

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

Aus dem Institut für Zoologie I
der Universität Erlangen-Nürnberg
PD Dr. Udo Gansloßer

**Qualität und Verdaulichkeit der vom Breitmaulnashorn
(*Ceratotherium s. simum*) aufgenommenen Nahrung**

Freilanddaten und experimentelle Studie im Vergleich

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

von
Britta Kiefer
aus Nürnberg

München 2002

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. R. Stolla
Referentin: Univ.-Prof. Dr. E. Kienzie
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. M. Förster

Tag der Promotion: 8. Februar 2002

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
2. SCHRIFTTUM	2
2.1 Begriffsbestimmungen	2
2.2 Taxonomie und Bestandszahlen der rezenten Nashornarten	4
2.3 Der Verdauungsapparat der Nashörner	5
2.3.1 Vergleichende Anatomie des Verdauungsapparates	5
2.3.2 Verdauungsphysiologie	14
2.4 Die Nahrung der Nashörner	16
2.4.1 Nahrungspflanzen frei lebender Nashörner	16
2.4.2 Nährstoffgehalte der Freilandnahrung	22
2.4.3 Koprophagie	23
2.4.4 Nahrung der Nashörner in Menschenobhut	24
2.4.5 Futtermengen und Bedarfszahlen	25
2.5 Verdaulichkeitsstudien	27
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	33
3.1 Studienziel und Fragestellungen	33
3.2 Material und Methoden	34
3.2.1 Untersuchungsplan	34
3.2.1.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit	34
3.2.1.2 Freiland-Studie	34
3.2.1.3 Zoo-Studie	34



3.2.2 Tiere	35
3.2.2.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit	35
3.2.2.2 Freiland-Studie	36
3.2.2.3 Zoo-Studie	36
3.2.3 Versuchsfutter	37
3.2.3.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit	37
3.2.3.2 Zoo-Studie	37
3.2.4 Untersuchungstechnik	39
3.2.4.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit	39
3.2.4.2 Freiland-Studie	40
3.2.4.3 Zoo-Studie	41
3.2.5 Probenvorbereitung	43
3.2.6 Prüfparameter	44
3.2.6.1 Futter	44
3.2.6.2 Kot	45
3.2.7 Untersuchungsmethoden	46
3.2.8 Berechnungsmethoden	51
3.2.8.1 Scheinbare Verdaulichkeit	52
3.2.8.2 Differenzverdaulichkeit	54
3.2.9 Statistische Methoden	55
3.3 Ergebnisse	56
3.3.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit	56
3.3.1.1 Gesundheitszustand der Tiere	56
3.3.1.2 Darmpassagezeit	56



3.3.2 Freiland-Studie	57
3.3.2.1 Gesundheitszustand der Tiere	57
3.3.2.2 Verfolgung der Nashornfährtten	57
3.3.2.3 Futter	58
3.3.2.3.1 Trockensubstanz-, Energie-, und Nährstoffgehalte	58
3.3.2.3.2 Mineralstoffgehalte	60
3.3.2.4 Kot	60
3.3.2.5 Scheinbare Verdaulichkeit	61
3.3.3 Zoo-Studie	62
3.3.3.1 Gesundheitszustand der Tiere	62
3.3.3.2 Futterzusammensetzung und -aufnahme	62
3.3.3.2.1 Trockensubstanz-, Energie-, und Nährstoffgehalte	62
3.3.3.2.2 Mineralstoffgehalte	63
3.3.3.2.3 Aufgenommene Futtermengen	64
3.3.3.3 Kot	65
3.3.3.3.1 Ausgeschiedene Kotmengen	65
3.3.3.3.2 PH-Werte des Kotes	65
3.3.3.4 Scheinbare Verdaulichkeit	66
3.3.4 Verhaltensbeobachtungen	68
3.3.4.1 Scan-Beobachtungsprotokolle	68
3.3.4.2 Fokus-Beobachtungsprotokolle	72



4. DISKUSSION	76
4.1 Besprechung der Methoden	76
4.1.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit	76
4.1.2 Freiland-Studie	78
4.1.2.1 Verfolgung der Nashornfährten	78
4.1.2.2 Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit	79
4.1.3 Zoo-Studie	80
4.1.3.1 Gruppenzusammenstellung	80
4.1.3.2 Futteraufnahme	80
4.1.3.3 Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit	81
4.2 Besprechung der Ergebnisse	83
4.2.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit	83
4.2.2 Futterinhaltsstoffe	83
4.2.3 Scheinbare Verdaulichkeit	87
4.2.3.1 Einfluss des Lignins auf die Verdaulichkeit der Ration	91
4.2.3.2 „grazer“ und „browser“ im Vergleich	93
4.2.4 Differenzverdaulichkeit	94
4.2.5 Energieaufnahme	98
4.2.6 Verhalten	99
4.2.6.1 Diskussion der Verhaltens-Ergebnisse	99
4.2.6.2 Rationsunabhängige Verhaltensbeobachtungen	102



5. ZUSAMMENFASSUNG	104
6. SUMMARY	106
7. LITERATURVERZEICHNIS	108
8. TABELLENANHANG	120
9. DANKSAGUNG	127
10. LEBENSLAUF	129

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1 : Literaturangaben über Längen, Durchmesser (\varnothing) und Inhalte einzelner Abschnitte in kg uS und in Prozent des Gesamtinhalts des Verdauungsapparates	S. 13
Tab. 2 : Literaturangaben über Gehalte und scheinbare Verdaulichkeiten von Trockensubstanz, Rohprotein, organischer Substanz und Bruttoenergie von verschiedenen Futterrationalen bei Nashörnern unter Angabe der Methode	S. 31
Tab. 3 : Literaturangaben über Gehalte und scheinbare Verdaulichkeiten der Gerüstsubstanzen von verschiedenen Futterrationalen bei Nashörnern unter Angabe der Methode	S. 32
Tab. 4 : Untersuchungsplan	S. 35
Tab. 5 : Tiere Freiland-Studie	S. 36
Tab. 6 : Tiere Zoo-Studie und Vorversuch	S. 37
Tab. 7 : Zusammensetzung des Mischfutters nach Herstellerangaben	S. 38
Tab. 8 : Rohnährstoff- und Energiegehalte des Mischfutters von Versuch II (II P) und von Versuch IV (IV P)	S. 39
Tab. 9 : Gerüstsubstanz- und Chromoxid-Gehalte des Mischfutters von Versuch II (II P) und von Versuch IV (IV P)	S. 39
Tab. 10 : Mineralstoffgehalte des Mischfutters in g/kg TS von Versuch II (II P) und von Versuch IV (IV P)	S. 39
Tab. 11 : Beim Nashorn-Tracking zurückgelegte Wegstrecke, Anzahl der dabei aufgefundenen Fraßstellen, Menge der Grasproben pro Track und des zwei Tage später aufgefundenen Kotes	S. 58
Tab. 12 : Mittlere Rohnährstoff- und Energiegehalte in Prozent der Trockensubstanz der Grasproben ($n=6$) der Freiland-Studie mit Standardabweichung (\pm)	S. 59
Tab. 13 : Mittlere Gehalte an Gerüstsubstanzen in % TS der Grasproben ($n=6$) der Freiland-Studie mit Standardabweichung (\pm)	S. 59
Tab. 14 : Mittlere Mineralstoffgehalte in der Trockensubstanz der Grasproben ($n=6$) der Freiland-Studie mit Standardabweichung (\pm)	S. 60
Tab. 15 : Mittlere scheinbare Verdaulichkeiten ($n=3$) in Prozent (%) der Rohnährstoffe aus den Grasproben der Freiland-Studie mit Standardabweichung (\pm)	S. 61
Tab. 16 : Mittlere scheinbare Verdaulichkeiten ($n=3$) in Prozent (%) der Gerüstsubstanzen aus den Grasproben der Freiland-Studie mit Standardabweichung (\pm)	S. 61

Tab. 17 : Rohnährstoff- und Energiegehalte in Prozent der Trockensubstanz der Futterrationalen (Z I- Z IV) in der Zoo-Studie	S. 63
Tab. 18 : Gehalte an Gerüstsubstanzen in % TS der Futterrationalen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie	S. 63
Tab. 19 : Gehalte an Mengenelementen der Futterrationalen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie	S. 64
Tab. 20 : Pro Tiergruppe ($n=3$) und Tag durchschnittlich aufgenommene Futtermittel in kg TS während der Verdauungsversuche II und IV	S. 64
Tab. 21 : Durchschnittliche Kotmenge pro Tiergruppe ($n=3$) und Tag und der Trockensubstanzgehalt des Kotes aus Versuch II und IV	S. 65
Tab. 22 : pH-Werte im Nashornkot während der Verdauungsversuche, angegeben als Mittelwerte (aus jeweils 20 Messungen) mit Standardabweichung (\pm)	S. 66
Tab. 23 : Mittlere scheinbare Verdaulichkeiten ($n=3$) in Prozent (%) der Bruttoenergie und der Rohnährstoffe der Futterrationalen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie, angegeben als Mittelwerte mit Standardabw. (\pm)	S. 67
Tab. 24 : Mittlere scheinbare Verdaulichkeiten ($n=3$) in Prozent (%) der Gerüstsubstanzen der Futterrationalen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie	S. 67
Tab. 25 : Vergleich der experimentell ermittelten verdaulichen Energie (DE) in MJ/kg TS der Zorationen mit der durch die Schätzformel nach Zeyner und Kienzle (2001) errechneten	S. 89
Tab. 26 : Differenzverdaulichkeiten in Prozent (%) des pelletierten Mischfutters im Versuch II	S. 94
Tab. 27 : Differenzverdaulichkeiten in Prozent (%) des pelletierten Mischfutters im Versuch IV	S. 95
Tab. 28 : Übersicht: scheinbare Verdaulichkeiten (%) der Rohnährstoffe und Gerüstsubstanzen der Nahrungsgräser der Freiland-Studie (Gras SA) und der Futterrationalen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie, angegeben als Mittelwerte	S. 105
Tab. 29 : Apparent digestibilities (%) of the crude nutrients and the cell wall constituents of the grass of the field-study (Grass SA) and of the diets (Z I- Z IV) of the zoo-study, given as mean	S. 107



Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1 : Zeitlicher Ablauf der Verdauungsversuche	S. 42
Abb. 2 : Beobachtungsschema	S. 43
Abb. 3 : Zeitlicher Verlauf der Ausscheidungsrate des Markers Chromoxid in Summenprozent (%)	S. 57
Abb. 4: relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Kenia	S. 69
Abb. 5 : relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Natala	S. 69
Abb. 6 : relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Numbi	S. 70
Abb. 7 : relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Temba	S. 70
Abb. 8 : relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Kiwu	S. 71
Abb. 9 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Kiwu	S. 74
Abb. 10 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Kenia	S. 74
Abb. 11 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Natala	S. 74
Abb. 12 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Numbi	S. 75
Abb. 13 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Temba	S. 75
Abb. 14: Scheinbare Verdaulichkeit der TS in % in Abhängigkeit des Ligningehaltes in % TS der Ration	S. 92
Abb. 15: Scheinbare Verdaulichkeit der NDF in % in Abhängigkeit des prozentualen Ligninanteil in der NDF	S. 93



Abkürzungen

Abb.	Abbildung
aqua dest.	Destilliertes Wasser
ADF	Acid Detergent Fiber (Saure Detergentienfaser)
ADL	Acid Detergent Lignin (Saures Detergentienlignin oder Rohlignin)
B.-tag	Beobachtungstag
B.-phase	Beobachtungsphase
C	Cellulose
CF	Crude Fiber (Rohfaser)
CP	Crude Protein (Rohprotein)
Cr ₂ O ₃	Chromoxid
DE	Digestible Energy (verdauliche Energie)
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DV	Differenzverdaulichkeit
EF	Erfurt
FM	Futtermittel
Futterzus.	Futterzusammensetzung
G	Gras
GE	Gross Energy (Bruttoenergie)
gr.	groß
h	hour (Stunde/Stunden)
H	Heu
HC	Hemicellulose
IUCN	International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources
juv.	juvenil
J	Joule
kl.	klein
K.	Kurvatur
Konz.	Konzentration
m.	männlich
MF	Mischfutter
n	Umfang einer Stichprobe
NDF	Neutral Detergent Fiber (Neutrale Detergentienfaser)
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
o.A.	ohne Angabe



OM	Organic Matter (organische Substanz)
oS	organische Substanz
pers.	persönlich
Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
SA	Südafrika
STABW	Standardabweichung
Standardabw.	Standardabweichung
Std.	Stunden
sV	scheinbare Verdaulichkeit
Tab.	Tabelle
tägl.	täglich(e)
TS	Trockensubstanz
uS	ursprüngliche Substanz
Verdkt.	Verdaulichkeit
Vit.	Vitamine
w.	weiblich
z.T.	zum Teil
±	Standardabweichung

Tiernamen:

A	Amsterdam
B	Broken Horn
G	George
Ke	Kenia
Ki	Kiwu
Na	Natala
Nu	Numbi
Te	Temba



1. EINLEITUNG

Um eine Wildtierart in Menschenobhut erfolgreich zu halten, ist es erforderlich, die Gesundheit und das Wohlbefinden der Tiere sicherzustellen. Die adäquate Ernährung der Wildtiere in Menschenobhut nimmt hierbei eine wichtige Funktion ein (GUNN et al. 1998), vermutlich auch im Hinblick auf die Reproduktion.

Bereits in mehreren Studien konnte ein Zusammenhang zwischen Ernährung und Verhalten erkannt werden (GANSLOSSER 1993; GANSLOSSER et al. 1997a, 1997b, 1997c). Eine angemessene Ernährung ist besonders für das Breitmaulnashorn von großer Bedeutung, da diese seltenen Tiere bisher nur schlecht in Gefangenschaft gezüchtet werden konnten (RIECHES 1998).

Um wissenschaftlich begründete Fütterungskonzepte für eine Tierart erstellen zu können, bedarf es Informationen über die im natürlichen Habitat aufgenommene Nahrung und deren Inhaltsstoffe. Es ist dabei erforderlich, die für das Tier nutzbaren Anteile dieser Inhaltsstoffe aus der Nahrung zu kennen. Daraufhin kann ermittelt werden, inwieweit zooübliche Futtermittel von der natürlichen Nahrung abweichen und wie weit sich die betreffende Tierart daran ernährungsphysiologisch anpassen kann. Von großem Interesse ist dabei die Verdauungsphysiologie der Tierart, die mit der Morphologie des Verdauungsapparates in untrennbarem Zusammenhang steht.

In der vorliegenden Arbeit wurde daher untersucht, ob die Nahrung des Breitmaulnashorns im Zoo seiner Nahrung im natürlichen Habitat entspricht. Weiterhin wurde die Verdaulichkeit der Nährstoffe in Freiland und Zoo sowie das Verhalten der im Zoo gehaltenen Nashörner bei unterschiedlicher Rationsgestaltung betrachtet.

2. SCHRIFTTUM

2.1 Begriffsbestimmungen

Wegen des fächerübergreifenden Charakters dieser Dissertation und des oft unterschiedlichen Gebrauchs von Fachbegriffen, werden hier einige grundlegende Definitionen vorangestellt.

Verdaulichkeit / scheinbare Verdaulichkeit (sV)

Unter Verdaulichkeit ist in dieser Studie 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 Darmassage nicht absorbiert und mit dem Kot ausgeschieden wird“ (KAMPHUES et al. 1999).

Rohasche (Ra)

Rohasche sind Mineralstoffe und anorganische Substanzen, z.B. Silikate (KAMPHUES et al. 1999).

Rohfett (Rfe)

Rohfett ist eine heterogene Stoffgruppe, löslich in Petroläther. Dazu gehören neben den Neutralfetten unter anderem (u.a.) auch Lipide (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).

Nitrogen free Extracts (NfE)

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

Neutral detergent fiber (NDF)

Die neutrale Detergentienfaser ist die Summe der Gerüstsubstanzen und umfasst Cellulose, Hemicellulosen und Rohlignin (VAN SOEST 1967).

Acid detergent fiber (ADF)

Die saure Detergentienfaser besteht aus Cellulose und Lignin (VAN SOEST 1967).

Acid detergent lignin (ADL)

Rohlignin (VAN SOEST 1967)

Digestible Energy (DE)

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

Grazer

Bezeichnung für Tiere, die sich von einkeimblättrigen Pflanzen (Monokotyledonen) ernähren. Fast immer handelt es sich dabei um Gräser (OWEN-SMITH 1988).

Browser

Bezeichnung für Tiere, die zweikeimblättrige Pflanzen (Dikotyledonen) fressen. Nahrungsquellen sind Blätter und Zweige sowie teilweise Kräuter und Rinde von Sträuchern, Büschen und Bäumen (OWEN-SMITH 1988).

Mixed Feeder

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

2.2 Taxonomie und Bestandszahlen der rezenten Nashornarten

Die Nashörner bilden innerhalb der Ordnung der Perissodactyla (Unpaarhufer) beziehungsweise der Unterordnung der Ceratomorpha (Nashornverwandte) die Familie der Rhinocerotidae mit 5 rezenten Arten in 4 Gattungen. Durch die Zerstörung ihres Lebensraumes und durch Wilderei wurden die Bestände aller Arten stark dezimiert.

Das Indische Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*) kommt heute nur noch mit einem Bestand von ca. 2500 Tieren (GANSLOSSER, pers. Kommentar) in Schutzgebieten und deren unmittelbarer Umgebung in Nordindien, Nepal und Bhutan vor. Sein natürliches Habitat sind grasbewachsene Überschwemmungsgebiete und Wälder in Flussufernähe (LAURIE 1997). Zur selben Gattung gehört das im Regenwald lebende Java-Nashorn (*Rhinoceros sondaicus*), das nur noch im Nationalpark Ujung Kulon in Java und im Cat Loc Nature Reserve in Vietnam mit

einem Bestand von insgesamt ca. 70 Tieren vorkommt (SCHENKEL 1997). Ebenfalls im Regenwald lebt das Sumatra-Nashorn (*Dicerorhinus sumatrensis*), von dem noch einzelne kleine Bestände (insgesamt 250- 400 Tiere) in Sumatra, Sabah und auf der malaysischen Halbinsel existieren (FOOSE & VAN STRIEN 1997). In Afrika, in der halbtrockenen Dornbuschsavanne, lebt neben dem Breitmaulnashorn auch das Spitzmaulnashorn (*Diceros bicornis*), das auch Schwarzes Nashorn genannt wird. Von diesem gibt es nach Schätzungen aus dem Jahr 1997 noch ca. 2600 Tiere in Freiheit und 235 in Menschenobhut (EMSLIE & BROOKS 1999). Vom Breitmaulnashorn, dem sogenannten Weißen Nashorn (biologische Grunddaten: Anhang Tab. B), existieren zwei Unterarten, das südliche Breitmaulnashorn (*Ceratotherium simum simum*) und das nördliche Breitmaulnashorn (*C.s.cottoni*). Der Bestand des südlichen Breitmaulnashorns hat sich von 20 Tieren (1885) auf 8440 Tiere im Freiland und weitere 704 Tiere in Zoos erhöht (EMSLIE & BROOKS 1999). Die Bestandszahlen des nördlichen Breitmaulnashorns weisen jedoch einen entgegengesetzten Trend auf. Obwohl 1980 noch 2250 Tiere geschätzt wurden, sind jetzt nur noch 25 Tiere in Freiheit (EMSLIE & BROOKS 1999) und 10 in Menschenobhut (GANSLOSSER, pers. Kommentar) zu finden. Damit ist diese Unterart extrem vom Aussterben bedroht.

2.3 Der Verdauungsapparat der Nashörner

2.3.1 Vergleichende Anatomie des Verdauungsapparates

Die Nashörner (Rhinocerotidae) gehören wie auch die Tapire (Tapiridae) und Pferde (Equidae) zur Ordnung der Unpaarhufer. Alle Familien dieser Ordnung sind Pflanzenfresser und haben einen ähnlich aufgebauten Verdauungsapparat mit einem einhöhligen Magen, einem Dünndarm und einem ausgeprägten Blind- und Dickdarm als Gärkammern zur Fermentierung der pflanzlichen Nahrung.



a) Lippen

Beeinflusst von ihrer Ernährungsweise besitzen die Nashörner unterschiedlich bewegliche und geformte Lippen. Das **Breitmaulnashorn**, als ausschließlicher Grasfresser („grazer“), hat verhornte, breite Lippen (GROVES 1972), die nur wenig beweglich sind (GROVES 1997). KLÖS (2000) und SCHAURTE (1966) sprechen von einer harten hornigen Kante bzw. Platte an der Unterlippe, die das Abäsen der Gräser erleichtert. Das **Panzernashorn** ist vielseitiger in seiner Ernährungsweise, es frisst neben Gras auch Wasserpflanzen und Blätter (GROVES 1997). Seine Oberlippe ist vorstreckbar (GROVES 1997), greiffähig (BRAHMACHARY et al 1974) und besitzt eine Spitze (LAURIE 1997), die von LANG (2000) als „starker Finger“ bezeichnet wird. Frisst es kurze Gräser, dann zieht das Tier diese aber ein und grast wie ein Breitmaulnashorn (LAURIE 1982, GROVES 1997). Die Ober- und Unterlippe des Blätter und Kräuter fressenden **Spitzmaulnashorns** („browser“) sind median spitz zulaufend verlängert, und vor allem die Oberlippe ist sehr beweglich und hervorstreckbar und kann so „zum Ergreifen und Heranziehen von Futter genutzt werden“ (ADCOCK 1997). Das **Sumatra-Nashorn**, ebenfalls ein Blatt- und Kräuterfresser (VAN STRIEN 1997) besitzt laut GROVES (1997) eine „verhornte Schnauze“. KRUMBIEGEL (1965) beobachtete, wie es seine Nahrung mit den Zähnen abiss und nicht wie das Spitzmaulnashorn mit den Lippen abrufte. Die Oberlippe des **Java-Nashorns**, dessen Nahrung Jungbäume, Büsche, Stauden und Lianen bilden (SCHENKEL 1997), wird ähnlich der des Spitzmaulnashorns beschrieben (GROVES 1997, SCHENKEL 1997).

b) Zähne

Nashörner haben die für Pflanzenfresser typischen Backenzähne mit kompliziertem Schmelzmuster ausgebildet. Bei den meisten erwachsenen Tieren sind drei praemolare und drei molare Backenzähne entwickelt (SCHAURTE 1966, GROVES 1997). Beim Spitzmaulnashorn, beim Java-Nashorn und im Oberkiefer des Panzernashorns kommen selten auch vier praemolare Backenzähne vor (SCHAURTE 1966, GRZIMEK 2000). Das **Breitmaulnashorn** besitzt hypsodonte (hochkronige) Backenzähne (GROVES 1972, KLÖS 2000) mit viel Zement zwischen den tiefen Schmelzfalten der Zahnkronen, um dem Abrieb durch die



silikatreiche Grasnahrung besser stand zu halten. Das Blätter und Kräuter fressende **Spitzmaulnashorn** besitzt hingegen brachyodonte Zähne (HILLMANN-SMITH & GROVES 1994) ohne Zement zwischen den Schmelzhöckern (CAVE 1962, SCHAURTE 1966, HILLMANN-SMITH & GROVES 1994). Beiden afrikanischen Nashornarten fehlen in der Regel permanente Schneide- und Eckzähne (SCHAURTE 1966, GROVES 1972 und 1997, KLÖS 2000). Beim Spitzmaulnashorn können jedoch laut CAVE (1962) in Ausnahmefällen Schneidezähne ausgebildet werden und beim adulten Tier bestehen bleiben. Über das **Panzernashorn** existieren widersprüchliche Angaben. GROVES (1997) spricht von zwei Paar Schneidezähnen im Ober- und im Unterkiefer, LANG (2000) hingegen im Oberkiefer von einer Zahnplatte. Das **Java-Nashorn** hat laut GROVES (1997) je Kiefer zwei Paar Schneidezähne. Das **Sumatra-Nashorn** besitzt laut THENIUS (2000), wie die Nashörner der Tertiärzeit, Schneidezähne und niedrigkronige (brachyodonte) Backenzähne. SCHAURTE (1966) gibt jedoch eine davon abweichende Zahnformel mit zwei Schneidezähnen im Ober- und zwei Eckzähnen im Unterkiefer an.

c) Zunge

OWEN (1862) beschreibt die Zunge des Panzernashorns und CAVE (1977, 1980, 1982) widmet sich sehr ausführlich der Untersuchung der Zungenmorphologie sowie der Anatomie der Zungenmuskulatur und der Speicheldrüsen beim **Spitzmaul-, Breitmaul- und Panzernashorn**. Dabei stellt er Ähnlichkeiten zwischen den Nashornarten und teilweise auch im Vergleich zu anderen Unpaarhufern fest. Die Zunge der Nashörner ist charakterisiert durch eine ausgeprägte, sagittal geteilte Wölbung auf Höhe der Backenzähne die auf jeder Seite eine Gruppe von Geschmackspapillen trägt (CAVE 1977).

d) Speiseröhre

KIEFER (unveröffentlicht) stellte bei der Speiseröhre eines **Breitmaulnashorns** 45 cm caudal des Kehlkopfbereiches histologisch den Beginn von glatter Muskulatur fest, und maß für die Speiseröhre eine Länge von 76 cm und einen Umfang von 9-



10 cm. Die Speiseröhre des **Spitzmaulnashorns** besitzt eine Länge von 91 cm (WILSON & EDWARDS 1965), die des **Panzernashorns** von 1,5 m (OWEN 1862). Beim **Sumatra-Nashorn** ist sie caudal mit glatter Muskulatur ausgestattet und besitzt keine Schleimdrüsen (CAVE & AUMONIER 1963). Über die Speiseröhre der anderen Nashornarten sind keine Veröffentlichungen bekannt.

e) Magen

Der einhöhlige Magen der Nashörner ist ca. 1 m lang (Tab. 1) und besitzt im cranialen Bereich der Innenfläche eine Pars non-glandularis aus weißlichem, mehrschichtigem, verhorntem Plattenepithel und caudal eine Pars glandularis aus rötlicher Drüsenschleimhaut (OWEN 1862, GARROD 1877, BEDDARD 1887, CLEMENS & MALOIY 1982, WISSER 2000). Zwischen beiden befindet sich zumindest beim **Breitmaulnashorn** ein Margo plicatus (WISSER 2000, KIEFER unveröffentlicht). Beim neugeborenen Breitmaulnashorn wird eine dem Pferd ähnliche Pars proventricularis beschrieben (WISSER 2000). Für den Magen eines adulten Breitmaulnashorns gibt KIEFER (unveröffentlicht) eine Länge von 200 cm für die große Kurvatur und 50 cm für die kleine Kurvatur an. OWEN-SMITH (1988) entnahm 72 kg Mageninhalt bei einem an Peritonitis verstorbenen Nashornweibchens (Tab. 1). CLEMENS & MALOIY (1982) untersuchten den Magen-Darm-Trakt von drei freilebenden **Spitzmaulnashörnern** (Tab. 1). Das Plattenepithel nahm 1/2 bis 2/3 der Mageninnenfläche ein. Der Mageninhalt wog im Durchschnitt 37 kg, das entsprach 21% der gesamten im Magen-Darm-Kanal (exklusiv dem Rektum) gefundenen Ingestamenge. Maße über Länge und Durchmesser des **Panzernashornmagens** gibt OWEN (1862) an (Tab. 1). Das **Java-Nashorn** besitzt einen sehr stark gekrümmten Magen mit einer Aussackung in der Kardial- und Pylorusregion (BEDDARD 1887). 1/3 der Mageninnenfläche wird von Plattenepithel ausgekleidet (GARROD 1877, BEDDARD 1887). Der Magen des **Sumatra-Nashorns** ist ebenfalls stark gekrümmt (GARROD 1873, CAVE & AUMONIER 1963) und besitzt laut HOME (1821) vom Ösophagus bis zum Pylorus eine Länge von 1,8 m (Tab. 1). GARROD (1873) beschreibt in der Kardiaregion des Magens dieser Nashornart ein Diverticulum, das von CAVE & AUMONIER (1963) nicht bestätigt wird. Die innere Magenoberfläche beim Sumatra-Nashorn wird von den



Autoren unterschiedlich beschrieben. CAVE & AUMONIER (1963) teilen den Magen makro- und mikroskopisch in drei Bereiche ein, in die Kardial- und Fundusregion mit einem weißlichen, gewellten, stark verhornten Plattenepithel, in die Corpus- und Pylorusregion mit einem rötlichen, samtigen, glatten, hochprismatischen Drüsenepithel und in die Zone der kleinen Kurvatur mit einem mehrschichtigen Plattenepithel mit verhornten Papillen. GARROD (1873) hingegen beschreibt beim Sumatra-Nashorn nur die ersten beiden Bereiche und THOMAS (1801) schildert die gesamte Innenfläche als zottig.

f) Dünndarm

ENDO et al. (1999) hatten die Gelegenheit, den Darm eines adulten männlichen **Breitmaulnashorns** zu vermessen. Für das Duodenum geben sie eine Länge von 70 cm und einen Durchmesser von 10- 15 cm an. Das Jejunum beschreiben sie als stark geschlängelt und das Ileum als gerades Rohr mit einem maximalen Durchmesser von 20 cm. KIEFER (unveröffentlicht) gibt für den gesamten Dünndarm eine Länge von 13,8 m und einen Durchmesser von 5- 6 cm an. Der Dünndarm des **Spitzmaulnashorns** fasst nach CLEMENS und MALOIY (1982) im Durchschnitt 9 kg Ingesta und ist zwischen 8 und 12 Meter lang (Tab. 1). Fast doppelt so lang ist der Dünndarm des **Panzernashorns** (Tab. 1). Jedoch ähnlich lang der des **Java-Nashorns** (Tab. 1), außerdem besitzt er auf den ersten 8 cm zahlreiche, winzige Zotten und nur wenige seitlich abgeflachte Papillen, die jedoch caudal von diesem Bereich in großer Anzahl auftreten (GARROD 1877). Der Dünndarm des **Sumatra-Nashorns** ist mit 11 und 17 m Länge angegeben (Tab. 1). Auf einer Papille 30 cm caudal des Pylorus mündet beim Sumatra-Nashorn der Gallen- und Pankreasgang ein. Ansonsten besitzt er im Gegensatz zum Dünndarm des Java-Nashorns keine Papillen, sondern ab dem 18-ten cm bis fast zum Ende zahlreiche dünne, 56 mm hohe Querfalten (GARROD 1873).

g) Blinddarm

Der Blinddarm ist bei allen Nashornarten als geräumiger, gekammerter, stumpfer Kegel beschrieben (GARROD 1873, GARROD 1877, BEDDARD 1887,



CHALMERS 1906, CLEMENS & MALOIY 1982, ENDO et al. 1999, WISSER 2000, KIEFER unveröffentlicht). Die Größenangaben, die fast immer auf Einzeltiermessungen beruhen, variieren beträchtlich (Tab. 1). Das laut WISSER (2000) mit zwei Taenien besetzte Caecum des **Breitmaulnashorns** hatte, bei dem von ENDO et al. (1999) vermessenen adulten Tier, eine Länge von 30 cm und einen Basisdurchmesser von ebenfalls 30 cm (Tab. 1). KIEFER (unveröffentlicht) gibt hingegen eine Länge von 80 cm und einen Durchmesser von 21 cm an. Das Caecum des **Spitzmaulnashorns** ist als ca. 80cm lang (CLEMENS & MALOIY 1982), aber auch als 2,6 m lang beschrieben (DE BOUVEIGNES 1953). Es beinhaltet laut CLEMENS & MALOIY 1982 durchschnittlich 40 kg Ingesta bzw. 23 % der Gesamtdigestamenge. OWEN (1862) gibt eine Länge von 61 bzw. 91 cm für den Blinddarm von zwei **Panzernashörnern** an (Tab. 1) und CHALMERS (1906) beschreibt es als „kurz, sehr weit und geräumig“. Das von BEDDARD (1887) gemessene Caecum (drei Taenien) des **Java-Nashorns** ist jedoch um 1/3 kürzer und GARROD (1877) hat noch deutlich geringere Werte gemessen (Tab 1). Für den Blinddarm des **Sumatra-Nashorns** gibt GARROD (1873) eine Länge und Basisbreite von ca. 91 cm an und zählt drei Taenien. Als Besonderheit bildet es am Übergang vom Ileum zum Caecum zwei große kugelförmige Drüsen aus, die einen wässrigen Schleim ausscheiden (GARROD 1873, CAVE & AUMONIER 1963).

h) Grimmdarm

Das 2,3 m lange Colon des von ENDO et al. (1999) untersuchten **Breitmaulnashorns** hat einen Durchmesser von 20 cm und zwei Taenien (Tab. 1). Das von KIEFER (unveröffentlicht) vermessene Tier hatte einen 6 m langen Grimmdarm mit ähnlichem Durchmesser (Tab. 1). Beim **Spitzmaulnashorn** beinhaltet es durchschnittlich 87 kg Ingesta (50% der Gesamtgesta), ist fast doppelt so lang und besitzt außer am distalen Ende Haustren und Taenien (CLEMENS & MALOIY 1982). DE BOUVEIGNES (1953) gibt hingegen für die selbe Nashornart eine Colonlänge von nur 2,6 m an (Tab. 1). Das Colon des **Panzernashorns** hat eine Länge von 5,8- 7,6 m (OWEN 1862). Der Grimmdarm des **Java-Nashorns** ist in Größe und Anordnung identisch mit dem des Sumatra-Nashorns (GARROD 1877, BEDDARD 1887). Jeder Teil der Colon-Schleife ist ca.



