

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik  
Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

---

**Untersuchungen zur Fütterung und Verdauungsphysiologie  
am Indischen Panzernashorn  
(*Rhinoceros unicornis*)**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von  
Carmen Polster  
aus Erlangen

München 2004

Berichte aus der Veterinärmedizin

Carmen Polster

**Untersuchungen zur Fütterung und  
Verdauungsphysiologie am  
Indischen Pänzernashorn  
(*Rhinoceros unicornis*)**

Shaker Verlag  
Aachen 2004

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: München, Univ., Diss., 2004

**Meinen Eltern**

Copyright Shaker Verlag 2004

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

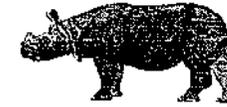
ISBN 3-8322-2794-6

ISSN 0945-103X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)



## **Inhaltsverzeichnis**

Abkürzungsverzeichnis	10
Abbildungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	15
<b>1. Einleitung</b>	<b>18</b>
<b>2. Schrifttum</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Begriffsbestimmungen</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Zur Biologie des Panzernashorns</b>	<b>22</b>
2.2.1 Allgemeine Angaben	22
2.2.2 Taxonomische Einordnung	23
<b>2.3 Der Verdauungstrakt des Panzernashorns</b>	<b>25</b>
2.3.1 Anatomie des Verdauungstrakts	25
2.3.2 Physiologische Grundlagen	30
2.3.2.1 Verdauungsphysiologie	30
2.3.2.2 Verdaulichkeitsstudie beim Panzernashorn	32
2.3.2.3 Darmpassagezeit beim Panzernashorn	33
2.3.2.4 Kalziumhaushalt	35
<b>2.4 Nahrungsaufnahme</b>	<b>36</b>
2.4.1 Nahrungszusammensetzung freilebender Panzernashörner	36
2.4.2 Nahrungszusammensetzung von Panzernashörnern in Menschenobhut	39
2.4.2.1 Fütterungsempfehlungen	39
2.4.2.2 Fütterungsbeispiele aus der Literatur	41



<b>2.5 Fütterungsbedingte Gesundheitsprobleme bei Panzernashörnern in Menschenobhut</b>	<b>44</b>
<b>2.5.1 Erkrankungen des Verdauungstrakts</b>	<b>44</b>
2.5.2 Allergisch bedingte Lungenerkrankungen	46
2.5.3 Potentiell mit einer Überfütterung in Zusammenhang stehende Gesundheitsprobleme	47
2.5.3.1 Leiomyome des Genitaltrakts	47
2.5.3.2 Erkrankungen der Füße	49
<b>3. Eigene Untersuchungen</b>	<b>53</b>
<b>3.1 Studienziel</b>	<b>53</b>
<b>3.2 Material und Methoden</b>	<b>53</b>
3.2.1 Versuchsplan	53
3.2.2 Nashörner	55
3.2.3 Versuchsfutter	56
3.2.4 Versuchsdurchführung und Probengewinnung	57
3.2.4.1 Haltung der Tiere	57
3.2.4.2 Sammeln der Kotproben	59
3.2.4.3 Darmpassagezeit	59
3.2.4.4 Scheinbare Verdaulichkeit	60
3.2.4.5 Parameter der mikrobiellen Fermentation	61
3.2.4.6 Wasseraufnahme	61
3.2.5.7 Urinproben	61
3.2.5 Probenvorbereitung	62
3.2.6 Prüfparameter	63
3.2.6.1 Futter	63
3.2.6.2 Kot	64
3.2.6.3 Urin	65



3.2.7 Analysemethoden	66
3.2.7.1 Futter und Kot	66
3.2.7.2 Urin	72
3.2.8 Berechnungsmethoden	73
3.2.8.1 Rationsberechnung	73
3.2.8.2 Scheinbare Verdaulichkeit	73
3.2.8.3 Verdaulichkeit des Nicht-Zellwand-Proteins (NZP)	73
3.2.8.4 Differenzverdaulichkeit	74
3.2.8.5 Passageparameter	75
3.2.8.6 Korrektur in $\text{Basel G}^*$ für potentielle Rindenmuichaufnahme	76
3.2.9 Statistische Methoden	77
<b>3.3 Ergebnisse</b>	<b>77</b>
3.3.1 Gesundheitszustand	77
3.3.2 Ernährungszustand	77
3.3.3 Futterakzeptanz und -aufnahme	78
3.3.4 Kot	83
3.3.5 Darmpassagezeit	84
3.3.6 Scheinbare Verdaulichkeit	86
3.3.7 Differenzverdaulichkeit	88
3.3.8 Parameter der mikrobiellen Fermentation	89
3.3.8.1 Laktat im Kot	89
3.3.8.2 Flüchtige Fettsäuren im Kot	89
3.3.8.3 pH-Wert im Kot	91
3.3.9 Kotpartikelgröße	92
3.3.10 Wasserhaushalt	93
3.3.11 Urin	94



<b>4. Diskussion</b>	<b>95</b>
<b>4.1 Beurteilung der Versuchsmethoden</b>	<b>95</b>
4.1.1 Darmpassagezeit	95
4.1.2 Verdauungsversuche	95
4.1.2.1 Begründung der gewählten Methode	95
4.1.2.2 Vergleich mit internen Markern	96
4.1.2.3 Bestimmung der Energiegehalte in Futtermitteln und Faeces	98
4.1.2.4 Abschätzung der Rindenmulch-Aufnahme	99
<b>4.2 Darmpassagezeit</b>	<b>100</b>
<b>4.3 Verdaulichkeit</b>	<b>105</b>
4.3.1 Verdaulichkeitsdaten	105
4.3.1.1 Vergleich der Haltungen untereinander	105
4.3.1.2 Vergleich mit bei anderen Nashörnern ermittelten Werten	108
4.3.1.3 Vergleich mit bei Pferden ermittelten Werten	109
<b>4.4 Endogene Verluste</b>	<b>113</b>
4.4.1 Endogene Verluste – Protein	113
4.4.2 Endogene Verluste – Fett	118
4.4.3 Endogene Verluste – NfE	119
<b>4.5 Mineralhaushalt</b>	<b>119</b>
4.5.1 Kalzium	119
4.5.2 Phosphor	124
4.5.3 Spurenelemente – Kupfer, Eisen und Zink	126
<b>4.6 Wasserhaushalt</b>	<b>128</b>



<b>4.7 Parameter der mikrobiellen Fermentation</b>	<b>130</b>
<b>4.8 Zusammenhang zwischen Verdaulichkeit und Fasergehalt</b>	<b>133</b>
<b>4.9 Energiebewertung der Rationen anhand für Pferde entwickelter Schätzgleichungen</b>	<b>136</b>
<b>4.10 Bewertung der Energieaufnahme</b>	<b>136</b>
<b>5. Zusammenfassung</b>	<b>142</b>
<b>6. Summary</b>	<b>145</b>
<b>7. Literaturverzeichnis</b>	<b>148</b>
<b>8. Tabellenanhang</b>	<b>171</b>
<b>9. Danksagung</b>	<b>181</b>
<b>10. Lebenslauf</b>	<b>183</b>



### Abkürzungsverzeichnis

Aqua dest.	Destilliertes Wasser
Aqua tridest.	Tridestilliertes Wasser
ADF	Acid Detergent Fiber (Saure Detergentienfaser)
ADL	Acid Detergent Lignin (Saures Detergentienlignin oder Rohlignin)
AIA	Acid Insoluble Ash (säureunlösliche Asche)
C	Cellulose
C2	Essigsäure
C3	Propionsäure
C4	Buttersäure
C5	Valeriansäure
DE	Digestible Energy (verdauliche Energie)
DFC	Distal Fermentation Chamber (Distale Fermentationskammer)
G	Grundfuttermitteln
GE	Gross Energy (Bruttoenergie)
HC	Hemicellulose
IUCN	International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources
KG	Kraftfutter- und Grundfuttermitteln
KM	Körpermasse
ME	umsetzbare Energie
MRT	Mittlere Retentionszeit
NADH/H <sup>+</sup>	Nicotinsäureamid-adenin-dinucleotid
NDF	Neutral Detergent Fiber (Neutrale Detergentienfaser)
NDF prot	Proteingehalt der NDF-Fraktion
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
nZKP	Nicht-Zellwand-Kot-Protein
nZP	Nicht-Zellwand-Protein
o. A.	ohne Angabe
OM	Organic Matter (organische Substanz)
oS	organische Substanz



Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
R-KH	Rest-Kohlehydrate
Rp	Rohprotein
sV	scheinbare Verdaulichkeit
TS	Trockensubstanz
uS	ursprüngliche Substanz
VFA	Flüchtige Fettsäuren
Vit	Vitamin



### Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Systematische Einordnung des Panzermashoms in das Tierreich (erstellt nach Daten aus GRZIMEK 2000).....	24
Abb. 2:	Schädel eines Panzermashoms (aus BOURDELLE 1955).....	26
Abb. 3:	Magen des Panzermashoms (aus OWEN 1862).....	27
Abb. 4:	Caecum, Colon und Anfangsteil des Rektums des Panzermashoms (aus OWEN 1862).....	29
Abb. 5:	Zeitlicher Ablauf der Verdauungsversuche.....	54
Abb. 6:	Markerausscheidung von Chrom und Kobalt von Jaffna (Basel).....	85
Abb. 7:	Markerverlauf von Chrom und Kobalt in Ration KG und Ration G von Noel (Nürnberg).....	85
Abb. 8 a-c:	Kumulierter Anteil zurückgehaltener Partikel in % aller zurückgehaltener Partikel in den jeweiligen Haltungen für Ration KG und Ration G.....	92
Abb. 9:	Vergleich des experimentell im Kot bestimmten Gehalts an Bruttoenergie (GE in kJ/100 g TS) mit dem mittels Schätzformel berechneten Energiegehalt im Kot.....	99
Abb. 10+11:	Darstellung der Veränderung der Werte zur Bilanz von Lignin und Kalzium bei den Baseler Tieren aufgrund der angenommenen Rindenmulch-Aufnahme.....	100
Abb. 12:	Gemessene Passageraten bei Dickdarmfermentierern nach FOOSE (1982) und nach UDÉN et al. (1982), HACKENBERGER (1987), KIEFER (2000 u. pers. Mitt.), CLAUSS et al. (2002) und der vorliegenden Arbeit.....	102
Abb. 13:	Mittlere Retentionszeit des Partikelmarkers Chrom (h) in Abhängigkeit von der TS-Aufnahme (% KM).....	104
Abb. 14:	Mittlere Retentionszeit in der distalen Fermentationskammer in Abhängigkeit von der MRT des gesamten Gastrointestinaltrakts.....	105
Abb. 15:	TS-Verdaulichkeiten im Haltungsvergleich.....	106
Abb. 16:	Rfa-Verdaulichkeiten im Haltungsvergleich.....	107



Abb. 17:	Kotpartikelgrößen (Größeneinheiten in % TS) bei Pferden (nach MEYER et al. 1986) und Panzermashömem (reine Rauhfutter-Rationen).....	112
Abb. 18:	Zusammenhang des Gehalts an Rohprotein und verdaulichem Rohprotein.....	113
Abb. 19:	Rohproteinaufnahme zu Rohproteinausscheidung (in g/kg KM <sup>0,75</sup> ).....	114
Abb. 20:	Zusammenhang zwischen der Futteraufnahme (% KM) und dem Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Verlusten (g/100 kg KM).....	115
Abb. 21:	Zusammenhang zwischen der Rohproteinaufnahme (g/kg KM <sup>0,75</sup> ) und den Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Verlusten (g/kg KM <sup>0,75</sup> ).....	116
Abb. 22:	Zusammenhang zwischen der Futteraufnahme (% KM) und den Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Verluste (g/100 g TS).....	116
Abb. 23:	Abhängigkeit des Nicht-Zellwand-Kot-Proteins (g/100 g TS) vom Rp-Gehalt der Ration (% TS).....	117
Abb. 24:	Zusammenhang des Gehalts an Rohfett und verdaulichem Rohfett.....	118
Abb. 25:	Zusammenhang des Gehalts an Nfe und verdaulichem Nfe.....	119
Abb. 26:	Zusammenhang zwischen Ca-Aufnahme (g/kg KM) und Ca-Ausscheidung über den Kot (g/kg KM) bei Panzermashömem.....	120
Abb. 27:	Zusammenhang zwischen der Ca-Aufnahme (g/kg KM) und dem Ca:Kreatinin-Verhältnis im Urin von Panzermashömem.....	121
Abb. 28:	Abhängigkeit der scheinbaren Verdaulichkeit von Ca und P vom Ca:P-Verhältnis in reinen Rauhfutter-Rationen beim Pferd (nach CYMBALUK 1990).....	122
Abb. 29:	Zusammenhang zwischen Ca:P-Verhältnis in der Ration und der scheinbaren Verdaulichkeit von Ca.....	122
Abb. 30:	Zusammenhang von Ca-Aufnahme (g/kg KM) und der scheinbaren Ca-Verdaulichkeit (%).....	123
Abb. 31:	Zusammenhang zwischen P-Gehalt in Ration (g/kg) und der scheinbaren Ca-Verdaulichkeit (%).....	123
Abb. 32:	Zusammenhang zwischen P-Aufnahme (g/kg KM) und P-Ausscheidung über den Kot (g/kg KM).....	124



- Abb. 33: Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Ca:P-Verhältnis und der durchschnittlichen scheinbaren Verdaulichkeit für Ca und P bei Elefanten (nach LÖHLEIN 1999).....125
- Abb. 34: Zusammenhang zwischen dem P-Gehalt in der Ration und der P-Verdaulichkeit bei Panzermashörnern.....125
- Abb. 35: Zusammenhang zwischen Kupfer-Aufnahme (mg/kg KM) und Kupfer-Ausscheidung mit dem Kot (mg/kg KM).....127
- Abb. 36: Zusammenhang zwischen Eisen-Aufnahme (mg/kg KM) und Eisen-Ausscheidung mit dem Kot (mg/kg KM).....127
- Abb. 37: Zusammenhang zwischen Zink-Aufnahme (mg/kg KM) und Zink-Ausscheidung mit dem Kot (mg/kg KM).....128
- Abb. 38: Zusammenhang zwischen Kreatinin-Konzentration im Urin und dem nicht fäkal ausgeschiedenem Wasser (= Wasseraufnahme - fäkale Wasserverluste). Die Kurve zeigt den für Pferde ermittelten Zusammenhang (für das Urinvolumen) nach MEYER & STADERMANN (1990).....129
- Abb. 39: Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kotwasser bei Panzermashörnern auf verschiedenen Rationen.....131
- Abb. 40: C2:C3-Verhältnis bei den verschiedenen Rationen.....132
- Abb. 41: Zusammenhang zwischen Gehalt an flüchtigen Fettsäuren (mmol/l) und Nicht-Zellwand-Kot-Protein (% Kot-TS).....133
- Abb. 42: Vergleich des Einflusses des NDF-Gehalts der Ration (% TS) auf die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz bei verschiedenen Nashornarten. Daten aus der vorliegenden Studie und von FOOSE (1982), DIERENFELD et al. (2000), KIEFER (2002).....135
- Abb. 43: Beurteilung der Energie-Aufnahme anhand der DE (DE-Aufnahme; experimentell bestimmt; DE-Bedarf berechnet anhand der für Pferde angenommenen Gleichung  $DE \text{ (MJ/d)} = 0,6 \text{ KM}^{0,75}$  (MEYER & COENEN 2002)).....138
- Abb. 44+45: Fotos zweier Versuchstiere, um Unterschiede im Ernährungszustand und Erscheinungszustand zu verdeutlichen.....139



## Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: Gewichtsangaben und Schulterhöhe beim Indischen Panzermashorn..23
- Tab. 2: NDF-Gehalt der Rationen und von Panzermashörnern erzielte Verdauungskoeffizienten für organische Substanz (oS) und verschiedene Faserkomponenten auf Gras- bzw. Luzerneheu (jeweils 3 Tiere pro Futter, durchschnittl. KM = 1852 kg) (nach FOOSE 1982)....34
- Tab. 3: Auf Grasheu vergleichbarer Qualität (NDF-Gehalt 67-72 % TS) erzielte Verdauungskoeffizienten für organische Substanz (oS) und verschiedene Faserkomponenten bei verschiedenen Zoo-Herbivoren (nach FOOSE 1982).....34
- Tab. 4: Inhaltsstoffe einiger natürlicher Futterpflanzen des Panzermashorns aus DUKE & ATCHLEY (1986).....38
- Tab. 5: Empfohlener Energie- und Nährstoffgehalt in Futterrationen für Nashörner in unterschiedlichen Leistungsstadien (nach DIERENFELD 1999) bezogen auf die Trockenmasse.....40
- Tab. 6: Inhaltsstoffe (bezogen auf Trockenmasse) von Grund-, Mischfuttermitteln, Obst und Gemüse (nach JEROCH et al. 1993 und CLAUSS 2000).....41
- Tab. 7: Versuchstiere.....55
- Tab. 8: Rationszusammensetzung in München und Nürnberg.....56
- Tab. 9: Rationszusammensetzung in Basel und New York.....57
- Tab. 10: Angenommene Nährstoff- und Mineralgehalte des Rindenmulchs.....76
- Tab. 11: Aufgenommene Futtermenge pro Haltung in kg, Futtermenge in % des Körpergewichts und in g/kg  $\text{KM}^{0,75}$  im Vergleich angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung.....78
- Tab. 12: Futteraufnahmemenge der einzelnen Rationsbestandteile in kg TS angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung.....79
- Tab. 13: Gehalt an organischer Substanz (%), Roh Nährstoffgehalt (%) und Bruttoenergie (kJ/g) der Futterrationen KG angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung.....80
- Tab. 14: Gehalt an organischer Substanz (%), Roh Nährstoffgehalt (%) und Bruttoenergie (kJ/g) der Grundfutterrationen G angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung.....80



Tab. 15:	Gehalt an Gerüstsubstanzen (%) der Futterrationen KG angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	81
Tab. 16:	Gehalt an Gerüstsubstanzen (%) der Grundfutterrationen G angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	81
Tab. 17:	Kalzium- und Phosphorgehalt (g/kg) sowie Kupfer-, Eisen- und Zinkgehalt (mg/kg) der Futterrationen KG angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	82
Tab. 18:	Kalzium- und Phosphorgehalt (g/kg) sowie Kupfer-, Eisen- und Zinkgehalt (mg/kg) der Grundfutterrationen G angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	82
Tab. 19:	TS-Gehalt des Kots, ausgeschiedene gewogene Kotmengen in kg uS und TS sowie die Kot-Wasser-Menge in kg angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	83
Tab. 20:	Körpergewicht, Beginn und Ende der Markerausscheidung (in h nach Markeraufnahme), Passagerate (MRT) und Verhältnis von MRT DFC zu MRT im Vergleich der einzelnen Tiere.....	84
Tab. 21:	Scheinbare Verdaulichkeit (%) der Trockensubstanz, der organischen Substanz, der Bruttoenergie, der Rohnährstoffe, der Faserbestandteile und der Mineralstoffe sowie die Verdaulichkeit des Nicht-Zellwand-Proteins (nZP) in % angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	87
Tab. 22:	Differenzverdaulichkeit (%) des Kraftfutteranteils der KG-Rationen in den verschiedenen Haltungen angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	88
Tab. 23:	Laktatwerte im Kot (in mmol/l Kotwasser) angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	89
Tab. 24:	Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot (in mmol/l Kotwasser) angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	90
Tab. 25:	Summe von Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure (mmol/l Kotwasser), prozentuale Verteilung der flüchtigen Fettsäuren (%) und C2:C3-Verhältnis angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	91
Tab. 26:	pH-Werte im Kot.....	91
Tab. 27:	Tränkeaufnahme, Futterwassergehalt, Wasseraufnahme und Wasserverlust pro Tag (kg/100kg KM) angegeben in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.....	93



Tab. 28:	Kreatiningehalt (mmol/l) und Kalziumgehalt (g/kg uS) des Urins und Kalzium-Kreatinin-Verhältnis.....	94
Tab. 29:	Kotmengen (kg) und TS-Verdaulichkeiten (%) erhoben mit den Daten der Sammelmethode und berechnet mit den internen Markern ADL und AIA.....	97
Tab. 30:	Vergleich der nach ILLIUS & GORDON (1992) und CORK et al. (1999) berechneten mittleren Retentionszeit und der im Versuch gemessenen MRT.....	103
Tab. 31:	Durchschnittliche Aufnahme an Trockensubstanz (TS, in % der Körpermasse KM), scheinbare Verdaulichkeiten (sV) für TS, organische Substanz (oS), Rohprotein (Rp), Neutrale Detergenzien-Faser (NDF), Zellulose (C), Kalzium (Ca), Phosphor (P) (in %) und die Aufnahme an verdaulicher Energie (DE) (in MJ/kg KM <sup>0.75</sup> ).....	143
Tab. 32:	Average intake of dry matter (DM, in % body weight BW), apparent digestibility (aD) of DM, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fibre (NDF), cellulose (C), calcium (Ca), phosphorus (P) (in %) and intake of digestible energy (DE) (in MJ/kg BW <sup>0.75</sup> ).....	146



## 1. Einleitung

Gemäß der Roten Liste bedrohter Tierarten der IUCN (2002) gilt das Panzermashorn (*Rhinoceros unicornis*) als gefährdet mit einem hohen Risiko für das Aussterben der freilebenden Population in naher Zukunft. Dies liegt unter anderem daran, dass die wilde Population sich auf verschiedene, fragmentierte Habitate aufteilt. Im Jahr 1999 wurde die westliche Population in Nepal auf 652 und die östliche Population in Assam auf 1868 Individuen geschätzt (FOOSE et al. 2000). Neben dieser geringen Tierzahl mit den resultierenden potentiellen Problemen eines genetischen Engpasses und dem fortschreitenden Habitatverlust setzen auch Wilderer der Population zu: Zwischen 1986-1995 wurden die durch Wilderei verursachten Verluste auf 50 Tiere in Nepal und 450 Tiere in Assam geschätzt (FOOSE & VAN STRIEN 1997).

Damit wird der Beitrag von Zoologischen Gärten zum Arterhalt wesentlich. Im Jahr 2000 wurden weltweit 137 Tiere in 50 Institutionen gehalten, von denen 72 % Nachzuchten waren (WIRZ-HLAVACEK et al. 2001). Bei einer durchschnittlichen Generationszeit von 15 Jahren (WIRZ-HLAVACEK 1999) stellt dabei eine konsistent ausgewogene Ernährung für die Sicherstellung eines ausreichenden Nachzuchterfolges einen wesentlichen Faktor dar. Hier entwickelt sich in jüngster Zeit in Zoologischen Gärten ein Problembewusstsein für mögliche Folgen einer Überfütterung (z.B. ANGE et al. 2001, HATT & LIESEGANG 2001, SCHWITZER & KAUMANN 2001); allerdings steht auch weiterhin eine bedarfsdeckende Versorgung mit essentiellen Nährstoffen im Mittelpunkt.

Traditionellerweise wird das Pferd als Modelltier für die Nashornernährung herangezogen. Mit der vorliegenden Arbeit sollen verdauungsphysiologische Parameter des Panzermashorns ermittelt werden, um einen Vergleich mit dem Pferd oder auch mit anderen Pflanzenfressern zu ermöglichen, und um die Eignung von üblicherweise in Zoologischen Gärten eingesetzten Futtermitteln zu beurteilen.



## 1. Schrifttum

### 2.1 Begriffsbestimmungen

Um Missverständnisse wegen des fächerübergreifenden Charakters der Dissertation und der unterschiedlichen Verwendung von Fachbegriffen zu vermeiden, werden hier einige grundlegende Definitionen vorangestellt.

#### Verdaulichkeit / scheinbare Verdaulichkeit (sV)

In dieser Studie ist unter Verdaulichkeit grundsätzlich die scheinbare Verdaulichkeit zu verstehen. Sie ist „die in Prozent der Nährstoffaufnahme angegebene Differenz zwischen der mit dem Futter aufgenommenen und der mit dem Kot ausgeschiedenen Nährstoffmenge“ (KAMPHUES et al. 1999).

#### Wahre Verdaulichkeit (=Resorbierbarkeit)

Sie berücksichtigt denjenigen Anteil der endogenen Sekretion eines Nährstoffs, der während der Darmpassage nicht absorbiert und mit dem Kot ausgeschieden wird (KAMPHUES et al. 1999).

#### Rohasche (Ra)

Dabei handelt es sich um Mineralstoffe und anorganische Substanzen, z.B. Silikate (KAMPHUES et al. 1999).

#### Rohfett (Rfe)

Rohfett stellt eine heterogene Stoffgruppe dar, die in Petroläther löslich ist. Neben den Neutralfetten gehören dazu unter anderem auch Lipide und andere ätherlösliche Stoffe (KAMPHUES et al. 1999).

#### Rohprotein (Rp)

Rohprotein kann neben Proteinen auch stickstoffhaltige Verbindungen nichteiweißartiger Natur enthalten, wie z.B. Aminosäuren oder Alkaloide (KAMPHUES et al. 1999).



### **Rohfaser (Rfa)**

Rohfaser enthält unlösliche Anteile von Cellulose (C), Hemicellulosen (HC), Pektinen, aber auch Lignin und andere Zellwandstoffe (KAMPHUES et al. 1999).

### **Stickstofffreie Extraktstoffe (Nitrogen free Extracts, NfE)**

Sie sind eine rechnerisch erfasste Stoffgruppe, die  $\alpha$ -glucosidisch gebundene Polysaccharide (Stärke, Glycogen), lösliche Zucker (Glucose, Fructose, Saccharose, Lactose, Maltose und Oligosaccharide) sowie lösliche Teile von Cellulose, Hemicellulosen, Lignin und Pektinen umfasst (KAMPHUES et al. 1999).

### **Organische Substanz (oS)**

Diese wird rechnerisch bestimmt und bezeichnet alle organischen Anteile einer Probe (KAMPHUES et al. 1999).

### **Rest-Kohlehydrate (R-KH)**

Diese Fraktion wird rechnerisch ermittelt und beschreibt Zucker, Stärke und Pektine.

### **Neutrale Detergentfaser (Neutral detergent fiber, NDF)**

Mit NDF wird die Summe der Gerüstsubstanzen bezeichnet. Sie umfasst Cellulose, Hemicellulosen und Rohlignin (ADL) (VAN SOEST 1967).

### **NDF prot**

Unter NDF prot versteht man den im Zuge der NDF-Analytik nicht vermeidbaren verbleibenden Proteingehalt der NDF-Fraktion.

### **Saure Detergentfaser (Acid detergent fiber, ADF)**

Besteht vorwiegend aus Cellulose und Lignin (VAN SOEST 1967).

### **Rohlignin (Acid detergent lignin, ADL)**

Enthält ausschließlich Lignin (VAN SOEST 1967).



### **Nicht-Zellwand-Kot-Protein (nZKP)**

Nach MASON & FREDERIKSEN (1979) wird das Nicht-Zellwand-Kot-Protein berechnet, indem vom Gesamt-Proteingehalt einer Kotprobe der Proteinrest im NDF-Rückstand abgezogen wird.

### **Flüchtige Fettsäuren (Volatile Fatty Acid, VFA, Kurzkettige Fettsäuren)**

Sind ein Gemisch organischer Säuren, die als Produkte mikrobieller Umsetzung vor allem von Kohlehydraten im Vormagen (bei Wiederkäuern) bzw. im Dickdarm entstehen. Essig-, Propion-, und Buttersäure machen den Großteil davon aus. Flüchtige Fettsäuren werden schnell resorbiert und stellen eine wichtige Energiequelle dar. Ihre Produktion wird von der Zusammensetzung des Futters bestimmt (ENGELHARDT & BREVES 2000).

### **Bruttoenergie (Gross energy, GE)**

Unter Bruttoenergie versteht man die durch Verbrennung im Bombenkalorimeter bestimmte Energie eines Futtermittels (KAMPHUES et al. 1999).

### **Verdauliche Energie (Digestible Energy, DE)**

Ist derjenige Anteil der Bruttoenergie (GE) eines Futtermittels, der nicht mit dem Kot ausgeschieden wird (KAMPHUES et al. 1999).

### **Umsetzbare Energie (Metabolisable Energy, ME)**

Derjenige Anteil der Bruttoenergie, der nicht mit dem Kot, Harn oder den Gärungsgasen ausgeschieden wird. Dabei werden thermische Energieverluste, die bei mikrobiellen Umsetzungen entstehen, nicht berücksichtigt (KAMPHUES et al. 1999).



## 2.2 Zur Biologie des Panzernashorns

### 2.2.1 Allgemeine Angaben

Das Indische Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*) kommt in Nordindien, Nepal und Bhutan vor (LAURIE 1997). Es bevorzugt Flußuferwälder und grasbewachsene Überschwemmungsgebiete (LAURIE 1997). Weltweit sind schätzungsweise noch 1900 - 2000 Individuen dieser Art vorhanden (LAURIE 1997, FOOSE & MILLER 1997). Panzernashörner sind Einzelgänger. Nach einer Tragzeit von ca. 16 Monaten (459 - 496 Tage) bringt das Weibchen ein einzelnes Junges zur Welt (WIRZ-HLAVACEK et al. 2001).

Panzernashörner haben nur ein Horn und zeichnen sich durch ausgeprägte Hautfaltungen im Schulter- und Flankenbereich aus, wodurch der Eindruck einer Panzerung erweckt wird. Dieser wird durch Beulen auf den Hautplatten, „die wie Nieten auf einem Schiffsrumpf aussehen“ (LANG 2000), zusätzlich verstärkt.

Panzernashörner sind die größten Vertreter der asiatischen Nashörner. Ihr Gewicht ist nur schwer abzuschätzen; die „Rippenzeichnung“ der Haut ist kein Kriterium des Ernährungszustandes und stimmt auch nicht mit den darunterliegenden knöchernen Rippen überein (GÖLTENBOTH 1995a). In der Literatur werden sehr unterschiedliche Angaben zum Körpergewicht und zur Schulterhöhe dieser Tierart gemacht (vgl. Tab. 1).



Tab. 1: Gewichtsangaben und Schulterhöhe beim Indischen Panzernashorn

Quelle	Gewicht (kg)		Schulterhöhe (m)	
	m	w	m	w
OWEN 1862	ca. 2 t			
LANG 1961	2070	1608	1,78	1,60
LANG 1966	ca. 2 t		1,78	
EISENBERG & SEIDENSTICKER 1976	1100 - 1410			
SILBERMAN & FULTON 1979	2000 - 3500			
FOOSE 1982	1928	1814		
LAURIE 1982	- 2100	ca. 1600	-1,86	1,60
WALLACH & BOEVER 1983	2100	1700	1,5 - 1,62	
NELSON & FOWLER 1986	2000 - 2500			
DINERSTEIN 1989	1410 - 2000			
EMANOIL 1994	1800 - 3600		1,5 - 1,8	
WIRZ-HLAVACEK et al. 2001	2000 - 2700	1300 - 2200	1,60 - 1,90	1,55 - 1,70

### 2.2.2 Taxonomische Einordnung

Stammesgeschichtlich lassen sich die Nashörner auf **Hyrachus** zurückführen. Dieser früheste Vertreter der Gruppe der Nashörner war klein und hornlos, fast tapirähnlich, und lebte vor 45-50 Millionen Jahren im Eozän (GROVES 1997). Ursprünglich existierten Nashörner in Europa, Asien, Nordamerika und Afrika. Schon im späten Miozän starben sie in Nordamerika und am Ende des Pleistozäns auch in Europa und in weiten Teilen Asiens aus, so dass die überlebenden Arten nur noch in Südostasien und Afrika zu finden sind (CERDENO 1998). Die Einordnung des Panzernashorns in das Tierreich ist in der Abbildung 1 zu sehen.

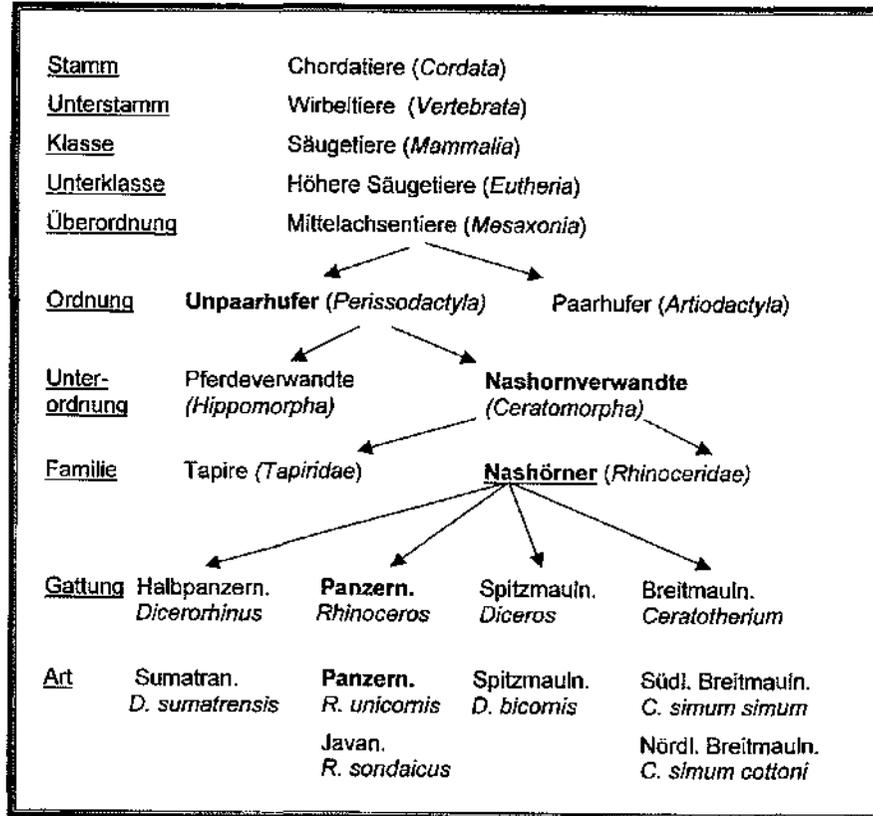


Abb. 1: Systematische Einordnung des Panzernashorns in das Tierreich (erstellt nach Daten aus GRZIMEK 2000)

Aus dieser systematischen Übersicht sind die Verwandtschaftsverhältnisse der einzelnen Arten jedoch nicht direkt ersichtlich.

Die Verwandtschaftsbeziehungen der Nashörner wurden aufgrund ihrer geographischen Verbreitung (Afrikanische Nashörner: Spitzmaul- und Breitmaulnashorn; Asiatische Nashörner: Panzer-, Java- und Sumatranashorn; POCOCK 1945) oder aufgrund der Hornzahl (einhörnige Nashörner: Panzer- und Javanashorn; zweihörnige Nashörner: Spitzmaul-, Breitmaul- und Sumatranashorn; SIMPSON 1945) definiert. Jüngere kladistische Untersuchungen mittels



morphologischer Skelettmerkmale unterstützen dabei die geographische Aufteilung (GROVES 1983, PROTHERO et al. 1986, CERDENO 1995), während durch Untersuchungen mitochondrialer DNA das Sumatranashorn den afrikanischen Gruppen zugeordnet wird, womit die „Hornzahltheorie“ unterstützt wird (MORALES & MELNICK 1994). Aufgrund einer vollständigen Entschlüsselung der Mitochondrien-DNA ist davon auszugehen, dass sich die Familien Rhinocerotidae und Equidae vor ca. 50 Millionen Jahren trennten (XU et al. 1996), und dass sich die Panzernashörner und die afrikanischen Arten vor ca. 27 Millionen Jahren auseinanderentwickelten (XU & ARNASON 1997).

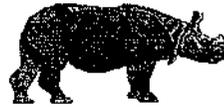
## 2.3 Der Verdauungstrakt des Panzernashorns

### 2.3.1 Anatomie des Verdauungstrakts

Die erwähnten Verwandtschaftsbeziehungen von Nashörnern, Equiden und Tapiren zeigen sich auch in der ähnlichen Anatomie ihres Verdauungstrakts (MITCHELL 1903/6, JONES 1979, NELSON & FOWLER 1986, STEVENS & HUME 1995). Alle besitzen einen einhöhligen Magen, und die Fermentation der Pflanzenfasern findet im Colon und Caecum statt; aus diesem Grund ist der Dickdarm bei diesen Tieren besonders ausgeprägt.

Die Form der Lippen weist auf die Ernährungsweise hin. Die Panzernashörner ernähren sich vielseitig, denn die greifende, fingerartig verlängerte Oberlippe (LAURIE 1982, 1997, NELSON & FOWLER 1986, DINERSTEIN 1989, LANG 2000) wird verwendet, um hohe Gräser und Büsche abzupflücken. Allerdings kann die Spitze auch eingefaltet und gegen die Unterlippe gedrückt werden, was die Aufnahme von sehr kurzen Gräsern ermöglicht (LAURIE 1982, 1997, GROVES 1997).

Das Panzernashorn hat vier Schneidezähne im Ober- und vier im Unterkiefer (LEIGH 1801, WEBER 1928, BOURDELLE 1955, GROVES 1997). LANG (2000) spricht von einer Zahnplatte im Oberkiefer und zwei Schneidezähnen im Unterkiefer. Das Bild



aus BOURDELLE (1955) (Abbildung 2) zeigt das Vorhandensein von Schneidezähnen im Ober- und Unterkiefer.

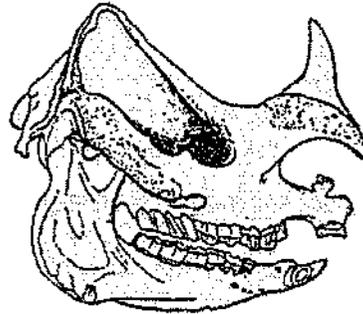


Abb. 2: Schädel eines Panzernashorns (aus BOURDELLE 1955)

LEIGH (1801) berichtet von jeweils einem kleinen, nicht spitzen Zahn rechts und links der Unterkieferschneidezähne. Die lateralen Schneidezähne des Unterkiefers sind lang und können beim männlichen Tier eine Länge von bis zu 20 cm erreichen (LAURIE 1982, 1997). Man kann sie schon fast als „Hauer“ bezeichnen (NELSON & FOWLER 1986); GROVES (1997) nennt dies eine „Meißel/Stoßzahnordnung“. Eckzähne sind nicht vorhanden (GROVES 1997).

Backenzähne von Huftieren müssen hochkronig sein, um den starken Belastungen durch Abreibung standzuhalten (FOOSE 1982), und so sind auch die Prämolaren und Molaren des Panzernashorns hypsodont (hochkronig) und mit einem komplexen Schmelzmuster versehen (LAURIE 1982, 1997). Über die Anzahl gibt es unterschiedliche Angaben. Bei den meisten erwachsenen Tieren sind drei Prämolare und drei Molare ausgebildet (BOURDELLE 1955, GROVES 1997); es können aber auch vier prämolare Backenzähne vorkommen (KULOW 1990).

Der Zahnwechsel findet zwischen dem ersten und fünften Lebensjahr statt (GÖLTENBOTH 1995a). LANG (1961) berichtet von 2 verlorenen Backenzähnen eines Bullen im Alter von ca. 5 Jahren und einem im Alter von ca. 7 Jahren.

Die Zunge des Panzernashorns beschreibt OWEN (1862) als breit und flach. Sie wird zum Vorderende hin etwas breiter und nach hinten enger und tiefer. Sie besitzt



dorsal eine kleine Wölbung, die längs durch eine Einziehung geteilt wird. Auf dem Zungenrücken liegen die großen „Grubenpapillen“, die in Zehner- oder Zwölfer-Gruppen zusammengefasst sind.

**Pharynx und Ösophagus** sind groß und geräumig (LEIGH 1801). OWEN (1862) beschreibt den Verlauf des Ösophagus vom Pharynx als relativ gerade, mit einem einheitlichen Durchmesser von 8 cm und einer Länge von 1,5 m. Die Muskulatur des Ösophagus besteht aus verschiedenen Lagen längs- und quergestreifter Muskulatur (WALLACH & BOEVER 1983).

Nach der Beschreibung von OWEN (1862) besitzt das Panzernashorn einen einhöhligen Magen (Abbildung 3), der zwischen 0,8-1,2 m lang ist. Die Länge der kleinen Kurvatur beträgt 53 cm. Der Cardiabereich ist weiträumig und hat an der weitesten Stelle einen Durchmesser von 56 cm. Eine dicke, weiße, glatte oder mit sehr feinen Schleimhautfalten überzogene Epitheliumschicht bedeckt die Innenfläche des Cardiabereichs und dehnt sich bis zur Mitte der kleinen Kurvatur aus; dieser Teil entspricht der beim Pferd vorhandenen *Pars non-glandularis*. LEIGH (1801) spricht allerdings davon, dass der Magen innen überall mit einer sezernierenden Oberfläche ausgekleidet sei. Diese Beobachtung erklärt OWEN (1862) jedoch damit, dass sich bei dem von LEIGH (1801) untersuchten Exemplar das Epithel abgelöst hat, was dem Untersuchenden einen falschen Eindruck vermittelt habe. Die Grenze zur restlichen Innenfläche, die aus Drüsen Schleimhaut besteht, ist gut definiert, und es sind kleine Öffnungen der Schleimdrüsen zu erkennen (*Pars glandularis*) (OWEN 1862).

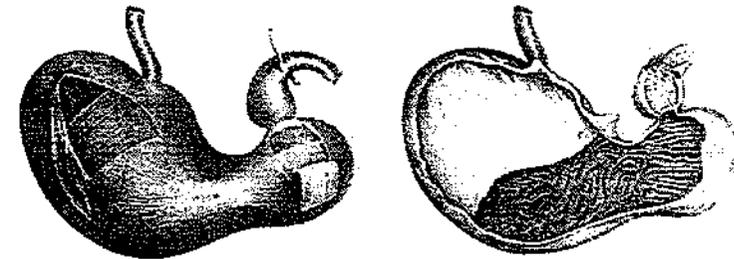


Abb. 3: Magen des Panzernashorns (aus OWEN 1862)



Die Länge des **Dünndarms** wird von LEIGH (1801) als sehr kurz beschrieben: Sie beträgt 15,2-19,8 m, der Umfang des Duodenums 20-25 cm, des Jejunums 15-20 cm und der des Ileums 18-23 cm (OWEN 1862). Die Innenauskleidung des Duodenums besitzt zur Oberflächenvergrößerung viele kleine, unregelmäßige Schleimhautfalten, die im Verlauf abflachen und eine dreieckige Form annehmen (LEIGH 1801, OWEN 1862). In der Nähe des Ileums werden die Zotten dünner und länger, so dass sie ein wurmförmiges Aussehen besitzen (OWEN 1862).

Das **Caecum**, auf dessen Außenseite sich zwei Taenien befinden, ist relativ kurz, aber von beträchtlicher Größe (LEIGH 1801, OWEN 1862, MITCHELL 1903/6). Seine Länge beträgt 0,6-0,9 m und der größte Umfang liegt bei 0,7-1,3 m (OWEN 1862). Über die Innenauskleidung schreibt OWEN (1862), dass unzählbar viele kleine Schleimhautfalten vorhanden sind.

