4,86
	Ta	Q	5,23
	Ti	Q	4,42
	Ta	T	5,03
	Ti	T	4,93
Zürich	P	N	5,14
	S	N 1	4,65
	S	N 2	4,21
	W	N	5,49
	S	Q	4,53
	P	T	4,52
	S	T	4,16
	W	T	4,17
	M	N _A 1	4,51
	M	N _A 2	3,36
	M	Q _A 2	4,38
	M	T _A	4,00
	P	L1	4,68
	W	L1	4,25
	P	L2	5,10
	W	L2	4,46
	M	Q/N	3,63
	P	Q/N	3,41
	S	Q/N	4,33
	W	Q/N	4,08

Tab.8.20 Tägliche Wasseraufnahme und -ausscheidung [kg/100kg KM] (WWAP, Köln, Zürich)

Haltung	Tier	Rati- on	Verluste durch		Wasseraufnahme		Wasse- rausch.
			Speichel	Tränke	Futter	Gesamt	fäkal
WWAP	E	N		6,1	0,5	6,6	1,8
	E	Q		4,9	0,7	5,6	2,9
	Q	Q		6,9	0,5	7,5	3,6
	E	T		5,3	0,6	5,9	2,5
	Q	T		6,5	0,5	6,9	3,2
Köln	Ta	N		6,2	1,2	7,4	4,6
	Ti	N		5,9	1,1	7,0	4,2
	Ta	Q		5,7	0,8	6,5	3,8
	Ti	Q		5,1	0,7	5,8	2,4
	Ta	T		5,5	1,0	6,5	4,4
	Ti	T		5,3	1,0	6,3	4,1
Zürich	S	N		3,6	0,5	4,1	1,7
	P	T		2,6	0,6	3,2	1,6
	S	T		3,0	0,7	3,7	1,7
	W	T		2,7	0,8	3,5	1,6
	M	N _A	0,3	5,6	0,6	6,2	1,7
	M	Q _A		5,2	0,8	6,0	1,8
	M	T _A	0,7	5,2	0,9	6,2	1,6
	M	Q/N	0,3	5,2	0,8	6,0	1,9
	S	Q/N		3,8	0,6	4,4	1,7

Tab.8.21 Kreatiningehalt [mmol/l Urin] und Ca-Gehalt [g/kg uS Urin] und Ca/Krea-Verhältnis im Urin (WWAP, Zürich)

Haltung	Tier	Ration	Krea	Ca	Ca : Krea
WWAP	E	N	8,29	2,83	0,34
	Q	N	7,10	4,07	0,57
	E	Q	7,46	4,75	0,64
	Q	Q	6,87	6,92	1,01
	E	T	7,49	4,47	0,60
	Q	T	4,89	8,52	1,74
Zürich	P	N	20,60	15,73	0,76
	S	N 1	9,19	3,34	0,36
	S	N 2	15,29	7,59	0,50
	W	N	13,41	4,56	0,34
	S	Q	9,93	1,20	0,12
	P	T	16,56	7,16	0,43
	S	T	10,25	3,53	0,34
	W	T	15,43	5,18	0,34
	M	N _A 1	8,72	4,20	0,48
	M	N _A 2	9,25	3,53	0,38
	M	Q _A	6,58	0,40	0,06
	M	T _A	8,72	4,90	0,56
	P	L 1	22,39	12,79	0,57
	W	L 2	28,16	3,64	0,13
	P	L 2	21,88	2,39	0,11
	W	L 2	20,02	2,44	0,12
	M	Q/N	10,81	2,66	0,25
	P	Q/N	23,14	7,85	0,34
	S	Q/N	12,29	6,57	0,53
	W	Q/N	21,45	4,22	0,20

Tab. 8.22 Zusammensetzung der Futtermittel: TS [% uS], oS [% TS], Rohnährstoffe [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g TS] (WWAP)

Futtermittel	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Luzerneheu	N	89,4	93,7	6,3	14,8	0,7	39,2	39,0	12,1	66,2	51,0	10,5	15,2	40,5	0,5	18,3
Luzerneheu	Q	88,5	93,0	7,0	12,3	0,6	46,1	34,1	12,3	67,9	53,5	12,2	14,5	41,3	0,3	18,3
Luzerneheu	T	89,4	92,9	7,1	12,9	0,7	43,2	36,1	10,1	69,2	52,6	11,2	16,6	41,4	0,7	18,5
Browser Breeder	N	88,6	91,6	8,4	16,6	4,1	17,3	53,6	32,5	38,4	19,6	1,9	18,7	17,7	1,5	18,4
Browser Breeder	Q	88,9	91,4	8,6	16,2	2,6	17,8	54,8	34,6	38,0	18,9	1,9	19,1	17,0	1,1	18,4
Browser Breeder	T	91,6	92,5	7,5	16,8	4,4	15,7	55,6	33,5	37,9	18,8	1,8	19,0	17,1	1,1	18,4
Markerpellets	N	92,0	91,6	8,4	17,8	3,1	15,2	55,6	34,3	36,5	18,7	1,8	17,8	16,9	1,1	18,2
Markerpellets	Q, T	94,6	91,8	8,2	16,7	3,7	14,3	57,1	36,4	35,0	17,6	1,7	17,4	15,9	1,2	18,9
Boskos	N, Q, T	89,8	91,6	8,4	10,0	2,3	31,3	48,0	31,1	48,2	36,2	9,6	12,0	26,6	1,1	18,4
Linseed chips	N, Q, T	89,6	94,0	6,0	34,1	10,3	10,7	38,9	6,2	43,4	19,8	8,5	23,6	11,3	0,2	20,5
Lucerne pellets	N, Q, T	88,8	90,5	9,5	17,7	2,4	29,0	41,4	22,5	47,9	34,7	7,5	13,2	27,3	0,5	18,4
Vit E Pellets	N, Q, T	88,3	91,7	8,3	15,2	3,2	14,7	58,6	37,2	36,1	17,4	2,0	18,7	15,4	0,9	17,9
Rhino Suppl. Pellets	N, Q, T	89,2	90,6	9,4	13,0	3,0	16,2	58,4	35,7	38,9	18,8	1,6	20,1	17,2	1,4	18,0
Brot	N, Q, T	78,4	96,5	3,5	14,2	0,5	1,0	80,8	79,5	2,3	0,1	-0,4	2,2	0,5	0,1	17,9
Karotten	N, Q, T	11,9	93,0	7,0	6,7	2,6	9,6	74,0	68,9	14,7	10,3	2,5	4,3	7,9	0,4	17,7
Bananen	N, Q, T	17,3	94,4	5,6	5,0	1,3	6,8	81,3	73,1	15,0	11,6	7,0	3,3	4,7	1,0	17,3