0,9 m lang und zwischen 13 und 36 cm breit (BEDDARD 1887). Die geräumigen Anteile sind stark gekammert, die dazwischen liegende Biegung ist eng und glatt. Es existieren zwei Taenien entlang des gesamten Colons, die an der Biegung zu einer verschmelzen. Wo das Colon ascendens ins transversum übergeht, kommt es zu einer kugelförmigen Erweiterung (BEDDARD 1887). GARROD (1873) beschreibt das Colon des **Sumatra-Nashorns** sehr ähnlich.

i) Mastdarm

Der Mastdarm des **Breitmaulnashorns** ist ca. 1,2 m lang (ENDO et al. 1999), der des **Panzernashorns** wird von CHALMERS (1906) als ein weites, gekammertes jedoch fast gerades Rohr bezeichnet.

j) Anordnung

CHALMERS (1906) vergleicht den Verdauungstrakt der Tapire, des **Panzernashorns** und der Pferde und stellt zusammenfassend eine sehr große Ähnlichkeit fest. Er beschreibt das Colon als eine sehr lange und geräumige Schleife, deren Anfang und Ende nahe beieinander liegen. Genauer beschreibt GARROD (1873, 1877) beim **Sumatra-** und **Java-Nashorn** die Anordnung des Darmes: Die linke Bauchhälfte des Java-Nashorns ist mit Dünndarmschlingen und den beiden Schleifen des Colon descendens ausgefüllt. Der Blinddarmkopf liegt beim Sumatra-Nashorn, wie auch beim Java-Nashorn, der Bauchwand dextroventral direkt an und die Längsachse führt nach sinistrocaudal, so dass die Spitze tief im Becken liegt. Das Colon des Java-Nashorns hat seinen Anfang in der rechten Bauchhälfte und zieht dann zuerst horizontal nach links, um dann eine Biegung um sich selbst auszuführen und wieder zurück zu laufen und später als Colon descendens nach unten zu ziehen. Das Colon liegt ventral im Bauch, cranial vorm Caecum. Die Colon-Schleifen werden durch ein einfaches seröses Band zusammengehalten. Der Blinddarmkopf und der Colonanfang sind miteinander verwachsen.



k) Leber

In der Literatur wird bei vielen Nashornarten das Fehlen einer Gallenblase vermerkt (GARROD 1873, GARROD 1877, BEDDARD 1887, AUMONIER & CAVE 1959, WILLSON & EDWARDS 1965, HERMES mündl. Mitteilung), nur für das Panzernashorn wurden keine Angaben gefunden. Morphologisch wird die Leber des Sumatranashorns von GARROD (1873) als in sechs schwach unterteilte Lappen gegliedert beschrieben. Die Leber des Java-Nashornes beschreibt GARROD (1877) und BEDDARD (1887) ebenfalls als in sechs Lappen gegliedert.



Tab. 1 : Literaturangaben über Längen, Durchmesser (Ø) und Inhalte einzelner Abschnitte in kg uS und in Prozent des Gesamtinhalts des Verdauungsapparates

Abschnitt	Länge (m)	Ø (cm)	Inhalt (kg uS)	Inhalt (%)	Nashornart	Literaturquelle
Speiseröhre	0,8	3			Breitmauln.	KIEFER (unveröffentlicht)
	0,9				Spitzmauln.	WILSON&EDWARDS (1965)
	1,5	8			Panzern.	OWEN (1862)
Magen (gr. Kurvatur) ¹ (kl. Kurvatur) ² (o. A.) ³	2,0		72		Breitmauln.	OWEN-SMITH (1988)
	0,5				Breitmauln.	KIEFER (unveröffentlicht)
	1,3	65			Spitzmauln.	DE BOUVEIGNES (1953)
	0,9		37	21,4	Spitzmauln.	CLEMENS&MALOIY (1982)
	0,8	61			Spitzmauln.	WILSON&EDWARDS (1965)
	1,2	56			Panzern.	OWEN (1862)
	1,8				Sumatra-N.	HOME (1821)
	1,6	66			Sumatra-N.	GARROD (1873)
0,15				Sumatra-N.	GARROD (1873)	
Dünndarm	13,8	5-6			Breitmauln.	KIEFER (unveröffentlicht)
	11,3		9	5,2	Spitzmauln.	CLEMENS&MALOIY (1982)
	11,6				Spitzmauln.	WILSON&EDWARDS (1965)
	7,8	16			Spitzmauln.	DE BOUVEIGNES (1953)
	15 / 20				Panzern.	OWEN (1862)
	16,6				Sumatra-N.	HOME (1821)
	11,0	5-6			Sumatra-N.	GARROD (1873)
8,0				Java-N.	GARROD (1877)	
Blinddarm (Ø entspricht Basisdurch- messer)	0,8	21			Breitmauln.	KIEFER (unveröffentlicht)
	0,3	30			Breitmauln.	ENDO et al. (1999)
	0,8		40	23,1	Spitzmauln.	CLEMENS&MALOIY (1982)
	2,6	65			Spitzmauln.	DE BOUVEIGNES (1953)
	0,6 / 0,9	24 / 44			Panzern.	OWEN (1862)
	0,8	46			Sumatra-N.	HOME (1821)
	0,9	91			Sumatra-N.	GARROD (1873)
0,4	38			Java-N.	GARROD (1877)	
0,6	51			Java-N.	BEDDARD (1887)	
Grimmdarm	6,0	16-32			Breitmauln.	KIEFER (unveröffentlicht)
	2,3	20			Breitmauln.	ENDO et al. (1999)
	4,2		87	50,3	Spitzmauln.	CLEMENS&MALOIY (1982)
	2,6				Spitzmauln.	DE BOUVEIGNES (1953)
	5,8 / 7,6				Panzern.	OWEN (1862)
	1,8	13-36			Java-N.	BEDDARD (1887)
Mastdarm	1,2				Breitmauln.	ENDO et al. (1999)
	0,5	16			Spitzmauln.	DE BOUVEIGNES (1953)
	0,9 / 1,5				Panzern.	OWEN (1862)
		18		Sumatra-N.	GARROD (1873)	

¹ große Kurvatur ² kleine Kurvatur ³ ohne Angabe der Lokalisation



2.3.2 Verdauungsphysiologie

Nashörner sind Pflanzenfresser und gelten als Dickdarmverdauer (hindgut fermenter). Der mikrobielle Aufschluss der β -1-4-glycosidischen Bindungen, wie sie vor allem in Cellulose und Hemicellulose vorkommen (FOOSE 1982, BREVES & DIENER 2000), findet zum größten Teil im Caecum (FOOSE 1978), aber auch im Colon statt (CLEMENS & MALOIY 1982, VAN HOVEN 1998). Beide Darmabschnitte sind bei Nashörnern sehr geräumig (Tab. 1). So wird eine hohe Verweildauer der Digesta, eine Voraussetzung zum Ablauf fermentativer Prozesse, ermöglicht (BREVES & DIENER 2000). Die mikrobiellen Prozesse der Faserverdauung im Dickdarm sind vergleichbar mit denen der Wiederkäuer (foregut fermenter) im Pansen (FOOSE 1982), denn die Arten und Anzahl der daran beteiligten Mikroorganismen (Bakterien, Protozoen und Pilze) sind ähnlich (PARRA 1987, BREVES & DIENER 2000). VAN HOVEN (1998) fand im Caecum und Colon ascendens beider afrikanischer Nashornarten 48 verschiedene Arten von Ciliaten (Protozoen), von denen manche auch in geringer Anzahl im Colon descendens vorkamen, jedoch keine im Magen oder Dünndarm. Neben den Protozoen erwähnte er auch die Anwesenheit von Bakterien und Pilzen, die, wie TEUNISSEN et al. (1991) für eine im Spitzmaulnashorndarm vorkommende Pilzspecies nachwies, Cellulose abbauen können. Bei den mikrobiellen Fermentationsprozessen entstehen, als für den Wirt nutzbare Produkte flüchtige Fettsäuren, Laktat und weitere Mikroorganismen (PARRA 1987, BREVES & DIENER 2000) in ähnlichem, wenn auch etwas geringerem Ausmaß als im Pansen (STEVENS 1988, MALOIY & CLEMENS 1991). CLEMENS & MALOIY (1982) untersuchten die Konzentration von flüchtigen Fettsäuren in der Digesta einzelner Darmabschnitte beim Spitzmaulnashorn. Sie betrug 144 mmol/l im Caecum und 72- 81 mmol/l in den proximalen und mittleren Colonabschnitten. Da die Konzentration der flüchtigen Fettsäuren der Ingesta als ein Maß für die Fermentationsrate gilt, kann das Caecum beim Nashorn als hauptsächliche und die proximalen und mittleren Colonabschnitte als zusätzliche Gärkammern angesehen werden (CLEMENS & MALOIY 1982). Auch im Magen des Spitzmaulnashorns gibt es, wie CLEMENS & MALOIY (1982) durch die Messung von 35- 42 mmol/l flüchtigen Fettsäuren und 6,3- 9,5 mmol/l Laktat



bewiesen haben, Fermentationsprozesse. Diese existieren auch bei anderen Monogastriern (PARRA 1987) mit bis zu 40 mmol/l flüchtigen Fettsäuren und 50 mmol/l Laktat beim Pferd und Schwein (SCHARRER & WOLFFRAM 2000).

Ein Vorteil der Nachmagenverdauung gegenüber den Vormagenverdauern ist, dass bei pflanzlicher Nahrung geringer Qualität (rohfasereich) durch relativ kurze Passagezeit die Futteraufnahmekapazität gesteigert und damit die Nährstoffaufnahme erhöht ist (FOOSE 1978, FOOSE 1982, VON ENGELHARDT 2000). Für die Nashörner, die aufgrund der Definition nach OWEN-SMITH (1988) mit Ausnahme des Sumatra-Nashorns zu den Megaherbivoren gehören, ergibt sich aufgrund ihrer Körpergröße noch ein weiterer Vorteil. Der Energiebedarf eines Tieres ist abhängig von seiner metabolischen Körpergröße, die sich laut KLEIBER (1961) durch Potenzierung der Körpermasse (KM in kg) mit 0,75 errechnet. Die Kapazität des Verdauungsapparates wächst bei Pflanzenfressern jedoch proportional mit der Körpermasse (PARRA 1987). Mit der Größe des Verdauungsapparates wächst auch die Verweildauer der Ingesta und somit die Effektivität der Zellwandverdauung (OWEN-SMITH 1988), so dass große Pflanzenfresser Futter schlechterer Qualität zu sich nehmen können als kleine (FOOSE 1978, DEMMENT & VAN SOEST 1985, OWEN-SMITH 1988). FOOSE (1982) konnte auch zwischen den Ernährungstypen Unterschiede feststellen: „grazer“ verdauen faserreiches Futter besser als „browser“ oder „mixed feeder“. Aus diesen Zusammenhängen ergeben sich, für das Breitmaulnashorn als Grasfresser und größten Vertreter der Nashörner, günstige ernährungsphysiologische Voraussetzungen für die Verdauung von faserreichem Pflanzenmaterial.



2.4 Die Nahrung der Nashörner

Die Nahrungswahl steht im engen Zusammenhang mit der Anatomie und Physiologie des Verdauungsapparates und dem metabolischen Bedarf der Tiere (OWEN-SMITH 1988).

2.4.1 Nahrungspflanzen frei lebender Nashörner

OWEN-SMITH (1988) teilt die Nashornarten entsprechend ihrer Nahrungswahl in „grazer“, „browser“ und „mixed feeder“ ein (siehe auch Kap. 2.1).

Auch FOOSE (1982) und andere benutzen diese Begriffe, teilen die Nashornarten jedoch teilweise in andere Gruppen ein.

Breitmaulnashorn

Breitmaulnashörner sind „grazer“ (OWEN-SMITH 1988, FOOSE 1982).

Breitmaulnashörner wählen ihr Weidegebiete nicht nach einzelnen dort vorkommenden Grasarten aus, sondern aufgrund des Graslandtyps (MEISTER & OWEN-SMITH 1997). Weder im Kruger National Park (PIENAAR 1994), noch im Umfolozi Game Reserve (OWEN-SMITH 1973) wurden sie beim Laubfressen beobachtet. Auch Kräuter werden als Nahrungsquelle gemieden (PIENAAR 1994), ebenso wie stark aromatische Grassorten (z.B. *Cymbopogon* spp.) und Gräser mit einem hohen Siliciumgehalt, da diese die Zähne stark abnutzen und nur schwer verdaulich sind (MEISTER & OWEN-SMITH 1997).

Die bevorzugte Nahrungsquelle der Breitmaulnashörner sind kurze Gräser (OWEN-SMITH 1973) wie *Panicum*, *Urochloa* und *Digitaria*, die an schattigen Plätzen unter



Bäumen, den bevorzugten Aufenthaltsorten der Nashörner, gehäuft vorkommen (PLAYER & FEELY 1960, PIENAAR 1994). Mittellange Gräser (v.a. *Themeda*) werden nur auf Flächen, auf denen es nach Bränden frisch ausgekeimt ist, gerne gefressen (PLAYER & FEELY 1960, PIENAAR 1994). Selbst im Zululand, wo *Themeda* das häufigste Gras ist, wird es nur bei Trockenheit in größeren Mengen gefressen (PLAYER & FEELY 1960).

Im Umfolozi Game Reserve hat OWEN-SMITH (1973) den Einfluss der saisonalen Klimaveränderung auf die Nahrungswahl des Breitmaulnashorns untersucht. In der Regenzeit existieren ausreichend kurze Gräser. Mit Beginn der Trockenzeit müssen die Tiere jedoch auf das mittellange Gras *Themeda* und mit Ende der Trockenzeit sogar auf lange Gräser in den Hanglagen ausweichen.

Im Kruger National Park konnte PIENAAR (1994) ähnliche Beobachtungen machen. Jedoch sind die Breitmaulnashörner dort erst am Ende der Trockenzeit gezwungen, von den bevorzugten Kurzgrasarten auf das längere Gras *Panicum maximum* zu wechseln.

Im Garamba National Park im Kongo lebt die letzte Population der nördlichen Unterart des Breitmaulnashorns. Der Lebensraum dort stellt besondere Ansprüche an die Tiere, denn die dort überwiegenden Grasarten (*Loudetia arundinacea* und *Hyparrhenia* spp.) können vom Nashorn nur in ihren frühen Wachstumsstadien als Nahrung genutzt werden. Sind diese Gräser jedoch über ½ m hochgewachsen müssen die Tiere auf seltenere, niedrigere Grasarten ausweichen, die vor allem auf verlassenem Termitenhügeln wachsen. In einem geringen Anteil werden in diesem Gebiet von Breitmaulnashörnern auch Kräuter gefressen (HILLMAN-SMITH 1997).

Breitmaulnashörner sind darauf angewiesen regelmäßig Zugang zu offenen Wasserstellen zu haben (PIENAAR 1994, MEISTER & OWEN-SMITH 1997). Bei reichlichem Angebot trinken sie täglich ein- bis zweimal (PLAYER & FEELY 1960, OWEN-SMITH 1988, PIENAAR 1994), wobei der Tageskonsum bis zu 150 Litern betragen kann (MEISTER & OWEN-SMITH 1997). In der Trockenzeit kommen sie allerdings mit einem Besuch der Wasserstellen an jedem zweiten bis fünften Tag aus, abhängig von der Wegstrecke bis dorthin (OWEN-SMITH 1988, PIENAAR 1994, MEISTER & OWEN-SMITH 1997).



OWEN-SMITH (1973, 1988) beobachtete Breitmaulnashörner in Umfolozi, die an der Erde von Termilenhügeln leckten. Er bringt diese Beobachtung mit dort fehlenden Salzlecken in Verbindung. Allerdings beobachtete er auch, dass die Wasserquellen scheinbar brackig und damit salzhaltig sind.

Panzernashorn

OWEN-SMITH (1988) bezeichnet das Panzernashorn als „mixed feeder“ mit deutlicher Bevorzugung von Gräsern, wohingegen FOOSE (1982) es zu den „grazern“ zählt.

Die ausführlichsten Untersuchungen über die Ökologie des Panzernashorns wurden von LAURIE (1978, 1982) durchgeführt. Er zählte 183 Pflanzenarten aus 57 verschiedenen botanischen Familien, die Panzernashörner während seiner mehrjährigen Studie (1972-1976) im Chitawan Valley im Süden Nepals als Nahrungsquelle nutzten. 50 Pflanzenarten waren Gräser und machten je nach Jahreszeit 70- 89 % der Diät aus. Sehr häufig wurden die hohen Gräser *Saccharum spp.* und *Narenga prophyrocoma* gefressen. *Cynodon dactylon*, ein kurzes Gras und Unterwasserpflanzen waren auch eine häufige Nahrungsquelle. Einen kleinen Teil der Nahrung machten Früchte und Kulturpflanzen wie Reis, Weizen und Mais aus. Riedgras, Kräuter, Kletterpflanzen und Farne wurden nur in geringem Maße gefressen, ebenso Blätter und Zweige von Sträuchern, Schösslingen und Bäumen. Die Futtermittelverfügbarkeit war jahreszeitlich abhängig, was zu einer unterschiedlichen Habitatnutzung und Fressaktivität führte. Im Frühjahr bildeten frische Schösslinge von Elefantengras wie *Saccharum spontaneum* die Hauptnahrung, zur Zeit des Monsuns sind es dann Kurzgrasarten wie das Sterngras *Cynodon dactylon*. Im Winter dagegen, wird mehr als doppelt so viel Laub gefressen (20%) als im Sommer und insgesamt mehr Zeit mit Fressen verbracht (LAURIE 1978).

Frühere Studien im Norden Bengais (BRAHMACHARY et al. 1971) und in Kaziranga (BRAHMACHARY et al. 1974, FOOSE 1982) brachten ähnlich Ergebnisse.



Das Indische Panzernashorn trinkt täglich und nimmt bei Gelegenheit mineralreiche Erde auf (LAURIE 1978).

Java-Nashorn

Das Java-Nashorn wird von OWEN-SMITH (1988) als „browser“ eingestuft.

Die ca. 70 Java-Nashörner, die im hügeligen Ujung Kulon Schutzgebiet (350 km² groß, bis 500 m über Meereshöhe) vorkommen, leben dort im dichten Pflanzenwuchs des tropischen Regenwaldes. Sie fressen Zweige und Sprossen von mehr als 100 verschiedenen Arten von Büschen, Stauden, Lianen und jungen Bäumen (SCHENKEL 1997). Die jungen Bäume werden häufig umgeknickt, um an die neuen Triebe der Krone zu gelangen. Das Java-Nashorn nimmt an einer Futterstelle nie viel Nahrung auf, sondern geht nach wenigen Bissen weiter, um an einer anderen Pflanzenart zu fressen (GRZIMEK 1987, SCHENKEL 1997). GRZIMEK (1987) vermutet, dass sie so eine zu starke Belastung durch einzelne Pflanzengifte vermeiden.

SCHENKEL (1997) nimmt an, dass die Tiere aufgrund fehlender Salzlecken ihren Salzbedarf im Ujung Kulon Park mit Meer- oder Brackwasser stillen.

Spitzmaulnashorn

Das Spitzmaulnashorn ist ein typischer „browser“ (OWEN-SMITH 1988).

Über die Nahrungswahl des Spitzmaulnashorns gibt es viele Untersuchungen im südlichen und östlichen Afrika, durch die es eindeutig den „browsern“ zugeordnet werden kann. Die Blätter von Kräutern, Sträuchern und kleinen Bäumen machen mehr als 95% der Nahrung aus (RITCHIE 1963).

Selten wird auch Rinde gefressen (OLOO et al. 1994), Gras jedoch fast nie (GODDARD 1968, MUKINYA 1977). Die Vielfalt der aufgenommenen Pflanzenarten



ist groß, LOUTIT et al. (1987) spricht in Namibia von 74, MUKINYA (1977) im Masai Mara Game Reserve in Kenia von 70 und GODDARD (1968) in Tanzania (Ngorongoro Krater) von 191 Nahrungspflanzen der Spitzmaulnashörner. Welchen Anteil Bäume, Kräuter, Kletterpflanzen und Sukkulenten an der Ration ausmachen ist orts- und saisonabhängig (GODDARD 1968, GODDARD 1970, MUKINYA 1977, HALL-MARTIN et al. 1982, LOUTIT 1987, MUYA & OGUGE 2000). Im Addo Elephant National Park in Südafrika (SA) sind verholzte Sträucher die bevorzugte Nahrungsquelle (HALL-MARTIN et al. 1982) und auch in der dichten Buschvegetation der Laikipia Ranch in Kenia fressen sie vor allem von Sträuchern und kleinen Bäumen wie Akazien (OLOO et al. 1994). Im Tsavo East National Park in Kenia hingegen bevorzugen die Spitzmaulnashörner Leguminosen (GODDARD 1968, 1970). Während der Trockenzeit werden gerne Pflanzen mit einem hohen Flüssigkeitsgehalt aufgenommen, wie Sukkulenten (HALL-MARTIN et al. 1982) und Euphorbien (LOUTIT 1987). In vielen Studien wird betont, dass die Spitzmaulnashörner keine bestimmten Pflanzenteile bevorzugen, sondern gleich häufig Stängel, Blüten, Blätter und die Enden von jungen Trieben verzehren (GODDARD 1970, MUKINYA 1977, OLOO et al. 1994). Gefressen wird in einer Höhe von 0,5- 1,2 m und selten bis 2 m (OWEN-SMITH 1988).

Spitzmaulnashörner sind laut MUKINYA (1977) und RITCHIE (1963) von Oberflächenwasser unabhängig, vermutlich aufgrund ihrer Vorliebe, in der Trockenzeit Pflanzen mit hohem Feuchtigkeitsgehalt zu fressen (HALL-MARTIN et al. 1982, LOUTIT 1987). OWEN-SMITH (1988) beschreibt ihr Trinkverhalten jedoch ähnlich dem des Breitmaulnashorns, mit dem Unterschied, dass Spitzmaulnashörner vor allem nachts trinken.

In Masai Mara wurden zwei Salzlecken von Spitzmaulnashörnern regelmäßig genutzt (MUKINYA 1977).



Sumatra-Nashorn

Das Sumatra-Nashorn ist ebenfalls ein „browser“ (OWEN-SMITH 1988, FOOSE 1982, FOOSE & VAN STRIEN 1997).

Es frisst Blätter und Stängel von breitblättrigen Kräutern, Sträuchern und Bäumen (VAN STRIEN 1986, KURT 1973). Schösslinge und kleine Bäume (2- 12 Meter hoch, Stamm bis 8 cm dick) werden auch vom Sumatra-Nashorn gerne abgebissen oder umgestoßen, um an die Krone mit den frischen Trieben und Blättern zu gelangen (KURT 1973, VAN STRIEN 1986).

Im Gunung Leuser Reservat beobachtete KURT (1973) als erster Wissenschaftler diese Tierart für drei Monate (Mai bis Juli). Er entdeckte, dass die Tiere neben Laub in kleinen Mengen wilde Mangos, Rinde und in einem Fall sogar das Holz des Futterbaumes (*Plumbago indica*) fraßen. Er erkannte, wie auch nach ihm VAN STRIEN (1986), eine Vorliebe der Tierart für Sekundärvegetation.

Über fünf Jahre hinweg (1975-1980) unternahm VAN STRIEN (1986) Expeditionen in den Wald des Gunung Leuser Parks. Er beobachtete, dass das Sumatra-Nashorn, wie auch das Java-Nashorn, pro Futterstelle nur wenig Nahrung aufnimmt. Meistens bevorzugen die Sumatra-Nashörner Blätter und Zweige von Sträuchern und kleinen Bäumen. In einer bestimmten Region („Upper Mamas“) werden nur junge Blätter und saftige Stängel von bodenbedeckenden Pflanzen aufgenommen, die einen höheren Gehalt an Mineralien aufweisen (VAN STRIEN 1986). Sumatra-Nashörner bevorzugen keine einzelnen Pflanzenarten, denn nur selten beobachtete VAN STRIEN (1986) an einer Art häufiger als einmal Fraßspuren. Nicht gefressen wurden wilde Bananen, Gras und Riedgras. Früchte spielen laut VAN STRIEN (1986) für die Sumatra-Nashörner im Gunung Leuser Park in der Ernährung so gut wie keine Rolle. FLYNN (1983) dagegen bewertet Früchte als eine wichtige Nahrungsquelle für das Sumatra-Nashorn im Endau Rompin Wald in Peninsular Malaysia.

Untersuchungen in Indonesien und Sabah haben gezeigt, dass Sumatra-Nashörner Salzlecken besuchen (VAN STRIEN 1986, PAYNE 1992), jedoch besiedeln die Tiere



auch Lebensräume ohne Salzlecken, wie etwa den Endau Rompin Wald in Peninsular Malaysia (FLYNN 1981).

2.4.2 Nährstoffgehalte der Freilandnahrung

Die Nahrung der Nashörner lässt sich in zwei Kategorien einteilen: Monokotyledonen und Dikotyledonen. Vereinfachend setzt man Monokotyledonen mit Gräsern und Dikotyledonen mit Blättern gleich. Zwischen beiden gibt es grundlegende Unterschiede in der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe. Gras besitzt einen höheren Anteil an Zellwandbestandteilen, jedoch mit einem niedrigeren Ligningehalt und einer höheren Verdaulichkeit als Blätter (OWEN-SMITH 1982, VAN WIEREN 1996).

Dagegen enthalten Blätter mehr lösliche Zellinhaltsstoffe als Proteine, Fette und Mineralstoffe (FIELD & ROSS 1976, VAN WIEREN 1996). Die Qualität der Gräser verändert sich jahreszeitlich, wohingegen die Quantität relativ konstant bleibt. Bei der Blattnahrung verhält es sich umgekehrt (FOOSE 1982).

Im Gegensatz zu den laubfressenden Nashornarten gibt es über die grasfressenden Breitmaul- und Panzernashörner fast keine Studien, die sich mit den Nährstoffgehalten der natürlichen Nahrung befassen. Nur von zwei Nahrungsgräsern des Breitmaulnashorns (*Themeda triandra* und *Panicum maximum*) in Umfolozi gibt es Daten über den Proteingehalt, der zwischen 5,9 und 14,8% liegt (DOWNING 1972).

Viele Studien (MUKINYA 1977, HALL-MARTIN et al. 1982, LOUTIT 1987, GHEBREMESKEL et al. 1991, DIERENFELD et al. 1995, MUYA & OGUGE 2000) befassen sich hingegen mit dem Nährstoffgehalt der Nahrungspflanzen des Spitzmaulnashorns. Diese zeigen, dass die Artenvielfalt der Nahrungspflanzen hohe Schwankungen im Nährstoffgehalt mit sich bringt.

Der Rohproteingehalt schwankt von 4- 13% TS und in einer Studie sogar bis 22% TS, der Rohfasergehalt von 4- 48% TS und der Cellulosegehalt von 19- 38% TS. Der



Ligningehalt liegt zwischen 6 und 21% TS und der Rohfettgehalt zwischen 2 und 24% TS.

Angaben der Inhaltsstoffe, für das vom Sumatra-Nashorn aufgenommene Laub, sind DIERENFELD (1994) und VAN STRIEN (1986) zu entnehmen. Es wird ein Rohproteingehalt von 6- 24% TS und ein Cellulosegehalt von 14- 33% TS und ein Ligningehalt von 8- 24% angegeben. Die Werte sind denen für die Blattnahrung der Spitzmaulnashörner ähnlich und zeigen ebenfalls große Schwankungen.

2.4.3 Koprophagie

Koprophagie gehört zumindest bei adulten Nashörnern nicht zum typischen Ernährungsverhalten, jedoch konnte es in Einzelfällen beobachtet werden.

DITTRICH (1971) bemerkte, dass ein im Zoo Hannover geborenes Breitmaulnashorn ab dem siebten Lebenstag regelmäßig vom frisch abgesetzten Kot der Mutter fraß.

GODDARD (1968, 1970) beobachtete beim Spitzmaulnashorn im Kenia während der Trockenzeit, wenn es nur ein geringes Angebot an Leguminosen gab, Koprophagie.

GOWDA (1969) berichtete, dass im zoologischen Garten von Mysore, Indien, ein adultes Panzernashornweibchen dabei beobachtet wurde, wie es den Kot eines ebenfalls adulten männlichen Artgenossen fraß. Es wurde dabei nicht erwähnt, ob dieses Verhalten mehrmals oder nur einmal beobachtet wurde.

Koprophagie konnte auch von LAURIE (1978) beim Panzernashorn beobachtet werden.



2.4.4 Nahrung der Nashörner in Menschenobhut

In den Anfängen der Nashornhaltung im Zoo Antwerpen bekam ein Breitmaulnashorn neben 15 kg Luzerne, 1,7 kg Hirse, 1,7 kg Maismehl, Lebertran und jeweils ein Pfund Zucker und Milchpulver täglich (VAN DEN BERGH 1955).

Mittlerweile ist der Hauptbestandteil der Futterrationen für Nashörner im Allgemeinen rohfaserhaltiges, strukturiertes Grundfutter wie Gras und Heu. Daneben wird in unterschiedlichen Mengenanteilen Obst, Gemüse und Brot gefüttert. Fast immer ergänzt, zumindest im Winter, pelletiertes Kraftfutter, das häufig mit Mineralstoffen und Vitaminen angereichert ist, die Ration (KOSSOW 1986, PUSCHMANN 1989). Nach DIERENFELD (1999) sollte es aber nicht mehr als 1/3 der Energie in der Ration ausmachen. Zusätzlich sollten den blätterfressenden Arten belaubte Zweige (frisch oder aufgetaut) angeboten werden (PUSCHMANN 1989, DIERENFELD 1999). Salzlecksteine sollten laut DIERENFELD (1999) nicht fehlen.

PUSCHMANN (1989) empfiehlt für Nashörner, abhängig von Art und Alter, neben Obst und Gemüse eine tägliche Futtermenge von 10- 30 kg Heu und 3- 6 kg Kraftfutter. Im Sommer sollen Obst und Heu durch 30- 100 kg Grünfutter ersetzt und das Kraftfutterangebot verringert werden.

Weitere Empfehlungen lassen sich auch in den „Husbandry Guidelines“ des sechsten internationalen Zuchtbuches für afrikanische Nashörner (GÖLTENBOTH 1994) finden.

Um durch Heustaub ausgelöste Atemwegserkrankungen vorzubeugen, kann das Heu vor der Fütterung mit einer Rüttelmaschine entstaubt werden (JONES 1979). Im Zoo Basel wurde aus diesem Grund bei der Panzernashornfütterung auf Heu verzichtet und statt dessen pro Tier ca. 15 kg Hafer- und Gerstenstroh und 10 kg pelletiertes Futter, sowie im Sommer Früchte und ca. 20 kg Gras gefüttert (GUTZWILLER 1984).

Für „browser“ empfiehlt DIERENFELD (1995, 1999) Gras und Leguminosen (als Heu oder frisch) zu gleichen Anteilen gemischt zu füttern, um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen löslichen und unlöslichen Kohlenhydraten herzustellen, wie es



diese Tiere in ihrer natürlichen Nahrung vorfinden. Auch erscheint diese Mischung in Hinblick auf das Fettsäuremuster und den Proteingehalt für „browser“ günstig (DIERENFELD 1995). Als Alternative für „browser“ gibt DIERENFELD (1999) auch ein Heu/Laub-Gemisch an und für „grazer“ empfiehlt sie „qualitativ hochwertiges Gras“.

Der tägliche Wasserverbrauch wird von PUSCHMANN (1989) mit 80- 100 Litern angegeben.

2.4.5 Futtermengen und Bedarfszahlen

Breitmaulnashorn

FRAPE et al. (1982) führten mit zwei adulten Breitmaulnashörnern (1,1) 240 Tage lang Fütterungsexperimente durch, ohne dass die Tiere ihren Ernährungszustand veränderten. Die durchschnittliche Trockensubstanzaufnahme pro Tag und Tier betrug in einem Experiment 14,2 kg, die tägliche Aufnahme der verdaulichen Energie lag je nach Futterration zwischen 190 und 220 MJ, also im Mittel bei 205 MJ. Unter der Annahme, dass die Tiere 1900 kg wogen und die durchschnittliche tägliche Energieaufnahme dem Erhaltungsbedarf entsprach, liegt dieser für die verdauliche Energie bei 0,71 MJ/kg $KM^{0,75}$ pro Tag. Die tägliche Trockensubstanzaufnahme pro Tier schwankte in anderen Versuchen von 19,8 bis 24,6 kg (FRAPE 1980, unveröffentlicht).

JONES (1979) gibt für ein adultes, 1800 kg schweres Breitmaulnashornweibchen eine tägliche Trockensubstanzaufnahme von 25- 35 kg also 1,4- 1,94% der Körpermasse an.

FOOSE (1982) gibt für das Breitmaulnashorn eine Trockensubstanzaufnahme, bezogen auf das Körpergewicht (geschätzt auf 1724- 1780 kg), von 1,09% bei Grasheu-Fütterung und 1,35% bei Luzerneheu-Fütterung an.



KOSSOW (1986) wog die Futtermittelaufnahme von 2,2 Breitmaulnashörnern im Zoo Münster für ca. 120 Tage im Jahr. Leider wurden die Gewichte nicht in der Trockensubstanz (TS) angegeben und auch nicht als durchschnittliche Tagesaufnahme. Nimmt man jedoch für die Futtermittel übliche Trockensubstanzgehalte an und vernachlässigt die nur selten gefütterten Futtermittel, so kann man eine tägl. Futtermittelaufnahme bei den Männchen von ca. 13,5 kg TS im Sommer und ca. 17,9 kg TS im Winter und bei den Weibchen von ca. 12,4 kg TS im Sommer und ca. 16,9 kg im Winter abschätzen.

Panzernashorn

FOOSE (1982) gibt fürs Panzernashorn eine Trockensubstanzaufnahme, bezogen auf das Körpergewicht (geschätzt auf 1852 kg), von 1,07% bei Grasheu-Fütterung und 1,31% bei Luzerneheu-Fütterung an.

Laut GUTZWILLER (1984) nehmen 1,3 Tiere im Baseler Zoo, eines davon noch nicht ausgewachsen, insgesamt pro Tag 110 kg Trockensubstanz auf.

Sumatra-Nashorn

ZAINAL ZAHARI & MARID HASSAN (1989) zitieren einen unveröffentlichten Bericht über die Futtermittelaufnahme bei einem weiblichen Sumatra-Nashorn im Mekka-Zoo mit der Angabe von 0,95% Trockensubstanzaufnahme an *Ficus*-Blättern pro kg Körpermasse.

MICHAEL (unveröffentlicht) gibt als Trockensubstanzaufnahme bei zwei ca. 600 kg schweren Sumatra-Nashörnern 1,1 und 1,2% des Körpergewichts bzw. 57,20 g pro kg metabolischem Körpergewicht an.

Bei den, an 1,2 adulten Sumatra-Nashörnern, von DIERENFELD (2000) durchgeführten Verdauungsversuchen fraß das Männchen jedoch 2,49% seiner



Körpermasse (720 kg) an Trockensubstanz und die Weibchen 1,70 bzw. 1,40% ihrer Körpermasse (614 kg bzw. 761 kg), also wesentlich mehr als in den vorangegangenen Studien.

Spitzmaulnashorn

FOOSE (1982) ermittelte bei seinen Fütterungsversuchen für das Spitzmaulnashorn bei Grasheu-Fütterung 1,17% und bei Luzerneheu-Fütterung 1,79% Trockensubstanzaufnahme bezogen auf das Körpergewicht (geschätzt auf 1285 kg).

ATKINSON (1995) führte mit zwei weiblichen und zwei männlichen Spitzmaulnashörnern Fütterungsversuche durch. Die tägliche Futtermittelaufnahme der einzelnen Individuen lag bei abwechslungsreicher Ration zwischen 22,8 und 26,0 kg TS, was 2,8 bis 4,2 % der Körpermasse der Tiere entsprach. Wurden nur zwei verschiedenen Laubarten angeboten sank die Futtermittelaufnahme stark ab.