Das **Colon** des Panzernashorns hat eine Länge von 5,8-7,6 m (OWEN 1862). Auf der Außenseite sind drei längliche Taenien zu sehen. Die Form ist der des Pferdes ähnlich; es gibt zwei eng miteinander verbundene Lagen, wobei der Umfang des Colons an der weitesten Stelle 1,5 m beträgt. Danach verringert sich der Umfang allmählich bis auf 50 cm an dem Punkt, an dem das Colon ins Rektum übergeht.

Das **Rektum** macht einige Windungen auf seiner Länge von 0,9-1,5 m (OWEN 1862). Der Umfang beträgt 15-25 cm, wird allerdings zum Anus hin noch weiter.

Abbildung 4 zeigt eine Zeichnung des Dickdarms und des Anfangsteils des Rektums.

Die Gesamtmessung ergibt eine Länge des Verdauungsapparates von 22,3-29,3 m (OWEN 1862).

Die **Leber** ist abgeflacht, in mehrere Lappen unterteilt und besitzt keine Gallenblase (LEIGH 1801, OWEN 1862, WALLACH & BOEVER 1983). OWEN (1862) hat ein Gewicht von 9,5 kg bei einem jüngeren, weiblichen bzw. 20 kg bei einem älteren, männlichen Tier gemessen.

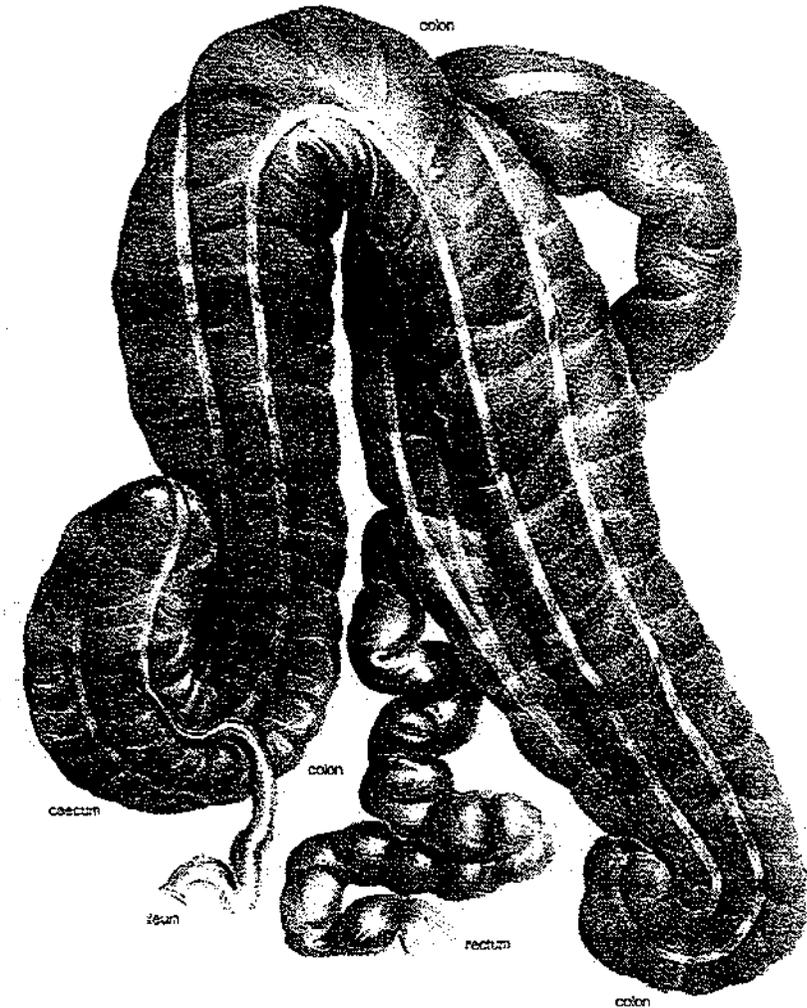


Abb. 4: Caecum, Colon und Anfangsteil des Rektums des Panzernashorns (aus OWEN 1862)



### 2.3.2 Physiologische Grundlagen

#### 2.3.2.1 Verdauungsphysiologie

Nashörner ähneln sowohl in der Anatomie als auch in bisher untersuchten physiologischen Aspekten ihres Verdauungstraktes den Pferden (CLEMENS & MALOY 1982; STEVENS & HUME 1995). Deshalb wird in der Tierernährung das Pferd als Modelltier für alle Nashörner verwendet (DIERENFELD 1995, 1996, OFTEDAL et al. 1996, DIERENFELD 1999), solange noch keine anderen Forschungsergebnisse vorliegen. Die mikrobielle Fermentation von Pflanzenfasern findet im Dickdarm (Caecum und proximales Colon) statt, wobei flüchtige Fettsäuren (Acetat, Propionat und Butyrat) als hauptsächliche Energiequellen gebildet werden. Prinzipiell sind die ablaufenden Vorgänge denen im Pansen der Wiederkäuer vergleichbar. Das Caecum des Pferdes reagiert auf Futterumstellungen von Rau- zu Kraftfutter prinzipiell wie der Pansen des Rindes (GOODSON et al. 1988). Unterschiede ergeben sich aufgrund der andersartigen Reihung von Fermentation und enzymatischer Verdauung. Da bei Dickdarmfermentierern leichtverdauliche Kohlehydrate vor Eintritt der Ingesta in die Fermentationskammern meist bereits resorbiert werden, ist in der Regel das Acetat:Propionat-Verhältnis im Dickdarm der Dickdarmfermentierer höher als im Pansen von Wiederkäuern, bei denen diese Substanzen ebenfalls der bakteriellen Fermentation unterliegen (CLEMENS & MALOY 1982, ENGELHARDT & BREVES 2000). Die im Zuge des Fermentationsgeschehens wachsenden Bakterien werden bei Wiederkäuern als wesentliche Proteinquelle im nachgeschalteten Dünndarm verdaut, während sie bei den großen Dickdarmfermentierern über den Kot verloren gehen (ENGELHARDT & BREVES 2000). Die Symbiontenfauna im Dickdarm der großen Dickdarmfermentierer ähnelt generell der im Pansen der Wiederkäuer – es wurden neben Bakterien auch Protozoen und Pilze nachgewiesen (KERN et al. 1974, ELOFF & VAN HOVEN 1980, FRAPE et al. 1982, VAN HOVEN et al. 1998, ENGELHARDT & BREVES 2000). Auch beim Panzernashorn selbst wurden Protozoen im Dickdarm demonstriert (HOARE 1937). Obwohl Koprophagie bei großen Dickdarmfermentierern nicht zur fixierten Verdauungsstrategie wie bei Nagern oder



Hasenartigen gehört (STEVENS & HUME 1995), wird sie – wie bei anderen Dickdarmverdauern auch – bei Panzernashörnern sowohl in der Wildnis als auch bei im Zoo gehaltenen Tieren beobachtet (GOWDA 1969, HAGENBECK 1969, SILBERMAN & FULTON 1979); dies wird damit erklärt, dass die Tiere auf diese Weise ihre Fermentationskammer mit Mikroorganismen von Artgenossen besiedeln (STEVENS & HUME 1995). Beim Pferd kommt derartige Koprophagie vor allem bei Jungtieren vor, und es wird spekuliert, dass dies neben der Beimpfung mit Darmflora auch zur Aufnahme maternaler Pheromone und Nährstoffe dient (CROWELL-DAVIS & HOUPPT 1985). Wie beim Wiederkäuer wird auch bei Dickdarmfermentierern u.a. im Zuge des Fermentationsgeschehens Methan produziert (JENSEN 1996). Generell wird angenommen, dass die Energieverluste durch Methan bei Dickdarmfermentierern nicht von derselben Größenordnung sind wie bei Wiederkäuern, doch fehlen experimentelle Studien hierzu weitgehend. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die von CRUTZEN et al. (1986) auf theoretischer Basis abgeschätzten Werte für Elefanten deutlich unter den von RITZMAN & BENEDICT (1938) experimentell an einem Elefanten ermittelten Werten liegen.

Als wesentlicher Vorteil von Dickdarmfermentierern gegenüber Wiederkäuern wird allgemein aufgrund der Arbeiten von JANIS (1976) und FOOSE (1982) angesehen, dass Dickdarmfermentierer nicht aufgrund eines Verzögerungsmechanismus in ihrem Magen-Darm-Trakt – so wie ihn der Pansen mit seiner selektiven Partikelretention darstellt – in ihrer Futteraufnahme limitiert sind; es wird angenommen, dass sie bei sinkender Futterqualität die sinkende Verdaulichkeit des Materials durch eine erhöhte Futteraufnahme in größerem Maße ausgleichen können als Wiederkäuer (vgl. auch ENGELHARDT & BREVES 2000).

Aufgrund der Überlegung, dass die Verdauung von Pflanzenfasern wesentlich durch die Zeit bestimmt wird, die das Material der Fermentation unterworfen werden kann (ENGELHARDT & BREVES 2000), und dass die Kapazität des Magen-Darm-Traktes linear zum Körpergewicht ansteigt (PARRA 1978), ergibt sich die Schlussfolgerung, dass Dickdarmfermentierer bei vergleichbarer Futteraufnahme ein vergleichbares Futter mit steigender Körpermasse besser verdauen sollten. Da der Energiebedarf



nicht mit dem Körpergewicht, sondern mit dem metabolischen Körpergewicht steigt (KLEIBER 1961), stehen einem größeren Tier pro Einheit Energiebedarf mehr Einheiten Verdauungstrakt-Kapazität (und damit: Darmpassagezeit) zur Verfügung als einem kleineren Tier (DEMMENT & VAN SOEST 1985), was bedeutet, dass das größere Tier entweder eine kleinere relative Menge gleichwertigen oder eine vergleichbare Menge minderwertigeren Futters aufnehmen kann als ein kleineres Tier. Erhebungen zur Futterqualität großer Herbivoren bestätigen, dass größere Tiere generell Futter schlechterer Nährstoffqualität nutzen (OWEN-SMITH 1988). Da das Panzernashorn mit dem Breitmaulnashorn und den beiden Elefanten-Arten zu den vier größten rezenten Pflanzenfressern zählt, sind die genannten Überlegungen für diese Art relevant.

#### 2.3.2.2 Verdaulichkeitsstudie beim Panzernashorn

Untersuchungen zur Verdaulichkeit wurden beim Panzernashorn bisher nur von FOOSE (1982) im Rahmen einer großen vergleichenden Untersuchung zur Verdaulichkeit bei Zoo-Herbivoren durchgeführt. Dabei wurden Verdauungsversuche mittels Kollektionsmethode mit 35 Spezies auf zwei Heusorten (Gras- und Luzerneheu) durchgeführt. Die am Panzernashorn ermittelten Daten sind in Tabelle 2 dargestellt. In Tabelle 3 sind zum Vergleich die Ergebnisse des Panzernashorns denen einiger anderer großer Herbivoren dieser Studie gegenübergestellt. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass auf einem vergleichbaren Futtermittel – Grasheu – Wildequiden und Nashörner zwar vergleichbare Verdauungskoeffizienten für organische Substanz aufweisen, dass die beiden großen Nashornarten (Panzer- und Breitmaulnashorn) jedoch für Zellwandbestandteile (NDF), Lignozellulosen (ADF) und Cellulose unter den beteiligten Tierarten die höchsten Verdauungskoeffizienten erzielen. Dies entspricht den theoretischen Überlegungen aufgrund des Körpergewichts (vgl. 2.3.2.1; die trotz des höheren Körpergewichts schlechteren



Verdauungskoeffizienten bei Elefanten wurden von CLAUSS et al. (2003b) hypothetisch erklärt<sup>1</sup>).

#### 2.3.2.3 Darmpassage beim Panzernashorn

Zeitgleich mit den Verdauungsversuchen bestimmte FOOSE (1982) die Passagezeit von mit Lebensmittelfarbe rot gefärbtem Heu als Marker, dessen Wiedererscheinen im Kot – in einer Sammelprobe pro Tag - ausgezählt wurde. Der Beginn der Ausscheidung erfolgte nach 36 Stunden; das Ende war nach 96 Stunden erreicht. Als mittlere Darmpassage wurden für die Grasheu-Ration Werte von 61-73 h und für die Luzerneheu-Ration Werte von 59-65 h berechnet.

Weitere Daten zur Passagezeit wurden von DINERSTEIN & WEMMER (1988) in zwei Versuchen mit einem Panzernashorn im Zoo von Katmandu ermittelt. Bei dieser Methode wurden die Früchte von *Trewia nudiflora* verfüttert und ihr Samen als Marker verwendet. Die erste Ausscheidung der *Trewia*-Samen erfolgte nach 46 Stunden, der Höhepunkt der Ausscheidung lag zwischen 64–88 Stunden, und die letzten intakten Samen wurden 172 Stunden nach Markerfütterung ausgeschieden. Anhand der in einem Graphen in dieser Publikation dargestellten Daten lässt sich – mit der im Methodenteil beschriebenen Berechnungsmethode – eine mittlere Passagerate von 70 und 76 Stunden berechnen.

<sup>1</sup> Die Hypothese stützt sich darauf, dass rezente Elefanten als Nachkommen größerer Arten verdauungsphysiologisch daran adaptiert sind, Futter im Verhältnis zu ihrer Körpergröße nur relativ kurz zurückzuhalten. Dies wird als Anpassung interpretiert, die der Tatsache Rechnung trägt, dass der Fermentationsprozess nicht unendlich durch mit der Körpergröße steigenden Retentionszeiten optimiert werden kann, sondern dass die Ingesta ab einer bestimmten Retentionsdauer vollständig verdaut ist. Zudem könnten so ggf. anfallende energetische Verluste über Gärgase in Grenzen gehalten werden.



Tab. 2: NDF-Gehalt der Rationen und von Panzernashörnern erzielte Verdauungskoeffizienten (sV = scheinbare Verdaulichkeit) für organische Substanz (oS) und verschiedene Faserkomponenten auf Gras- bzw. Luzerneheu (jeweils 3 Tiere pro Futter, durchschnittl. KM = 1852 kg) (nach FOOSE 1982)

	NDF-Gehalt (% TS)	sV oS (%)	sV NDF (%)	sV ADF (%)	sV C (%)	sV HC (%)
Grasheu	72	52	51	46	54	58
Luzerneheu	48	65	55	54	63	59

Tab. 3: Auf Grasheu vergleichbarer Qualität (NDF-Gehalt 67-72 % TS) erzielte Verdauungskoeffizienten (sV = scheinbare Verdaulichkeit) für organische Substanz (oS) und verschiedene Faserkomponenten bei verschiedenen Zoo-Herbivoren (nach FOOSE 1982).

Spezies	n	KM (kg)	sV oS (%)	sV NDF (%)	sV ADF (%)	sV C (%)
Afrikanischer Elefant	3	2873	45	43	42	45
Asiatischer Elefant	2	2665	46	45	39	46
Panzernashorn	3	1852	52	51	46	54
Breitmaulnashorn	5	1724	51	48	45	50
Spitzmaulnashorn	3	1285	43	41	37	43
Schabrakentapir	2	218	46	38	32	38
Flachlandtapir	2	147	44	40	33	41
Grevyzebra	5	354	50	46	39	44
Bergzebra	2	272	49	42	38	41
Steppenzebra	4	329	48	45	39	44
Asiatischer Wildesel	4	174	50	46	39	42



### 2.3.2.4 Kalziumhaushalt

Da zum Kalziumhaushalt der Nashörner noch wenige Angaben verfügbar sind, sollen hier auch Anmerkungen zu Pferden und Elefanten erwähnt werden.

Die Regulation des Kalziummetabolismus beim Pferd unterscheidet sich von dem anderer Haussäugetiere (HARMEYER 1999), denn der Einfluß von Vitamin D ist unter normalen Bedingungen nicht so ausgeprägt wie bei anderen Arten (HARMEYER 1992, 1999). Unabhängig von der Konzentration im Futter erreicht die Kalziumabsorption Werte von 60 % (MEYER & COENEN 2002). Das Pferd hat einen relativ hohen Kalzium- und niedrigen Vitamin D- Spiegel im Blut (HARMEYER 1999), reguliert diese hohen Mengen an Kalzium aber durch Ausscheidung über den Urin (SCHRYVER et al. 1983). Nach der Studie von LÖHLEIN (1999) ähneln sich Elefanten und Pferde hinsichtlich ihrer Kalziumabsorption, und auch andere Perissodactyla teilen dieses Merkmal (SCHRYVER et al. 1983).

SCHRYVER et al. (1983) untersuchten den Kalziumhaushalt von 122 Huftieren (Equiden, Tapire, Nashörner, Flusspferde, Boviden, Cerviden, Cameliden und Giraffen) indem sie die von FOOSE (1982) gewonnenen Proben auswerteten, allerdings ohne über das Ca:P-Verhältnis im Kot ganzer Tierarten-Gruppen hinausgehende Daten zu dokumentieren. Bei den Versuchen von FOOSE (1982) war einmal Luzerneheu und einmal Grasheu verfüttert worden. Interessant war dabei, dass der Kalziumgehalt im Kot auch bei der kalziumreichen Luzernefütterung bei Equiden, Tapiren, Nashörnern und Elefanten niedriger war als bei Wiederkäuern, Cameliden und Flusspferden. Der Phosphorgehalt war hingegen fast gleichbleibend, weshalb das Ca/P-Verhältnis niedriger war. Das Ca/P-Verhältnis im Kot von Tapiren und Nashörnern liegt diesen Autoren zufolge bei kalziumreicher Fütterung bei 1,5:1, wohingegen Wiederkäuer ein Verhältnis zwischen 2:1 und 5:1 aufweisen (SCHRYVER et al. 1983). Daraus wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass Equiden und die anderen oben genannten Tierarten bei gleichem Gehalt im Futter mehr Kalzium aus dem Darm absorbieren als Wiederkäuer, Kamele und Flusspferde (SCHRYVER et al. 1970, 1974, 1983, HINTZ et al. 1976).



Sowohl Pferde als auch Elefanten haben hohe Kalziumkonzentrationen im Urin (MEYER & COENEN 2002, RÜEDI 1995) und bei Analysen der Steine aus Niere, Blase und Urethra von Pferden wurde als Hauptbestandteil Kalziumcarbonat gefunden (MAIR & OSBORN 1986). Für Nashörner wird das zuvor Gesagte ebenfalls durch Urinanalysen bestätigt. Eine der wenigen dokumentierten Urinanalysen scheint die qualitative Analyse des Urins eines Panzernashorns zu sein, die von VOGEL (1817) durchgeführt wurde. Dabei wurden in dem trüben, gelblichen Urin Harnstoff, Ammonium, Kalzium, Magnesium, Kalium, Silizium und Eisen sowie Chlorid, Karbonat, Phosphat, Sulfat und Benzoesäure festgestellt. Quantitative Werte sind in der Literatur nicht zu finden (MALUF 1987). Die dickflüssige Konsistenz und das trübe, teils cremefarbene Aussehen, das auf einen hohen Gehalt an Kalziumcarbonat hinweist, wird auch von JONES (1979) und NELSON & FOWLER (1986) beschrieben. Dass die Reinigung der Boxen durch die extreme Bildung von „Urinstein“ auf Wänden und Böden zum Problem werden kann (GÖLTENBOTH 1995a), ist ebenfalls auf die hohe Ausscheidung von Kalzium in Form von Kalziumkarbonat zurückzuführen.

## 2.4 Nahrungsaufnahme

### 2.4.1 Nahrungszusammensetzung freilebender Panzernashörner

Panzernashörner leben in Überschwemmungs- und Sumpflandschaften, die sich durch die Jahreszeiten ständig verändern, was sich besonders auf die vorkommenden Pflanzenarten auswirkt. So hat sich das Panzernashorn nicht auf eine einzige Futterkategorie spezialisiert und verschiedene Techniken der Nahrungsaufnahme entwickelt (SCHENKEL 1987).

BRAHMACHARY et al. (1971) untersuchten im Jaldapara National Park (Bengal) die natürliche Äsung des Panzernashorns anhand von direkten Beobachtungen, Kotanalysen und anhand der Identifikation von Äsungsstellen bei der Verfolgung von Nashornfährten. Sie stellten fest, dass Panzernashörner vornehmlich Gräser



aufnehmen. In einer weiteren Studie von BRAHMACHARY et al. (1974) in Kaziranga (Assam, Indien) wurden diese Beobachtungen anhand von direkten Beobachtungen und Kotuntersuchungen bestätigt.

Eine große Studie über freilebende Panzernashörner wurde von LAURIE (1979, 1982) 1972-1976 im Chitwan Tal im südlichen Nepal durchgeführt, in dem zwischen 270-310 Nashörner frei leben. Dabei wurde beobachtet, dass sich die Panzernashörner zu 70-89 % von Gräsern, vor allem hohen Gräsern (*Saccharum spp.*), ernähren. Insgesamt wurde die Aufnahme von 183 Pflanzenspezies aus 57 Familien erwähnt, darunter allein 50 Grasarten. Man muss allerdings regionale und jahreszeitliche Unterschiede in der natürlichen Äsung beachten. Auffällig ist, dass während des Monsuns (Juni-September) vermehrt kurze Gräser aufgenommen werden und während der trockeneren Wintermonate (Oktober-Januar) mehr an Büschen und Schößlingen sowie Laub gefressen wird als in den anderen Jahreszeiten. Obwohl Wasserpflanzen (*Hydrilla verticillata*, *Vallisneria spiralis*, *Pistia stratiotes*) das ganze Jahr gefressen werden, steigt die Aufnahme im Winter stark an; auch BRAHMACHARY et al. (1974) fanden im Kot Pflanzenrückstände von Wasserhyazinthen.

Diese starke Abhängigkeit der Futtermittelaufnahme von den Jahreszeiten lässt sich durch den Wechsel der Vegetation erklären. Nach Flächenbränden in der Trockenzeit sprießen schnell junge Triebe von *Saccharum spontaneum*, die kurz vor und zu Beginn des Monsuns bevorzugt gefressen werden. Während des Monsuns sind kurze Gräser (*Cynodon dactylon*, *Imperata cylindrica*), Kräuter, Farne, Riedgräser, und Kletterpflanzen sowie die Früchte der Euphorbiacee „Gutel“ (*Trewia nudiflora*) im Übermaß vorhanden und machen einen Teil der Nahrung aus. DINERSTEIN & WEMMER (1988) beobachteten in ihrer Studie, dass *Trewia*-Früchte in der Regenzeit eine Futterquelle für Panzernashörner darstellen. Sie berechneten eine *Trewia*-Aufnahme von 5,1 kg Früchten pro Tag, was bei einem angegebenen Wassergehalt von 84 % einer Trockensubstanz-Aufnahme von 0,8 kg Frucht-TS pro Tag in der Regenzeit bedeutet. Panzernashörner, die in der Nähe von Feldern leben, ernähren sich zu einem geringen Teil auch von angepflanzten Kulturpflanzen. Je nach Jahreszeit ist Mais, Reis, Weizen oder Senf vorhanden. Allerdings ist zu



beobachten, dass die Nashörner vor allem zur Monsunzeit auf die Felder gehen und dabei weniger die Nutzpflanzen, als die dort wachsenden Kräuter und Gräser fressen (LAURIE 1982). Nach GYAWALI (1986) wurde im Monat November auch eine starke Aufnahme von Reis beobachtet.

In weiteren Studien im Chitwan Nationalpark (DINERSTEIN & PRICE 1991) und im südlichen Nepal (DINERSTEIN 1989) wird ebenso von der großen Vielfalt des Futters und von der bevorzugten Aufnahme von Gras, im Speziellen *Saccharum spontaneum*, berichtet.

Um einen Vergleich mit den Inhaltsstoffen von in Zoos eingesetzter Nahrung zu ermöglichen, wurden Analyseergebnisse von Pflanzenspezies, die zur natürlichen Äsung des Panzernashorns zählen, aus der Datensammlung von DUKE & ATCHLEY (1986) in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tab. 4: *Inhaltsstoffe einiger natürlicher Futterpflanzen des Panzernashorns (aus DUKE & ATCHLEY 1986) (n.a. = nicht analysiert)*

Futterpflanze	Rp (%)	Rfe (%)	Rfa (%)	Ra (%)	NfE (%)	Ca (g/kg)	P (g/kg)
<i>Saccharum spontaneum</i>	5,4	1,2	40,2	7,2	46,0	n.a.	n.a.
<i>Cynodon dactylon</i>	14,2	1,9	26,6	12,4	44,9	n.a.	n.a.
<i>Imperata cylindrica</i>	11,8	1,9	32,1	7,1	47,1	n.a.	n.a.
<i>Trewia nudiflora</i>	7,5	1,1	n.a.	5,9	-	1,6	3,2
<i>Murraya koenigii</i>	18,1	3	19	12,5	47,4	24,0	17,8
<i>Artemisia vulgaris</i>	11,4	6,0	33,5	6,3	42,8	6,5	3,2



## 2.4.2 Nahrungszusammensetzung von Panzernashörnern in Menschenobhut

### 2.4.2.1 Fütterungsempfehlungen

Panzernashörner werden von FOOSE (1982) und DIERENFELD (1996) zu den „Grazern“ gezählt - Tiere, die sich von Monokotyledonen (einkeimblättrige Pflanzen), zumeist Gräsern, ernähren. OWEN-SMITH (1988) hingegen bezeichnet das Panzernashorn als „Mischäser“ mit einem deutlich erhöhten Grasanteil in der natürlichen Äsung. Nach den Ergebnissen von LAURIE (1982, s.o.) erscheint eine solche Einteilung sinnvoll. Für Grazer wird empfohlen, dass nicht mehr als 1/3 des täglichen Energiebedarfs über pelletiertes Mischfutter gedeckt werden soll (DIERENFELD 1996). Eine Diät mit hohem Fasergehalt ist notwendig (JONES 1979). Dabei ist wichtig, dass Heu von guter Qualität gefüttert wird; es sollte immer ad libitum zur Verfügung stehen, um den Grundbedarf zu decken. Laut WALLACH & BOEVER (1983) ist gutes Heu allein geeignet, den Erhaltungsbedarf eines nicht laktierenden oder nicht trächtigen adulten Tieres zu decken. Das Kraftfutter sollte verwendet werden, um den Energie-, Protein-, Mineral- oder Vitaminbedarf gegebenenfalls auszugleichen (DIERENFELD 1996, 1999). Die Kraftfuttermenge sollte auf mindestens zwei Portionen am Tag aufgeteilt und möglichst zusammen mit Heu angeboten werden (WALLACH & BOEVER 1983, DIERENFELD 1996).

GÖLTENBOTH (1995a) hingegen zählt das Panzernashorn zusammen mit dem Spitzmaul- und Sumatranashorn zu den „Browsern“ und empfiehlt ein abwechslungsreicheres, höherwertiges Futter als für Breitmaulnashörner, um den vermeintlich höheren „Bedarf“ an Hemizellulose und Eiweiß zu decken. „Browser“ sind Tiere, die als Nahrungsquelle Dikotyledonen (zweikeimblättrige Pflanzen) nutzen; dazu zählen Pflanzenteile wie Blätter, Zweige oder Rinde von Bäumen, Büschen und Sträuchern sowie Kräuter (OWEN-SMITH 1988). Einerseits scheint diese Einordnung des Panzernashorns im Gegensatz zu LAURIE (1982, s.o.) zu stehen, andererseits ist fraglich, ob bei der von Panzer- und Breitmaulnashörnern



erreichten hohen Körpermasse Unterschiede im Protein- oder Fasergehalt der Äsung tatsächlich von Bedeutung sein können (vgl. DEMMENT & VAN SOEST 1985).

Solange keine genaueren Angaben über Nashörner zur Verfügung stehen, ist es nötig, die für Pferde existierenden Empfehlungen zu verwenden (WALLACH & BOEVER 1983, DIERENFELD 1999). Die Hauptquelle für Energie sind Pflanzenfasern (Zellulose und Hemizellulosen) in Form von Rauhfutter und ggf. in Kraffutter enthaltene Stärke. Als Energiebedarf für die Erhaltung nehmen WALLACH & BOEVER (1983) für Pferde, Nashörner und Elefanten 50-54 kJ pro kg KM und Tag an; der Proteinbedarf sollte diesen Autoren zufolge in der Erhaltung zwischen 8-10 % der Futteraufnahme und das Kalzium-Phosphor-Verhältnis 1:1 betragen. Diese Angaben erscheinen unrealistisch. Sie sind einerseits lediglich vom Pferd übertragen, andererseits aber in dieser Hinsicht veraltet. Daher sollten aktuellere Werte verwendet werden, wie sie z. B. DIERENFELD (1999) vorschlägt (Tab. 5).

Tab. 5: *Empfohlener Energie- und Nährstoffgehalt in Futtrationen für Nashörner in unterschiedlichen Leistungsstadien (nach DIERENFELD 1999) bezogen auf die Trockenmasse*

Inhaltsstoff	Erhaltung	Wachstum	Trächtigkeit/Laktation
Verdauliche Energie (DE MJ/kg)	8,37	10,26-12,14	9,42-10,89
Protein (%)	8	12-15	10-13
Kalzium (%)	0,3	0,6	0,4
Phosphor (%)	0,2	0,3	0,3

Da allerdings nicht angegeben wird, wie für Nashörner die verdauliche Energie (DE) zu berechnen ist, ist eine Rationsgestaltung nach diesen Empfehlungen schwierig.

Der Einsatz von Obst und Gemüse wird für große Pflanzenfresser generell nicht empfohlen (OFTEDAL et al. 1996). Dies basiert vor allem auf der Beobachtung, dass kommerziell erhältliches Obst in seiner Nährstoffzusammensetzung drastisch von in freier Wildbahn vorgefundenen Früchten abweicht und deutlich weniger Faser, aber mehr leichtverdauliche Zucker enthält (ROBBINS 1993, OFTEDAL & ALLEN 1996).



Auf Grund des Energiegehalts und seiner Verdaulichkeit ist kommerzielles Obst daher als „Kraffutter“ anzusehen (OFTEDAL et al. 1996). Der hohe Wassergehalt macht es darüber hinaus zu einem auf die Gewichtseinheit Trockenmasse bezogenen teuren Futtermittel (WATKINS 1985).

In der nachfolgenden Tabelle 6 werden die Größenordnungen der Inhaltsstoffe verschiedener, typischerweise in Zoos verfütterter Futtermittel angegeben, um einen Vergleich mit den Inhaltsstoffen der Futterpflanzen des Panzermashorns aus freier Wildbahn (Tabelle 4) zu ermöglichen. Es ist offensichtlich, dass lediglich die Rauhfutter der Zusammensetzung der natürlichen Äsung ähneln.

Tab. 6: *Inhaltsstoffe (bezogen auf Trockenmasse) von Grund-, Mischfuttermitteln, Obst und Gemüse (nach JEROCH et al. 1993 und CLAUSS 2000).*

Futtermittel	Typ	Rp (%)	Rfe (%)	Rfa (%)	Ra (%)	Nfe (%)	Ca (g/kg)	P (g/kg)
Rauhfutter	Grasheu	8,9	2,1	34,2	7,7	47,1	9,5	3,1
Rauhfutter	Luzerneheu	18,3	2,1	28,7	10,0	40,9	16,9	3,1
Rauhfutter	Stroh	3,8	1,6	43,4	6,3	44,9	4,8	0,8
Getreide	Quetschhafer	11,7	5,2	11,5	2,7	68,9	1,1	8,2
Mischfuttermittel	„Pferdepellets“	13,7	3,4	14,4	9,7	58,7	12,5	8,7
Obst	Apfel	2,3	1,0	8,4	4,0	84,4	1,0	1,2
Gemüse	Karotte	5,4	1,5	11,5	8,3	73,2	4,4	2,4

#### 2.4.2.2 Fütterungsbeispiele aus der Literatur

LEIGH (1801) beschreibt eine Fütterung von vor über 200 Jahren. Damals wurden „v.a. Heu, Hafer, Kartoffeln und anderes frisches Gemüse“ verfüttert. Seitdem hat sich die Fütterung vor allem dahingehend verändert, dass anstelle von Hafer und Kartoffeln meist ein mineralisiertes und vitaminisiertes Mischfutter (meist Pellets) gegeben wird. Aufgrund des Gutachtens über Mindestanforderungen an die Haltung von Säugetieren des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten



(BMELF 1996) sind Nashörner „Pflanzenfresser. Sie werden in Menschenhand in erster Linie mit Gras, Heu, Kraftfutter, Obst und Laub ernährt.“

In **Whipsnade (Zoological Society of London)** erhielten die Panzernashörner Kleeheu, was laut TONG (1960) nach 1955 abgeschafft wurde; ab diesem Zeitpunkt wurde Wiesenheu, Grünfutter, Hafer und Mais verfüttert. Allerdings schreibt JONES (1979) über eine fast ausschließliche Fütterung von Klee oder Luzerne und täglich Gras oder 4 kg Gemüse mit hohem Karotingehalt bei Panzernashörnern, die von der **Zoological Society of London** gehalten werden. Diesen Tieren werden im Sommer auch Laub und Äste gereicht.

Der **Zoologische Garten Basel** hält seit 1951 Panzernashörner (RÜEDI & MÜLLER 1975) und blickt auf eine besondere Geschichte von Krankheitsfällen zurück, welche die Fütterung betreffen. In einem späteren Kapitel wird näher auf die allergisch bedingten Lungenkrankheiten eingegangen; hier ist nur zu erwähnen, dass seit dem Tod einer Kuh zu Beginn des Jahres 1973 das Heu von Hand geschüttelt und leicht benetzt wurde, und ab dem Jahr 1974 eine Heuschüttelmaschine installiert wurde, um das Heu von Fremdkörpern und Staubpartikeln zu befreien. Noch dazu wird das Heu mit einem Drittel Futterstroh vermischt, und im Sommer eine Gras-Heu-Mischung hergestellt (RÜEDI & MÜLLER 1975). Seit dem Jahr 1977 wird gar kein Heu mehr verfüttert, sondern nur noch Futterstroh und zusätzlich pelletiertes Alleinfutter für Pferde, Kraftfutter, Karotten und Äpfel sowie im Sommer Gras (GUTZWILLER et al. 1985).

Im **Tierpark Berlin-Friedrichsfelde** (STRAUß & SEIDEL 1985) wird den Tieren seit Jahren die gleiche Futterzusammensetzung bestehend aus Heu, Getreideschrot und - je nach Angebot - auch Obst und Gemüse angeboten.

Der **Zoo Berlin** verfüttert ebenfalls Heu, im Sommer wird zusätzlich gelegentlich Gras gegeben, außerdem ein pelletiertes Mischfutter, Äste und Obst nach jahreszeitlichem Angebot und gelegentlich auch Keimgerste (BLASZKIEWITZ 1980). Ein neuerer Bericht von GÖLTENBOTH (1986) beschreibt die Fütterung ähnlich. Es



werden als Grundfutter die nach Baseler Rezeptur hergestellten „Nashornpellets“ gereicht und Heu bzw. Luzerne ad libitum verfüttert; im Sommer gibt es zusätzlich Gras, Laub und Zweige. Äpfel, Bananen, Apfelsinen und Mohrrüben sind ebenfalls Zusatzfutter.

Den Tieren im **Tierpark Hagenbeck-Hamburg** (BLASKIEWITZ 1980) wird ein Lager aus Stroh gerichtet, gefüttert wird aber Heu bzw. Gras im Sommer, Äpfel, Bananen, Mohrrüben, Zwiebeln, Weizenkleie, ein pelletiertes Mischfutter für Zuchtbullen und als Futterzusatz Leinsamen und Mineralsalz.

BLASZKIEWITZ (1980) beschreibt das Futterangebot in der **Wilhelma Stuttgart** wie folgt: Heu, im Sommer zusätzlich Gras, Äpfel, Mohrrüben, Rote Beefe, Bananen, wobei das Saffutter saisonal variiert, ein pelletiertes Mischfutter, Gerstenschrot und als Futterzusatz Mineralstoffbriketts.

#### 2.4.2.3 Futtermenge

Es gibt nur wenig Angaben über die Futteraufnahmemenge der Panzernashörner. Über das Panzernashorn, das LEIGH (1801) nach dem Tod seziierte, wurde berichtet, dass die aufgenommene Menge an Futter erstaunlich war und die Menge von zwei oder drei arbeitenden Pferden übertraf, obwohl das Tier noch nicht ausgewachsen war. Eine Aufnahmemenge von 30-40 kg Trockensubstanz für adulte Tiere mit einem Gewicht zwischen 2000 und 2500 kg erachten NELSON & FOWLER (1986) als adäquat; das entspricht 1,2-1,5 % des Körpergewichts. 1-2 % des Körpergewichts an Trockensubstanz täglich werden auch als Richtlinie herangezogen (DIERENFELD 1998, 1999), allerdings geben LINTZENICH & WARD (1997) für Breitmaulnashörner eine Futteraufnahme in uS von 1,5-3,0 % des Körpergewichtes an (bei einem TS-Gehalt von 90 %). Trotz des allgemeingültigen Anspruchs dieser Publikation werden Panzernashörner nicht erwähnt. Diese Werte haben grundsätzlich den Charakter von Empfehlungen und basieren nicht auf tatsächlich gemessenen aufgenommenen Futtermengen. Aus den Daten zu den



Versuchen von FOOSE (1982) errechnen sich Trockensubstanz-Futteraufnahmen von 1,1 % des Körpergewichtes bei Grasheu und 1,3 % bei Luzerneheu.

## 2.5 Fütterungsbedingte Gesundheitsprobleme bei Panzernashörnern in Menschenobhut

Es wird angenommen, dass viele Gesundheitsprobleme, die Nashörner in Zoothaltungen betreffen, mit der Ernährung in Zusammenhang stehen (DIERENFELD 1996).

### 2.5.1 Erkrankungen des Verdauungstrakts

Bei einer Zusammenstellung der Todesursachen aller im Zoo gehaltenen Panzernashörner zwischen 1959-1991 beträgt die Rate der Tiere, die an Krankheiten gestorben sind, die mit dem Verdauungstrakt zusammenhängen, 24 % (KOCK & GARNIER 1993). Somit liegt diese Todesursache auf Platz 2 hinter perinatalem Tod. Im Folgenden werden aber auch Fälle aufgeführt, die nicht zum Tod des betroffenen Tieres geführt haben.

Zu erwähnen sind **Magenulcera** (WALLACH & BOEVER 1983, KOCK & GARNIER 1993, MILLER 1996), die häufig bei neuerworbenen Tieren oder bei chronisch erkrankten Tieren gesehen werden. Bei Pferden sind die verschiedensten Ursachen bekannt. Infektionen, Parasiten, Fremdkörper sowie verschiedene Medikamente können Magenulcera auslösen, aber ebenso können die unterschiedlichsten Stressfaktoren wie Training, ungewohnter Transport, Hungerphasen und einseitige, krafftutterreiche Fütterung (HUSKAMP et al. 1999) auslösend sein. Die Pathogenese wird wie folgt beschrieben: Durch die oben genannten Faktoren wird die protektiv wirkende Epithelschicht des Magens zerstört und somit eine Rückdiffusion von Protonen in die Mukosa ermöglicht. Die daraus resultierende Zellerstörung hat eine Histaminausschüttung aus den Mastzellen und damit wiederum eine Stimulation der



Säuresekretion zur Folge. Die Magensäure greift dann wiederum die ungeschützte Magenschleimhaut an und zerstört diese.

Nach WALLACH & BOEVER (1983) kann bei neuerworbenen Tieren eine **Colitis X** entstehen, deren Ursache anscheinend ein zu starkes bakterielles Wachstum mit Produktion von Endo- und Exotoxinen aufgrund einer plötzlichen Umstellung auf eine krafftutterreiche Diät oder eine einfache Futterumstellung ist. Aus der Quelle geht nicht hervor, ob die Autoren dieses Krankheitsbild bei Nashörnern selbst beobachtet haben, oder es nur – im Parallelschluss zu Pferden – als Möglichkeit in Betracht ziehen.

Der **Rektumprolaps** zählt zu den Erkrankungen, die auch eines der Versuchstiere der vorliegenden Untersuchung einmal erlitten hatte (der Bulle in Nürnberg – NOEL – November 2000). Erwähnt wurden weitere Tiere bei ENSLEY & BUSH (1976), MONTALI et al. (1982) und KOCK & GARNIER (1993). Meist sind Jungtiere betroffen, wobei die Ursachen vielfältig sind. Meistens tritt ein Rektumprolaps in Zusammenhang mit starken Durchfällen und Tenesmus auf oder mit anderen Krankheiten, die mit Tenesmus einhergehen, z. B. Prostataerkrankungen, Neoplasien, Urolithiasis, Cystitis, Dystokie. Der Rektumprolaps kommt auch häufig in Mastbetrieben bei Lämmern vor, wo ein überhöhter Anteil von Krafftutter als Ursache vermutet wird (AIELLO 1998).

Eine **Torsio duodeni** und Magenüberladung führte zum Tod eines weiblichen Tieres, das einige Monate zuvor einen Rektumprolaps hatte (MONTALI et al. 1982). Ein Panzernashorn starb infolge eines Dünndarmvolvulus und ein junges Panzernashorn verstarb an einer Caecumtorsion (GÖLTENBOTH 1995a). Die Ätiologie der Torsio caeci beim Pferd ist nicht eindeutig geklärt, jedoch werden Ernährungs- und Stoffwechseleinflüsse ebenso verantwortlich gemacht wie Belastungszustände während der Trächtigkeit oder der Laktation (DIETZ 1996).

SIMONS & JENKE (1977) berichten von einer **Verstopfung** des proximalen Colons mit einem mit Kot ausgefülltem, erweiterten Colon transversum. Als Ursache wurde



die Futterumstellung aufgrund einer defekten Futtermühle in Erwägung gezogen, woraufhin dem Tier drei Wochen lang fast nur Prarieheu und Salat verfüttert wurde. Ein weiterer Fall von Dickdarmobstipation eines Panzernashornbullens ist bekannt (RIETSCHEL 1996). Dieser Bulle litt einige Jahre später mehrmals an einer Schlundverstopfung. Aber auch KOCK & GARNIER (1993) verweisen auf einen Fall von Verstopfung. Futter schlechter Qualität wie grobes, sehr faserreiches Heu kann zu Verstopfungen und Torsionen führen (NELSON & FOWLER 1986, GÖLTENBOTH 1995a, DIERENFELD 1999). Durch zusätzliches Füttern von Kraftfutter oder Obst und Gemüse kann die Gefahr nach NELSON & FOWLER (1986) behoben werden. Erwähnt wird auch die Problematik eines sandigen Untergrundes auf Freianlagen, durch dessen übermäßige Aufnahme Obstipationen entstehen können (KOCK & GARNIER 1993, GÖLTENBOTH 1995a).

Zuletzt ist zu erwähnen, dass qualitativ hochwertiges Leguminosenheu als ausschließliches Heu für Nashörner nicht empfohlen wird, da es vermeintlich zu Durchfall, Koliken und Mineralimbalancen führen kann (DIERENFELD 1999).

### 2.5.2 Allergisch bedingte Lungenerkrankungen

Beim Menschen gibt es das klinische Bild der „Farmerlunge“, die einer exogen-allergischen Alveolitis entspricht, die durch die wiederholte Einatmung von Heustaub entsteht, der mit speziellen Schimmelpilzen (v.a. thermophile Aktinomyceten) verunreinigt ist (WIEMANN 1993). Auch bei Pferden findet man chronische Bronchitiden, für deren Entstehung die immunologische Reaktion auf eingatmete Antigene verantwortlich gemacht wird (VERTER et al. 1999).