Tab. 8.24 Zusammensetzung von Obst und Gemüse: TS [% uS], oS [% TS], Rohnährstoffe [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g TS] (Köln)

Futermittel	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Banane ohne Schale	N, Q, T	17,3	94,4	5,6	5,0	1,3	6,8	81,3	73,1	15,0	11,6	7,0	3,3	4,7	1,0	17,3
Salat	N, Q, T	3,6	93,2	6,8	24,2	1,0	8,8	59,2	53,0	15,0	10,0	-0,2	5,0	10,2	0,0	18,6
Apfel	N, Q, T	14,6	97,9	2,1	2,1	1,1	10,1	84,5	79,9	14,8	11,7	4,5	3,1	7,2	0,1	19,1
Kohlrabi	N, Q, T	8,7	87,0	13,0	24,4	1,8	10,4	50,3	43,6	17,1	12,1	0,1	5,0	12,1	0,2	17,0
Sellerie	N, Q, T	12,6	75,4	24,6	9,9	1,5	9,7	54,3	47,3	16,7	13,0	2,9	3,6	10,1	4,0	16,5
Gurke	N, Q, T	2,9	89,3	10,7	19,3	1,6	10,7	57,7	53,6	14,7	11,2	-0,3	3,5	11,6	0,1	17,4
Karotte	N, Q, T	11,9	93,0	7,0	6,7	2,6	9,6	74,0	68,9	14,7	10,3	2,5	4,3	7,9	0,4	17,7
Birne	N, Q, T	16,4	92,3	7,7	2,8	0,3	11,5	77,7	73,7	15,5	10,7	3,3	4,8	7,3	12,0	17,2
Rote Beete	N, Q, T	11,6	68,9	31,1	9,0	0,2	6,8	52,8	44,2	15,4	9,5	2,5	5,9	7,0	12,6	17,4
Paprika	N, Q, T	7,1	92,0	8,0	14,8	3,1	14,1	60,0	52,4	21,7	15,9	4,6	5,8	11,3	3,4	19,2
Lauch	N, Q, T	11,8	92,7	7,3	15,5	1,1	10,8	65,3	60,7	15,4	11,4	0,4	3,9	11,0	0,7	17,7
Broccoli	N, Q, T	8,8	91,1	8,9	32,9	2,6	11,0	44,6	37,8	17,8	12,0	0,1	5,8	11,8	0,4	18,6
Tomate	N, Q, T	4,5	89,4	10,6	12,7	3,6	11,1	62,1	56,3	16,8	12,7	3,3	4,1	9,5	6,4	17,7
Zwiebel	N, Q, T	9,3	94,4	5,6	8,9	0,7	8,2	76,7	74,4	10,5	7,5	-0,8	3,0	8,3	0,2	16,9
Zitrone	N, Q, T	14,1	94,8	5,2	7,2	3,2	12,6	71,8	64,1	20,2	13,9	-0,2	6,3	14,1	0,0	16,6
Wirsing	N, Q, T	11,3	93,2	6,8	24,2	1,0	8,8	59,2	53,0	15,0	10,0	-0,2	5,0	10,2	0,0	18,6
Futterrübe	N, Q, T	10,8	90,7	9,3	12,7	0,6	10,2	67,2	57,1	20,3	21,7	8,7	-1,4	13,0	0,4	15,8

Tab. 8.25 Zusammensetzung der Futtermittel: TS [% uS], oS [% TS], Rohnährstoffe [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g TS] (Zürich)

Futtermittel	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Luzerneheu	N 1, N2	87,8	90,7	9,3	19,4	1,8	22,9	46,6	33,9	35,6	25,3	5,2	10,2	20,1	0,3	18,4
Luzerneheu	Q	89,0	91,8	8,2	11,8	1,7	27,9	50,4	24,6	53,8	38,4	7,9	15,4	30,5	0,6	18,3
Luzerne-Häcksel	Q _A	89,7	87,8	12,2	16,5	1,7	30,8	38,9	22,9	46,7	33,1	7,9	13,6	25,2	0,8	17,7
Luzerneheu	T	88,3	91,8	8,2	15,1	1,1	32,3	43,3	27,2	48,4	36,9	7,7	11,5	29,1	0,3	18,4
Luzerneheu	Q/N	89,7	91,9	8,1	15,6	1,0	33,7	41,5	20,4	54,8	39,5	10,4	15,4	29,1	0,2	18,3
Grasheu	N 1	89,4	94,8	5,2	5,7	1,0	32,1	55,9	25,0	63,0	37,7	4,2	25,3	33,5	1,5	18,1
Grasheu	N 2	89,5	92,7	7,3	4,8	0,9	34,7	52,4	23,4	63,6	39,5	4,1	24,1	35,4	2,2	17,9
Grasheu	Q	89,5	93,6	6,4	6,9	1,4	31,7	53,6	18,4	66,9	38,1	3,4	28,8	34,8	2,4	18,1
Grasheu-Häcksel	Q _A	90,9	94,6	5,4	5,7	1,1	35,9	52,0	16,7	71,1	41,2	4,5	29,9	36,7	2,1	18,4
Grasheu	T	89,3	94,9	5,1	8,6	1,3	30,3	54,6	24,1	60,8	33,8	2,9	26,9	30,9	1,1	18,3
Grasheu	Q/N	90,0	94,1	5,9	6,6	0,9	32,9	53,8	17,6	69,1	37,9	3,1	31,2	34,8	1,2	18,1
Pellets	N	89,4	89,0	11,0	12,3	2,1	22,3	52,3	25,4	49,2	27,2	4,0	22,1	23,2	1,8	17,5
Pellets	Q	90,7	89,7	10,3	11,4	2,5	22,1	53,6	29,3	46,4	25,8	3,5	20,7	22,3	2,5	17,7
Pellets	T	89,3	88,6	11,4	11,3	1,8	21,4	54,1	28,6	46,9	26,0	3,6	20,9	22,4	3,1	17,2
Pellets	L 2	90,7	87,5	12,5	11,7	2,7	20,3	52,8	26,2	46,8	25,8	3,7	21,0	22,1	2,5	17,3
Pellets	Q/N	89,9	89,9	10,1	11,3	2,6	21,5	54,5	29,4	46,6	24,9	3,8	21,6	21,1	3,0	17,8
Markerpellets	N, T, Q/N	90,1	89,8	10,2	13,2	3,2	22,0	51,4	27,2	46,2	25,0	3,4	21,2	21,7	2,4	17,9
Grünmehlpellets	N _A 2, Q/N	88,5	84,1	15,9	17,8	3,3	18,6	44,5	18,8	44,3	23,2	4,3	21,1	19,0	6,4	17,0
Haferflocken	N, Q, T, Q/N	88,0	97,4	2,6	15,1	6,1	7,5	68,6	51,3	24,8	9,1	1,2	15,7	8,0	0,9	19,4
Brot	N, Q, T, Q/N	78,4	96,5	3,5	14,2	0,5	1,0	80,8	79,5	2,3	0,1	-0,4	2,2	0,5	0,1	17,9