2.5 Verdaulichkeitsstudien

In der Literatur lassen sich viele mit **Spitzmaulnashörnern** durchgeführte Verdaulichkeitsstudien finden (ULLREY et al. 1979, FOOSE 1982, CLEMENS & MALOIJ 1983, ATKINSON 1995, HAMILTON 1999), von denen hier exemplarisch vier vorgestellt werden (Tab. 2). Über Verdaulichkeiten beim **Sumatra-Nashorn** gibt es eine Studie von MICHAEL (unveröffentlicht), sowie eine von DIERENFELD et al. (2000) deren Ergebnisse in Tab. 2 u. 3 dargestellt werden. Informationen über die Verdaulichkeiten beim **Breitmaulnashorn** bieten ULLREY et al. (1979), FRAPE et al. (1982) und FOOSE (1982), dessen Studie auch drei **Panzernashörner** beinhaltet.



Die Ergebnisse der im Folgenden beschriebenen Verdauungsversuche sind in den Tab. 2 und 3 dargestellt.

ULLREY et al. (1979) errechneten in einem 14 tägigen Fütterungsversuch mit Sudangrasheu bei zwei **Spitzmaulnashörnern** und zwei **Breitmaulnashörnern** über den Marker Lignin die scheinbaren Verdaulichkeiten. Diese waren für alle Parameter beim Breitmaulnashorn deutlich höher als beim Spitzmaulnashorn. Jedoch hatte das Sudangrasheu nicht für beide Nashornarten die selbe Qualität, so war z.B. der ADF-Gehalt im Heu für die Breitmaulnashörner deutlich niedriger. Der ADL-Gehalt wurde leider nicht angegeben. Der Energiegehalt (GE) der Proben wurde geschätzt.

FOOSE (1982) unternahm in verschiedenen Zoos 24 tägige Verdauungsversuche mit drei **Panzernashörnern**, zehn **Breitmaulnashörnern** und vier **Spitzmaulnashörnern**, die teilweise zu Gruppen zusammengefasst wurden. Es wurde Luzerneheu (*Medicago sativa*) und Heu von Timothygras (*Phleum pratense*) und Präriegras (*Andropogon*) gefüttert. Die Futterqualität zwischen den einzelnen Zoos war ähnlich, jedoch nicht identisch. Die Nährstoffgehalte der angegebenen Gesamtration pro Nashornart wurden anteilmäßig errechnet. Die Verdaulichkeiten wurden über vollständige Kotsammlung in den letzten vier Versuchstagen bestimmt. Für alle drei Nashornarten gibt FOOSE (1982) extrem hohe scheinbaren Verdaulichkeiten für Rohprotein an. Für die Versuche mit Luzernefütterung (18,7-20,2% Rp der TS) errechnet er scheinbare Verdaulichkeiten von ca. 96%, aber auch bei den Grasheurationen (4,4- 5,6 % Rp der TS) gibt er scheinbare Verdaulichkeiten von 84- 87 % an.

Zwei adulte **Breitmaulnashörner** nahmen an der Studie von FRAPE et al. (1982) teil. Beiden Tieren wurden nacheinander verschiedene Rationen aus Heu und gepresstem Kraftfutter gefüttert. Die scheinbaren Verdaulichkeiten jeder Ration wurden mit zwei verschiedenen Markern errechnet: Lignin (ADL) und HCl-unlösliche Asche (acid insoluble ash = AIA). Zwischen Rohproteingehalt der Ration und scheinbarer Verdaulichkeit des Rohproteins lässt sich ein positiver Zusammenhang



feststellen, mit Ausnahme einer Ration mit einem Rohproteingehalt von fast 12% der TS. Jedoch wurden nie die von FOOSE (1982) angegebenen Werte erlangt. Die geschätzten Bruttoenergiegehalte lagen zwischen 16 und 17 MJ/kg und die Energieverdaulichkeiten zwischen 50 und 78%.

ATKINSON (1995) führte in Zimbabwe mit zwei weiblichen und zwei männlichen (2,2) **Spitzmaulnashörnern** Fütterungsversuche durch. Die Tiere erhielten fünf Tage lang vier verschiedene Laubrationen (insgesamt 200 kg uS pro Tag) aus 5- 6 verschiedenen einheimischen Laubarten. An den letzten beiden Tagen jedes Versuches wurde der Gesamtkot pro Tier gesammelt und so später die scheinbare Verdaulichkeit errechnet. Diese war für die Trockensubstanz 28- 50% und ähnlich niedrig für die organische Substanz mit 33- 55%. Die scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins lag zwischen 58- 67%, wobei die meisten der gefressenen Laubarten einen Rohproteingehalt von 7- 14% der TS und einen Ligningehalt von 7- 14% der TS hatten.

HAMILTON (1999) unternahm mit 1,4 **Spitzmaulnashörnern** fünftägige Verdauungsversuche mit Kollektionsmethode. Die Tiere bekamen eine umfangreiche Mischration gefüttert aus genau abgewogenen Anteilen von Wiesenheu, Luzerneheu, pelletiertem Pferdefutter, Weizennebenprodukten, Weizenkeimen, Laub, Äpfeln, Karotten, Süßkartoffeln, Bananen und einem Multivitaminpräparat. Besonders auffällig ist die niedrige Verdaulichkeit für Rohprotein von nur 26%. Die Verdaulichkeiten für TS und oS waren geringer als vergleichbare Zahlen von DIERENFELD (2000). Jedoch hatte die Ration bei HAMILTON (1999) mit weniger als 7% Rp in der TS einen für Laubfresser sehr niedrigen Proteingehalt und mit 22% der TS einen sehr hohen Ligningehalt. Leider existieren keine Angaben über die Bruttoenergie oder NfE Gehalte und deren Verdaulichkeiten der Ration.

An den drei von DIERENFELD (2000) beschriebenen fünftägigen Fütterungsversuchen nahmen 1,2 adulte **Sumatra-Nashörner** teil. Die Mischrationen bestanden aus Blättern und Zweigen von *Ficus benjamina*, einem Gemisch aus



Grasheu und Luzerneheu, Äpfeln und Bananen, pelletiertem Kraftfutter und einem Vitamin E Präparat. Täglich wurde die aufgenommene Futtermenge, die abgegebene Kotmenge sowie das Körpergewicht der Tiere gewogen. Die Trockensubstanzverdaulichkeit war mit durchschnittlich 52% mit der von HAMILTON (1999) beim Spitzmaulnashorn erreichten von 50% fast identisch. Proteingehalte und -verdaulichkeiten waren jedoch bei DIERENFELD (2000) höher (Tab. 2 u. 3).

Tab. 2 : Literaturangaben über Gehalte und scheinbare Verdaulichkeiten von Trockensubstanz, Rohprotein, organischer Substanz und Bruttoenergie von verschiedenen Futterrationen bei Nashörnern unter Angabe der Methode

Nashornart	Futtermittel	n	TS (%)	sV TS (%)	oS (%)	sV oS (%)	Rp (%)	sV Rp (%)	GE MJ/kg	sV GE (%)	Methode	Literaturquelle
Breitmaulnashorn	Grasheu	2					7,0	44	18,4	69	ADL ¹	ULLREY et al. (1979)
	Grasheu	5			94,8	51,1	4,8	85,4			TFC ²	FOOSE (1982)
	Grasheu	1			96,4		5,6	83,9			TFC	FOOSE (1982)
	Luzerneheu	5			90,8	67,4	19,7	96			TFC	FOOSE (1982)
	Mischration	2	91	68			7,7	67	16,5	68	AIA ³	FRAPE (1982)
	Mischration	2	91	63			7,7	63	16,5	63	ADL	FRAPE (1982)
	Mischration	2	91	70			10,2	77	16,9	70	AIA	FRAPE (1982)
	Mischration	2	91	76			10,2	82	16,9	77	ADL	FRAPE (1982)
	Mischration	2	91	60			9,2	69	16,5	58	AIA	FRAPE (1982)
	Mischration	2	91	60			9,2	69	16,5	58	ADL	FRAPE (1982)
	Mischration	2	87	67,4			11,9	80,9	16,0	75	AIA	FRAPE (1982)
	Mischration	2	87	46,8			11,9	61,5	16,0	50	ADL	FRAPE (1982)
	Mischration	2	89	70,1			10,7		16,5	78	AIA	FRAPE (1982)
	Mischration	2	89	63,6			10,7		16,5	70	ADL	FRAPE (1982)
Panzer-nashorn	Grasheu	3			95,6	52,4	5,4	87,4			TFC	FOOSE (1982)
	Luzerneheu	3			90,7	65,4	18,7	96,1			TFC	FOOSE (1982)
Spitzmaulnashorn	Grasheu	2					8	30	17,6	34	ADL	ULLREY et al. (1979)
	Grasheu	3			94,3	43,0	4,4	83,9			TFC	FOOSE (1982)
	Luzerneheu	3			91	64,7	20,2	96,4			TFC	FOOSE (1982)
	Laub	1		50		54		67			TFC	ATKINSON (1995)
	Laub	1		42		48		68			TFC	ATKINSON (1995)
	Laub	1		39		45		68			TFC	ATKINSON (1995)
	Laub	1		28		33		58			TFC	ATKINSON (1995)
	Mischration	6		49,8		55	6,8	26			TFC	HAMILTON (1999)
Sumatra-nashorn	Mischration	1	51	52,9	88		9	35,3			TFC	DIERENFELD (2000)
	Mischration	1	58	53,4	89		9,9	43,2			TFC	DIERENFELD (2000)
	Mischration	1	56	50,6	88,9		9,7	48,7			TFC	DIERENFELD (2000)

¹ADL – Acid Detergent Lignin ²TFC – Total Fecal Collection ³AIA – Acid Insoluble Ash

Tab. 3 : Literaturangaben über Gehalte und scheinbare Verdaulichkeiten der Gerüstsubstanzen von verschiedenen Futtrationen bei Nashörnern unter Angabe der Methode

Nashornart	Futtermittel	n	NDF (%)	sV NDF (%)	ADF (%)	sV ADF (%)	C (%)	sV C (%)	HC (%)	sV HC (%)	ADL (%)	Methode	Literaturquelle
Breitmaulnashorn	Grasheu	2	62	67	35	54						ADL ¹	ULLREY et al. (1979)
	Grasheu	5	71,8	48,4	43	44,7	34	50,4	28,8	54,1	6,5	TFC ²	FOOSE (1982)
	Grasheu	1	75,4	38,3	47,1	33,2	35,8	38,8	28,3	47,3	5,6	TFC	FOOSE (1982)
	Luzerneheu	5	40	53,4	32,7	52,6	23,7	62	7,2	57	6,9	TFC	FOOSE (1982)
	Mischration	2			33,6	60						AIA ³	FRAPE (1982)
	Mischration	2			33,6	54						ADL	FRAPE (1982)
	Mischration	2			33,9	64						AIA ¹	FRAPE (1982)
	Mischration	2			33,9	72						ADL	FRAPE (1982)
	Mischration	2			27,6	47						AIA	FRAPE (1982)
	Mischration	2			27,6	47						ADL	FRAPE (1982)
	Mischration	2			22,9							AIA	FRAPE (1982)
	Mischration	2			22,9							ADL	FRAPE (1982)
	Mischration	2			20,2							AIA	FRAPE (1982)
Mischration	2			20,2							ADL	FRAPE (1982)	
Panzer-nashorn	Grasheu	3	72,3	51,0	44,3	46,3	34,6	53,5	28	58,1	7,1	TFC	FOOSE (1982)
	Luzerneheu	3	48	55,0	38,4	53,9	28,6	63,3	9,7	59	7,8	TFC	FOOSE (1982)
Spitzmaulnashorn	Grasheu	2	66	33	44	22						ADL	ULLREY et al. (1979)
	Grasheu	3	72	41,0	42,2	37,2	33,9	42,9	29,9	46,5	6	TFC	FOOSE (1982)
	Luzerneheu	3	35,5	48,8	28,8	48,6	20,6	54,9	6,7	49,8	6	TFC	FOOSE (1982)
	Laub	1		37						47		TFC	ATKINSON (1995)
	Laub	1		18						15		TFC	ATKINSON (1995)
	Laub	1		24						61		TFC	ATKINSON (1995)
	Laub	1		11						7		TFC	ATKINSON (1995)
Mischration	6	49,0	27,2	37,8	41,5	17,7	32,5	11,2	41,9	21,6	TFC	HAMILTON (1999)	
Sumatra-nashorn	Mischration	1	44,1	36,5	38,7	32	23,6	37,5	5,4	68,4	15,1	TFC	DIERENFELD (2000)
	Mischration	1	42,5	27,5	35,1	27,9	22,7	28,8	7,4	25,7	12,4	TFC	DIERENFELD (2000)
	Mischration	1	41,7	21,9	35,1	17,9	22,1	16,4	6,6	43,5	13	TFC	DIERENFELD (2000)

¹ ADL – Acid Detergent Lignin

² TFC – Total Fecal Collection

³ AIA – Acid Insoluble Ash



3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 STUDIENZIEL UND FRAGESTELLUNGEN

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Nährstoffqualität und Verdaulichkeit der vom Breitmaulnashorn in seinem natürlichen Habitat aufgenommenen Nahrung zu analysieren und mit entsprechenden Daten aus einer experimentellen Zoo-Studie zu vergleichen.

Es sollten folgende Fragen geklärt werden:

Weiche Nähr- und Mineralstoffgehalte weist das von den Breitmaulnashörnern in ihrem natürlichen Habitat gefressene Gras auf?

Welche Unterschiede in den Nähr- und Mineralstoffgehalten gibt es zwischen den Nahrungsgräsern in Südafrika und den im Zoo verwendeten Grundfuttrationen bzw. den mit pelletiertem Mischfutter (MF) kombinierten Rationen?

Wie hoch ist die Verdaulichkeit der Nahrungsgräser in Südafrika und die der Futtermittel (FM) in der Zoo-Studie?

Womit lassen sich mögliche Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Freiland- und der Zoo-Studie begründen?

Haben die verschiedenen Futtrationen im Zoo einen messbaren Einfluss auf das Verhalten der Tiere?

Kann man die Verdauungsphysiologie des Pferdes als Modell für das Breitmaulnashorn verwenden?



3.2 MATERIAL UND METHODEN

3.2.1 Untersuchungsplan

Zur Beantwortung der Fragen wurden folgende Studien durchgeführt (Tab. 4):

3.2.1.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit

Als Vorbereitung auf die Freiland-Studie fand als erstes im Zoo ein Versuch zur Bestimmung der Darmpassagezeit statt. Von den Tieren wurde einmalig ein Chromoxid-Bolus aufgenommen und die Ausscheidungsrate des grünen Markers mit dem Kot bestimmt.

3.2.1.2 Freiland-Studie

In der Freiland-Studie wurden Fährten von Breitmaulnashörnern in Südafrika verfolgt (Tracking), um festzustellen, welche Gräser diese Tiere als Nahrung aufnehmen. Sowohl von den Nahrungsgräsern, als auch vom Kot der Tiere wurden Proben gesammelt. Die Nähr- und Mineralstoffgehalte der Proben und die Verdaulichkeit des Grases wurden bestimmt.

3.2.1.3 Zoo-Studie

In der Zoo-Studie wurden in vier Verdauungsversuchen mit unterschiedlichen Futterrationen die Verdaulichkeiten bestimmt. Gefüttert wurden zwei Grundfutterrationen, die nur aus einem Futtermittel bestanden und zwei kombinierte Rationen, bei denen zu einem Grundfutter noch Mischfutter (Pellets) aufgenommen wurden (kombinierte Rationen). Futter- und Kotproben wurden gesammelt und ihre Nähr- und Mineralstoffgehalte wurden analysiert. Außerdem wurde die Differenzverdaulichkeit des Mischfutters berechnet.



Um überprüfen zu können, ob die verschiedenen Futterrationen einen messbaren Einfluß auf das Verhalten der Nashörner hatten, wurden die Tiere pro Verdauungsversuch zehn Tage für je zwei Stunden (Std.) beobachtet.

Tab. 4 : Untersuchungsplan

Studie / Ort	Untersuchung	Futter	Tierzah Stichprobengröße (n)
Vorversuch / Erfurt	Darmpassagezeit	übliche Zooration ¹ + Chromoxid-Bolus	2 Tiere (2)
Freiland / Südafrika	Futterzusammensetzung u. Verdaulichkeit	Nahrungsgräser	2 x 3 Tiere (3)
Zoo / Erfurt	Futterzusammensetzung u. Verdaulichkeit	Gras/Heu/Pellets	5 Tiere in 3 Gruppen (3)
	Verhalten	Gras/Heu/Pellets	5 Tiere (5)

¹ siehe Kap 3.2.3.1

3.2.2 Tiere

An der Freiland-Studie auf der Game Farm in Südafrika waren drei männliche Tiere beteiligt (Tab. 5). An der Zoo-Studie nahmen ein männliches und vier weibliche Tiere teil (Tab. 6).

3.2.2.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit

Der Vorversuch zur Bestimmung der Darmpassagezeit fand im Zoo Erfurt (EF) an zwei Tieren statt (Tab. 6)



3.2.2.2 Freiland-Studie

Die Untersuchungen in der Freiland-Studie fanden an drei adulten Breitmaulnashornbullen statt (Tab. 5), die zu einer gesunden, sich gut vermehrenden Population gehörten. Es wurden territoriale Bullen ausgewählt, da sie im Allgemeinen ihr Territorium nicht verlassen und deswegen gut aufzufinden waren. Weibliche Breitmaulnashörner hingegen bewegen sich frei auf der gesamten Wildtierfarm, wodurch ihr Aufenthaltsort schwieriger zu bestimmen war. Die Ausmaße der unterschiedlich großen Territorien der Bullen waren der Verwaltung der Wildtierfarm und dem Fährtenleserteam bekannt. Die einzelnen Tiere waren individuell registriert, katalogisiert und durch Kerben an den Ohren gut voneinander zu unterscheiden.

Tab. 5 : Tiere Freiland-Studie

Studie	Tiername	Abkürzung	Geschlecht	Geburtsjahr	Geburtsort
Freiland	Amsterdam	A	(m)	vor 1990	Südafrika
	Broken Horn	B	(m)	vor 1990	Südafrika
	George	G	(m)	vor 1990	Südafrika

3.2.2.3 Zoo-Studie

Für die Verdauungs- und Verhaltensstudie standen fünf (1,4) Breitmaulnashörner zur Verfügung. Die fünf Tiere wurden nachts in drei abgeschlossenen Boxen gruppenweise untergebracht, je zwei Weibchen zusammen und das Männchen einzeln (Tab. 6). Tagsüber befanden sich alle Tiere gemeinsam auf der insgesamt 3.500 m² großen Außenanlage. Das Körpergewicht der Tiere war nicht bekannt.



Tab. 6 : Tiere Zoo-Studie und Vorversuch

Studie	Tiername/Abk.	Geschlecht	Tier- gruppe	Geburts- jahr/-ort	Zucht- buchnr.	Vor- versuch
Zoo	Kiwu / Ki	(m)	1	1981 / USA	627	
	Kenia / Ke	(w)	2	1980 / USA	649	teilgen.
	Natala / Na	(w)	2	1970 / SA	403	
	Numbi / Nu	(w)	3	1996 / SA	1207	
	Temba / Te	(w)	3	1997 / SA	1208	teilgen.

3.2.3 Versuchsfutter

3.2.3.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit

Während des Vorversuches zur Bestimmung der Darmpassagezeit bekamen die Nashörner die im Zoo übliche Ration aus ca. 25- 30 kg Wiesenheu, 7,5 kg Stroh, 5 kg Luzerne, 12 kg Obst und Gemüse, 1,5 kg Mischfutter (Pellets), 100 g Ursoselevit (Vit. E- und Selenpräparat) und 100 g Jodsalz pro Tier und Tag. Den beiden Nashörnern Temba und Kenia wurden einmalig ein Bolus von 176 g bzw. 350 g Chromoxid in Pulverform über die Luzerne gestreut.

3.2.3.2 Zoo-Studie

Während der Verdauungsversuche im Zoo wurde darauf geachtet, dass sich die Nährstoffgehalte der einzelnen Futtermittel während der gesamten Versuchszeit nicht veränderten. Das Gras für Versuch I und II wurde täglich frisch um ca. sechs Uhr morgens auf einer Wiese gemäht. Das überständige Gras befand sich in einem reifen Vegetationsstadium in welchem innerhalb von 30 Tagen nur noch geringfügige



Veränderungen zu erwarten waren. Das Heu für die Versuche III und IV gehörte zu einer Charge. Es handelte sich um den frühen Schnitt einer Wiese. Tagsüber erhielten alle Tiere gemeinsam auf der Freianlage Futter, abends jede Tiergruppe einzeln in ihrer Box.

Die verfütterte Grasmenge ist nicht bekannt, da sie nur abgeschätzt werden konnte. Die Heuzuteilung erfolgte ballenweise, mit einem Ballengewicht von durchschnittlich 10,5 kg. Tagsüber wurden allen Tieren gemeinsam fünf Ballen Heu, auf mindestens fünf verschiedene Stellen im Außengehege verteilt, angeboten. Abends wurden pro Tier eineinhalb Ballen in den Boxen verfüttert. Die Heumenge von insgesamt ca. 130 kg (114 kg TS) pro Tag wurde von den fünf Tieren bis auf Streuverluste vollständig aufgefressen.

Bei dem Mischfutter für die beiden Versuche handelte es sich um Pachyderm supplementary diet pellets von Mazuri Zoo Food®, jeweils von einer Charge. Dieses wurde zweimal täglich (morgens und abends) in den Boxen gefüttert und vollständig aufgenommen. Für zwei Tiere in einer Box standen zwei Futterstellen zur Verfügung. Im Versuch II wurden pro Tier und Fütterung 1,2 kg Mischfutter verfüttert, im Versuch IV 2,2 kg. Als Marker erhielten die Nashörner pro Tier und Tag 350 g Chromoxid. Damit es von den Tieren vollständig aufgenommen wurde, wurde es in das Mischfutter eingemischt. In der Gesamtration von Versuch II wurde eine Chromoxidkonzentration von 2,5% und bei Versuch IV von 1,2% erreicht. Die Originalpellets von Mazuri wurden dazu fein gemahlen und nach Zugabe einer entsprechenden Menge Chromoxid erneut pelletiert. Die Zusammensetzung des verwendeten Mischfutters und der Gehalt an Nähr- und Mineralstoffen sind den Tab. 7 bis 10 zu entnehmen.

Tab. 7 : Zusammensetzung des Mischfutters nach Herstellerangaben

Anteile	Produktgruppe	Zusammensetzung
25%	Getreideprodukte	Weizenmehl
10%	Energieriche Komponenten	Sojaöl, Melasse
60%	Rohfaserreiche Komponenten	Hafernebenprodukte, Grasmehl
5%	Zusätze	Aminosäuren, Mineralien, Spurenelemente, Vit.



Tab. 8 : Rohrnährstoff- und Energiegehalte des Mischfutters von Versuch II (II P) und von Versuch IV (IV P)

Mischfutter	TS (%uS)	Ra (%TS)	Rfe (%TS)	Rfa (%TS)	Rp (%TS)	NFE (%TS)	GE (MJ/kg TS)
II P	89,43	24,06	1,13	12,22	11,81	50,78	15,53
IV P	88,47	16,82	1,82	15,38	11,73	54,25	16,88

Tab. 9 : Gerüstsubstanz- und Chromoxid-Gehalte des Mischfutters von Versuch II (II P) und von Versuch IV (IV P)

Mischfutter	NDF (%TS)	ADF (%TS)	C (%TS)	HC (%TS)	ADL (%TS)	Cr ₂ O ₃ (%TS)
II P	27,22	14,97	12,58	12,25	2,39	15,59
IV P	35,36	18,37	15,41	16,98	2,97	8,31

Tab. 10 : Mineralstoffgehalte des Mischfutters in g/kg TS von Versuch II (II P) und von Versuch IV (IV P)

Mischfutter	Ca	P	Na	Cl	K	Mg
II P	10,39	3,85	8,90	8,39	7,43	6,21
IV P	11,61	3,85	9,22	8,69	7,92	6,74

3.2.4 Untersuchungstechnik

3.2.4.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit

Der Vorversuch zur Bestimmung der Darmpassagezeit beim Breitmaulnashorn fand bereits im Januar 1999 im Zoo Erfurt statt. Zur Mittagszeit erhielten zwei Tiere eine bestimmte Menge des Markers Chromoxid auf eine Portion Luzerneheu gestreut. Beide Tiere nahmen ihre Portionen vollständig auf. Ab dem darauf folgenden Tag



wurden die Tiere tagsüber (8– 17 Uhr) auf der gemeinsamen Freianlage vier Tage lang beobachtet. Dabei wurde festgehalten wann und wohin die beiden Nashörner Kot absetzten. An jedem Abend wurde der Kot gesammelt und gewogen. Hierbei wurden die Proben dem Zeitpunkt des Kotabsatzes zugeordnet, separat durchmischt und 10% der Menge pro Probe eingefroren. Der Kot, den die Tiere nachts (17- 8 Uhr) absetzten, wurde am Morgen als Sammelkot aus der jeweiligen Box genommen. Er konnte anhand seiner grünen Färbung, die vom Chromoxid verursacht wurde, von dem der anderen (am Vorversuch nicht beteiligten) Tiere unterschieden werden. Von den einzelnen Kotproben wurde der Chromoxidgehalt bestimmt.

3.2.4.2 Freiland-Studie

Die Freiland-Studie wurde im Februar und März 1999 auf einer ca. 300 km² großen Wildtierfarm im Nordwest Transvaal in Südafrika durchgeführt. In Zusammenarbeit mit der Dipl.-Biologin Petra Kretzschmar und ihrem Team aus erfahrenen, einheimischen Fährtenlesern wurden die Spuren von drei Breitmaulnashörnern verfolgt, d.h. morgens wurde die Fährte aufgesucht und bis zur Sichtung des Tieres am Nachmittag zu Fuß verfolgt. Die Fraßstellen wurden von den Fährtenlesern ausfindig gemacht. An der Fraßstelle wurden die Grasarten, von denen das Tier gefressen hatte, botanisch bestimmt. Direkt daneben wurden die einzelnen Grasarten in derselben Menge (Fläche und Höhe) abgeschnitten und gesammelt, wie sie gefressen wurden. Die Grasprobe entsprach somit in Qualität und Quantität dem an der Fraßstelle vom Nashorn aufgenommenen Gras. Alle Grasproben eines Tages wurden zusammengefasst. Zwei Tage später wurde die Fährte desselben Tieres wieder aufgesucht, um 20% des frisch abgesetzten Kotes als Probe zu nehmen. Der zeitliche Abstand von zwei Tagen wurde auf Grund der Darmpassagerate beim Breitmaulnashorn gewählt. Von jedem Tier wurden zweimal Futter- und Kotproben genommen. Die Proben der Nahrungsgräser und des Kotes wurden auf ihren Gehalt an Rohnährstoffen, Zellwandbestandteilen, Energie und Mineralstoffen hin analysiert.



Die scheinbare Verdaulichkeit wurde anhand des natürlichen Markers Lignin berechnet.

3.2.4.3 Zoo-Studie

Verdaunungsstudie

Die Verdaunungsversuche wurden im Jahr 1999 im Zoopark Erfurt an fünf Breitmaulnashörnern durchgeführt: Die Versuche I und II fanden hintereinander von Mitte Juli bis Mitte August, die Versuche III und IV von Mitte Oktober bis Mitte November statt. Den Tieren wurden jeweils 15-tägig vier verschiedene Rationen gefüttert. Der zeitliche Ablauf der Verdaunungsversuche ist in Abb. 1 dargestellt.

Während der gesamten Versuchsdauer wurden täglich repräsentative Futterproben genommen. Nach einer fünftägigen Adaptationsphase an die jeweilige Futterration wurden jeden Morgen Kotproben aus den Boxen gesammelt (Kotsammelperioden). Es handelte sich dabei um Kot, der von den Tieren nachts zwischen 17 Uhr abends und 8 Uhr morgens abgesetzt wurde, also innerhalb von 15 Stunden. Die Kotmenge pro Box wurde gewogen und eine Probe, möglichst aus der Mitte aller Kotballen, wurde entnommen.

Diese Kotproben wurden auf ihre Inhaltsstoffe hin untersucht. Außerdem wurde der pH-Wert des frischen Kotes bestimmt. Pro Tiergruppe wurde aus der Mitte von zwei Kotballen eine Probe zur Messung des pH-Wertes entnommen. Desweiteren wurde die scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Gesamtrationen, sowie die Differenzverdaulichkeit (DV) des Mischfutters mit den Markern Lignin und Chromoxid berechnet.

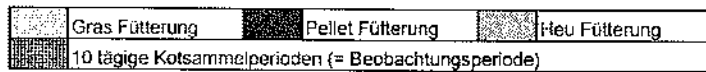
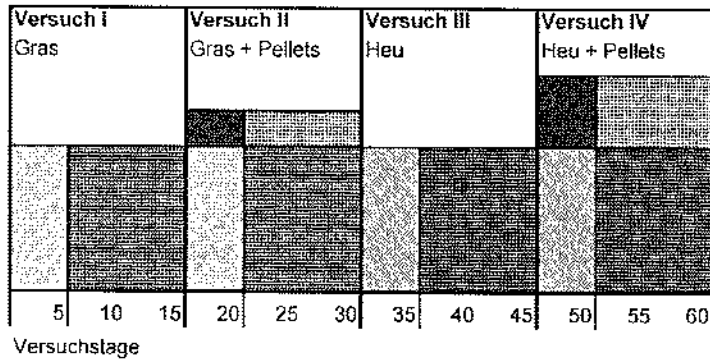


Abb. 1 : Zeitlicher Ablauf der Verdauungsversuche

Verhaltensstudie

Um zu erfahren, ob es durch die Fütterung der verschiedenen Rationen zu messbaren Unterschieden im Verhalten der Tiere kam, wurden sie während der zehntägigen Kotsammelperioden der Verdauungsversuche nachmittags zwei Stunden lang beobachtet. Dabei wurden zwei Beobachtungsmethoden angewendet. Die Scan-sampling Methode, bei der Geschehnisse an definierten Zeitpunkten aufgenommen werden und die Focal-animal-sampling Methode, bei der in einer vorher festgelegten Reihenfolge immer nur ein Tier für eine definierte Zeitspanne beobachtet wird. Das Scan-sampling fand im zwölfminütigen Abstand statt. Dabei wurde in einer Momentaufnahme das augenblickliche Verhalten und die Gehegeposition jedes Tieres festgehalten. Beim Focal-animal-sampling wurde das Verhalten des beobachteten Nashorns (Fokustier) lückenlos zehn Minuten lang aufgenommen. Hierbei wurden auch die Verhaltensweisen von Tieren, die mit dem Fokustier in Kontakt standen, dokumentiert. Die Reihenfolge, in der die fünf Tiere beobachtet wurden, war vorher festgelegt worden. Täglich wurde mit einem anderen der fünf Tiere begonnen und am sechsten Tag wieder mit dem ersten. Die Beobachtungsphase, in der jedes Tier einmal Fokustier war, dauerte insgesamt eine



Stunde. Pro Beobachtungstag wurden jeweils zwei identische Beobachtungsphasen hintereinander durchgeführt. Jede Beobachtungsphase begann und endete mit einem Scan-sampling. Außerdem wurde zwischen jedem Focus-animal-sampling ein Scan-sampling durchgeführt. Die Abb. 2 zeigt eine Darstellung des Beobachtungsschemas (pro Beobachtungstag ist nur eine Beobachtungsphase eingezeichnet). Die Datenaufnahme erfolgte handschriftlich auf vorbereiteten Protokollblättern und Gehegeplänen unter Verwendung einer Stoppuhr zur Zeitmessung.

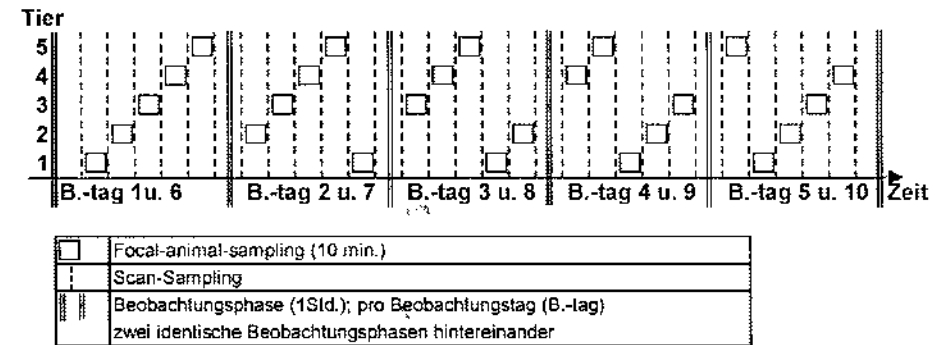


Abb. 2 : Beobachtungsschema

Die aufgenommenen Verhaltensweisen sind im Verhaltenskatalog (Anhang, Tab. N) dargestellt. Der Verhaltenskatalog wurde so gestaltet, dass der Schwerpunkt auf den Verhaltensweisen lag, deren Auswertung interessant und sinnvoll erschien.

3.2.5 Probenvorbereitung

Die in der Zoo-Studie gewonnenen Kot- und Futterproben wurden bei -20°C in luftdicht abgeschlossenen Polyäthylen-Plastiktüten aufbewahrt. Zur Analyse wurden die Proben aufgetaut, grob zerkleinert und im Trockenschrank bei 103°C bis zur



Gewichtskonstanz getrocknet. Die in der Freiland-Studie gewonnenen Gras- und Kotproben wurden vor Ort bis zur Gewichtskonstanz luftgetrocknet und dann in Plastikbeuteln in einem kühlen, dunklen Raum aufbewahrt. Zur Analyse wurden auch diese Proben in einem Trockenschrank bei 103°C erneut bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach dem Trocknen wurden alle Proben einzeln in einer Mühle fein gemahlen. Aus den einzelnen Futterproben der Zoo-Studie wurde nach gründlicher Durchmischung gleich viel entnommen und pro Versuch und Futtermittel zu einer Sammelprobe zusammengestellt. Ebenso wurden die Kotproben der Zoo-Studie pro Versuch und Tiergruppe zu einer Sammelprobe zusammengefaßt. Vor Entnahme der Mengen für die chemischen Analysen wurde auf eine gute Durchmischung der Probe geachtet.