Eine ähnliche Erkrankung trat im Zoo Basel auf. Bei der Sektion des Panzernashornbullens „GADADHAR“ wurden „chronisch interstitielle entzündliche Infiltrate der Lunge mit mehr oder weniger ausgeprägter Fibrose und ein chronisches Emphysem“ (LANG 1966) festgestellt. RÜEDI & MÜLLER (1975) beschreiben zwei Tiere mit Atemproblemen („MOOLA“ & „ARJUN“): Bei „MOOLA“ wird nach dem Tod bei der Sektion eine chronische interstitielle Pneumonie mit hochgradiger



Lungenfibrose nachgewiesen. RÜEDI & MÜLLER (1975) und LANG (1976) ziehen die Schlußfolgerung, dass es sich bei den Erkrankungen der beiden toten Tiere möglicherweise um eine Allergie handelt, die durch Heustaub oder thermophile Sporen ausgelöst wurde. Deswegen wurde in Basel 1974 eine Heuschüttelanlage installiert. Bei RÜEDI (1984) werden zusätzlich die Sektionsergebnisse von „ARJUN“ veröffentlicht, und auch dieses Tier hatte eine chronische interstitielle Pneumonie mit Fibrose und ein Lungenemphysem: Eine weitere Erkrankung folgte bei dem Tier „JOMOTHY“. Sie zeigte zwar klinisch keine Anzeichen einer Lungenveränderung, aber auch hier fanden die Pathologen bei der Sektion das oben geschilderte Bild (GUTZWILLER et al. 1985). Aufgrund der im Zoologischen Garten aufgetretenen Häufung der Fälle wird den Panzernashörnern seit längerer Zeit Stroh anstelle von Heu als Rohfutter verfüttert. In der Auswertung der Todesursachen von KOCK & GARNIER (1993) wurden diese vier Fälle in die Statistik eingebracht; 8 % der Todesfälle aller Tiere ging mit respiratorischen Erkrankungen einher. Bei GÖLTENBOTH (1995a) fanden nur die ersten drei Tiere Erwähnung. Neue Fälle dieser allergisch bedingten Erkrankung sind in diesem Ausmaß nicht mehr aufgetreten. Es werden zwar immer wieder Tiere mit purulentem Nasenausfluß erwähnt, jedoch konnte dieses Symptom im Tierpark Berlin-Friedrichsfelde nach einem Nachweis von *Aspergillus* sp. mit einer darauf abgestimmten Therapie behoben werden (STRAUß & WISSER 1995).

### 2.5.3 Potentiell mit einer Überfütterung in Zusammenhang stehende Gesundheitsprobleme

Im Rahmen dieser Arbeit stellt sich die Frage, inwieweit sich eine „Überfütterung“ auf die Gesundheit der Tiere auswirkt.

#### 2.5.3.1 Leiomyome des Genitaltrakts

Von den in Europa gehaltenen weiblichen Panzernashörnern scheinen 20 % eine verringerte Fertilitätsrate zu haben (KOCK & GARNIER 1993). Es stellt sich die Frage, welche Ursachen dafür bekannt sind. Bei Betrachten der Todesursachen fällt



auf, dass bei drei Fällen, die bei diesen Autoren unter dem Überbegriff „urogenitale Ursachen“ stehen, zwei Tiere Leiomyome im Uterus hatten.

Leiomyome/Fibroleiomyome sind gutartige Tumoren der glatten Muskulatur, die nicht zum Tod führen, aber die Fruchtbarkeit beeinträchtigen, da sie die Tendenz haben zu wachsen (GÖLTENBOTH 1985, 1986) und dadurch ein räumliches Hindernis, z.B. beim Deckakt (GÖLTENBOTH 1995b), darstellen können.

In verschiedenen Literaturstellen ist nachzulesen, dass Leiomyome ein ernst zu nehmendes Problem sind, da die meisten Tiere keine Brunstsymptome mehr zeigen (JONES 1979, MONTALI et al. 1982, GÖLTENBOTH 1995a, 1995b) und dadurch eine Nachzucht unmöglich ist.

Beschrieben wurden Leiomyome nicht nur von KOCK & GARNIER (1993), sondern zudem von COTCHIN (1964) und JONES (1979); MONTALI et al. (1982) schreibt über vier Panzernashörner und GÖLTENBOTH (1995b) über drei Tiere. Auch RÜEDI (1984, pers. comm. in GÖLTENBOTH 1985) berichtet von einem Leiomyom bei einem Baseler Panzernashorn. In einer Zusammenfassung (GÖLTENBOTH 1995a) wird festgestellt, dass diese Veränderungen bei mindestens 12-15 Tieren schon aufgetreten sind, und STRAUß & WISSER (1995) erwähnen, dass bei schlechten Zuchtergebnissen auch an „pathologische Veränderungen des Genitaltrakts“ gedacht werden muss.

Es handelt sich bei den Leiomyomen um zahlreiche erbsen- bis kindskopfgroße (2-15 cm), derbe bis feste Knoten, die teilweise gestielt sind, zum Teil aber der Vaginalschleimhaut breit aufsitzen (JONES 1979, GÖLTENBOTH 1995a). Zu finden sind sie in der Vagina bis ins hintere Scheidengewölbe (JONES 1979, GRINER 1983, GÖLTENBOTH 1985, 1986), aber auch im Uterus (JONES 1979, GRINER 1983). Bei einer histologischen Untersuchung handelte es sich um ein Fibroleiomyom mit reaktionlosen Verkalkungsherden (GÖLTENBOTH 1985, 1986).



Bei anderen Tieren tritt diese Tumorart eher selten auf, was bei Haustieren daran liegt, dass sie normalerweise sehr jung kastriert werden; aber auch bei anderen Tierarten ist die Inzidenz eher gering (MONTALI et al. 1982). Es gibt wenige Berichte über das Vorkommen bei Kühen, Schweinen, Schafen und Primaten. Auffällig ist, dass auch Elefanten, wie Panzernashörner, stärker betroffen zu sein scheinen. MONTALI et al. (1982) schreiben von zwei Asiatischen Elefanten mit Uterusleiomyomen, WALLACH & BOEVER (1983) berichten über ein kalzifiziertes Leiomyom im Uterus eines Elefanten und auch RÜEDI (1995) erwähnt Leiomyome bei krankhaften Veränderungen der Geschlechtsorgane. In einer Zusammenfassung von COTCHIN (1964) finden zwei weitere Fälle von Fibromen bei Elefanten Erwähnung.

Als Ursache für die Leiomyome wurde zunächst angenommen, dass ein gestörter Östrogenspiegel eine Rolle spielt (MONTALI et al. 1982, GÖLTENBOTH 1995a), der zum Beispiel durch einen in der Nähe aufgestellten Bullen induziert wird. Es wurde bei einem Panzernashorn mit Leiomyomen ein doppelt so hoher Urin-Östrogenspiegel gemessen wie bei einem Vergleichstier (MONTALI et al. 1982). Auch bei Frauen scheinen Uterusleiomyome durch einen hohen Östrogenspiegel beeinflusst zu werden, allerdings findet man erhöhte Östrogenspiegel insbesondere bei übergewichtigen Frauen (SHIKORA et al. 1991). In verschiedenen Studien wurde ein Zusammenhang zwischen Adipositas und Leiomyomen des Genitaltrakts demonstriert (SHIKORA et al. 1991, KAMINSKI & RZEMPOLUCH 1993, SATO et al. 1998, OKOROWONKO 1999). KAMINSKI & RZEMPOLUCH (1993) sprechen von folgenden Risikofaktoren: Übergewicht in Verbindung mit zu wenig Bewegung und Stress. SCHWARTZ et al. (2000) hingegen fassen zusammen, dass ein eindeutiger Zusammenhang von Adipositas und Leiomyomen noch nicht bewiesen ist.

#### 2.5.3.2 Erkrankungen der Füße

Auch wenn Erkrankungen der Füße in den wenigsten Fällen auslösende Todesursachen sind und darum in den entsprechenden Statistiken nicht aufgeführt werden, spielen sie bei der tierärztlichen Betreuung von Panzernashörnern mit



Abstand die wichtigste Rolle. Fußprobleme bei Panzernashörnern sind in der Regel chronischer Natur und die Behandlung ist langwierig.

Erkrankungen der Füße, insbesondere Sohlenrisse, Pododermatitiden, Ulcera und hyperplastische Veränderungen werden von JONES (1979), STRAUß & SEIDEL (1982), WALLACH & BOEVER (1983), RÜEDI (1984), STRAUß & SEIDEL (1985), GÖLTENBOTH (1986, 1991), KOCK & GARNIER (1993), GÖLTENBOTH (1995a, 1995b), STRAUß & WISSER (1995), SELISKAR et al. (2000) und ATKINSON et al. (2002) erwähnt. Auch die Tiere, an denen die vorliegende Untersuchung durchgeführt wird, sind von Fußproblemen nicht verschont. Besonders die Bullen (NOEL in Nürnberg, NIKOLAUS in München und VINU in New York) sind betroffen; nach Einführung einer regelmäßigen Fußpflege in Basel (alle 6 Wochen bei allen Tieren) ist das Problem dort selten geworden (VON HOUWALD, pers. Mitt.).

VON HOUWALD arbeitete intensiv an dem Thema und veröffentlichte 1998 (VON HOUWALD & FLACH) und auch 2001 Material, in dem sie sowohl die Anatomie des Nashornfußes als auch Ursachen von und Präventionsvorschläge gegen Fußveränderungen darstellte. In ihrer Arbeit untersuchte sie 32 Panzernashörner in 12 europäischen Zoos, entnahm verschiedene Proben von den Füßen und photographierte diese. Ebenso untersuchte sie die Photos von freilebenden Panzernashörnern aus Nepal und führte anatomische Studien an Füßen verstorbener Panzernashörner, Spitzmaulnashörner und Asiatischer Elefanten durch. In ihrem Untersuchungsgut litten 100 % der männlichen und 53 % der weiblichen Tiere an Fußproblemen (in der Statistik sind die jungen Tiere ausgeschlossen). Darüber hinaus ergab eine Befragung aller Zoos, die zu diesem Zeitpunkt Panzernashörner hielten, dass den Antworten zufolge wenigstens 25 % der Tiere in Amerika und Europa unter Fußproblemen leiden. Es handelt sich also um ein sehr häufig auftretendes Problem.

In den meisten Fällen sind ein oder auch beide Hinterfüße betroffen, in 27 % der Fälle aber auch alle vier Füße (VON HOUWALD & FLACH 1998). Die Erkrankung tritt häufiger bei männlichen Tieren auf und hat bei allen Tieren die Tendenz



chronisch zu werden. Die typischen Erscheinungen sind eine Rissbildung zwischen Mittelzehenhorn und Ballen (wobei in 70 % der Fälle das Mittelzehenhorn zu lang ist) und papillomatöse Hyperplasien/Hyperkeratosen.

Die Entstehung wird dadurch erklärt, dass es durch ungenügenden Abrieb der Zehennägel zu einem engeren Winkel zwischen der Zehenwandachse und der Sohlenachse kommt. So entsteht eine stärkere Spannung zwischen Ballen und Sohlenhorn, die dafür sorgt, dass diese Stelle leicht einreißen kann (STRAUß & SEIDEL 1982).

Auffällig ist, dass wilde Tiere nicht betroffen sind. Als Ursachen werden von VON HOUWALD (2001) die verschiedensten Faktoren genannt. Als erstes werden die **Haltungsbedingungen** dargestellt. Wenn der Boden aus hartem, trockenem Material besteht, das einen starken Abrieb zur Folge hat, werden das Sohlenhorn und die Ballenhaut flacher und dünner. Nur das Wandhorn der hinteren Mittelzehe bleibt lang und so kommt es zu einer unphysiologischen Gewichtsverteilung. Andererseits bezeichnen STRAUß & SEIDEL (1982) auch einen mit Dung und Urin verunreinigten, feuchten Boden als schlecht, da durch diesen eine größere Infektionsgefahr gegeben ist.

Es lässt sich vielleicht durch das **Verhalten** der Tiere erklären, weshalb vor allem Bullen betroffen sind. Bullen sind das aktivere Geschlecht, sie bewegen sich mehr, sind nervöser, besonders wenn sich Kühe in der Brunst befinden, sie machen ruckartigere Bewegungen und drehen häufig auf den Hinterbeinen. GÖLTENBOTH (1986) berichtet vom Auftreten eines Risses unmittelbar nachdem der schwere Bulle beim Deckakt aufgeritten war. Erkrankungen vor allem der Hinterfüße können die Deckfähigkeit von Bullen beeinträchtigen (VON HOUWALD & FLACH 1998).

Der Zugang zu **Wasser** stellt einen weiteren wichtigen Faktor dar. In freier Wildbahn leben Panzernashörner in Flusslandschaften, die häufig überschwemmt sind und sie verbringen sehr viel Zeit im Wasser und entlasten beim Schwimmen die Extremitäten. Des Weiteren hält die hohe Feuchtigkeit Haut und Horn elastisch.



Als wesentliche Ursache wird das **Körpergewicht** erwähnt. Panzernashörner haben von Natur aus ein sehr hohes Gewicht und im Vergleich dazu relativ kleine Füße. In diesem Zusammenhang wird die Frage aufgeworfen, ob die ganzjährige Fütterung qualitativ hochwertigen Futters im Zoo nicht eine unnötige weitere Erhöhung der Gewichts zur Folge hat.

GÖLTENBOTH (1995b) bringt eine mit starker Lahmheit einhergehende Fußkrankungen bei allen drei Nashornarten in Verbindung mit der für Equiden typischen Erkrankung der „Hufrehe“ (*Pododermatitis diffusa aseptica*). Er führt die eitrige Dermatitis am oberen Zehenrand auf Bewegungsmangel und zu hohe Energieversorgung zurück. Die „Hufrehe“, eine aseptische Entzündung der Huflederhaut, kann durch verschiedene Faktoren ausgelöst werden. Die Belastungs-, Geburts-, oder medikamentös induzierte Rehe scheint bei Nashörnern im Hintergrund zu stehen; wichtig hingegen erscheint die toxische Rehe. Hierbei spielt eine übermäßige Proteinversorgung, die auch bei Nashörnern als Ursache verdächtigt wurde (JONES 1979) weniger eine Rolle, als eine überhöhte Gabe an Getreide oder Kraftfutter (vgl. CLAUSS & KIEFER 2003). Werden einem Pferd große Mengen an Getreide oder Kraftfutter verfüttert, kann dies nicht mehr vollständig im Dünndarm verdaut werden. Gewisse Anteile dieser Futtermittel erreichen unverdaut den Blind- und Dickdarm, wo die leicht fermentierbare Stärke – vergleichbar den Vorgängen im Pansen bei der Pansenazidose des Rindes – von den Darmbakterien zu Laktat umgesetzt wird. Durch den resultierenden Abfall des pH-Wertes kommt es zur Endotoxinfreisetzung (SCHNEIDER 1999). Endotoxine und Histamin oder histaminartige bakterielle Toxine (WALLACH & BOEVER 1983) führen zu Mikrozirkulationsstörungen im Kapillargebiet der Wandlederhaut. In jüngster Zeit wird der Aktivierung von Metalloproteinasen in der Huflederhaut durch bakterielle Proteasen und Toxine in diesem Zusammenhang vermehrte Aufmerksamkeit zuteil (z. B. MUNGALL et al. 2001).



Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass verschiedene Krankheitsbilder bei Panzernashörnern dokumentiert sind, die mit einer über den Bedarf hinausgehenden Fütterung und mit einem überhöhten Einsatz von Kraftfutter in Verbindung stehen könnten.

### 3. Eigene Untersuchungen

#### 3.1 Studienziel

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, die scheinbare Verdaulichkeit von Trockensubstanz, Roh Nährstoffen, Kalzium und Phosphor sowie der Bruttoenergie verschiedener Futtrationen beim Panzernashorn zu ermitteln und die Energieaufnahme abzuschätzen.

Ebenso wird durch zwei verschiedene Marker die Darmpassagezeit ermittelt.

Eine weitere Fragestellung ist die Veränderung der Parameter der mikrobiellen Fermentation wie flüchtige Fettsäuren, Laktat und pH-Wert im Kot bei verschiedenen Futtrationen.

Zusätzlich soll versucht werden, die Wasseraufnahme der Tiere zu quantifizieren, und Urinproben zur chemischen Analyse zu gewinnen.

#### 3.2 Material und Methoden

##### 3.2.1 Versuchsplan

An elf Panzernashörnern in vier verschiedenen Zoos werden jeweils zwei Verdauungsversuche durchgeführt. Beteiligt sind der Münchner Tierpark Hellabrunn und der Nürnberger Tiergarten (Deutschland), der Zoo Basel (Schweiz) und der Bronx Zoo (New York, USA).





Das Gewicht der Tiere in Europa wurde von Tierärzten, Inspektoren, Kuratoren und Tierpflegern geschätzt. Die Tiere in New York werden mindestens einmal im Jahr auf einer LKW-Waage gewogen, die sich in einem der Freigehege befindet.

Der Ernährungszustand der Tiere ist gut. Ihr Gesundheitszustand ist ebenfalls gut; lediglich Noel leidet an chronischen Fußproblemen, die behandelt werden.

Sowohl im Münchner Tierpark als auch im Bronx Zoo ist seit Jahren bekannt, dass die Tiere Bandwürmer ausscheiden. Untersuchungen des Bandwurms waren für München im Institut für Parasitologie der LMU gemacht worden. Dabei handelt es sich um eine *Anoplocephala*-Spezies.

In beiden Zoos mit Bandwurmproblematik werden in der Wildnis geborene Tiere gehalten (Rapti, Kali, Pinky). Zum Zeitpunkt der Versuche besteht keine Möglichkeit zur medikamentellen Bandwurmkontrolle.

### 3.2.3 Versuchsfutter

Beim ersten Verdauungsversuch und der Bestimmung der Passagerate erhalten alle Tiere die Futtermischung und Zusammensetzung, die im jeweiligen Zoo derzeit gefüttert wird. Einen Überblick darüber geben die Tabellen 8 und 9.

Tab. 8: Rationszusammensetzung in München und Nürnberg

München		Nürnberg	
Ration KG	Ration G	Ration KG	Ration G
Grasheu	Grasheu	Grasheu	Grasheu
Pelletiertes Mischfutter	-	Grassilage	Grassilage
Brot	-	Pelletiertes Mischfutter	-
Obst/Gemüse	-	Obst/Gemüse	-
Mineralfutter	-	Mineralfutter	-



Tab. 9: Rationszusammensetzung in Basel und New York

Basel		New York	
Ration KG	Ration G*	Ration KG	Ration G
Stroh	Stroh	Luzerneheu-Grasheu-Mix	Luzerneheu-Grasheu-Mix
Gepreßtes Mischfutter („Pferdecobs“)	Gepreßtes Mischfutter („Pferdecobs“) (Rindenmulch)	Pelletiertes Mischfutter	-
-	-	-	-
Pelletiertes Mischfutter	-	-	-
Brot	-	-	-
Obst/Gemüse	Apfel/Salat	-	-

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme

Die Gehalte an Nährstoffen und Mineralien der einzelnen Futtermittel sind in den Tabellen A und B im Anhang dargestellt.

### 3.2.4 Versuchsdurchführung und Probengewinnung

#### 3.2.4.1 Haltung der Tiere

Die Versuche in Deutschland und der Schweiz finden im März und April 2002 statt, die Versuche in New York im November 2002.

Generell erhalten die Tiere während der Versuchsphasen keinen Zugang zu Wasserbassins, um ein Koten im Wasser bzw. eine unkontrollierte Wasseraufnahme zu verhindern. Die Tiere werden regelmäßig getränkt bzw. haben Zugang zu Tränkebecken. Sie werden regelmäßig mit dem Schlauch geduscht.



Während der Versuchsdauer werden alle Tiere einzeln gehalten, um die Futtermittelaufnahme und den Kotabsatz individuell zuordnen zu können. Lediglich beim Auslauf im Gehege in Basel werden beide weibliche Tiere zusammen auf die Anlage gelassen (s.u.).

In **München** werden die Tiere je nach Witterung zwischen 8.00 und 17.00 Uhr auf ihre Freianlage gelassen. Es steht für jedes Tier ein eigenes Außengehege zur Verfügung, dessen Boden aus einem Sand-/Kiesgemisch besteht. Der äußere Wassergraben ist während der Versuchszeit nicht mit Wasser gefüllt. Auch im Haus hat jedes Tier seine eigene Box. Gefüttert wird dreimal täglich, wobei die abendliche Fütterung in der Box den größeren Anteil ausmacht; für den Tag wird am Morgen Heu auf den Futterplatz in der Anlage gegeben. Zur Wasseraufnahme steht in jeder Box ein Trog zur Verfügung, der von den Pflegern befüllt wird.

Das Nashornhaus in **Nürnberg** besitzt drei abteilbare Boxen, in denen die Tiere getrennt gehalten werden und einen Gang. Purana hat an einigen Tagen die Möglichkeit, für 1-2 Stunden das Freigehege mit Rindenmulchboden zu nutzen. Dank der Pfleger wird verhindert, dass sie in das Wasserbecken geht oder daraus trinkt. Gefüttert wird zwei- bis dreimal täglich, wobei die letzte Fütterung am Nachmittag den größten Anteil ausmacht. Beide Tiere werden aus Wannen getränkt.

Der Aufenthaltsort der Tiere in **Basel** wird mehrmals täglich gewechselt, da nur eine Freianlage und eine Außenbox für drei adulte Tiere zur Verfügung steht. Die Freianlage ohne Wassergraben hat einen Sand-/Kiesboden, der am Ende des ersten Versuchs mit Rindenmulch aufgeschüttet wird. Das Wasserbecken im Zentrum des Auslaufs ist nicht mit Wasser gefüllt. Im Haus hat jedes der Tiere eine eigene Box; auf das Freigehege gehen die beiden weiblichen Tiere gemeinsam. In diesem Fall wird durch Beobachtung die Zuordnung der auf der Freianlage abgesetzten Kothaufen gewährleistet. Gefüttert wird drei- bis viermal täglich, wobei der Anteil der abendlichen Fütterung auch hier der Größte ist. Bei der Fütterung um 14.00 Uhr wird



den beiden weiblichen Tieren ein Teil der Kraftfuttermittelaufnahme auf der Freianlage gegeben, allerdings an unterschiedlichen Futterplätzen, so dass auch die Aufnahme der zugeleiteten Futtermittelaufnahme durch das jeweilige Tier gewährleistet ist. Die Tröge zur Wasseraufnahme werden jeden Tag neu befüllt.

Die Tiere in **New York** werden in Einzelboxen gehalten. Pinky hat an wenigen Tagen während des ersten Versuchs die Möglichkeit, für einige Stunden in ein Vorgehege ohne Graben oder Bademöglichkeit zu gehen, dessen Boden aus Erde besteht. Gefüttert wird mehrmals täglich je nach Bedarf jedes einzelnen Tieres; abends wird eine größere Heumenge in die Box gegeben. Die Wasseraufnahme kann nicht gemessen werden, da die Tränken ein Überlaufsystem haben, wodurch immer frisches Wasser nachfließt.

#### 3.2.4.2 Sammeln der Kotproben

Jeder abgesetzte Kothaufen wird vollständig eingesammelt, von grobem Schmutz befreit und gewogen. Die äußerste Schicht der Kotballen wird bei der Probennahme verworfen, damit die Ergebnisse nicht durch feine Verschmutzungen mit Sand, Erde, oder Harn verfälscht werden. Es wird eine repräsentative Probe von 10 % des Gesamtgewichts genommen. Die Probe wird durchmischelt, in mehrere Aluschälchen verteilt und bei  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  eingefroren.

#### 3.2.4.3 Dampassagezeit

Um die Dampassagezeit zu bestimmen, werden den Tieren zu einem Zeitpunkt (der als  $t_0$  bezeichnet wird) ca. 175 bzw. 200 g chromgebeizte Faser und ca. 190 ml in Wasser gelöstes Co-EDTA verabreicht. Das flüssige Co-EDTA wird über die Pellets gegeben, und die chromgebeizten Fasern mit kleingeschnittenem Obst vermischt; beides wird als Haufen auf dem Rauhfutter der letzten Fütterung hergerichtet. Die



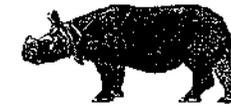
Futteraufnahme des Markers wird beobachtet. Alle Tiere nehmen den Marker innerhalb von maximal 45 Minuten vollständig auf. Ab dem darauffolgenden Tag werden die Zeiten jedes Kotabsatzes protokolliert. In den ersten beiden Nächten werden die Tiere auch nachts überwacht (durch M. Clauss und K. Ritter). Dabei werden die Zeiten der nächtlichen Defäkationen notiert und, soweit möglich, die einzelnen Kothaufen direkt beprobt; ist dies nicht möglich, wird die Position der Kotprobe in der Box dokumentiert, um am nächsten Morgen eine Beprobung zu ermöglichen. Während der restlichen Versuchstage wird der nächtliche Kotabsatz als Sammelkotprobe erfasst. Nach der Probenvorbereitung werden der Chrom- und der Kobaltgehalt jedes Kotabsatzes analysiert.

#### 3.2.4.4 Scheinbare Verdaulichkeit

Die scheinbare Verdaulichkeit wird sowohl mit der Kollektionsmethode als auch mit Hilfe interner Marker bestimmt.

Die Futtermengen werden 6 Tage lang gewogen, und während des Versuchs werden repräsentative Futterproben genommen, die in Aluschalen bei  $-20^{\circ}\text{C}$  eingefroren werden.

Ab Tag 3 des Versuches beginnt die Kotsammelperiode über 5 Tage. Bei der Kollektionsmethode wird der gesamte während der Versuchsdauer abgesetzte Kot eines jeden Tieres gesammelt, gewogen und repräsentative Proben von 10 % genommen. Diese werden eingefroren und anschließend gefriergetrocknet und zurückgewogen. Aus den einzelnen getrockneten Proben wird eine Sammelprobe im prozentualen Anteil der ursprünglichen Kotabsatzmengen erstellt, die dann auf ihre Inhaltsstoffe analysiert wird.



#### 3.2.4.5 Parameter der mikrobiellen Fermentation

Die Proben zur Bestimmung von Laktat und flüchtigen Fettsäuren werden aus frisch abgesetztem Kot gewonnen. In jedem europäischen Zoo wurde mit Hilfe der Tierpfleger versucht, so oft wie möglich an frischen Kot zu gelangen. Ziel ist es, pro Tier und Ration jeweils 10 Proben zu gewinnen. Dies wird – außer bei Nikolaus und Rapti in beiden Rationen – erreicht.

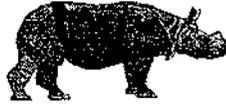
Im Bronx Zoo wird so oft wie möglich der pH-Wert in frisch abgesetztem Kot bestimmt.

#### 3.2.4.6 Wasseraufnahme

In den europäischen Zoos besteht die Möglichkeit, die Wasseraufnahme zu ermitteln. In Nürnberg werden beide Tiere aus Wannen getränkt, deren Volumen vorher in 5 Liter Schritten abgemessen wurde. In München und in Basel wurde das Volumen der Tränkebecken in 10 Liter Schritten abgemessen und die verbliebene Wassermenge von der Gesamtfüllmenge abgezogen.

#### 3.2.5.7 Urinproben

Es wird versucht, von allen Tieren in jedem Versuch so viele frische, saubere Urinproben wie möglich zu gewinnen. Besonders schwierig gestaltet sich dies in München, da sich die Tiere den Großteil des Tages im Außengehege befinden. Sobald frischer Urin in den Boxen abgesetzt wird, wird versucht, durch Umsperren der Tiere eine Probenahme zu ermöglichen. Es wird nur Urin verwendet, der auf sauberem Boden abgesetzt wird und nicht mit Waschwasser verdünnt ist.



### 3.2.5 Probenvorbereitung

Die Kotproben für die Passagezeitbestimmung und die Futterproben werden im Trockenschrank bei 103°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Kotproben für die Verdaulichkeitsuntersuchungen werden gefroren im Lyophilisator (Europa: CHRIST® Gamma 1-20; USA: Viris® Gardiner, NY 12525, Model 10-MR-TR) bei ca. 35°C getrocknet. Nach dem Trocknen werden die Proben in einer Mühle (Europa: Retsch ZM100, Siebgröße 0,5 mm; USA: Thomas – Wiley Laboratory Mill Model 4, Siebgröße 0,5 mm) fein zermahlen und gründlich durchmischt. Die Kotproben für die Verdaulichkeitsuntersuchung werden anschließend entsprechend des Anteils des jeweiligen Kotabsatzes an der Gesamtkotmenge zu einer Sammelprobe zusammengestellt und erneut gründlich durchmischt. Alle Proben werden bis zur Analyse bei Zimmertemperatur, trocken und dunkel gelagert. Vor Entnahme für die Analysen wird erneut darauf geachtet, dass die Probe gut durchmischt ist. Vor der Analytik wird ein Teil der Probe bis zur Gewichtskonstanz im Trockenschrank getrocknet, um den Feuchtigkeitsgehalt der Probe, der durch das Mahlen und die Lagerung entstanden ist, zu bestimmen. Dieser Wert wird in die Berechnungen der Nährstoffgehalte mit einbezogen.

Für die Laktatbestimmung wird 1 g frischer Kot mit 0,6 molarer Perchlorsäure versetzt, gründlich vermischt und zentrifugiert. Im Anschluß werden 1 ml des Überstands in einem Eppendorfgefäß sofort eingefroren.

Für die Vorbereitung zur Analyse der flüchtigen Fettsäuren wird 1 g Kot mit Aqua tridest. versetzt, gut vermischt und zentrifugiert. 1 ml des Überstands wird in ein Eppendorfgefäß gegeben, in dem sich eine Mischung aus 0,1 ml 25 %-iger Orthophosphorsäure und 0,1 ml innerem Standard (Ameisen- und 4-Methylvaleriansäure) befindet. Auch dieses Eppendorfgefäß wird bis zur Analyse eingefroren.



### 3.2.6 Prüfparameter

#### 3.2.6.1 Futter

##### a) Rohnährstoffe

- Trockensubstanz (TS)
- Rohasche (Ra)
- Rohprotein (Rp)
- Rohfett (Rfe)
- Rohfaser (Rfa)
- Stickstofffreie Extraktstoffe (NfE)
- Rest-Kohlehydrate (R-KH)
- Organische Substanz (oS)

##### b) Gerüstsubstanzen

- Neutral detergent fiber (NDF)
- Acid detergent fiber (ADF)
- Acid detergent lignin (ADL)
- Hemicellulose (HC)
- Cellulose (C)

##### c) Bruttoenergie (GE)

##### d) Mineralstoffe

- Kalzium (Ca)
- Phosphor (P)
- Kupfer (Cu)
- Eisen (Fe)
- Zink (Zn)



## e) Marker

- Acid detergent lignin (ADL)
- Säureunlösliche Asche (Acid insoluble ash, AIA)

## 3.2.6.2 Kot

## a) Rohnährstoffe

- Trockensubstanz (TS)
- Rohasche (Ra)
- Rohprotein (Rp)
- Rohfett (Rfe)
- Rohfaser (Rfa)
- Stickstofffreie Extraktstoffe (NfE)
- Rest-Kohlehydrate (R-KH)
- Organische Substanz (oS)

## b) Gerüstsubstanzen

- Neutral detergent fiber (NDF)
- NDF-Protein
- Acid detergent fiber (ADF)
- Acid detergent lignin (ADL)
- Hemicellulose (HC)
- Cellulose (C)

## c) Bruttoenergie (GE)

## d) Mineralstoffe

- Kalzium (Ca)



- Phosphor (P)

- Kupfer (Cu)

- Eisen (Fe)

- Zink (Zn)

## e) Parameter der mikrobiellen Fermentation

- Laktat

- flüchtige Fettsäuren

- pH-Wert

- Nicht-Zellwand-Kot-Protein (nZKP)

## f) Marker

- Chrom

- Cobalt

- Acid detergent lignin (ADL)

- Säureunlösliche Asche (Acid insoluble ash, AIA)

## g) Kotpartikelgröße

## 3.2.6.3 Urin

- Kalzium

- Kreatinin



### 3.2.7 Analysemethoden

#### 3.2.7.1 Futter und Kot

##### a) Rohnährstoffe

Die Bestimmungen der Rohnährstoffe und der Trockensubstanz in Futtermitteln und Kot werden nach den Vorschriften der Weender Futtermittelanalyse in der Fassung von NAUMANN & BASSLER (1988) durchgeführt. Es werden Doppelbestimmung gemacht, deren Mittelwert angegeben wird, um Messfehler auszuschließen.

##### *Trockensubstanz (TS):*

Trocknung im Trockenschrank bei 103°C bis zur Gewichtskonstanz, allerdings mindestens 3 h.

##### *Rohasche (Ra):*

8 Stunden Veraschung im Muffelofen bei 550°C.

##### *Rohprotein (Rp):*

Die Bestimmung des Rohproteins wird am IZW in Berlin im Stickstoff-Analysator *rapid N III* der Firma *Elementar Analysensysteme GmbH* nach der Verbrennungsmethode (Stickstoffbestimmung nach Dumas) durchgeführt. Dabei wird die Probe in einem Trägergasstrom unter Zugabe von Sauerstoff bei 950-1000°C verbrannt und dabei in molekularen Stickstoff und Stickoxide überführt. Anschließend werden durch verschiedene Absorber entstehende Reaktionsprodukte aus dem Gasgemisch entfernt und danach die verbleibenden Stickoxide an heißem Wolfram zu Stickstoff reduziert. Der gesamte molekulare Stickstoff wird mit einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor gemessen und anschließend mit dem Faktor 6,25 auf Rohprotein umgerechnet.



Die Bestimmung der NDF-Proteinfraktion wird auf dieselbe Weise durchgeführt: Als Analysenprobe wird nicht das getrocknete Probenmaterial, sondern der NDF-Rückstand verwendet.

In den USA erfolgt der Probenaufschluss von ca. 500 mg Probe nach Kjeldahl mit konzentrierter Schwefelsäure im *2200 Kjeltac Auto Distillation and Digestor*. Anschließend wird der Ammoniumgehalt durch Titration mit HCl bestimmt. Berechnung des Rohproteingehalts mit dem Faktor 6,25.

##### *Rohfett (Rfe):*

Achtstündige Extraktion von ca. 3 g Probe mit Petroläther in der Soxhletappatur von *ISOPAD GmbH (USA: Soxtec System HT2 1045 Extraction Unit)*. Bestimmung des Gewicht des Rohfetts nach dem Trocknen durch erneutes Wiegen des Extraktionskolbens.

##### *Rohfaser (Rfa):*

Nacheinander je 30 Minuten Kochen von ca. 1 g Probe mit 1,25 %-iger Schwefelsäure bzw. 1,25 %-iger Natronlauge im *Fibertec®-Heißextraktor (Fa. Tecator)*, dazwischen und zum Schluss Waschen mit heißem destilliertem Wasser, Entfetten im Kalextraktionsgerät mit Aceton, Trocknen im Trockenschrank, wiegen, 1 Stunde veraschen bei 500 °C im Muffelofen, wiegen. Subtraktion des Aschewerts vom Wert des Rückstands nach dem Trocknen.

##### *Stickstofffreie Extraktstoffe (NfE):*

Rechnerische Bestimmung:  $NfE = TS - (Ra + Rp + Rfe + Rfa)$

##### *Rest-Kohlehydrate (R-KH):*

Rechnerische Bestimmung:  $R-KH = TS - (Ra + Rp + Rfe + NDF)$



### Organische Substanz (oS):

Rechnerische Bestimmung:  $oS = TS - Ra$

### b) Gerüstsubstanzen

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

#### Neutral detergent fiber (NDF):

60 Minuten Kochen von ca. 1 g Probe mit neutraler Detergentienlösung im ANKOM 200 Fiber Analyzer, waschen mit heißem destilliertem Wasser, mit Azeton entfetten, trocknen, wiegen, 3 Stunden veraschen bei 525 °C, wiegen. Subtraktion des Aschewerts vom Rückstandswert nach dem Trocknen.

Da nach MCQUEEN & NICHOLSON (1979) die Filtrierbarkeit der Probe bei der NDF Bestimmung durch die Anwesenheit von Stärke verschlechtert wird und so zu einer Verfälschung der Ergebnisse führt, werden stärkehaltige Futtermittel (Mischfutter) mit bakterieller Amylase inkubiert und erst anschließend wie oben angegeben analysiert.

#### Acid detergent fiber (ADF):

60 Minuten Kochen von ca. 1 g Probe mit saurer Detergentienlösung im ANKOM 200 Fiber Analyser, waschen mit heißem destilliertem Wasser, mit Azeton entfetten, trocknen, wiegen.

#### Acid detergent lignin (ADL):

Der Rückstand aus der ADF-Bestimmung wird für 3 Stunden mit 72 %-iger Schwefelsäure versetzt, regelmäßig umgerührt, danach mit heißem Aqua dest. gewaschen, mit Aceton entfettet, getrocknet und gewogen. Anschließend wird 3 Stunden im Muffelofen bei 525 °C verascht und wiederum gewogen. Subtraktion des Aschewerts vom Rückstandswert nach dem Trocknen.



### Hemicellulose (HC):

Rechnerische Bestimmung:  $HC = NDF - ADF$

### Cellulose (C):

Rechnerische Bestimmung:  $C = ADF - ADL$

### c) Bruttoenergie

Die Bestimmung der Bruttoenergie erfolgt im IKA<sup>®</sup> - Calorimeter C 4000 adiabatic von JANKEL & KUNKEL. Vom pulverförmigen Probenmaterial wird je nach Volumen 0,2–1,5 g in ein Verbrennungstütchen aus Polyäthylen eingewogen. Die mit Zünddraht und Zündfaden versehene Kalorimeterbombe wird mit dem Tütchen bestückt, verschlossen und über ein Ventil mit 30 bar Sauerstoff befüllt. Die Bombe wird in den mit Wasser gefüllten Kessel gegeben und nach dem Temperatúrausgleich (Vorversuch) wird die Zündung gestartet. Durch die bei der Verbrennung entstandenen Wärme erhöht sich die Temperatur des Kesselwassers. Die Bombe verbleibt im Kalorimeter, bis keine Temperaturerhöhung mehr stattfindet.

Aus der Temperaturdifferenz ( $\Delta T$ ), der Wärmekapazität (C) des Kalorimeters und der Probeneinwaage ( $m_p$ ) wird der Brennwert errechnet, der um die Summe der Brennwerte von Tütchen, Zünddraht und Zündfaden korrigiert wird.

Von jeder Probe wird der Brennwert fünfmal nach dieser Methode bestimmt und der Mittelwert angegeben.

### d) Mineralstoffe

300-500 mg Probe werden mit 5 ml Salpetersäure versetzt und in der mls 1200 mega High Performance Microwave (MLS GmbH) nassverascht. Nach dem Abkühlen wird die Lösung entnommen und mit destilliertem Wasser auf 10 ml aufgefüllt. Jede Probe wird zweimal auf diese Art für die Mineralstoffanalyse aufgeschlossen und die Ergebnisse als Mittelwert angegeben. In Abhängigkeit des unterschiedlich hohen



Mineralstoffgehalt wird, wenn nötig, eine angemessene Verdünnung mit Aqua dest. hergestellt.

#### Kalzium:

Die Bestimmung erfolgt mit dem Flammenphotometer *Eppendorf® Elex 6361*. Die Veraschungslösung wird mit einer 1 %-igen Lithiumlösung durch einen Dual-Diluter verdünnt und mit Acetylen verbrannt.

#### Phosphor:

Die Bestimmung des anorganischen Phosphors erfolgt mittels Spektrophotometrie (*Thermo spectronic Genesys 10 uv*). Die Veraschungslösung wird in 0,6 n Trichlorsäure gegeben, ein Aliquot entnommen und mit einem 1:1 Gemisch aus Ammoniummolybdat und Ammoniumvanadat in schwefelsaurer Lösung versetzt. Die Intensität der entstehende Gelbfärbung durch Komplexbildung wird bei 366 nm im Photometer gemessen.

#### Kupfer/ Eisen/ Zink:

Die Bestimmung dieser Spurenelemente erfolgt aus der mikrowellenveraschten Lösung im Atomabsorptionsspektrometer (939 AAS, Fa. Unicam).

#### e) Parameter der mikrobiellen Fermentation:

##### Laktat:

Die vorbereitete Probe wird aufgetaut und zentrifugiert. L-Laktase oxidiert unter Entstehung von NADH/H<sup>+</sup> das in der Probe vorhandene L-Laktat zu Pyruvat. Mit Hilfe einer nachgeschalteten enzymatischen Reaktion wird das L-Laktat vollständig umgesetzt und das entstehende NADH/H<sup>+</sup> photometrisch (*Thermo spectronic Genesys 10 uv*) bestimmt.



#### Flüchtige Fettsäuren:

Die Bestimmung erfolgt am IZW Berlin im *Perkin Elmer 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). Die Auswertung der Peakflächen erfolgt auf der Basis der Peaks der standardisierten Fettsäurelösungen und wird in mmol/l Kotwasser (Rohwasser des Kotes) angegeben.

#### pH-Wert:

Zur Messung des pH-Wertes wird aus der Mitte frischer Kotballen Probenmaterial entnommen und im Verhältnis 2:1 mit 20 °C warmen Wasser (pH ca. 7) vermischt. Die Messung mit dem *Fisher Scientific accument® portable pH/mV/Ion Meter* erfolgt sofort.

#### Nicht-Zellwand-Kot-Protein (nZKP)

Nach MASON & FREDERIKSEN (1979) wird das Nicht-Zellwand-Kot-Protein berechnet, indem vom Gesamt-Proteingehalt einer Kotprobe der Proteinrest im NDF-Rückstand abgezogen wurde.

#### f) Marker

##### Chrom:

Die Chrombestimmung wird am IZW Berlin mittels Atomabsorptionsspektrometrie im *Perkin Elmer Atomic Absorption Spectrometer 3300* (Wellenlänge 357,9 nm, Spaltbreite 0,7 nm) durchgeführt. Die im Mikrowellenaufschluss hergestellte Veraschungslösung der Probe wird im Gerät fein zerstäubt und in einer Luft/Acetylen-Flamme verbrannt. Die Extinktion der Strahlung der charakteristischen Wellenlänge wird gemessen.

**Cobalt:**

Die Cobaltbestimmung wird am IZW Berlin mittels Atomabsorptionsspektrometrie im *Perkin Elmer Atomic Absorption Spectrometer 3300* (Wellenlänge 240,7 nm, Spaltbreite 0,7 nm) durchgeführt. Die im Mikrowellenaufschluss verflüssigte Probe wird in einer Luft/Acetylen-Flamme verbrannt und die Extinktion gemessen.

**ADL:**

siehe oben (unter b)

**AIA (acid insoluble ash, säureunlösliche Asche):**

Zur Bestimmung der AIA werden 2 g Probe 4 h bei 500°C verascht, gewogen, anschließend 1 h mit 25 %-iger HCl gewaschen, mit warmem Wasser gewaschen, getrocknet und anschließend erneut gewogen.