Tab: 8.26 Zusammensetzung Obst, Gemüse, Blätter, Zweige und Laubsilage: TS [% uS], oS [% TS], Rohrnährstoffe [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g TS] (Zürich)

Futtermittel	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Äpfel	N, Q, T, Q/N	14,6	97,9	2,1	2,1	1,1	10,1	84,5	79,9	14,8	11,7	4,5	3,1	7,2	0,1	19,1
Rote Rüben	N, Q, T, Q/N	13,5	93,5	6,5	9,5	0,6	5,4	78,0	70,0	13,5	6,2	-0,1	7,3	6,3	0,4	16,2
Sprossen	N, Q, T, Q/N	27,3	96,9	3,1	14,6	1,9	10,4	70,0	50,1	30,4	11,5	1,0	18,9	10,5	0,8	18,3
Banane	N, Q, T, Q/N	17,3	94,4	5,6	5,0	1,3	6,8	81,3	73,1	15,0	11,6	7,0	3,3	4,7	1,0	17,3
Karotten	N 1, N 2, Q, T, Q/N	11,9	93,0	7,0	6,7	2,6	9,6	74,0	68,9	14,7	10,3	2,5	4,3	7,9	0,4	17,7
Hasel	L 1	42,4	95,7	4,3	7,6	1,1	38,5	48,5	20,9	66,1	46,0	13,1	20,0	32,9	0,3	19,3
Ahorn	L 1	37,7	96,2	3,8	7,8	1,4	41,9	45,1	12,4	74,6	49,6	11,6	25,0	37,9	0,3	18,7
Weide	L 2	51,9	97,9	2,1	4,5	1,1	52,6	39,7	16,3	75,9	60,7	13,6	15,3	47,1	0,0	19,2
Laub-Silage	L 2	49,5	97,8	2,2	3,9	2,5	48,3	43,1	7,8	83,7	59,6	15,8	24,0	43,9	0,1	20,5

Tabelle 8.27 Zusammensetzung der Futtermittel, bezogen auf die TS: Mengen- und Spurenelemente (WWAP)

Futtermittel	Ration	Ca	K	Mg	Na	P	Co	Cu	Fe	Mn	Zn
		g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Luzerneheu	N	11,7	22,5	1,3	1,4	3,5	97,1	8,4	53,2	20,5	29,6
Luzerneheu	Q	8,9	29,9	1,2	0,4	3,2	107,5	6,0	54,3	9,9	17,6
Luzerneheu	T	10,2	15,9	1,0	1,3	2,7	93,9	7,8	51,4	20,9	20,1
Browser Breeder	N	10,7	22,0	2,8	5,3	6,2	1300,0	11,5	313,5	113,0	147,0
Browser Breeder	Q	12,2	18,5	4,7	7,2	5,4	4230,0	12,7	431,5	142,0	127,5
Browser Breeder	T	10,9	18,6	2,8	4,7	6,0	2106,7	13,1	355,3	103,6	96,7
Markerpellets	N	16,3	21,8	3,5	6,3	7,5	1815,0	18,7	456,5	124,5	137,0
Markerpellets	Q, T	14,3	19,5	2,7	6,1	6,1	1235,0	14,3	297,5	163,5	137,5
Boskos	N, Q, T	13,6	15,5	2,4	6,6	6,8	1065,0	25,6	796,0	139,5	165,0
Linseed chips	N, Q, T	4,9	20,2	6,0	0,8	11,1	331,5	20,5	246,0	37,2	89,0
Lucerne pellets	N, Q, T	14,9	34,1	2,5	1,9	3,6	366,5	10,0	322,0	28,6	67,1
Vit E Pellets	N, Q, T	10,5	19,2	4,0	6,2	9,0	1415,0	15,1	358,0	116,0	142,0
Rhino Suppl. Pellets	N, Q, T	15,5	18,1	8,2	9,2	5,4	7220,0	15,3	593,0	199,5	144,0
Brot	N, Q, T	1,3	3,3	0,5	12,5	2,5	113,0	3,0	53,4	16,2	24,5
Karotten	N, Q, T	2,3	27,2	1,1	5,2	0,1	110,2	5,6	24,7	14,8	31,2
Bananen	N, Q, T	0,5	14,2	1,2	0,0	0,2	100,6	5,7	11,4	11,0	8,4

Tabelle 8.29 Zusammensetzung von Obst und Gemüse, bezogen auf die TS: Mengen- und Spurenelemente (Köln)

