

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik
Arbeit angefertigt unter der Leitung von
Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

**Untersuchungen zu Fütterung und Verdauungsphysiologie an
Flachland- und Schabrackentapiren (*Tapirus terrestris*
und Tapirus indicus)**

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

von
Stefanie Barbara Lang-Deuerling
aus Neustadt a. d. Waldnaab

München 2008

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichtersatter: Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Dr. Joris Peters

Tag der Promotion: 18. Juli 2008

Meiner Familie

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	4
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	6
TABELLENVERZEICHNIS	8
1 EINLEITUNG	11
2 SCHRIFTTUM	12
2.1 Begriffsbestimmungen	12
2.2 Zur Biologie von Flachland- und Schabrackentapir	15
2.2.1 Allgemeine Angaben	15
2.2.2 Taxonomische Einordnung	16
2.2.3 Der Verdauungstrakt des Tapirs	18
2.2.3.1 Anatomie	18
2.2.3.2 Physiologie	24
2.2.3.3 Verdaulichkeit und Darmpassage bei Tapiren	24
2.2.3.4 Nahrungsaufnahme und Kotabsatz	28
2.3 Tapire in Menschenobhut	33
2.3.1 Fütterung	33
2.3.2 Kotkonsistenz und Urin	40
2.3.3 Fütterungsbedingte Gesundheitsprobleme	41
2.3.3.1 Erkrankungen des Verdauungstrakts	41
2.3.3.2 Erkrankungen des Respirationstraktes	44
2.3.3.3 Krankheiten von Haut und Hufen	44
2.3.3.4 Stoffwechselkrankheiten.....	46
3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN	48
3.1 Material und Methoden	48
3.1.1 Studienziel	48
3.1.2 Versuchsplan	48
3.1.3 Tiere	49
3.1.4 Versuchsfutter	51
3.1.5 Versuchsdurchführung und Probengewinnung	53
3.1.5.1 Haltung der Tiere.....	53
3.1.5.2 Kotproben.....	55
3.1.5.3 Darmpassagezeit.....	55
3.1.5.4 Scheinbare Verdaulichkeit.....	56
3.1.5.5 Kot-pH	56
3.1.5.6 Wasseraufnahme	56
3.1.5.7 Urinproben.....	57
3.1.6 Kot, Mageninhalt und Futterproben frei lebender Tapire	57
3.1.7 Probenvorbereitung	57

3.1.8	Prüfparameter	58
3.1.8.1	Futter	58
3.1.8.2	Kot.....	59
3.1.8.3	Urin.....	59
3.1.9	Analysemethoden	59
3.1.9.1	Futter und Kot.....	59
3.1.9.1.1	Rohnährstoffe	59
3.1.9.1.2	Gerüstsubstanzen	61
3.1.9.1.3	Bruttoenergie.....	62
3.1.9.1.4	Mineralstoffe	62
3.1.9.1.5	pH-Wert.....	63
3.1.9.1.6	Marker	64
3.1.9.2	Urin.....	64
3.1.10	Berechnungsmethoden	64
3.1.10.1	Rationsberechnung	64
3.1.10.2	Scheinbare Verdaulichkeit.....	65
3.1.10.3	Passageparameter	65
3.1.11	Statistische Methoden	65
3.2	Ergebnisse.....	66
3.2.1	Gesundheitszustand	66
3.2.2	Ernährungszustand	66
3.2.3	Futterakzeptanz und –aufnahme	68
3.2.4	Rationszusammensetzung	70
3.2.5	Kot	76
3.2.6	Scheinbare Verdaulichkeit	81
3.2.7	pH-Wert im Kot	85
3.2.8	Darmpassagezeit	86
3.2.9	Wasserhaushalt	87
3.2.10	Urin	88
4	DISKUSSION	89
4.1	Kritik der Methoden	89
4.1.1	Marker ADL und AIA	89
4.1.2	Bestimmung der Verdaulichkeit	90
4.1.3	Überlegungen zur Adaptationszeit	91
4.1.4	Bestimmung der Energiegehalte im Kot	91
4.2	Besprechung der Ergebnisse	94
4.2.1	Ingestapassage	94
4.2.2	Verdaulichkeit	96
4.2.2.1	Vergleich der Messungen bei Tapiren	96
4.2.2.2	Vergleich zu Pferden	100
4.2.2.3	Große Dickdarmfermentierer im Vergleich	102
4.2.3	Endogene Verluste	104
4.2.4	Bewertung der Energieaufnahme	105
4.2.5	Wasserhaushalt	108
4.2.6	Mineralhaushalt	109
4.2.6.1	Mineralstoffgehalte in der Ration.....	109
4.2.6.2	Verdaulichkeiten für Mineralstoffe	112