**g) Kotpartikelgröße**

Die Kotpartikelgröße wird am IZW in Berlin bestimmt, indem Kot in ein Analysensieb eingewogen wird. Die *Laborsiebmaschine VS 1000 (Firma Retsch)* hat Siebe mit den Maschenweiten 4, 2, 1, 0,5, 0,25 und 0,125 mm durch die die Einwaage unter Wasserzufluss für 10 Minuten gesiebt wird; die in dem Sieb verbliebenen Rückstände werden gewogen.

**3.2.7.2 Urin****Kalzium:**

Bestimmung s. oben bei Mineralstoffen

**Kreatinin:**

Die Bestimmung erfolgt als ELISA mittels *Testkits der Firma Metra Biosystems (Quidel Deutschland GmbH, Heidelberg)*. Dabei werden aus dem Urin verschiedene Verdünnungen in Probenplatten hergestellt und mit Pikrinsäure eine Farbreaktion



erzeugt, die bei 490 nm photometrisch gemessen und im Vergleich zu Standardmessungen ausgewertet werden.

**3.2.8 Berechnungsmethoden****3.2.8.1 Rationsberechnung**

Mit Hilfe der durch tägliche Wägung bestimmten Futtermenge pro Tier und der durch die Analytik erhobenen Daten für die Nährstoffzusammensetzung der Futtermittel, wird die dem jeweiligen Tier angebotene Ration berechnet.

**3.2.8.2 Scheinbare Verdaulichkeit**

Die scheinbare Verdaulichkeit der Nährstoffe wird sowohl bei der zoeigenen Fütterung, als auch bei der kraftfutterreduzierten und -losen Ration 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 mit Hilfe interner Marker (ADL, AIA) errechnet. Über die errechnete Aufnahme dieser Markersubstanzen und ihren Gehalt in der Sammelkotprobe wird die theoretisch ausgeschiedene Kotmenge berechnet. Dieser Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass ADL und AIA als interne Marker verwendet werden können, da sie nicht resorbiert und nicht endogen sezerniert werden.

**3.2.8.3 Verdaulichkeit des Nicht-Zellwand-Proteins (nZP)**

Bei Herbivoren stammt ein Großteil des im Kot analysierten Stickstoffs aus von Mikroorganismen produziertem Protein, wodurch der Wert für die scheinbare



Proteinverdaulichkeit unter der wahren Verdaulichkeit liegt. Eine Annäherung an eine wahre Proteinverdaulichkeit stellt eine Berechnung nach MASON & FREDERIKSON (1979) dar, bei der die Ausscheidung von NDF-gebundenem Protein auf die Proteinaufnahme bezogen wird. Die Verdaulichkeit des Nicht-Zellwand-Proteins wird nach folgender Formel berechnet:

$$sV_{NZP} (\%) = \frac{Rp_{\text{im Futter}} - NDF_{\text{prot im Kot}}}{Rp_{\text{im Futter}}} \times 100$$

Dabei ist  $Rp_{\text{im Futter}}$  der Gehalt an Rohprotein im Futter und  $NDF_{\text{prot im Kot}}$  der Gehalt an NDF-gebundenem Protein im Kot.

#### 3.2.8.4 Differenzverdaulichkeit

Bei der Berechnung der Differenzverdaulichkeit wird davon ausgegangen, dass kein Zusammenspiel der einzelnen Futtermittel in Bezug auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe existiert. Es wird also angenommen, dass Heu bzw. Stroh in einer kombinierten Ration die gleiche Verdaulichkeit hat wie als alleiniges Futtermittel.

Berechnet werden:

1. die tägliche absolute Nährstoffaufnahmemenge pro Tier in kg TS aus dem Grundfutter ( $F_G$ )
2. die tägliche absolute Nährstoffaufnahmemenge pro Tier in kg TS aus dem Konzentratfutter ( $F_K$ )
3. die tägliche absolute Nährstoffmenge pro Tier in kg TS im Kot, die aus dem Grundfutter stammt ( $K_G$ )

$$K_G = F_G - \left( \frac{sV\%}{100} \times F_G \right)$$

$sV$  = scheinbare Verdaulichkeit des Grundfutters

4. die tägliche absolute Nährstoffmenge pro Tier in kg TS im Kot gesamt ( $K_{ges}$ )



5. die tägliche absolute Nährstoffmenge pro Tier in kg TS im Kot, die aus dem Konzentratfutter stammt ( $K_K$ )

$$K_K = K_{ges} - K_G$$

Mit der Formel für die scheinbare Verdaulichkeit (s.o.) und den Werten  $F_K$  und  $K_K$  kann man somit die Differenzverdaulichkeit für das Konzentratfutter berechnen.

In New York wird die Differenzverdaulichkeit des Kraftfutters berechnet, in München die Differenzverdaulichkeit des Kraftfutter-Obst-Gemüse-Gemischs. Im Nürnberger Tiergarten besteht das Grundfutter aus Heu und Silage, weswegen hier die gemeinsame Heu+Silage-Verdaulichkeit zur Berechnung eingesetzt wird. Da in Basel in der zweiten Fütterungsperiode Rindermilch aufgenommen wurde, wird hier keine Differenzverdaulichkeit berechnet.

#### 3.2.8.5 Passageparameter

- *Mittlere Retentionszeit (MRT):*

Zur Auswertung der Passagerate berechnet man die MRT nach der Formel von THIELEMANS et al. (1978):

$$MRT = \frac{\sum t_i C_i dt_i}{\sum C_i dt_i}$$

$C_i$  ist die Konzentration des Markers in der Probe zur Zeit  $t_i$

$t_i$  ist die Zeit nach Markerfütterung (in h)

$dt_i$  ist der berechnete Zeitabstand der jeweiligen Probe

$$dt_i = \frac{(t_{i+1} - t_i) + (t_i - t_{i-1})}{2}$$



• *Mittlere Retentionszeit in der distalen Fermentationskammer (DFC)*

Die Verweildauer in der distalen Fermentationskammer wird nach BRANDT & THACKER (1958) berechnet, indem die natürlichen Logarithmen der Markerkonzentrationen des absteigenden Teils der Exkretionskurve berechnet und mit der Zeit nach Markerausscheidung in Bezug gesetzt werden. Die Steigung der resultierenden Korrelation entspricht der Konstante  $k$ , deren Reziprokwert die mittlere Verweildauer in der distalen Fermentationskammer beschreibt, wenn diese als einvolumiges Kompartiment interpretiert wird.

3.2.8.6 Korrektur in Basel G\* für potentielle Rindenmulchaufnahme

Zwar wird bei den Baseler Tieren im zweiten Versuchsdurchgang die Aufnahme von Rindenmulch beobachtet, doch kann diese nicht quantifiziert werden. Da der Rindenmulch nicht eigens analysiert wird, wird für ihn ein TS-Gehalt von 70 % unterstellt und Nährstoffgehalte entsprechend einem Durchschnitt der Analysen für Baumrinden aus CLAUSS (2000) angenommen (Tab. 10). Anhand von Regressionsgleichungen zur Aufnahme und Ausscheidung von Lignin und Calcium wird die vermutete, aufgenommene Menge Rindenmulch ermittelt (s. Abb. 10+11).

Tab 10: *Angenommene Nährstoff- und Mineralgehalte des Rindenmulchs*

	TS %	OS %	Ra %	Rp %	Rfe %	Rfa %	Nfe %	R-KH %
Rindenmulch	70	92,6	7,5	9,7	0,4	45,1	37,5	19,4
	NDF %	ADF %	ADL %	HC %	C %	GE kJ/g	Ca g/kg	P g/kg
Rindenmulch	63,2	52,8	24	10,4	28,8	18	23,45	2,24



3.2.9 Statistische Methoden

Ergebnisse werden generell auf die Haltungen bezogen als Durchschnittswerte mit Standardabweichung angegeben. Aufgrund der geringen n-Zahlen werden Ergebnisse aus den einzelnen Haltungen nicht statistisch miteinander verglichen. Zur Darstellung des Zusammenhangs zweier Variablen wird eine einfache lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Gesundheitszustand

Während der Versuche ist das Allgemeinbefinden der Tiere weitgehend ungestört. Penny verliert im zweiten Versuchsdurchgang einen Backenzahn; Vinu leidet im zweiten Versuchsdurchgang an einer akuten Entzündung - einer hyperkeratotischen Veränderung im Zwischenzehenbereich. Schon vor Beginn der Versuche hat Nikolaus einen entzündeten Spalt im Nasenhorn, der während der Versuche weiter behandelt wird. Quetta und Rapti werden während der jeweiligen zweiten Versuchsdauer brünstig.

3.3.2 Ernährungszustand

Die Körpermasse der Tiere aus New York wird durch wiegen ermittelt, das Gewicht der anderen Tiere wird geschätzt. Eine Dokumentation der Gewichtsentwicklung ist nicht möglich. Es wird subjektiv beobachtet, ob die Tiere abnehmen. Es entsteht nicht der Eindruck, dass sich der Ernährungszustand der Panzernashörner während der Fütterung der kraftfutterlosen Ration verschlechtert.



### 3.3.3 Futterakzeptanz und -aufnahme

Die Akzeptanz von Futter und Markersubstanzen ist bei allen Tieren in beiden Versuchsdurchgängen gut.

Aus Tabelle 11 sind die während der Versuche aufgenommen Futtermengen pro Tag sowie die Futteraufnahmemenge in % des Körpergewichts und g/kg KM<sup>0,75</sup> zu entnehmen. Tabelle 12 zeigt die Aufnahmemengen der einzelnen Rationsbestandteile in kg TS als Durchschnittswerte pro Haltung, die Daten für die einzelnen Tiere in uS und TS sind als Tabellen C und D im Anhang zu finden.

Tab. 11: Aufgenommene Futtermenge pro Haltung in kg, Futtermenge in % des Körpergewichts und in g/kg KM<sup>0,75</sup> im Vergleich angegeben in Mittelwert ± Standardabweichung

Haltung	n	TS-Aufnahme in kg		in % KM		in g/kg KM <sup>0,75</sup>	
		Ration KG	Ration G	Ration KG	Ration G	Ration KG	Ration G
München	2	19,8 ± 5,0	13,0 ± 6,0	0,9 ± 0,1	0,6 ± 0,2	62,9 ± 10,6	40,9 ± 15,5
Nürnberg	2	24,6 ± 6,0	18,8 ± 4,9	1,2 ± 0,2	0,9 ± 0,1	80,1 ± 13,5	61,5 ± 11,2
Basel	3	19,5 ± 3,5	23,4* ± 2,2*	1,0 ± 0,1	1,2* ± 0,1*	65,1 ± 9,5	78,2* ± 6,9*
New York	4	20,2 ± 4,6	17,4 ± 3,0	1,1 ± 0,2	0,9 ± 0,2	70,7 ± 15,4	60,9 ± 10,0

\*mit berechneter Rindenmulchaufnahme

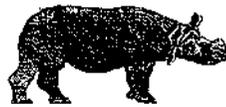
Die Tabellen 13, 15 und 17 stellen die in den Rationen der einzelnen Tiere enthaltenen Nährstoffkonzentrationen während der ersten Versuchsdauer dar. Die Tabellen 14, 16 und 18 das Gleiche für die zweite Versuchszeit.

Tab. 12: Futteraufnahmemenge der einzelnen Rationsbestandteile in kg TS angegeben in Mittelwert ± Standardabweichung

Haltung	n	Ration	Siage	Heu	Stroh	gepreßtes Rindenmulch (gesch. max.)	Mischfutter ("Pferde-cobs")	Rohfütter gesamt	Mineralfütter	pelletiertes Mischfutter	Obst & Gemüse	unstrukturiertes Futter <sup>1</sup> gesamt	Verhältnis unstrukturiertes/strukturiertes Futter	Gesamt
M	2	KG	13,2 ± 4,0	13,2 ± 4,0				13,2 ± 4,0	0,2 ± 0,0	3,5 ± 0,6	2,9 ± 0,5	6,4 ± 1,0	0,5 ± 0,1	19,8 ± 5,0
N	2	KG	12,8 ± 3,0	3,9 ± 1,5				16,8 ± 4,5	0,2 ± 0,1	6,6 ± 1,2	1,0 ± 0,2	7,6 ± 1,5	0,5 ± 0,0	24,6 ± 6,0
B	3	KG			9,6 ± 1,4	3,6 ± 1,1		13,2 ± 2,4		4,0 ± 1,2	2,3 ± 0,1	6,3 ± 1,3	0,5 ± 0,1	19,5 ± 3,5
NY	4	KG		17,4 ± 4,6				17,4 ± 4,6		2,8 ± 0,2		2,8 ± 0,2	0,2 ± 0,1	20,2 ± 4,6
M	2	G	13,0 ± 6,0	13,0 ± 6,0				13,0 ± 6,0					0	13,0 ± 6,0
N	2	G	15,9 ± 3,2	2,8 ± 1,6				18,8 ± 4,8					0 ± 0,0	18,8 ± 4,9
B	3	G*			13,0 ± 1,5	4,0 ± 0,4		22,1 ± 2,2				1,3 ± 0,0	0,1 ± 0,0	23,4 ± 2,2
NY	4	G		17,4 ± 3,0				17,4 ± 3,0					0	17,4 ± 3,0

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme

<sup>1</sup> d. h. pelletiertes Mischfutter und Obst und Gemüse



Tab. 13: Gehalt an organischer Substanz (%), Rohrnährstoffgehalt (%) und Bruttoenergie (kJ/g) der Futtrationen KG angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	OS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	Nfe	R-KH	GE
München	2	92,9	7,1	9,2	1,5	25,6	56,5	31,0	18,1
		$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$	$\pm 0,1$	$\pm 0,7$	$\pm 0,0$
Nürnberg	2	91,1	8,9	10,4	2,3	30,1	48,4	16,4	18,2
		$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 1,0$	$\pm 0,0$	$\pm 1,7$	$\pm 0,5$	$\pm 1,6$	$\pm 0,0$
Basel	3	94,7	5,3	8,5	1,5	29,8	54,9	27,2	18,5
		$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	$\pm 0,1$	$\pm 0,6$	$\pm 0,5$	$\pm 0,7$	$\pm 0,0$
New York	4	93,8	6,2	9,1	3,4	32,6	48,7	24,1	19,7
		$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,7$	$\pm 0,2$	$\pm 1,2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,0$

Tab. 14: Gehalt an organischer Substanz (%), Rohrnährstoffgehalt (%) und Bruttoenergie (kJ/g) der Grundfuttrationen G angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung (da in München und New York nur Heu einer Charge verfüttert wurde, entfallen hier die Angaben zur SD)

Haltung	n	OS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	Nfe	R-KH	GE
München	2	94,6	5,4	8,5	1,2	35,2	49,8	13,7	18,8
Nürnberg	2	91,9	8,1	8,0	1,7	36,8	45,3	8,8	18,2
		$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 0,0$
Basel*	3	93,3	6,7	6,4	1,0	40,1	45,8	15,5	18,4
		$\pm 0,0$	$\pm 0,0$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,6$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,0$
New York	4	93,8	6,2	7,3	1,9	36,0	48,5	18,8	19,4

\*mit berechneter Rindenmulchaufnahme



Tab. 15: Gehalt an Gerüstsubstanzen (%) der Futtrationen KG angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	NDF	ADF	ADL	HC	C
München	2	51,2	27,6	3,6	23,6	24,0
		$\pm 1,2$	$\pm 0,4$	$\pm 0,2$	$\pm 0,7$	$\pm 0,6$
Nürnberg	2	62,1	33,0	4,0	29,1	29,0
		$\pm 2,8$	$\pm 2,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,7$	$\pm 1,8$
Basel	3	57,6	35,0	5,0	22,5	30,1
		$\pm 0,8$	$\pm 0,7$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,6$
New York	4	57,1	35,9	7,1	21,3	28,8
		$\pm 1,3$	$\pm 1,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 1,0$

Tab. 16: Gehalt an Gerüstsubstanzen (%) der Grundfuttrationen G angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung (da in München und New York nur Heu einer Charge verfüttert wurde, entfallen hier die Angaben zur SD)

Haltung	n	NDF	ADF	ADL	HC	C
München	2	71,3	37,6	3,8	33,7	33,8
Nürnberg	2	73,4	40,5	3,9	32,9	36,6
		$\pm 0,3$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,1$
Basel*	3	70,4	46,8	10,3	23,6	36,5
		$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,4$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$
New York	4	65,7	40,4	6,7	25,3	33,7

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme



Tab. 17: Kalzium- und Phosphorgehalt (g/kg) sowie Kupfer-, Eisen- und Zinkgehalt (mg/kg) der Futterrationen KG angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	Ca	P	Cu	Fe	Zn
München	2	6,3 $\pm 0,7$	2,4 $\pm 0,1$	13,5 $\pm 1,9$	259,5 $\pm 3,9$	75,0 $\pm 12,5$
Nürnberg	2	5,8 $\pm 0,8$	3,7 $\pm 0,5$	27,0 $\pm 12,5$	188,0 $\pm 17,3$	86,2 $\pm 24,4$
Basel	3	5,6 $\pm 0,4$	2,8 $\pm 0,2$	6,6 $\pm 0,3$	129,1 $\pm 9,6$	37,2 $\pm 4,2$
New York	4	9,2 $\pm 0,3$	3,1 $\pm 0,3$	7,1 $\pm 0,3$	49,0 $\pm 5,7$	57,7 $\pm 7,5$

Tab. 18: Kalzium- und Phosphorgehalt (g/kg) sowie Kupfer-, Eisen- und Zinkgehalt (mg/kg) der Grundfutterrationen G angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung (da in München und New York nur Heu einer Charge verfüttert wurde, entfallen hier die Angaben zur SD)

Haltung	n	Ca	P	Cu	Fe	Zn
München	2	3,5	2,2	6,7	182,9	21,7
Nürnberg	2	3,0 $\pm 0$	3,0 $\pm 0$	5,7 $\pm 0$	49,0 $\pm 0,6$	26,9 $\pm 0,8$
Basel*	3	8,7 $\pm 0,3$	2,1 $\pm 0,1$	-	-	-
New York	4	5,7	1,2	5,3	24,7	29,4

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme



### 3.3.4 Kot

Die Kotmengen werden während der gesamten Versuchsdauer durch vollständige Kotsammlung ermittelt. Die von den Tieren ausgeschiedene Kotmenge ist sowohl als uS- als auch als TS-Menge in Tabelle 19 als Mittelwert pro Haltung angegeben, die Daten für die einzelnen Tiere sind als Tabellen E im Anhang zu finden. In Tabelle 19 wird ebenso der TS-Gehalt des Kotes und die Menge des Wassers im Kot angegeben.

Tab. 19: TS-Gehalt des Kots, ausgeschiedene gewogene Kotmengen in kg uS und TS sowie die Kot-Wasser-Menge in kg angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	TS (%)		Kotmenge (kg uS/Tier u. Tag)		Kotmenge (kg TS/Tier u. Tag)		Wasser im Kot (kg/Tier u. Tag)	
		KG	G	KG	G	KG	G	KG	G
München	2	17,7 $\pm 0,3$	17,6 $\pm 0,2$	47,9 $\pm 13,8$	41,9 $\pm 23,4$	8,5 $\pm 2,6$	7,4 $\pm 4,0$	39,4 $\pm 11,2$	34,5 $\pm 19,3$
Nürnberg	2	17,7 $\pm 0,4$	15,8 $\pm 1,0$	59,7 $\pm 18,9$	49,8 $\pm 19,1$	10,5 $\pm 3,1$	7,8 $\pm 2,5$	49,1 $\pm 15,8$	42,0 $\pm 16,5$
Basel	3	15,9 $\pm 0,4$	16,3 $\pm 0,2$	56,4 $\pm 13,2$	85,1 $\pm 5,6$	9,0 $\pm 2,1$	13,8 $\pm 0,8$	47,5 $\pm 11,2$	71,2 $\pm 4,8$
New York	4	20,3 $\pm 0,9$	20,6 $\pm 1,0$	42,5 $\pm 7,9$	44,7 $\pm 3,0$	8,7 $\pm 1,8$	9,2 $\pm 0,4$	33,8 $\pm 6,2$	35,5 $\pm 2,7$



### 3.3.5 Darmpassagezeit

Die Chromausscheidung beginnt  $17,7 \text{ h} \pm 6 \text{ h}$  nach Markereingabe und ist  $103,3 \text{ h} \pm 12 \text{ h}$  nach Eingabe beendet. Die Ausscheidung des Kobalt beginnt hingegen  $16 \text{ h} \pm 4,6 \text{ h}$  nach Eingabe und endet  $92,3 \text{ h} \pm 9,6 \text{ h}$  nach der Markerfütterung.

Die Werte der einzelnen Tiere werden in Tabelle 20 dargestellt.

Tab. 20: Körpergewicht, Beginn und Ende der Markerausscheidung (in h nach Markeraufnahme), Passagerate (MRT) und Verhältnis von MRT DFC zu MRT im Vergleich der einzelnen Tiere (DFC = distale Fermentationskammer)

Nr. Tier	Ration	KM (kg)	Chromausscheidung				Kobaltausscheidung		
			Beginn (h)	Ende (h)	MRT	MRT DFC /MRT (%)	Beginn (h)	Ende (h)	MRT
1 Nikolaus	KG	2300	23,7	96,2	61,7	26	18,6	96,2	45,4
2 Rapti	KG	1950	17,3	94,1	61,5	21	17,3	94,1	45,3
3 Noel	KG	2200	11,0	95,8	57,5	30	11,0	81,5	36,4
5 Jaffna	KG	2100	22,3	122,0	56,6	22	17,0	80,3	38,7
6 Ellora	KG	2000	22,0	114,8	66,0	25	22,0	105,2	42,8
3 Noel	G	2200	10,0	96,8	57,0	21	10,0	96,8	38,7

Der Verlauf der Markerausscheidung ist bei allen Tieren ähnlich. In Abbildung 6 ist die Ausscheidungskurve von Chrom und Kobalt bei dem Tier mit den meisten Kotabsätzen während des Passageversuchs dargestellt.

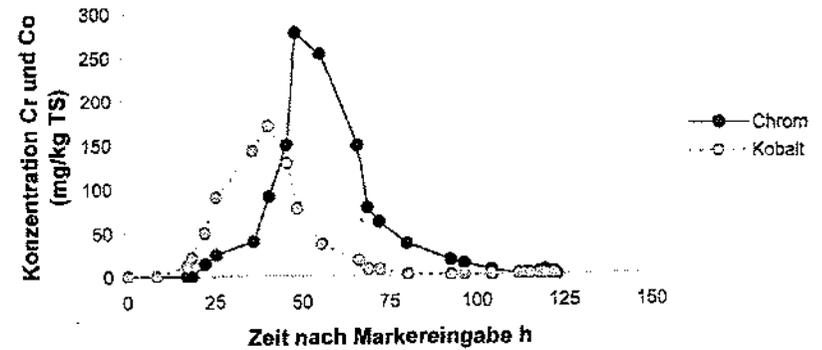
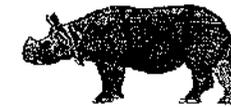


Abb. 6: Markerausscheidung von Chrom (durchgezogene Linie) und Kobalt (gestrichelte Linie) von Jaffna (Basel)

Unterschiede zwischen den verschiedenen Rationen fallen nicht auf (vgl. Abbildung 7).

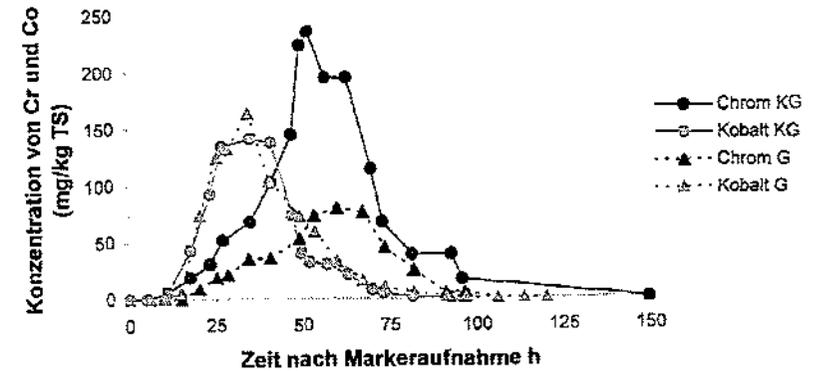


Abb. 7: Markerverlauf von Chrom (durchgezogene Linien) und Kobalt (gestrichelte Linien) in Ration KG (Kreise) und Ration G (Dreieck) von Noel (Nürnberg)



### 3.3.6 Scheinbare Verdaulichkeit

Die Verdaulichkeiten wurden mit Hilfe verschiedener Methoden bestimmt. In der nachfolgenden Tabelle 21 wird die scheinbare Verdaulichkeit aus Berechnungen der Sammel-Methode dargestellt. Es sind Werte für die scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz, der organischen Substanz, der Rohnährstoffe, der Energie, der einzelnen Faserbestandteile und der Mineralstoffe Kalzium und Phosphor zu entnehmen; ebenso ist in dieser Tabelle die Verdaulichkeit des Nicht-Zellwand-Proteins (s. 3.2.8.3) aufgelistet. Es werden die Werte der jeweiligen Zooration und die der kraftfutterfreien Rationen gegenübergestellt.

Im Anhang sind die Verdaulichkeiten für jedes einzelne Tier gesondert aufgelistet (Tab. F)

Tab. 21: Scheinbare Verdaulichkeit (%) der Trockensubstanz, der organischen Substanz, der Bruttoenergie, der Rohnährstoffe, der Faserbestandteile und der Mineralstoffe sowie die Verdaulichkeit des Nicht-Zellwand-Proteins (nZP) in % angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	Ration	TS	oS	GE	Rp	Rfe	Rfa	Nfe	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	Ca	P	nZP
München	2	KG	57	58	54	52	16	41	68	87	43	39	-1	48	45	78	-13	89
			$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 6$	$\pm 3$	$\pm 7$	$\pm 2$
Nürnberg	2	KG	57	57	54	54	21	52	63	79	53	51	15	56	56	69	10	92
			$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 5$	$\pm 13$	$\pm 1$	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 1$	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 1$	$\pm 7$	$\pm 5$	$\pm 1$
Basel	3	KG	54	56	50	54	33	41	64	82	44	42	23	46	46	63	3	88
			$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 10$	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 1$	$\pm 4$	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 3$	$\pm 8$	$\pm 0$
New York	4	KG	57	57	53	61	40	45	66	80	48	45	34	52	48	79	4	93
			$\pm 4$	$\pm 4$	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 8$	$\pm 6$	$\pm 4$	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 8$	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 4$	$\pm 20$	$\pm 1$
München	2	G	45	46	43	48	3	38	52	71	41	36	-2	47	40	78	-4	88
			$\pm 6$	$\pm 5$	$\pm 6$	$\pm 10$	$\pm 13$	$\pm 1$	$\pm 7$	$\pm 13$	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 8$	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 4$
Nürnberg	2	G	59	60	55	46	-1	63	61	65	62	63	30	61	66	63	3	91
			$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 5$	$\pm 3$	$\pm 7$	$\pm 3$	$\pm 5$	$\pm 17$	$\pm 1$	$\pm 3$	$\pm 4$	$\pm 6$	$\pm 0$
Basel	3	G*	41	41	37	40	-12	35	47	77	33	37	19	32	38	69	6	83
			$\pm 2$	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 4$	$\pm 10$	$\pm 4$	$\pm 2$	$\pm 0$	$\pm 4$	$\pm 2$	$\pm 1$	$\pm 7$	$\pm 3$	$\pm 6$	$\pm 4$	$\pm 1$
New York	4	G	46	46	42	54	-28	34	56	71	40	35	6	48	40	77	-78	90
			$\pm 8$	$\pm 8$	$\pm 9$	$\pm 7$	$\pm 17$	$\pm 10$	$\pm 6$	$\pm 8$	$\pm 8$	$\pm 9$	$\pm 16$	$\pm 6$	$\pm 7$	$\pm 6$	$\pm 35$	$\pm 2$

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme



### 3.3.7 Differenzverdaulichkeit

Die Differenzverdaulichkeiten für die Futtermittel, die in der zoeigenen Ration zusätzlich zum Grundfutter verfüttert werden, sind in Tabelle 22 dargestellt.

Dabei handelt es sich in den europäischen Zoos um Gemische aus pelletiertem Mischfutter, Brot, Mineralfutter und verschiedenen Obst- und Gemüsesorten; in New York hingegen wird nur das zoeigene pelletierte Mischfutter zusätzlich zum Grundfutter gefüttert und in der Differenzverdaulichkeit berechnet. Dem Anhang sind die einzelnen Werte für jedes Tier aus Tabelle G zu entnehmen. Aufgrund der hohen Wahrscheinlichkeit, mit der in Basel im zweiten Versuchsdurchgang Rindenmulch aufgenommen wurde, wird hier keine Differenzverdaulichkeit berechnet.

Tab. 22: Differenzverdaulichkeit (%) des Kraftfutteranteils der KG-Rationen in den verschiedenen Haltungen angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	TS	oS	GE	Rp	Rfa	NDF	ADF	HC	C	Nfe
München	2	82 $\pm 7$	83 $\pm 5$	74 $\pm 3$	56 $\pm 12$	56 $\pm 8$	47 $\pm 7$	44 $\pm 18$	49 $\pm 12$	66 $\pm 28$	94 $\pm 6$
Nürnberg	2	53 $\pm 1$	52 $\pm 1$	51 $\pm 1$	62 $\pm 7$	-4 $\pm 28$	23 $\pm 6$	-1 $\pm 29$	41 $\pm 9$	7 $\pm 22$	66 $\pm 5$
New York	4	115 $\pm 27$	124 $\pm 27$	113 $\pm 39$	71 $\pm 21$	315 $\pm 128$	144 $\pm 49$	272 $\pm 76$	75 $\pm 34$	228 $\pm 71$	122 $\pm 30$



### 3.3.8 Parameter der mikrobiellen Fermentation

#### 3.3.8.1 Laktat im Kot

Die Konzentration von Laktat im Kotwasser ist bei allen Tieren sehr gering. Pro Tier werden für jede Fütterungsperiode 5 Proben untersucht (bei Niko für den ersten Versuch nur zwei und im zweiten Versuch keine, da es nicht möglich ist, im Außengehege an frischen Kot zu gelangen, und er am Morgen keinen frischen Kot in die Box absetzt). Tabelle 23 zeigt die Laktatwerte im Kot. Zwischen den Futterrationen lassen sich keine Unterschiede feststellen. Dem Anhang sind die einzelnen Werte für jedes Tier aus Tabelle H zu entnehmen.

Tab. 23: Laktatwerte im Kot (in mmol/l Kotwasser) angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	Ration KG <sup>1)</sup>		n	Ration G	
München	2	1,0	$\pm 1,0$	1	1,4	
Nürnberg	2	2,1	$\pm 0,2$	2	3,1	$\pm 0,7$
Basel	3	2,0	$\pm 0,3$	3	1,5	$\pm 0,6$

#### 3.3.8.2 Flüchtige Fettsäuren im Kot

Als flüchtige Fettsäuren im Kot werden Essigsäure (C2), Propionsäure (C3), Buttersäure (C4), Valeriansäure (C5), Isobuttersäure (iC4), Isovaleriansäure (iC5) nachgewiesen, die drei letzten nur in sehr geringen Mengen. Es ist zu erkennen, daß sowohl der Gehalt der einzelnen Fettsäuren als auch die Summe der kurzkettigen Fettsäuren in der zoeigenen Futterration mit Kraftfutter wesentlich höher ist als bei den Rationen, in denen das Kraftfutter fehlt.



Aus Tabelle 24 kann man die Konzentrationen der einzelnen im Kotwasser enthaltenen flüchtigen Fettsäuren entnehmen. Die Gesamtsumme, die prozentuale Verteilung sowie das C2:C3-Verhältnis ist in Tabelle 25 dargestellt. Dem Anhang sind die einzelnen Werte für jedes Tier aus Tabelle I zu entnehmen.

Tab. 24: Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot (in mmol/l Kotwasser) angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	Ration	C2	C3	C4	C5	iC4	iC5
München	1	KG	43,6	7,6	3,3	1,0	1,0	1,0
Nürnberg	2	KG	36,9	5,8	2,4	1,1	1,0	0,8
			$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$	$\pm 0,0$	$\pm 0,4$
Basel	3	KG	23,8	4,9	1,8	0,5	0,5	0,8
			$\pm 4,5$	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$
München	1	G	17,8	1,8	1,1	0,1	0,0	0,0
Nürnberg	2	G	28,7	3,6	1,9	0,6	0,3	1,2
			$\pm 3,2$	$\pm 1,4$	$\pm 0,3$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,4$
Basel	3	G	17,6	2,4	1,0	0,1	0,1	0,6
			$\pm 1,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$

Anhand der prozentualen Verteilung der Fettsäuren erkennt man, daß der Gehalt der Essigsäure unter allen kraftfutterlosen Rationen steigt, wohingegen der Gehalt der Propionsäure absinkt.



Tab. 25: Summe von Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure (mmol/l Kotwasser), prozentuale Verteilung der flüchtigen Fettsäuren (%) und C2:C3-Verhältnis angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	Ration	Summe (C2,C3,C4)	C2	C3	C4	C2:C3
München	1	KG	55	80	14	6	5,7
Nürnberg	2	KG	45	82	13	5	6,4
			$\pm 1$	$\pm 0$	$\pm 0$	$\pm 0$	$\pm 0,2$
Basel	3	KG	31	78	16	6	4,8
			$\pm 5$	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 2$	$\pm 0,7$
München	1	G	21	86	9	6	9,8
Nürnberg	2	G	34	85	10	6	8,5
			$\pm 5$	$\pm 3$	$\pm 3$	$\pm 0$	$\pm 2,4$
Basel	3	G	21	84	11	5	7,4
			$\pm 1$	$\pm 0$	$\pm 0$	$\pm 0$	$\pm 0,3$

### 3.3.8.3 pH-Wert im Kot

Der pH-Wert im frischen Nashornkot beträgt bei einer Verdünnung von 2:1 im ersten Versuch  $6,3 \pm 0,1$  und im zweiten Versuch  $6,5 \pm 0,1$ . In Tabelle 26 sind die pH-Werte beider Fütterungsperioden in New York aufgelistet.

Tab. 26: pH-Werte im Kot

Nr.	Tier	Ration	pH
8	Vinu	KG	6,3
9	Kali	KG	6,3
10	Penny	KG	6,2
11	Pinky	KG	6,4
8	Vinu	G	6,4
9	Kali	G	6,7
10	Penny	G	6,5
11	Pinky	G	6,5



### 3.3.9 Kotpartikelgröße

Die Ergebnisse der Bestimmung der Kotpartikelgröße sind Abb. 8 a-c zu entnehmen. In München und Basel nimmt die durchschnittliche Partikelgröße im Kot bei einer kraftfutterfreien Ration ab. Die Entwicklung der Werte aus Nürnberg ist genau entgegengesetzt.

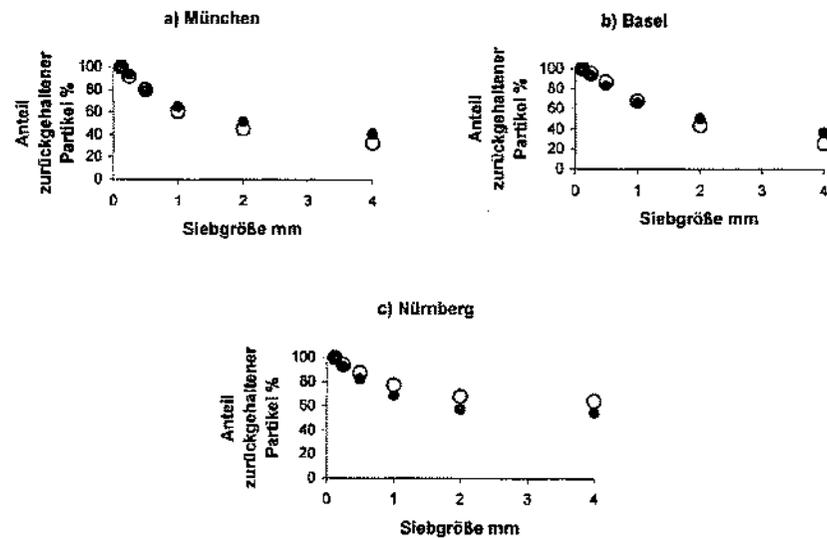


Abb. 8 a-c: Kumulierter Anteil zurückgehaltener Partikel in % aller zurückgehaltener Partikel in den jeweiligen Haltungen für Ration KG (voller Kreis) und Ration G (leerer Kreis)



### 3.3.10 Wasserhaushalt

Die durchschnittliche Wasseraufnahme der Tiere, bei denen die Tränkeaufnahme gemessen werden konnte, berechnet sich aus Tränkeaufnahme und Wassergehalt im Futter. Sie beträgt im ersten Versuch  $85,5 \text{ l} \pm 24,3 \text{ l}$  pro Tier und Tag und im zweiten Versuch  $82,6 \text{ l} \pm 22,2 \text{ l}$ . Es ist kein deutlicher Unterschied zu erkennen. Die Werte für die einzelnen Haltungen sind in Tabelle 27 dargestellt. Dem Anhang sind die einzelnen Werte für jedes Tier aus Tabelle J zu entnehmen.

Tab. 27: Tränkeaufnahme, Futterwassergehalt, Wasseraufnahme und Wasserverlust pro Tag (kg/100kg KM) angegeben in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung

Haltung	n	Ration	Tränke	Futter-Wasser	Wasser-aufnahme	Faecale Wasser-ausscheidung
München	2	KG	2,4 $\pm 0,5$	1,1 $\pm 0,1$	3,5 $\pm 0,6$	1,8 $\pm 0,3$
Nürnberg	2	KG	4,2 $\pm 1,7$	0,7 $\pm 0,1$	4,9 $\pm 1,8$	2,4 $\pm 0,5$
Basel	3	KG	3,2 $\pm 0,2$	0,8 $\pm 0,0$	4,0 $\pm 0,2$	2,4 $\pm 0,5$
New York	4	KG		0,1 $\pm 0,0$		1,8 $\pm 0,3$
München	2	G	2,9 $\pm 1,3$	0,1 $\pm 0,0$	3,0 $\pm 1,3$	1,6 $\pm 0,7$
Nürnberg	2	G	3,6 $\pm 0,8$	0,5 $\pm 0,0$	4,0 $\pm 0,9$	2,0 $\pm 0,6$
Basel	3	G	4,1 $\pm 0,3$	0,6* $\pm 0,0$	4,7* $\pm 0,4$	3,6 $\pm 0,2$
New York	4	G		0,1 $\pm 0,0$		1,9 $\pm 0,2$

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme



### 3.3.11 Urin

In Tabelle 28 sind Kreatinin- und Kalziumgehalt des Urins, sowie das Kalzium-Kreatinin-Verhältnis der Tiere, von denen Urin gewonnen werden konnte in beiden Versuchen dargestellt. Die Untersuchung des Urins ergibt ein niedrigeres Kalzium-Kreatinin-Verhältnis im zweiten Versuch als im Ersten. Die Differenz der Werte ist in den verschiedenen Haltungen allerdings unterschiedlich groß.

Tab. 28: *Kreatiningehalt (mmol/l) und Kalziumgehalt (g/kg uS) des Urins und Kalzium-Kreatinin-Verhältnis*

Nr. Tier	Ration KG			Ration G		
	Kreatinin	Calcium	Ca/Krea	Kreatinin	Calcium	Ca/Krea
2 Rapti	-	-	-	36,94	2,36	0,06
3 Noel	8,95	2,36	0,26	-	-	-
4 Purana	9,81	2,40	0,24	16,24	1,72	0,11
5 Jaffna	15,27	3,85	0,25	14,70	2,06	0,14
7 Quetta	29,19	7,84	0,27	-	-	-
8 Vinu	15,96	3,83	0,24	23,60	4,00	0,17
11 Pinky	6,94	1,85	0,27	17,42	3,81	0,22



## 4. Diskussion

### 4.1 Beurteilung der Versuchsmethoden

#### 4.1.1. Darmpassagezeit

Zur Bestimmung der Darmpassagezeit ist das Verwenden von externen Markern notwendig. Für die flüssige Phase werden lösliche Marker, wie in diesem Fall Kobalt-EDTA verwendet, als Marker für die feste Phase sind mit Chrom (in Form von Chromoxid oder wie in diesem Fall als chromgebeizte Faser) gute Ergebnisse erzielt worden (UDÉN et al. 1980). Eine unvollständige Aufnahme des Markers (z. B. durch im Mischbehälter verbleibende Reste) ist möglich, führt aber nicht zu einer Verfälschung der Ergebnisse, da die aufgenommene Markermenge nicht in die Berechnung der Passagezeit eingeht (THIELEMANS et al. 1978). Daher ist auch die beschriebene geringfügige Absorption von Co-EDTA aus dem Darmkanal (UDÉN et al. 1980) für das Ergebnis unerheblich.

Beim Kotsammeln zur Bestimmung der Passage ist es notwendig, jede abgesetzte Kotprobe einzeln zu beproben. Da nicht auszuschließen ist, dass die Tiere mehrfach auf dieselbe Stelle koten, ist es daher empfehlenswert, jede abgesetzte Kotprobe so bald als möglich zu entfernen. Gerade bei Bullen kann dies zu einer rascheren erneuten Entleerung des Rektums führen, als wenn der Kot liegen geblieben wäre.

#### 4.1.2. Verdauungsversuche

##### 4.1.2.1 Begründung der gewählten Methode

Die Sammelmethode ist gut geeignet, wenn es möglich ist, den gesamten Kot zu erhalten und die Versuchstiere so untergebracht sind, dass zu keinem Zeitpunkt die



Zuordnung der Kotproben zu einem Individuum unsicher ist. Allerdings kann es bei der Sammelmethode problematisch sein, repräsentative Proben zu erstellen (PARKINS et al. 1982). Dies wurde in der vorliegenden Studie dadurch gewährleistet, dass von jedem einzelnen Kotballen 10 % des Gewichts aus der Mitte des Ballens entnommen wurde und diese Menge vor dem Einbringen in die Aluschälchen mindestens 2 Minuten mit der Hand vermischt wurde. Durch dieses arbeitsaufwändige Verfahren kann sowohl die Kontamination mit Erdreich minimiert als auch eine gute Durchmischung der Probe gewährleistet werden.

#### 4.1.2.2 Vergleich mit internen Markern

Beim Verwenden des internen Markers Lignin ist zu beachten, dass in dieser Studie meist positive Ligninverdaulichkeiten bis zu 34 % erreicht wurden. Lediglich in München entsprach die analysierte aufgenommene Menge an Lignin in etwa der über den Kot ausgeschiedenen Menge (vgl. Tab. 29). Aus diesem Grund führen die mit ADL als internem Marker berechneten Verdaulichkeiten zu einer systematischen Unterschätzung der Verdauungsleistung in Nürnberg, Basel und New York (vgl. Tab. 29). Einerseits fanden WOLTER et al. (1978) und KRULL (1984) gute Übereinstimmungen zwischen der mit Kollektionsmethode und mit Lignin-Marker-Methode berechneten Verdaulichkeiten. Andererseits stellten MIRAGLIA et al. (1999) bei einem Verdauungsversuch mit Ponies, bei dem gleichzeitig die Sammelmethode und die Berechnung mittels ADL angewandt wurde, durchschnittliche scheinbare Verdaulichkeiten für ADL von 41 % fest. Die Autoren empfehlen daher ADL nicht als internen Marker für Pferde, da aufgrund der unvollständigen Wiederfindungsrate die Verdauungsleistung unter Umständen deutlich unterschätzt werden kann. Dasselbe Problem ist bei Wiederkäuern bekannt (FAICHNEY & JUNG 1983).