Futtermittel	Ration	Ca	K	Mg	Na	P	Co	Cu	Fe	Mn	Zn
		g/kg	mg/kg	g/kg	g/kg	g/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Banane ohne Schale	N, Q, T	0,5	14,2	1,2	0,0	0,2	100,6	5,7	11,4	11,0	8,4
Salat	N, Q, T	4,2	23,4	1,7	3,2	4,1	776,5	5,6	73,0	18,4	26,5
Apfel	N, Q, T	0,4	8,1	0,4	0,1	0,1	39,5	2,2	9,0	3,0	5,9
Kohlrabi	N, Q, T	20,6	38,5	3,5	1,2	5,1	515,4	2,8	80,5	33,4	49,9
Sellerie	N, Q, T	3,2	36,3	1,2	6,8	0,1	175,4	9,6	66,5	13,2	28,4
Gurke	N, Q, T	8,6	40,5	3,5	0,9	7,1	126,0	9,9	49,1	19,9	23,1
Karotte	N, Q, T	2,3	27,2	1,1	5,2	0,1	110,2	5,6	24,7	14,8	31,2
Birne	N, Q, T	0,2	3,4	0,2	0,3	0,1	28,1	8,7	6,7	1,0	15,3
Rote Beete	N, Q, T	1,9	33,7	1,9	3,3	3,4	96,0	6,7	146,5	33,2	34,3
Paprika	N, Q, T	1,3	28,2	1,8	0,3	3,9	119,5	8,0	52,4	23,1	29,6
Lauch	N, Q, T	3,7	27,4	1,4	0,2	3,7	95,9	2,7	104,0	14,9	41,7
Broccoli	N, Q, T	4,3	35,1	2,2	1,9	6,5	100,3	2,3	48,0	21,5	31,8
Tomate	N, Q, T	1,6	44,5	1,6	0,4	5,5	110,5	8,4	33,1	17,7	12,6
Zwiebel	N, Q, T	7,9	15,8	1,4	0,4	3,2	98,4	7,6	30,1	17,6	15,3
Zitrone	N, Q, T	7,4	16,5	58,1	0,2	2,0	115,0	12,2	26,0	6,9	64,7
Wirsing	N, Q, T	4,2	23,4	1,7	3,2	4,1	776,5	5,6	73,0	18,4	26,5
Futtermübe	N, Q, T	2,5	333,3	2,5	3,3	2,5	160,0	7,0	130,0	85,0	30,0

Tabelle 8.30 Zusammensetzung der Futtermittel, bezogen auf die TS: Mengen- und Spurenelemente (Zürich)

Futtermittel	Ration	Ca	K	Mg	Na	P	Co	Cu	Fe	Mn	Zn
		g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Luzerneheu	N 1, N2	18,3	31,4	2,2	0,0	3,8	91,0	6,3	85,7	30,5	24,8
Luzerneheu	Q	34,2	28,0	1,8	0,3	4,1	190,0	6,4	557,0	45,3	19,6
Luzerne-Häcksel	Q	37,8	28,8	1,9	0,3	4,2	219,5	6,8	616,5	49,2	21,5
Luzerneheu	T	11,5	31,2	1,4	0,2	2,5	102,5	6,1	76,5	35,8	17,9
Luzerneheu	Q/N	18,3	23,7	1,6	0,1	4,0	131,3	7,9	227,0	25,4	20,9
Grasheu	N 1	5,2	18,9	1,7	0,0	2,5	96,5	3,7	127,0	123,0	24,8
Grasheu	N 2	5,0	21,1	1,4	0,1	0,8	150,8	3,7	274,8	23,9	21,6
Grasheu	Q	6,4	20,2	1,6	0,0	0,8	166,3	3,8	255,0	28,9	23,3
Grasheu-Häcksel	Q	5,3	16,8	1,5	0,1	0,9	116,5	4,0	210,5	28,9	22,9
Grasheu	T	3,7	22,3	1,3	1,0	2,7	113,2	5,5	102,0	47,6	23,0
Grasheu	Q/N	4,6	25,4	1,2	0,0	1,6	112,0	3,4	194,5	32,0	20,0
Pellets	N	15,1	21,8	2,8	10,5	5,3	869,0	14,5	1310,0	101,2	81,7
Pellets	Q	14,2	18,8	2,4	11,3	4,0	1043,3	9,7	1613,3	92,5	48,4
Pellets	T	16,0	21,4	3,2	16,3	5,0	904,5	10,4	2140,0	110,0	62,7
Pellets	L 2	16,0	22,8	3,0	12,1	4,6	1180,0	11,3	2076,7	103,3	53,4
Pellets	Q/N	9,6	14,6	2,0	8,3	3,7	805,0	8,5	957,0	78,3	49,8
Markerpellets	N, T, Q/N	12,6	19,6	2,7	9,5	5,5	1075,0	13,5	1245,0	101,0	77,4
Grünmehlpellets	N 2, Q/N	13,0	42,3	2,8	0,4	4,9	637,3	11,0	1946,7	96,3	36,5
Haferflocken	N, Q, T, Q/N	0,7	6,1	1,6	0,0	5,1	103,0	4,9	127,0	61,1	44,9
Brot	N, Q, T, Q/N	1,3	3,3	0,5	12,5	2,5	113,0	3,0	53,4	16,2	24,5

Tabelle 8.31 Zusammensetzung Obst, Gemüse, Blätter, Zweige und Laubsilage, bezogen auf die TS: Mengen- und Spurenelemente (Zürich)

Futtermittel	Ration	Ca	K	Mg	Na	P	Co	Cu	Fe	Mn	Zn
		g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	µg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Äpfel	N, Q, T, Q/N	0,4	8,1	0,4	0,1	0,1	39,5	2,2	9,0	3,0	5,9
Rote Rüben	N, Q, T, Q/N	1,9	33,7	1,9	3,3	3,4	96,0	6,7	146,5	33,2	34,3
Sprossen	N, Q, T, Q/N	1,0	794,0	1,8	0,1	6,1	119,0	8,7	78,6	20,5	37,2
Banane	N, Q, T, Q/N	0,5	14,2	1,2	0,0	0,2	100,6	5,7	11,4	11,0	8,4
Karotten	N 1, N 2, Q, T, Q/N	2,3	27,2	1,1	5,2	0,1	110,2	5,6	24,7	14,8	31,2
Hasel	L 1	14,3	3,8	1,2	0,0	1,0	96,5	7,7	146,7	8,0	28,7
Ahorn	L 1	7,4	7,4	1,7	0,0	1,5	126,0	6,0	88,5	16,9	24,1
Weide	L 2	6,5	3,5	0,7	0,0	0,7	228,0	4,1	46,2	8,0	64,9
Laub-Silage	L 2	6,7	2,7	0,6	0,0	0,8	129,0	3,9	92,7	73,1	100,0