5	ZUSAMMENFASSUNG.....	118
6	SUMMARY	121
7	LITERATURVERZEICHNIS.....	123
8	TABELLENANHANG	150
9	DANKSAGUNG.....	170

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADF	acid detergent fiber (saure Detergentienfaser)
ADL	acid detergent lignin (Rohlignin)
AIA	acid insoluble ash (säureunlösliche Asche)
BM	body mass
bzw.	beziehungsweise
C	Zellulose
Ca	Kalzium
CITES	The Washington Convention on International Trade in Endangered Species of Wild and Flora
CF	crude fibre
Co	Kobalt
CP	crude protein
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
d	Tag
DE	digestible energy (verdauliche Energie)
DEA	Aufnahme an verdaulicher Energie
DM	dry matter
Fe	Eisen
G	Grundfuttermischung
GE	gross energy (Bruttoenergie)
HC	Hemizellulose
HCl	Salzsäure
IUCN	International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources
K	Kalium
KG	Krautfutter- und Grundfuttermischung
KM	Körpermasse
m	männlich
Mg	Magnesium
MKM	metabolische Körpermasse ($KM^{0,75}$)
MRT	mean retention time (mittlere Retentionszeit)

n	Anzahl der Tiere
Na	Natrium
NDF	neutral detergent fiber (neutrale Detergentienfaser)
NfE	nitrogen free extracts (stickstofffreie Extraktstoffe)
OM	organic matter
oS	organische Substanz
P	Phosphor
Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
R-KH	Rest-Kohlehydrate
Rp	Rohprotein
sV	scheinbare Verdaulichkeit
Tab.	Tabelle
TS	Trockensubstanz
TSA	Gesamt-Trockensubstanz-Aufnahme
uS	ursprüngliche Substanz
v	verdauliche(r/s)
vgl.	vergleiche
w	weiblich
wV	wahre Verdaulichkeit
Zn	Zink

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Systematische Stellung der Tapire im Tierreich (zusammengestellt mit Informationen aus HERSHKOVITZ 1954, GRZIMEK 1967-1972, THENIUS 1979 und STARCK 1995) 17
- Abb. 2: Schädel eines Flachlandtapirs (*T. terrestris*) (aus HOME 1821) 19
- Abb. 3: Schädel eines Schabrackentapirs (*T. indicus*) (aus HOME 1821) 19
- Abb. 4: Gastrointestinaltrakt eines Tapirs (aus HOME 1814) 21
- Abb. 5: Gastrointestinaltrakt eines Tapirs (aus MITCHELL 1903-1906) 22
- Abb. 6: Zeitlicher Ablauf der Fütterungsversuche (Pfeilspitzen symbolisieren den Tag der Markerfütterung) 49
- Abb. 7: Aufnahme und fäkale Ausscheidung von AIA [% TS] 90
- Abb. 8: Verlauf der Futteraufnahme von Nemo während der Sammelphase des Versuchs mit reiner Raufutter-Fütterung 91
- Abb. 9: Verlauf der Futteraufnahme von Cora während der Sammelphase des Versuchs mit reiner Raufutter-Fütterung 91
- Abb. 10: Vergleich der experimentell bestimmten GE [kJ/100g TS] im Kot mit der mittels zweier verschiedener Schätzformeln berechneten GE [kJ/100g TS] im Kot 93
- Abb. 11: Vergleich von Trockensubstanz-Aufnahme (TSA) und mittlerer Retentionszeit (MRT) der Partikel bei den Tapiren dieser Studie und bei Angaben zu Pferden von WOLTER et al. (1976), ORTON et al. (1985a, b), PAGAN et al. (1998), PEARSON et al. (2001, 2006) 95
- Abb. 12: Vergleich der Aufnahme von organischer Substanz (oS) und mittlerer Retentionszeit (MRT) der Partikel bei Tapiren und Wildequiden von FOOSE (1982) 95
- Abb. 13: Zusammenhang von Gehalt an neutraler Detergentienfaser (NDF) der Ration und scheinbarer Verdaulichkeit (sV) der organischen Substanz (oS) bei den Tapiren der vorliegenden Studie und von FOOSE (1982) 96
- Abb. 14: Zusammenhang des Anteils unstrukturierten Futters an der Gesamt-TS-Aufnahme (TSA) und der scheinbaren Verdaulichkeit (sV) der organischen Substanz (oS) bei den Tapiren dieser Studie 97
- Abb. 15: Zusammenhang des Anteils unstrukturierten Futters an der Gesamt-TS-Aufnahme (TSA) und der scheinbaren Verdaulichkeit (sV) der NDF-Fraktion bei den Tapiren dieser Studie 97