Die Verdaulichkeiten von HCl-unlöslicher Asche (AIA) liegen zwischen –67 und 43 %. Im Vergleich (s. Tab. 29) fällt auf, dass eine theoretisch anhand der internen Marker bestimmte Verdaulichkeit im Falle von AIA unsystematisch stark schwankt. Die Tatsache, dass die Kotmenge mit AIA in München und Nürnberg nicht unterschätzt wird, weist darauf hin, dass hier der Kot tatsächlich kontaminationsfrei



gesammelt wurde. Die in New York und Basel mit AIA abgeschätzten geringeren Kotmengen könnten auf eine nicht kontaminationsfreie Probengewinnung oder auf eine Aufnahme von Erde durch die Tiere schließen lassen. AIA wurde wiederholt bei Pferden als internen Marker empfohlen bzw. eingesetzt (SUTTON et al. 1977, SCHURG 1981, FRAPE et al. 1982, ORTON et al. 1985, HOFFMANN et al. 1987, CUDDEFORD & HUGHES 1990; MIRAGLIA et al. 1999). Aufgrund der in Tabelle 29 dokumentierten Abweichungen und der Unsicherheit bezüglich der Aufnahme von Erde durch die Tiere eignet er sich für Zoo-Studien wie die vorliegende Arbeit jedoch nicht.

Tab. 29: Kotmengen (kg) und TS-Verdaulichkeiten (%) erhoben mit den Daten der Sammelmethode und berechnet mit den internen Markern ADL und AIA

Haltung	Ration	n	Kot- durchschnittliche			TS-Verdaulichkeiten %		
			menge	Kotmenge	berechnet	Sammel-	Marker	Marker
			kg	ADL	AIA	methode	ADL	AIA
München	KG	2	8,5	8,4	13,8	57	58	31
			± 2,6	± 2,6	± 4,1	± 2	± 3	± 3
Nürnberg	KG	2	10,5	12,5	11,2	57	50	55
			± 3,1	± 4,1	± 3,6	± 2	± 4	± 4
Basel	KG	3	9,0	11,5	8,2	54	41	58
			± 2,1	± 1,9	± 1,4	± 3	± 1	± 1
New York	KG	4	8,7	13,3	6,4	57	35	69
			± 1,8	± 3,4	± 2,0	± 4	± 3	± 4
München	G	2	7,4	7,1	9,5	45	46	23
			± 4,0	± 3,4	± 2,4	± 6	± 2	± 17
Nürnberg	G	2	7,8	11,0	8,2	59	40	56
			± 2,5	± 0,9	± 2,1	± 3	± 11	± 0
Basel	G*	3	13,8	17,1		41	27	
			± 0,8	± 0,9		± 2	± 4	
New York	G	4	9,2	10,0	7,0	46	42	60
			± 0,4	± 1,9	± 1,4	± 8	± 2	± 2

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme



#### 4.1.2.3 Bestimmung der Energiegehalte in Futtermitteln und Faeces

LÖHLEIN (1999) demonstrierte, dass die Verwendung folgender Schätzformel zur Bestimmung der Bruttoenergie:

$$GE \text{ (kJ/100 g TS)} = 24 \text{ kJ} \times g \text{ Rp} + 38 \text{ kJ} \times g \text{ Rfe} + 17 \text{ kJ} \times g \text{ NfE} + 17 \text{ kJ} \times g \text{ Rfa}$$

(alle Angaben in g/100 g TS)

im Kot von Elefanten die experimentell im Bombenkalorimeter ermittelten Werte um durchschnittlich 9,5 % unterschätzten. Ähnliche Fehler ermittelten FEHRLE (1999) für Pferde, SCHRAG (1999) für Hunde und KIEFER (2002) für Breitmaulnashörner. Eine solche Unterschätzung des Energiegehaltes im Kot führt zwangsläufig zu einer Überschätzung der verdaulichen Energie. Für den Kot von Panzemashörnern kann in der vorliegenden Studie dieser Fehler erneut bestätigt werden. Im Durchschnitt liegen die berechneten Werte 16 % niedriger als die im Bombenkalorimeter bestimmten Werte.

Anhand der eigenen Daten sowie der Daten von LÖHLEIN (1999) und KIEFER (2002) wurde untersucht, ob es möglich ist, mittels Regression eine Schätzgleichung für den Energiegehalt von Kot großer Dickdarmfermentierer anhand der Rohnährstoffe im Kot aufzustellen. Bei der Analyse erwies sich eine Regression mit absolutem Glied einer Regression ohne absolutem Glied in der Genauigkeit überlegen. Die resultierende Gleichung lautet:

$$GE(\text{kJ}/100\text{g}) = 938 + 29,7 \text{ Rp} + 42,7 \text{ Rfe} + 19,6 \text{ Rfa} - 2,4 \text{ NfE}$$

(alle Rohnährstoffe in % TS).

Vergleicht man die so berechneten mit den experimentell bestimmten Werten (Abb. 9), so muss man zusammenfassen, dass eine rechnerische Bestimmung des Energiegehaltes im Kot zwar prinzipiell möglich, für wissenschaftliche Zwecke allerdings nicht genau genug ist. Bei der Bestimmung des Energiegehaltes im Kot solcher Tierarten kann man daher auf die Bombenkalorimetrie nicht verzichten.

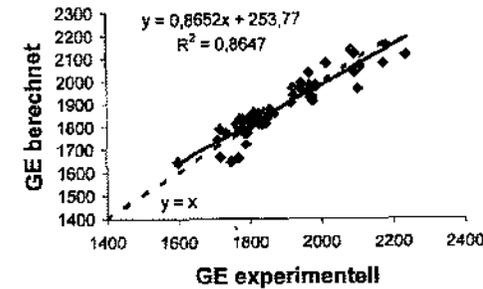


Abb. 9: Vergleich des experimentell im Kot bestimmten Gehalts an Bruttoenergie (GE in kJ/100 g TS) mit dem mittels Schätzformel (erstellt durch multiple Regression, s. Text) berechneten Energiegehalt im Kot

#### 4.1.2.4 Abschätzung der Rindenmulch-Aufnahme

Idealerweise sollten Eingriffe in die Gehegestruktur, wie die Einbringung des Rindenmulches kurz vor der zweiten Versuchsphase in Basel, durch eine gute Versuchsplanung und ausführliche Absprache mit allen Beteiligten ausgeschlossen werden. Aufgrund der eigenen Beobachtungen und der Beteuerung des Personals, die Nashörner würden den Rindenmulch nicht in signifikanten Mengen aufnehmen, wird die Bedeutung dieser Veränderung zunächst unterschätzt, und der Rindenmulch wird nicht beprobt.

Bei der Berechnung der Verdaulichkeiten fallen für die Grundfutter-Periode in Basel jedoch deutliche Abweichungen auf, so dass eine Korrektur der aufgenommenen Ration um einen Rindenmulch-Anteil notwendig erscheint. Da die Nashörner in anderen Versuchsdurchgängen positive Ligninverdaulichkeiten aufweisen, kann Lignin für diese Korrektur nicht als vermeintlich unverdaulicher, interner Marker herangezogen werden. Eine Korrektur für die Rindenmulch-Aufnahme, die durch die Darstellung von Lignin-Aufnahme und Lignin-Ausscheidung vollzogen wird (vgl. Abb. 10) ergibt allerdings auch für andere Kenngrößen, z. B. das Kalzium, sinnvolle Werte (vgl. Abb. 11; weitere Beispiele s. 4.4), so dass die auf diese Weise abgeschätzten Aufnahmemengen für Rindenmulch in ihrer Größenordnung realistisch erscheinen.

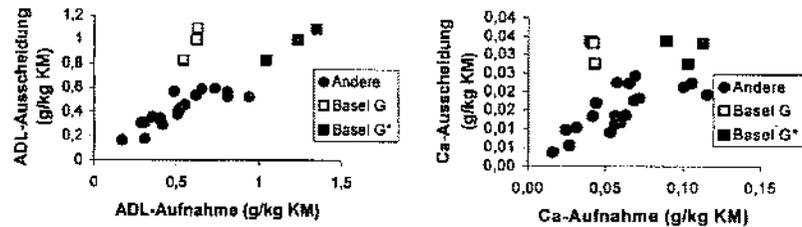


Abb. 10+11: Darstellung der Veränderung der Werte zur Bilanz von Lignin und Kalzium bei den Baseler Tieren aufgrund der angenommenen Rindenmulch-Aufnahme. Offene Vierecke = Werte der Baseler Tiere ohne Korrektur; dunkle Vierecke = Werte der Baseler Tiere nach Rindenmulch-Korrektur.

#### 4.2 Darmpassagezeit

Die in der vorliegenden Studie ermittelte durchschnittliche Darmpassagezeit adulter Panzernashörner lag bei  $41,4 \pm 3,7$  h für den Flüssigkeits- und  $60,0 \pm 3,7$  h für den Partikelmarker. Dabei betrug die durchschnittliche rechnerische Verweildauer in der distalen Fermentationskammer  $10,7 \pm 1,3$  h für Flüssigkeit und  $14,5 \pm 2,4$  h für Partikel. Der Anteil der Partikelretention in der Fermentationskammer betrug  $24 \pm 4$  % der gesamten Partikeipassage.

Der Quotient von Partikeipassage zu Flüssigkeitspassage („Selektivitätsfaktor“) lag im Bereich von 1,4-1,6 für den gesamten Darmtrakt und von 1,2-1,6 für die distale Fermentationskammer. Ähnliche Werte wurden für den gesamten Darmtrakt für Equiden (Ponies: 1,0-1,1; Esel: 1,2-1,3; PEARSON et al. 2001) sowie Spitzmaulnashörner (1,1-1,4; CLAUSS et al. 2002a) bestimmt. Bei großen Dickdarmfermentierern wird damit die flüssige Phase etwas schneller als die Partikelphase ausgeschieden. Dies steht im Gegensatz zu vielen kleinen Blinddarm- und Dickdarmfermentierern (Nager, Hasenartige), bei denen die flüssige Phase oft länger zurückgehalten wird als größere Partikel (CORK et al. 1999). Im Gegensatz zu



den großen Dickdarmfermentierern fällt der Selektivitätsfaktor bei grasfressenden Wiederkäuern deutlich höher aus (vgl. CLAUSS & LECHNER-DOLL 2001). Allerdings ist auch für das Pferd ein selektiver Retentionsmechanismus für Partikel im Dickdarm beschrieben (BJÖRNHAG et al. 1984), der für die geringfügige selektive Partikelretention verantwortlich zu machen sein dürfte. Auffällig ist, dass die Differenz zwischen Flüssigkeits- und Partikeipassage beim Panzernashorn deutlicher ausgeprägt zu sein scheint als bei den anderen untersuchten Dickdarmfermentierern. Dies könnte ein Grund für die geringfügig bessere Faserverdaulichkeit in der vergleichenden Studie von FOOSE (1982, s. Tab. 3) sein.

Die Ergebnisse zur Partikel-Darmpassage liegen unter den Ergebnissen von DINERSTEIN & WEMMER (1988), was auf Unterschiede im Marker zurückzuführen sein könnte. Auch die Ergebnisse zur Darmpassage bei Panzernashörnern von FOOSE (1982) fielen mit 59-73 h höher aus. Der Grund für diesen Unterschied liegt vermutlich nicht in den unterschiedlichen Futterrationen (in der Studie von FOOSE erhielten die Tiere ausschließlich Heu): Bei einem Tier der vorliegenden Studie, bei dem die Darmpassage auch auf der Grundfutter-Ration gemessen wurde, ergab sich keine nennenswerte Abweichung zur Grundfutter-Kraftfutter-Ration (Abb. 7). Der Grund für die höheren Werte von FOOSE (1982) ist eher in der Tatsache zu suchen, dass er die mittlere Passagezeit anhand zweier, über den Tag gepoolten Kotproben bestimmte. Ein Abfallen der Kotkonzentration in weniger als 12 Stunden kann damit nicht berücksichtigt werden, während bei einem kontinuierlichen Sammel-Regime, wie es während der ersten 60 h nach Markerfütterung in der vorliegenden Studie gegeben war, derartige kurzzeitige Konzentrationsänderungen in die Berechnung eingehen – wenn das Tier entsprechend häufig Kot absetzt. Dieser systematische Unterschied zwischen der umfangreichen Studie von FOOSE (1982) und Einzeluntersuchungen mit höherer Kotsammel-Frequenz wird in Abbildung 12 verdeutlicht. Hier sind neben den Durchschnittswerten für die Passageraten von Wildequiden, Spitzmaul-, Breitmaul- und Panzernashörnern sowie Elefanten nach FOOSE (1982) ein entsprechender Durchschnittswert für Pferde nach UDÉN et al. (1982), nach CLAUSS et al. (2002a) für Spitzmaulnashörner, ein mit Daten aus KIEFER (2002) berechneter Wert für Breitmaulnashörner sowie ein mit Daten aus



HACKENBERGER (1987) berechneter Wert für Indische und Afrikanische Elefanten einbezogen. Hinsichtlich der im Vergleich zu den anderen Tierarten niedrigen Werte der Elefanten s. Fußnote S. 33.

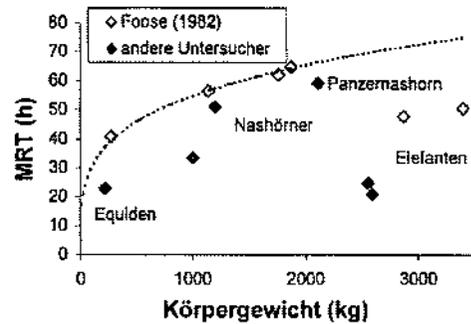


Abb. 12: Gemessene Passageraten bei Dickdarmfermentierern nach FOOSE (1982, offene Symbole) und nach UDÉN et al. (1982), HACKENBERGER (1987), KIEFER (2000 u. pers. Mitt.), CLAUSS et al. (2002a) und der vorliegenden Arbeit (ausgefüllte Symbole).

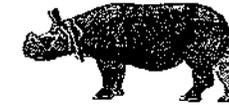
ILLIUS & GORDON (1992) berechneten anhand einer Datensammlung aus dem Schrifttum, die sich vor allem auf die Werte von FOOSE (1982) stützte, einen Zusammenhang zwischen Darmpassagezeit (mittlere Retentionszeit, MRT) und dem Körpergewicht nach der Gleichung:

$$\text{MRT (h)} = 9,4 \text{ KM}^{0,255} \text{ (vgl. auch Regressionslinie in Abb. 12).}$$

CORK et al. (1999) erweiterten diese Datensammlung und bestimmten einen allometrischen Zusammenhang nach der Gleichung:

$$\text{MRT (h)} = 14,148 \text{ KM}^{0,166}$$

Im Vergleich der anhand dieser Gleichungen theoretisch vorausgesagten und der tatsächlich ermittelten Werte wird deutlich, dass die Gleichung von ILLIUS &



GORDON (1992) dazu neigt, die Darmpassage von großen Pflanzenfressern zu überschätzen, während die Berechnungen nach CORK et al. (1999) eine bessere Übereinstimmung mit den in dieser Studie gemessenen Ergebnissen aufweisen (siehe Tabelle 30).

Tab. 30: Vergleich der nach ILLIUS & GORDON (1992) und CORK et al. (1999) berechneten mittleren Retentionszeit und der im Versuch gemessenen MRT

Tier	KM (kg)	MRT part berechnet		MRT Gr gemessen
		ILLIUS & GORDON (1992)	CORK et al. (1999)	
Noel	2200	67	59	57
Jaffna	2100	66	59	57
Ellora	2000	65	58	66
Niko	2300	68	60	62
Rapti	1950	65	58	61
Durchschnitt	2110	66	59	61

Dies ist aus folgender Überlegung heraus bemerkenswert: Bei der Fermentation von Pflanzenmaterial nimmt der zusätzliche Energiegewinn durch eine weitere Fermentation mit fortschreitender Fermentationsdauer ab (vgl. DEMMENT & VAN SOEST 1985). Hinsichtlich der Ernährungsstrategie muss ein Pflanzenfresser demnach ein Gleichgewicht finden zwischen (1) der weiteren Fermentation bereits aufgenommenen und angedauten Materials einerseits, was aufgrund der weiteren Retention im Darmtrakt eine neue Futteraufnahme blockiert, und (2) der Aufnahme neuen, noch nicht angedauten Futters und der Ausscheidung des angedauten Materials andererseits. Die systematische Überschätzung der Darmpassage aufgrund der Daten von FOOSE (1982) und der Auswertung von ILLIUS & GORDON (1992) verschiebt die Interpretation dieses Gleichgewichts zugunsten einer längeren Futterretention und zuungunsten einer höheren Futteraufnahme.

Abb. 12 ermöglicht zugleich eine Einordnung der am Panzernashorn ermittelten Werte: Es handelt sich um die längsten bei einem Dickdarmfermentierer gemessenen Darmpassagen. Aufgrund des im Schrifttum postulierten Zusammenhangs zwischen Körpergröße, Darmpassage und Verdaulichkeit wären



aufgrund dieser langen Darmpassagen besonders hohe Verdaulichkeitskoeffizienten beim Panzernashorn zu erwarten.

Ein Zusammenhang zwischen der Futteraufnahme und der Passagerate konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden (Abb. 13). Dies ist damit zu erklären, dass Rationen mit unterschiedlichen Futtermitteln und unterschiedlichem Kraftfutteranteil bei den verschiedenen Tieren zum Einsatz kamen. Bei einem einheitlichen Futter hingegen konnte bei Elefanten (HACKENBERGER 1987) und Pferden (PEARSON et al. 2001) gezeigt werden, dass die Passagerate von der Höhe der Futteraufnahme abhängig ist.

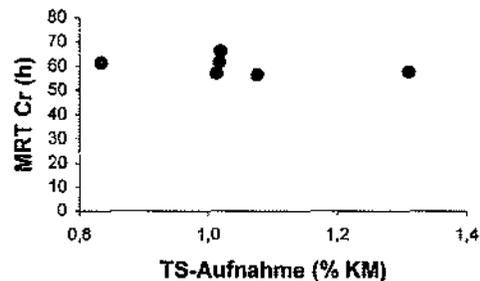


Abb. 13: Mittlere Retentionszeit des Partikelmarkers Chrom (h) in Abhängigkeit von der TS-Aufnahme (% KM)

Ein Vergleich der Ergebnisse zur Darmpassage im gesamten Darmtrakt und in der distalen Fermentationskammer zeigt, dass zwischen beiden Parametern nur ein sehr geringer Zusammenhang besteht (Abb. 14), d.h. bei relativ gleichbleibender Passage durch die Fermentationskammer ergeben sich Unterschiede in der Gesamtpassage. Dies ist ein Hinweis darauf, dass bei Tieren, die – wie Panzernashörner – nur selten und teilweise unregelmäßig Kot absetzen, die Verweildauer der Ingesta im letzten Darmabschnitt – im Rektum – einen wesentlichen Einfluss auf die gemessene Passagerate haben kann, ohne dass sich darin ein physiologisch relevanter zusätzlicher Zeitgewinn für eine enzymatische oder fermentative Verdauung ausdrückt.

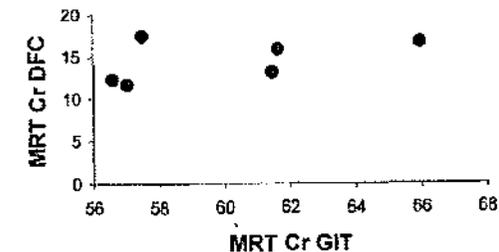


Abb. 14: Mittlere Retentionszeit in der distalen Fermentationskammer in Abhängigkeit von der MRT des gesamten Gastrointestinaltrakts

## 4.3 Verdaulichkeit

### 4.3.1 Verdaulichkeitsdaten

#### 4.3.1.1 Vergleich der Haltungen untereinander

In München, New York und Basel wird auf der Grundfutterration eine geringere Verdaulichkeit für Trockensubstanz, organische Substanz, Gerüstsubstanzen sowie für Protein und NfE erzielt als für die mit Kraftfutter ergänzte, reguläre Zoo-Ration (Abb. 15 + 16). Auch bei Pferden führt eine Supplementierung mit Kraftfutter zu einer Steigerung der Verdauungsleistung (LINDEMANN 1982, KIENZLE et al. 2002). Dies ist nicht nur eine Folge der Tatsache, dass durch das Kraftfutter leichter verdauliche Substanzen in die Ration gebracht werden, sondern es ergeben sich durch das Kraftfutter auch aufgrund verbesserter Bedingungen für die mikrobielle Fermentation bessere Verdaulichkeiten für das Grundfutter. Dies wurde u. a. von KIENZLE et al. (2002) für Pferde belegt, und auch für die Panzernashörner sprechen z. B. die über 100 % liegenden Werte für die Differenzverdaulichkeit der Kraftfutterzulage in New York (s. Tab. 22) für das Vorkommen solcher Interaktionen.



In Nürnberg führt bei der Rauhfutterration der vermehrte Einsatz eines Grassilage-Heu-Gemischs (Verhältnis 86:14 auf TS-Basis) zu einer Erhöhung von TS-, oS- und Faserverdaulichkeiten. Die gute Verdaulichkeit dieses Rauhfutter-Gemischs hebt sich deutlich von den anderen Grundfutterrationen ab. Auch bei Pferden führt der Einsatz von Grassilage statt Grasheu zu einem Anstieg der Verdauungsleistung (MOORE-COLYER & LONGLAND 2000). Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass beim Silierprozess weniger Nährstoffverluste auftreten als bei der Trockenkonservierung; dazu trägt wesentlich bei, dass leichtverdauliche Kohlenhydrate, die bei der Trocknung von der Pflanze noch veratmet werden, beim Siliervorgang zu Milchsäure fermentiert werden und als solche noch als Energielieferant zur Verfügung stehen (JEROCH et al. 1993). MOORE-COLYER & LONGLAND (2000) wiesen für Silage bessere Verdaulichkeiten für Nicht-Stärke-Polysaccharide als für Heu nach; diese Autoren spekulieren auch darüber, dass durch die mikrobielle Fermentationsaktivität im Siliergut die Verdaulichkeit der Faserfraktion steigt. Letztendlich kann die bessere Verdaulichkeit aber auch ein Effekt der Tatsache sein, dass für die Silierung Gras in der Regel in einem früheren Vegetationsstadium geerntet wird als für die Trockenkonservierung (JEROCH et al. 1993, MOORE-COLYER et al. 2003).

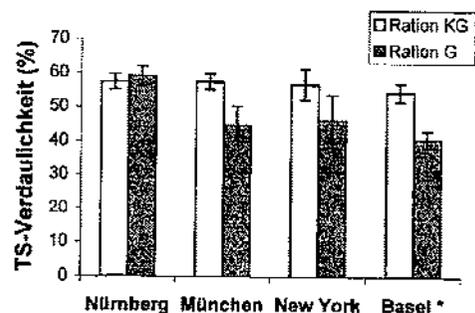


Abb. 15: TS-Verdaulichkeiten im Vergleich  
\* Basel G: mit berechneter Rindenmulchaufnahme

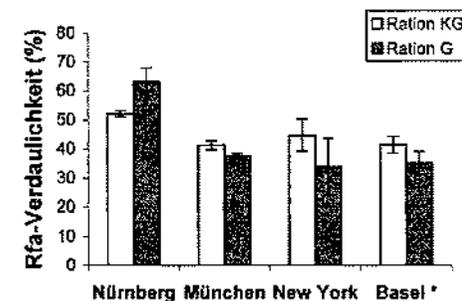


Abb. 16: Rfa-Verdaulichkeiten im Vergleich  
\* Basel G: mit berechneter Rindenmulchaufnahme

Die TS-Verdaulichkeiten der regulären Zoo-Rationen unterscheiden sich trotz deutlich unterschiedlicher Grundfuttermittel (Heu, Stroh) nicht wesentlich voneinander. Zwar ist die reguläre Zoo-Ration auf Strohbasis in Basel schlechter verdaulich als die anderen Zoo-Rationen, doch sind die Unterschiede nicht sehr hoch (Basel: sV TS 54 %; alle anderen: 57 %). Bei Pferden kann die Verdauungsleistung, die auf einem Stroh guter Qualität mit Kraffuttersupplementierung beobachtet wird, nahezu vergleichbare Werte mit einer Heu-Mischfutter-Ration erreichen (SUHARTANTO et al. 1992, KIENZLE et al. 2002). Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch das Mischfutter leichtverdauliche Kohlehydrate und Protein auch im Dickdarm anfluten und hier den Darmbakterien als Energie- und Stickstoffquelle zur Verfügung stehen. Die so geförderte Mikroflora kann dann auch die Zellwandbestandteile des Rauhfutters ausreichend fermentieren (KIENZLE et al. 2002). Allerdings fällt selbst auf der reinen (berechneten, nicht vollständig gemessenen) Stroh-Rindenmulch-Ration in Basel mit einem Rp-Gehalt von 6,4 % TS die Verdaulichkeit sowohl von Trockensubstanz als auch von Gerüstsubstanzen gegenüber den reinen Heu-Rationen in München und New York mit 8,5/7,3 Rp % TS nicht wesentlich ab (Basel: sV TS 41 %; München/New York: 45/46 %).



#### 4.3.1.2 Vergleich mit bei anderen Nashörnern ermittelten Werten

Im Vergleich zu den von FOOSE (1982) bei **Panzernashörnern** auf einer reinen Grasheu gemessenen sV oS von 52 % liegen die auf den reinen Heu-Rationen in München und Nürnberg gemessenen Verdaulichkeiten der vorliegenden Studie mit 46 % niedriger, obwohl die Heusorten sich von der chemischen Zusammensetzung her nicht merklich unterscheiden. Entsprechend wurden bei FOOSE (1982) höhere Faserverdaulichkeiten erzielt. Die hohen Angaben zur Proteinverdaulichkeit (bis zu 96 %) bei FOOSE (1982) sind nicht direkt zu vergleichen, da sie auf einem Rechenfehler beruhen (VAN SOEST, pers. Mitt.).

Auch die für das **Breitmaulnashorn** von FOOSE (1982) ermittelten Werte liegen über den in der vorliegenden Studie gemessenen und ähneln denen für Panzernashörner desselben Autors. Für Mischrationen aus Heu und Mischfutter ermittelten FRAPE et al. (1982) mit Chromoxid als externem Marker beim Breitmaulnashorn Werte für die scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz zwischen 47-64 %; diese Werte liegen im Bereich der in der vorliegenden Studie ermittelten Werten für Mischrationen. Da FRAPE et al. (1982) in ihrer Studie für die Verdaulichkeit nur Durchschnittswerte für mehrere Versuchsdurchgänge mit unterschiedlichem Kraffutter-Rauhfutter-Verhältnis angeben, ist ein direkter Vergleich zweier Rationen schwierig; im Mittel lag dieses Verhältnis in den drei beschriebenen Versuchsabschnitten zwischen 0,7-1,3 und damit über den in der vorliegenden Studie eingesetzten Mischrationen mit einem Verhältnis von unstrukturiertem zu strukturiertem Futter von 0,2-0,5 (vgl. Tab. 12). Die von KIEFER (2002) an Breitmaulnashörnern ermittelten TS-Verdaulichkeiten für Mischrationen von 45-54 % und für reine Rauhfutter-Rationen von 41-57 % liegen ebenfalls im Bereich der in der vorliegenden Studie gemessenen Werte. Für einen Vergleich der Verdauungsleistung von vier rezenten Nashorn-Spezies, in den die Daten der vorliegenden Studie eingehen, s. Abbildung 42.



#### 4.3.1.3 Vergleich mit bei Pferden ermittelten Werten

Um einen Vergleich der Verdauungsleistung von Pferden und Panzernashörnern vornehmen zu können, müssen aus der Literatur Messungen gesucht werden, bei denen an Pferden auf vergleichbaren Rationen die Verdaulichkeit bestimmt wurde. Die reinen Heu-Rationen aus München und New York sind in ihrer Zusammensetzung vergleichbar mit Pferderationen von CYMBALUK (1990) und MOORE-COLYER et al. (2003). Mit einer sV TS von 45-46 % bei den Nashörnern und 42-48 % bei den Pferden ergeben sich nahezu identische Werte. Auch die Faserverdaulichkeiten (sV NDF Nashörner 40-41 %, Pferde 41-51 %; sV ADF Nashörner 35-36 %, Pferde 26-40 %) und die Verdaulichkeiten für Rohprotein (sV Rp Nashörner 48-54 %, Pferde 29-59 %) sind vergleichbar. Die Grundfütterration aus Basel mit hauptsächlich Stroh und Rindenmulch ähnelt in ihrer Zusammensetzung einer Haferstroh-Ration für Pferde von PEARSON et al. (2001). Auch hier sind die erzielten Verdaulichkeiten ähnlich (sV TS Nashörner 41 %, Pferd 43 %), doch scheint sich der Rindenmulch-Anteil in geringeren Faserverdaulichkeiten niederschlagen (sV NDF Nashörner 33 %, Pferd 47 %; sV ADF Nashörner 37 %, Pferd 46 %). Die Grundfütterration aus Nürnberg (Grassilage:Grasheu 86:14 auf TS-Basis) muss direkt mit reinen Silagerationen bei Pferden verglichen werden. Bei MOORE-COLYER & LONGLAND (2000) erzielten Pferde bei einer Großballensilage eine TS-Verdaulichkeit von 61 %, was mit den 59 % der Nashörner auf der Nürnberger Grundfütterration vergleichbar ist.

In den meisten veröffentlichten Pferdestudien zu Mischrationen wurden höhere Anteile an Kraffutter eingesetzt als in der vorliegenden Untersuchung. Doch scheint sich auch hier abzuzeichnen, dass sich Pferde und Panzernashörner in ihrer Verdauungsleistung ähneln: Auf den Mischrationen in München und New York mit einem Rohfasergehalt von 25,6 bzw. 30,1 % erzielen die Panzernashörner scheinbare Verdaulichkeiten für Rohfaser von 41 und 45 %; SCHMIDT (1980) und BREMS (1983) maßen auf Mischrationen mit Rfa-Gehalten von 24,5 und 28,8 % scheinbare Verdaulichkeiten für Rohfaser von jeweils 42 %. Auf der Stroh-Mischfutter-Ration in Basel mit einem Rfa-Gehalt von 29,8 % und einem Rp-Gehalt von 8,5 % erzielen die Panzernashörner scheinbare Verdaulichkeiten für oS von 56



% und Rfa von 41 %; auf einer Stroh-Mischfutter-Ration von GÜLDENHAUPT (1979) mit einem Rfa-Gehalt von 29,7 % und einem Rp-Gehalt von 9,3 % erzielten Pferde eine sV oS von 50 % und eine sV Rfa von 27 %.

Generell lässt sich aus einem solchen Vergleich keine Überlegenheit des Panzernashorns hinsichtlich seiner Verdauungsleistung ableiten. Auch KIEFER (2002) fand bei Breitmaulnashörnern keine höheren Verdauungskoeffizienten als von Pferden auf vergleichbaren Rationen in der Literatur berichtet wird. Dies ist erstaunlich, da man bei diesen Nashornarten aufgrund ihrer um den Faktor 3-4 größeren Körpermasse und der daraus resultierenden längeren Passagerate (vgl. 2.3.2.1 und 4.2) bessere Verdauungsleistungen als beim Pferd erwarten würde.

Als mögliche Gründe für die im Vergleich zu Pferden nicht gesteigerte Verdauungseffizienz von Panzernashörnern sind zwei Überlegungen anzuführen:

#### (a) Allometrie der Darmtrakt-Anatomie

Bei einem Vergleich von verfügbaren Daten zur Länge des Darmtraktes verschiedener Dickdarmfermentierer (CLAUSS et al. 2003b) fiel auf, dass der Dünndarm des Pferdes in seiner Länge den von wildlebenden Dickdarmfermentierern (incl. Zebras) drastisch zu übertreffen scheint. Ob dies tatsächlich als ein Effekt von der mit der Domestikation einhergehenden Veränderung im Fütterungsregime betrachtet werden kann, müsste genauer untersucht werden. Aufgrund von Angaben zur Länge und zum Inhalt der distalen Fermentationskammer von Pferden und Nashörnern in CLAUSS et al. (2003b) ist davon auszugehen, dass die distale Fermentationskammer von Nashörnern bei nur geringgradig größerer Länge ein weitaus größeres Füllvolumen und damit einen deutlich größeren Durchmesser besitzen muss. Hieraus würde sich theoretisch ein für die Resorption ungünstigeres Oberflächen-Volumen-Verhältnis ergeben. Zu demselben Schluss kommt man, wenn man das Postulat von PARRA (1978), dass die Darmkapazität linear mit der Körpermasse zunimmt, auf immer größere Organismen anwendet: Ein über alle Körpergrößen gleichbleibendes Oberflächen-Volumen-Verhältnis im Darm wäre nur bei einem für alle Körpergrößen einheitlichen



Darm-Durchmesser zu erreichen – eine offensichtlich unrealistische Annahme. Bei vergleichenden anatomischen Studien an kleineren Säugetieren wurde eine Verschlechterung des Oberflächen-Volumen-Verhältnisses mit steigender Körpergröße für verschiedene Abschnitte des Darmtraktes bestätigt (CHIVERS & HLADIK 1980, SNIPES 1997). Dies würde bedeuten, dass größeren Tieren weniger Resorptionsoberfläche pro Einheit Ingestavolumen zur Verfügung steht, und dass bei ihnen längere Diffusionswege im Nahrungsbrei vorkommen. Dies könnte die Effizienz der Verdauung beeinträchtigen. Theoretisch wäre denkbar, dass ein solcher Nachteil durch eine Oberflächenvergrößerung durch vermehrte Poschenbildung ausgeglichen werden könnte. Quantitative Angaben zu diesem Effekt liegen in der anatomischen Literatur allerdings nicht vor. Für die Zotten im Dünndarmbereich ist nach PAPPENHEIMER (1998) davon auszugehen, dass sie die funktionelle Resorptionsoberfläche des Darmes nicht vergrößern.

#### (b) Partikelgröße der Ingesta

LÖHLEIN (1999) spekulierte, dass die im Vergleich zu Pferden geringen Verdaulichkeiten, die von Elefanten erzielt werden, auch mit dem Unterschied in der Partikelgröße des Nahrungsbreies zusammenhängen könnten. Tatsächlich belegen nicht nur persönliche Beobachtungen, sondern auch quantitative Untersuchungen von OKAMOTO (1997), dass Elefanten deutlich größere Partikel in ihrem Kot aufweisen als Pferde. Auch Panzernashörner zeigen nach eigenen Beobachtungen im Vergleich zu Pferden einen deutlich geringeren Zerkleinerungsgrad des aufgenommenen Futters. Trotz der eigenen Siebuntersuchungen zur Kotpartikelgröße bei den Nashörnern der vorliegenden Studie ist ein quantitativer Vergleich nicht möglich, da bei den mit einer vergleichbaren Methode bestimmten Kotpartikelgrößen von MEYER et al. (1986) keine weitere Auftrennung von Partikeln größer als 1,5 mm durchgeführt wurde (vgl. Abb. 17). Insbesondere wäre interessant, ob in dem „> 1,5 mm“-Anteil im Pferdekot sich hauptsächlich Partikel < 2 mm oder darüber befinden.

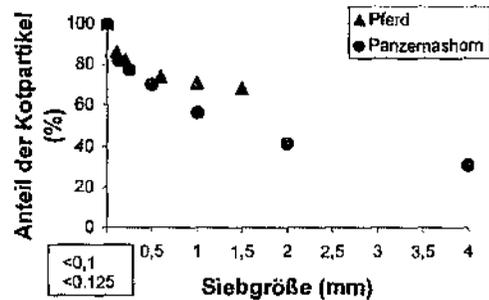


Abb. 17: Kotpartikelgrößen (Größeneinheiten in % TS) bei Pferden (nach MEYER et al. 1986) und Panzernashörnern (reine Rauhfutter-Rationen)

Kleinere Partikel haben in der Regel ein für Verdauungsprozesse günstigeres Oberflächen-Volumen-Verhältnis (BJORNDAL & BOLTEN 1992). Der Zerkleinerungsgrad von Pflanzenfasern ist ein wesentlicher Faktor für die Effizienz der Faserverdauung in vivo und in vitro (DEHORITY & JOHNSON 1961, ROBLES et al. 1980, BJORNDAL et al. 1990, UDÉN 1992, BOWMAN & FIRKINS 1993). Größere Pflanzenpartikel müssen länger in einer Fermentationskammer zurückgehalten werden, um ähnlich effektiv fermentiert zu werden wie kleinere Partikel. Andererseits spielt die Partikelgröße auch bei der enzymatischen Verdauung eine Rolle (z. B. MEYER et al. 1993, LIVESEY et al. 1995, WONDRA et al. 1995).

Im Allgemeinen nimmt die Größe der Kotpartikel mit steigender Körpergröße zu – sowohl bei Dickdarmfermentierern als auch bei Wiederkäuern (UDÉN & VAN SOEST 1982, OKAMOTO 1997, CLAUSS et al. 2002b). Aus diesem Grund ist anzunehmen, dass der im allgemeinen unterstellte Vorteil einer großen Körpermasse bei Pflanzenfressern – die längere Darmpassagezeit und damit vermeintlich effizientere Verdauung von Pflanzenfasern (vgl. 2.3.2.1) – wenigstens teilweise durch die ebenfalls steigende Partikelgröße des zu fermentierenden Pflanzenmaterials nivelliert wird. Dieser Effekt könnte unter anderem dafür verantwortlich sein, dass die Panzernashörner der vorliegenden Studie keine höheren Verdauungskoeffizienten erzielen als Pferde auf vergleichbaren Rationen.



## 4.4 Endogene Verluste

### 4.4.1 Endogene Verluste – Protein

Es ist möglich, die endogenen Verluste eines Nährstoffs zu bestimmen, indem man die Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem Gehalt des Nährstoffs in der Ration und dem Gehalt des verdaulichen Nährstoffs in der Ration errechnet und dann gegen Null extrapoliert. Man erhält dann die endogene Ausscheidung des Nährstoffs in g/100 g TS-Aufnahme.

Auf diese Weise wurde mehrfach die endogene Protein-Ausscheidung bei Pferden bestimmt: FONNESBECK (1969) fand einen Wert von 3,20 g Protein/100 g TS, SLADE & ROBINSON (1970) 3,30 g/100 g TS, CYMBALUK (1990) 2,17 g/100 g TS, ZEYNER & KIENZLE (2002) 2,72 g/100 g TS und ROBBINS (1993) fand für Säugetiere generell einen Bereich von 0,63-5,63 g/100 g TS. Die Steigung der Regressionsgeraden entspricht dabei der wahren Protein-Verdaulichkeit und reicht beim Pferd von 80 % (SLADE & ROBINSON 1970) bis 92 % (ZEYNER & KIENZLE 2002).

Für die Panzernashörner der vorliegenden Studie ergibt sich aufgrund dieser Regression (Abb. 18) eine endogene Protein-Ausscheidung von 1,47 g/100 g TS und eine wahre Protein-Verdaulichkeit von 71 %.

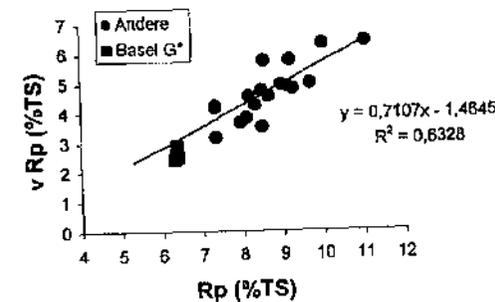


Abb. 18: Zusammenhang des Gehalts an Rohprotein und verdaulichem Rohprotein

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)



Führt man eine solche Regression für die Aufnahme bzw. Ausscheidung bezogen auf die metabolische Körpermasse durch, so ergibt sich bei Extrapolation auf Null ein Wert für die endogenen Protein-Verluste pro kg metabolisches Körpergewicht. So fanden PRIOR et al. (1974) endogene Protein-Verluste von 326 mg/kg  $KM^{0,75}$  beim Pferd, HAVERKAMP (1988) 625 mg/kg  $KM^{0,75}$ , GIBBS et al. (1996) 169 mg/kg  $KM^{0,75}$  und OLSMAN et al. (2003) 219 mg/kg  $KM^{0,75}$ . Eine entsprechende Regression für die untersuchten Panzernashörner resultiert in endogenen Protein-Verlusten von 376 mg/kg  $KM^{0,75}$  (Abb. 19). Die Werte für die endogenen Verluste der Panzernashörner sind damit denen von Pferden auf das metabolische Körpergewicht bezogen vergleichbar.

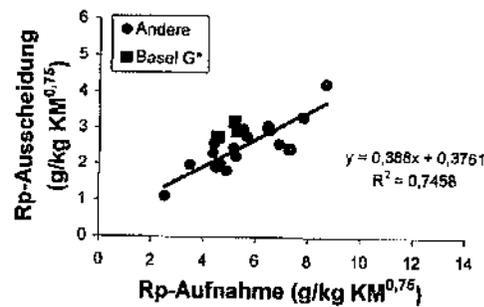


Abb. 19: Rohproteinaufnahme zu Rohproteinausscheidung (in g/kg  $KM^{0,75}$ )  
\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)

Die an MASON & FREDERIKSEN (1979) angelehnte Methode zur Bestimmung der endogenen Protein-Verluste geht davon aus, dass all das Protein, das im Kot nicht an die NDF-Fraktion gebunden vorliegt, endogenen Ursprungs sein muss, dass also nur der noch an die NDF-Fraktion gebundene Stickstoff nicht verdaulich ist (dies kommt einer angenommenen wahren Nicht-Zellwand-Protein-Verdaulichkeit von 100 % gleich). Anhand dieser Methode wird für die Panzernashörner eine scheinbare Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Verdaulichkeit von durchschnittlich 89 % berechnet (vgl. Tab. 21); die so berechneten endogenen Protein-Verluste betragen dabei durchschnittlich 2020 mg/kg  $KM^{0,75}$  und 3,08 g/100 g aufgenommener TS. Es wird



deutlich, dass sich durch diesen anderen Berechnungsweg der in g/100 g TS ausgedrückte Wert um den Faktor 2,1 verändert und damit in einen mit mittels Regression berechnetem Bereich für Pferde rückt (s.o.), während der als mg/kg  $KM^{0,75}$  ausgedrückte Wert um den Faktor 5,3 höher liegt als der mittels Regression berechnete Wert und weit über den bei Pferden mittels Regression bestimmten Werten liegt.

Ein Problem bei der Näherung der endogenen Verluste mittels Regression von Nährstoff-Aufnahme und -Ausscheidung bzw. von Gehalt an Nährstoff und verdaulichem Nährstoff liegt darin, dass die endogenen Verluste als ein konstanter Faktor berechnet werden, der sich bei veränderter Nährstoff-Aufnahme bzw. verändertem Nährstoff-Gehalt nicht verändert. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass dies in Wirklichkeit der Fall ist. Die Höhe der endogenen Verluste hängen ganz wesentlich von der Futteraufnahme (Abb. 20) sowie von der Rp-Aufnahme (Abb. 21) ab.