8.2 Studie von FRÖSCHLE & CLAUSS (unveröffentlicht)

Tab. 8.32 Versuchstiere (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Name	Zuchtbuchnr.	Haltung	Geschl.	Alter [a]	KM [kg]
Sita	0428	Berlin	w	10	1200 ¹
Ndugu	0610	Berlin	m	4	1200 ¹
Mzima	0240	Berlin	w	27	1160
Jakob	0438	Krefeld	m	9	1200 ¹
Nane	0437	Krefeld	w	9	1200 ¹

¹Gewicht geschätzt

Tab. 8.33 Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Tier	Ration	TS-Aufnahme		
			[kg]	[% KM]	[g/kg MKM]
Berlin	Sita	N 1	14,0	1,2	68,8
	Ndu- gu	N 1	15,1	1,3	74,2
	Mzima	N 1	11,5	1,0	57,7
Krefeld	Jakob	N 1	19,3	1,6	94,8
	Nane	N 1	18,9	1,6	92,9
Berlin	Sita	N 2	7,4	0,6	36,2
	Ndu- gu	N 2	8,1	0,7	39,7
	Mzima	N 2	8,1	0,7	40,7
Berlin	Sita	T	13,5	1,1	66,3
	Ndu- gu	T	16,1	1,3	79,0
Krefeld	Jakob	T	18,7	1,6	91,7
	Nane	T	18,7	1,6	91,6

Tab. 8.34 TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme] (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Tier	Ration	Luzerneheu	Grasheu	Gras	Krafftutter	Obst Gemüse	Anteil [%]	
								strukturiert	unstrukturiert
Berlin	Sita	N 1	16,4	48,2	-	32,0	3,4	65	35
	Ndugu	N 1	19,6	46,9	-	29,7	3,7	67	33
	Mzima	N 1	-	44,1	-	46,7	9,8	44	57
Krefeld	Jakob	N 1	-	75,8	-	10,0	14,2	76	24
	Nane	N 1	-	75,7	-	9,4	14,9	76	24
Berlin	Sita	N 2	-	-	90,7		9,3	91	9
	Ndugu	N 2	-	-	90,6		9,4	91	9
	Mzima	N 2	-	-	90,5		9,5	91	9
Berlin	Sita	T	19,4	45,2	-	31,6	3,9	65	35
	Ndugu	T	16,6	53,8	-	26,5	3,1	70	30
Krefeld	Jakob	T	-	63,7	-	16,4	19,9	64	36
	Nane	T	-	63,8	-	16,4	19,8	64	36

Tab. 8.35 Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Futterrationen (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Tier	Ration	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	GE
Berlin	Sita	N 1	93,1	6,4	12	3,2	29,7	48,1	31,6	18,7
	Ndugu	N 1	93,1	6,4	12,1	3,1	30,1	47,7	31,5	18,7
	Mzima	N 1	92,8	6,6	11,2	3,5	24	54,1	35,6	18,6
Krefeld	Jakob	N 1	90,4	9,6	8,9	2,7	25,6	53,2	32,6	17,8
	Nane	N 1	90,4	9,6	8,8	2,7	25,5	53,3	32,9	17,8
Berlin	Sita	N 2	91,6	8,4	16,4	3,5	28,3	43,3	29,1	-
	Ndugu	N 2	91,3	8,7	16,7	3,6	28,3	42,8	28,6	-
	Mzima	N 2	91,3	8,7	16,7	3,6	28,3	42,8	28,6	-
Berlin	Sita	T	94,5	5,5	14,5	3,6	23,7	52,8	31,1	19,1
	Ndugu	T	94,4	5,6	14,4	3,5	24,5	52,1	29,4	19,1
Krefeld	Jakob	T	90,3	9,7	10,4	2,7	23,6	53,6	32,6	17,9
	Nane	T	90,3	9,7	10,4	2,7	23,7	53,6	32,5	17,8

Tab. 8.36 Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Futterrationen (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Tier	Ration	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
Berlin	Sita	N 1	46,2	24,8	5,7	21,5	19,1	0,5
	Ndugu	N 1	46,4	25,3	5,8	21,1	19,5	0,5
	Mzima	N 1	42,6	21,1	4,1	21,4	17,1	0,7
Krefeld	Jakob	N 1	46,2	25,8	3,4	20,4	22,4	3,3
	Nane	N 1	46,0	25,8	3,4	20,2	22,3	3,3
Berlin	Sita	N 2	42,5	25,7	4,6	16,8	21,1	1,6
	Ndugu	N 2	42,5	25,6	4,5	16,8	21,1	1,6
	Mzima	N 2	42,5	25,6	4,5	16,8	21,1	1,6
Berlin	Sita	T	45,4	23,7	4,0	21,7	19,7	0,3
	Ndugu	T	47,2	24,4	3,9	22,8	20,5	0,3
Krefeld	Jakob	T	44,6	25,6	6,2	19,0	19,4	3,4
	Nane	T	44,7	25,6	6,2	19,1	19,4	3,4

Tab. 8.37 Gehalt an Makroelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futterrationen (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Tier	Ration	Ca	Cu	Fe
Berlin	Sita	N 1	5,5	11,6	123
	Ndugu	N 1	5,8	11,5	117
	Mzima	N 1	6,3	13,1	148
Krefeld	Jakob	N 1	6,9	10,5	767
	Nane	N 1	6,8	10,5	764
Berlin	Sita	N 2	5,6	13,1	203
	Ndugu	N 2	5,7	13,2	204
	Mzima	N 2	5,7	13,2	204
Berlin	Sita	T	5,8	11,2	101
	Ndugu	T	5,4	11,0	98
Krefeld	Jakob	T	7,2	9,6	787
	Nane	T	7,2	9,6	789