3.2.6 Prüfparameter

3.2.6.1 Futter

a) Rohnährstoffe

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

b) Zellwandbestandteile

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

c) Bruttoenergie (GE)

d) Marker

- Chrom(III)-oxid (Cr_2O_3)



- Acid detergent lignin (ADL)

e) Mineralstoffe

- Calcium (Ca)
- Phosphor (P)
- Natrium (Na)
- Kalium (K)
- Chlorid (Cl)
- Zusätzlich bei den Grasproben aus Südafrika
 - Kupfer (Cu)
 - Magnesium (Mn)
 - Zink (Zn)
 - Eisen (Fe)

3.2.6.2 Kot

a) Rohnährstoffe

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

b) Zellwandbestandteile

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

c) Bruttoenergie (GE)

d) Marker

- Chrom(III)-oxid (Cr_2O_3)
- Acid detergent lignin (ADL)

f) pH-Wert



3.2.7 Untersuchungsmethoden

a) Rohnährstoffe

Die Bestimmung der Rohnährstoffe im Futter und im Kot wurde nach den Vorschriften der Weender Futtermittelanalyse in der Fassung von NAUMANN und BASSLER (1988) durchgeführt. Es erfolgte eine Doppelbestimmung jeder Probe, deren Mittelwert angegeben wurde.

Trockensubstanz (TS)

Die Probe wurde im Trockenschrank bei 103°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Rohasche (Ra)

Ca. 5 g des Probenmaterials wurden im Muffelofen bei 550°C zwölf Stunden lang verascht.

Rohprotein (Rp)

Zuerst wurde die Probe (Einwaage ca. 300 mg) nach der Kjeldahl-Methode aufgeschlossen; Überführung des Stickstoffs (N) in die Ammoniumform mit konzentrierter Schwefelsäure und Oxidationsgemisch als Katalysator. Anschließend fand die Berthelot-Reaktion des Ammoniums mit Salicylat und freiem Chlor zu einem smaragdgrünen Komplex statt. Im Auto Analyzer[®] II von BRAN+LUEBBE Technicon GmbH wurde dann die Extinktion der Probe bei 660 nm bestimmt. Der Gehalt an Rohprotein wurde mit dem Faktor N x 6,25 berechnet.

Rohfett (Rfe)

Die Probe (ca. 3 g) wurde durch 30-minütiges Kochen mit konzentrierter Salzsäure aufgeschlossen, dann filtriert, gewaschen und getrocknet. Anschließend wurde sie acht Stunden lang mit Petroleumbenzin in der Soxhletapparatur von ISOPAD GmbH extrahiert. Nach dem Trocknen wurde das Gewicht des Rohfettes im Extraktionskolben bestimmt.



Rohfaser (Rfa)

In einen Glástiegel mit Filterboden wurde ca. 1 g des Probenmaterials eingewogen und jeweils 30 Minuten mit 1,25 %-iger H₂SO₄ bzw. 1,25 %-iger NaOH im Fibertec[®] (Fa. Tecator) gekocht. Zwischen und nach den Kochphasen wurde die Flüssigkeit abfiltriert und der Rückstand mit heißem destilliertem Wasser gewaschen. Im Kaltextraktionsgerät fand anschließend eine Entfettung des Rückstandes mit Azeton statt. Der Tiegel mit Inhalt wurde getrocknet, gewogen und eine Stunde lang im Muffelofen bei 500°C verascht. Nach Abkühlung auf Zimmertemperatur wurde er erneut gewogen. Durch Subtraktion des Aschegewichtes vom Trockengewicht des Filterrückstandes wurde das Ergebnis errechnet.

Stickstofffreie Extraktstoffe (NfE)

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

Organische Substanz (oS)

Rechnerische Bestimmung: oS = TS - Ra

b) Zellwandbestandteile

Die Bestimmung der Zellwandbestandteile erfolgte nach VAN SOEST (1967) als Doppelbestimmung.

Neutral detergent fiber (NDF)

Im Fibertec[®]-Heißextraktor wurde ca. 1 g der Probe mit neutraler Detergentienlösung 60 Minuten lang gekocht, anschließend abfiltriert, mit heißem destilliertem Wasser (aqua dest.) gewaschen und mit Azeton entfettet. Nach dem Wiegen des getrockneten Tiegels fand eine einstündige Veraschung bei 500°C statt. Das Aschegewicht wurde vom Gesamtrückstand subtrahiert.

Nach MCQUEEN & NICHOLSON (1979) wird die Filtrierbarkeit der Probe bei der NDF Bestimmung durch die Anwesenheit von Stärke verschlechtert und führt zu einer Verfälschung der Ergebnisse. Um das zu verhindern, wurden die stärkehaltigen Futtermittel (Mischfutter) mit bakterieller Amylase inkubiert und erst anschließend, wie oben angegeben, analysiert.



Acid detergent fiber (ADF)

Das Verfahren ist mit dem oben genannten (NDF) identisch, jedoch wurde anstatt der neutralen die saure Detergentienlösung verwendet. Außerdem wurde nicht sofort verascht, sondern aus dem Rückstand wurde erst ADL bestimmt. Das nach der ADL-Bestimmung ermittelte Aschegewicht wurde dann vom Gesamtrückstand abgezogen.

Acid detergent lignin (ADL)

Die ADL Bestimmung erfolgte nach abgeschlossener ADF-Bestimmung mit dem im Filterglastiegel zurückgebliebenen Rückstand.

Der Rückstand wurde für drei Stunden mit 72%-iger Schwefelsäure versetzt und stündlich umgerührt. Anschließend wurde er mit heißem aqua dest. gewaschen, getrocknet und später gewogen. Letztendlich fand eine Veraschung bei 500°C im Muffelofen für zwei Stunden und nach dem Abkühlen ein erneutes Wiegen statt. Das Aschegewicht wurde vom Gesamtrückstand subtrahiert.

Hemicellulose (HC)

Rechnerische Bestimmung: $HC = NDF - ADF$

Cellulose (C)

Rechnerische Bestimmung: $C = ADF - ADL$

c) **Bruttoenergie**

Die Bestimmung der Bruttoenergie erfolgte im „IKA® - Calorimeter C 4000 adiabatic“ von Jankel & Kunkel. Je nach Volumen des Probenmaterials wurde 0,5- 1 g in ein Verbrennungstütchen aus Polyäthylen eingewogen. Das gefüllte Tütchen wurde in die, mit einem Zünddraht und einem Zündfaden versehene, Kalorimeterbombe gegeben. Die Bombe wurde verschlossen, über ein Ventil mit Sauerstoff bis zu einem Druck von 30 bar gefüllt und anschließend in den mit Wasser gefüllten Kessel eingesetzt. Nach dem Temperatúrausgleich zwischen Bombe und Wasser (Vorversuch) erfolgte eine Temperaturanzeige, die notiert wurde. Die Probe wurde gezündet. Mit dem Verbrennen des Probenmaterials entstand Wärme und die Bombe erhitze sich. Sobald der Temperatúrausgleich zwischen Wasser und Bombe wieder



vorhanden war (Hauptversuch), wurde der angezeigte Wert abgelesen. Aus der Temperaturdifferenz von Vorversuch und Hauptversuch (ΔT), der Wärmekapazität (C) des Kalorimeters und der Einwaage der Probe (m_p) wurde der Brennwert berechnet und um die Summe der Brennwerte des Tütchens, des Zünddrahtes und des Zündfadens (Q_F) korrigiert. Die Formel zur Berechnung des Brennwertes (H) lautete wie folgt:

$$H = C \times \Delta T - Q_F / m_p \text{ (J/g)}$$

Von jeder Probe wurde fünfmal der Brennwert auf die oben geschilderte Weise bestimmt. Von den Einzelwerten wurde dann der Mittelwert berechnet und mit Standardabweichung (\pm) angegeben.

d) **Marker**

Chromoxid (Cr_2O_3)

Die Bestimmung erfolgte nach den Vorschriften von PETRY und RAPP (1970). Ca. 300 mg des Probenmaterials wurden nach Zugabe eines Oxidationsgemisches erhitzt. Dabei oxidierte das Chromoxid zu Chromat, begleitet von einem Farbumschlag von grün nach orange. Nach Zugabe von 70%-iger Perchlorsäure wurde erneut erhitzt und nach Abkühlung wurde mit 30%-iger Natronlauge alkalisiert. Die Probe wurde dreimal zentrifugiert und der gesamte Überstand quantitativ gewonnen. Der Gehalt an Chromat im Überstand wurde spektralphotometrisch bei 365 nm gemessen.

Lignin

Siehe oben unter ADL

e) **Mineralstoffe**

Die Mineralstoffe wurden durch Versetzung von ca. 100 mg des Probenmaterials mit Salpetersäure (65%), Wasserstoffperoxid (30%) und Flußsäure (37%) in einer Mikrowelle (mls 1200 mega High Performance Microwave, MLS GmbH) nassverascht. Nach Abkühlung auf Zimmertemperatur wurde die Lösung entnommen



und auf ein Endvolumen von 10 ml mit aqua dest. verdünnt. Diese Lösung wurde aus jeder Probe zweimal hergestellt, um daraus jeweils das Probenmaterial für die einzelnen Mineralstoffbestimmungen (außer bei der Chloridbestimmung) zu entnehmen. Die gewonnenen Ergebnisse wurden als arithmetischer Mittelwert angegeben.

Phosphor (anorganisch)

Die Bestimmung des anorganischen Phosphors erfolgte mittels Spektralphotometrie. Zunächst wurde zur Aschelösung 0,6 n Trichloressigsäure zugegeben und anschließend ein Aliquot entnommen, das dann mit Ammoniummolybdat und Ammoniumvanadat in schwefelsaurer Lösung versetzt wurde. Durch Komplexbildung entstand eine Gelbfärbung, deren Intensität mit dem Photometer bei 366 nm gemessen wurde. Die Zunahme der Extinktion ist der Phosphorkonzentration innerhalb des erlaubten Meßbereiches direkt proportional und konnte anhand der Eichkurve abgelesen werden.

Calcium (Ca), Natrium (Na), Kalium (K)

Die quantitative Bestimmung von Calcium, Natrium und Kalium erfolgte mittels des Flammenphotometers Elex 6361 von Eppendorf. Zuerst wurde die Aschelösung mit 1%-iger Lithiumlösung mit einem Dual-Diluter verdünnt, und dann mit Acetylen verbrannt. Die pure Lithiumlösung diente zur Nullwert-Bestimmung, eine Serum-Lösung mit bekannten Ca-, Na- und K- Gehalten zur Standard-Bestimmung.

Chlorid

Für die Chloridbestimmung wurde zweimal je Probe ca. 500 mg Probenmaterial mit destilliertem Wasser verdünnt, 15 Stunden lang geschüttelt und zentrifugiert. Aus dem Überstand wurde das Chlorid durch Titration mit Silber an einer ionensensitiven Elektrode am Eppendorf Chloridmeter 6610 analysiert. Die erzeugte Stromflusszeit wurde gemessen und in mmol/l kalibriert angezeigt. Der Chloridgehalt wurde pro Überstand fünfmal gemessen. Aus den Ergebnissen wurde der arithmetische Mittelwert für jede Probe gebildet.



Kupfer (Cu), Magnesium (Mg), Zink (Zn), Eisen (Fe)

Diese Elemente wurden aus Verdünnungen der Veraschungslösung mittels Atomabsorptionsspektrometrie (Fa. Unicam, Kassel) analysiert. Die Lösung wurde im Gerät zu feinen Tröpfchen zerstäubt und in eine Flamme gesaugt. Dabei werden die Elemente überwiegend in ihren atomaren Zustand überführt. Die Atome absorbieren bei charakteristischen Wellenlängen Strahlung. Die jeweilige Wellenlänge wurde mittels einer eingesetzten Hohlkathodenlampe hergestellt und die Extinktion gemessen. Innerhalb des erlaubten Meßbereiches ist sie der Konzentration des jeweiligen Minerals direkt proportional.

f) pH-Wert

Zur pH-Wert Messung des Kotes wurde Probenmaterial aus der Mitte frischer Kotballen entnommen. Jede Kotprobe wurde dann mit der vierfachen Menge an destilliertem Wasser in einen Becher gegeben und vermischt. Die Sonde des elektrischen pH-Meters WTW pH 325-A/set-2 mit integriertem Temperaturfühler wurde in den Becher eingetaucht und der pH-Wert auf der LCD-Anzeige abgelesen.

3.2.8 Berechnungsmethoden

Es wurden die Verdaulichkeiten der einzelnen Nährstoffe und der Energie errechnet. Dabei beziehen sich die Daten aus der Freiland-Studie auf einzelne Tiere, die Daten aus der Zoo-Studie auf Tiergruppen.



3.2.8.1 Scheinbare Verdaulichkeit

Rationen aus einem Futtermittel

In den Rationen in denen das jeweilige Rauhfuttermittel alleine gefüttert wurde, wurde die scheinbare Verdaulichkeit der Nährstoffe nach folgender Formel berechnet:

$$sV \text{ Nährstoff (\%)} = 100 - \frac{\% \text{ Indikator im Futter}}{\% \text{ Indikator im Kot}} \times \frac{\% \text{ Nährstoff im Kot}}{\% \text{ Nährstoff im Futter}} \times 100$$

Als Indikator wurde der natürlich im Gras und Heu vorkommende Marker Lignin (ADL) verwendet.

Kombinierte Rationen aus zwei Futtermitteln

Für die Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit der kombinierten Rationen wurde die Doppelmarkermethode mit den Markern Lignin und Chromoxid verwendet. Das Grundfutter (Gras bzw. Heu) wurde im Folgenden als Futtermittel 1 (FM1), das Mischfutter (Pellets) als FM2 bezeichnet.

Zuerst wurde anhand der Chromoxiddosis die tägliche Kotmenge berechnet, dann die tägliche Lignin-Ausscheidung bzw. -aufnahme. Anschließend wurde errechnet, wieviel Lignin aus dem Mischfutter bzw. aus dem Grundfutter stammte und damit die pro Tiergruppe aufgenommene Grundfuttermenge bestimmt. Mit diesen Ergebnissen konnte auf die scheinbare Verdaulichkeit der einzelnen Nährstoffe der kombinierten Rationen geschlossen werden.

Im Folgenden sind die einzelnen Rechenschritte dargestellt:

- a) Die Menge an täglich ausgeschiedenem Kot (in kg TS) wurde wie folgt berechnet.

$$\text{tägl. Kotmenge (kgTS)} = \frac{\text{tägl. Chromoxiddosis (g)}}{\text{Chromoxidkonz. im Kot (g/kg TS)}}$$



Die pro Tag aufgenommene Chromoxiddosis war durch die tägliche Zuteilung einer bestimmten Menge an Mischfutter pro Tier/Tiergruppe festgelegt. Die Chromoxidkonzentration im Kot wurde analysiert.

- b) Die Menge an Lignin, die pro Tag mit der kombinierten Ration aufgenommen wurde, entspricht der täglich mit dem Kot ausgeschiedenen Menge und konnte mit folgender Formel berechnet werden.

$$\text{tägl. Lignin Aufnahme (kg)} = \frac{\text{tägl. Kotmenge (kgTS)} \times \text{Lignin im Kot (\% TS)}}{100}$$

Die Ligninkonzentration im Kot wurde analysiert.

- c) Die Ligninmenge, die täglich mit dem Mischfutter (FM2) aufgenommen wurde, konnte durch Multiplikation der Mischfuttermenge (kg TS) mit der analysierten Ligninkonzentration (%) in der Trockensubstanz und anschließend dividieren durch 100 errechnet werden.
- d) Die Ligninmenge, die tägl. mit dem Grundfutter (FM1) aufgenommen wurde, konnte durch Subtraktion der Ligninmenge aus FM2 von der in b) dargestellten Gesamtligninmenge errechnet werden.
- e) Die pro Tag aufgenommene Menge des Grundfutters (FM1) war über folgende Formel zu errechnen.

$$\text{tägl. FM1 - Aufnahme (kgTS)} = \frac{100 \times \text{tägl. Lignin - Aufnahme aus FM1 (kg)}}{\text{Ligninkonz. im FM1 (\% TS)}}$$

- f) Durch Summieren der täglich aufgenommenen Menge beider Futtermittel war die Gesamtfuttermenge zu erschließen (in kg TS).
- g) Die scheinbare Verdaulichkeit der kombinierten Rationen ließ sich anschließend mit folgender Formel feststellen.



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

Die Futter- und Kotmengen wurden wie oben dargestellt errechnet und die Konzentrationen der einzelnen Nährstoffe analysiert.

3.2.8.2 Differenzverdaulichkeit

Bei der Differenzverdaulichkeit wird die Verdaulichkeit von einem Futtermittel (FM2) berechnet, das in Kombination mit einem anderen Futtermittel (FM1) mit bekannter Verdaulichkeit gefüttert wurde. In den Versuchen II und IV wurde die Differenzverdaulichkeit des Mischfutters (FM2) berechnet, das mit Gras bzw. Heu (FM1) gefüttert wurde. Zur Berechnung der Differenzverdaulichkeit ist die Annahme notwendig, dass FM1 in der mit FM2 kombinierten Ration die gleiche Verdaulichkeit besitzt wie bei Verwendung als alleiniges Futter. Die Verdaulichkeit des FM1 als alleiniges Futtermittel muss bekannt sein.

Aus der im Kot der kombinierten Ration analysierten Nährstoffkonzentration und der Kotmenge wurde die gesamte Nährstoffmenge im Kot errechnet. Aus der scheinbaren Verdaulichkeit (sV) des Grundfutters (FM1) und der Grundfuttermenge ließ sich die Nährstoffmenge im Kot errechnen, die aus dem Grundfutter stammte. Durch Subtraktion dieser Nährstoffmenge von der Gesamtnährstoffmenge konnte auf die Nährstoffmenge im Kot geschlossen werden, die aus dem Mischfutter (FM2) stammte. Aus der analysierten Nährstoffkonzentration von FM2 und der gefressenen FM2-Menge wurde die Nährstoffmenge, die mit FM2 aufgenommen wurde, ausgerechnet. Nun konnte mit der Nährstoffmenge im FM2 und der Nährstoffmenge im Kot aus FM2 die Differenzverdaulichkeit des Mischfutters errechnet werden (analog zur oben unter g angegebenen Formel).



3.2.9 Statistische Methoden

Als Methode der deskriptiven Statistik wurde der Mittelwert bei der Zusammenfassung mehrerer Einzelwerte eingesetzt. Die Standardabweichung galt als Maß der Streuung.

Die Darstellung erfolgte jeweils als Mittelwert \pm Standardabweichung (STABW).

Für die Auswertung der Verhaltensdaten wurde der für nichtparametrische Daten geeignete Wilcoxon-Test für den Vergleich zweier gepaarter Stichproben verwendet. Der Test erfolgte zweiseitig.

Als Berechnungsbasis diente die Dauer der Verhaltensweise in Minuten pro Beobachtungstag. Als Signifikanzniveau wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von maximal 5% ($p < 0,05$) festgelegt.



3.3 ERGEBNISSE

3.3.1 Vorversuch zur Dampassagezeit

3.3.1.1 Gesundheitszustand der Tiere

Die beiden Nashörner Temba und Kenia zeigten während des Vorversuchs zur Dampassage ein ungestörtes Allgemeinbefinden mit guter Futteraufnahme und regelmäßigem Absatz von physiologisch geformtem Kot.

3.3.1.2 Dampassagezeit

Abbildung 3 stellt die Ausscheidungsrate des Markers Chromoxid in Summenprozent (kumulativ) dar. Mit dem zweiten Nachtkot (28- 42 Stunden nach Marker-Aufnahme) kam es erstmals zu einer nennenswerten Markerausscheidung von ca. 15- 20% der insgesamt ausgeschiedenen Chromoxidmenge. 42- 52 Stunden nach Marker-Aufnahme wurde die größte Menge Chromoxid ausgeschieden. Das Nashorn Temba hatte nach 49 Stunden 77,6% des Markers ausgeschieden, das Nashorn Kenia im gleichen Zeitraum (nach 48 Stunden) 45%. Nach 67 bzw. 69 Stunden verringerte sich die Zunahme an ausgeschiedenem Chromoxid deutlich und nach 73 Stunden hatten beide Tiere mehr als 99% der wiedergefundenen Markermenge ausgeschieden (Daten: Anhang Tab. C).

Bei dem tagsüber vollständigen und nachts teilweise gesammelten Kot errechnet sich eine Wiederfindungsrate des Markers für Temba bei 74% und für Kenia bei 70% der pro Tier aufgenommenen Chromoxidmenge.

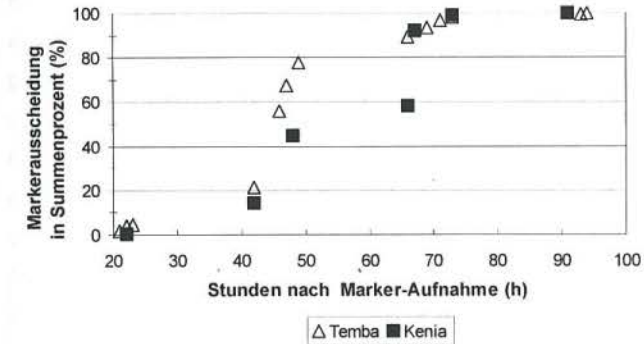


Abb. 3 : Zeitlicher Verlauf der Ausscheidungsrate des Markers Chromoxid in Summenprozent (%), dabei entsprechen 100% der je Tier insgesamt ausgeschiedenen Markermenge. Die mit dem Nachtkot abgegebene Markermenge wird dem Probeentnahmezeitpunkt zugeordnet (h 42 u. 66)

3.3.2 Freiland-Studie

3.3.2.1 Gesundheitszustand der Tiere

Die drei Nashornbullen, die für die Freiland-Studie aus einer regelmäßig beobachteten Population ausgesucht wurden, zeigten keine auffälligen Störungen der Gesundheit wie z.B. Lahmheit, Verletzungen oder Abmagerung.

3.3.2.2 Verfolgung der Nashornfährten

Die Fährten der Nashörner wurden auf einem Teilstück von 890- 5180 m lang verfolgt (Tracking). Je Trackingstrecke wurden 6- 26 Fraßstellen gefunden (Tab. 11). Die je Fraßstelle aufgenommene Grasmenge wurde nach der in Kap. 3.2.4.2 beschriebenen Methode geschätzt. An diesen Fraßstellen wurde von den Tieren



unterschiedlich viel Gras gefressen. Auf der ersten Trackingstrecke (A1) von 4230 m nahm der Nashornbulle Amsterdam an 26 Fraßstellen insgesamt etwa 1930 g Gras auf, auf der zweiten (A2, 890 m lang) dagegen an nur sechs Fraßstellen etwa 2900 g (Tab. 11). Anhand der Frische der Fraßspuren an den Nahrungsgräsern konnte festgestellt werden, dass das Gras zu einem Zeitpunkt zwischen Mitternacht und morgens gefressen wurde. Auf den insgesamt über 15 km lang verfolgten Fahrten der drei Nashornbullen wurde von 13 verschiedenen Grasarten gefressen (Anhang Tab. A). Die Ausscheidung des jeweils am Vormittag aufgefundenen Kotes erfolgte in den Morgenstunden. Somit ergab sich bei den Breitmaulnashörnern, bezogen auf die Probenentnahme, ein Zeitabstand von 48- 55 Stunden zwischen Grasaufnahme und Kotabsatz.

Tab. 11 : Beim Nashorn-Tracking zurückgelegte Wegstrecke, Anzahl der dabei aufgefundenen Fraßstellen, Menge der Grasprobe pro Track und des zwei Tage später aufgefundenen Kotes

Tiername	Probe	Tracking- strecke (m)	Fraßstellen (Anzahl)	Grasprobe (g uS)	Kotmenge (kg uS)
Amsterdam	A 1	4230	26	1930	18,6
	A 2	890	6	2900	18,5
Broken Horn	B 1	2230	14	4250	21,5
	B 2	1700	9	2870	18,0
George	G 1	3010	8	1940	22,0
	G 2	5180	10	2120	21,0

3.3.2.3 Futter

3.3.2.3.1 Trockensubstanz-, Energie-, und Nährstoffgehalte

Die durchschnittlichen Nährstoffgehalte der Nahrungsgräser aus Südafrika zeigt Tab. 12. Der Trockensubstanzgehalt betrug im Mittel 58,5%. Der mittlere Gehalt der



Rohfaser war 35,6% der TS und der von Rohprotein 4,7% der TS. Die Gräser enthielten 50,4% der TS an Stickstofffreien Extraktstoffen (NfE). Der Anteil der organischen Substanz an der Trockensubstanz betrug 91,7%. Der Bruttoenergiegehalt des südafrikanischen Grases war 18,31 MJ je kg Trockensubstanz.

Tab. 12 : Mittlere Rohnährstoff- und Energiegehalte in Prozent der Trockensubstanz der Grasproben (n= 6) der Freiland-Studie mit Standardabweichung (\pm)

Futter	TS (%uS)	Ra (%TS)	Rfe (%TS)	Rfa (%TS)	Rp (%TS)	NfE (%TS)	oS (%TS)	GE (MJ/kg TS)
Gras	58,5 \pm 8,7	8,3 \pm 0,7	1,1 \pm 0,2	35,6 \pm 0,8	4,7 \pm 1,1	50,4 \pm 1,4	91,7 \pm 0,7	18,31 \pm 0,2

Der Gehalt an den Gerüstsubstanzen der NDF- und der ADF- Fraktion betrug für das Gras der Freiland-Studie im Mittel 74,6% bzw. 42,6% der TS (Tab. 13). Die Cellulose nahm dabei mit 35,8% TS den größten Anteil ein. In den Nahrungsgräsern des Breitmaulnashorns befanden sich in der Trockensubstanz durchschnittlich 6,8% Lignin.

Tab. 13 : Mittlere Gehalte an Gerüstsubstanzen in % TS der Grasproben (n= 6) der Freiland-Studie mit Standardabweichung (\pm)

Futter	NDF	ADF	C	HC	ADL
Gras	74,6 \pm 1,0	42,6 \pm 1,2	35,8 \pm 1,1	32,0 \pm 0,8	6,8 \pm 0,6

Die Trockensubstanz-, Energie- und Nährstoffgehalte der sechs einzelnen Grasproben (A1, A2, B1, B2, G1 und G2) sind den Tabellen D und E im Anhang zu entnehmen. Der Trockensubstanzgehalt der sechs Grasproben schwankte zwischen 48,1% und 68,0%. Der Gehalt an Rohprotein lag bei 3,5- 6,5% und an Lignin bei 6,2- 7,5% der TS. Die Gehalte der anderen Nährstoffe der einzelnen Grasproben waren sich sehr ähnlich.



3.3.2.3.2 Mineralstoffgehalte

Die mittleren Gehalte der Mengenelemente der in Südafrika gesammelten Gräser lagen für Calcium bei 2,4 g und für Phosphor bei 1,0 g pro kg Trockensubstanz, woraus sich ein Verhältnis der beiden zueinander von 2,4 : 1 ergibt (Tab. 14). Natrium war mit 0,3 g/kg der TS das am geringsten enthaltene Mengenelement und Kupfer mit 4,1 mg/kg das am geringsten enthaltene Spurenelement. Den höchsten Gehalt aller Mineralstoffe hatte Kalium mit 8,5 g/kg TS.

Tab. 14 : Mittlere Mineralstoffgehalte in der Trockensubstanz der Grasproben (n= 6) der Freiland-Studie mit Standardabweichung (±)

Futter	Ca (g/kg)	P (g/kg)	Ca : P Verhältnis	Na (g/kg)	Cl (g/kg)	K (g/kg)	Mg (g/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Gras	2,4	1,0	2,4	0,3	3,5	8,5	0,8	4,1	176,8	22,9
	± 0,7	± 0,1	-	± 0,1	± 1,2	± 1,5	± 0,2	± 0,8	± 48,9	± 7,7

Die Mineralstoffgehalte der einzelnen Grasproben zeigt die Tab. F im Anhang.

3.3.2.4 Kot

Der Trockensubstanzgehalt der Kotproben in Südafrika lag zwischen 22,3 und 26,2%. Die Energie- und Nährstoffgehalte sind in Tab. G und H im Anhang dargestellt.



3.3.2.5 Scheinbare Verdaulichkeit

Die scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz des südafrikanischen Grases betrug 48,1%, die der Bruttoenergie 51,2% (Tab. 15). Für die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Rohfaser ergaben jeweils die Werte von 54,2%. Die Proteinverdaulichkeit hatte mit 40,3% den niedrigsten Wert. Die Verdaulichkeiten der Gerüstsubstanzen (Tab. 16) lagen in einem Bereich von 50,2% bis 59,7%.

Tab. 15 : Mittlere scheinbare Verdaulichkeiten (n= 3) in Prozent (%) der Rohnährstoffe aus den Grasproben der Freiland-Studie mit Standardabw. (±)

Futter	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE
Gras	48,1	54,2	40,3	56,0	54,2	51,2
	± 5,1	± 3,9	± 21,5	± 3,2	± 3,5	± 3,2

Tab. 16 : Mittlere scheinbare Verdaulichkeiten (n= 3) in Prozent (%) der Gerüstsubstanzen aus den Grasproben der Freiland-Studie mit Standardabw. (±)

Futter	NDF	ADF	C	HC
Gras	53,9	50,2	59,7	58,8
	± 3,3	± 3,4	± 3,4	± 5,3

Im Tabellenanhang sind die sechs Einzelwerte zur Verdaulichkeit der Nährstoffe aus den Grasproben angegeben (Tab. I und J). Auffällig sind die großen Schwankungen der Verdaulichkeit der TS und des Rohproteins von 39,4- 54,1% bzw. 16,9- 69,4%.



3.3.3 Zoo-Studie

3.3.3.1 Gesundheitszustand der Tiere

Das Allgemeinbefinden der fünf Breitmaulnashörner war während der gesamten Versuchsdauer ungestört und der Ernährungszustand gut.

3.3.3.2 Futterzusammensetzung und -aufnahme

3.3.3.2.1 Trockensubstanz-, Energie- und Nährstoffgehalte

Der Trockensubstanzgehalt des Grases betrug 33,1% (Z I Gras) und wurde in der Ration Z II G+MF durch Zugabe von pelletiertem Mischfuttermittel zum Gras auf insgesamt 42,8% erhöht. Die beiden anderen Zorationen (Z III Heu und Z IV H+MF), in denen Heu als Grundfutter diente, besaßen einen Trockensubstanzgehalt von 87,7% bzw. 86,8%.

Die Rohproteingehalte des Heus (13,2% TS) bzw. der kombinierten Ration mit Mischfutter (13,7% TS) waren höher als die des Grases und die der kombinierten Ration mit Gras und MF (7,5% TS). In den anderen Nährstoffgehalten sind sich die verschiedenen Zorationen ähnlich. Auch der Bruttoenergiegehalt unterschied sich um weniger als 0,71 MJ pro kg TS.



Tab. 17 : Rohnährstoff- und Energiegehalte in Prozent der Trockensubstanz der Futterrationen (Z I- Z IV) in der Zoo-Studie

Ration	TS (%uS)	Ra (%TS)	Rfe (%TS)	Rfa (%TS)	Rp (%TS)	NfE (%TS)	oS (%TS)	GE (MJ/kg TS)
Z I Gras	33,1	11,6	1,8	30,5	7,5	48,7	88,4	17,85
Z II G+MF*	42,8	12,6	1,8	29,3	7,5	48,7	87,4	17,63
Z III Heu	87,7	9,1	1,5	28,9	13,2	47,3	90,9	18,36
Z IV H+MF*	86,8	10,3	1,4	27,0	13,7	47,6	89,7	18,35

* Mittelwerte der errechneten Gesamtrationen der drei Tiergruppen (n= 3)

In den Rationen mit Heu als Grundfuttermittel war der Ligninanteil mit 5,5 und 5,0% TS geringer als in den anderen Rationen mit 6,3% und 6,7%. Die Gehalte der anderen Gerüstsubstanzen waren sich ähnlich.

Tab. 18 : Gehalte an Gerüstsubstanzen in % TS der Futterrationen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie

Futter	NDF	ADF	C	HC	ADL
Z I Gras	65,5	36,9	30,2	28,6	6,7
Z II G+MF*	62,7	35,3	28,9	27,4	6,3
Z III Heu	65,5	33,4	27,8	32,1	5,5
Z IV H+MF*	61,4	32,1	27,0	29,3	5,0

* Mittelwerte der errechneten Gesamtrationen der drei Tiergruppen (n= 3)

3.3.3.2.2 Mineralstoffgehalte

Die Calcium-, Phosphor-, Natrium- und Magnesiumgehalte der Zorationen waren sich alle ähnlich. Für andere Mineralstoffgehalte ergaben sich hingegen Unterschiede: Die Gehalte an Chlorid und Kalium (Tab. 19) waren in den Rationen III und IV wesentlich höher als in den Rationen I und II.



Tab. 19 : Gehalte an Mengenelementen der Futterrationen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie

Futter	Ca (g/kg TS)	P (g/kg TS)	Ca : P Verhältnis	Na (g/kg TS)	Cl (g/kg TS)	K (g/kg TS)	Mg (g/kg TS)
Z I Gras	5,9	2,3	2,6	3,8	4,7	12,2	2,1
Z II G+MF*	6,5	2,4	2,7	3,6	4,7	11,3	2,1
Z III Heu	5,9	2,0	3,0	2,5	11,4	22,6	1,4
Z IV H+MF*	6,6	2,0	3,3	3,3	11,8	21,5	2,1

* Mittelwerte der errechneten Gesamtrationen der drei Tiergruppen (n= 3)

3.3.3.2.3 Aufgenommene Futtermengen

Anhand der Doppelmarkermethode (Lignin und Chromoxid) in den Versuchen II und IV konnten die aufgenommenen Futtermengen errechnet werden. Im Versuch IV wurde von allen Tiergruppen ca. 20- 35% mehr Futter aufgenommen als im Versuch II (Tab. 20).

Tab. 20 : Pro Tiergruppe (n= 3) und Tag durchschnittlich aufgenommene Futtermittel in kg TS während der Verdauungsversuche II und IV

Tiergruppe (Abk. Tiernamen)	Versuch II			Versuch IV		
	Gras (G)	MF	Gesamt	Heu (H)	MF	Gesamt
1 (Ki)	25,9	2,1	28,0	30,4	3,9	34,2
2 (Na+Ke)	31,1	4,2	35,4	40,4	7,7	48,2
3 (Nu+Te)	40,1	4,2	44,4	45,4	7,7	53,2



3.3.3.3 Kot

Die Gehalte an Rohnährstoffen, Energie und Gerüstsubstanzen des Kotes sind dem Tabellenanhang zu entnehmen (Tab. K und Tab. L).

3.3.3.3.1 Ausgeschiedene Kotmengen

Tabelle 21 gibt die in den Versuchen II und IV pro Tiergruppe und Tag errechnete Kotmenge (in kg TS) und den Trockensubstanzgehalt des Kotes wieder. Der im Versuch II ausgeschiedene Kot besaß bei jeder Tiergruppe einen um 3- 4,2 Prozentanteile höheren Trockensubstanzgehalt als der im Versuch IV ausgeschiedene Kot. Die Kotmenge (kg TS) unterschied sich nur bei Tiergruppe zwei zwischen den Versuchen. Sie liegt im Versuch II bei 17,4 kg TS und steigt im Versuch IV auf 21,2 kg TS.