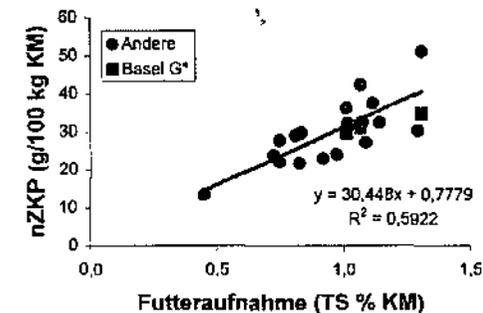


Abb. 20: Zusammenhang zwischen der Futteraufnahme (% KM) und dem Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Verlusten (g/100 kg KM)  
\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)

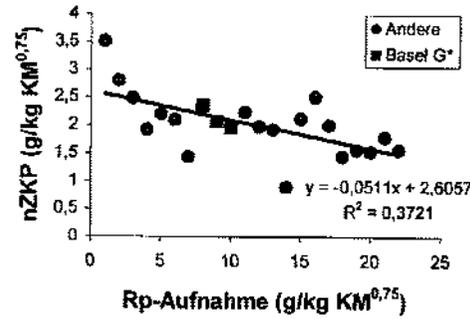


Abb.21: Zusammenhang zwischen der Rohproteinaufnahme (g/kg  $KM^{0,75}$ ) und den Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Verlusten (g/kg  $KM^{0,75}$ )  
\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)

Der Einfluss dieser beiden Größen auf die endogenen fäkalen Protein-Verluste wurden von MEYER (1984) für das Pferd etabliert.

Hingegen erweisen sich die Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Verluste pro Futteraufnahme als unabhängig von der Höhe der Futteraufnahme (Abb. 22) und sind daher als Maß vorzuziehen.

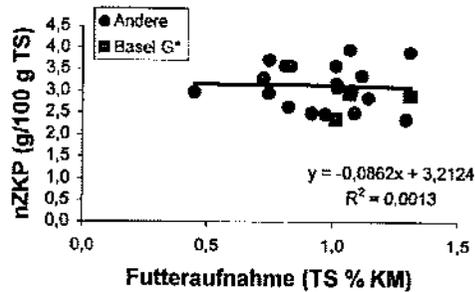


Abb. 22: Zusammenhang zwischen der Futteraufnahme (% KM) und den Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Verlusten (g/100 g TS)  
\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)



Die Höhe der Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Verluste pro 100 g TS-Aufnahme sind dabei unabhängig vom Fasergehalt oder vom NfE-Gehalt der Ration (Graphen nicht gezeigt). Auch beim Pferd ließ sich kein signifikanter Einfluss des Rfa-Gehalts der Ration auf die Höhe der fäkalen Proteinausscheidung demonstrieren (HAVERKAMP 1988). Es ergibt sich jedoch – gemäss der Feststellungen von MEYER (1984) und HAVERKAMP (1988) beim Pferd - eine Abhängigkeit vom Protein-Gehalt der Ration (Abb. 23). Damit ergibt sich anhand der Regression der Gehalte von Protein und verdaulichem Protein in den Rationen ein endogener Proteinverlust von 1,47 g/100 g TS bei einer hypothetischen, Protein-freien Ration; aufgrund der Regression von Proteingehalt und Nicht-Zellwand-Kot-Protein ergibt sich bei einer durchschnittlichen Nicht-Zellwand-Kot-Protein-Ausscheidung von 3,1 g/100 g TS auf den verfütterten Rationen ein Verlust von 0,85 g/100 g TS bei der hypothetischen, Protein-freien Ration.

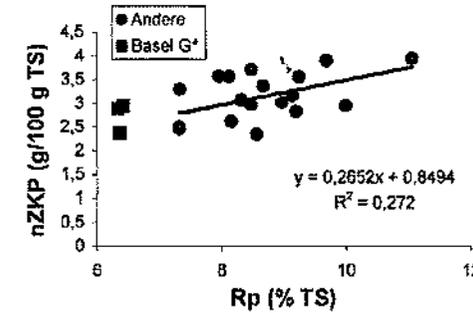


Abb. 23: Abhängigkeit des Nicht-Zellwand-Kot-Proteins (g/100 g TS) vom Rp-Gehalt der Ration (% TS)  
\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)

Nach MEYER (1984) bestehen bei der genauen Bestimmung der endogenen Protein-Verluste Unsicherheiten. Der Vorteil der Methode nach MASON & FREDERIKSEN (1979) liegt auf der Hand, da sie für jedes einzelne Versuchstier auf jedem Futter eine Abschätzung dieser Verluste ermöglicht. Allerdings sollte sie im Vergleich zur Regressionsmethode evaluiert werden.



#### 4.4.2 Endogene Verluste - Fett

Sowohl bei Pferden (EILMANN 1991, SALLMANN et al. 1992) als auch bei Elefanten (LÖHLEIN 1999) wurden bei geringer Fettaufnahme negative Verdaulichkeiten für Fett gemessen, was auf die endogene Ausscheidung über abgeschilferte Darmschleimhaut und Dambakterien zurückgeführt wird. Auch in der vorliegenden Studie wurden negative Verdaulichkeiten für Rohfett bei Panzernashörnern gemessen. Gemäß Regression beträgt die endogene Fett-Ausscheidung bei Panzernashörnern annähernd 1 g/100 g aufgenommener TS (Abb. 24) bzw. 67 mg/kg KM d. Nach ZEYNER (1995) beträgt die endogene Fett-Ausscheidung beim Pferd 50-100 mg/kg KM d, und nach ZEYNER & KIENZLE (2002) ergibt sich eine endogene Rfe-Ausscheidung von 1,15 g/100 g aufgenommener TS.

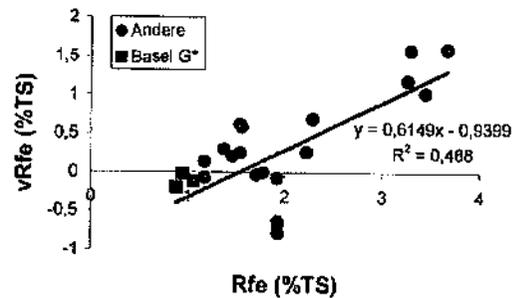


Abb. 24: Zusammenhang des Gehalts an Rohfett und verdaulichem Rohfett \* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)



#### 4.4.3 Endogene Verluste – NfE

Neben Protein und Fett machen die NfE noch einen wesentlichen Bestandteil der endogenen Verluste aus; NfE sind der dritte wesentliche analytische Faktor, der die durch bakterielle Synthese entstehenden Verluste charakterisiert. Nach ZEYNER & KIENZLE (2002) ergibt sich beim Pferd eine endogene Ausscheidung an NfE von ca. 15 g/100 g aufgenommener TS. Für die Panzernashörner dieser Studie ergibt sich ein vergleichbarer Wert von 16,6 g/100 g TS (Abb. 25).

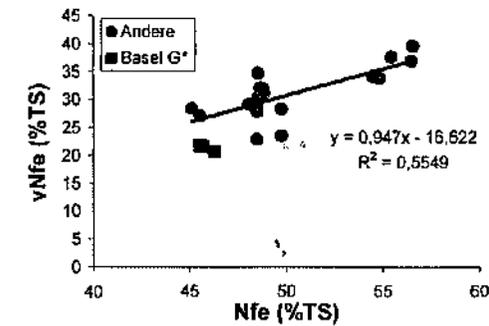


Abb. 25: Zusammenhang des Gehalts an NfE und verdaulichem NfE \* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)

### 4.5 Mineralhaushalt

#### 4.5.1 Kalzium

Die Höhe der scheinbaren Kalzium-Verdaulichkeit der Panzernashörner lag in der vorliegenden Studie zwischen 60 und 83 %. Pferde erzielen im Durchschnitt eine scheinbare Ca-Verdaulichkeit von 60 % (MEYER & COENEN 2002). LÖHLEIN (1999) maß bei Elefanten scheinbare Verdaulichkeiten für Ca von 40-60 %.



Anhand von Regressionen von Mineral-Aufnahme und fäkaler Mineral-Ausscheidung lässt sich die endogene Kot-Ausscheidung für einen Mineralstoff extrapolieren (Abb. 26). Es ergibt sich für Panzernashörner 5,1 mg Ca/kg d. MEYER & COENEN (2002) geben die endogenen Verluste bei Pferden an mit 30 mg Ca/kg d und 12 mg P/kg d. Anhand der von LÖHLEIN (1999) erhobenen Daten lassen sich auf die gleiche Weise endogene Kot-Ausscheidungen von 6,6 mg Ca/kg d für Elefanten berechnen.

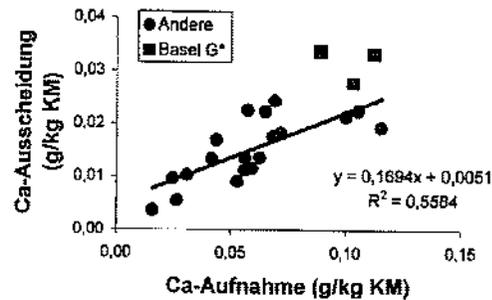


Abb. 26: Zusammenhang zwischen Ca-Aufnahme (g/kg KM) und Ca-Ausscheidung über den Kot (g/kg KM) bei Panzernashörnern  
\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)

Das Panzernashorn ist demnach im Prinzip in seinem Ca-Haushalt dem Pferd und dem Elefanten ähnlich. Der Anstieg des Ca-Gehalts im Urin (ausgedrückt als Ca:Kreatinin-Verhältnis) mit steigender Ca-Aufnahme (Abb. 27) spricht dafür, dass diese Tiere einen Großteil des Ca im Darm absorbieren und die Ca-Homöostase vornehmlich über die renale Ausscheidung kontrollieren. SCHRYVER et al. (1970), CAPLE et al. (1982) und MEYER & STADERMANN (1990) demonstrierten auf ähnliche Weise bei Pferden einen Anstieg der renalen Ca-Exkretion mit steigender Ca-Aufnahme.

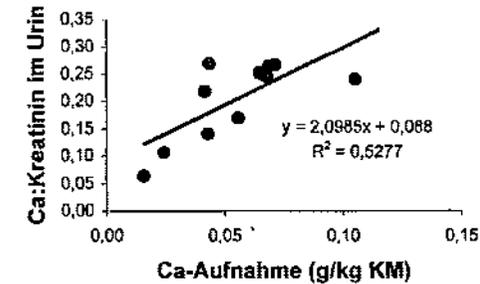


Abb. 27: Zusammenhang zwischen der Ca-Aufnahme (g/kg KM) und dem Ca:Kreatinin-Verhältnis im Urin von Panzernashörnern

Über eine klinische Relevanz dieser Beobachtung für Nashörner kann in dieser Arbeit nur spekuliert werden. Theoretisch wäre es denkbar, dass das renale System von Nashörnern durch eine mehr als bedarfsdeckende Ca-Versorgung überlastet werden könnte, so dass es – wie für Kaninchen (KIENZLE 1991, KAMPHUES 1991, WENKEL et al. 1998) oder Pferde (z. B. HOLT & PEARSON 1984, MAIR & OSBORN 1986, LAVERTY et al. 1992) beschrieben – zu Ca-haltigen Hamsteinen im Harntrakt kommen könnte. Entsprechende Berichte sind allerdings für keine Nashornart bekannt. Nashornurin besteht unter anderem aus einer partikulären, kreideartigen Phase, die sich nach der Probennahme innerhalb weniger Minuten durch Sedimentation von der flüssigen Phase trennt (eigene Beobachtungen). Aufgrund der anatomischen Größenverhältnisse beim Nashorn sind aufgrund dieser Partikel keine Obstruktionen zu erwarten. Interessanterweise berichten allerdings IPPEN & HENNE (1991) von auffallend häufigem Auftreten von Nierenerkrankungen mit Nierensteinbildungen bei Zoo-Equiden.

STADERMANN et al. (1992) zeigten bei Pferden, dass die Ca-Absorption bei einer reinen Rauhfuttermittelgabe (Luzerneheu) höher war als bei zusätzlicher Verabreichung von Mischfutter. Allerdings war das Ca:P-Verhältnis der beiden eingesetzten Rationen nicht gleich, so dass ein Effekt dieses Verhältnisses auf die Höhe der Ca-Absorption nicht ausgeschlossen werden kann. Tatsächlich wurde von PAGAN (1998) aufgrund zahlreicher Fütterungsversuche ein positiver Zusammenhang



zwischen dem Ca:P-Verhältnis und der Höhe der Ca-Absorption demonstriert; er geht auch aus den Daten von CYMBALUK & CHRISTISON (1989) und von CYMBALUK (1990, Abb. 28) für Pferde hervor.

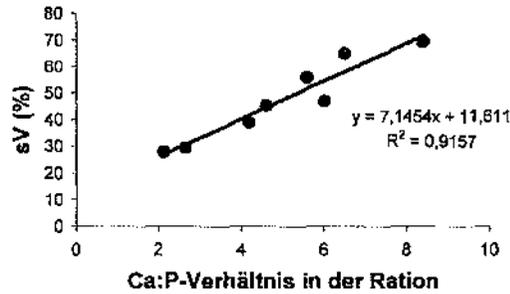


Abb. 28: Abhängigkeit der scheinbaren Verdaulichkeit von Ca vom Ca:P-Verhältnis in reinen Rauhfutter-Rationen beim Pferd (nach CYMBALUK 1990)

Ein solcher Zusammenhang ist auch in der vorliegenden Studie deutlich (Abb. 29). Ein Zusammenhang zwischen der Ca-Absorption und der Ca-Aufnahme lässt sich hingegen nicht darstellen (Abb. 30).

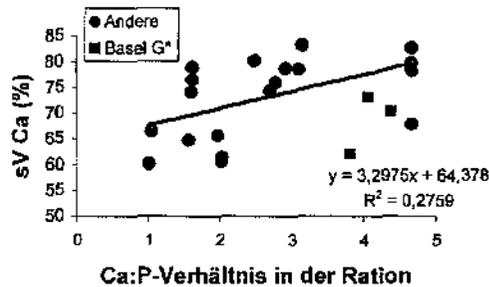


Abb. 29: Zusammenhang zwischen Ca:P-Verhältnis in der Ration und der scheinbaren Verdaulichkeit von Ca  
\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)

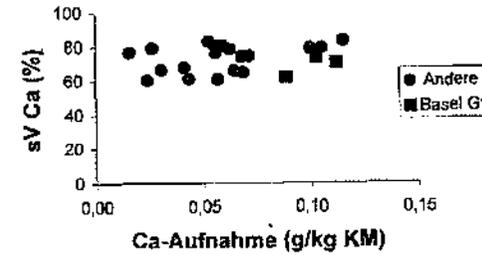


Abb. 30: Zusammenhang von Ca-Aufnahme (g/kg KM) und der scheinbaren Ca-Verdaulichkeit (%)  
\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme

Bei Pferden sinkt die Ca-Verdaulichkeit mit steigender P-Konzentration in der Ration (SCHRYVER et al. 1971, CYMBALUK & CHRISTISON 1989, PAGAN 1998). Ein solcher Zusammenhang war jedoch in der vorliegenden Studie beim Panzernashorn nicht deutlich (Abb. 31).

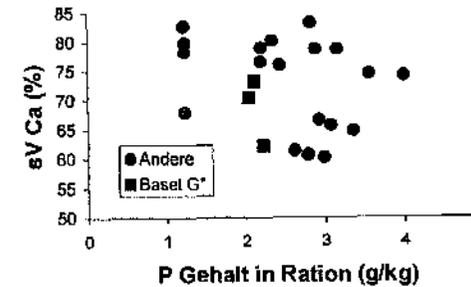


Abb. 31: Zusammenhang zwischen P-Gehalt in Ration (g/kg) und der scheinbaren Ca-Verdaulichkeit (%)  
\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme



#### 4.5.2 Phosphor

Die scheinbare Verdaulichkeit für Phosphor lag in der vorliegenden Studie zwischen -129 und 29 %. Pferde erzielen im Durchschnitt eine scheinbare P-Verdaulichkeit von 40 % (MEYER & COENEN 2002). LÖHLEIN (1999) maß bei Elefanten scheinbare Verdaulichkeiten für P von 10-30 %. Mittels Regression ergeben sich für Panzermashörner endogene P-Verluste von 10 mg P/kg d (Abb. 32). Anhand der Daten von LÖHLEIN (1999) lassen sich auf diese Weise bei Elefanten endogene Verluste von 6,4 mg P/kg d berechnen.

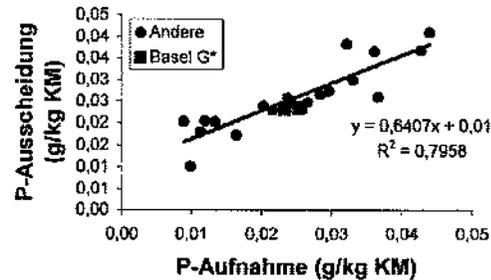


Abb. 32: Zusammenhang zwischen P-Aufnahme (g/kg KM) und P-Ausscheidung über den Kot (g/kg KM)

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)

Auch CYMBALUK (1990) stellte bei Pferden auf reinen Rauhfutter-Rationen negative Verdaulichkeiten für P fest; ähnliche Einzelbeobachtungen machte LÖHLEIN (1999) bei Elefanten (vgl. Abb. 33). Untersucht man die gleichen Zusammenhänge in den Daten von LÖHLEIN (1999), so fällt auf, dass in der Ration mit Mischfutter die Ca-Verdaulichkeit deutlich niedriger und die P-Verdaulichkeit deutlich höher ist als in den übrigen Futterrationen (Abb. 33).

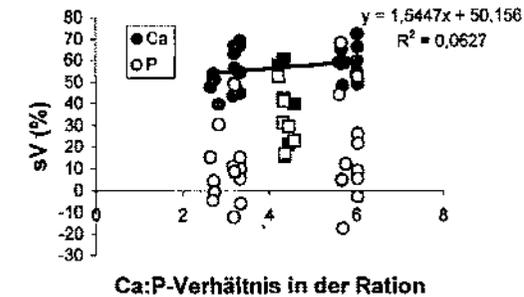


Abb. 33: Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Ca:P-Verhältnis und der durchschnittlichen scheinbaren Verdaulichkeit für Ca und P bei Elefanten (nach LÖHLEIN 1999) (rechteckige Symbole = Rationen mit Mischfutter)

Dies könnte vor allem darauf zurückzuführen sein, dass P in Mischfutter generell besser verfügbar ist als in Rauhfuttermitteln; dementsprechend steigt bei Pferden die P-Verdaulichkeit mit steigender P-Konzentration in der Ration (SCHRYVER et al. 1971, CMYBALUK & CHRISTISON 1989, PAGAN 1998), was auch in der vorliegenden Studie deutlich wurde (Abb. 34).

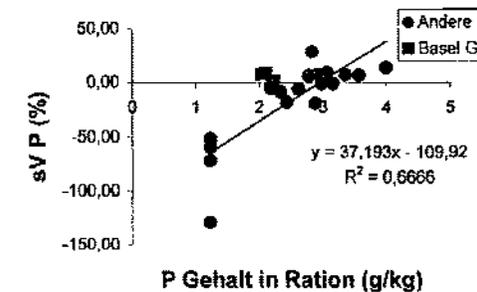


Abb. 34: Zusammenhang zwischen dem P-Gehalt in der Ration und der P-Verdaulichkeit bei Panzermashörnern

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme (nicht in Regression mit eingeschlossen)



Aufgrund dieser Ausführungen könnte man vermuten, dass das Ca:P-Verhältnis keinen Einfluss auf die Ca- oder P-Absorption hat, sondern dass allein die Höhe des verfügbaren Ca bzw. P entscheidend ist. Für das Ca:P-Verhältnis in der Ration lässt sich vor allem deshalb einen Einfluss auf die Ca-Absorption darstellen, weil Rationen mit einem hohen Ca:P-Verhältnis meist Rauhfuttermitteln sind, in denen das P schlechter verfügbar ist. Genauere Untersuchungen zu dieser Fragestellung sind nicht bekannt. Allerdings fand PAGAN (1998) einen negativen Zusammenhang zwischen dem NDF-Gehalt einer Ration (was als Maß für den Anteil an Rauhfutter interpretiert werden könnte) und der P-Verdaulichkeit. Ein entsprechender Trend war auch für die untersuchten Panzernashörner vorhanden, doch kann aufgrund des geringen Korrelationskoeffizienten nicht von einem signifikanten Zusammenhang gesprochen werden.

CYMBALUK & CHRISTISON (1989) fanden bei einem Rauhfuttermittel mit niedrigem P-Gehalt, dass Pferde P nicht bedarfsdeckend resorbieren konnten. Bei den Panzernashörnern aus New York ergaben sich bei einem Rauhfutter mit besonders hohem Ca:P-Verhältnis sehr geringe P-Verdaulichkeiten in Kombination mit Mischfutter und negative P-Verdaulichkeiten bei alleiniger Rauhfutteraufnahme (vgl. Abb. 34). Die P-Aufnahme auf dieser Ration entspricht 0,01 g P/kg KM und Tag. Der Vergleich dieser Ration mit den Empfehlungen für Pferde von 0,03 g P /kg KM und Tag legt nahe, dass die Tiere bei langfristiger Verfütterung einer reinen Heu-Diät ein P-Supplement erhalten sollten. Auch in den anderen Haltungen lag auf der reinen Grundfutter-Diät die P-Versorgung unter der Empfehlung für Pferde (Nürnberg/Basel: 0,02-0,03 g P /kg KM/d, München: 0,01-0,02 g P /kg KM/d).

#### 4.5.3 Spurenelemente - Kupfer, Eisen und Zink

Anhand von Regression und Extrapolation (Abb. 35-37) ergeben sich für die untersuchten Panzernashörner hypothetische endogene Verluste von 19,9 µg Cu/kg d, 617,8 µg Fe/kg d und 62,2 µg Zn/kg d bzw. auf 100 kg KM bezogen 2,0 mg Cu/100 kg d, 62 mg Fe/100 kg d und 6,2 mg Zn/100 kg d. Nach MEYER & COENEN (2002) wird für Pferde in Erhaltungsbedarf und Arbeit 10-15 mg Cu/100 kg d, 100 mg



Fe/100 kg d und 50 mg Zn/100 kg d empfohlen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Nashörner, wenn sie mit diesen Mineralstoffen gemäss den Empfehlungen für Pferde gefüttert werden, bedarfsdeckend versorgt sein sollten.

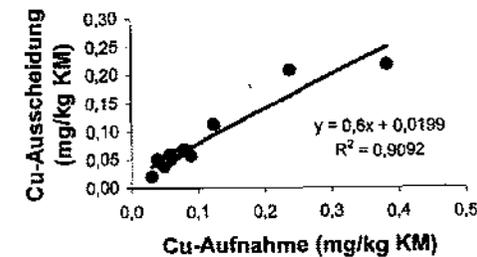


Abb. 35: Zusammenhang zwischen Kupfer-Aufnahme (mg/kg KM) und Kupfer-Ausscheidung mit dem Kot (mg/kg KM)

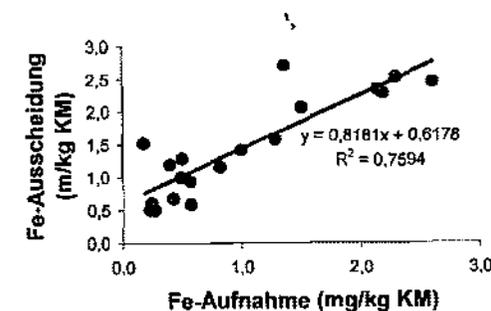


Abb. 36: Zusammenhang zwischen Eisen-Aufnahme (mg/kg KM) und Eisen-Ausscheidung mit dem Kot (mg/kg KM)

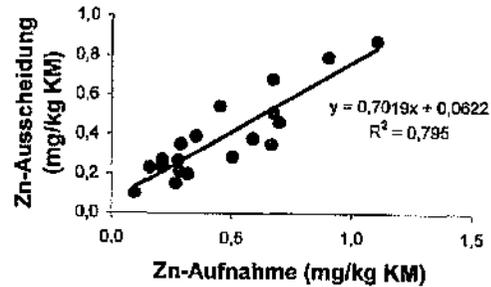


Abb. 37: Zusammenhang zwischen Zink-Aufnahme (mg/kg KM) und Zink-Ausscheidung mit dem Kot (mg/kg KM)

#### 4.6 Wasserhaushalt

Im Erhaltungsstoffwechsel nehmen Pferde bei moderaten Umgebungstemperaturen ca. 30-50 ml Wasser pro kg KM und Tag auf (MEYER 1992). Mit 30-49 ml Wasseraufnahme aus Futter und Tränke pro kg KM und Tag im Haltungs- und Rationsdurchschnitt liegen die in der vorliegenden Studie gemessenen Wasseraufnahmemengen für Panzernashörner somit genau in dem für Pferde angegebenen Bereich. Dies entspricht einer Wasseraufnahme von 3,4-5,2 l pro kg aufgenommenen Futter-TS. Die fäkalen Wasserverluste betragen bei den untersuchten Panzernashörnern zwischen 16-36 ml pro kg KM und Tag, was wiederum den von MEYER (1992) angegebenen Werten für Pferde von 20-30 ml/kg KM und Tag entspricht. Die Übereinstimmung der Daten von Panzernashorn und Pferd, bei einem Unterschied im Körpergewicht um den Faktor 3-8, ist bemerkenswert; sie spricht dafür, dass die Wasseraufnahme linear im Bezug zum Körpergewicht steht.

Die Menge an Wasser, die nicht fäkal ausgeschieden wurde, also für die renale Ausscheidung und für die insensiblen Verluste (Verdunstung und Abatmung) zur Verfügung stand, betrug zwischen 11-25 ml/kg KM d. Das endogen im Organismus



im Zuge metabolischer Oxidationen entstehende Wasser kann allerdings in diese Berechnungen nicht eingehen.

MEYER & STADERMANN (1990) ermittelten für Pferde einen Zusammenhang zwischen dem Urinvolumen (y; in ml/100 kg KM/h) und der Kreatininkonzentration im Urin (x; in mg/dl) gemäß der Gleichung:

$$y = 24,3 + (14067/x).$$

Die bei den untersuchten Panzernashörnern gemessenen Kreatinin-Konzentrationen im Urin und die jeweilige nicht über den Kot ausgeschiedene Wassermenge sind in Abb. 38 im Vergleich zu dieser Gleichung dargestellt. Es ergibt sich eine prinzipiell gute Übereinstimmung zu den Pferdedaten. Die Tatsache, dass die Werte für Nashörner zumeist leicht unterhalb der bei Pferden ermittelten Regressionslinie liegen, ist vermutlich darauf zurückzuführen; dass das metabolische Körperwasser in die Bilanz nicht eingehen konnte.

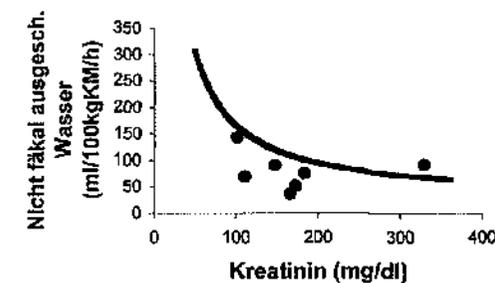


Abb. 38: Zusammenhang zwischen Kreatinin-Konzentration im Urin und dem nicht fäkal ausgeschiedenem Wasser (= Wasseraufnahme - fäkale Wasserverluste). Die Kurve zeigt den für Pferde ermittelten Zusammenhang (für das Urinvolumen) nach MEYER & STADERMANN (1990)



#### 4.7 Parameter der mikrobiellen Fermentation

Der pH-Wert im Nashornkot der New Yorker Tiere liegt zwischen 6,3-6,5 und damit im schwach sauren Bereich. Zwischen den verschiedenen Tieren und den beiden gemessenen Rationen ergeben sich nur geringe Schwankungen. LÖHLEIN (1999) fand bei Elefanten Werte um 6,36; bei Pferden liegt der pH-Wert in Abhängigkeit von der Fütterung zwischen 5,6 und 6,5, meist jedoch um 6,3-6,5 (ARGENZIO et al. 1974, GÜNTHER 1984, RADICKE 1990, ZEYNER et al. 1992).

Nach RADICKE (1990) ist nur ein geringer Gehalt an Laktat zu erwarten, wenn der pH nur schwach sauer ist. Die Laktatgehalte im Kot lagen zwischen 1,0-3,1 mmol/l und zeigten keine systematischen Unterschiede zwischen den jeweiligen Futtrationen. Bei Pferden werden normalerweise Werte zwischen 0,1-0,9 mmol/l bei reinen Gras- bzw. Heurationen (ALEXANDER & DAVIES 1963) oder Werte bis zu 4 mmol/l bei Mischfuttrationen (ARGENZIO et al. 1974) gefunden. CLEMENS & MALOIJ (1982) fanden bei freilebenden Elefanten Werte um 0,4 und bei freilebenden Spitzmaulnashörnern Werte um 0,9 mmol/l.

Der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kotwasser unterscheidet sich deutlich zwischen den verschiedenen Futtrationen (s. Tab. 24+25, vgl. Abb. 39). Auf der kraftfutterreichen Zoo-Ration werden die höchsten Werte in München erzielt, wo die Ration den höchsten Anteil an unstrukturierter Substanz (Obst und Mischfutter) aufweist. Der niedrige Gehalt an flüchtigen Fettsäuren auf der Ration in Basel ist vermutlich auf den Strohanteil der Ration zurückzuführen. Ein Abfall des Gehalts an flüchtigen Fettsäuren bei Weglassen des energiereichen Kraftfutteranteils der Ration wird auch bei Pferden beobachtet (GÜNTHER 1984, ZEYNER et al. 1992). Allerdings kann dies von der Art der Kraftfutterzulage abhängen: ZEYNER et al. (1992) beobachteten einen deutlichen Anstieg bei Gersten-, nicht aber bei Haferzulage. Dies hängt mit der unterschiedlichen präzökalen Verdaulichkeit dieser beiden Getreidearten zusammen – Hafer hat eine hohe präzökale Verdaulichkeit, so dass wenig davon in der distalen Fermentationskammer ankommt und dort das Fermentationsgeschehen beeinflusst. Gerste hingegen ist präzökale schlechter



verdaulich (KIENZLE 1994). Insgesamt liegen die beim Panzernashorn ermittelten Gehalte an flüchtigen Fettsäuren im Kotwasser unter den bei Elefanten (LÖHLEIN 1999) und bei Pferden (ARGENZIO et al. 1974, GÜNTHER 1984, KRULL 1984, DROCHNER & MEYER 1991, ZEYNER et al. 1992) gemessenen Werten. Dies könnte einerseits auf längere Verweilzeiten der Ingesta jenseits der distalen Fermentationskammer zurückzuführen sein (vgl. 4.2); im hinteren Colon werden nämlich weiterhin durchaus flüchtige Fettsäuren resorbiert. Andererseits könnte diese Diskrepanz auf höhere Wassergehalte im Nashornkot zurückzuführen sein, wodurch die flüchtigen Fettsäuren verdünnt werden. So liegt in der vorliegenden Studie der durchschnittliche TS-Gehalt im Nashornkot bei 18,1 %, während dieser Wert für Pferdekot bei FEHRLE (1999) bei 24,0 % lag. Es ist auffällig, dass auf der reinen Heu-Ration in München ein gleicher Gehalt an flüchtigen Fettsäuren gemessen wird wie bei der Stroh-Rindenmulch-Ration in Basel. Dies könnte auf (nicht untersuchte) besonders lange Passageraten bei der geringeren Futteraufnahme in München zurückzuführen sein.

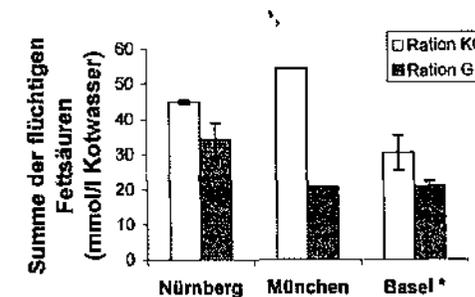


Abb. 39: Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kotwasser bei Panzernashörnern auf verschiedenen Rationen

\* Basel G: mit Rindenmulchaufnahme

Auf reinem Grundfutter beträgt der Anteil der verschiedenen Fettsäuren C2 84-86 %, C3 9-11 % und C4 ca. 5 %; das C2:C3-Verhältnis beträgt 7:1 bis 10:1. Diese Werte sind gut mit den bei Elefanten und Pferden ermittelten Werten vergleichbar (Quellen s.o.). Es ist bemerkenswert, dass das C2:C3-Verhältnis bei reiner Heufütterung in



München am höchsten ist. Dies ist ein Hinweis dafür, dass das Münchner Heu einen besonders niedrigen Gehalt an verfügbaren Zellinhaltsstoffen aufweist, die zu Propionat fermentiert werden. Dies spricht dafür, dass dieses Heu in einem späten Vegetationsstadium geschnitten wurde und könnte seine geringe Akzeptanz erklären. Die Kraftfutterzulage bei den Zoo-Rationen erhöht den Anteil der Propionsäure auf 13-16 %, und das C2:C3-Verhältnis sinkt auf 5:1 bis 6:1 (Abb. 40).

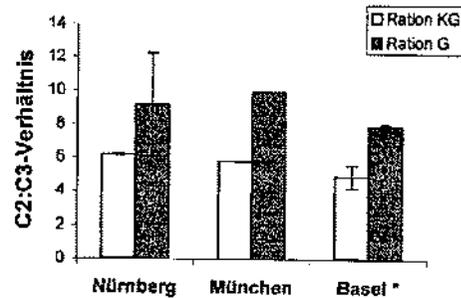


Abb. 40: C2:C3-Verhältnis bei den verschiedenen Rationen  
\* Basel G: mit Rindenmulchaufnahme

Da der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren auch ein Maß für die mikrobielle Tätigkeit in der distalen Fermentationskammer ist, wäre zu erwarten, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Nicht-Zellwand-Kot-Protein (das ja theoretisch hauptsächlich aus Mikroben stammt) und dem Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kotwasser gibt. In Abb. 41 ist dieser Zusammenhang für diese Versuchsreihe dargestellt.

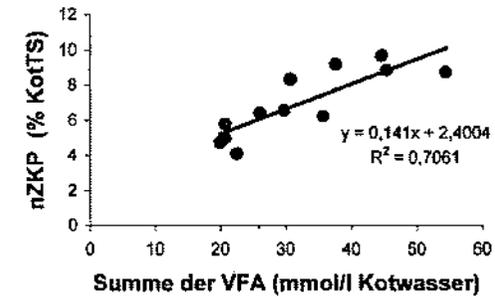


Abb. 41: Zusammenhang zwischen Gehalt an flüchtigen Fettsäuren (mmol/l) und Nicht-Zellwand-Kot-Protein (% Kot-TS)

#### 4.8 Zusammenhang zwischen Verdaulichkeit und Fasergehalt

FEHRLE (1999) fand für Pferde einen negativen Einfluss des Rohfasergehalts auf die Verdaulichkeit einer Ration nach der Gleichung:

$$sV \text{ oS (\%)} = 88,6 - 1,07 \text{ Rfa (\% TS)} \quad (n=95; R^2=0,79).$$

Anhand der Daten von LÖHLEIN (1999) und HACKENBERGER (1987) - fanden GLAUSS et al. (2003a) für Elefanten einen vergleichbaren Zusammenhang von

$$sV \text{ TS (\%)} = 81,9 - 1,18 \text{ Rfa (\% TS)} \quad (n=31; R^2=0,35).$$

Für die Panzernashörner der vorliegenden Studie ergibt sich ein Zusammenhang von

$$sV \text{ TS (\%)} = 78,3 - 0,77 \text{ Rfa (\% TS)} \quad (n=19; R^2=0,17)$$

$$sV \text{ oS (\%)} = 80,3 - 0,82 \text{ Rfa (\% TS)} \quad (n=19; R^2=0,18).$$

Der geringe Korrelationskoeffizient bei den Daten der vorliegenden Studie könnte darauf zurückzuführen sein, dass durch die eingesetzten Rationen im Vergleich zu



dem Datensatz bei Pferden (FEHRLE 1999) nur ein geringerer Bereich an Fasergehalten repräsentiert ist, und im Vergleich zu den Daten von LÖHLEIN (1999) und HACKENBERGER (1987) eine geringere n-Zahl vorliegt.

Es fällt auf, dass die negative Steigung der Funktion bei Nashörnern flacher zu sein scheint als bei Pferden und Elefanten. Dies könnte dahingehend interpretiert werden, dass der Fasergehalt bei Panzernashörnern einen geringeren Einfluss auf die Verdaulichkeit hat, da diese Tiere Faser besonders effektiv verdauen können. Allerdings sollte diese Vermutung durch weitere Daten untermauert werden.

Um mehr Daten aus der Literatur mit einzubeziehen, wird ein ähnlicher Zusammenhang zwischen der scheinbaren Verdaulichkeit der organischen Substanz und dem NDF-Gehalt der Ration untersucht. Dies ermöglicht, die Daten von FOOSE (1982) für drei Nashornarten in die Betrachtungen mit aufzunehmen; zudem werden Daten von KIEFER (2002) für Breitmaulnashörner und DIERENFELD et al. (2000) für Sumatranashörner in die Datensammlung mit aufgenommen. Bei der Betrachtung scheint sich ein systematischer Unterschied in der Höhe der Verdaulichkeit in Abhängigkeit vom NDF-Gehalt zu ergeben: Die laubfressenden Arten (Spitzmaul- und Sumatranashorn) erzielen insgesamt geringere scheinbare oS-Verdaulichkeiten als die grasfressenden Arten (Breitmaul- und Panzernashorn) bei vergleichbaren NDF-Gehalten. Dementsprechend liegt der Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der y-Achse in Abb. 42 für die grasfressenden Arten höher. Der Einfluss eines steigenden NDF-Gehalts ist jedoch – vermutlich aufgrund der ähnlichen Morphophysiologie des Verdauungstraktes – grundsätzlich ähnlich, was sich in den nahezu deckungsgleichen Steigungen der Regressionsgeraden in Abb. 42 ausdrückt.

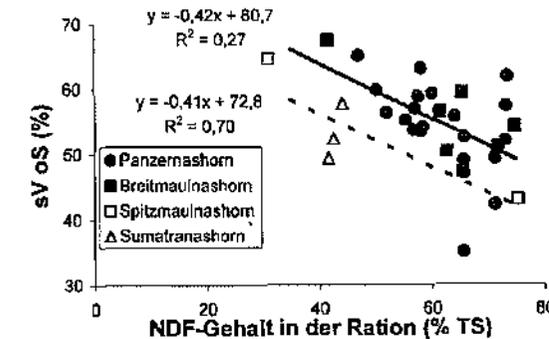


Abb. 42: Vergleich des Einflusses des NDF-Gehalts der Ration (% TS) auf die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz bei verschiedenen Nashornarten (Daten aus der vorliegenden Studie und von FOOSE (1982), DIERENFELD et al. (2000), KIEFER (2002)) (durchgezogene Linie = Regression für grasfressende Spezies (Breitmaul-, Panzernashorn); gepunktete Linie = Regression für laubfressende Spezies (Spitzmaul-, Sumatranashorn))

Eine prinzipiell unterschiedliche Fähigkeit zur Faserverdauung wurde bei laub- und grasfressenden Wiederkäuern von IASON & VAN WIEREN (1999) festgestellt. Da Laub generell einen höheren Anteil lignifizierten, d. h. unverdaulichen Fasermaterials enthält als Gras, können Laubfresser keinen Vorteil daraus ziehen, dass sie ihre Äsung genauso lang der Fermentation unterwerfen wie Grasfresser, deren natürliche Äsung mehr fermentierbares Fasermaterial enthält (vgl. DEMMENT & VAN SOEST 1985). Beim Vergleich der Verdauungsleistung auf ähnlichen Rationen sind daher bei Grasfressern höhere Verdauungskoeffizienten zu erwarten. Allerdings muss man bedenken, dass die grasfressenden Nashornarten im Durchschnitt höhere Körpergewichte erreichen als die blattfressenden Arten, so dass ein Effekt der Körpergröße allein nicht ausgeschlossen werden kann.



#### 4.9 Energiebewertung der Rationen anhand für Pferde entwickelter Schätzgleichungen

Wenn man für die untersuchten Panzernashörner die scheinbare Verdaulichkeit der GE nach ZEYNER et al. (1992) berechnet, so wird die Verdaulichkeit im Durchschnitt um 5,7 % überschätzt. Ähnliche Abweichungen ergeben sich, wenn nach ZEYNER et al. (1992) der Gehalt an DE mittels Regressionsgleichungen abgeschätzt wird, in die der Ligningehalt der Faserfraktion mit eingeht. Wird die von ZEYNER & KIENZLE (2002) aufgestellte Gleichung für Pferderationen mit einem Rohfasergehalt < 35 % TS für die Berechnung des DE-Gehalts in den entsprechenden Rationen der Panzernashörner herangezogen (n=11), so ergibt sich eine durchschnittliche Abweichung von 5,9 %. Damit sind diese Schätzgleichungen für Panzernashörner grundsätzlich verwendbar. Zu einem ähnlichen Schluss kam KIEFER (2002) für Breitmaulnashörner. Allerdings liegen in der Praxis viele Rauhfutter-dominierte Rationen an der Obergrenze des Bereichs bis 35 % Rfa in der TS oder darüber, so dass diese Schätzgleichungen in der angewandten Zoofütterung nur begrenzt eingesetzt werden können.

#### 4.10 Bewertung der Energieaufnahme

Da keine Energiebewertung für Nashörner direkt existiert, soll im Rahmen dieser Arbeit die Energieversorgung der untersuchten Tiere auf verschiedene Weisen beurteilt werden.

In Anlehnung an die Kleibersche allometrische Funktion zum Grundumsatz bei Säugetieren (KLEIBER 1961) kann der Energiebedarf für den Grundumsatz nach der Formel:

$$\text{BMR} = 293 \text{ kJ/d KM}^{0,75}$$

berechnet werden. Der resultierende Wert entspricht einem Energiebedarf in ME. Da der Grundumsatz allerdings nicht dem Erhaltungsbedarf gleichzusetzen ist, wird das



Resultat mit einem Faktor von 1,5-2 multipliziert, um den Erhaltungsbedarf in Menschenobhut zu errechnen (KIRKWOOD 1991, 1996, ROBBINS 1993). EVANS & MILLER (1968) schlagen den Faktor 2,07 vor. Die hier betrachtete Spanne von 1,5-2 ist mit einem Energiebedarf von 0,44-0,59 MJ ME/d KM<sup>0,75</sup> gleichzusetzen. Nach ROBBINS (1993) beträgt der Anteil der ME an der DE bei nicht-wiederkauenden Pflanzenfressern gemäß einer speziesübergreifenden Literaturlauswertung 92,7 %. PAGAN & HINTZ (1986) fanden bei Pferden auf einem Mischfutter aus Luzerne und Hafer einen Anteil der ME an der DE von 86,9 % und zitieren eine Zusammenstellung von REID & WHITE (1978), die diesen Wert für Pferde als einen Bereich von 85-94 % angeben. Auf diese Weise könnte damit die ME als durchschnittlich 90 % der DE angenommen werden.