Tabelle 8.38 TS-Kotmenge [kg/d], Kot-TS [% uS], Gehalt an oS [% TS], Rohrnährstoffen [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g] (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Tier	Ration	Kotmen- ge	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Berlin	Sita	N 1	6,6	17,2	85,4	14,6	13,2	5,3	35,1	31,8	4,8	62,1	36,1	7,6	26,0	28,4	5,7	19,0
	Ndugu	N 1	6,9	15,8	87,7	12,3	13,2	3,6	31,8	39,2	5,8	65,1	38,5	8,6	26,6	29,8	5,8	19,0
	Mzima	N 1	5,3	18,7	72,3	27,7	10,4	4,3	23,1	34,5	6,7	51,0	26,8	6,3	24,2	20,5	19,3	16,6
Krefeld	Jakob	N 1	9,0	19,7	84,7	15,3	10,3	5,1	33,0	36,4	9,1	60,3	36,1	16,0	24,2	20,1	9,8	18,4
	Nane	N 1	9,9	19,3	83,8	16,2	10,5	4,4	32,8	36,1	9,8	59,1	34,7	16,9	24,3	17,9	11,2	18,0
Berlin	Sita	N 2	3,5	18,6	80,0	20,0	15,9	9,3	24,0	30,8	3,8	50,9	28,8	22,5	22,2	6,3	13,6	-
	Ndugu	N 2	3,8	17,2	79,3	20,7	13,7	9,8	23,9	31,9	6,0	49,8	28,2	22,2	21,7	5,9	14,7	-
	Mzima	N 2	3,4	17,4	87,3	12,7	14,8	11,9	27,0	33,7	7,9	52,8	30,7	15,5	22,1	15,2	6,3	-
Berlin	Sita	T	5,9	17,3	90,7	9,3	12,6	5,1	38,0	35,1	10,0	63,1	36,2	7,3	26,9	28,9	2,4	20,0
	Ndugu	T	8,1	17,5	80,6	19,4	11,0	4,5	33,2	32,0	6,3	58,9	33,6	6,5	25,3	27,0	9,4	18,1
Krefeld	Jakob	T	8,2	19,3	85,4	14,6	9,5	3,6	34,3	38,0	10,3	62,0	36,1	15,0	25,9	21,2	9,0	18,2
	Nane	T	8,3	19,1	84,8	15,2	9,2	3,1	35,9	36,6	10,9	61,6	35,6	14,9	26,0	20,7	8,9	18,1

Tab. 8.39 sV [%] der TS, der oS, der Rohnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA und der GE (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Tier	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Berlin	Sita	N 1	53	57	-7	48	21	44	69	93	36	31	36	43	29	-450	52
	Ndugu	N 1	54	57	13	51	47	52	63	92	36	31	33	42	30	-457	54
	Mzima	N 1	54	64	-93	57	44	56	71	91	45	42	29	48	45	-1121	59
Krefeld	Jakob	N 1	54	57	22	45	25	40	68	86	41	38	-127	45	63	-57	53
	Nane	N 1	48	51	17	39	2	33	64	86	32	27	-142	38	53	-55	46
Berlin	Sita	N 2	53	59	-12	54	-27	60	66	94	43	47	-131	38	86	-303	-
	Ndugu	N 2	53	59	-13	61	-30	60	65	90	45	48	-133	39	87	-332	-
	Mzima	N 2	57	59	38	62	-43	59	67	88	47	49	-47	44	69	-68	-
Berlin	Sita	T	56	58	26	62	37	30	71	86	39	33	21	46	36	-318	54
	Ndugu	T	50	57	-76	61	35	32	69	89	37	31	14	44	34	-1757	52
Krefeld	Jakob	T	56	58	33	60	42	36	69	86	39	38	-7	40	52	-16	55
	Nane	T	56	58	30	61	50	33	70	85	39	38	-7	40	53	-15	55

Tab. 8.40 Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Mineralstoffe (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Tier	Ration	Ca			Cu			Fe		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
Berlin	Sita	N 1	77,8	14,5	81,4	162,5	144,6	11,0	1719	1764	-2,6
	Ndugu	N 1	88,0	26,0	70,4	173,7	157,6	9,3	1773	2005	-13,1
	Mzima	N 1	72,1	11,6	83,9	149,9	146,0	2,7	1693	3619	-113,7
Krefeld	Jakob	N 1	133,0	24,3	81,8	203,8	174,9	14,2	14840	14351	3,3
	Nane	N 1	129,4	20,8	84,0	198,1	145,4	26,6	14483	12169	16,0
	Sita	N 2	41,7	6,6	84,2	96,3	70,7	26,6	1498	3004	-100,5
Berlin	Ndugu	N 2	46,5	8,3	82,1	107,1	99,0	7,5	1650	3081	-86,8
	Mzima	N 2	46,5	6,0	87,1	107,1	76,3	28,7	1649	1791	-8,6
Berlin	Sita	T	78,9	11,9	84,9	150,9	109,4	27,5	1362	1286	5,5
	Ndugu	T	87,0	21,8	75,0	177,4	137,3	22,6	1579	4967	-214,6
Krefeld	Jakob	T	134,1	16,1	88,0	179,8	178,9	0,5	14717	10026	31,9
	Nane	T	134,1	18,6	86,1	179,7	-	-	14728	10901	26,0