Tab. 21 : Durchschnittliche Kotmenge pro Tiergruppe (n= 3) und Tag und der Trockensubstanzgehalt des Kotes aus Versuch II und IV

Tiergruppe (Abk. Tiernamen)	Versuch II		Versuch IV	
	Kot (kg TS)	Kot TS (%)	Kot (kg TS)	Kot TS (%)
1 (Ki)	15,9	19,6	16,4	15,4
2 (Na+Ke)	17,4	19,5	21,2	16,5
3 (Nu+Te)	25,8	19,2	24,7	15,9

3.3.3.3.2 pH-Werte des Kotes

Der pH-Wert im Nashornkot der gesamten Zoo-Studie betrug im Mittel 6,1 (Standardabweichung: $\pm 0,6$). Weder zwischen den verschiedenen Futterrationen, noch zwischen den Tiergruppen zeigen sich Unterschiede (Tab. 22).



Tab. 22 : pH-Werte im Nashornkot während der Verdauungsversuche, angegeben als Mittelwerte (aus jeweils 20 Messungen) mit Standardabweichung (\pm)

Tiergruppe	Versuch I	Versuch II	Versuch III	Versuch IV
1 (Ki)	5,9 $\pm 0,5$	5,8 $\pm 0,5$	6,5 $\pm 0,5$	6,7 $\pm 1,0$
2 (Na+Ke)	6,2 $\pm 0,5$	6,3 $\pm 0,4$	6,5 $\pm 0,5$	6,2 $\pm 0,8$
3 (Nu+Te)	5,8 $\pm 0,4$	6,1 $\pm 0,5$	6,4 $\pm 0,3$	6,0 $\pm 0,3$

3.3.3.4 Scheinbare Verdaulichkeit

Die scheinbaren Verdaulichkeiten der Energie und der Nährstoffe der Zoo-Rationen sind in Tab. 23 dargestellt.

Die scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz der Zooration I mit Gras als alleinigem Futtermittel lag bei 41,3% und somit niedriger als die der Zooration II mit Gras und pelletiertem Mischfutter mit 45,3%. In der Zoo-Ration I betrug die scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser 40,4%, die des Rohproteins 43,9% und die der Bruttoenergie 43,5%. Die scheinbaren Verdaulichkeiten der Zoo-Ration II waren mit 44,6% für Rfa, 51,1% für Rp und 46,2% für GE ausnahmslos höher.

Die Rationen III und IV mit Heu hatten insgesamt höhere scheinbare Verdaulichkeiten als die Rationen I und II mit Gras. In der Zoo-Ration III bei alleiniger Heufütterung lag die scheinbare Verdaulichkeit der TS bei 57,1%, der Rohfaser bei 54,1% und die des Rohprotein bei 63,5%. Die scheinbare Verdaulichkeit für NfE betrug 63,3% und für die Bruttoenergie 55,2%. Bei der kombinierten Ration aus Heu und Mischfutter (Z IV) lagen die Verdaulichkeiten der Trockensubstanz und der Rohfaser niedriger (TS 53,9%; Rfa 49,6%), und die für das Rohprotein mit 65,6% höher als bei Ration Z III. Die scheinbare Verdaulichkeit für NfE betrug 59,5% und für die Bruttoenergie 53,1%.



Tab. 23 : Mittlere scheinbare Verdaulichkeiten ($n=3$) in Prozent (%) der Bruttoenergie und der Rohnährstoffe der Futterrationen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie, angegeben als Mittelwerte mit Standardabweichung (\pm)

Futter	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE
Z I Gras	41,3 $\pm 1,8$	40,4 $\pm 0,6$	43,9 $\pm 0,9$	53,7 $\pm 0,8$	47,3 $\pm 0,5$	43,5 $\pm 0,7$
Z II G+MF	45,3 $\pm 4,8$	44,6 $\pm 5,6$	51,1 $\pm 3,4$	55,7 $\pm 4,0$	50,3 $\pm 4,2$	46,2 $\pm 4,3$
Z III Heu	57,1 $\pm 2,2$	54,1 $\pm 1,6$	63,5 $\pm 1,9$	63,3 $\pm 1,2$	59,3 $\pm 1,0$	55,2 $\pm 0,7$
Z IV H+MF	53,9 $\pm 1,9$	49,6 $\pm 1,5$	65,6 $\pm 2,3$	59,5 $\pm 1,5$	56,4 $\pm 1,0$	53,1 $\pm 1,0$

Für die scheinbaren Verdaulichkeiten der Gerüstsubstanzen ergaben sich in der Zoo-Studie bei der Grasration die niedrigsten Werte für NDF, ADF und Cellulose (Tab. 24). Nur die Verdaulichkeit von Hemicellulose der mit Mischfutter kombinierten Gras-Ration (Z II G+MF) war mit 52,2% noch niedriger. In der Verdaulichkeit der NDF-Fraktion und der Hemicellulose erlangte die Heuration die höchsten Werte (NDF 57,1%, HC 70,1%).

Tab. 24 : Mittlere scheinbare Verdaulichkeiten ($n=3$) in Prozent (%) der Gerüstsubstanzen der Futterrationen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie

Futter	NDF	ADF	C	HC
Z I Gras	42,5 $\pm 0,5$	32,9 $\pm 0,5$	40,2 $\pm 0,6$	54,9 $\pm 1,3$
Z II G+MF	45,3 $\pm 4,6$	40,0 $\pm 4,9$	48,8 $\pm 5,9$	52,2 $\pm 4,2$
Z III Heu	57,1 $\pm 1,5$	44,5 $\pm 1,6$	53,4 $\pm 1,9$	70,1 $\pm 1,6$
Z IV H+MF	52,0 $\pm 0,8$	44,4 $\pm 1,9$	52,7 $\pm 2,3$	60,4 $\pm 1,4$



3.3.4 Verhaltensbeobachtungen

3.3.4.1 Scan-Beobachtungsprotokolle

Pro Versuch wurden 120 Scan-Beobachtungsprotokolle aufgenommen (Verhaltensweisen: Anhang Tab. N). Betrachtet man die Auswertung der Scan-Beobachtungsprotokolle in Form von Tortendiagrammen (Abb. 4 bis 8), so fällt bei allen Tieren der Versuch IV durch den deutlich niedrigsten Anteil der Verhaltensweise „Liegen“ (li) auf, der bei dem Bullen Kiwu sogar auf 0% sank. Alle Tiere, mit Ausnahme des Bullen, fraßen in diesem Versuch am wenigsten. Die Verhaltensweise „Kämpfen“ (kä) war bei den Tieren in keinem Versuch höher als im Versuch IV, und sie erhöhte sich beim Bullen und den beiden jüngeren Weibchen (Numbi und Temba) im Vergleich zu den anderen Versuchen sogar um das drei- bis fünffache. Bei allen Weibchen kommt außerdem die Verhaltensweise „Stehen“ (st) im Versuch IV am häufigsten (61- 77%) vor.

Der Bulle Kiwu stand und lief verglichen mit den anderen Tieren in den Versuchen I bis III am längsten (48- 62% und 7- 11%). Der von ihm für „Fressen“ (fr) aufgewandte Zeitanteil stieg im Versuch III von sonst 3- 5% auf 18% an.

Das Weibchen Kenia lag mit 56- 57% der Scans in den Versuchen I bis III und 28% im Versuch IV deutlich mehr als die anderen Tiere. Außerdem lief sie insgesamt am wenigsten von allen Tieren.

Das weibliche Tier Natala steigerte im Versuch IV die Verhaltensweisen „Stehen“ von vorher 40- 50% auf 77% und „Laufen“ (la) von vorher 3- 7% auf 13%.

Die beiden jüngeren Weibchen (Numbi und Temba) verbrachten in den Versuchen I bis III viel Zeit mit „Fressen“ (14- 25%). Im Versuch IV wurden diese Tiere nur noch in 8% und 12% der Scans beim „Fressen“ beobachtet. Fast genauso häufig (15%- 21%) nehmen sie Nahrung durch „Fressen im Laufen“ (fl) im Versuch I und II zu sich. Diese Verhaltensweise wird bei den anderen Tieren nur sehr selten notiert (0- 5%). Die Verhaltensweisen Trinken und Suhlen wird bei allen Tieren nur selten beobachtet.

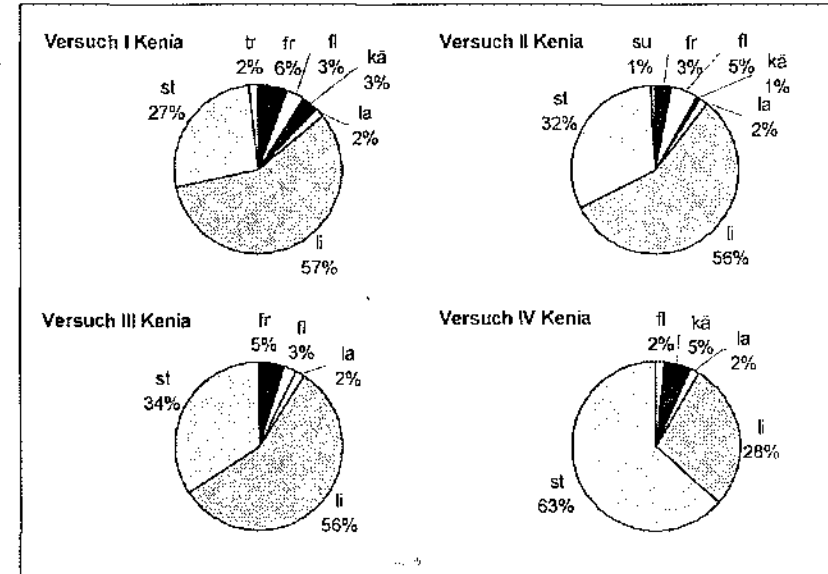


Abb. 4 : relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Kenia (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)

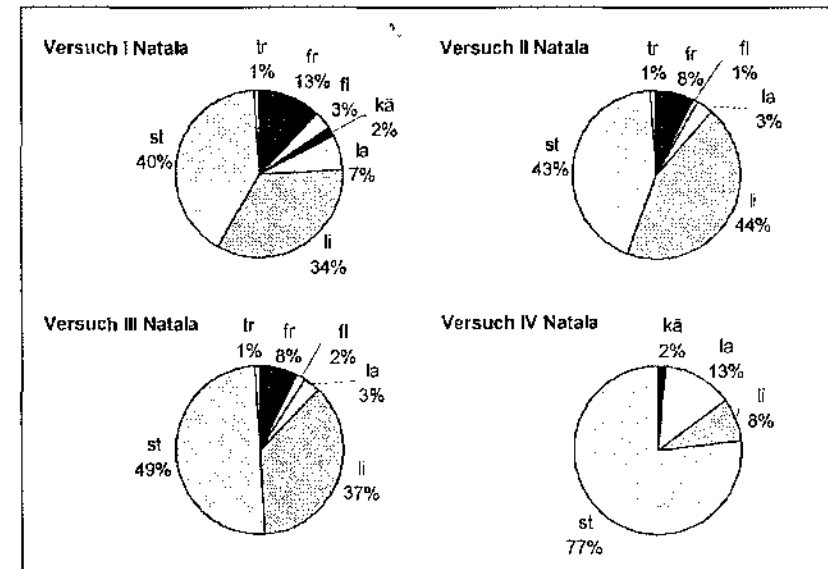


Abb. 5 : relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Natala (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)

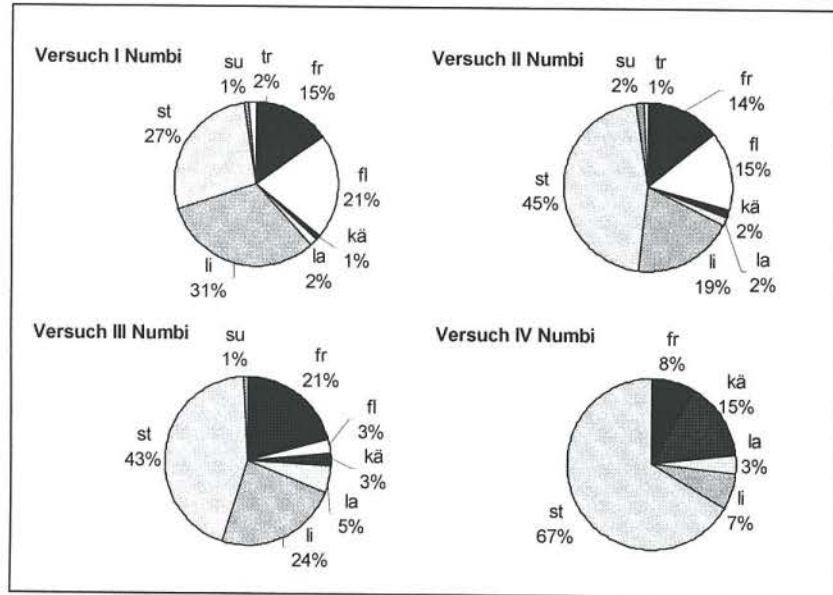


Abb. 6 : relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Numbi (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)

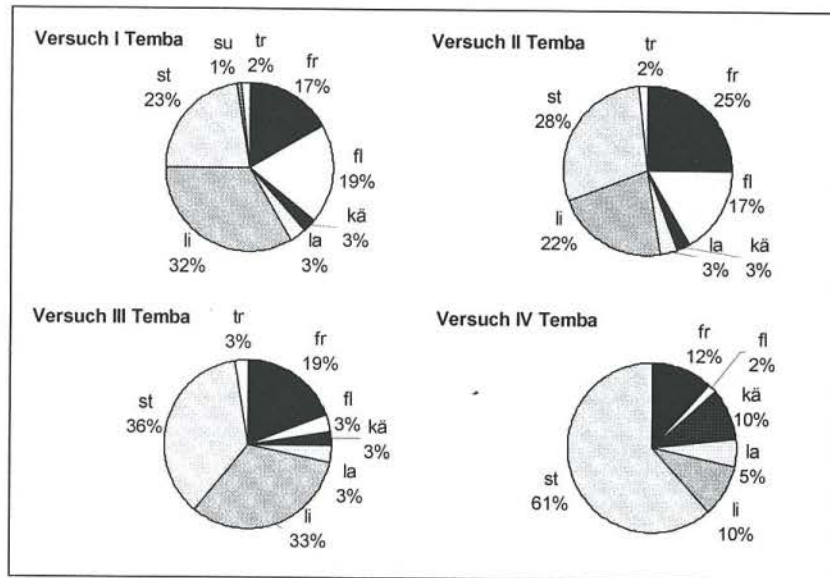


Abb. 7 : relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Temba (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)

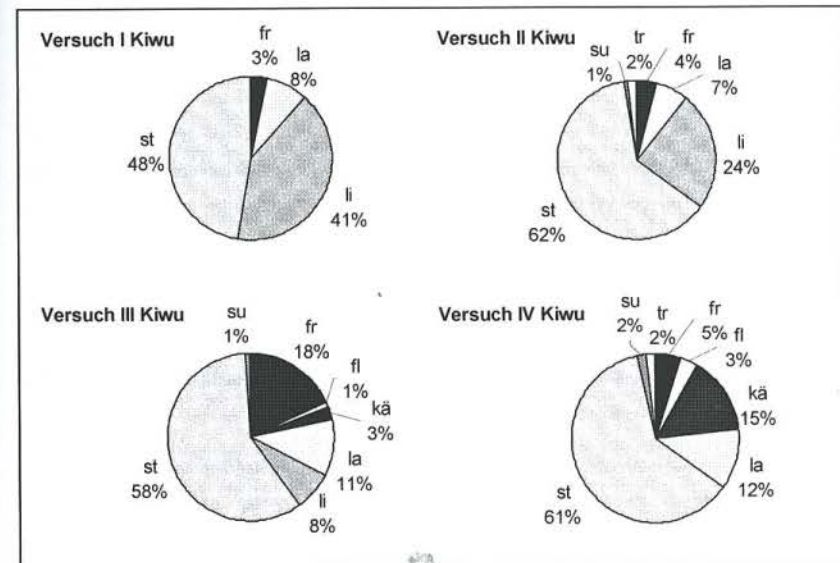


Abb. 8 : relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen in den Scan-Beobachtungsprotokollen von Kiwu (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)



3.3.4.2 Fokus-Beobachtungsprotokolle

Betrachtet man die Ergebnisse aus den Fokusprotokollen (100 je Versuch) der Versuche I und III, dargestellt in den Abb. 9 bis 13, so fällt beim Bullen eine signifikante Zunahme ($p=0,038$, $N=10$; $Z=-2,073$) des Zeitanteils für „Fressen“ (fr) auf. Er fraß im Versuch I 4% der Zeit und im Versuch III 24% der Zeit, also fast sechsmal so lange.

Auch bei den jüngeren Weibchen stieg die dafür aufgewendete Zeit, wenn auch nicht so stark. Die adulten Weibchen verbrachten jedoch im Gegensatz zu den anderen Tieren im Versuch III weniger Zeit mit „Fressen“.

Der Bulle Kiwu lag (li) im Versuch III mit 5% der Beobachtungszeit signifikant weniger ($p=0,037$, $N=10$, $Z=-2,082$) als im Versuch I mit 27%. Geringer sind die Unterschiede bei anderen Verhaltensweisen, wie z.B. bei „Stehen“ (st), das sich von 27% auf 5% verringerte und von „Laufen“ (la) das von 14 auf 16% anstieg. Insgesamt lief er in beiden Versuchen mehr als die Weibchen.

Bei Kenia fällt auch in Abb. 10 das häufige „Liegen“ auf (über 60%). Das zweithäufigste Verhalten war „Stehen“, das im Versuch I ca. 21% der Zeit und im Versuch III ca. 28% der Zeit einnahm. Während des dritten Versuches fraß sie nur noch 0,3% der Zeit.

Natala lag mit 33- 39% der Zeit nicht ganz so viel wie Kenia, denn auch „Stehen“ nahm bei ihr 31- 49% der Zeit in Anspruch und wurde im Versuch III mit 49% sogar häufiger beobachtet als „Liegen“.

Die beiden jüngeren Weibchen Numbi und Temba verbrachten im Versuch III deutlich weniger Zeit mit „Fressen im Laufen“ (fl) als im Versuch I. Bei „Fressen im Laufen“ handelte es sich um ein Verhalten, das von den anderen Tieren nur selten ausgeführt wurde (0- 3%). Ebenfalls sank der Anteil an „Liegen“ zwischen 2 und 8 Prozentpunkte. Mit „Fressen“, „Kämpfen“ (kä), „Trinken“ (tr), „Stehen“ und „Laufen“ verbrachten beide Tiere im Versuch III mehr Zeit als im Versuch I, wobei die Veränderungen jedoch unterschiedlich deutlich waren.



Der Zeitanteil den alle Tiere mit „Kämpfen“ verbrachten war im allgemeinen gering, denn er lag laut den Fokusprotokollen zwischen 0 und 7,2% (Median 2,7%). Bei allen Tieren stieg die mit „Kämpfen“ verbrachte Zeit tendenziell von Versuch I auf III an. Auffällig ist auch, dass Temba in allen Versuchen am häufigsten am „Kämpfen“ beteiligt war.

Erwähnenswert ist außerdem, dass die Tiere im Versuch III (Heufütterung) während der Beobachtungszeit mehr Zeit mit der Wasseraufnahme („trinken“) verbrachten als im Versuch I (Grasfütterung). Eine Ausnahme dabei ist Kenia, die nie beim „trinken“ beobachtet wurde.

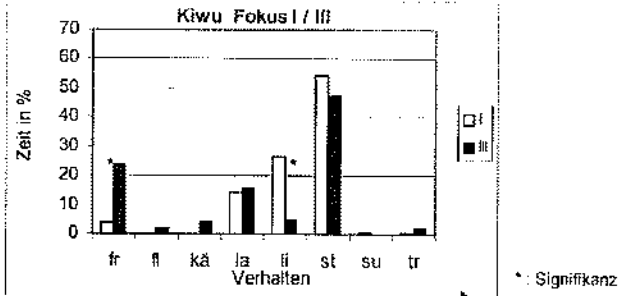


Abb. 9 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Kiwu (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)

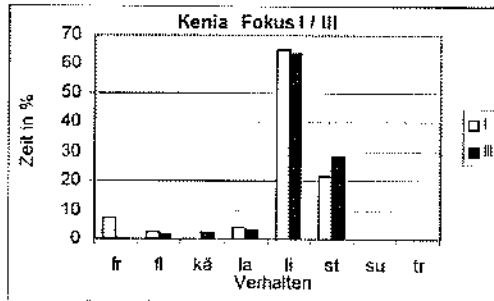


Abb. 10 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Kenia (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)

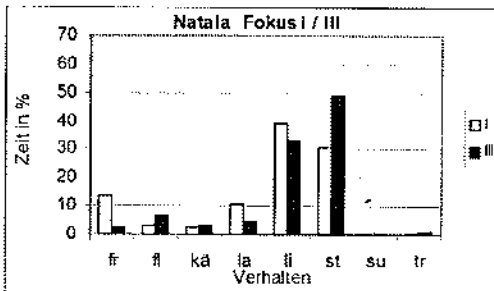


Abb. 11 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Natala (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)

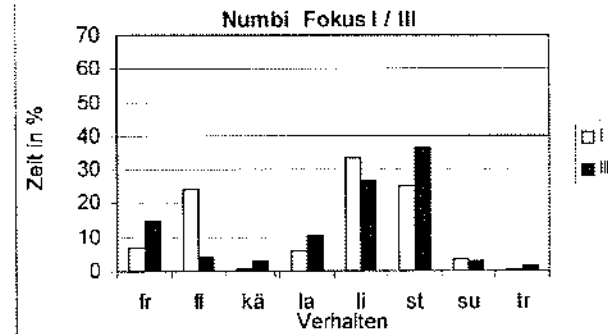


Abb. 12 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Numbi (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)

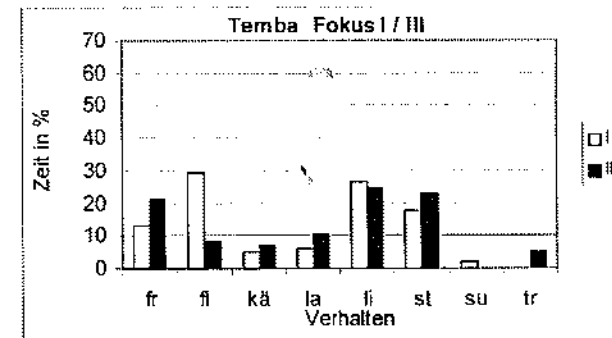


Abb. 13 : Zeitlicher Anteil der Verhaltensweisen aus den Fokus-Beobachtungsprotokollen der Versuche I und III bei Temba (Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N)



4. DISKUSSION

4.1 BESPRECHUNG DER METHODEN

4.1.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit

Der Vorversuch zur Bestimmung der Darmpassagezeit diente in dieser Arbeit als Entscheidungshilfe zur Festlegung der Methodik für die Verdaulichkeitsuntersuchung in der Freiland-Studie.

Es wurde die Frage geklärt, wie viele Tage zwischen der Probensammlung der aufgenommenen Nahrungsgräser und der Sammlung der Kotproben des jeweiligen Nashornes liegen mußten.

Zur Bestimmung der Darmpassagezeit wurde als Marker Chromoxid (Cr_2O_3) verwendet. Chromoxid wurde schon bei vielen Tierarten mit Erfolg zur Passagezeitbestimmung genutzt (KOTB & LUCKEY 1972, WARNER 1981) und auch beim Breitmaulnashorn wurde es von FRAPE et al. (1982) eingesetzt. Chromoxid passiert mit der festen Chymusphase den Magendarmkanal. Die festen Futterpartikel werden beim Esel und anderen Dickdarmverdauern im Verdauungstrakt 1,2mal länger retiniert als die flüssige Phase (WARNER 1981, LECHNER-DOLL et al. 1992), deren Passagezeit z.B. mit Cr-EDTA bestimmt werden kann (BINNERTS et al. 1968, LECHNER-DOLL et al. 1992). Da in der Freiland-Studie die Verdaulichkeit der Grasnahrung der Breitmaulnashörner festgestellt werden sollte, eignete sich Chromoxid zur Bestimmung der Darmpassagezeit gut.

In dem Vorversuch zur Darmpassagezeit wurde nur eine Wiederfindungsrate des Markers von 70% bzw. 74% erreicht, obwohl die Tiere den Marker vollständig



aufgenommen hatten. Der Grund für die geringe Wiederfindungsrate lag in der Schwierigkeit, den Tierkot vollständig zu sammeln. Die am Passagerateversuch beteiligten Tiere (Kenia und Temba) konnten während der Versuchszeit nicht einzeln untergebracht werden.

Tagsüber befanden sie sich mit allen Nashörnern gemeinsam im gut einsehbaren Freigehege. Die Kotabgabe wurde beobachtet und notiert. Obwohl Breitmaulnashörner teilweise gemeinsame Kotplätze nutzen, konnte der Kot den beiden Versuchstieren aufgrund der Färbung und des Durchmessers der einzelnen Kotballen zugeordnet werden. Die junge Temba schied deutlich kleinere Kotballen aus als die adulte Kenia. Durch das Chromoxid entstand im Kot eine Grünfärbung. Diese Grünfärbung war jedoch nur bei hohen Chromoxidkonzentrationen im Kot so ausgeprägt, dass sie sich von der physiologischen braun-grün Färbung der Nashornkotballen unterschied. Bei geringen Konzentrationen von Chromoxid im Kot, war der markierte Kot nicht eindeutig von dem Kot der anderen Tiere zu unterscheiden und wurde nicht gesammelt, wenn die Zuordnung zweifelhaft war.

Nachts (von 17 bis 8 Uhr) waren die Tiere gruppenweise untergebracht: Kenia mit Nataala und Temba mit Numbi. Der Nachtkot wurde morgens gesammelt und die Kotballen anhand ihrer Farbe den Tieren zugeordnet.

Durch diese Vorgehensweise beim Einsammeln wurden Anteile des Kots mit niedriger Chromoxidkonzentration in der Auswertung nicht berücksichtigt, was zu einer Verringerung der Wiederfindungsrate führte.

Die genannten Schwierigkeiten des Vorversuchs waren jedoch insofern unerheblich, als lediglich der Zeitbereich der höchsten Markerausscheidung von Interesse war, der mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden konnte.



4.1.2 Freiland-Studie

4.1.2.1 Verfolgung der Nashornfährten

Auf der Wildtierfarm in Südafrika wurde mit einem erfahrenen Team zusammen gearbeitet, das aus einer Biologin und zwei Fährtenlesern bestand. Dieses Team verfolgte zwei Jahre lang fast täglich die Fährten der Breitmaulnashörner auf dieser Farm. Die Reviere und individuellen Fußabdrücke der Bullen waren genau bekannt. Aufgrund der Erfahrung des Teams können Irrtümer in der Zuordnung der Fährte zum Tier ausgeschlossen werden, insbesondere, da die Tiere in den meisten Fällen bis zur Sichtung verfolgt wurden.

Der Methode des Tracking bedient man sich oft, wenn die Gewohnheiten scheuer und seltener Wildtiere in unzugänglichen Gebieten erforscht werden sollen. Nach dieser Methode arbeiteten z. B. VAN STRIEN (1986) beim Sumatra-Nashorn, BRAHMACHARY et al. (1971) beim Panzernashorn und LOUTIT et al. (1987) und OLOO et al. (1994) beim Spitzmaulnashorn. Besonders hervorzuheben ist, dass die Tiere in der vorliegenden Studie anhand ihrer Fußspuren individuell erkannt und gezielt aufgesucht werden konnten.

Die Grasproben wurden nach der aufwendigen im Kap. 3.3.2.2 beschriebenen Methode gesammelt, damit sie in Quantität und Qualität der tatsächlich aufgenommenen Nahrung entsprachen. Bedingt durch den hohen Zeitaufwand für die Probenentnahme an den einzelnen Fraßplätzen, konnte nur ein Ausschnitt der Tagesration der Tiere berücksichtigt werden. Da jedoch alle Grasproben, selbst von unterschiedlichen Revieren und Tieren, im Vergleich ähnliche Nährstoffgehalte aufwiesen, gibt es keinen Grund zur Annahme, dass die gesamte Tagesration eines Tieres in ihrer Zusammensetzung mit dem tatsächlich gesammelte Tagesausschnitt nicht vergleichbar sein sollte.



4.1.2.2 Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit

Da es in der Freiland-Studie nicht möglich war die täglich aufgenommene Menge des Futters und die täglich abgesetzte Kotmenge festzustellen oder abzuschätzen, konnte zur Verdaulichkeitsbestimmung nicht die Kollektionsmethode angewandt werden. Deshalb wurde eine indirekte Methode ausgewählt. Die Gegebenheiten in der Freiland-Studie schlossen die Verabreichung eines externen Markers von vornherein aus. Als interne Marker können säureunlösliche Asche (FRAPE et al. 1982) und Lignin (WOLTER et al. 1978, KRULL 1984) verwendet werden. Säureunlösliche Asche schied wegen der im Freiland nicht auszuschließenden Kontamination der Gras- und vor allem der Kotproben mit Sand aus. Lignin bot sich als natürlich im Gras vorkommender Marker an. Die natürlichen Marker haben den Vorteil, dass sie im Futter gut verteilt vorkommen, sich im Verdauungsapparat nicht entmischen und keine Applikationsprobleme entstehen können.

FAHEY & JUNG (1983) stellten eine Literaturübersicht über die Verwendung des internen Markers Lignin auf. Bei Tieren mit einhöhligen Magen gilt Lignin als beste Methode um in Verdauungsversuchen zuverlässige Ergebnisse zu erzielen. WOLTER et al. (1978) kamen in Verdaulichkeitsuntersuchungen bei Ponys mit Lignin zu Ergebnissen der scheinbaren Verdaulichkeiten, die nur um 2% von den mit der Kollektionsmethode bestimmten abwichen. Auch KRULL (1984) verglich in Verdauungsversuchen mit Pferden die Kollektionsmethode mit der „Lignin-Marker-Methode“. Bei einem Ligningehalt von 5,1- 6,2% des Futters kam es zu Abweichungen von nur 1,1% zwischen beiden Methoden.

Der Ligningehalt des Nahrungsgrases der Breitmaulnashörner in Südafrika wies mit 6,2- 7,5% einen noch höheren Wert auf. Ein hoher Ligningehalt erhöht die Genauigkeit der Methode, da Auswirkungen der Rechenfehler wie sie von WILKE (1992) beschrieben wurden, hierdurch verringert werden.



4.1.3 Zoo-Studie

Grundsätzlich muss sich bei Untersuchungen an Zootieren die Methode immer an die gegebene Haltungform der Tiere und das Pflegemanagement anpassen.

4.1.3.1 Gruppenzusammenstellung

Wie auch bei anderen Verdauungsstudien (FOOSE 1982) gab es für die Breitmaulnashörner im Zoopark Erfurt keine Möglichkeit die Tiere einzeln unterzubringen. Deswegen wurde der Verdaulichkeitsversuch nicht für jedes einzelne Tier, sondern aufgeteilt in „Tiergruppen“, durchgeführt. Eine der „Tiergruppen“ bestand aus nur einem Tier, dem Bullen, die anderen beiden Tiergruppen aus zwei Tieren gleichen Geschlechts und etwa gleichen Alters. Ein unrealistischer Mittelwert der Verdaulichkeit durch altersabhängige Unterschiede in der Verdauungsphysiologie innerhalb einer Gruppe, konnte so ausgeschlossen werden.

4.1.3.2 Futteraufnahme

Das Versuchsfutter wurde von den Tieren vollständig aufgenommen. Fütterungen durch die Zoobesucher waren verboten und fanden, soweit beobachtet, auch nicht statt. Die Grasmengen, die von bewachsenen Randflächen des Geheges aufgenommen wurden, können im Verhältnis zu den gefütterten Mengen vernachlässigt werden. Dies bestätigt sich durch die Ähnlichkeit der Ergebnisse in den Verdaulichkeiten zwischen der Tiergruppe 3, die verhältnismäßig viel Zeit damit verbrachte zu Grasern, und der Tiergruppe 1, die dieses Verhalten so gut wie gar nicht zeigten (Anhang Tab. O u. P). Im Herbst (Versuch III und IV) wurden auch vereinzelt von den Bäumen fallende Blätter gefressen. Auch diese Futteraufnahme ist mengenmäßig vernachlässigbar.



In den Versuchen II und IV konnte die Futteraufnahme pro Tiergruppe errechnet werden. Im Versuch IV war die Gesamtfuttermenge bekannt. Es wurden pro Tag von den fünf Tieren insgesamt 12,5 Ballen Heu mit durchschnittlich 10,5 kg (entspricht 9,2 kg TS) Gewicht je Ballen gefressen. Durch Addition der pro Tiergruppe mit Hilfe der Doppelmarkermethode errechneten Werte kommt man auf eine Heuaufnahme von 116,2 kg TS, was in etwa der errechneten Heumenge von 115 kg TS entspricht. Dies zeigt, dass die Methode in der vorliegenden Studie zu plausiblen Ergebnissen führte.

4.1.3.3 Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit

Infolge der Gruppenhaltung der Breitmaulnashörner im Zoopark Erfurt, war es nicht möglich, den Kot einzelner Tier vollständig zu sammeln. Die Kollektionsmethode schied daher zur Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit aus. Bei den Futtrationen die nur aus einem Futtermittel bestanden (Gras oder Heu) wurde der natürliche Marker Lignin benutzt. Es wurde also die gleiche Methode wie in der Freiland-Studie verwendet (Kap. 4.1.2.3), was einen Vergleich dieser Studien vereinfacht. Bei den aus zwei Futtermitteln kombinierten Rationen wurde die Doppelmarkermethode mit Lignin und Chromoxid gewählt. So ließ sich die Futteraufnahme berechnen, die infolge der gemeinsamen Fütterung aller Tiere nicht bekannt war.

SCHMIDT (1980) kommt beim Vergleich der Eignung verschiedener Marker für Verdauungsversuche beim Pferd zu dem Schluß, dass Chromoxid unter den künstlichen Markern der geeignetste ist. Chromoxid wurde von FRAPE et al. (1982) beim Breitmaulnashorn zur Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit eingesetzt. Er verglich die dabei erzielten Verdaulichkeiten mit denen, die er über unlösliche Asche als Marker errechnet hatte. Die Varianzen beider Methoden lagen auf gleichem Niveau. Die errechneten scheinbaren Verdaulichkeiten waren für den Marker Asche höher oder mindestens gleich hoch wie die für Chromoxid. Deswegen gab FRAPE et al. (1982) der unlöslichen Asche als Marker den Vorzug. CUDDEFORD & HUGHES (1990) verglichen beim Pferd diese beiden Marker mit der



Kollektionsmethode. Die mit der Kollektionsmethode gefundenen Verdaulichkeiten lagen hier zwischen den höheren, über unlösliche Asche berechneten, und den niedrigeren, über Chromoxid ermittelten Werten. Es zeigte sich also, dass mit unlöslicher Asche als Marker die scheinbare Verdaulichkeit auch überschätzt werden kann.