- Abb. 16: Zusammenhang des Lignifizierungsgrades der Faserfraktion (ADL in % NDF) der Futterrationen und der scheinbaren Verdaulichkeit (sV) von NDF bei den Tapiren dieser Studie und von FOOSE (1982) 98
- Abb. 17: Zusammenhang zwischen dem Anteil an R-KH aus dem Grasheu und dem pH-Wert im Kot 100
- Abb. 18: Zusammenhang des Gehalts an Rohfaser (Rfa) in der Futtration und der scheinbaren Verdaulichkeit (sV) der organischen Substanz (oS) bei den Tapiren dieser Studie; die beiden Ausreißer Nemo und Cora (weiße Kreise) liegen im Trend der verlängerten, anhand der übrigen Tiere berechneten Regressionsgleichung; im Vergleich der Zusammenhang bei Pferden (gestrichelte Linie) nach KAMPHUES et al. (2004) 101
- Abb. 19: Vergleich des experimentell bestimmten Gehalts an verdaulicher Energie (DE) und des mittels der von ZEYNER & KIENZLE (2002) ermittelten Formel zur Berechnung des DE-Gehalts von Pferde-Rationen anhand der Rohnährstoffgehalte berechneten DE-Gehalts der Rationen bei den Tapiren dieser Studie; graue Kreise symbolisieren Rationen mit einem Rfa-Anteil > 35 % TS, weiße Kreise Rationen mit einem Kot-pH-Wert < 6 und schwarze Kreise alle übrigen Rationen 102
- Abb. 20: Zusammenhang von Gehalt an neutraler Detergentienfaser (NDF) der Ration und scheinbarer Verdaulichkeit (sV) der organischen Substanz (oS) bei Tapiren (vorliegende Studie ohne Nemo und Cora und FOOSE (1982), graue Kreise) und grasäsenden (weiße Kreise) und laubäsenden (schwarze Kreise) Nashörnern (CLAUSS et al. 2006) 103
- Abb. 21: Aufnahme an verdaulicher Energie (DE) bei den in dieser Studie untersuchten Tapiren im Vergleich zum Erhaltungsbedarf für Pferde (MEYER & COENEN 2002, gestrichelte Linie); reine Heurationen sind dunkel markiert 106
- Abb. 22: Flachlandtapir vor den Resten seiner täglichen Futtration 107
- Abb. 23: Trockensubstanz-Aufnahme (TSA) in Abhängigkeit von der Energiedichte der Ration (DE) 108
- Abb. 24: Aufnahme an verdaulicher Energie (DEA) in Abhängigkeit von der Energiedichte der Ration (DE) 108
- Abb. 25: Zusammenhang zwischen der Ca-Aufnahme [% TS] und dem Ca:Kreatinin-Verhältnis im Urin von Tapiren 113
- Abb. 26: Abhängigkeit der scheinbaren Verdaulichkeit von Ca und P [%] vom Ca:P-Verhältnis bei Tapiren 114
- Abb. 27: Zusammenhang zwischen dem Gehalt von Ca, P, Mg, Na, K und Fe [g/100g TS] sowie Cu und Zn [mg/100g TS] und dem jeweiligen Gehalt an verdaulichem Mineralstoff [g bzw. mg/100g TS] (Regressionsgleichungen siehe Tabelle 42) 115

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Maße des Verdauungstraktes beim Schabracken- und Flachlandtapir	23
Tab. 2:	Verdaulichkeit für Grasheu bei verschiedenen Unpaarhufern (nach FOOSE 1982)	26
Tab. 3:	Verdaulichkeit für Luzerneheu bei verschiedenen Unpaarhufern (nach FOOSE 1982)	27
Tab. 4:	Literaturangaben über die Nahrungszusammensetzung frei lebender Tapire	30
Tab. 5:	Gehalte an Mengen- und Spurenelementen in den Futterpflanzen von <i>Tapirus terrestris</i> und Erhaltungsbedarf an Mengen- und Spurenelementen beim Hauspferd (nach MONTENEGRO 2004)	32
Tab. 6:	Futtermittel für adulte Tapire: Rationsbestandteile verschiedener Zoos (nach WILSON & WILSON 1973)	34
Tab. 7:	Vorschläge für Tapirstandarddiäten	36
Tab. 8:	Versuchstiere	50
Tab. 9:	Rationszusammensetzungen in Haltung B	52
Tab. 10:	Rationszusammensetzungen in den Haltungen C und E	52
Tab. 11:	Rationszusammensetzungen in den Haltungen A und D	53
Tab. 12:	Geschätztes Körpergewicht und BCS jedes Tieres für alle Versuchsdurchgänge	67
Tab. 13:	Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg], [% KM] und [g/kg MKM]	69
Tab. 14:	TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme]	71
Tab. 15:	Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS]	72
Tab. 16:	Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS], und AIA [% TS]	73
Tab. 17:	Gehalt an Mengenelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS]	74
Tab. 18:	Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Proben aus dem Freiland	75
Tab. 19:	Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Proben aus dem Freiland	75