Tab. 8.41 Zusammensetzung der Futtermittel: TS [% uS], oS [% TS], Rohnährstoffe [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g TS] (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Futtermittel	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Berlin	Luzerneheu	N 1	88,9	93,5	6,6	13,5	0,7	38,9	40,4	28,3	51,0	38,5	9,6	12,5	28,9	0,2	18,8
	Grasheu A	N 1	88,6	93,3	6,7	11,6	2,0	39,6	40,1	23,4	56,3	29,3	6,7	27,0	22,6	0,4	18,5
	Grasheu B	N 1	92,3	93,7	6,3	9,9	0,9	34,9	48,1	18,7	64,2	34,9	4,4	29,4	30,5	1,0	18,6
	Grasheu	T	88,6	94,7	5,4	13,3	2,7	28,4	50,2	22,3	56,4	27,9	3,2	28,5	24,7	0,3	19,2
	Luzerneheu	T	88,9	92,9	7,1	15,6	2,6	35,7	39,0	25,3	49,4	35,6	9,5	13,8	26,1	0,0	19,1
	Gras	N 2	20,6	90,9	9,1	17,9	3,7	30,2	39,1	23,9	45,4	27,2	4,6	18,2	22,5	1,8	-
	Reiskuchen Berlin	N 1, N 2, T	29,6	97,9	2,1	10,3	2,2	1,3	84,0	80,4	4,9	0,9	0,0	4,0	0,9	0,0	18,1
	Pellets	N 1, N 2, T	90,4	90,9	9,1	11,9	5,1	19,2	54,6	32,6	41,2	19,5	3,3	21,7	16,2	1,3	18,7
Haferflocken Berlin	N 1, N 2, T	89,4	97,8	2,2	15,3	8,7	2,0	71,8	54,7	19,1	1,6	0,9	17,5	0,7	0,1	20,0	
Krefeld, Berlin	Alkanpellets	N1, N 2	91,0	91,7	8,3	18,1	5,2	17,0	51,3	33,4	34,9	16,9	1,8	18,0	15,1	0,9	18,8
	Tanninpellets	T	90,1	93,2	6,9	18,0	3,4	17,8	54,0	32,1	39,7	19,4	2,5	20,3	16,9	0,5	18,5
Krefeld	Grasheu	N 1	94,4	89,5	10,5	8,8	2,7	29,8	48,3	25,1	53,0	29,7	3,7	23,3	26,1	4,2	17,8
	Grasheu	T	94,6	88,4	11,6	10,0	2,6	29,5	46,3	20,4	55,4	31,9	8,1	23,5	23,8	5,1	17,6
	Pellets	N 1, T	92,8	91,7	8,3	14,1	3,9	16,5	57,1	34,5	39,1	17,7	2,6	21,4	15,1	0,7	18,3
	Gras	N 2	13,4	88,4	11,6	19,2	3,4	24,4	41,5	5,0	60,9	31,6	8,3	29,3	23,3	2,2	17,8
	Pellets	N 2	91,6	91,7	8,3	14,3	3,6	17,3	56,6	35,8	38,1	17,7	2,2	20,4	15,5	0,7	18,2

Tabelle 8.42 Zusammensetzung der Futtermittel, bezogen auf die TS: Mengen- und Spurenelemente (FRÖSCHLE & CLAUSS)

Haltung	Futtermittel	Ration	Ca g/kg	Fe mg/kg	Cu mg/kg
Belin	Luzerneheu	N 1	13,9	51,3	11,4
	Grasheu A	N 1	2,7	82,8	9,9
	Grasheu B	N 1	2,7	82,8	9,9
	Grasheu	T	2,7	82,8	9,9
	Luzerneheu	T	13,9	51,3	11,4
	Gras	N 2	6,2	223,0	14,2
	Reiskuchen Berlin	N 1, N 2, T	4,3	44,5	23,0
	Pellets	N 1, N 2, T	9,8	321,7	20,5
	Haferflocken Berlin	N 1, N 2, T	0,5	99,4	7,3
Krefeld, Berlin	Alkanpellets	N 1, N 2	12,7	276,2	17,3
	Tanninpellets	T	9,5	207,9	18,3
Krefeld	Grasheu	N 1	7,6	975,1	10,6
	Grasheu	T	8,2	1174,0	9,0
	Pellets	N 1, T	8,7	248,8	18,2
	Gras	N 2	11,3	137,1	12,5
	Pellets	N 2	8,9	248,2	19,5

8.3 Studie von WOODFINE (unveröffentlicht) und PAROS (unveröffentlicht)

Tab. 8.43 Versuchstiere (WOODFINE, PAROS)

Quelle	Name	Zuchtbuchnr.	Haltung	Geschl.	Alter [a]	KM [kg]
WOODFINE	Quinto (Q)	0430	WWAP	m	9	1093
WOODFINE	Emma (E)	0451	WWAP	w	8	1000
PAROS	Pete (Pe)	0376	MWPZ ¹	m	12	1200
PAROS	Miadi (Mi)	0396	MWPZ ¹	w	11	1100

¹Metro Washington Park Zoo

Tab. 8.44 Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg] [% KM] [g/kg MKM] (WOODFINE, PAROS)

Haltung	Tier	TS-Aufnahme		
		[kg]	[% KM]	[g/kg MKM]
WWAP	E	19,5	1,8	102,6
	Q	13,1	1,3	73,7
MWPZ	Pe	15,6	1,3	76,3
	Mi	16,0	1,5	83,6

Tab. 8.45 Gehalte [% TS] an oS, Rohnährstoffen und Gerüstsubstanzen der Futterrationen

Haltung	Tier	oS	Ra	Rp	Rfe	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C
WWAP	E	92,5	7,5	12,4			46,9	33,5	4,9	13,4	28,6
	Q	92,9	7,1	13,1			37,8	25,9	3,8	11,9	22,1
MWPZ	Pe	90,8	9,2	20,1	2,7	29,0	39,4	29,1	7,6	10,3	21,5
	Mi	90,7	9,3	20,5	2,7	29,0	38,9	28,8	7,7	10,1	21,1

Tab. 8.46 Gehalt an Makroelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futterrationen (WOODFINE, PAROS)

Haltung	Tier	Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn
WWAP	E	4,0	-	2,4	3,0	3,3	7,2	230,1	-	-
	Q	3,6	-	2,4	4,2	4,0	7,2	265,4	-	-
MWPZ	Pe	13,8	15,2	3,9	2,5	5,1	12,1	325,3	53,6	52,0
	Mi	14,1	15,1	4,0	2,5	5,1	11,9	327,2	52,0	50,6

Tab. 8.47 TS-Kotmenge [kg], Kot-TS [% uS], Gehalt an oS [% TS], Rohnährstoffen [% TS], Gerüstsubstanzen, AIA [% TS] und GE [kJ/g] (WOODFINE, PAROS)

Haltung	Tier	Kotmen-ge	TS	Ra	Rp	Rfe	NDF	ADF	ADL
WWAP	E	10,5	20,63						
	Q	6,0	26,36						
MWPZ	Pe	5,8	18,3	10,3	11,7	4,9	61,9	50,9	21,2
	Mi	5,6	18,7	10,3	12,8	5,4	57,2	54,8	17,2

Tab. 8.48 sV [%] der TS, der oS, der Rohnährstoffe und der Gerüstsubstanzen (WOODFINE, PAROS)

Haltung	Tier	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C
WWAP	E	46	-	-43	51	-	-	21	18	18	29	18
	Q	55	-	-12	55	-	-	32	21	9	57	24
MWPZ	Pe	63	63	59	78	34	86	42	35	-4	60	49
	Mi	65	66	61	78	31	83	49	34	22	92	38