Ursache dafür ist wahrscheinlich das Fressen von Erde. Bei den Tieren im Zoopark Erfurt wurde dieses Verhalten häufig beobachtet, weshalb unlösliche Asche als Marker nicht verwendet wurde. Stattdessen wurde Chromoxid verwendet, da selbst bei einer möglichen geringen Unterschätzung der Daten die zuverlässigeren Ergebnisse zu erwarten waren.

Bei der Verwendung von Chromoxid muß jedoch auf eine homogene Verteilung im Futter geachtet werden, damit es nicht zu einer unregelmäßigen Ausscheidung kommt (CUDDEFORD & HUGHES 1990).

In der vorliegenden Untersuchung wurde das Chromoxid homogen unter das Mischfutter gegeben, pelletiert und morgens und abends gefüttert. Laut ENDERS (1973) sind zwei Boli pro Tag ausreichend. Das mit dem Marker Chromoxid (Cr_2O_3) versetzte pelletierte Mischfutter wurde pro Tier abgewogen und an je einer Stelle in der Box der Tiergruppe angeboten. Es wurde beobachtet, dass jedes Tier weitgehend die zugeteilte Menge an pelletiertem Mischfutter und somit auch an Chromoxid aufnahm. Da der Kot pro Tiergruppe gesammelt wurde, ist primär die vollständige Chromoxidaufnahme der Tiergruppe von Bedeutung und die war durch die Fütterung in der Box der jeweiligen Tiergruppe sicher gewährleistet. In der Gesamtration wurden Chromoxidkonzentrationen von 1,2 und 1,5% der TS erreicht. Diese hohen Konzentrationen erhöhen die Zuverlässigkeit der Markermethode und verringern die von WILKE (1992) beschriebenen Rechenfehler.

Mit der Kotsammlung aus den Boxen wurde der innerhalb von 15 Stunden (also 63% des Tages) ausgeschiedene Kot gesammelt. Die Sammelperiode betrug zehn Tage. So wurden mögliche zeitliche Schwankungen in der Cr_2O_3 -Ausscheidung ausgeglichen.



4.2 BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

4.2.1 Vorversuch zur Darmpassagezeit

Die Ergebnisse des Vorversuches zeigten deutlich, dass in dem Zeitraum zwischen 48- 72 Stunden nach Markeraufnahme der größte Markeranteil wieder ausgeschieden wurde. Dieses Ergebnis stimmte mit dem von FOOSE (1982) fürs Breitmaulnashorn und fürs Panzernashorn angegebenen Zeitraum überein. Beim Spitzmaulnashorn (FOOSE 1982) findet der Großteil der Markerausscheidung etwas, und beim Elefanten deutlich früher statt (FOOSE 1982, LÖHLEIN 1999). Im Zusammenhang mit der niedrigeren scheinbaren Verdaulichkeit beim Elefanten (LÖHLEIN 1999) deuten sich verdauungsphysiologische Unterschiede zwischen den beiden großen Dickdarmverdauern an. Der für das Breitmaulnashorn bestimmte Wert war Grundlage für das Vorgehen in der Freiland-Studie, in der die Kotproben nach ca. 48- 55 Stunden genommen wurden, mit denen die Verdaulichkeit jenes Grases berechnet wurde, von dem zuvor eine Probe gewonnen worden war.

4.2.2 Futterinhaltsstoffe

Der Trockensubstanzgehalt der Nahrungsgräser in Südafrika war mit 58,5% uS deutlich höher als der Trockensubstanzgehalt des im Zoo gefütterten Grases mit 33,3% uS. Als Ursache dafür können die klimatischen Unterschiede zwischen Deutschland und Afrika gelten. In Südafrika herrscht ein trockenes und heißes, in Deutschland dagegen ein gemäßigtes Klima. Außerdem war der Probeentnahmezeitpunkt bei beiden Untersuchungen ein anderer. Während das Gras in Südafrika tagsüber bei Temperaturen von bis zu 36°C gesammelt wurde, wurden die Grasproben im Zoo am morgen gewonnen, als das um 5 Uhr geschnittene Gras noch von Morgentau bedeckt war.

Das Gras in Südafrika war mit 35,6% Rfa in der TS rohfaserreicher als das Gras mit 30,5% Rfa in der TS und das Heu mit 28,9% Rfa in der TS in der Zoo-Studie.



FOOSE (1982) stellte fest, dass in tropischen (heißen) Gegenden der Zellwandanteil (Rohfaser und Gerüststoffe) im Gras höher ist als in Gegenden mit gemäßigttem Klima. Auch DEINUM & DIRVEN (1975) erkannten, dass höhere Temperaturen zu einem höheren Zellwandanteil im Gras führen. Dies ist ein Grund für die relativ hohen Rohfaser- und Gerüststoffgehalte (Tab. 12 u. 13) des südafrikanischen Grases.

Das Vegetationsstadium des Grases wirkt sich ebenfalls auf den Anteil der Zellwandbestandteile aus. Je älter das Gras ist, desto höher wird der Anteil der Zellwandbestandteile (FOOSE 1982, KAMPHUES et al. 1999). Das Gras der Zoo-Studie befand sich in einem späten Vegetationsstadium. Dagegen war das als Heu eingesetzte Gras zum Zeitpunkt des Schnitts noch in einem jüngeren Vegetationsstadium, denn es besaß eine Wuchshöhe von nur 15- 20 cm. Damit können die Unterschiede im Rohfasergehalt der verschiedenen Grundfuttermittel erklärt werden.

Auch das südafrikanische Gras befand sich zum Ende der Sommerzeit mit einer Wuchshöhe von 30- 50 cm in einem späten Vegetationsstadium. Dies kann als weiterer Grund für den relativ hohen Rohfasergehalt betrachtet werden.

Die Gehalte der Gerüstsubstanzen NDF, ADF und Cellulose verhielten sich, wie zu erwarten, analog zur Rohfaser. Das Grundfutter mit dem jüngsten Vegetationsstadium, das Heu, hatte den niedrigsten Ligningehalt.

Der Proteingehalt steht in allen drei Grundfuttermitteln in einem negativen Verhältnis zum Rohfasergehalt (Tab. 12 u. 17). Dieses negative Verhältnis von Rohfaser zu Rohprotein bei Gras wurde von VAN SOEST (1982) und KAMPHUES et al. (1999) beschrieben.

Die Addition des Mischfutters zum jeweiligen Grundfuttermittel im Zoo veränderte die Gesamtration im Vergleich zum Grundfuttermittel nur in einem geringen Maße (Tab. 17 u. 18). Das läßt sich im Versuch II auf die relativ geringe Gabe von ca. 2 kg Mischfutter pro Tier und Tag zurückführen. Im Versuch IV wurde die doppelte Menge an Mischfutter zugefüttert, jedoch war bei dieser Ration der Unterschied in der Rohnährstoffzusammensetzung zwischen dem Mischfutter und dem Heu gering. Folglich kam es auch hier durch die Addition des Mischfutters zu keinem



bemerkenswerten Einfluß auf die Nährstoffgehalte der Gesamtration im Vergleich zum Heu.

Die Gehalte der Mengenelemente der in Südafrika im Spätsommer gesammelten Gräser lagen deutlich niedriger als die des Versuchsfutters (Tab. 14 u. 19). MC DOWELL (1985) bemerkte, dass allgemein der Mineralstoffgehalt des Rauhfutters in tropischen (heißen) Gebieten geringer ist, als in Gebieten mit gemäßigttem Klima und deshalb der Mineralstoffbedarf der Nutztiere dort mit Rauhfutter alleine oft nicht ausreichend gedeckt werden kann.

Die Gehalte an Calcium und Phosphor waren in Südafrika nur etwa halb so hoch wie im Grundfutter (Wiesengras) in Deutschland (DLG 1995). Das Mengenverhältnis von Calcium zu Phosphor war im Rauhfutter beider Gebiete allerdings ähnlich (Tab. 14 u. 19). Eine Mineralstoffanalyse von Bodenproben zweier von Spitzmaulnashörnern „regelmäßig“ genutzten Salzlecken in Kenia erbrachten einen Calciumgehalt von 7 und 11 g/kg (MUKINYA 1977), so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Tiere daraus keine größeren Mengen aufnehmen können.

Der Natriumgehalt des südafrikanischen Grases betrug im Mittel nur 0,3 g/kg TS und war damit deutlich niedriger als der Gehalt in den in Deutschland gewachsenen Grundfuttermitteln (Gras 3,8 g/kg und Heu 2,49 g/kg TS). Ähnliches gilt für die Chloridgehalte, die im Gras aus Südafrika 3,5 g/kg TS und im deutschen Gras 4,7 g/kg TS bzw. im Heu 11,4 g/kg TS betragen. Nach JARMAN (1972), MC NAUGHTON (1988) und OWEN-SMITH (1973, 1988) versuchen die Tiere den niedrigen Salzgehalt der afrikanischen Gräser durch Geophagie an Salzlecken oder verlassenem Termitenhügeln sowie durch das Trinken an brackigen Quellen auszugleichen.

Auch der Kaliumgehalt war in den Grasproben aus Südafrika im Vergleich zu den Proben aus Deutschland mit 8,5 g/kg am geringsten. Eine Mineralstoffanalyse von Bodenproben zweier von Spitzmaulnashörnern „regelmäßig“ genutzten Salzlecken in Kenia erbrachte einen Kaliumgehalt von nur 1 g/kg (MUKINYA 1977), so dass hier nicht von einer nennenswerten Supplementierung durch Salzlecken gesprochen werden kann.



Der Magnesiumgehalt im südafrikanischen Gras beträgt 0,8 g/kg TS und somit nur ungefähr die Hälfte der in Deutschland üblichen Werte (DLG 1995), wie sie auch im Grundfutter der Zoo-Studie analysiert wurden. Der Magnesiumgehalt in einer von Nashörnern genutzten Salzlecke in Kenia betrug 3 g/kg TS (MUKINYA 1977) und somit immerhin mehr als die dreifache Menge als das in vorliegender Arbeit untersuchte südafrikanische Nahrungsgras der Nashörner. Dennoch stellt sie, aufgrund der begrenzten Aufnahme von Erde, wohl keine nennenswerte Magnesiumquelle für die Tiere dar.

Ebenso wie bei den Mengenelementen lagen die Gehalte der Spurenelemente Kupfer, Eisen und Zink im südafrikanischen Gras deutlich niedriger als in den DLG-Futterwerttabellen für Mineralstoffe angegebenen Mittelwerte für Deutschland (DLG 1973), die man in Gras bzw. Heu von intensiv genutzten Flächen findet.

VAN STRIEN (1986) analysierte die Mengen- und auch manche Spurenelemente des Wassers der Salzlecken der Sumatra-Nashörner im Gunung Leuser Nationalpark in Sumatra. Die Tiere tranken an diesen ca. ein- bis zweimal im Monat. Er stellte fest, dass die Konzentrationen an den untersuchten Mineralien (Ca, PO₄, Mg, K, Na; Mg, Fe, SO₄, Cl, NO₃, CO₃) in den Salzlecken nicht so hoch waren, als dass sie bei der relativ niedrigen Aufnahme durch die Tiere im Vergleich zur Futtermittelaufnahme ins Gewicht fallen würden. Auch in Bezug auf die Salzlecken ist zu bedenken, dass die Tiere nur eine begrenzte Menge an Erde fressen.

Das wirft die Frage auf, ob die Versorgung der Tiere in Zoos nicht durch Grundfutter, zumindest von intensiv bewirtschafteten Wiesen, wie es in der vorliegenden Studie verwendet wurde, in seinem Mengenelementgehalt ausreichend ist. Allerdings enthalten die Gräser auch in Deutschland häufig keine ausreichend hohen Spurenelementgehalte, so dass eine gezielte Supplementierung sinnvoller erscheint.



4.2.3 Scheinbare Verdaulichkeit

Erst wenige Arbeiten haben sich mit der Verdaulichkeit von Futtermitteln beim Breitmaulnashorn beschäftigt. In den einzelnen Versuchen beschränken sich die Angaben über Verdaulichkeiten meistens auf wenige Nährstoffe, so dass in der Literatur nicht für alle in der vorliegenden Studie berechneten Verdaulichkeiten Vergleichswerte vorliegen.

Die scheinbaren Verdaulichkeiten der Trockensubstanz der eigenen Untersuchungen liegen zwischen 41% und 57%, und sind damit etwas niedriger als die bei Mischrationen von FRAPE (1982) fürs Breitmaulnashorn errechneten (47%-76%). Im Vergleich der unterschiedlichen Rationen dieser Studie lagen die TS-Verdaulichkeiten der beiden Heurationen deutlich höher als die der Grasrationen der Zoo-Studie, wogegen die TS-Verdaulichkeit des Freilandgrases zwischen denen der übrigen Rationen lag (Tab.15 u. 23).

Bei einem Heu von ähnlicher Qualität wie das südafrikanische Gras (in Bezug auf die oS, Rfa und Rp) lagen bei FAURIE et al. (1992) die Verdaulichkeiten der organischen Substanz und der Rohfaser beim Pferd mit 38% für die oS und 30% für die Rfa deutlich niedriger als die in dieser Studie für das Breitmaulnashorn bestimmten. Dagegen ähneln die Rohfaserverdaulichkeiten der Heurationen von 50- 54% denen von SCHMIDT (1980) und ZEYNER et al. (1992) beim Pferd bei Heufütterung ermittelten.

Für die Grasration im Zoo errechnete sich in vorliegender Arbeit bei einem Proteingehalt von 7,5% TS eine Proteinverdaulichkeit von 44%. Die gleiche Proteinverdaulichkeit errechnete ULLREY et al. (1979) bei Fütterung eines Heus mit 7% Rohprotein in der TS, ebenfalls mit Lignin als Marker (Tab. 2). Die Verdaulichkeit des Proteins aus dem südafrikanischen Gras (4,7% Rp/TS) lag mit 40,3% der TS in einem ähnlichen Bereich. FOOSE (1982) hingegen kommt bei Versuchen mit Grasheu mit ähnlich hohen Proteingehalten (4,8- 5,6% der TS) zu deutlich höheren Proteinverdaulichkeiten von ca. 84% beim Breitmaul-, Spitzmaul- und Panzernashorn. In der vorliegenden Arbeit konnten bei den Rationen mit Heu, die



einen Rohproteingehalt von ca. 13% aufwiesen, mit 63,5% und 65,6% die höchsten Verdaulichkeiten ermittelt werden. Diese deutlich höhere Verdaulichkeit des Proteins, bei den Heu-Rationen im Vergleich zu den Grasrationen, kann auf den höheren Rohproteingehalt der verwendeten Futtermittel zurückgeführt werden. Nach EGGUM (1980) und ROBBINS (1992) kommt es bei einem Futtermittel mit hohem Proteingehalt zu einer relativen Verringerung der endogenen Verluste, die selbst größtenteils unabhängig von der Proteinaufnahme sind. Durch diese relative Verringerung der endogenen Verluste kommt es rechnerisch zu einer höheren Proteinverdaulichkeit bei höherer Proteinzufuhr. Bestätigt werden diese höheren Verdaulichkeiten bei höherem Proteingehalt der Futtermittel beim Breitmaulnashorn durch die von FRAPE (1982) ermittelten Proteinverdaulichkeiten von 61,5%- 82% bei Fütterung von Mischrationen mit Rohproteingehalten von 9,2- 12%. Auch beim Pferd wurde von SCHMIDT (1980) bei einer Heuration, die mit den Heurationen der Zoostudie vergleichbar war, eine ähnliche Proteinverdaulichkeit (68,6%) beobachtet.

Die Verdaulichkeiten der NfE lagen bei allen Rationen in einer ähnlichen Größenordnung (53,7%- 63,3%) und entsprachen damit den von SCHMIDT (1980) errechneten NfE- Verdaulichkeiten beim Pferd, bei einer mit Versuch III vergleichbaren Heuration. Entsprechende NfE- Verdaulichkeiten fand FEHRLE (1999) bei Fütterung einer Ration aus Grünmehl und Stroh, die ähnliche Rohnährstoffgehalte wie das afrikanische Gras aufwies. Beim Breitmaulnashorn wurde die NfE-Verdaulichkeit bisher nicht berechnet.

Die scheinbare Verdaulichkeit der Energie beim Breitmaulnashorn liegt in dieser Arbeit niedriger als die Werte in der Literatur (ULLREY et al. 1979, FRAPE 1982). Ein Grund hierfür könnte sein, dass in der vorliegenden Arbeit die Werte für die Bruttoenergie mittels Bombenkalorimetrie bestimmt wurden.

Bei ULLREY et al. (1979) und FRAPE (1982) beruhen die Gehalte der Bruttoenergie auf Schätzungen, wodurch es zur Unterschätzung des Energiegehaltes vor allem im Kot kommen kann, was eine Überschätzung der scheinbaren Energieverdaulichkeiten bedingt. Für die Bruttoenergiebestimmung der Futtermittel



mittels Schätzgleichung, erwies sich bei den eigenen Daten folgende Formel als weitgehend passend:

$$GE \text{ (kJ/kg)} = 24 \text{ kJ} \times g \text{ Rp} + 39,8 \text{ kJ} \times g \text{ Rfe} + 17,5 \text{ kJ} \times g \text{ NfE} + 22,2 \text{ kJ} \times g \text{ Rfa.}$$

Bei Verwendung dieser relativ hohen Brennwerte für Rfe, NfE und Rfa ergab sich eine gute Übereinstimmung mit den bombenkalorimetrisch bestimmten Werten. Die angewandten Brennwerte nach KAMPHUES et al. (1999) erklären sich aufgrund des hohen Ligningehaltes (Rfa) sowie den für die verwendeten Futtermittel typischen Kohlenhydraten (hoher Stärkegehalt, geringer Zuckergehalt). Trotz dieser guten Übereinstimmung der kalorimetrisch bestimmten Energiegehalte des Futters mit den nach oben angegebener Formel berechneten, ergab sich für die Energiegehalte des Kotes im Mittel noch eine Unterschätzung von 5,3%.

Beim Pferd lagen die Verdaulichkeiten der GE bei FEHRLE (1999), bei Fütterung einer in den Rohnährstoffen vergleichbaren Ration, auf ähnlichem Niveau. Aufgrund dieser Ähnlichkeiten und Ähnlichkeiten in den Interaktionen, die durch die Ergebnisse der Differenzverdaulichkeiten (Tab. 26 u. 27) erkannt wurden, entstand die Idee, die Schätzformel für die verdauliche Energie in Pferderationen nach ZEYNER & KIENZLE (2001) beim Breitmaulnashorn auszuprobieren.

Beim Vergleich der, für das Breitmaulnashorn experimentell ermittelten, verdaulichen Energie der verschiedenen Zoorationen mit der über die Schätzformel für Pferde (die in einem Bereich von < 35% Rfa/TS und einem Rohfettgehalt von bis zu 8%/TS der Gesamtration gültig ist) errechneten, ergaben sich Abweichungen von 4,7- 10%. Diese Abweichungen sind als annehmbar zu beurteilen.

Schätzformel: $DE \text{ MJ/kg TS} = -3,66 + 0,211 \cdot \text{Rp} + 0,421 \cdot \text{Rfe} + 0,015 \cdot \text{Rfa} + 0,189 \cdot \text{NfE}$ (ZEYNER & KIENZLE, 2001)

Tab. 25: Vergleich der experimentell ermittelten verdaulichen Energie (DE) in MJ/kg TS der Zoorationen mit der durch die Schätzformel nach Zeyner und Kienzle (2001) errechneten

Futter	Z I Gras	Z II G+MF	Z III Heu	Z IV H+MF
experimentell	7,77	8,15	10,13	9,74
geschätzt	8,33	8,53	9,11	9,23



Bei den Verdaulichkeiten der Gerüstsubstanzen fiel in der eigenen Untersuchung beim Freilandgras (ADF-Gehalt 42,6%/TS) ein mit 50,2% etwas höherer Wert auf, als bei den unterschiedlichen Zorationen, die eine Verdaulichkeit von 23,9%- 44,5% aufwiesen (ADF-Gehalte in den Futtermitteln: 32,1%/TS - 36,9%/TS). Im Vergleich hierzu ermittelte FRAPE (1982) bei Rationen mit ADF-Gehalten von 27,6%/TS- 33,6%/TS mit 47%- 60% etwas höhere Verdaulichkeiten.

Die in vorliegender Arbeit errechneten Celluloseverdaulichkeiten schwankten in der Zoo-Studie je nach Ration zwischen 40 und 53%. FOOSE (1982) fand für Grasheu ähnliche Werte (39- 54%) bei den drei von ihm untersuchten Nashornarten. In der Freilandnahrung entspricht die scheinbare Verdaulichkeit für Cellulose eher den von FOOSE (1982) ermittelten Werten für Luzerneheu.

Insgesamt wiesen in der vorliegenden Studie die Rationen mit Heu als Einzelfutter oder in Kombination mit dem Mischfutter tendenziell die höchsten Verdaulichkeiten, mit Ausnahme der Faserverdaulichkeit, auf. Dies kann mit dem, im Vergleich zu den anderen Futtermitteln, niedrigeren Ligningehalt begründet werden (Tab. 13 u. 18). Wie VAN SOEST (1977) feststellte, verringert sich mit ansteigendem Ligningehalt im Futter die Verdaulichkeit der Nährstoffe. ZEYNER (1995) konnte dies für Pferde bestätigen.



4.2.3.1 Einfluss des Lignins auf die Verdaulichkeit der Ration

Bei vielen Spezies besteht eine Beziehung zwischen dem Rohfasergehalt der Ration und der sV der organischen Substanz. Je höher der Rohfasergehalt, desto geringer ist die Verdaulichkeit der organischen Substanz. Dieser Zusammenhang ist bereits für viele Tierarten mit den unterschiedlichsten Verdauungssystemen nachgewiesen (FEHRLE 1999, KIENZLE et al. 1999, LÖHLEIN 1999).

FEHRLE (1999) konnte eine hochsignifikante negative Beeinflussung der Verdaulichkeit der Energie und der Rohnährstoffe durch ansteigende Rohfasergehalte beim Pferd belegen. Ebenso konnte sie zwischen dem ADF- und ADL-Gehalt der Ration und der scheinbaren Verdaulichkeit der Bruttoenergie eine signifikante negative Beziehung feststellen (FEHRLE 1999).

Beim Elefanten, als dem größten Dickdarmverdauender, lässt sich ebenfalls ein Zusammenhang zwischen steigendem Rohfaseranteil in der Ration und sinkender scheinbarer Verdaulichkeit der Trockensubstanz erkennen (LÖHLEIN 1999).

Auch beim Nashorn lässt sich dieser Zusammenhang vermuten.

Bei ausreichendem Datenmaterial lässt sich per Regressionsgleichung die Beziehung zwischen dem Rohfasergehalt in der Ration und der scheinbaren Verdaulichkeit der Energie und der Rohnährstoffe gut darstellen. In der Literatur lassen sich in den Verdauungsversuchen keine Daten über die Rohfasergehalte der Rationen finden. In der eigenen Untersuchung wurde zwar der Rohfasergehalt bestimmt, er ist aber in den Rationen so ähnlich, dass sich keine Regression errechnen lässt. Die ADL-Gehalte der Rationen weisen größere Unterschiede auf. Da sich auch der ADL-Gehalt negativ auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe auswirkt (VAN SOEST 1977, ZEYNER 1995) wurde dieser zur Regressionsanalyse herangezogen. Trägt man die ADL-Gehalte der Rationen der vorliegenden Studie gegen die scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz auf, so ergibt sich das in Abb. 14 dargestellte Diagramm. Die Datenmenge (n=5) ist allerdings zu gering, um eine zuverlässige Aussage machen zu können. Dennoch zeigt sich die Tendenz



einer verminderten Verdaulichkeit der Trockensubstanz bei ansteigendem Ligningehalt.

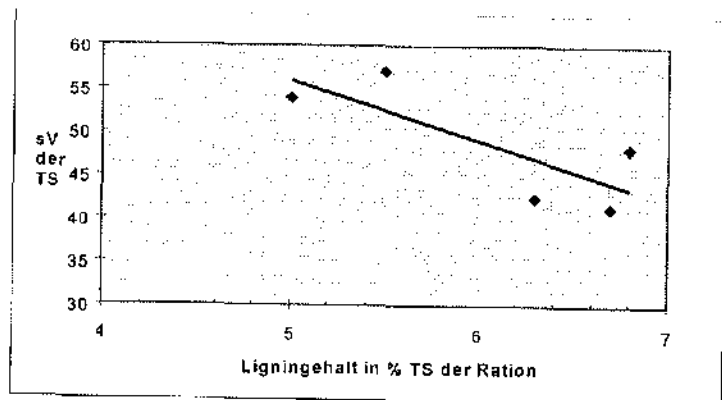


Abb. 14: Scheinbare Verdaulichkeit der TS in % in Abhängigkeit des Ligningehaltes in % TS d. Rat.; $sV \text{ der TS (\%)} = 90,31 - 6,886 \times Rfa \text{ \% der TS}$; $r^2 = 0,61$; $n = 5$

ZEYNER et al. (1992) stellte Untersuchungen über die Möglichkeit einer Einschätzung der Verdaulichkeit der Rohfaser beim Pferd über den ADL-Gehalt der Ration an. Dabei verwendete sie den prozentualen Gehalt des ADL im ADF als Einschätzungswert der Ration und erhielt verlässliche Ergebnisse, die eine Energiewertschätzung auf diesem Weg für möglich erscheinen lässt (ZEYNER 1992). In vorliegender Studie konnte mittels Regressionsanalyse ein negativer Zusammenhang zwischen dem ADL-Anteil in der NDF und der scheinbaren Verdaulichkeit der NDF gefunden werden (Abb. 15).

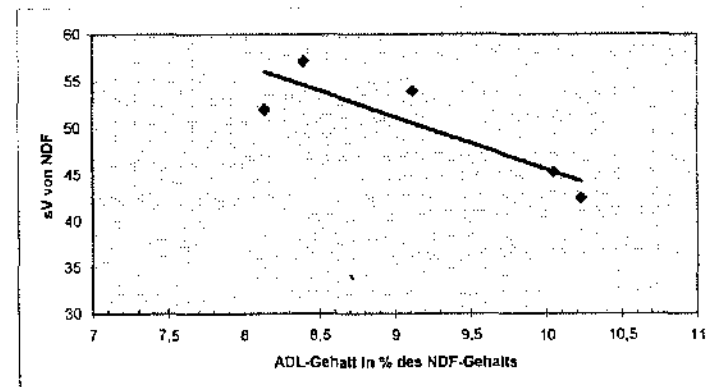


Abb. 15: Scheinbare Verdaulichkeit der NDF in % in Abhängigkeit des prozentualen Ligninanteils in der NDF; $sV \text{ NDF (\%)} = 101,56 - 5,595 \times \text{ADL in \% von NDF}$; $r^2 = 0,75$; $n = 5$

Aufgrund der geringen Anzahl der vorliegenden Daten und dem kleinen Bereich der Ligningehalte wurde die Beziehung nicht logarithmisch dargestellt.

4.2.3.2 „grazer“ und „browser“ im Vergleich

Durch die Arbeit von ATKINSON (1995) bietet sich der nahrungsökologische und verdauungsphysiologische Vergleich des „grazers“ Breitmaulnashorn mit dem „browser“ Spitzmaulnashorn anhand seiner arttypischen Freilandration an. Die meisten der von ATKINSON (1995) gefütterten Laubarten hatten einen Rohproteingehalt von 7- 14% TS, einen NDF-Gehalt von 45- 70% TS und einen Ligningehalt von 9- 11% TS (ATKINSON 1995). Das von den Breitmaulnashörnern in Südafrika aufgenommene Gras wies folgende Nährstoffgehalte auf: der Rohproteingehalt betrug 3,5- 6,5% TS, der NDF-Gehalt 73- 76% TS und der Ligningehalt 6,2- 7,5% TS. Die Nährstoffzusammensetzung der Freilandnahrung entspricht somit den im Kap. 2.4.2 aufgezeigten typischen Unterschieden zwischen der Nahrung der „grazer“ und der „browser“. Auch die Unterschiede in den scheinbaren Verdaulichkeiten zwischen den beiden Nahrungsquellen sind bezeichnend. Die Verdaulichkeit der Trockensubstanz war fürs Breitmaulnashorn mit



48% höher (mit einer Ausnahme), fürs Rohprotein mit 40% jedoch deutlich niedriger und für NDF mit 54% wieder deutlich höher als beim Spitzmaulnashorn (Tab. 2 u. 3). Bei diesem direkten Vergleich unter Freilandbedingungen wird deutlich, wie unterschiedlich beide Tierarten in ihrer Nahrungsökologie in Bezug auf die Nahrungswahl sind und wie stark sich diese Unterschiede auf die Verdauungsphysiologie und somit die Verdaulichkeiten auswirken. Unter diesen Aspekten ist das Vorkommen der Tiere nebeneinander im selben Habitat gut vorstellbar.

4.2.4 Differenzverdaulichkeit

Die im Versuch II errechneten Differenzverdaulichkeiten des pelletierten Mischfutters sind der Tabelle 26 zu entnehmen. Einige Differenzverdaulichkeiten bei den adulten Weibchen (Tiergruppe 2) wichen deutlich von denen der anderen Tiergruppen ab. Außer beim Rohprotein lagen sie immer höher, meistens sogar deutlich höher, als bei dem Bullen (Tiergruppe 1) und den jüngeren Weibchen (Tiergruppe 3). Die Werte für die Differenzverdaulichkeiten der ADF-Fraktion (118- 289%) und der Cellulose (139- 342%) lagen bei allen Tiergruppen im Versuch II über 100%.

Tab. 26 : Differenzverdaulichkeiten in Prozent (%) des pelletierten Mischfutters im Versuch II

Tiergruppe	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE	NDF	ADF	C	HC
1 (Ki)	79	61	78	59	55	49	45	181	212	-122
2 (Na+Ke)	106	264	93	101	122	114	201	289	342	94
3 (Nu+Te)	56	56	100	49	57	46	42	118	139	-51

Die im Versuch IV errechneten Differenzverdaulichkeiten zeigten keine so großen Abweichungen zwischen den einzelnen Tiergruppen wie im Versuch II (Tab. 26). Die höchsten Werte für die Differenzverdaulichkeiten wurden beim Rohprotein erreicht. Mit 74- 87% lagen sie aber noch deutlich unter 100%. Für die Differenzverdaulichkeiten der NDF-Fraktion und der Hemicellulose errechneten sich bei allen Tiergruppen negative Werte (-2 bis -12%, bzw. -48% bis -52%). Ebenso



ergaben sich für die Differenzverdaulichkeiten der Rohfaser sehr niedrige oder gar negative Werte.

Tab. 27 : Differenzverdaulichkeiten in Prozent (%) des pelletierten Mischfutters im Versuch IV

Tiergruppe	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE	NDF	ADF	C	HC
1 (Ki)	32	-23	83	39	33	42	-12	34	33	-52
2 (Na+Ke)	39	5	74	44	41	41	-3	47	50	-50
3 (Nu+Te)	31	5	87	35	36	34	-2	48	50	-48

Die Differenzverdaulichkeiten mit Werten über 100% und unter 0% sind eindeutige Hinweise auf Interaktionen in der Verdaulichkeit zwischen den miteinander kombinierten Futtermitteln. Die Annahme, die zur Berechnung der Differenzverdaulichkeit getroffen wurde, dass das Grundfuttermittel in seiner Verdaulichkeit unverändert bleibt, wenn es mit einem weiteren Futtermittel kombiniert wurde, erwies sich damit als falsch. Bei Werten über 100% wurde das Grundfutter in der Verdaulichkeit des entsprechenden Nährstoffes positiv beeinflusst, bei Werten unter null negativ. Die Grenzen null und 100 ergeben sich aus theoretischen Überlegungen und beinhalten einen gewissen Interpretationsspielraum.

Differenzverdaulichkeiten, die Interaktionen aufzeigen, lassen sich auch bei anderen Tierarten finden. FEHRLE (1999) fand sie beim Pferd am stärksten ausgeprägt, bei einer aus Mischfutter und Stroh kombinierten Ration mit Differenzverdaulichkeiten für das Mischfuttermittel von Werten um 115% bei TS, NfE und GE. Am höchsten war die Steigerung für die Rfa mit 165%. LÖHLEIN (1999) fand beim Elefanten ebenfalls Interaktionen, was sich in der Differenzverdaulichkeit der Rfa von 115 % zeigte.

Die Differenzverdaulichkeiten, die FRAPE (1982) fürs Breitmaulnashorn mittels Regressionsberechnung bei Rationen berechnet, die aus unterschiedlichen Anteilen von Heu und Mischfutter bestanden, liegen mit 5,6% bzw. 13,9% für unterschiedliche Mischfutter sehr niedrig. Dieses Ergebnis spricht ebenfalls für eine Interaktion zwischen den miteinander kombinierten Futtermitteln.

Die Erhöhung der Verdaulichkeiten eines Futtermittels, durch Kombination mit einem anderen Futtermittel, kommt laut LINDEMANN (1982) einerseits, durch ein



vermehrten Einstrom praecaecaler nicht oder nur schwer abbaubarer, im Dickdarm jedoch leicht mikrobiell metabolisierbarer Energieträger und andererseits durch eine Zunahme cellulolytischer Bakterien zu Stande. Ebenso kann eine Erniedrigung der Verdaulichkeit durch eine Futtermittelkombination, z. B. durch einen erhöhten Anteil an leichtverdaulichen Kohlenhydraten, eine Verminderung der cellulolytischen sowie eine Zunahme der amylolytischen Bakterien hervorrufen (KIRCHGESSNER 1997).

Die eigenen Ergebnisse zeigen für die Tiergruppe 2 deutlich höhere Verdaulichkeiten als für die anderen Gruppen. Dies zeigte sich bei den Gesamtverdaulichkeiten (Anhang Tab. P) und in der Folge natürlich auch bei den Differenzverdaulichkeiten, insbesondere in Versuch II und tendenziell auch in Versuch IV.

Durch die Chromoxidgabe als Bestandteil des pelletierten Mischfutters, das allen Tieren aus einer Charge pro Versuch zukam und deren vollständige Aufnahme durch die Tiergruppe, können Fehler in der Chromoxidaufnahme ausgeschlossen werden. Die labortechnischen Untersuchungen wurden sorgfältig nach PETRY & RAPP (1970) durchgeführt und wurden auf alle Proben gleich angewandt, so dass ein methodischer Fehler unwahrscheinlich erscheint.