Tab. 20:	Gehalt an Mengenelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Proben aus dem Freiland	75
Tab. 21:	TS des Kotes pro Tag [% uS], TS des Kotes pro Tag [kg] und Kotwasser pro Tag [kg]	76
Tab. 22:	Kotkonsistenz jedes Tieres für alle Versuchsdurchgänge	77
Tab. 23:	Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS]	78
Tab. 24:	Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] im Kot	79
Tab. 25:	Gehalt an Mengenelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] im Kot	80
Tab. 26:	Scheinbare Verdaulichkeit [%] der TS, der oS, der Rohnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA und der GE	82
Tab. 27:	Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und scheinbare Verdaulichkeit [%] der Mengenelemente	83
Tab. 28:	Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und scheinbare Verdaulichkeit [%] der Spurenelemente	84
Tab. 29:	pH-Werte im Kot	85
Tab. 30:	Passagerate (MRT) für Kobalt (Co) und Chrom (Cr)	86
Tab. 31:	Tägliche Wasseraufnahme und –ausscheidung	87
Tab. 32:	Gehalte an Kreatinin (Krea) [mmol/l Urin] sowie an Kalzium (Ca), Kalium (K), Natrium (Na) und Phosphor (P) [g/kg uS Urin] und Ca:Krea-Verhältnis im Urin	88
Tab. 33:	Unterschätzung der Kot-Bruttoenergie bei Verwendung der Schätzformel von FEHRLE (1999) gegenüber den durch Bombenkalorimetrie ermittelten Werten	92
Tab. 34:	Zusammenhang zwischen dem Rfa-Gehalt in der Ration [% TS] und der sV [%] der oS bzw. der TS bei Pferd, Elefant, Panzernashorn, Spitzmaulnashorn und Tapir (m = Steigung, t = Schnittpunkt der y-Achse, R^2 = Korrelation, n = Tierzahl)	104
Tab. 35:	Vergleich der errechneten endogenen Verluste an Stickstoff (N) und Rfe [g/100g TS-Aufnahme] von Pferd, Panzernashorn, Spitzmaulnashorn und Tapir	105
Tab. 36:	Vergleich des Wasserhaushalts von Pferd, Panzernashorn, Spitzmaulnashorn und Tapir, Wasseraufnahme pro Tag [ml/kg KM], fäkale Wasserverluste pro Tag [ml/kg KM] und renale Ausscheidung + insensible Verluste – metabolisches Wasser pro Tag [ml/kg KM]	109

-
- Tab. 37 Vergleich der von den Tapiren aufgenommenen Menge an Mengenelementen mit den Bedarfszahlen für Pferde [mg/kg KM] 109
- Tab. 38: Vergleich der von den Tapiren aufgenommenen Menge an Mengenelementen mit den Rationsempfehlungen für Zoo-Herbivoren [% TS] 110
- Tab. 39: Vergleich der von den Tapiren aufgenommenen Menge an Spurenelementen mit den Bedarfszahlen für Pferde und den Rationsempfehlungen für Zoo-Herbivoren [mg/kg TS] 111
- Tab. 40: Anzahl der Tiere dieser Studie, bei denen die Bedarfszahlen für Pferde (NRC 1989, PAGAN 1998, MEYER & COENEN 2002) beziehungsweise die Empfehlungen für Tapire (LINTZENICH & WARD 1997) unterschritten werden 111
- Tab. 41: Vergleich der scheinbaren Verdaulichkeit von Ca und P [%] bei Pferd, Elefant, Panzernashorn, Spitzmaulnashorn und Tapir 112
- Tab. 42: Mineralstoffkonzentrationen im Futter [g bzw. mg/kg TS] und scheinbare Verdaulichkeit der Mineralstoffe [%] bei Pferden* und den Tapiren dieser Studie (Angaben als Mittelwerte \pm Standardabweichung sowie Minimum und Maximum) 116
- Tab. 43: Scheinbare Verdaulichkeit [%] der Trockensubstanz (TS), der organischen Substanz (oS), des Rohproteins (Rp), der Rohfaser (Rfa), des Kalziums (Ca) und des Phosphors (P) für die Rationen KG (Rfa-Aufnahme über und unter 10 % TS) und G (Grasheu und Luzerneheu), angegeben als Mittelwerte \pm Standardabweichung 119
- Tab. 44: Apparent digestibility [%] of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), crude fibre (CF), calcium (Ca) and phosphorus (P) for rations KG (CF intake above and below 10 % DM) and G (grass hay and lucerne hay); (means \pm standard deviation) 122