Allerdings stehen direkt für die Berechnung des DE-Bedarfs bei Pferden verschiedene Formeln zur Verfügung. Während MEYER & COENEN (2002) einen allometrischen Ansatz bevorzugen gemäß der Formel:

$$\text{DE (MJ/d)} = 0,6 \text{ MJ/d KM}^{0,75}$$

ermittelten PAGAN & HINTZ (1986) einen linearen Zusammenhang gemäß der Gleichung:

$$\text{DE (MJ/d)} = 4,08 + 0,089 \text{ KM}$$

Diese Berechnungsgrundlage wurde auch in die Empfehlungen NRC (1989) übernommen. Die Ergebnisse der verschiedenen Berechnungen zum Energiebedarf ergeben keine wesentlichen Unterschiede, so dass im folgenden die von MEYER & COENEN (2002) angegebenen 0,6 MJ DE/d KM<sup>0,75</sup> verwendet werden.

Zwischen den Möglichkeiten, Energiebedarf und Energieaufnahme über die DE und die ME abzuschätzen, ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede, so dass im folgenden diese Beurteilung auf der Stufe der DE dargestellt ist, da die DE im Zuge der vorliegenden Arbeit tatsächlich bestimmt wird. Eine Spanne von ± 20 % des



errechneten Bedarfs wird in Anlehnung an RAINBIRD & KIENZLE (1988) zur Berücksichtigung individueller Variation im Energiebedarf mit dargestellt.

Die Bewertung der Energieaufnahme legt nahe, dass sowohl in Nürnberg als auch in New York Tiere auf der regulären Zoo-Ration über Bedarf Energie aufnehmen (Abb. 43). Die geringere Verdaulichkeit des Grundfutters in Basel und seine geringe Akzeptanz in München bedingt, dass in diesen Haltungen die reguläre Zoo-Ration energetisch im Bedarfsbereich liegt. Allerdings ist geringe energetische Ausbeute im Grundfutter nur in Basel bewusst gewählt (Strohütterung). Bei einer anderen Heucharge könnte in München die Energieaufnahme bei der regulären Ration ebenfalls wie in Nürnberg oder New York über den Bedarf hinauschießen. Auch auf der reinen Grundfutter-Ration nehmen je ein Tier aus Nürnberg und New York deutlich mehr als  $0,6 \text{ MJ DE/d KM}^{0,75}$  auf (Abb. 43).

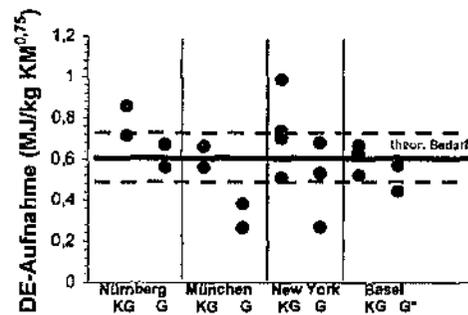


Abb. 43: Beurteilung der Energie-Aufnahme anhand der DE (DE-Aufnahme; experimentell bestimmt; DE-Bedarf berechnet anhand der für Pferde angenommenen Gleichung  $DE \text{ (MJ/d)} = 0,6 \text{ KM}^{0,75}$  (MEYER & COENEN 2002)

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme

Eine wesentliche Voraussetzung für die Gültigkeit dieser Bewertung ist, ob die angenommenen Körpergewichte der Wirklichkeit entsprechen. Bei einer Unterschätzung des Körpergewichtes würde sich eine Überschätzung der Energieaufnahme pro Einheit Körpergewicht ergeben. Allerdings wird in der



vorliegenden Studie die höchste relative Energieaufnahme für ein New Yorker Tier berechnet; die Gewichte der New Yorker Tiere wurden dabei tatsächlich durch Wiegen ermittelt. Die Gewichtsschätzungen der anderen Tiere wurden im Vergleich zu den in New York ermittelten Gewichten als realistisch eingeschätzt. Zudem zeigen persönliche Erfahrungen, dass Tiere dieser Größenordnung in ihrem Gewicht eher über- als unterschätzt werden. Prinzipiell wäre es wünschenswert, wenn solche Tiere routinemäßig gewogen werden könnten.

Diese Ergebnisse sollten Anlass sein, die konventionelle Fütterung von Panzernashörnern mit Kraftfutter und Heu *ad libitum* zu überdenken. Es stellt sich die Frage, ob andere Hinweise dafür existieren, dass Adipositas bei Panzernashörnern ein Problem sein kann. Der visuelle Vergleich zweier Tiere (Abb. 44+45) legt die Vermutung nahe, dass das Tier von Abb. 45 übergewichtig sein könnte. Zudem stellen die im Schrifttum zusammengestellten Berichte zu Leiomyomen und Fußproblemen Hinweise dar, die für das Vorkommen von Übergewichtigkeit bei dieser Spezies sprechen.

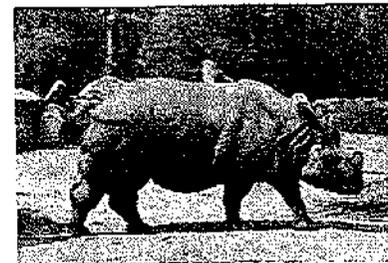


Abb. 44+45: Fotos zweier Versuchstiere, um Unterschiede im Ernährungszustand und Erscheinungsbild zu verdeutlichen

Auch von Pferden ist bekannt, dass sie nicht nur bei *ad libitum* Zugang zu einem Kraftfutter mehr als ihren Bedarf aufnehmen und an Gewicht zulegen, wie z. B. von WESTERVELT et al. (1976) belegt, sondern dass dies auch bei einer reinen *ad libitum*-Fütterung von Rohfutter geschehen kann. Neben einer erhöhten, über den Energiebedarf hinausgehenden Aufnahme besonders gut verdaulicher Rohfutter



berichten so z. B. MOORE-COLYER & LONGLAND (2000) auch von einer Gewichtszunahme, die mit dieser erhöhten Futteraufnahme einhergeht; auch andere Autoren beobachteten bei Pferden und Eseln eine über den berechneten Energiebedarf hinausgehende Energieaufnahme bei *ad libitum*-Fütterung von Rauhfutter (CYMBALUK et al. 1989, CYMBALUK 1990, DOREAU et al. 1992, HYSLOP et al. 1998, PEARSON et al. 2001).

In der Pferdefütterung wird daher üblicherweise auch Rauhfutter nur restriktiv zugefüttert (MEYER & COENEN 2002). Eigene Beobachtungen in Zoos und Gespräche mit Zoopersonal deuten darauf hin, dass dies in der Zootierfütterung in der Regel nicht praktiziert wird. Einerseits sollte auf den Einsatz eines Mischfutters nicht gänzlich verzichtet werden, um etwaige Imbalancen im Rauhfutter auszugleichen (LINTZENICH & WARD 1997); andererseits sollte auch das Rauhfutter nach quantitativen Gesichtspunkten restriktiv zugefüttert werden.

WARD et al. (1999) berichten allgemein, dass Übergewicht bei Zootieren ein Problem ist, das durch ein entsprechendes Management der Fütterung verhindert werden sollte. SCHWITZER & KAUMANN (2001) beschreiben dieses Problem ausführlich für Lemuren. ANGE et al. (2001) zeigen, dass in Zoos gehaltene Elefanten in der Regel deutlich schwerer sind als freilebende Exemplare; im Falle weiblicher Indischer Elefanten betrug die durchschnittliche Differenz 600-700 kg. HATT & LIESEGANG (2001) berichten von schwerwiegenden Gewichtsproblemen bei Asiatischen Elefanten, die durch eine Futterumstellung – Reduktion der Futtermenge und Erhöhung des Faseranteils durch die Einmischung von Stroh sowie eine rohfaserreichere Formulierung für das Konzentratfutter – unter regelmäßiger Gewichtskontrolle durch Wiegen gelöst wurden. KIEFER (2002) beobachtete bei adulten Breitmaulnashörnern auf einer Heu-Mischfutter-Ration Energieaufnahmen von  $1,1 \text{ MJ DE/d KM}^{0,75}$ , was deutlich über dem für Pferde gültigen Bedarf von  $0,6 \text{ MJ DE/d KM}^{0,75}$  liegt. DIERENFELD et al. (2000) zeigen, dass eine nicht limitierte Futteraufnahme bei Nashörnern zu Adipositas führen kann. Für das wertvolle Sumatranashorn fordern sie aus diesem Grund, dass das Körpergewicht täglich überprüft werden sollte. Die Autoren berichten, dass Sumatranashörner mit



Übergewicht lethargisch erscheinen. Für große Herbivoren – wie auch die Panzernashörner – wäre es anzuraten, das Körpergewicht mittels in der Unterbringung eingebauter Waagen (wie sie bei einigen Elefantenhäusern mittlerweile üblich sind) regelmäßig zu überwachen, um die Rationsgestaltung auf eine solide Grundlage stellen zu können, und um die eingesetzte Ration regelmäßig zu überprüfen und Übergewichtigkeit rechtzeitig zu erkennen. Hinsichtlich der aktuellen Diskussion, ob es Zoos genehmigt werden soll, neue Wildfänge von Panzernashörnern einzustellen, sollte das Vorhandensein einer entsprechenden Waage zur Gewichtsüberprüfung zu den Entscheidungskriterien gehören.



## 5. Zusammenfassung

### Carmen Polster: Untersuchungen zur Fütterung und Verdauungsphysiologie am Indischen Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*)

In der vorliegenden Arbeit werden bei elf adulten Panzernashörnern aus vier Zoos die Futteraufnahmen und die scheinbaren Verdaulichkeiten bei verschiedenen Futterrationen überprüft. Zum Einsatz kommt jeweils die im entsprechenden Zoo üblicherweise verfütterte Ration (Kraftfutter und Grundfutter, Ration KG) und die entsprechende Ration ohne Kraftfutteranteil (Ration G) nach einer wenigstens siebentägigen Anfütterungsperiode. Es wird die Kollektionsmethode verwendet. Des Weiteren werden die Verweildauer von Flüssigkeit und Partikeln im Magen-Darm-Trakt, der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren und Laktat im Kot, der Kot-pH, die Partikelgröße im Kot, die Wasseraufnahme sowie das Kalzium:Kreatinin-Verhältnis in sporadisch gesammelten Urinproben bestimmt. Vier Tiere werden tatsächlich gewogen, bei den anderen wird das Körpergewicht geschätzt.

Folgende Ergebnisse werden erzielt:

1. Darmpassagezeit: die durchschnittliche Verweilzeit des Flüssigkeitsmarkers (Co-EDTA) im Magen-Darm-Trakt beträgt  $41,4 \pm 3,7$  h (n=6), die des Partikelmarkers (Cr-gebeizte Faser mit einer Partikelgröße < 2 mm)  $60,0 \pm 3,7$  h (n=6).
2. Angaben zur Futteraufnahme, scheinbaren Verdaulichkeit und Energieaufnahme sind in Tabelle 31 dargestellt.



Tab. 31: Durchschnittliche Aufnahme an Trockensubstanz (TS, in % der Körpermasse KM), scheinbare Verdaulichkeiten (sV) für TS, organische Substanz (oS), Rohprotein (Rp), Neutrale Detergenzien-Faser (NDF), Zellulose (C), Kalzium (Ca), Phosphor (P) (in %) und die Aufnahme an verdaulicher Energie (DE) (in MJ/kg  $KM^{0,75}$ )

Haltung	n	Ration	TS-Aufnahme % KM	sV TS %	sV oS %	sV Rp %	sV NDF %	sV C %	sV Ca %	sV P %	DE-Aufnahme MJ/kg $KM^{0,75}$
München	2	KG	0,9	57	58	52	43	45	78	-13	0,6
Nürnberg	2	KG	1,2	57	57	54	53	56	69	10	0,8
Basel	3	KG	1,0	54	56	54	44	46	63	3	0,6
New York	4	KG	1,1	57	57	61	48	48	79	4	0,7
München	2	G	0,6	45	46	48	41	40	78	-4	0,3
Nürnberg	2	G	0,9	59	60	46	62	66	63	3	0,6
Basel	3	G	1,2	41	41	40	33	38	69	6	0,5
New York	4	G	0,9	46	46	54	40	40	77	-78	0,5

3. Der Gehalt an Laktat im Kot beträgt im Durchschnitt  $1,9 \pm 0,7$  mmol/l Kotwasser (n=13) und unterscheidet sich nicht zwischen den Rationen. Der Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot beträgt auf den KG-Rationen im Durchschnitt 39,4 mmol/l Kotwasser (n=6) und auf den G-Rationen 25,4 mmol/l Kotwasser (n=6); das Verhältnis von Essigsäure zu Propionsäure beträgt dabei im Durchschnitt 5,5 und 8,2. Der pH im Kot unterscheidet sich nicht zwischen den Rationen und beträgt  $6,4 \pm 0,2$  (n=8).
4. Die Partikelgrößenverteilung unterscheidet sich nicht zwischen den Rationen. Es wird im Durchschnitt ein Anteil von  $40,9 \pm 16,2$  % (n=14) der auf den Sieben retinierten Partikel mit einer Partikelgröße von > 4 mm gemessen.
5. Die durchschnittliche Gesamtwasseraufnahme beträgt  $4,1 \pm 1,0$  kg/100 kg KM (n=14) und unterscheidet sich nicht zwischen den verschiedenen Rationen.
6. Das Kalzium:Kreatinin-Verhältnis im Urin steigt mit steigender Kalzium-Aufnahme.



Trotz der längsten bei einem großen Dickdarmfermentierer mit diesem Markersystem gemessenen Passagerate erzielt das Panzernashorn scheinbare Verdaulichkeiten, welche mit denen von Pferden auf ähnlichen Rationen vergleichbar sind. Dies könnte unter anderem auf eine geringere Zerkleinerung der Ingesta zurückzuführen sein. Die Ergebnisse zur Verdaulichkeit, zu Parametern der mikrobiellen Fermentation, zur Wasseraufnahme und zum Kalzium-Haushalt sowie zu den mittels Regression von Aufnahme und Ausscheidung und Extrapolation gegen Null abgeschätzten „endogenen Verlusten“ deuten darauf hin, dass das Panzernashorn in diesen Aspekten seiner Verdauungsphysiologie dem Pferd ähnelt. Das Pferd erscheint daher als Modelltier für die Fütterung von Nashörnern geeignet.



## 6. Summary

**Carmen Polster: Investigations on feeding and digestive physiology of the Indian rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*)**

In this study, food intake and apparent digestibility coefficients of eleven adult Indian rhinoceroses from four zoos were investigated. In each case, the regular zoo diet (concentrates and roughage, ration conc.) and, after an adaptation period of at least seven days, a roughage-only diet (ration rough.) were used. Faeces were collected in toto. Additionally, the mean retention time of fluids and particles in the gastrointestinal tract were measured, as well as the faecal concentration of volatile fatty acids (VFA) and lactate, faecal pH, faecal particle size distribution, water intake and the calcium:creatinine-ratio in sporadically sampled urine. Four animals were actually weighed; the body weight of the other animals was estimated.

The following results were obtained:

1. Mean retention time: the average mean retention time of the fluid marker (Co-EDTA) in the total gastrointestinal tract was  $41.4 \pm 3.7$  h (n=6) and of the particle marker (Cr-mordanted fibre, particle size < 2 mm)  $60.0 \pm 3.7$  h (n=6).
2. Results on food intake, apparent digestibility coefficients and intake of digestible energy are presented in Table 32.



Tab. 32: Average intake of dry matter (DM, in % body weight BW), apparent digestibility (aD) of DM, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fibre (NDF), cellulose (C), calcium (Ca), phosphorus (P) (in %) and intake of digestible energy (DE) (in MJ/kg BW<sup>0.75</sup>)

Facility	n	Ration	DM-intake % BW	aD DM %	aD OM %	aD CP %	aD NDF %	aD C %	aD Ca %	aD P %	DE-intake MJ/kg BW <sup>0.75</sup>
Munich	2	conc.	0.9	57	58	52	43	45	78	-13	0.6
Nurnberg	2	conc.	1.2	57	57	54	53	56	69	10	0.8
Basle	3	conc.	1.0	54	56	54	44	46	63	3	0.6
New York	4	conc.	1.1	57	57	61	48	48	79	4	0.7
Munich	2	rough.	0.6	45	46	48	41	40	78	-4	0.3
Nurnberg	2	rough.	0.9	59	60	46	62	66	63	3	0.6
Basle	3	rough.	1.2	41	41	40	33	38	69	6	0.5
New York	4	rough.	0.9	46	46	54	40	40	77	-78	0.5

- The concentration of lactate in faeces was on average  $1.9 \pm 0.7$  mmol/l faecal water (n=13) and did not differ between rations. The concentration of VFA in faeces was on average 39.4 mmol/l faecal water (n=6) on ration conc. and 25.4 mmol/l faecal water (n=6) on ration rough.; the ratio of acetate to propionate was on average 5.5 and 8.2, respectively. Faecal pH did not differ between rations and was  $6.4 \pm 0.2$  (n=8).
- Faecal particle size distribution did not differ between rations. On average,  $40.9 \pm 16.2$  % (n=14) of all particles retained on the sieves was of a size > 4 mm.
- The average total water intake was  $4.1 \pm 1.0$  kg/100 kg BW (n=14) and did not differ between rations.
- The calcium:creatinine-ratio in urine increased with increasing calcium intake.



In spite of the longest ingesta retention times ever measured in a large hindgut fermenter with this marker system, the Indian rhinos achieved digestibility coefficients comparable to those of horses on comparable food rations. This could be due to a less thorough comminution of ingesta particles. The results on digestibility, on parameters of microbial fermentation, on water intake and calcium metabolism and on endogenous losses (estimated by regression analysis of intake and excretion and extrapolation to zero intake) suggest that Indian rhinos resemble horses in these aspects of digestive physiology. Therefore, the horse appears to be a suitable model animal for rhinoceros nutrition.



## 7. Literatur

### **AIELLO, S.E. (Hrsg.) (1998)**

The Merck Veterinary Manual.  
Merck & Co., Whitehouse Station, N.J., U.S.A., Eighth Edition.

### **ALEXANDER, F., DAVIES, M.E. (1963)**

Production and fermentation of lactate by bacteria in the alimentary canal of the horse and pig.  
J Comp Pathol 73: 1-8.

### **ANGE, K., CRISSEY, S.D., DOYLE, C., LANCE, K., HINTZ, H. (2001)**

A survey of African (*Loxodonta africana*) and Asian (*Elephas maximus*) elephant diets and measured body dimensions compared to their estimated nutrient requirements.  
Proc NAG Conf 4: 5-14.

### **ARGENZIO, R.A., LOWE, J.E., PICKARD, D.W., STEVENS, C.E. (1974)**

Digesta passage and water exchange in the equine large intestine.  
Am J Physiol 226: 1035-42.

### **ATKINSON, M.W., HULL, B., GANDOLF, A.R., BLUMER, E.S. (2002)**

Repeated chemical immobilization of a captive greater one-horned rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*), using combinations of etorphine, detomidine, and ketamine.  
J Zoo Wildl Med 33: 157-162.

### **BJORNDAL, K.A., BOLTEN, A.B. (1992)**

Body size and digestive efficiency in a herbivorous freshwater turtle: advantages of small bite size.  
Physiol Zool 65: 1028-1039.

### **BJORNDAL, K.A., BOLTEN, A.B., MOORE, J.E. (1990)**

Digestive fermentation in herbivores: effect of food particle size.  
Physiol Zool 63: 710-721.

### **BJÖRNHAG, G., SPERBER, I., HOLTENIUS, K. (1984)**

A separation mechanism in the large intestine of equines.  
Can J Anim Sci 64 (Suppl.): 89-90.

### **BLASZKIEWITZ, B. (1980)**

Gedanken zur Haltung des Panzernashorns (*Rhinoceros unicornis* Linné, 1758).  
Zool Beitr 26: 69-108.

### **BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (1996)**

Mindestanforderungen an die Haltung von Säugetieren vom 10. Juni 1996.



### **BOURDELLE, E. (1955)**

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

### **BOWMAN, J.G.P., FIRKINS, J.L. (1993)**

Effects of forage species and particle size on bacterial cellulolytic activity and colonization in situ.  
J Anim Sci 71: 1623-1633.

### **BRAHMACHARY, R.L., MALLIK, B., RAKSHIT, B. (1971)**

An attempt to determine the food habits of the Indian Rhinoceros.  
J Bombay Nat Hist Soc 67: 558-560.

### **BRAHMACHARY, R.L., RAKSHIT, B., MALLIK, B. (1974)**

Further attempts to determine the food habits of the Indian Rhinoceros at Kaziranga.  
J Bombay Nat Hist Soc 71: 295-299.

### **BRANDT, C.S., THACKER, E.J. (1958)**

A concept of rate of food passage through the gastro-intestinal tract.  
J Anim Sci 17: 218-223.

### **BREMS, R. (1983)**

Untersuchungen zur Verdaulichkeit verschiedener Rationen bei aktiv eingesetzten Sportpferden mit Hilfe einer modifizierten Indikatormethode und Überprüfung des Einflusses auf Gesundheit und Leistung.  
Diss. med. vet., Giessen.

### **CAPLE, I.W., DOAKE, P.A., ELLIS, P.G. (1982)**

Assessment of the calcium and phosphorus nutrition in horses by analysis of urine.  
Aust Vet J 58: 125-131.

### **CERDENO, E. (1995)**

Cladistic Analysis of the Family Rhinocerotidae (Perissodactyla).  
Am Mus Nov 3143: 1-25.

### **CERDENO, E. (1998)**

Diversity and evolutionary trends of the Family Rhinocerotidae (Perissodactyla).  
Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol 141: 13-34.

### **CHIVERS, D.J., HLADIK, C.M. (1980)**

Morphology of the gastrointestinal tract in primates: comparisons with other mammals in relation to diet.  
J Morphol 166: 337-386.

**CLAUSS, M. (2000)**

Fütterungspraxis in der Haltung von Elchen (*Alces alces*).  
Diss. med. vet., München.

**CLAUSS, M., KIEFER, B. (2003)**

Digestive acidosis in captive wild herbivores – implications for hoof health.  
Verh Ber Erkr Zootiere 41: 57-70.

**CLAUSS, M., LECHNER-DOLL, M. (2001)**

Differences in selective reticulo-ruminal particle retention as a key factor in ruminant diversification.  
Oecologia 129: 321-327.

**CLAUSS, M., FRÖSCHLE, T., LECHNER-DOLL, M., DIERENFELD, E.S., HATT, J.M. (2002a)**

Fluid and particle passage rate in captive black rhinoceros (*Diceros bicornis*).  
Proceedings of the Joint Nutrition Symposium, August 21-25, Antwerp, Belgium: 88.

**CLAUSS, M.; LECHNER-DOLL, M.; STREICH, W.J. (2002b)**

Faecal particle size distribution in captive wild ruminants: An approach to the grazer/browser-dichotomy from the other end.  
Oecologia 131: 343-349.

**CLAUSS, M., LOEHLEIN, W., KIENZLE, E., WIESNER, H. (2003a)**

Studies on feed digestibilities in captive Asian Elephants (*Elephas maximus*).  
J Anim Physiol a Anim Nutr 87: 160-173.

**CLAUSS, M., FREY, R., KIEFER, B., LECHNER-DOLL, M., LOEHLEIN, W., POLSTER, C., RÖSSNER, G.E., STREICH, W.J. (2003b)**

The maximum attainable body size of herbivorous mammals: morphophysiological constraints on foregut, and adaptations of hindgut fermenters.  
Oecologia 136: 14-27.

**CLEMENS, E.T., MALOIJ, G.M.O. (1982)**

The digestive physiology of three East African herbivores: the elephant, rhinoceros and hippopotamus.  
Zool Lond 198: 141-156.

**CORK, S.J., HUME, I.D., FAICHNEY, G.J. (1999)**

Digestive strategies of nonruminant herbivores: the role of the hindgut.  
In: Jung H.J.G., Fahey G.C. (Hrsg.) Nutritional ecology of herbivores.  
Proc IVth Int Symp Nutr. Herbiv., The American Society of Animal Science: 71-96.

**COTCHIN, E. (1964)**

Spontaneous uterine cancer in animals.  
Br J Canc 18: 209-227.

**CROWELL-DAVIS, S.L., HOUP, K.A. (1985)**

Coprophagy by foals: effect of age and possible functions.  
Equine Vet J 17: 17-19.

**CRUTZEN, P.J., ASELMANN, I., SEILER, W. (1986)**

Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans.  
Tellus 38B: 271-284.

**CUDDEFORD, D., HUGHES, D. (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.

**CYMBALUK, N.F. (1990)**

Comparison of forage digestion by cattle and horses.  
J Anim Sci 70: 601-610.

**CYMBALUK, N.F., CHRISTISON, G.I. (1989)**

Effects of dietary energy and phosphorus content on blood chemistry and development of growing horses.  
J Anim Sci 67: 951-958.

**CYMBALUK, N.F., CHRISTISON, G.I., LEACH, D.H. (1989)**

Energy uptake and utilization by limit- and ad libitum-fed growing horses.  
J Anim Sci 67: 403-413.

**DEHORITY, B.A., JOHNSON, R.R. (1961)**

Effect of particle size upon the in vitro cellulose digestibility of forages by rumen bacteria.  
J Dairy Sci 44: 2242-2249.

**DEMMENT, M.W., VAN SOEST, P.J. (1985)**

A nutritional explanation for body-size patterns of ruminant and nonruminant herbivores.  
Am Nat 125: 641-672.

**DIERENFELD, E.S. (1995)**

Rhinoceros nutrition: an overview with special references to browsers.  
Verh Ber Erkr Zootiere 37: 7-14.

**DIERENFELD, E.S. (1996)**

Nutrition.  
In: Fouraker, M., Wagener, T. (Hrsg.) AZA Rhinoceros Husbandry Resource Manual.  
Fort Worth, Cockerell Printing Company: 52-53.

**DIERENFELD, E.S. (1999)**

Rhinoceros feeding and nutrition.

In: Fowler, M.E., Miller, R.E. (Hrsg.) Zoo &amp; Wild Animal Medicine Current Therapy 4. W. B. Saunders, Philadelphia: 568-571.

**DIERENFELD, E.S., WILDMAN, R.E.C., ROMO, S. (2000)**Feed intake, diet utilization, and composition of browses consumed by the Sumatran Rhino (*Dicerorhinus sumatrensis*) in a North American Zoo. Zoo Biol 19: 169-180.**DIETZ, O. (1996)**

Krankheiten des Magens, der Vormägen und des Labmagens.

In: Dietz, O. (Hrsg.) Spezielle Veterinärchirurgie.

Gustav Fischer Verlag, UTB: 110-125.

**DINERSTEIN, E. (1989)**

The foliage-as-fruit hypothesis and the feeding behavior of South Asian ungulates. Biotropica 21: 214-218.

**DINERSTEIN, E., PRICE, L. (1991)**

Demography and habitat use by greater one-horned rhinoceros in Nepal.

J Wildl Manage 55: 401-411.

**DINERSTEIN, E., WEMMER, C.M. (1988)**Fruits Rhinoceroses eat: dispersal of *Trewia nudiflora* (Euphorbiaceae) in lowland Nepal.

Ecology 69: 1768-1774.

**DOREAU, M., BOULOT, S., BAUCHART, D., BARLET, J.P., MARTIN-ROSSET, W. (1992)**

Voluntary intake, milk production and plasma metabolites in nursing mares fed two different diets.

J Nutr 122: 992-999.

**DROCHNER, W., MEYER, H., (1991)**

Verdauung organischer Substanzen im Dickdarm verschiedener Haustierarten.

In: Kirchgessner, M. (Hrsg.) Verdauungsphysiologie des Dickdarms

Adv Anim Nutr 22: 18-40

**DUKE, J.A., ATCHLEY, A.A. (1986)**

CRC Handbook of Proximate Analysis Tables of Higher Plants.

CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

**EILMANN, I. (1991)**

Fettverdauung beim Pferd sowie die Folgen einer marginalen Fettversorgung.

Diss. med. vet., Hannover.

**EISENBERG, J.F., SEIDENSTICKER, J. (1976)**

Ungulates in Southern Asia: a consideration of biomass estimates for selected habitats.

Biol Conserv 10: 293-308.

**ELOFF, A.K., VAN HOVEN, W. (1980)**

Intestinal protozoa of the African elephant.

S Afr J Zool 15: 83-90.

**EMANOIL, M. (1994)**

Encyclopedia of Endangered Species.

in association with IUCN, The World Conservation Union, Gate Research Inc. Press.

**ENGELHARDT, W.v., BREVES, G. (Hrsg.) (2000)**

Physiologie der Haustiere.

Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart.

**ENSLEY, P.K., BUSH, M. (1976)**Rectal mucosal prolapse in an Indian Rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*).

J Zoo Anim Med 7: 22-25.

**EVANS, E., MILLER, D.S. (1968)**

Comparative nutrition, growth and longevity.

Proc Nutr Soc 27: 121-129.

**FAICHNEY, G.C., JUNG, H.G. (1983)**

Lignin as a marker in digestion studies: a review.

J Anim Sci 57: 220-225.

**FEHRLE, S. (1999)**

Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Mischfutter beim Pferd in Abhängigkeit von der Rauhfutteraufnahme.

Diss. med. vet., München.

**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.

Ph. D. Diss., University of Chicago.

**FOOSE, T.J., MILLER, R.E. (1997)**

Nashörner im Zoo heute.

In: Die Nashörner.

Filander-Verlag, Fürth: 229-236.



- FOOSE, T.J., VAN STRIEN, N.J. (Hrsg.) (1997)**  
Asian Rhinos IUCN/SSC Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN Communications Division, Gland, Schweiz.
- FOOSE, T.J., VAN STRIEN, N.J., ROOKMAKER, K. (Hrsg.) (2000)**  
Asian Rhinos. Newsletter of the IUCN/SSC Asian Rhino Specialist Group, No. 3.
- FRAPE, D.L., TUCK, M., SUTCLIFFE, N.H., JONES, D.B. (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.
- GIBBS, P.G., POTTER, G.D., SCHELLING, G.T., KREIDER, J.L., BOYD, C.L. (1996)**  
The significance of small vs. large intestinal digestion of cereal grain and oilseed proteins in the equine.  
J Equine Vet Sci 16: 60-65.
- GÖLTENBOTH, R. (1985)**  
Zuchtprobleme bei den Panzernashörnern.  
Tagungsbericht, 5. Arbeitstagung der Zootierärzte im deutschsprachigen Raum, Köln: 24-27.
- GÖLTENBOTH, R. (1986)**  
Zur tierärztlichen Betreuung der Nashörner im Zoo Berlin.  
Zool Gart 56: 43-52.
- GÖLTENBOTH, R. (1991)**  
Zu einigen chirurgischen Eingriffen bei Nashörnern im Zoo Berlin.  
Berl Münch Tierärztl Wsch 104: 15-18.
- GÖLTENBOTH, R. (1995a)**  
Nashörner.  
In: Gölthenboth, R., Klös, H.-G. (Hrsg.) Krankheiten der Zoo- und Wildtiere  
Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin: 209-233.
- GÖLTENBOTH, R. (1995b)**  
Zu einigen Problemen in der Haltung und der Krankheiten der Nashörner in Zoologischen Gärten.  
Verh Ber Erkr Zootiere 37: 53-58.
- GOODSON, J., TYZNIK, W.J., CLINE, J.H., DEHORITY, B.A. (1988)**  
Effects of an abrupt diet change from hay to concentrate on microbial numbers and physical environment in the cecum of the pony.  
Appl Environ Microbiol 54: 1946-1950.



- GOWDA, C.D.K. (1969)**  
Breeding the Great Indian rhinoceros at Mysore Zoo.  
Int Zoo Yb 9: 101-102.
- GRINER, L.A. (1983)**  
Pathology of zoo animals.  
Zoological Society of San Diego, San Diego.
- GROVES, C.P. (1983)**  
Phylogeny of the living species of Rhinoceros.  
Z Zool Syst Evol Forsch 21: 293-313.
- GROVES, C.P. (1997)**  
Die Nashörner – Stammesgeschichte und Verwandtschaft.  
In: Die Nashörner.  
Filander-Verlag, Fürth: 14-32.
- GRZIMEK, B. (2000)**  
Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreichs in 13 Bänden.  
Weltbild Verlag, Augsburg.
- 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, Quetschnafer, Gerste und Mais beim Pferd.  
Diss. med. vet., Hannover.
- GUTZWILLER, A., RÜEDI, D., WACKERNAGEL, H., HELDSTAB, A. (1985)**  
Ernährungsbedingte Erkrankungen bei Säugetieren des Zoologischen Gartens Basel.  
Verh Ber Erkr Zootiere 27: 265-273.
- GYAWALI, S.R. (1986)**  
Diet analysis of greater one-horned rhinoceros by fecal analysis.  
M.S.Thesis, Tribhuvan University Kathmandu, Nepal.
- HACKENBERGER, M.K. (1987)**  
Diet digestibilities and ingesta transit times of captive Asian and African elephants.  
MS Thesis, University of Guelph, Canada.
- HAGENBECK, C.-H. (1969)**  
Notes on the artificial rearing of a Great Indian rhinoceros at Hamburg Zoo.  
Int Zoo Yb 9: 99-101.



**HARMEYER, J., TWEHUES, R., SCHLUMBOHM, C., STADERMANN, B., MEYER, H. (1992)**

The role of vitamin D on calcium metabolism in horses.

1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 81-85

**HARMEYER, J. (1999)**

Die Bedeutung von Vitamin D für die Regulation des Calcium- und Phosphathaushaltes beim Pferd.

In: Schubert, R., Flachowsky, G., Bitsch, R., Jahreis, G. (Hrsg.) Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier.

7. Symposium Jena-Thüringen, Deutschland, 22-23. September 1999: 20-35.

**HATT, J.M., LIESEGANG, A. (2001)**

Nutrition of Asian elephants in captivity – an overview and practical experiences.

Verh Ber Erkr Zootiere 40: 117-122.

**HAVERKAMP, L. (1988)**

Untersuchungen zum endogenen renalen und faecalen N-Verlust des Pferdes.

Diss. med. vet., Hannover

**HINTZ, H.F., SEDGEWICK, C.J., SCHRYVER, H.F. (1976)**

Some observations on digestion of pelleted diet by ruminants and nonruminants.

Int Zoo Yb 16: 54-57.

**HOARE, C.A. (1937)**

A new cyclopostid ciliate parasitic in the Indian rhinoceros.

Parasitol 29: 559-569.

**HOFFMANN, M., STEINHÖFEL, O., FUCHS, R. (1987)**

Vergleichende Untersuchungen zum Verdauungsvermögen von Warmblutpferd, Pony und Hammel.

Arch Tierernähr 37: 351-362.

**HOLT, P.E., PEARSON, H. (1984)**

Urolithiasis in the horse – a review of 13 cases.

Equine Vet J 16: 31-34.

**HUSKAMP, B., KOPF, N., SCHEIDEMANN, W. (1999)**

Magen-Darm-Trakt

In: Dietz, O., Huskam, B. (Hrsg.) Handbuch Pferdepraxis.

Enke Verlag, Stuttgart, 2. Auflage: 411- 502.

**HYSLOP, J.J., TOMLINSON, A.L., BAYLEY, A., CUDEFORD, D. (1998)**

Voluntary feed intake and apparent digestibility in vivo in ponies offered a mature threshed grass hay ad libitum.

Proc Br Soc Anim Sci 36: 130.



**IASON, G.R., VAN WIEREN, S.E. (1999)**

Adaptations of mammalian herbivores to low quality forage.

In: Olf, H., Brown, V.K., Drent, R.H. (Hrsg.): Herbivores, plants and predators  
Blackwell Science, Oxford, UK: 337-369.

**ILLIUS, A.W., GORDON, I.J. (1992)**

Modelling the nutritional ecology of ungulate herbivores: evolution of body size and competitive interactions.

Oecologia 89: 428-434.

**IPPEN, R., HENNE, D. (1991)**

Obduktionsbefunde bei Equiden aus Tiergärten.

Verh Ber Erkr Zootiere 33: 337-343.

**IUCN (2002)**

Red list of endangered species. [www.redlist.org](http://www.redlist.org) (eingesehen am 07.08.2003).

**JANIS, C. (1976)**

The evolutionary strategy of the Equidae and the origins of rumen and cecal digestion.

Evolution 30: 757-774.

**JENSEN, B.B. (1996)**

Methanogenesis in monogastric animals.

Environ Monit Assess 42: 99-112.

**JEROCH, H., FLACHOWSKY, G., WEIßBACH, F. (Hrsg.) (1993)**

Futtermittelkunde.

Gustav Fischer Verlag, Jena/Stuttgart.

**JONES, D.M. (1979)**

The husbandry and veterinary care of captive rhinoceroses.

Int Zoo Yb 19: 239-252.

**KAMINSKI, B.T., RZEMPOLUCH, J. (1993)**

Evaluation of the influence of certain epidemiologic factors on development of uterine myomas.

Wiad Lek 46: 592-596.

**KAMPHUES, J. (1991)**

Calcium metabolism of rabbits as an etiological factor for urolithiasis.

J Nutr 121: S95-S96.

**KAMPHUES, J., SCHNEIDER, D., LEIBETSEDER, J. (1999)**

Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung.

9., überarbeitete Auflage, Verlag M. & H. Schaper Alfeld-Hannover.



- KERN, D.L., SLYTER, L.L., LEFFEL, E.C., WEAVER, J.M., OLTJEN, R.R. (1974)**  
 Ponies vs. steers: microbial and chemical characteristics of intestinal ingesta.  
*J Anim Sci* 38: 559-564.
- KIEFER, B. (2002)**  
 Qualität und Verdaulichkeit der vom Breitmaulnashorn aufgenommenen Nahrung.  
 Diss. med. vet., München.
- KIENZLE, E. (1991)**  
 Ernährung und Urolithiasis bei Haussäugetieren.  
*Übers Tierernährg* 19: 157-200.
- KIENZLE, E. (1994)**  
 Small intestinal digestion of starch in the horse.  
*Revue Med Vet* 145: 199-204.
- KIENZLE, E., FEHRLE, S., OPITZ, B. (2002)**  
 Interactions between the apparent energy and nutrient digestibilities of a concentrate mixture and roughages in horses.  
*J Nutr* 132: 1778S-1780S.
- KIRKWOOD, J.K. (1991)**  
 Energy requirement for maintenance and growth of wild mammals, birds and reptiles in captivity.  
*J Nutr* 121: S29-S34.
- KIRKWOOD, J.K. (1996)**  
 Nutrition of captive and free-living wild animals.  
 In: BSAVA Manual of Small Animal Nutrition: 235-243.
- KLEIBER, M. (1961)**  
 The fire of life: an introduction to animal energetics.  
 Wiley, New York.
- KOCK, R.A., GARNIER, J. (1993)**  
 Veterinary management of three species of rhinoceroses in zoological collections.  
 In: Ryder, O.A. (Hrsg.) Rhinoceros biology and conservation.  
 Proc Int Rhino Conf Zool Soc San Diego: 325-345.
- KRÜLL, H.D. (1984)**  
 Untersuchungen über Aufnahme und Verdaulichkeit von Grünfütter 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., Berlin.



- LANG, E.M. (1961)**  
 Beobachtungen am Indischen Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*).  
*Zool Garten NF* 25: 369-409.
- LANG, E.M. (1966)**  
 Krankheit und Tod des Panzernashornbullens Gadadhar.  
*Verh Ber Erkr Zootiere* 8: 301-307.
- LANG, E. M. (1976)**  
 Nashörner.  
 In: Klöß, H.-G., Lang, E.M. (Hrsg.) Zootierkrankheiten.  
 Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg: 164-172.
- LANG, E.M. (2000)**  
 Asiatische Nashörner.  
 In: Grzimek, B. (Hrsg.) Grzimeks Tierleben, Band 13, Säugetiere 4.  
 Weltbild Verlag, Augsburg, unveränderter Nachdruck der dtv-Ausgabe von 1979/80:  
 42-47.
- LAURIE, W.A. (1979)**  
 The ecology and behaviour of the greater one-horned rhinoceros.  
 Ph.D. Dissertation, University of Cambridge.
- LAURIE, A. (1982)**  
 Behavioural ecology of the Greater one-horned rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*).  
*J Zool (Lond)* 196: 307-341.
- LAURIE, A. (1997)**  
 Das Indische Panzernashorn.  
 In: Die Nashörner.  
 Filander-Verlag, Fürth: 95-113.
- LAVERTY, S., PASCOE, J.R., LING, G.V., LAVOIE, J.P., RUBY, A.L. (1992)**  
 Urolithiasis in 68 horses.  
*Vet Surg* 21: 56-62.
- LEIGH, T.H. (1801)**  
 An anatomical description of a male rhinoceros.  
*Phil Trans R Soc Lond* 91: 145-152.
- LINDEMANN, G. (1982)**  
 Untersuchungen über den Einfluss von Lactose- und Stärkezulagen auf die Verdaulichkeit von NH3-aufgeschlossenem Stroh.  
 Diss. med. vet., Hannover.

**LINTZENICH, B.A., WARD, A.M. (1997)**

Hay and pellet ratio: Considerations in feeding ungulates.  
Nutrition Advisory Group Handbook. Fact Sheet 6: 1-12.

**LIVESEY, G., WILKINSON, J.A., ROE, M., FAULKS, R., CLARK, S., BROWN, J.C., KENNEDY, H., ELIA, M. (1995)**

Influence of the physical form of barley grain on the digestion of its starch in the human small intestine and implications for health.  
Am J Clin Nutr 61: 75-81.

**LÖHLEIN, W. (1999)**

Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Futtermitteln beim Asiatischen Elefanten (*Elephas maximus*).  
Diss. med. vet., München.

**MAIR, T.S., OSBORN, R.S. (1986)**

Crystalline composition of equine urinary calculi.  
Res Vet Sci 40: 288-291.

**MALUF, N.S.R. (1987)**

Kidney of the Great Indian Rhino *Rhinoceros unicornis*, Linnaeus.  
Am J Anat 180: 403-421.

**MASON, V.C., FREDERIKSEN, J.H. (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.

**MCQUEEN, R.E., NICHOLSON, J.W.G. (1979)**

Modification of the Neutral-Detergent Fiber Procedure for Cereals and Vegetables by Using alpha-Amylase.  
J Assoc Off Anal Chem 62: 676-680.

**MEYER, H. (1984)**

Intestinaler N-Stoffwechsel, endogene N-Verluste und N-Bedarf ausgewachsener Pferde.  
Übers Tierernährg 12: 251-272.

**MEYER, H. (1992)**

Intestinaler Wasser- und Elektrolytstoffwechsel des Pferdes.  
Übers Tierernährg 20: 135-166.

**MEYER, H., COENEN, M. (2002)**

Pferdefütterung, 4. Auflage.  
Paul Parey Verlag, Berlin.

**MEYER, H., STADERMANN, B. (1990)**

Möglichkeiten zur Bestimmung der Mineralstoffversorgung des Pferdes durch Harnanalysen.  
Fortschr Tierphysiol Tierernähr 21: 86-97.

**MEYER, H., COENEN, M., TELEB, H., PROBST, D. (1986)**

Untersuchungen über Futterzerkleinerung und Freisetzung von Futterinhaltsstoffen im Kopfdarm des Pferdes.  
J Anim Physiol Anim Nutr 56: 266-275.