Bei den genannten Tieren (Gruppe II) fiel zusätzlich eine deutlich geringere Futteraufnahme auf, wodurch der Mischfutteranteil an der Gesamtration 11,9% betrug, während er bei den anderen Tiergruppen nur 9,5% und 7,5% betrug. Dieser Unterschied dürfte nicht groß genug sein, als dass sich die deutlich höhere Differenzverdaulichkeit dieser Tiergruppe auf einen anteilmäßig stärkeren Einfluss des Mischfutters zurückführen ließe.

Ein anderer Erklärungsansatz könnte eine verlängerte Darmpassagezeit aufgrund der geringeren Futteraufnahme sein (FOOSE 1982, ROBBINS 1983). Eine bessere Verdaulichkeit bei geringerer Futtermenge und verlängerter Passagezeit ist z.B. vom Asiatischen Elefanten gegenüber dem Afrikanischen Elefanten bekannt (HACKENBERGER & ATKINSON 1982). Vom Elefanten ist bekannt, dass er bei höherem Rohfasergehalt in der Nahrung die Darmpassagezeit verringert und die Futteraufnahme erhöht (FOOSE 1982, OWEN-SMITH 1988). In einem Verdauungsversuch mit beiden Elefantenarten zeigte sich, dass der Asiatische



Elefant trotz eines höheren Rohfasergehaltes im Futter eine längere Passagezeit sowie eine höhere Verdaulichkeit hatte als der Asiatische Elefant, der eine rohfasererärmere Ration erhielt (HACKENBERGER & ATKINSON 1982).

FRAPE (1980, unveröffentlicht) ermittelte in Verdauungsversuchen mit zwei Breitmaulnashörnern bei unterschiedlicher Futteraufnahme unterschiedliche Verdaulichkeiten der TS und der ADF. Bei sinkender Futteraufnahme (Trockensubstanz 1,3 / 1,1 / 0,9% Körpergewicht) wurden höhere scheinbare Verdaulichkeiten der Trockensubstanz (60 / 63-68 / 70-76%) und der ADF (47 / 54-60 / 64-72%) erreicht.

In der vorliegenden Studie zeigten sich bei den im Freiland lebenden Nashörnern noch höhere Verdaulichkeiten der Rohfaser und der Gerüstsubstanzen als bei Tiergruppe 2 im Versuch II. Da die Futteraufnahme der Tiere in der Freiland-Studie unbekannt ist, kann nur spekuliert werden, dass diese Tiere eventuell noch weniger Futter aufnahmen. Eine geringere Futteraufnahme kann durch ein geringeres Futterangebot und längere bei der Nahrungssuche zurückgelegte Strecken bedingt sein. Durch eine geringere Futteraufnahme könnte es dann zu einer längeren Passagezeit als unter Zoobedingungen gekommen sein. Durch eine verlängerte Verweildauer des Futters im Dickdarm wird die mikrobielle Fermentation erhöht (FOOSE 1982, VAN SOEST et al. 1983), was wiederum die erhöhte Faserverdauung erklären könnte.

Andererseits konnte beim Pferd, zumindest im bisher untersuchten Rahmen, keine Verlangsamung der Passagezeit durch geringere Futteraufnahme beobachtet werden (LECHNER-DOLL et al. 1992).

Mit Hilfe der vorliegenden Daten kann nur vermutet werden, dass das Breitmaulnashorn in seinen Verdauungsmechanismen in Bezug auf die Passagezeit vom Pferd abweicht, obwohl es andererseits bei Fütterung zooüblicher Rationen in Bezug auf die Verdaulichkeit dem Pferd sehr ähnlich ist.



4.2.5 Energieaufnahme

Mit der Doppelmarkermethode in den Versuchen II und IV konnte die aufgenommene Futtermenge pro Tiergruppe bestimmt werden. Damit läßt sich aus dem Energiegehalt der Rationen die Energieaufnahme der einzelnen Tiergruppen berechnen. Die Gewichte der Tiere wurden in Anlehnung an HILLMAN-SMITH (1986) geschätzt.

Der Bulle Kiwu (Tiergruppe 1) nahm bei einem auf 2100 kg geschätzten Gewicht im Versuch II mit der kombinierten Ration aus Gras und Mischfutter pro Tag ca. 0,7 MJ DE / kg $KM^{0,75}$ auf. Im Versuch IV bei der kombinierten Ration aus Heu und Mischfutter waren es ca. 1,1 MJ DE pro kg $KM^{0,75}$. Für die beiden adulten Weibchen der Tiergruppe 2 wurde das Körpergewicht auf 1600 kg und 1800 kg geschätzt. Aufgrund der Gruppenhaltung im Zoo konnten sie nur als Tiergruppe mit einem Gewicht von 3400 kg berücksichtigt werden. Sie nahmen, ebenso wie der Bulle, im Versuch II etwa 0,7 MJ DE pro kg $KM^{0,75}$ und im Versuch IV etwa 1,1 MJ DE pro kg $KM^{0,75}$ auf. Die beiden jüngeren Weibchen Numbi und Temba wurden auf ein Körpergewicht von 600 kg bzw. 900 kg im Sommer (Versuch II) und 650 kg bzw. 950 kg im Herbst (Versuch IV) geschätzt. Für die Gras-Mischfutter-Ration ergab sich eine Energieaufnahme von 1,3 MJ DE pro kg $KM^{0,75}$ und für die Heu-Mischfutter-Ration 2 MJ DE pro kg $KM^{0,75}$ als gemittelter Wert beider Tiere. Daraus ergibt sich bei richtigem geschätztem Gewicht eine deutlich höhere Energieaufnahme als bei den adulten Nashörnern, wie bei allen im Wachstum befindlichen Tieren (KAMPHUES 1999).

In den von FRAPE (1982) durchgeführten Versuchsreihen nahmen die beiden adulten Tiere mit einem geschätzten Körpergewicht von 1900 kg je nach Ration 0,7 MJ DE pro kg $KM^{0,75}$ (FRAPE 1982) und 0,7 bis 0,8 MJ DE pro kg $KM^{0,75}$ (FRAPE 1980, unveröffentlicht), was etwa den in der vorliegenden Studie ermittelten Werten entspricht.



4.2.6 Verhalten

Viele Untersuchungen haben sich damit befasst, dass sich die Art der Verteilung des Futters im Gehege auf das Verhalten von Zootieren auswirkt (GANSLOSSER 1993, SCHMIDT 1995, MEISTER 1997, GANSLOSSER et al. 1997a, 1997b, 1997c, STOLZE 1998). Um Auswirkungen einer unterschiedlichen Futterverteilung zu vermeiden, wurde darauf geachtet, dass die Verteilung der Futterstelle in allen Versuchen gleich war.

Für Verhaltensbeobachtungen hat sich eine Kombination aus Scan- und Fokusprotokollierung bewährt. Daher wurde auch in der vorliegenden Studie auf diese Weise vorgegangen.

4.2.6.1 Verhaltensänderungen

Ziel der Verhaltens-Studie war die Untersuchung der Frage, ob sich eine qualitative Änderung in der Futtermation messbar auf das Verhalten der Tiere auswirkt, wie man dies vom Pferd durch empirische Beobachtungen kennt. Aus dem alltäglichen Umgang mit Pferden kennt man so eklatante Auswirkungen der Erhöhung des Kraftfutteranteils in der Ration, dass sie sogar in das Sprichwort: „Den sticht der Hafer“ Eingang gefunden haben.

Die größten qualitativen Unterschiede in den Futtermationen bestanden zwischen dem Gras und dem Heu, das den 1,4 Breitmaulnashörnern im Zoopark Erfurt gefüttert wurde. Das Heu hatte einen wesentlich höheren Proteingehalt, sowie einen höheren Energiegehalt und gleichzeitig einen niedrigeren Ligningehalt als das Gras. Diese Kriterien wiesen das Heu als in seiner Energie und seiner Nährstoffqualität hochwertiger aus als das Gras.



Aus diesen Gründen wurde das Augenmerk besonders auf den Vergleich der Verhaltensdaten aus Versuch I (reine Grasfütterung) und III (reine Heufütterung) gerichtet.

Die Ergebnisse aus den Verdauungsversuchen II und IV zeigten bei allen Tiergruppen eine höhere Trockensubstanzaufnahme von Heu als von Gras (Tab. 20). Da die übrig gebliebenen Reste in allen Versuchen so gering waren, dass sie zu vernachlässigen sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Trockensubstanzaufnahme auch im Versuch III höher war als im Versuch I. Somit sind sowohl die Nährstoffgehalte anders, als auch die aufgenommenen Futter- und Energiemengen der Rationen mit Heu (III u. IV) höher als in den Rationen mit Gras (I u. II).

Geht man nun davon aus, dass die Trockensubstanzaufnahme des Grundfutters bei allen Tiergruppen von Versuch I auf Versuch III steigt, so läßt sich damit die verlängerte Futteraufnahmezeit von Kiwu und den beiden jüngeren Weibchen erklären. Ungeklärt bleibt dabei jedoch, weshalb die beiden Weibchen Natala und Kenia während der Beobachtungszeit (nachmittags) im Versuch III weniger Zeit zum „Fressen“ aufwendeten als im Versuch I. Man kann spekulieren, dass sie ihre Futteraufnahmezeit im Freigehege auf vormittags verlegten.

Die Nahrungsaufnahme im Laufen (fl) wurde fast nur von den beiden jüngeren Weibchen ausgeübt. Dabei handelte es sich um eine sehr zeitaufwendige Art der Nahrungsaufnahme, die im Zoopark Erfurt nur eine äußerst geringe Futtermenge einbrachte. Auf Randgebieten, vor allem den etwas abschüssigen Bereichen des Freigeheges wuchs Gras mit einer Höhe von ca. 3 cm, das von den Weibchen Temba und Numbi abgegrast wurde. Die dabei aufgenommene Futtermenge ist mengenmäßig vernachlässigbar, jedoch nicht die dafür aufgewendete Zeit. Während des Versuches III grasten die Tiere nur noch wenig, denn das Gras hatte sich witterungsbedingt und unter der starken mechanischen Belastung durch das Körpergewicht der Nashörner stark dezimiert. Allerdings nahmen die Tiere jetzt in geringem Umfang von den Bäumen gefallenes Laub auf. Auch dieses Verhalten wurde zu „Fressen im Laufen“ gezählt (siehe Verhaltenskatalog Anhang Tab. N).



Wurde Futter mit einem hohen Trockensubstanzgehalt angeboten (Versuch III mit Heu), wurden die Tiere länger beim „Trinken“ beobachtet als bei Futter mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt (Versuch I mit Gras). Diese Beobachtung machten z.B. auch GANSLOSSER & WITT (2000) bei Gelbfußkänguruhs.

Im Zoopark Erfurt fand der Versuch I im Juli und der Versuch III im Oktober statt, so dass sich die klimatischen Bedingungen unterschieden. Die Temperaturen zur Beobachtungszeit schwankten im Juli zwischen 16- 28 C° und im Oktober zwischen 13-16 C° (eigene Protokollierung). Im Freiland beobachtete HANDTRACK (1997) an Breitmaulnashörnern, im Gegensatz zu OWEN-SMITH (1973), temperaturabhängige Unterschiede in deren Aktivität. Bei Regen, kühleren Temperaturen oder stärkerem Wind hielten sich die Tiere mehr im Schutz des Dickichts auf und wanderten nicht zu ihren meist ungeschützt liegenden Futterplätzen, so dass die Futteraufnahmezeit sowie die Gesamtaktivität abnahm. Auch die Fortbewegungsgeschwindigkeit gemessen in Schrittzahl pro Zeit verringerte sich mit schlechterem Wetter.

Überträgt man die Beobachtungen bezüglich der Wettereinflüsse auf die Gegebenheiten in dieser Versuchsreihe, so hätte die Aktivität der Tiere bei Versuchsreihe III infolge des schlechteren Wetters eher absinken sollen. In Wirklichkeit war jedoch das Gegenteil der Fall: die Aktivität nahm zu. Bei der vorliegenden Studie verbrachten alle Tiere im Versuch III bei Heufütterung weniger Zeit im „Liegen“ als im Versuch I bei Grasfütterung. Bei dem Bullen Kiwu war dieser Unterschied signifikant. Kiwu fraß während des dritten Versuches signifikant mehr und verbrachte gleichzeitig etwas mehr Zeit mit „Laufen“ als im Versuch I. Kenia und Natala standen im Versuch III außerdem mehr. Ebenso die beiden jüngeren Weibchen Numbi und Temba. Diese beiden steigerten ihre Aktivität, indem sie sich mehr fortbewegten („laufen“).

Man kann spekulieren, dass die veränderte Futterration der beeinflussende Faktor für die Verhaltensänderung sein könnte, wenn auch andere Einflussfaktoren nicht ausgeschlossen werden können. WALKER (1997) beobachtete ein solches Phänomen bei Breitmaulnashörnern in drei verschiedenen zoologischen



Einrichtungen. Die Tiere lagen bei qualitativ höherwertigem Futter weniger und waren aktiver als bei qualitativ geringerwertigem Futter.

Betrachtet man die Diagramme zu den Scan-Beobachtungsprotokollen (Abb. 4- 8), so fällt bei allen Tieren der Versuch IV durch den hohen Anteil an den Verhaltensweisen „Kämpfen“ und „Stehen“ und den niedrigen Anteil an den Verhaltensweisen „Liegen“ und „Fressen“ auf. Alle fünf Tiere erscheinen in diesem Versuch somit besonders aktiv. Dieser Unterschied ist auch deutlich, wenn man nur Versuch III und IV vergleicht, obwohl in beiden Versuchen Heu gleicher Qualität gefüttert wurde. Im Versuch IV wurde jedoch zusätzlich zum Heu noch pro Tier und Tag 4kg pelletiertes Mischfutter gefüttert, was möglicherweise zu einer Beeinflussung des Verhaltens beigetragen haben könnte.

Allerdings trat während Versuch IV auch noch ein anderer Umstand ein, der sich, wie auch MEISTER (1997) beobachten konnte, auf das Verhalten aller Tiere der Gruppe auswirken kann: Zwei der Weibchen (Numbi und Temba) waren brünstig, was durch tolerierte Deckversuche des Bullen ohne weiteres erkannt werden konnte.

Da nicht nachzuvollziehen war, in welchem Ausmaß die Verhaltensänderungen der Gruppe durch die veränderte Futtermenge oder aber durch das Auftreten der Brunst der zwei Weibchen beeinflusst wurde, wurden die Verhaltensdaten aus Versuch IV nicht in die Überlegungen zu Verbindungen zwischen Futterqualität und Verhalten mit einbezogen.

4.2.6.2 Rationsunabhängige Verhaltensbeobachtungen

Es wurden einige rationsunabhängige Unterschiede zwischen den Tieren registriert, die übereinstimmend sind mit anderen Untersuchungen:

Dass männliche Breitmaulnashörner im Allgemeinen aktiver sind, also weniger liegen und mehr laufen als Weibchen, konnte auch MEISTER (1997) feststellen.

Ebenso wurde schon von MEISTER (1997) festgestellt, dass junge Weibchen weniger ruhen als ältere, was auch in der vorliegenden Zoostudie beobachtet wurde



(Abb. 10- 13). Außerdem wurde von MEISTER (1997) beobachtet, dass es auf die Ruhephasen bezogen große individuelle Unterschiede zwischen weiblichen Breitmaulnashörnern gibt. Im Zoopark Erfurt fiel Kenia durch extrem viel „Liegen“ von über 60% der Beobachtungszeit auf.

Die Beobachtungen haben gezeigt, dass die engsten Bindungen bei Weibchen immer nur zwischen zwei Tieren bestehen. Betrachtet man die Kreisdiagramme (Abb. 4- 7) oder die Säulendiagramme (Abb. 10- 13), so läßt sich klar eine Ähnlichkeit des Verhaltens von Kenia und Natafa, sowie von Numbi und Temba erkennen. Bei der Beobachtung der Tiere ist aufgefallen, dass sich z.B. Numbi und Temba fast immer in nächster Nähe zueinander aufhielten und die jeweilige Verhaltensweise zur gleichen Zeit gemeinsam zeigten. Die Beobachtungen von MEISTER (1997) bestätigten diese paarweisen Bindungen zwischen Weibchen.

Die beiden jüngeren Weibchen verbrachten mehr Zeit mit der Nahrungsaufnahme (bis 42% der Zeit) als die anderen Tiere der Gruppe. Eine längere Freß- und Weidezeit konnte MEISTER (1997) bei den von ihr beobachteten Tieren ebenfalls feststellen.



5. ZUSAMMENFASSUNG

Britta Kiefer: Qualität und Verdaulichkeit der vom Breitmaulnashorn aufgenommenen Nahrung - Freilanddaten und experimentelle Studie im Vergleich

In der vorliegenden Arbeit wurde, nach einem Vorversuch zur Bestimmung der Darmpassagezeit, in einer Freiland-Studie in Südafrika die Nahrungsaufnahme von Breitmaulnashörnern im natürlichen Habitat sowie die Verdaulichkeit des natürlichen Futters untersucht. Zusätzlich wurde in einer Zoo-Studie an einem adulten männlichen, zwei adulten und zwei wachsenden weiblichen Breitmaulnashörnern die Verdaulichkeit von Gras alleine und in Kombination mit einem Mischfutter sowie von Heu alleine und in Kombination mit Mischfutter bestimmt. Neben den Rohnährstoffen wurden die Bruttoenergie und die Gerüstsubstanzen (NDF, ADF, ADL) bestimmt und auf ihre Verdaulichkeit untersucht. Zusätzlich wurden die Mengenelementgehalte aller Gras- und Heuproben und die Spurenelementgehalte der Gräser aus Südafrika bestimmt. Für die Zoo-Studie wurde die Doppelmarkermethode mit Chromoxid und Lignin als Marker verwendet. Jeder Versuchsdurchgang beinhaltete 5 Tage Anfütterungsphase und 10 Tage Sammelperiode. In der Freiland-Studie wurde die scheinbare Verdaulichkeit mit Hilfe des Markers Lignin berechnet. Außerdem wurde das Verhalten der Tiere bei Fütterung der unterschiedlichen Rationen der Zoo-Studie beobachtet.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

1. Der Vorversuch zur Darmpassagezeit ergab die höchste Markerausscheidung zwischen 48 und 72 Stunden nach Markeraufnahme.
2. Die scheinbaren Verdaulichkeiten sind in Tabelle 28 dargestellt. Das Gras der Freiland-Studie wies, trotz seines höheren Rfa- Gehaltes, im Vergleich zum



Gras der Zoo-Studie eine höhere scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe TS, Rfa, NfE, oS, GE, ADF und Cellulose auf.

3. Für die Heurationen (Z III u. ZIV) ergaben sich für die Nährstoffe TS, Rp, NfE und oS höhere Verdaulichkeiten als für die Grasrationen im Zoo oder für das Freilandgras.

Tab. 28: Übersicht: scheinbare Verdaulichkeiten (%) der Rohnährstoffe und Gerüstsubstanzen der Nahrungsgräser der Freiland-Studie (Gras SA) und der Futterrationen (Z I- Z IV) der Zoo-Studie, angegeben als Mittelwerte (siehe Tab. 15, 16, 23 und 24)

Futter	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE	ADF	C
Gras (SA)	48,1	54,2	40,3	56,0	54,2	51,2	50,2	59,7
Z I Gras	41,3	40,4	43,9	53,7	47,3	43,5	32,9	40,2
Z II G+MF	45,3	44,6	51,1 ^a	55,7	50,3	46,2	40,0	48,8
Z III Heu	57,1	54,1	63,5	63,3	59,3	55,2	44,5	53,4
Z IV H+MF	53,9	49,6	65,6	59,5	56,4	53,1	44,4	52,7

4. Die Verhaltensstudie gibt Hinweise darauf, dass eine Erhöhung der Energieaufnahme mit einer höheren Aktivität der Tiere in Zusammenhang stehen könnte.

Abschließend lässt sich feststellen, dass das Breitmaulnashorn verdauungsphysiologisch in vieler Hinsicht dem Pferd ähnlich ist und näher steht als dem Elefanten.



5. SUMMARY

Britta Kiefer: Quality and Digestibility of White Rhinoceros Food - A Comparison of Field and Experimental Studies

In the present investigation first a preliminary study about the mean retention time of ingesta was conducted. In a field study in South Africa the intake of food plants of white rhinos in their natural habitat and the apparent digestibility of the natural food was investigated. Further in a zoo study the digestibility of grass and hay, each given separately and in combination with a pelleted feed was measured in one adult male, two adult and two growing female white rhinos. The crude nutrients, gross energy and the cell wall constituents NDF, ADF and ADL were analysed and their digestibility was determined. The content of major elements of all food samples and the trace elements of the South African grass samples were analysed. In the zoo study the double-marker-method with chromic oxide and lignin as markers was used. In each trial after 5 days adaptation, faeces were collected for 10 days. In the field study the apparent digestibility was calculated with the marker lignin. Furthermore in the zoo study the animal behaviour was observed in trials with different diet composition.

The following results were obtained:

1. The investigation of the mean retention time resulted in a maximum marker excretion between 48 and 72 hours after feeding.
2. The apparent digestibilities are given in table 28. Despite of a higher content of crude fibre, the grass of the field study was higher digestible in the crude nutrients DM, crude fibre (CF), NFE, organic matter (OM), GE, ADF and cellulose than the grass of the zoo study.



3. The digestibility of the crude nutrients DM, crude protein (CP), NFE and OM was higher in the hay based diets than in the grass based diets in the zoo or the grass of the field study.

Tab. 29: Apparent digestibilities (%) of the crude nutrients and the cell wall constituents of the grass of the field-study (Grass SA) and of the diets (Z I-Z IV) of the zoo-study, given as mean (see tab. 15, 16, 23 and 24)

Feedstuffs	DM	CF	CP	NFE	OM	GE	ADF	C
Grass (SA)	48.1	54.2	40.3	56.0	54.2	51.2	50.2	59.7
Z I Grass	41.3	40.4	43.9	53.7	47.3	43.5	32.9	40.2
Z II G+PF*	45.3	44.6	51.1	55.7	50.3	46.2	40.0	48.8
Z III Hay	57.1	54.1	63.5	63.3	59.3	55.2	44.5	53.4
Z IV H+PF*	53.9	49.6	65.6	59.5	56.4	53.1	44.4	52.7

*pelleted feed

4. The behavioural study indicates that an increase in the energy intake can be correlated with an increase in the animal activity.

Concluding, it can be stated that the digestive physiology of the white rhino in many respects is more similar to the horse than to the elephant.



7. LITERATURVERZEICHNIS

- ADCOCK, K. & R. EMSLIE (1997)
Biologie, Verhalten und Ökologie des Spitzmaulnashorns
in: Die Nashörner
Flander-Verlag, Fürth/Bay., 115- 137
- ATKINSON, S.J. (1995)
Maintenance of captive Black Rhinoceros (*Diceros bicornis*) on indigenous browse in Zimbabwe:
Energetics, Nutrition and Implications for Conservation
Thesis, University of Zimbabwe
- AUMONIER, F.J. & A.J.E. CAVE (1959)
A note on the visceral histology of *Ceratotherium*
Journal of the Royal Microscopical Society **78** (3/4), 120- 122
- BEDDARD, Frank E. (1887)
On the anatomy of the Soudanic Rhinoceros
Transactions of the Zoological Society of London **12**, 183- 198
- BINNERTS, W.T., A.T. VAN'T KLOOSTERS & A.M. FRENS (1958)
Soluble chromium indicator measured by atomic absorption in digestion experiments
Veterinary Record **82**, 470
- BRAHMACHARY, R.L., B. MALLIK & B. RAKSHIT (1971)
An attempt to determine the food habits of the Indian Rhinoceros
Journal of the Bombay Natural History Society **67** (3), 558- 560
- BRAHMACHARY, R.L., B. RAKSHIT & B. MALLIK (1974)
Further attempts to determine the food habits of the Indian Rhinoceros at Kaziranga
Journal of the Bombay Natural History Society **71** (2), 295- 298
- BREVES, G. & M. DIENER (2000)
Funktionen des Dickdarmes
in: Engelhardt, W. & G. Breves (Hrsg.), Physiologie der Haustiere
Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart
- CAVE, A.J.E. (1962)
Burchell's original specimens of *Rhinoceros simus*
Proceedings of the Zoological Society of London **1**, 691- 700
- CAVE, A.J.E. (1977)
Observations on rhinoceros tongue morphology
Journal of Zoology **181**, 265- 264
- CAVE, A.J.E. (1980)
The rhinoceros lingual intrinsic musculature
Mammalia **44** (1), 123- 128
- CAVE, A.J.E. (1992)
Note on rhinoceros salivary glands
Journal of Zoology **196**, 53- 61



- CAVE, A.J.E. & F.J. AUMONIER (1963)
The visceral histology of the Sumatran Rhinoceros
Journal of the Royal Microscopical Society **82** (1), 29- 37
- CHALMERS, Mitchell (1906)
On the intestinal tract of mammals
Transactions of the Zoological Society of London **17**, 437- 535
- CLEMENS, E.T. & G.M.O. MALOIJ (1982)
The digestive physiology of three East African herbivores: The elephant, rhinoceros and hippopotamus
Journal of Zoology **198**, 141- 156
- CLEMENS, E.T. & G.M.O. MALOIJ (1983)
Nutrient digestibility and gastrointestinal electrolyte flux in the elephant and rhinoceros
Comparative Biochemistry Physiology **75A** (4), 653-658.
- CUDDEFORD, D. & D. HUGHES (1990)
A comparison between chromium-mordanted hay and acid-insoluble ash to determine apparent digestibility of a chaffed, molassed hay/straw mixture
Equine veterinarian J. **22**, 122-125
- DE BOUVEIGNES, O. (1953)
Sparrmann et les rhinoceros
Zoooleo **21**, 85- 97
- DEINUM, B. & J.G.P. DIRVEN (1975)
Climate, nitrogen and grass. Comparison of yield and chemical composition of some temperate and tropical grass species grown at different temperatures
Neth. Journal of Agricultural Science **23**, 69- 82
- DEMMENT, M.W. & P.J. VAN SOEST (1985)
A nutritional explanation for body-size pattern of ruminant and nonruminant herbivores
American Naturalist **125**, 641- 672
- DIERENFELD, E.S. (1995)
Rhinoceros nutrition: an overview with special reference to browsers
Verhandlungsbericht des 37. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zoo- und Wildtiere, 7- 14
- DIERENFELD, E.S. (1999)
Rhinoceros feeding and nutrition
in: Fowler, M.E. & R.E. Miller (ed.), Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy 4. W.B. Saunders, Philadelphia, 568- 571
- DIERENFELD, E.S., J.G. DOHERTY, P. KALK & S. ROMO (1994)
Feeding the Sumatran Rhino (*Dicerorhinus sumatrensis*): diet evaluation, adaptation, and suitability
Proceeding of the American Association of Zoo Veterinarians, Pittsburgh, PA, 371
- DIERENFELD, E.S., R. DU TOIT & M.G. BRASELTON (1995)
Nutrient composition of selected browses consumed by Black Rhinoceros (*Diceros bicornis*) in the Zambezi Valley, Zimbabwe
Journal of Zoo and Wildlife Medicine **26** (2), 220- 239
- DIERENFELD, E.S., R.E.C. WILDMAN & S. ROMO (2000)
Feed intake, diet utilization, and composition of browses consumed by the Sumatran Rhino (*Dicerorhinus sumatrensis*) in a North American Zoo
Zoo Biology **19**, 169- 180



DITTRICH, L. (1971)
Beobachtungen zur Jugendentwicklung eines Breitmaulnashorns (*Ceratotherium s. simum*) im Zoo Hannover
Zeitschrift des Kölner Zoo **2**, 73-81

DLG (1995)
Futterwerttabellen für Pferde
3. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt/M.

DLG (1973)
Futterwerttabellen-Mineralstoffgehalte in Futtermitteln
Arbeiten der DLG Bd. 62, Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim,
2. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt/M.

DOWNING, B.H. (1972)
A plant ecological survey of the Umfolozi Game Reserve Zululand
PhD thesis, University of Natal

EGGUM, B.O. (1980)
The influence of concentration and quality of dietary protein on nitrogen excretion in monogastric animals
Archiv Tierernährung **30**, 41-50

ENDERS, H. (1973)
Ein Beitrag zu Verdaulichkeitsbestimmungen von Futterrationen nach dem Indikatorverfahren mit Hilfe von Chromoxid bzw. der HCl-unlöslichen Restlasche
Inaugural Dissertation, München

EMSLIE, Richard & Martin BROOKS (1999)
African Rhino, Status Survey and Conservation Action Plan
IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK

ENDO, H., T. MORIGAKI, M. FUJISAWA, D. YAMAGIWA, M. SASAKI & J. KIMURA (1999)
Morphology of the intestinal tract in the White Rhinoceros (*Ceratotherium simum*)
Anatomia, Histologia and Embryologia **28**, 303-305

FAHEY, G.C. & H.G. JUNG (1983)
Lignin as a marker in digestion studies: a review
Journal of Animal Science **57**, 220-225

FAURIE, F., N. MIRAGLIA & J.L. TISSERAND (1992)
Evaluating the feeding value of forages for horses
Pferdeheilkunde (Sonderausgabe), 179-182

FEHRLE, S. (1999)
Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Mischfutter beim Pferd in Abhängigkeit von der Rauhfuttermittelaufnahme
Inaugural Dissertation, LMU München

FIELD, C.R. & I.C. ROSS (1976)
The savanna ecology of Kidepo Valley National Park, II. Feeding ecology of Elephant and Giraffe
East African Wildlife Journal **14**, 1-15

FLYNN, R.W. (1981)
Distribution, ecology and conservation of the Sumatran Rhinoceros in Malaysia
IUCN/WWF Progress report, Malaysia Department of Wildlife and National Park



FLYNN, R.W. (1983)
Distribution, status and feeding ecology of the Sumatran Rhinoceros in Malaysia
M.Sc thesis, University of Montana, Missoula

FOOSE, T.J. (1978)
Digestion in wild species of ruminant versus nonruminant ungulates
American Association of Zoological Parks Aquariums Regional Conference Proceedings, 74-84

FOOSE, T.J. (1982)
Trophic strategies of ruminant versus nonruminant ungulates
Ph. D. Diss., University of Chicago.

FOOSE, T.J. & N. VAN STRIEN (Editors) (1997)
Asian Rhinos, Status Survey and Conservation Action Plan
IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK

FRAPE, D.L. (1980)
The Digestibility of cubes and hay in the White Rhinoceros
Kennett Nutritional Centre

FRAPE, D.L., M.G. TUCK, N.H. SUTCLIFFE & D.B. JONES (1982)
The use of inert markers in the measurement of the digestibility of cubed concentrates and of hay given in several proportions to the pony, horse and White Rhinoceros (*Diceros simus*)
Comparative Biochemistry Physiology **72A**, 77-84

GANSLOSSER, U. (1993)
Nahrungsaufnahme und Sozialverhalten herbivorer Säuger
Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung, Schrift 361, Vorträge zur 25. Arbeitstagung Angewandte Ethologie bei Nutztieren der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V.