Tab. 8.49 Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und sV [%] der Makroelemente (WOODFINE, PAROS)

Hal- tung	Tier	Ca			K			Mg			Na			P		
		Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
WWAP	E	78,0	14,3	82	-	-	-	46,8	11,7	75	58,5	37,2	36	64,4	60,2	6
	Q	47,2	10,0	79	-	-	-	31,4	8,1	74	55,0	46,8	15	52,4	44,9	14
MWPZ	Pe	214,7	35,8	83	236,4	113,9	52	60,5	13,3	78	38,9	37,7	3	78,6	52,0	34
	Mi	225,7	38,3	83	241,5	86,1	64	63,4	17,8	72	40,4	36,2	10	81,1	63,9	21

Tab. 8.50 Tägliche Aufnahme (Auf.) [mg], fäkale Ausscheidung (Aus.) [mg] und sV [%] der Spurenelemente (WOODFINE, PAROS)

Hal- tung	Tier	Cu			Fe			Mn			Zn		
		Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
WWAP	E	140	111	21	4487	6825	-52	-	-	-	-	-	-
	Q	94	88	7	3477	15329	-341	-	-	-	-	-	-
MWPZ	Pe	188	156	17	5062	5648	-12	835	734	12	810	751	7
	Mi	190	172	10	5223	6054	-16	830	861	-4	808	911	-13

Tab. 8.51 Zusammensetzung der Futtermittel: TS [% uS], oS [% TS], Rohnährstoffe [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und Mineralstoffe (bezogen auf die TS) (PAROS)

Haltung	Futtermittel	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	NDF	ADF	ADL	Ca	K	Mg	Na	Cu	Fe	Mn
										g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
MWPZ	Kleegrasheu	90,3	90,8	9,2	22,4	2,4	40,6	31,2	8,5	16,1	13,8	4,0	1,8	8,0	245,0	20,0
	Grasheu	91,9	94,7	5,3	8,6	2,4	62,2	42,5	6,8	5,3	14,9	1,0	0,1	9,0	96,0	49,0
	Pellets	88,6	90,5	9,5	16,0	3,5	34,9	23,4	5,7	9,6	18,2	3,9	4,1	21,0	517,0	126,0

9 Danksagung

Mein Dank gilt den folgenden Personen:

Frau Prof. Dr. Ellen Kienzle für die Überlassung des Themas und für die Zeit, die sie sich genommen hat, um die Arbeit gut zu betreuen.

Den Direktoren / Kuratoren / Tierärzten der teilnehmenden Zoologischen Gärten für die Unterstützung dieser Arbeit - in Zürich Dr. Alex Rübel (Direktor), Dr. Robert Zingg (Kurator), Prof. Dr. Jean-Michel Hatt (Tierarzt), Gabriela Hürlimann (Veterinärassistenz); in Köln Prof. Dr. G. Nogge (Direktor) sowie Dr. O. Behlert (Kurator/Tierarzt); in Whipsnade Chris West (Direktor), Nick Lindsay (Kurator), Dr. E. Flach (Tierarzt) und Joanne Dodds (Veterinärassistenz).

Dr. Marcus Clauss für die während der gesamten Arbeit große Unterstützung, die in tatkräftiger Hilfe beim praktischen Teil, Überlassung einer Vielzahl von Literatur, konstruktiver Kritik beim Schreiben und Motivation bestand.

Prof. Dr. Peter Schramel und Dr. Peter Grill von der GSF Neuherberg für die Durchführung der Mineral-Analysen.

Den Tierpflegern der teilnehmenden Zoologischen Gärten für ihre tatkräftige Unterstützung und ihre Geduld bei der Durchführung der praktischen Arbeiten; insbesondere Martin Studer (Zürich), Werner Naß, Brian Batstone, Walter Wolf und Arno Schulz (Köln), sowie Cliff Tack, Pete Williams, Sarah Taylor, Marc Best, Craig White, Marc Holden und Frank Smith (Whipsnade).

Frau Elisabeth Stadler und Herrn Werner Hesselbach, die mich sehr gut in die verschiedenen Analysetechniken eingeweiht, und mir immer geholfen haben, wenn Probleme aufgetaucht sind.

Allen Tierpflegern am Oberwiesenfeld - besonders Gabi Reder und Nadja Al-Tokmaschi -, die stets hilfsbereit waren und für ein Klima sorgten, in dem man gerne arbeitet.

Frau Heidrun Barleben vom IZW Berlin für die Durchführung der Detergenzien- und Protein-Analysen.

Ellen Dierenfeld für die Bereitstellung von unveröffentlichten Daten von Verdauungsversuchen mit Spitzmaulnashörnern.

Meinen Mitdoktoranden, den Assistenten und den anderen Mitarbeitern für die schöne Zeit am Institut.

Anja Zülch für das gute Korrekturlesen.

Meinem Vater, der mir das Studium und die Promotion ermöglicht hat.

10 Lebenslauf

Name: Johanna Constanze Castell
Geburtsdatum: 29.12.1976
Geburtsort: München
Eltern: Mechtild Castell, geb. Hesse, Kinderärztin
Rolf Castell, Prof. für Kinder- und Jugendpsychiatrie

Schulbildung

1983 - 87 Haldenberggrundschule in München
1987 - 96 Luisengymnasium in München, Abitur
(Leistungskurse Latein und Musik)

Universitätsausbildung

1996 - 2002 Studium der Tiermedizin an der LMU München
26. März 2003 Approbation als Tierärztin
Nov. 2002 Beginn der Dissertation am Lehrstuhl für
Tierernährung der LMU München.

Praktische Ausbildung

1996 Praktikum an der Pferdekl. München-Riem
1999 - 2000 Praktikum und 1 Jahr Famulatur an der chirurgischen Klinik für
Pferde der LMU, München
2001 Praktikum in einer Kleintierpraxis
2001 Praktikum beim Equine Field Service, UC Davis, CA
2001/2002 Praktikum am Institut für Tierpathologie der LMU München

Berufliche Tätigkeit

2003 - 2004 Anstellung als Wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für
Tierernährung der LMU, München
2004 Anstellung als Wissenschaftliche Hilfskraft an der Moritz-
Arndt-Universität, Greifswald