1 Einleitung

Tapire zählen zu den lebenden Fossilien (JANIS 1984). Die vier heute lebenden Arten Flachlandtapir (*Tapirus terrestris*), Bergtapir (*Tapirus pinchaque*), Baird's Tapir (*Tapirus bairdii*) und Schabrackentapir (*Tapirus indicus*) gleichen ihren bereits im Tertiär große Teile der Erde bevölkernden Vorfahren weitgehend. Alle rezenten Tapirarten stehen auf der Roten Liste der IUCN (International Union for the Conservation of Nature) (2006). Die Convention on International Trade in Endangered Species (CITES 2007) listet drei der vier Tapirarten im Anhang I, der internationalen Handel mit den Tieren und ihren Produkten untersagt; lediglich für *T. terrestris* ist streng kontrollierter Handel erlaubt (Anhang II). Problematisch ist nach BROOKS et al. (1997) die in vielen Ländern fehlende gesetzliche Umsetzung dieser Richtlinien. Gründe für die zunehmende Bedrohung des Überlebens aller Arten sind neben der Bejagung zur Fleisch- und Ledergewinnung (FRÄDRICH 1968, PETZSCH & PIECHOCKI 2000) in erster Linie die Zerstörung der Lebensräume durch Waldvernichtung und Landwirtschaft (FRÄDRICH 1968) sowie die Fragmentierung verbleibender Habitats.

Aus all diesen Gründen findet man Tapire, besonders die relativ problemlos in Gefangenschaft zu haltenden Flachlandtapire und die ungewöhnlich gefärbten Schabrackentapire, häufig als Pfleglinge Zoologischer Gärten. Da es sich bei ihnen um Tiere handelt, deren Hauptnahrung in freier Natur aus Blättern, frischen Trieben und Zweigen besteht (FRÄDRICH 1968), stellt ihre artgerechte Ernährung eine echte Herausforderung bei der Zoonhaltung dar.

Einerseits gleichen Tapire in ihrer Verdauungsanatomie dem Pferd (KUEHN 1986), und das Pferd wird als Modelltier für die Rationsgestaltung von Tapiren empfohlen (OFTEDAL et al. 1996). Andererseits zeigt die Erfahrung, dass gerade Tapire in Zoos selten die Raufutter-reichen Rationen erhalten, die anderen Pflanzenfressern angeboten werden. In dieser Arbeit sollen verdauungsphysiologische Parameter von Flachland- und Schabrackentapir ermittelt werden, um einen Vergleich mit anderen Pflanzenfressern, insbesondere mit ihren nächsten Verwandten, Nashorn und Pferd, zu ermöglichen. Des Weiteren soll die Eignung der in den Tiergärten bei der Tapirfütterung eingesetzten Rationen beurteilt werden.

2 Schrifttum

2.1 Begriffsbestimmungen

Wegen des fächerübergreifenden Charakters der vorliegenden Arbeit und der in der Literatur häufig unterschiedlich verwendeten Fachbegriffe werden hier zur Vermeidung von Missverständnissen zunächst einige grundlegende Begriffe definiert.

ursprüngliche Substanz (uS)

Das unbehandelte Futtermittel, also in dem Zustand, in dem es an das Tier verfüttert wird; der Begriff grenzt eine Gewichtsangabe gegen den Begriff „Trockensubstanz“ ab. Angaben zur praktischen Fütterung (z. B. Futteranweisungen an Zoopersonal) werden in der Regel in uS gemacht.

Trockensubstanz (TS)

Darunter versteht man alle bei 103 °C nicht flüchtigen Anteile des Futters, was im Wesentlichen allen wasserfreien Bestandteilen entspricht (KAMPHUES et al. 1999). Um Futtermittel mit oft extrem unterschiedlichen Wasseranteilen (z. B. Heu und Äpfel) bezüglich ihrer Nährstoffgehalte miteinander vergleichen zu können, bezieht man diese auf die TS.

Rohasche (Ra)

Sie umfasst Mineralstoffe (Mengen- und Spurenelemente) und anorganische Substanzen (wie Silikate) (KAMPHUES et al. 1999).

säureunlösliche Asche (HCl-unlösliche Asche, acid insoluble ash, AIA)

Durch Zugabe von Salzsäure zur Ra und anschließende Filtration und Trocknung des Rückstands wird die säureunlösliche Asche bestimmt. In der Säure lösen sich die Mineralien, der Filtrerrückstand enthält z. B. Silikate (KAMPHUES et al. 1999).

Reinasche

Zieht man von der Rohasche den Anteil der säureunlöslichen Asche ab, erhält man die Reinasche (KAMPHUES et al. 1999).