GANSLOSSER, U. & C. BRUNNER (1997a)
Influence of food distribution on behavior in captive bongos, *Taurotragus euryceros*: an experimental investigation
Zoo Biology **16**, 237-245

GANSLOSSER, U. & B. DELLERT (1997b)
Experimental alternations of food distribution in two species of captive equids (*Equus burchelli* and *E. hemionus kulan*)
Ethology, Ecology & Evolution **9**, 1-17

GANSLOSSER, U. & P. THERMANN (1997c)
Verteidigung der Nahrungsquellen beeinflusst agonistisches Verhalten von Damwild (*Dama dama*) in Gehegehaltung
Zoologischer Garten N.F. **67** (4), 229-237

GANSLOSSER, U. & K. WITT (2000)
Wasserstellen-Nutzung beim Gelbfußkäseguiruh (*Petrogale xanthopus celeris*) – eine wichtige Frage im Naturschutz-Management
Sonderdruck aus der Zeitschrift des Kölner Zoo **43** (4), 173-178

GARROD, A.H. (1873)
On the visceral anatomy of the Sumatran Rhinoceros (*Cerathorhinus sumatrensis*)
Proceedings of the Zoological Society of London, 92-104

GARROD, A.H. (1877)
On some points in the visceral anatomy of the Rhinoceros of the Sunderbunds (*Rhinoceros sondaicus*)
Proceedings of the Zoological Society of London, 707-711



- GHEBREMESKEL, K., G. WILLIAMS, R.A. BRETT, R. BUREK & L.S. HARBIGE (1991)
Nutrient composition of plants most favoured by Black Rhinoceros (*Diceros bicornis*) in the wild
Comparative Biochemistry Physiology **98A**, 529- 534
- GÖLTENBOTH, Reinhard (1994)
Sechstes Internationales Zuchtbuch für Afrikanische Nashörner
Zoologischer Garten Berlin AG
- GÖLTENBOTH, Reinhard (1999)
Achttes Internationales Zuchtbuch für Afrikanische Nashörner
Zoologischer Garten Berlin AG
- GODDARD, J. (1968)
Food preferences of two Black Rhinoceros populations
East African Wildlife Journal **6**, 1- 18
- GODDARD, J. (1970)
Food preferences of Black Rhinoceros in the Tsavo National Park
East African Wildlife Journal **8**, 145- 161
- GOWDA, Krishna C.D. (1989)
Breeding the Great Indian Rhinoceros at Mysore Zoo
The International Zoo Yearbook **9**, 101- 102
- GROVES, Colin P. (1972)
Ceratotherium simum
Mammalian Species **8**, 1- 6
- GROVES, Colin P. (1997)
Die Nashörner-Stammesgeschichte und Verwandtschaft
in: Die Nashörner
Fischer-Verlag, FÜRTH/Bay., 14- 32
- GRZIMEK, B. (1987)
Nashörner
in: Grzimeks Enzyklopädie Band 4 Säugetiere,
Kindler Verlag, München
- GUNN, I.M., A. THORNE & A. TROUNSON (1998)
Infertility/ Subfertility in the Southern White Rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*) under
evaluation of their reproductive parameters as to other related species
In: Workshop on problems associated with the low rate of reproduction among captive-born female
southern white rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*)
Symposium hosted by Zoological society of San Diego
- GÜTZWILLER, A. (1984)
Beitrag zur Ernährung der Zoosäugetiere
Inaugural- Dissertation, Universität Zürich, Stäubli Verlag Zürich
- HACKENBERGER, M.K. & J.L. ATKINSON (1982)
Digestibility studies with captive Asian and African Elephants
American Association of Zoological Parks Aquariums Regional Conference Proceedings:129- 137
- HALL-MARTIN, A. J., T. ERASMUS & B. P. BOTHA (1982)
Seasonal variation of diet and faeces composition of Black Rhinoceros (*Diceros bicornis*) in the Addo
Elephant National Park
Koedoe **25**, 63- 82



- HAMILTON, S. (1999)
Rhinoceros nutrition – a comparative approach
Thesis
- HANDTRACK, C. (1997)
Nahrungsökologie und Sozialverhalten des Breitmaulnashorns (*Ceratotherium simum*) im Itala
National Park
Diplomarbeit, Zoologisches Institut der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
- HILLMANN-SMITH, Kes (1997)
Das nördliche Breitmaulnashorn
in: Die Nashörner
Fischer-Verlag, FÜRTH/Bay., 173- 183
- HILLMANN-SMITH, A.K.K., N. OWEN-SMITH, J.L. ANDERSON, A.J. HALL-MARTIN & J.P.
SELALADI (1986)
Age estimation of the White Rhinoceros (*Ceratotherium simum*)
Journal of Zoology **210**, 355- 379
- HILLMANN-SMITH, Kes A. K. & Colin P. GROVES (1994)
Diceros bicornis
Mammalian Species **455**, 1- 8
- HOME, Everard (1821)
An account of the skeletons of the dugong, two-horned rhinoceros, and tapir of Sumatra
Philosophical Transactions of the Royal Society of London **11**, 268- 274
- JARMAN, P.J. (1972)
The use of drinking sites, wallows and salt licks by herbivores in the flooded Middle Zambezi Valley
East African Wildlife Journal **10**, 193- 209
- JONES, D.M. (1979)
The husbandry and veterinary care of captive rhinoceroses
International Zoo Yearbook **19**, 239- 252
- KAMPHUES, J., D. SCHNEIDER & J. LEIBETSEDER (1999)
Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung
Verlag M. & H. Schaper Alfeld-Hannover
- KIEFER, Britta (2000)
Größenmaße eines Breitmaulnashorndarms
unveröffentlicht
- KIENZLE, E., B. OPITZ & I. SCHRAG (1999)
Energiebewertung von Futtermitteln für Hund und Katze
Übersichten Tierernährung **27**, 191- 220
- KIRCHGESSNER, M. (1997)
Tierernährung
10. Aufl., DLG Verlag, Frankfurt/Main
- KLEIBER, M (1961)
The fire of life: An introduction to animal energetics
Wiley, New York



- KLÖS, H.-G. (2000)
Nashörner-Breitmaulnashorn
in: Grzimek B. (Hrsg.) Enzyklopädie des Tierreichs, Band 13
Weltbild Verlag, Augsburg, unveränderter Nachdruck der dtv-Ausgabe von 1979/80, 63-69
- KOSSOW, R. (1986)
Erhebungen zum Futterverbrauch ausgewählter Tierarten in zoologischen Gärten
Inaugural-Dissertation, Universität Bonn
- KOTB, A.R. & T.D. LUCKEY (1972)
Markers in Nutrition
Nutrition Abstracts and Reviews 42: 813-845
- KRULL, H.-D. (1984)
Untersuchungen über Aufnahme und Verdaulichkeit von Grünfütter beim Pferd
Inaugural-Dissertation, Stuttgart-Hohenheim / Hannover
- KRUMBIEGEL, I. (1965)
Das Kopenhagener Sumatranashorn
Säugetierkundliche Mitteilungen 13, 97-100
- KURT, F. (1973)
Der Gunung Leuser Survey 1970
Zeitschrift des Kölner Zoo 16 (2), 59-74
- LANG, E.M. (2000)
Nashörner-Heutige Nashörner-Asiatische Nashörner
in: Grzimek B. (Hrsg.) Enzyklopädie des Tierreichs, Band 13
Weltbild Verlag, 36-47
- LANGER, P. (1984)
Anatomical and nutritional adaptations in wild herbivores
in: Herbivore Nutrition in the Tropics and Subtropics, Gilchrist, F.M.C. & R.I. Mackie (ed), Craighall, South Africa: The Science Press
- LAURIE, William Andrew (1978)
The ecology and behaviour of the Greater One-Horned Rhinoceros
Dissertation submitted to the University of Cambridge for the degree of Doctor of Philosophy, Selwyn College Cambridge
- LAURIE, W.A., E.M. LANG & C.P. GROVES (1983)
Rhinoceros unicornis
Mammalian Species 211, 1-6
- LAURIE, Andrew (1982)
Behavioural ecology of the Greater One-horned Rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*)
Journal of Zoology 196, 307-341
- LAURIE, Andrew (1997)
Das Indische Panzernashorn
in: Die Nashörner
Filander-Verlag, Fürth/Bay., 95-113
- LECHNER-DOLL, M., G. BECKER & W.v. ENGELHARDT (1992)
Vergleichende Aspekte zur Futterpassagezeit bei Equiden
Pferdeheilkunde, Sonderausgabe: 1. Europ. Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 36-38



- LINDEMANN, G. (1982)
Untersuchungen über den Einfluß von Lactose- und Stärkezulagen auf die Verdaulichkeit von NH₃-aufgeschlossenen Stroh
Inaugural-Dissertation, Tiermedizinische Hochschule Hannover
- LOEHLEIN, W. (1999)
Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Futtermitteln beim Asiatischen Elefanten (*Elephas maximus*)
Inaugural-Dissertation, München
- LOUIT, B.D., G.N. LOUW & M.K. SEELY (1987)
First approximation of food preference and the chemical composition of the diet of the Desert-Dwelling Black Rhinoceros, *Diceros bicornis* L.
Madoqua 16 (1), 35-54
- MALOY, G.M.O. & E.T. CLEMENS (1991)
Aspects of digestion and in vitro fermentation in caecum of some East African herbivores
Journal of Zoology 224, 293-300
- MCDOWELL, L.R. (1986)
Nutrition of grazing ruminants in warm climates
Academic, New York
- MCNAUGHTON, S.J. (1988)
Mineral nutrition and spatial concentrations of African ungulates
Nature 334, 343-345
- MCQUEEN R.E. & J.W.G. NICHOLSON (1979)
Modification of the Neutral-Detergent-Fiber procedure for cereals and vegetables by using alpha-amylase
Journal of the Association of Official Analytical Chemists 62, 676-680
- MEISTER, J. (1997)
Untersuchungen zum Sozial- und Reproduktionsverhalten von Breitmaulnashörnern (*Ceratotherium simum simum*) in zoologischen Einrichtungen
Diss., Universität Erlangen-Nürnberg
- MEISTER, J. & N. OWEN-SMITH (1997)
Das Breitmaulnashorn
in: Die Nashörner
Filander-Verlag, Fürth/Bay., 95-113
- MEYER, H. (1996)
Pferdefütterung
3., aktualisierte Auflage, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- MICHAEL A/L (unveröffentlicht)
Intake, digestibility and passage rate of Mahang Hijau leaves (*Macaranga triloba*) supplemented with Banana (*Musa spp.*) by the Sumatran Rhinoceros (*Dicerorhinus sumatrensis*)
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science University Pertanian, Malaysia
- MUKINYA, J.G. (1977)
Feeding and drinking habits of the Black Rhinoceros in Masai Mara Game Reserve
East African Wildlife Journal 15, 125-138
- MUYA, S.M. & N.O. OGUGE (2000)
Effects of browse availability and quality on Black Rhino (*Diceros bicornis michaeli*) diet in Nairobi National Park, Kenya
African Journal of Ecology 38, 62-71



NAUMANN, C. & R. BASSLER, Hrsg. (1988)
Die chemische Untersuchung von Futtermitteln
Band III, Methodenbuch, Verlag J. Neumann-Neudamm

OCHS, Andreas (1999)
Achties Internationales Zuchtbuch für Afrikanische Nashörner
Zoologischer Garten Berlin AG

OLOO, T.W., R. BRETT & T.P. YOUNG (1994)
Seasonal variation in the feeding ecology of Black Rhinoceros (*Diceros bicornis L.*) in Laikipia, Kenya
African Journal of Ecology **32**, 142-157

OWEN, T.R. (1862)
On the anatomy of the Indian Rhinoceros (*Rh. Unicornis L.*)
Transactions of the Zoological Society of London **4**, 31-68

OWEN-SMITH, R.N. (1973)
The behavioural ecology of the White Rhinoceros
Dissertation, University Wisconsin

OWEN-SMITH, R.N. (1982)
Factors influencing the consumption of plant products by large herbivores
in: Huntley & Walker (eds.) *Ecology of Tropical Savannas*
Springer-Verlag, Berlin, 359-404

OWEN-SMITH, R.N. (1988)
Megaherbivores: The influence of very large body size on ecology
Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

PARRA, R. (1987)
Comparison of foregut and hindgut fermentation in herbivores
in: Montgomery G.G. (ed.), *The ecology of arboreal folivores*, Smithsonian Institution Press,
Washington D.C.

PAYNE, J. (1992)
Why are Rhinoceros rare in Bornean forest?
Proceeding of the First International Conference on Forest Biology and Conservation in Borneo, Kato
Kinabalu, Sabah, 169-174

PETRY, H. & W. RAPP (1970)
Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen
Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde **27**, 181-189

PIENAAR, D.J. (1994)
Habitat preferences of the White Rhino in the Kruger National Park
Proceedings of a Symposium on "Rhinos as Game Ranch Animals", Onderstepoort, South Africa

PLAYER, I.C. & J.M. FEELY (1960)
A preliminary report on the Square-lipped Rhinoceros *Ceratotherium simum simum*
Lammergeyer **1**, 3-25

PUSCHMANN, W. (1989)
Zooierhaltung Band 2: Säugetiere
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin



RIECHES, R. (1998)
Concerns with Breeding F₁ Wild Rhinoceros in Zoological Institutions
in: Workshop on problems associated with the low rate of reproduction among captive-born female
southern white rhinoceros (*Ceratotherium simum simum*)
Symposium hosted by Zoological society of San Diego

RITCHIE, A.T.A. (1963)
The Black Rhinoceros
East African Wildlife Journal **1**, 54-62

ROBBINS, C.T. (1993)
Wildlife feeding and nutrition
Academic Press, Inc., London, San Diego

SCHARRER, E. & S. WOLFFRAM (2000)
Funktionen des einhöhligen Magens
in: Engelhardt, W. & G. Breves (Hrsg.), *Physiologie der Haustiere*
Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart

SCHAURTE, Werner T. (1966)
Beiträge zur Kenntnis des Gebisses und Zahnbaues der afrikanischen Nashörner
Säugetierkundliche Mitteilungen **14**, 327-341

SCHENKEL, Rudolf (1997)
Das Java-Nashorn
in: *Die Nashörner*
Filander-Verlag, Fürth/Bay., 75-93

SCHMIDT, M. (1980)
Untersuchungen über die Verträglichkeit und Verdaulichkeit eines pelletierten Mischfutters für Pferde
in Kombination mit Heu und NH₃-aufgeschlossenem Stroh
Inaugural Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

SCHMIDT, C. (1995)
Verhaltensbiologische Untersuchungen an Breitmaulnashörnern (*Ceratotherium simum simum*
Bruchell, 1817) im Altwetterzoo Münster
Diplomarbeit, Wilhelms-Universität Münster

STEVENS, C.E. (1988)
Comparative physiology of the vertebrate digestive system
Cambridge University Press, Cambridge, USA

STOLZE, M. (1998)
Einfluß der Fütterung auf das Verhalten von in Zoologischen Gärten gehaltenen Steppengiraffen
(*Giraffa camelopardalis*)
Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

TEUNISSEN, M.J. A.A.M. SMITS, H.J.M. OP DEN CAMP, J.H.J. HUIS IN 'T VELD & G.D. VOGELS
(1991)
Fermentation of cellulose and production of cellulolytic and xylanolytic enzymes by anaerobic fungi
from ruminant and non-ruminant herbivores
Archive Microbiology **156**, 290-295

THENIUS, E. (2000)
Nashörner-Stammesgeschichte
in: Grzimek B. (Hrsg.) *Enzyklopädie des Tierreichs*, Band 13
Weltbild Verlag, Augsburg, 34-36



- THOMAS, H. Leigh (1801)
An anatomical description of a male Rhinoceros
Philosophical Transactions of the Royal Society of London 91, 145- 152
- ULLREY, D.E., P.T. ROBINSON & P.A. WHETTER (1979)
Comparative digestibility studies with zoo herbivores
American Association of Zoo Veterinarians, Annual Proceedings, Denver, 120-121a
- VAN DEN BERGH, W. (1955)
Nos Rhinocéros Blancs (*Ceratotherium simum cottoni* Lydecker)
Der zoologische Garten 21, 129-151
- VAN HOVEN, W., F. M. C. GILCHRIST & V. L. HAMILTON-ATTWELL (1987)
Intestinal ciliated protozoa of African Rhinoceros: two new genera and five new species from the White Rhino (*Ceratotherium simum Burchell, 1817*)
The Journal of Protozoology 34 (3), 338- 342
- VAN HOVEN, W., F.M.C. GILCHRIST, H. LIEBENBERG & C.F. VAN DER MERWE (1998)
Three new species of ciliated protozoa from the hindgut of both White and Black wild African Rhinoceroses
Onderstepoort Journal of Veterinary Research 65, 87- 95
- VAN SOEST, P.J. (1967)
Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages
Journal of Animal Science 26, 119- 125
- VAN SOEST, P.J. (1977)
Plant fiber and its role in herbivore nutrition
Cornell Vet. 67, 307- 326
- VAN SOEST, P.J. (1982)
Nutritional ecology of the ruminant
O. and B. Books Corvallis, Oregon
- VAN SOEST, P.J., T. FOOSE & J.B. Robertson (1983)
Comparative digestive capabilities of herbivorous animals
Proceedings cornell, Nutrition Conference, 51- 59
- VAN STRIEN, N.J. (1986)
The Sumatran Rhinoceros *Dicerorhinus sumatrensis* (Fischer, 1814) in the Gunung Leuser National Park Sumatra, Indonesia
Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin
- VAN STRIEN, N.J. (1997)
Das Sumatra-Nashorn
in: Die Nashörner
Filander-Verlag, Fürth/Bay., 57- 74
- VAN WIEREN, S.E. (1996)
Browsers and grazers: foraging strategies in ruminants
in: Van Wieren, Digestive Strategies in Ruminants and Nonruminants
Thesis Landbouw Univ. Wageningen, 119- 145
- VON ENGELHARDT, W. (2000)
Vergleichende Aspekte der Vormagen- und Dickdarmverdauung
in: Engelhardt, W. & G. Breves (Hrsg.), Physiologie der Haustiere
Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart



- WALKER, M.L. (1997)
Feeding ecology of the White Rhinoceros (*Ceratotherium simum*) – Effects of food quality on time expenditure and behavior within groups of captive rhinoceri
Diplomarbeit, Fakultät für Biologie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- WARNER, A.C.I. (1981)
Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds
Nutrition Abstracts and Reviews Ser. B 51, 789- 820
- WILKE, S. (1992)
Zur Verdaulichkeit von Hafer und Mais verschiedener Zubereitungen beim Pferd
Inaugural Dissertation Hannover
- WILSON, V. J. & P. W. EDWARDS (1965)
Data from a female rhinoceros and foetus (*Diceros bicornis* Linn.) from the Ft. Jameson district
Puku 3, 179- 180
- WISSER (2000)
Anatomische Maße über den Verdauungstrakt eines neugeborenen Breitmaulnashorns
persönliche Mitteilung
- WOLTER R., D. GOUY, A. DURIX, J.C. LETOURNEAU, M. CARCELEN & J. LANDREAU (1978)
Digestibilité et activité biochimique intracaecale chez le poney recevant un meme aliment complet presente sous forme granulee expandee ou semi-expandee
Ann. Zootech. 27 (1), 47- 60
- ZAINAL-ZAHARI Zainuddin & A.R.K. MARID-HASSAN (1989)
Feed intake and digestibility of *Ficus variegata* in a Sumatran Rhinoceros at Zoo Melaka
unpublished report, Dept. of Wildlife and National Parks, Malaysia
- ZAINAL-ZAHARI Zainuddin, M.-T. ABDULLAH & M.-S. MOHD SURI (1990)
The husbandry and veterinary care of captive Sumatran Rhinoceros at Zoo Melaka, Malaysia
Malayan Nature Journal 44, 1- 19
- ZEYNER, A. (1995)
Ermittlung des Gehalts an verdaulicher Energie im Pferdefutter über die Verdaulichkeitsschätzung
Übersichten Tierernährung 23, 55- 104
- ZEYNER, A., M. HOFFMANN & R. FUCHS (1992)
Möglichkeiten zur Schätzung des Energiegehaltes in Rationen zur Sportpferdefütterung
Pferdeheilkunde, Sonderausgabe: 1. Europ. Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 175- 178
- ZEYNER, A. & E. KIENZLE (2001)
A new concept for energetical evaluation of horse feed
Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 10, 105



8. TABELLENANHANG

Tab. A : In der Freiland-Studie gefressene Grasarten (Botanische und englische Bezeichnungen, soweit bekannt)

Botanische Bezeichnung	Englische Bezeichnung
Aristida spp.	-
Brachiaria nigropedata	Black-footed Signal Grass
Digitaria eriantha	Finger Grass
Enneapogon cenchroides	Nine-awned Grass
Enneapogon scoparius	Bollebrush Grass
Eragrostis rigidior	-
Heteropogon contortus	Spear Grass
Melinis repens	-
Panicum maximum	-
Panicum coloratum	White Buffalo Grass
Schmidtia pappophoroides	Sand Quick
Tragus berteronianus	Common Carrot-seed Grass
Urochloa mosambicensis	Bushveld Signal Grass

Tab. B : Grundlegende biologische Daten zum Breitmaulnashorn

	Breitmaulnashorn	
	Südl.	Nördl.
Gewicht		
- Männl.	2000 kg – 2400 kg	
- Weibl.	1500 kg – 1800 kg	
Schulterhöhe		
- Männl.	180 cm	188 cm
- Weibl.	160- 177 cm	150- 177 cm
Anzahl Hörner	2	
Hornlänge	max. 166 cm	
Tragzeit	480 Tage	
Geburtsgewicht	40- 65 kg	
Geschlechtsreife		
- Männl.	Ab 5 Jahren	
- Weibl.	8 Jahre	

Modifiziert nach GANSLOSSER 1997



Tab. C : Vorversuch: Zeitlicher Verlauf der Markerausscheidung in Summenprozent (%) der je Tier insgesamt ausgeschiedenen Markermenge

Stunden nach Marker-Gabe	Chromoxid-Markerausscheidung in Summenprozent (%) bei Versuchstier	
	Temba	Kenia
21	2,0	
22	4,3	0,6
23	4,6	
28- 42	21,4	14,2
46	56,0	
47	67,8	
48		45,0
49	77,6	
52- 66	89,4	58,3
67		92,1
69	93,6	
71	96,7	
73	98,3	99,1
91		100,0
93	99,5	
94	100,0	

Tab. D : Trockensubstanz-, Energie-, und Rohnährstoffgehalte der Grasproben der Freiland-Studie mit Mittelwert und Standardabweichung (STABW)

Inhaltstoffe	TS (%uS)	Ra (%TS)	Rfe (%TS)	Rfa (%TS)	Rp (%TS)	NfE (%TS)	oS (%TS)	GE (MJ/kg TS)
A 1	48,1	8,2	1,1	35,8	6,5	48,4	91,8	18,3
A 2	65,4	7,8	1,1	37,1	4,1	49,9	92,2	18,4
B 1	49,4	9,1	0,9	34,9	5,6	49,4	90,9	18,1
B 2	64,9	8,0	1,0	34,9	4,2	51,9	92,0	18,3
G 1	55,3	9,1	1,4	35,2	3,5	50,8	90,9	18,2
G 2	68,0	7,4	1,1	35,4	4,1	52,0	92,6	18,6
Mittelwert	58,5	8,3	1,1	35,6	4,7	50,4	91,7	18,3
STABW	8,7	0,7	0,2	0,8	1,1	1,4	0,7	0,2



Tab. E : Gehalte an Gerüstsubstanzen in % TS der Grasproben der Freiland-Studie mit Mittelwert und Standardabweichung (STABW)

Inhaltstoffe in % TS	NDF	ADF	Cellulose	Hemicellulose	ADL
A 1	74,7	42,0	35,7	32,7	6,3
A 2	75,4	44,5	37,9	30,8	6,6
B 1	73,5	41,7	35,5	31,9	6,2
B 2	75,1	43,4	35,9	31,8	7,5
G 1	73,3	41,3	34,6	32,0	6,7
G 2	75,7	42,6	35,2	33,0	7,5
Mittelwert	74,6	42,6	35,8	32,0	6,8
STABW	1,0	1,2	1,1	0,8	0,6

Tab. F : Mineralstoffgehalte in der Trockensubstanz der Grasproben der Freiland-Studie mit Mittelwert und Standardabweichung (STABW)

Probe	Ca (g/kg)	P (g/kg)	Ca : P Verhältnis	Na (g/kg)	Cl (g/kg)	K (g/kg)	Mg (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
A 1	2,33	1,08	2,15	0,32	3,94	10,84	1086,4	5,69	155,7	24,61
A 2	2,68	0,97	2,77	0,25	1,51	7,04	542,3	3,53	213,1	17,53
B 1	2,22	1,15	1,93	0,22	2,97	9,87	1071,1	4,11	208,5	35,34
B 2	1,92	0,97	1,98	0,28	4,28	7,07	565,8	3,53	219,8	27,38
G 1	3,70	1,03	3,60	0,21	3,40	8,79	747,8	4,07	172,4	15,96
G 2	1,79	1,00	1,79	0,35	4,90	7,42	947,2	3,66	91,0	16,26
Mittelwert	2,44	1,03	2,36	0,27	3,50	8,50	826,8	4,10	176,7	22,85
STABW	0,69	0,07	-	0,06	1,19	1,60	243,7	0,82	49,0	7,73

Tab. G : Trockensubstanz-, Energie- und Rohrnährstoffgehalte der Kotproben der Freiland-Studie mit Mittelwert und Standardabweichung (STABW)

Inhaltstoffe	TS (%uS)	Ra (%TS)	Rfe (%TS)	Rfa (%TS)	Rp (%TS)	NfE (%TS)	oS (%TS)	GE (MJ/kg TS)
A 1	24,1	18,5	2,1	31,2	4,3	43,8	81,5	17,7
A 2	24,6	15,1	2,1	32,3	5,7	44,8	84,9	17,9
B 1	23,1	19,1	1,9	30,7	5,0	43,4	80,9	17,2
B 2	23,5	17,2	1,6	32,2	3,9	45,1	82,8	17,5
G 1	22,3	19,2	1,8	33,0	5,9	40,0	80,8	17,1
G 2	26,2	24,1	1,8	29,0	5,3	39,7	75,9	16,0
Mittelwert	24,0	18,9	1,9	31,4	5,0	42,8	81,1	17,3
STABW	1,4	3,0	0,2	1,5	0,8	2,3	3,0	0,7



Tab. H : Gehalte an Gerüstsubstanzen in % TS der Kotproben der Freiland-Studie mit Mittelwert und Standardabweichung (STABW)

Inhaltstoffe in % TS	NDF	ADF	Cellulose	Hemicellulose	ADL
A 1	66,4	41,0	27,2	25,4	13,8
A 2	70,4	40,9	28,2	29,5	12,7
B 1	66,1	41,1	28,4	25,1	12,7
B 2	67,2	43,4	29,6	23,8	13,9
G 1	66,8	42,6	29,2	24,2	13,4
G 2	61,2	36,8	24,4	24,4	12,4
Mittelwert	66,4	41,0	27,8	25,4	13,1
STABW	2,9	2,3	1,9	2,1	0,6

Tab. I : Scheinbare Verdaulichkeiten (%) der Rohrnährstoffe aus den Grasproben der Freiland-Studie mit Mittelwert und Standardabweichung (STABW)

Probe	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE
A 1	54,1	60,0	69,4	58,4	59,3	55,5
A 2	47,9	54,5	27,1	53,2	52,0	49,3
B 1	51,2	57,2	56,4	57,1	56,5	53,5
B 2	46,0	50,0	50,7	53,1	51,4	48,3
G 1	50,0	53,1	16,9	60,6	55,6	53,0
G 2	39,4	50,4	21,1	53,7	50,4	47,7
Mittelwert	48,1	54,2	40,3	56,0	54,2	51,2
STABW	5,1	3,9	21,5	3,2	3,5	3,2

Tab. J : Scheinbare Verdaulichkeiten (%) der Gerüstsubstanzen aus den Grasproben der Freiland-Studie mit Mittelwert und Standardabweichung (STABW)

Probe	NDF	ADF	C	HC
A 1	59,2	55,2	65,0	64,3
A 2	51,3	52,2	61,3	50,1
B 1	56,0	51,8	60,9	61,6
B 2	51,7	45,9	55,5	59,6
G 1	54,4	48,5	57,8	62,1
G 2	51,0	47,7	57,9	55,2
Mittelwert	53,9	50,2	59,7	58,8
STABW	3,3	3,4	3,4	5,3



Tab. K : mittlere Nährstoffgehalte in den Kotproben (n= 3) der Zoo-Studie

Versuch	TS (%uS)	Ra (%TS)	Rfe (%TS)	Rfa (%TS)	Rp (%TS)	NfE (%TS)	oS (%TS)	GE (MJ/kg TS)
Z I	18,71	20,58	2,92	31,00	7,14	38,36	79,42	17,17
Z II	19,41	20,67	3,49	29,66	6,75	39,43	79,33	17,33
Z III	15,64	13,63	3,70	30,97	11,21	40,49	86,37	19,23
Z IV	15,96	15,13	3,33	29,49	10,24	41,82	84,87	18,69

Tab. L : Mittlere Gehalte an Gerüstsubstanzen in % TS in den Kotproben (n= 3) der Zoo-Studie

Versuch	NDF	ADF	C	HC	ADL
Z I	64,19	42,22	30,73	21,97	11,50
Z II	62,67	38,70	27,05	23,97	11,65
Z III	65,60	43,24	30,27	22,36	12,96
Z IV	63,82	41,39	29,35	22,77	10,95

Tab. M : Fokusprotokolle Versuche I und III, Angabe der Verhaltensweisen in Prozent, Abkürzungen siehe Verhaltenskatalog Tab. N

Name	Versuch	fr	fl	kä	la	li	st	su	tr
Kiwu	I	3,9	0,2	0,0	14,2	26,5	54,5	0,5	0,3
	III	23,9	2,0	4,4	15,7	5,0	47,3	0,0	1,7
Kenia	I	7,5	2,3	0,0	3,9	65,0	21,4	0,0	0,0
	III	0,3	2,2	2,3	3,4	63,5	28,4	0,0	0,0
Natala	I	13,6	2,8	2,5	10,6	39,1	30,8	0,0	0,7
	III	2,6	6,7	2,9	4,4	33,3	48,9	0,4	0,8
Numbi	I	6,8	24,0	0,4	5,9	33,6	25,3	3,6	0,4
	III	14,9	4,1	3,2	10,5	26,7	36,4	2,8	1,5
Temba	I	13,2	29,4	4,9	6,2	26,5	17,9	2,0	0,0
	III	21,2	8,1	7,2	10,7	25,0	23,0	0,0	4,9



Tab. N : Verhaltenskatalog mit Angabe der verwendeten Abkürzungen in Klammern

Ausgewertete Verhaltensweisen	Beschreibung
Liegen (li)	Der Körper befindet sich in Ruhe und der Rumpf hat Bodenkontakt. - Der Kopf liegt am Boden - Oder der Kopf ist aufgehoben
Laufen (la)	Jegliche Fortbewegungsart, ausgenommen der unter „Fressen im Laufen“
Fressen im Laufen (fl)	Langsame Fortbewegung mit Fressen von im Gehege wachsendem Gras und von Bäumen gefallenem Laub
Fressen (fr)	Aufnahme der angebotenen Futtermittel an der Futterstelle
Stehen (st)	Die Beine sind gestreckt und alle Fußsohlen halten Bodenkontakt. - Keine weiteren Bewegungen - Oder Reiben des Horns oder Körpers an Gegenständen
Suhlen (su)	Das Tier befindet sich mit mindestens einer Gliedmaße in einer Suhle ²
Trinken (tr)	Das Tier hält seine Schnauze in eine Wasserstelle
Kämpfen (kä)	Agonistisches Verhalten zwischen zwei oder mehreren Tieren mit Körperkontakt, wie Hornfechten, Hornstoßen oder Verdrängen

Tab. O : scheinbare Verdaulichkeiten (%) in der Zoo-Studie Versuch I (Gras)

Tiergruppe	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE	NDF	ADF	C	HC
1 (Ki)	40,3	40,8	43,0	54,1	47,8	44,2	43,0	32,8	40,1	56,2
2 (Na+Ke)	43,2	39,6	44,8	54,2	47,4	43,6	42,2	32,4	39,6	54,8
3 (Nu+Te)	40,4	40,7	43,9	52,9	46,7	42,8	42,3	33,4	40,9	53,7

Tab. P : scheinbare Verdaulichkeiten (%) in der Zoo-Studie Versuch II (Gras+MF)

Tiergruppe	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE	NDF	ADF	C	HC
1 (Ki)	43,2	41,5	47,2	54,5	48,3	44,5	43,1	37,5	45,7	50,3
2 (Na+Ke)	50,7	51,0	53,7	60,1	55,2	51,1	50,6	45,6	55,6	57,0
3 (Nu+Te)	41,9	41,3	52,4	52,5	47,6	43,1	42,3	36,9	45,0	49,2



Tab. Q : scheinbare Verdaulichkeiten (%) in der Zoo-Studie Versuch III (Heu)

Tiergruppe	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE	NDF	ADF	C	HC
1 (Ki)	54,8	53,0	61,7	62,7	58,6	54,8	55,9	42,9	51,4	69,5
2 (Na+Ke)	59,1	55,9	63,5	64,7	60,4	56,0	58,8	46,0	55,2	72,0
3 (Nu+Te)	57,4	53,4	65,4	62,5	58,8	54,7	56,5	44,5	53,4	68,9

Tab. R : scheinbare Verdaulichkeiten (%) in der Zoo-Studie Versuch IV (Heu+MG)

Tiergruppe	TS	Rfa	Rp	NfE	oS	GE	NDF	ADF	C	HC
1 (Ki)	52,2	48,1	63,7	59,6	55,9	53,5	51,5	42,3	50,2	61,7
2 (Na+Ke)	55,9	51,2	65,0	60,9	57,5	53,7	53,0	46,1	54,8	60,5
3 (Nu+Te)	53,5	49,4	68,1	57,9	55,7	52,0	51,6	44,8	53,2	59,0



9. DANKSAGUNG

Ich bedanke mich herzlich bei Frau Prof. Dr. Ellen Kienzie für die Übernahme des Themas und die stets hocheffektive und freundliche Betreuung während des Entstehens dieser Arbeit.

In gleichem Maße möchte ich mich bei Herrn PD Dr. Udo Ganslößer bedanken für die Überlassung des Themas und die unkomplizierte, konstruktive und sehr freundliche Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Sehr herzlich bedanke ich mich bei Dr. Brigitta Wichert, die mir für die Fertigstellung dieser Arbeit stets kompetent und liebenswürdig zur Seite stand.

Besonderer Dank gebührt Petra Kretzschmar und den beiden Führerlesern William und Elias für die fachmännische Unterstützung in der Freiland-Studie in Südafrika.

Beim DAAD möchte ich mich für die finanzielle Unterstützung für den Aufenthalt in Südafrika bedanken.

Besten Dank an Herrn Direktor Dr. Neuschulz, der die Zoo-Studie im Thüringer Zoopark Erfurt ermöglichte. Herzlichsten Dank an Herrn Melcher, der sich engagiert um die Beschaffung der geeigneten Futtermittel kümmerte. Ebenfalls bedanke ich mich sehr herzlich bei dem Revierleiter Herrn Toll und seinem Team, dass mit großem Engagement, immer zuverlässig und stets freundlich das Zustandekommen der Zoo-Studie erst ermöglichte.

Bei Mazuri Food möchte ich mich für die kostenlose Bereitstellung der Pachyderm supplementary diet pellets bedanken.

Bei Zebra-Foundation möchte ich mich für die finanzielle Unterstützung bedanken.



Bei Frau Stadler bedanke ich mich für die Unterstützung und kompetente Anleitung bei den zahlreichen Laboranalysen, wie auch für das Mischen und Pelletieren des Mischfutters, an dem auch Uli Gindhart tatkräftig beteiligt war. Außerdem sorgten sie, Gabi, Nadja, Walther und Adrian immer für eine Atmosphäre in der das Arbeiten Spaß machte.

Vielen Dank auch an Dr. Marcus Clauss für den regen Literaturaustausch, die Diskussionsbereitschaft und das Korrekturlesen meiner Arbeit.

Ebenso danke ich Dr. Wolfgang Löhlein, der mir gerade in der Anfangsphase immer ein kompetenter und netter Ansprechpartner war.

Ein Dankeschön an Frau Dr. Wisser vom IZW für die Daten über das Nashornbaby.

Allen Mitdoktoranden, Assistenten und sonstigen Mitarbeitern danke ich für die Unterstützung und die gute Atmosphäre an der Uni.

Ganz besonderen Dank an Dominik, der mir die letzten zwei Wochen vor Abgabetermin unermüdlich zur Seite stand.

Ein herzliches Dankeschön auch an meine Oma, die mich während des Studiums immer moralisch unterstützte.

Von ganzem Herzen bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mir das Studium und die Promotion ermöglichten und mich immer liebe- und verständnisvoll unterstützten.



10. LEBENS LAUF

Name		Britta Regina Kiefer
Geburtsdatum		10.03.1972
Geburtsort		Nürnberg
Schulbildung	1978 – 1982	Grundschule in Fürth
	1982 – 1992	Gymnasium in Fürth, Allg. Hochschulreife
Studium	1992 – 1998	Studium der Tiermedizin an der Tiermedizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
	07.10.1998	Approbation als Tierärztin
Doktorarbeit	Nov. 1998	Beginn der Dissertation am Lehrstuhl für Tierernährung der LMU München, mehrmonatiger Forschungsaufenthalt auf einer Wildtierfarm in Südafrika
Praktika	1995 – 1998	Tiermedizinische Fakultät der Universität in Breslau/Polen, Kleintierpraxis Cadolzburg, Tiersafaripark Puebla/Mexiko, Schlachthof München, Tiergarten Nürnberg, Institut für Zoologie, Fischereibiologie und Fischkrankheiten der LMU München, Institut für Geflügelkrankheiten Oberschleißheim
Berufstätigkeit	seit 1999	Leitung von Themenführungen im Tierpark München-Hellabrunn
	seit Feb. 2002	wiss. Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Tierernährung der LMU München