**MEYER, H., RADICKE, S., KIENZLE, E., WILKE, S., KLEFFKEN, D. (1993)**

Investigations on preileal digestion of oats, corn, and barley starch in relation to grain processing.  
Proc 13th Equine Nutr Physiol Symp: 43-48.

**MILLER, E. (1996)**

Health.  
In: Fouraker, M., Wagener, T. (Hrsg.) AZA Rhinoceros Husbandry Resource Manual.  
Fort Worth, Cockerell Printing Company: 41-51.

**MIRAGLIA, N., BERGERO, D., BASSANO, B., TARANTOLA, M., LADETTO, G. (1999)**

Studies of apparent digestibility in horses and the use of internal markers.  
Livestock Prod Sci 60: 21-25.

**MITCHELL, P.C. (1903/6)**

On the intestinal tract of mammals.  
Trans Zool Soc Lond 17: 437-536.

**MONTALI, R.J., MANN, P.C., JONES, D.M., GRINER, L.A., KUEN, G.R., NARUSHIMA, E., BUSH, M. (1982)**

Lelomyomas in the genital tract of large zoo mammals.  
Verh Ber Erkr Zootiere 24: 117-122.

**MOORE-COLYER, M.J.S., LONGLAND, A.C. (2000)**

Intakes and in vivo apparent digestibilities of four types of conserved grass forage by ponies.  
Anim Sci 71: 527-534.

**MOORE-COLYER, M.J.S., MORROW, H.J., LONGLAND, A.C. (2003)**

Mathematical modelling of digesta passage rate, mean retention time and in vivo apparent digestibility of two different lengths of hay and big-bale grass silage in ponies.  
Br J Nutr 90: 109-118.



**MORALES, J.C., MELNICK, D.J. (1994)**

Molecular Systematics of the Living Rhinoceros.  
Mol Phylog Evol 3: 128-134.

**MUNGALL, B.A., KYAW-TANNER, M., POLLITT, C.C. (2001)**

In vitro evidence for a bacterial pathogenesis of equine laminitis.  
Vet Microbiol 79: 209-23.

**NAUMANN, C., BASSLER, R. (Hrsg.) (1988)**

Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Band III, Methodenbuch.  
Verlag J. Neumann – Neudamm.

**NELSON, L., FOWLER, M.E. (1986)**

Rhinocerotidae.

In: Fowler, M.E. (Hrsg.) Zoo & Wild Animal Medicine, second edition.  
W.B. Saunders Company, Philadelphia: 934-938.

**NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1989)**

Nutrient requirements for horses. 5<sup>th</sup> edition.  
National Academy Press, Washington DC.

**OFTEDAL, O.T., ALLEN, M.E. (1996)**

The feeding and nutrition of omnivores with emphasis on primates.

In: Kleimann, D.G., Allen, M.E., Thompson, K.V., Lumpkin, S. (Hrsg.) Wild Mammals  
in Captivity: Principles and Techniques.  
University of Chicago Press, Chicago: 148-157.

**OFTEDAL, O.T., BAER, D.J., ALLEN, M.E. (1996)**

The feeding and nutrition of herbivores.

In: Kleimann, D.G., Allen, M.E., Thompson, K.V., Lumpkin, S. (Hrsg.) Wild Mammals  
in Captivity: Principles and Techniques.  
University of Chicago Press, Chicago: 129-138.

**OKAMOTO, M. (1997)**

Comparison of particle size in the feces of various herbivores.  
J Rakuno Gakuen Univ 22: 151-153.

**OKOROWONKO, M.O. (1999)**

Body weight and uterine leiomyomas among women in Nigeria.  
West Afr J Med 18: 52-54.

**OLSMAN, A.F.S., JANSEN, W.L., SLOET VAN OLDRUITENBORGH-  
OOSTERBAAN, M.M., BEYNEN, A.C. (2003)**

Assessment of the minimum protein requirement of adult ponies.  
J Anim Physiol Anim Nutr 87: 205-212.



**ORTON, R.K., HUME, I.D., LENG, R.A. (1985)**

Effects of exercise and level of dietary protein on digestive function in horses.  
Equine Vet J 17: 386-390.

**OWEN, T.R. (1862)**

On the anatomy of the Indian Rhinoceros (*Rh. unicornis*, L.).  
Trans Zool Soc Lond 4: 31-68.

**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.

In: Pagan JD (Hrsg.) Advances in equine nutrition.  
Proc Equine Nutr Conf, Lexington, Kentucky: 89-104.

**PAGAN, J.D., HINTZ, H.F. (1986)**

Equine energetics. I. Relationship between body weight and energy requirements in  
horses.  
J Anim Sci 63: 815-821.

**PAPPENHEIMER, J.R. (1998)**

Scaling dimensions of small intestines in non-ruminant eutherian mammals and its  
significance for absorptive mechanisms.  
Comp Biochem Physiol 121A: 45-58.

**PARKINS, J.J., SNOW, D.H., ADAMS, S. (1982)**

The apparent digestibility of complete diet cubes given to thoroughbred horses and  
the use of chromic oxide as an inert faecal marker.  
Br Vet J 138: 350-355.

**PARRA, R. (1978)**

Comparison of foregut and hindgut fermentation in herbivores.

In: Montgomery, G.G. (Hrsg.) The ecology of arboreal foliores.  
Smithsonian Institution Press, Washington DC: 205-230.

**PEARSON, R.A., ARCHIBALD, R.F., MUIRHEAD, R.H. (2001)**

The effect of forage quality and level of feeding on digestibility and gastrointestinal  
transit time of oat straw and alfalfa given to ponies and donkeys.  
Br J Nutr 85: 599-606.

**POCOCK, R.I. (1945)**

Some cranial and dental characters of the existing species of Asiatic rhinoceroses.  
Proc Zool Soc Lond 114: 437-450.



**PRIOR, R.L., HINTZ, H.F., LOWE, J.E., VISEK, W.J. (1974)**

Urea recycling and metabolism of ponies.  
J Anim Sci 38: 565-571.

**PROTHERO, D.R., MANNING, E., HANSON, C.B. (1986)**

The phylogeny of the Rhinocerotidea (Mammalia, Perissodactyla).  
Zool J Linn Soc 87: 341-366.

**RADICKE, S. (1990)**

Untersuchungen zur Verdauung von Mais- und Haferstärke beim Pferd.  
Diss. med. vet., Hannover.

**RAINBIRD, A., KIENZLE, E. (1988)**

Untersuchungen zum Energiebedarf des Hundes in Abhängigkeit von Rassezugehörigkeit und Alter.  
Kleintierpraxis 35: 149-158.

**REID, J.T., WHITE, O.D. (1978)**

Comparative energetic efficiency of farm animals.  
Univ Arkansas Agr Exp Sta Special Rep: 72.

**RIETSCHEL, W. (1996)**

Obstipation und Schlundverstopfung beim Panzernashorn.  
16. Arbeitstagung der Zootierärzte im deutschsprachigen Raum, Leipzig: 103-109.

**RITZMAN, E.G., BENEDICT, F.G. (1938)**

Nutritional physiology of the adult ruminant.  
Carnegie Institution of Washington, Washington DC.

**ROBBINS, C.T. (1993)**

Wildlife feeding and nutrition.  
Academic Press, Inc., London, San Diego.

**ROBLES, A.Y., BELYEA, R.L., MARTZ, F.A., WEISS, M.F. (1980)**

Effect of particle size upon digestible cell wall and rate of in vitro digestion of alfalfa and orchard grass forages.  
J Anim Sci 51: 783-90.

**RÜEDI, D. (1984)**

The great Indian rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*).  
in: Ryder, O.A., Byrd, M.L. (Hrsg.) *One Medicine*.  
Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: 171-190

**RÜEDI, D. (1995)**

Elefanten.  
In: Göllthenboth, R., Klös, H.-G. (Hrsg.), *Krankheiten der Zoo- und Wildtiere*.  
Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin: 156-189.



**RÜEDI, D., MÜLLER, R. (1975)**

Klinische und physiologisch-anatomische Aspekte einer interstitiellen Pneumonie beim Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*) im Zoo Basel.  
Verh Ber Erkr Zootiere 17: 75-79.

**SALLMANN, H.P., KIENZLE, E., FUHRMANN, H., GRUNWALD, D., EILMANN, I., MEYER, H. (1992)**

Einfluss einer marginalen Fettversorgung auf Fettverdaulichkeit, Lipidgehalt und -Zusammensetzung von Chymus, Gewebe und Blut.  
1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 124-127.

**SATO, F., NISHI, M., KUDO, R., MIYAKE, H. (1998)**

Body fat distribution and uterine leiomyomas.  
J Epidemiol 8: 176-180.

**SCHENKEL, R. (1987)**

Asiatische Nashörner.  
In: Grzimeks Enzyklopädie, Säugetiere Band 4.  
Kindler Verlag GmbH, München: 635-642.

**SCHMIDT, M. (1980)**

Untersuchungen über die Verträglichkeit und Verdaulichkeit eines pelletierten Mischfutters für Pferde in Kombination mit Heu und NH<sub>3</sub>-aufgeschlossenem Stroh.  
Diss. med. vet., Hannover.

**SCHNEIDER, H.-J. (1999)**

Hufrehe (*Pododermatitis diffusa aseptica*).  
In: Dietz, O., Huskam, B. (Hrsg.) *Handbuch Pferdepraxis*.  
Enke Verlag, Stuttgart, 2. Auflage: 916-918.

**SCHRAG, I. (1999)**

Untersuchungen zur Bruttoenergiebestimmung an isolierten Einzelfuttermitteln sowie an kommerziellen Futtermitteln für Hund und Katze.  
Diss. med. vet., München.

**SCHRYVER, H.F., CRAIG, P.H., HINTZ, H.F. (1970)**

Calcium metabolism in ponies fed varying levels of calcium.  
J Nutr 100: 955-964.

**SCHRYVER, H.F., HINTZ, H.F., CRAIG, P.H. (1971)**

Calcium metabolism in ponies fed a high phosphorus diet.  
J Nutr 101: 259-264.

**SCHRYVER, H.F., HINTZ, H.F., LOWE, J.E. (1974)**

Calcium and phosphorus in the nutrition of the horse.  
Cornell Vet 64: 493-515.



- SCHRYVER, H.F., FOOSE, T.J., WILLIAMS, J., HINTZ, H.F. (1983)**  
Calcium excretion in feces of ungulates.  
*Comp Biochem Physiol* 74 A: 375-379.
- SCHURG, W.A. (1981)**  
Compilation of data evaluating various techniques for determining digestion of equine rations.  
*Equine Nutr Physiol Symp* 7: 1.
- SCHWARTZ, S.M., MARSHALL, L.M., BAIRD, D.D. (2000)**  
Epidemiologic contributions to understanding the etiology of uterine leiomyomata.  
*Environ Health Perspect* 108 (Suppl. 5): 821-827.
- SCHWITZER, C., KAUMANN, W. (2001)**  
Body weights of ruffed lemurs (*Varecia variegata*) in European zoos with reference to the problem of obesity.  
*Zoo Biology* 20: 261-269.
- SELISKAR, A., FLACH, E.J., LUNA, S.P.L., EATWOOD, R. (2000)**  
Isoflurane anaesthesia in an Indian Rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*).  
*Proceedings 7th World Congress of Veterinary Anaesthesia, Berne Sept 2000*: 147-148.
- SHIKORA, S.A., NILOFF, J.M., BISTRAN, B.R., FORSE, R.A., BLACKBURN, G.L. (1991)**  
Relationship between obesity and uterine leiomyomata.  
*Nutrition* 7: 251-255.
- SILBERMAN, M.S., FULTON, R.B. (1979)**  
Medical problems of captive and wild rhinoceros – a review of literature and personal experiences.  
*J Zoo Anim Med* 10: 6-16.
- SIMONS, L.G., JENKE, B. (1977)**  
Impaction in a Great Indian Rhinoceros.  
*Am Assoc Zoo Vet Ann Proc, Honolulu, Hawaii*: 125-135.
- SIMPSON, G.G. (1945)**  
The principles of classification and a classification of mammals.  
*Bull Amer Mus N H* 85: 1-350.
- SLADE, L.M., ROBINSON, D.W. (1970)**  
Nitrogen metabolism in nonruminant herbivores. II. Comparative aspects of protein digestion.  
*J Anim Sci* 30: 761-763.



- SNIPES, R.L. (1997)**  
Intestinal absorptive surface in mammals of different sizes.  
*Adv Anat Embryol Cell Biol* 138: 1-90.
- STADERMANN, B., NEHRING, T., MEYER, H. (1992)**  
Calcium- und Magnesiumabsorption bei Rauhfutter oder Mischfutter.  
1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 77-80.
- STEVENS, C.E., HUME, I.D. (1995)**  
Comparative physiology of the vertebrate digestive system.  
Cambridge University Press, Cambridge.
- STRAUß, G., SEIDEL, B. (1982)**  
Pododermatitis purulenta beim Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*) – Ein Fallbericht.  
*Verh Ber Erkr Zootiere* 24: 177-181.
- STRAUß, G., SEIDEL, B. (1985)**  
Anämie bei einem Panzernashorn – Ein Beitrag zu den Erkrankungen der Nashörner.  
*Verh Ber Erkr Zootiere* 27: 379-384.
- STRAUß, G., WISSER, J. (1995)**  
Veterinärmedizinische Aspekte der Nashornhaltung im Tierpark Berlin Friedrichsfelde.  
*Verh Ber Erkr Zootiere* 37: 59-69.
- SUHARTANTO, B., JULLIAND, V., FAURIE, F., TISSERAND, J.L. (1992)**  
Comparison of digestion in donkeys and ponies.  
1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 158-161.
- SUTTON, E.I., BOWLAND, J.P., MCCARTHY, J.F. (1977)**  
Studies with horses comparing 4N-HCl insoluble ash as an index material with total faecal collection in the determination of apparent digestibilities.  
*Can J Anim Sci* 57: 543-549.
- THIELEMANS, M.F., FRANÇOIS, E., BODART C., THEWIS, A. (1978)**  
Mesure du transit gastro-intestinal chez le porc à l'aide des radiolanthides. Comparaison avec le mouton.  
*Ann Biol Anim Biochim Biophys* 18: 237-247.
- TONG, E.H. (1960)**  
The breeding of the Great Indian Rhinoceros at Whipsnade Park.  
*Int Zoo Yb* 2: 12-15.

**UDÉN, P. (1992)**

The influence of leaf and stem particle size in vitro and of sample size in sacco on neutral detergent fibre fermentation kinetics.  
Anim Feed Sci Technol 37: 85-97.

**UDÉN, P., VAN SOEST, P.J. (1982)**

The determination of digesta particle size in some herbivores.  
Anim Feed Sci Technol 7: 35-44.

**UDÉN, P., COLUCCI, P.E., VAN SOEST, P.J. (1980)**

Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies.  
J Sci Food Agric 31: 625-632.

**UDÉN, P., ROUNSAVILLE, T.R., WIGGANS, G.R., VAN SOEST, P.J. (1982)**

The measurement of liquid and solid digesta retention times in ruminants, equines and rabbits given timothy hay.  
Br J Nutr 48: 329-339.

**VAN HOVEN, W., GILCHRIST, F.M., LIEBENGERG, H., VAN DER MERWE, C.F. (1998)**

Three new species of ciliated protozoa from the hindgut of both white and black wild African rhinoceroses.  
Onderstepoort J Vet Res 65: 87-95.

**VAN SOEST, P.J. (1967)**

Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages.  
J Anim Sci 26: 119-125.

**VERTER, W., HAMANN, J., MAYR, A. (1999)**

Krankheiten der Atmungsorgane.  
In: Dietz, O., Huskam, B. (Hrsg.) Handbuch Pferdepraxis.  
Enke Verlag, Stuttgart, 2. Auflage: 313-361.

**VOGEL, P. (1817)**

Analyse des Urins vom Rhinoceros und vom Elefanten.  
J Chemie Physiol 19: 156-165.

**VON HOUWALD, F. (2001)**

Food problems in Indian rhinoceroses (*Rhinoceros unicornis*) in zoological gardens: Macroscopic and microscopic anatomy, pathology, and evaluation of the causes.  
Diss. med. vet., Zürich

**VON HOUWALD, F., FLACH, E.J. (1998)**

Prevalence of chronic foot disease in captive Greater one-horned rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*).  
Proc Meet Europ Ass Zoo Wildl Vet 2: 323-327.

**WALLACH, J.D., BOEVER, W.J. (1983)**

Perissodactyla (Equids, Tapirs, Rhinos), Proboscidae (Elefants), and Hippopotamidae (Hippopotamus).  
In: Wallach, J.D., Boever, W.J. (Hrsg.) Diseases of exotic animals  
W.B. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania: 761-829.

**WARD, A.M., LINTZENICH, B., MASLANKA, M. (1999)**

Too much or too little of a good thing: weight management from the zoo nutritionist's perspective.  
Proc Am Ass Zoo Vets: 320-324.

**WATKINS, B.E. (1985)**

Economic Considerations in Feeding Zoo Animals.  
Proc Dr Scholl Conf Nutr Captive Wild Anim 4/5: 100-113.

**WEBER, M. (1928)**

Die Säugetiere. Einführung in die Anatomie und Systematik der recenten und fossilen Mammalia, Band II, Systematischer Teil.  
Nachdruck 1967, A. Asher & Co, Amsterdam.

**WENKEL, R., BERG, W., PRANGE, H. (1998)**

Harnsteine bei Kleintieren und anderen Tierarten - eine retrospektive Studie aus den Jahren 1980-1989.  
Dtsch Tierärztl Wschr 105: 182-186.

**WESTERVELT, R.G., STOUFFER, J.R., HINTZ, H.F., SCHRYVER, H.F. (1976)**

Estimating fatness in horses and ponies.  
J Anim Sci 43: 781-785.

**WIEMANN, K. (Hrsg.) (1993)**

MDS-Manual der Diagnostik und Therapie.  
MDS Sharp & Dohme GmbH, München, Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore.

**WIRZ-HLAVACEK, G. (1999)**

International Studbook for the Greater One-Horned Rhinoceros.  
10<sup>th</sup> ed., Basel Zoo, Schweiz.

**WIRZ-HLAVACEK, G., ZSCHOCKKE, S., STUDER, P. (2001)**

International Studbook for the Greater One-Horned Rhinoceros.  
11<sup>th</sup> ed., Basel Zoo, Schweiz.



**WOLTER, R., GOUY, D., DURIX, A., LETOURNEAU, J.C., CARCELEN, M., LANDEREAU, J. (1978)**

Digestibilité et activité biochimique intracaecale chez le poney recevant un même aliment complet prénété sous forme granulée, expansé ou semi-expansé.

Ann Zootech 27: 47-60.

**WONDRA, K.J., HANCOCK, J.D., KENNEDY, G.A., HINES, R.H., BEHNKE, K.C. (1995)**

Reducing particle size of corn in lactation diets from 1,200 to 400 micrometers improves sow and litter performance.

J Anim Sci 73: 421-426.

**XU, X., ARNASON, U. (1997)**

The Complete Mitochondrial DNA Sequence of the White Rhinoceros, *Ceratotherium simum*, and Comparison with the mtDNA Sequence of the Indian Rhinoceros, *Rhinoceros unicornis*.

Mol Phylog Evol 7: 189-194.

**XU, X., JANKE, A., ARNASON, U. (1996)**

The Complete Mitochondrial DNA Sequence of the Greater Indian Rhinoceros, *Rhinoceros unicornis*, and the Phylogenetic Relationship Among Carnivora, Perissodactyla, and Artiodactyla (+ Cetacea).

Mol Biol Evol 13: 1167-1173.

**ZEYNER, A. (1995)**

Ermittlung des Gehalts an verdaulicher Energie im Pferdefutter über die Verdaulichkeitsschätzung.

Übers Tierernährg 23: 55-104.

**ZEYNER, A., KIENZLE, E. (2002)**

A method to estimate digestible energy in horse feed.

J Nutr 132: 1771S-1773S.

**ZEYNER, A., HOFFMANN, M., FUCHS, R. (1992)**

Möglichkeiten zur Schätzung des Energiegehaltes in Rationen zur Sportpferdefütterung.

1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 175-178.



## 8. Tabellenanhang

Legende zu den Tabellen:

Haltungen:

M = München

N = Nürnberg

B = Basel

NY = New York

Rationen:

KG = Kraft- und Grundfütterration

G = Grundfütterration

Tab. A: *Gehalte an Nährstoffen, Gerüstsubstanzen, Bruttoenergie und Mineralien der einzelnen Rauhfuttermittel*

Futter	Hal- tung & Ration	TS	OS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	Nfe	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	GE	Ca	P	Cu	Fe	Zn
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	kJ/g	g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>Rauh- futter</b>																				
Heu	M KG	90,9	94,1	5,9	7,8	0,9	32,5	53,0	19,4	66,0	34,3	3,0	31,8	31,3	18,3	3,8	2,0	5,9	287,3	19,4
	M G	91,0	94,6	5,4	8,5	1,2	35,2	49,8	13,7	71,3	37,6	3,8	33,7	33,8	18,8	3,5	2,2	6,7	182,9	21,7
	N KG	91,1	95,7	4,3	6,0	1,2	36,5	52,0	17,0	71,4	39,6	5,6	31,8	34,1	18,7	3,3	2,5	5,7	75,6	38,9
	N G	91,3	95,5	4,5	6,1	0,9	37,5	51,0	20,5	68,0	40,7	6,0	27,3	34,7	18,5	3,5	2,1	4,9	37,6	41,3
	NY KG	92,1	94,4	5,6	6,7	2,7	36,8	48,2	23,0	62,0	40,1	7,8	21,8	32,3	19,8	8,0	1,9	6,1	28,0	30,4
	NY G	91,6	93,8	6,2	7,3	1,9	36,0	48,5	18,8	65,7	40,4	6,7	25,3	33,7	19,4	5,7	1,2	5,3	24,7	29,4
Silage	N KG	63,2	90,4	9,6	8,3	2,3	36,4	43,4	8,5	71,4	39,2	3,7	32,2	35,5	18,2	3,5	3,3	5,8	48,5	25,1
	N G	65,3	91,3	8,7	8,4	1,9	36,9	44,1	6,4	74,6	40,7	3,5	34,0	37,1	18,2	3,0	3,1	5,8	51,2	24,6
Stroh	B KG	92,0	97,0	3,0	5,1	0,2	43,9	47,9	9,2	82,6	51,3	6,0	31,3	45,3	18,5	3,1	0,8	4,3	40,8	7,6
	B G	92,6	94,0	6,0	4,3	0,4	44,4	44,9	6,4	82,9	51,9	7,0	31,0	44,9	18,5	3,1	1,2	4,2	44,2	5,9
gepreßt. Misch- futter ("Pferde- cobs")	B	89,2	90,9	9,1	9,6	3,6	29,6	48,2	21,0	56,8	34,2	5,4	22,6	28,8	18,4	10,3	5,4	9,5	238,9	44,4

Tab. B: *Gehalte an Nährstoffen, Gerüstsubstanzen, Bruttoenergie und Mineralien einzelner Futtermittel*

Futter	Hal- tung	TS	OS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	Nfe	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	GE	Ca	P	Cu	Fe	Zn
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	kJ/g	g/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>Pelletiertes Mischfutter</b>																				
	M	86,2	89,8	10,2	15,2	4,0	23,5	47,1	27,5	43,2	27,4	8,3	15,7	19,1	18,3	13,2	6,7	17,6	386,9	302,9
	N 1	89,0	91,2	8,8	16,1	3,2	22,8	49,2	15,6	56,4	27,8	4,7	28,5	23,1	18,4	6,9	3,8	18,2	476,1	71,6
	N 2	85,1	89,7	10,3	22,0	2,6	12,0	53,1	27,4	37,7	13,7	2,7	24,0	11,0	18,0	13,8	6,9	125,5	582,0	294,5
	N 3	87,1	89,7	10,3	14,9	3,4	16,8	54,6	30,3	41,1	17,8	2,3	23,3	15,5	17,9	11,6	8,6	20,2	476,6	166,4
	NY	86,7	89,8	10,2	23,0	7,3	8,1	51,3	30,6	28,9	10,9	2,7	18,0	8,2	19,2	15,9	10,2	12,9	171,0	217,1
	B	88,9	91,7	8,3	18,5	2,6	8,9	61,7	45,5	25,1	11,3	2,6	13,9	8,7	18,8	11,8	7,2	12,7	326,9	135,3
Brot		88,4	96,1	3,9	16,6	3,9	1,7	73,8	69,1	6,5	2,7	0,5	3,8	2,2	18,9	1,0	2,3	3,7	28,4	15,2
<b>Mineral- futter</b>																				
	M	95,3	14,6	85,4	0,8	0,5	1,6	11,7	8,1	5,2	1,4	0,4	3,8	1,0	2,0	204,9	6,1	676,7	1621,9	2908,5
	N	88,8	52,4	47,6	8,2	0,8	3,8	39,6	30,5	13,0	5,0	0,6	7,9	4,5	9,5	100,3	1,9	1007,6	1530,4	3004,7
<b>Obst &amp; Gemüse</b>																				
	Apfel	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	19,1	0,4	1,0	2,2	9,0	5,9
	Birne	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	17,2	0,2	1,1	8,7	6,7	15,3
	Banane	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	17,3	0,5	1,9	5,7	11,4	8,4
	Rote Beete	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	17,4	1,8	0,7	9,6	22,3	32,2
	Sellerie	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	16,5	3,2	1,3	9,6	66,5	28,4
	Orangen ohne Schale	11,9	96,1	3,9	7,8	0,9	7,0	80,4	79,3	8,1	5,7	1,2	2,4	4,5	18,2	2,7	0,4	3,8	13,8	12,1
	Salat	5,4	72,4	27,6	27,5	1,9	12,8	30,2	6,7	36,3	21,9	9,8	14,4	12,1	14,7	13,8	0,6	10,0	1898,7	24,6
	Möhren	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	17,7	2,3	0,5	5,6	24,7	31,2

N 1-3: in Nürnberg werden drei verschiedene pelletierte Mischfuttermittel verfüttert

Tab. C: Futtermittelmenge der einzelnen Rationsbestandteile pro Tier in kg uS

Tier	Hal-	Ra-	Silage	Heu	Stroh	gepreßtes Mischfutter ("Pferde- cobs")	Rinden- mulch (gesch., max.)	Rauh- futter gesamt	Mineral- futter	pelle- tisiertes Misch- futter	Obst & Gemüse	unstruk- turiertes Futter <sup>1</sup> gesamt	Verhältnis un- strukturiertes/ strukturiertes Futter	Gesamt
Nikolaus M	KG		17,7					17,7	0,2	4,4	28,3	32,7	1,8	50,8
Rapti M	KG		11,4					11,4	0,2	3,5	22,0	25,6	2,2	37,2
Nikolaus M	G		18,9					18,9					0	18,9
Rapti M	G		9,6					9,6					0	9,6
Noel N	KG		23,7	5,5				29,1	0,3	8,4	8,0	16,4	0,6	45,8
Purana N	KG		17,0	3,2				20,1	0,1	6,7	5,8	12,5	0,6	32,8
Noel N	G		27,9	4,4				32,2			0,7	0,7	0,0	32,9
Purana N	G		20,9	1,9				22,8			0,6	0,6	0,0	23,3
Jaffna B	KG				11,6	4,7		16,3		6,0	17,5	23,5	1,4	39,8
Ellora B	KG				10,9	4,9		15,8		4,1	17,4	21,5	1,4	37,3
Quetta B	KG				8,8	2,6		11,4		3,3	16,8	20,1	1,8	31,5
Jaffna B	G*				15,4	4,9	7,7	28,0			9,7	9,7	0,3	37,6
Ellora B	G*				12,2	4,8	5,9	22,9			9,7	9,7	0,4	32,7
Quetta B	G*				14,4	4,0	8,2	26,5			9,7	9,7	0,4	36,2
Vinu NY	KG		19,2					19,2		3,7		3,7	0,2	22,8
Kali NY	KG		21,2				7,7	21,2		3,1		3,1	0,1	24,3
Penny NY	KG		23,2				5,9	23,2		3,2		3,2	0,1	26,4
Pinky NY	KG		11,9				8,2	11,9		3,2		3,2	0,3	15,0
Vinu NY	G		19,3					19,3					0	19,3
Kali NY	G		19,9					19,9					0	19,9
Penny NY	G		22,2					22,2					0	22,2
Pinky NY	G		14,5					14,5					0	14,5

\*mit berechneter Rindenmulchaufnahme  
<sup>1</sup>d.h. pelletiertes Mischfutter und Obst und Gemüse

Tab. D: Futtermittelmenge der einzelnen Rationsbestandteile pro Tier in kg TS

Tier	Hal-	Ra-	Silage	Heu	Stroh	gepreßtes Mischfutter ("Pferde- cobs")	Rinden- mulch (gesch., max.)	Rauh- futter gesamt	Mineral- futter	pelle- tisiertes Misch- futter	Obst & Gemüse	unstruk- turiertes Futter <sup>1</sup> gesamt	Verhältnis un- strukturiertes/ strukturiertes Futter	Gesamt
Nikolaus M	KG		16,1					16,1	0,2	3,9	3,2	7,1	0,4	23,4
Rapti M	KG		10,4					10,4	0,2	3,1	2,6	5,7	0,5	16,3
Nikolaus M	G		17,2					17,2					0	17,2
Rapti M	G		8,8					8,8					0	8,8
Noel N	KG		15,0	5,0				19,9	0,2	7,5	1,2	8,6	0,4	28,8
Purana N	KG		10,7	2,9				13,6	0,1	5,7	0,9	6,6	0,5	20,3
Noel N	G		18,2	4,0				22,2			0,1	0,1	0,0	22,3
Purana N	G		13,6	1,7				15,3			0,1	0,1	0,0	15,4
Jaffna B	KG				10,7	4,2		14,9		5,3	2,4	7,7	0,5	22,6
Ellora B	KG				10,0	4,3		14,4		3,6	2,4	6,0	0,4	20,4
Quetta B	KG				8,1	2,3		10,4		3,0	2,3	5,2	0,5	15,7
Jaffna B	G*				14,3	4,3	5,4	24,0			1,3	1,3	0,1	25,3
Ellora B	G*				11,3	4,3	4,2	19,7			1,3	1,3	0,1	21,0
Quetta B	G*				13,3	3,6	5,7	22,6			1,3	1,3	0,1	23,9
Vinu NY	KG		17,6					17,6		3,2		3,2	0,2	20,8
Kali NY	KG		19,5					19,5		2,7		2,7	0,1	22,2
Penny NY	KG		21,4					21,4		2,7		2,7	0,1	24,1
Pinky NY	KG		10,9					10,9		2,7		2,7	0,3	13,7
Vinu NY	G		17,7					17,7					0	17,7
Kali NY	G		18,3					18,3					0	18,3
Penny NY	G		20,3					20,3					0	20,3
Pinky NY	G		13,3					13,3					0	13,3

\*mit berechneter Rindenmulchaufnahme  
<sup>1</sup>d.h. pelletiertes Mischfutter und Obst und Gemüse

Tab. E: TS-Gehalt des Kots, ausgeschiedene gewogene Kotmenge in kg uS und TS sowie die Kotwasser-Menge in kg pro Tier und Tag

Name	Haltung Ration		TS %	Kotmenge uS kg	Kotmenge TS kg	Wasser im Kot kg
Nikolaus	M	KG	17,91	57,64	10,33	47,31
Rapti	M	KG	17,47	38,10	6,66	31,44
Nikolaus	M	G	17,50	58,39	10,22	48,17
Rapti	M	G	17,79	25,33	4,51	20,82
Noel	N	KG	17,43	73,04	12,73	60,31
Purana	N	KG	17,97	46,27	8,31	37,96
Noel	N	G	15,14	63,25	9,58	53,67
Purana	N	G	16,54	36,30	6,00	30,30
Jaffna	B	KG	16,22	65,83	10,68	55,15
Ellora	B	KG	15,39	62,14	9,57	52,57
Quetta	B	KG	16,09	41,30	6,64	34,66
Jaffna	B	G	16,08	91,22	14,67	76,55
Ellora	B	G	16,23	80,43	13,05	67,38
Quetta	B	G	16,46	83,52	13,75	69,77
Vinu	NY	KG	20,19	45,17	9,12	36,05
Kali	NY	KG	20,42	51,14	10,44	40,70
Penny	NY	KG	21,52	41,46	8,92	32,54
Pinky	NY	KG	19,25	32,23	6,20	26,03
Vinu	NY	G	19,33	48,33	9,34	38,99
Kali	NY	G	20,51	45,35	9,30	36,05
Penny	NY	G	21,85	43,72	9,55	34,17
Pinky	NY	G	20,83	41,30	8,60	32,70

Tab. F: Scheinbare Verdaulichkeit (%) der Trockensubstanz, der organischen Substanz, der Bruttoenergie, der Rohnährstoffe, der Faserbestandteile und der Mineralstoffe sowie die Verdaulichkeit des Nicht-Zellwand-Proteins (nZP) in % von den einzelnen Tieren

Name	Haltung Ration		TS	oS	GE	Ra	Rp	Rfe	Rfa	Nfe	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	Ca	P	nZP
Nikolaus	M	KG	56	56	52	49	53	15	40	65	86	41	36	-1	47	41	80	-9	88
Rapti	M	KG	59	60	56	50	52	17	42	70	88	45	41	-2	48	48	76	-18	90
Nikolaus	M	G	41	42	39	13	41	-6	37	47	61	39	34	-7	45	39	79	-6	85
Rapti	M	G	49	49	47	38	56	12	38	57	80	43	38	3	50	42	77	-3	91
Noel	N	KG	56	56	52	57	51	30	51	61	77	52	51	17	54	56	65	7	91
Purana	N	KG	59	59	56	57	57	12	53	66	82	55	52	13	58	57	74	14	93
Noel	N	G	57	57	53	54	46	-2	60	59	61	60	59	18	60	64	67	7	91
Purana	N	G	61	62	58	52	47	0	67	63	70	64	66	42	62	68	60	-1	91
Jaffna	B	KG	53	54	50	37	55	38	39	62	82	40	38	18	44	41	66	9	88
Ellora	B	KG	53	54	50	32	51	40	41	63	82	42	41	21	45	44	61	6	88
Quetta	B	KG	58	59	52	36	56	22	45	68	83	48	48	29	49	51	61	-6	88
Jaffna	B	G*	42	42	38	43	38	-2	37	47	76	35	36	19	34	41	73	8	84
Ellora	B	G*	38	38	34	41	39	-11	31	45	77	29	32	20	25	35	62	1	85
Quetta	B	G*	42	42	39	41	45	-22	37	48	77	36	35	19	38	39	70	8	82
Vinu	NY	KG	56	57	50	44	62	30	45	66	79	48	47	35	51	50	79	-1	93
Kali	NY	KG	53	54	48	44	52	48	41	63	76	45	42	30	48	46	79	-19	91
Penny	NY	KG	63	63	59	61	66	36	53	72	85	55	53	44	59	56	83	29	94
Pinky	NY	KG	55	55	53	46	63	44	40	64	81	43	39	25	50	43	74	7	92
Vinu	NY	G	47	47	43	50	57	-41	33	59	74	41	36	10	49	41	80	-72	90
Kali	NY	G	49	49	45	51	58	-4	38	58	73	43	38	13	50	43	83	-59	92
Penny	NY	G	53	53	49	59	57	-35	43	59	78	47	43	19	54	48	78	-51	92
Pinky	NY	G	35	35	29	39	43	-33	20	47	59	29	23	-17	39	31	68	-129	88

\* mit berechneter Rindenmulchaufnahme



Tab. G: Differenzverdaulichkeit (%) des Kraftfütteranteils der KG-Rationen pro Tier

Name	Haltung	TS	oS	GE	Rp	Rfa	NDF	ADF	HC	C	Nfe
Nikolaus	M	87	86	76	64	50	42	32	58	46	98
Rapti	M	78	79	72	47	62	52	57	41	85	90
Noel	N	53	51	50	57	16	27	19	35	22	62
Purana	N	54	53	51	67	-23	18	-22	48	-9	69
Viru	NY	106	115	90	72	335	140	275	66	244	101
Kali	NY	82	89	71	41	128	77	173	30	131	98
Penny	NY	142	151	139	87	391	193	357	104	301	164
Pinky	NY	132	140	152	86	404	164	284	100	234	126

Tab. H: Laktatwerte im Kot (in mmol/l Kotwasser) pro Tier

Tier	Haltung	Ration KG	Ration G
Nikolaus	M	0,3	
Rapti	M	1,7	1,4
Noel	N	2,2	3,6
Purana	N	1,9	2,7
Jaffna	B	2,4	1,1
Ellora	B	1,8	1,2
Quetta	B	1,9	2,2

Tab. I: Gehalt an flüchtigen Fettsäuren im Kot (mmol/l Kotwasser), Summe von Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure (mmol/l Kotwasser), prozentuale Verteilung der flüchtigen Fettsäuren (%) und C2:C3-Verhältnis der einzelnen Tiere

Tier	Haltung	Ration	C2	C3	C4	C5	iC4	iC5	Summe (C2,C3,C4)	C2	C3	C4	C2:C3
Rapti	M	KG	43,6	7,6	3,3	1,0	1,0	1,0	55	80	14	6	5,7
Rapti	M	G	17,8	1,8	1,1	0,1	0,0	0,0	21	66	9	6	9,8
Noel	N	KG	37,1	6,0	2,4	1,1	1,1	1,1	45	81	13	5	6,2
Purana	N	KG	36,7	5,6	2,3	1,1	1,0	0,5	45	82	13	5	6,5
Noel	N	G	26,4	2,6	1,7	0,6	0,4	1,0	31	87	8	5	10,2
Purana	N	G	31,0	4,5	2,2	0,6	0,3	1,5	38	83	12	6	6,8
Jaffna	B	KG	19,9	4,9	1,2	0,2	0,6	1,0	26	77	19	5	4,0
Ellora	B	KG	22,9	4,6	2,3	0,5	0,2	1,0	30	77	14	9	5,0
Quetta	B	KG	28,7	5,3	1,8	0,7	0,7	0,4	36	80	15	5	5,4
Jaffna	B	G	17,3	2,3	1,0	0,1	0,1	0,8	21	84	11	5	7,7
Ellora	B	G	16,6	2,2	1,0	0,1	0,2	0,0	20	84	10	5	7,5
Quetta	B	G	18,8	2,7	1,0	0,0	0,0	1,0	23	85	11	5	7,1



Tab. J: Tränkeaufnahme, Futterwassergehalt, Wasseraufnahme und Wasserverlust (kg/100kg KM) für die einzelnen Tiere

Tier	Haltung	Ration	Tränke	Futterwasser	Wasseraufnahme	Faecale Wasserausscheidung
Nikolaus	M	KG	2,7	1,2	3,9	2,1
Rapti	M	KG	2,1	1,1	3,1	1,6
Nikolaus	M	G	3,8	0,1	3,9	2,1
Rapti	M	G	2,0	0,0	2,1	1,1
Noel	N	KG	5,4	0,8	6,2	2,7
Purana	N	KG	3,0	0,7	3,7	2,0
Noel	N	G	4,1	0,5	4,6	2,4
Purana	N	G	3,0	0,4	3,4	1,6
Jaffna	B	KG	3,0	0,8	3,9	2,6
Ellora	B	KG	3,4	0,8	4,2	2,6
Quetta	B	KG	3,2	0,8	4,0	1,8
Jaffna	B	G*	4,0	0,6	4,6	3,6
Ellora	B	G*	3,8	0,6	4,4	3,4
Quetta	B	G*	4,4	0,6	5,1	3,7
Vinu	NY	KG		0,1		2,0
Kali	NY	KG		0,1		2,0
Penny	NY	KG		0,1		1,7
Pinky	NY	KG		0,1		1,4
Vinu	NY	G		0,1		2,1
Kali	NY	G		0,1		1,8
Penny	NY	G		0,1		1,8
Pinky	NY	G		0,1		1,8



## 9. Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei Frau Prof. Dr. Ellen Kienzle für die Überlassung des Themas sowie für die effektive und freundliche Betreuung während der Entstehung dieser Arbeit.

In gleichem Maße möchte ich mich bei den Direktoren Herrn Prof. Dr. H. Wiesner aus dem Münchner Tierpark Hellabrunn, Herrn Dr. P. Mühling aus dem Tiergarten Nürnberg, Herrn Dr. O. Pagan aus dem Zoo Basel sowie bei den leitenden Kuratoren J. Doherty und P. Thomas aus dem Bronx Zoo New York bedanken, die es mir ermöglicht haben, in diesen Zoos mit diesen Tieren zu arbeiten.

Sehr herzlich bedanke ich mich bei Dr. Marcus Clauss für seine Betreuung, für die Freude, die er mir am wissenschaftlichen Arbeiten vermittelt hat, und seine konstruktive Unterstützung.

Besonderer Dank gebührt Dr. Katrin Baumgartner aus dem Tiergarten Nürnberg, Dr. Friederike von Houwald aus dem Zoo Basel und Dr. Ellen Dierenfeld aus New York für die kompetente Mithilfe bei der Organisation in den Zoos.

Nicht zu vergessen sind die Tierpfleger, die mich in den Zoos und am OWF bei meiner Arbeit unterstützt haben. In München halfen mir Inka Ehm, Sascha Tütsch, Petra Sczesny und Sebastian vom Hagen. In Nürnberg hatte ich freundliche Unterstützung von Ralph Baumann, Manfred Böhm und Horst Wittmann. In Basel halfen mir Walter Stettler und Max Huber. In New York war das große Interesse an dieser Studie, die gute Unterstützung und das freundliche Klima, das mir vom ganzen Team - Nicole Cerrato, John-Marc Goldman, Cathy Kretschmar, Christa Kugler, Kristine Theis und Kristin Vannatta - entgegengebracht wurde, besonders zu erwähnen.



Bei den Tierärzten, Inspektoren, Kuratoren, Futtermeistern und allen anderen Zoomitarbeitern, die mir und meiner Arbeit aufgeschlossen, interessiert und kooperativ zur Seite standen, möchte ich mich sehr bedanken.

Bei Frau Elisabeth Stadler, Herrn Werner Hesselbach und Frau Elke Kleinert bedanke ich mich für ihre guten Einweisungen, die tatkräftige Unterstützung und die nützlichen Ratschläge zu den Analyseverfahren. Frau Heidrun Barleben vom IZW Berlin gebührt besonderer Dank für das Durchführen einiger Analyseverfahren. Bei Jasmine Thomas bedanke ich mich für die Hilfe bei den Analysen der Proben aus New York.

Ebenso bedanken möchte ich mich bei Christine Baumgartner für die Korrekturen, Ulrike Bürkle, Britta Kiefer, Familie Clauss und Familie Dierenfeld für die Wohngelegenheiten, und Katrin Ritter für die Nachtwache.

Danke an alle Mitdoktoranden und alle Mitarbeiter des Instituts für die schöne Zeit.

Der International Rhinoceros Foundation, insbesondere Tom Foose, sei gedankt für ihre finanzielle Unterstützung, ohne die die Versuche in New York nicht möglich gewesen wären.

Besonderen Dank an Stephan Waidhas und Petra Leupert, die hinter mir standen und mir Kraft gegeben haben.

Zu guter Letzt bedanke ich mich von ganzem Herzen bei meinen Eltern, die mir das Studium und die Promotion ermöglicht haben und mich während dieser Zeit immer unterstützt haben.