Rohfett (Rfe)

Dabei handelt es sich um in Petroläther lösliche Stoffe; diese heterogene Gruppe beinhaltet neben den eigentlichen Fetten auch Lipide sowie andere ätherlösliche Stoffe (KAMPHUES et al. 1999).

Rohprotein (Rp)

Rohprotein beinhaltet außer Proteinen auch stickstoffhaltige Verbindungen nichteiweißartiger Natur, beispielsweise freie Aminosäuren (KAMPHUES et al. 1999).

Rohfaser (Rfa)

Unter Rohfaser versteht man die in schwachen Säuren und Laugen unlöslichen Anteile von Zellulose (C), Hemizellulosen (HC), Pektinen, Lignin und weiteren Zellwandstoffen (KAMPHUES et al. 1999).

Rohlignin (acid detergent lignin, ADL)

Diese Fraktion besteht ausschließlich aus Lignin (VAN SOEST 1967).

saure Detergentienfaser (acid detergent fiber, ADF)

Sie setzt sich aus Zellulose und Lignin zusammen (VAN SOEST 1967).

neutrale Detergentienfaser (neutral detergent fiber, NDF)

NDF enthält die Summe der Gerüstsubstanzen, also Zellulose, Hemizellulosen und Rohlignin (ADL) (VAN SOEST 1967).

stickstofffreie Extraktstoffe (N-freie Extraktstoffe, nitrogen free extracts, NfE)

Hierbei handelt es sich um eine rechnerisch durch Subtraktion von Ra, Rfe, Rfa und Rp von der TS bestimmte Stoffgruppe. Sie setzt sich aus α -glukosidisch gebundenen Polysacchariden (Stärke, Glykogen), löslichen Zuckern (Glukose, Fruktose, Saccharose, Laktose, Maltose und Oligosacchariden) und löslichen Teilen von Zellulose, Hemizellulosen, Lignin und Pektinen zusammen (KAMPHUES et al. 1999).

Rest-Kohlehydrate (R-KH)

Die Rest-Kohlehydrate werden wie die N-freien Extraktstoffe rein rechnerisch ermittelt, jedoch wird statt des Rfa-Wertes der NDF-Wert in der Subtraktion

berücksichtigt. Dadurch wird ein größerer Anteil von Zellulose und Hemizellulosen ausgeschlossen, wodurch der Gehalt an Stärke, Zucker und Pektinen besser beurteilt werden kann.

organische Substanz (oS)

Hierin werden alle organischen Anteile einer Probe zusammengefasst; der Wert wird durch Subtraktion der Ra von der TS berechnet (KAMPHUES et al. 1999).

Bruttoenergie (gross energy, GE)

Der Gehalt an Bruttoenergie eines Futtermittels wird durch dessen vollständige Verbrennung im Bombenkalorimeter bestimmt (KAMPHUES et al. 1999).

verdauliche Energie (digestible energy, DE)

Bezeichnet den Anteil der Bruttoenergie, der nicht mit dem Kot ausgeschieden wird (KAMPHUES et al. 1999).

umsetzbare Energie (metabolizable energy, ME)

Die umsetzbare Energie berücksichtigt die Anteile der Bruttoenergie, die nicht mit Kot, Harn oder Gärungsgasen ausgeschieden werden. Unberücksichtigt bleiben Verluste an thermischer Energie, die durch mikrobielle Umsetzungen im Darm entstehen (KAMPHUES et al. 1999).

Verdaulichkeit / scheinbare Verdaulichkeit (sV)

Unter Verdaulichkeit wird in der vorliegenden Arbeit prinzipiell die scheinbare Verdaulichkeit verstanden. Als solche bezeichnet man nach KAMPHUES et al. 1999 „die in Prozent der Nährstoffaufnahme angegebene Differenz zwischen der mit dem Futter aufgenommenen und der mit dem Kot ausgeschiedenen Nährstoffmenge“.

wahre Verdaulichkeit (Resorbierbarkeit, wV)

Die wahre Verdaulichkeit wird als die in Prozent der Nährstoffaufnahme angegebene Differenz zwischen der mit dem Futter aufgenommenen und der mit dem Kot ausgeschiedenen Nährstoffmenge, abzüglich des Anteils der endogenen Sekretion eines Nährstoffs von der mit dem Kot ausgeschiedenen Nährstoffmenge, definiert. Sie bezieht also den Anteil der endogenen Sekretion eines Nährstoffs, der während

der Darmassage nicht absorbiert und mit dem Kot ausgeschieden wird, mit ein (KAMPHUES et al. 1999).

2.2 Zur Biologie von Flachland- und Schabrackentapir

2.2.1 Allgemeine Angaben

Flachlandtapire kommen im tropischen Südamerika östlich der Anden von Nordkolumbien und Venezuela bis Südbrasilien und dem nördlichen Argentinien vor (STARCK 1995). Das kurze, anliegende Haarkleid dieser relativ kleinen Tapirart mit einer Körperhöhe von ca. 100 cm ist hellbraun, grau- oder schwarzbraun, wobei Kehle und Brust meist etwas heller sind. *T. terrestris* besitzt einen charakteristischen Nackenkamm mit kurzer Mähne (FRÄDRICH 1968, STARCK 1995).

Schabrackentapire leben in Südostasien im Süden Burmas, in Thailand, Kambodscha und Vietnam, ebenso in Westmalaysia und Sumatra (KHAN 1997). Ihr kurzes Fell ist schwarz oder braunschwarz, mit einer auffälligen weißen oder grauweißen Schabracke, die sich von der Mitte bis zum Ende des Rumpfes erstreckt (FRÄDRICH 1968, KUEHN 1986); Nackenkamm und Mähne fehlen (FRÄDRICH 1968).

Tapire sind echte Waldtiere mit gutem Geruchssinn und Gehör, die offenes Gelände meiden und häufig in und am Wasser anzutreffen sind (FRÄDRICH 1968). Bisher außerhalb der Fortpflanzungszeit meist als eher ungesellige Tiere beschrieben (FRÄDRICH 1968, JANIS 1984), weisen neuere Untersuchungen auf stärker ausgeprägte soziale Strukturen hin (TODD & MATOLA 1998).

Über das Alter von Tapiren in freier Wildbahn gibt es keine Angaben. In Menschenobhut können Tapire 30 Jahre oder älter werden, obwohl ihr erreichtes Alter meist deutlich darunter liegt (KUEHN 1986, LEE 1993). FONTAINE (1961) berichtet von einem Schabrackentapir, der mit etwa 18 Monaten in den Dallas Zoo kam und dort 29 Jahre, vier Monate und neun Tage lebte. Ein männlicher Flachlandtapir wurde im Wroclaw Zoo in Polen 35 Jahre alt (SMIELOWSKI 1979).

Ausgewachsene Schabrackentapire wiegen nach JORGENSON (1985), KUEHN (1986) und EISENBERG et al. (1987) zwischen 260 und 375 kg, SHOEMAKER et al. (2003) geben für *T. indicus* ein Gewicht von 295 bis 430 kg an. Ein Tier aus Burma brachte nach Berichten über 540 kg auf die Waage (TUN YIN 1967, LEKAGUL & MCNEELY 1977). Flachlandtapire werden durchschnittlich 180 bis 300 kg schwer

(JORGENSEN 1985, KUEHN 1986, EISENBERG et al. 1987, SHOEMAKER et al. 2003). Nach BODMER (1989) wurde bei einem erlegten adulten *T. terrestris* 135 kg Körpergewicht ermittelt. Das untermauert die Feststellung von JORGENSEN (1985), dass das aktuelle Körpergewicht in hohem Maß von Alter und körperlicher Verfassung abhängig ist. Allgemein werden weibliche Tapire meist etwas schwerer als Männchen.

2.2.2 Taxonomische Einordnung

Die heute lebenden Tapire bilden innerhalb der Ordnung Perissodactyla (Unpaarhufer), zu der auch Equiden und Nashörner zählen, eine eigene Familie Tapiridae. Im Tertiär dagegen lebten noch in vielen Gebieten der Erde zahlreiche Tapirformen, die als Angehörige verschiedener Familien in der Überfamilie Tapiroidea zusammengefasst werden. Ihnen fehlte anfangs noch das für die heutigen Tapire so typische Aussehen, die bewegliche Verlängerung von Oberlippe und Nase. Erst bei *Protapirus*, dem ersten Vertreter der echten Tapire, der vor etwa vierzig bis fünfundzwanzig Millionen Jahren in Europa lebte, ist eine Vergrößerung der Nasenöffnung im Schädel zu sehen. Die große, weit nach hinten reichende Nasenöffnung ist für alle Rüsselträger kennzeichnend. Im Oligozän erfolgte dann vermutlich die Aufspaltung der echten Tapire in die beiden Äste, deren Vertreter heute noch in Asien und Amerika beheimatet sind (VON KOENIGSWALD 1930, THENIUS 1968). Alle vier rezenten Arten, die *neotropischen* *T. terrestris*, *T. pinchaque* und *T. bairdii* sowie der asiatische *T. indicus* werden heute zur Gattung *Tapirus* gezählt. Diese wird, aufgrund deutlicher Unterschiede zwischen den Arten, nochmals in vier Untergattungen aufgeteilt (SIMPSON 1945, HERSHKOVITZ 1954, STARCK 1995), wobei jeder Untergattung eine Art zugeordnet ist. Die systematische Stellung der Tapire im Tierreich zeigt Abbildung 1.

<u>Stamm</u>	Chordata (Chordatiere)
<u>Unterstamm</u>	Vertebrata (Wirbeltiere)
<u>Klasse</u>	Mammalia (Säugetiere)
<u>Unterklasse</u>	Eutheria (Höhere Säugetiere)
<u>Überordnung</u>	Mesaxonia (Mittelachsentierte)
<u>Ordnung</u>	Perissodactyla (Unpaarhufer)
<u>Unterordnung</u>	Ceratomorpha (Nashornverwandte)
<u>Überfamilie</u>	Tapiroidea (Tapirartige)
<u>Familie</u>	Tapiridae (Tapire)
<u>Gattung</u>	<i>Tapirus</i> (Tapir)
<u>1. Untergattung</u>	<i>Tapirus</i>
<u>Art</u>	<i>Tapirus terrestris</i> (Flachlandtapir)
<u>2. Untergattung</u>	<i>Pinchacus</i>
<u>Art</u>	<i>Tapirus pinchaque</i> (Bergtapir)
<u>3. Untergattung</u>	<i>Tapirella</i>
<u>Art</u>	<i>Tapirus bairdii</i> (Baird's Tapir)
<u>4. Untergattung</u>	<i>Acrocodia</i>
<u>Art</u>	<i>Tapirus indicus</i> (Schabrackentapir)

Abb. 1: Systematische Stellung der Tapire im Tierreich (zusammengestellt mit Informationen aus HERSHKOVITZ 1954, GRZIMEK 1967-1972, THENIUS 1979 und STARCK 1995)

Bezüglich der verwandtschaftlichen Beziehungen der einzelnen Arten zueinander erscheinen aufgrund einer genetischen Verwandtschaftsanalyse von ASHLEY et al. (1996) mehrere Möglichkeiten wahrscheinlich: Denkbar ist zum einen ein monophyletischer Ursprung der amerikanischen Arten, wobei *T. indicus* einzeln steht. Ebenso könnten Flachland- und Bergtapir zum einen und Schabrackentapir und Baird's Tapir zum anderen je eine Verwandtschaftsgruppe bilden. Auch die unabhängige Entwicklung einer mittelamerikanischen, einer südamerikanischen und einer asiatischen Linie seit dem Miozän ist nicht auszuschließen.

2.2.3 Der Verdauungstrakt des Tapirs

2.2.3.1 Anatomie

Verlängerte Oberlippe und Nase bilden beim Tapir den charakteristischen, nach allen Seiten beweglichen Rüssel mit einem knopfartigen Wulst an der Spitze der Unterseite. Er wird zum Riechen, Tasten und Greifen eingesetzt und erfüllt somit auch bei der Nahrungsaufnahme eine wichtige Funktion: Blätter und Zweige werden abgerissen, indem sie mit dem Wulst an die Rüsselunterseite gedrückt werden und der Rüssel anschließend kontrahiert wird (FRÄDRICH 1968).

Tapire besitzen ein fast vollständiges Ursäugergebiss mit 42 - 44 Zähnen und der Zahnformel $3.1.4.3/3.1.3-4.3$. Die äußeren Schneidezähne im Oberkiefer (I^3) sind relativ lang und übernehmen die Funktion der kleinen, kegelförmigen Eckzähne (C^1). Die Unterkiefer-Eckzähne (C_1) haben ebenfalls Kegelform und sind gut entwickelt (FRÄDRICH 1968). Ein Diastema, gut erkennbar auf den Abbildungen 2 und 3, separiert das Vordergebiss von den Mahlzähnen (KUEHN 1986). Im Gegensatz zu den meisten anderen Huftieren, die laut FOOSE (1982) hochkronige Backenzähne besitzen, die den starken Belastungen durch Abreibung gut gewachsen sind, sind bei Tapiren die quetschend arbeitenden Prämolaren und Molaren (VON KOENIGSWALD 1930) flachkronig (brachydont) mit zwei Querleisten (bilophodont) und Querhöckern (THENIUS & HOFER 1960, FRÄDRICH 1968, STARCK 1995). Solche niedrigkronigen Backenzähne stellen eine Anpassung an faserärmere Blattnahrung dar (JANIS 1984); man findet sie auch bei anderen laubfressenden Arten wie Giraffe und Spitzmaulnashorn. Die ersten Milchzähne sind beim Schabrackentapir bereits bei der Geburt vorhanden (PUSCHMANN 1989), bei den übrigen Arten brechen sie nach sieben Lebenstagen durch (TODD et al. unveröffentl.). Der Zahnwechsel vollzieht sich mit acht bis elf Monaten, die bleibenden Zähne beginnen aber schon ab dem fünften Monat durchzuschieben (KLOMBURG 1995).

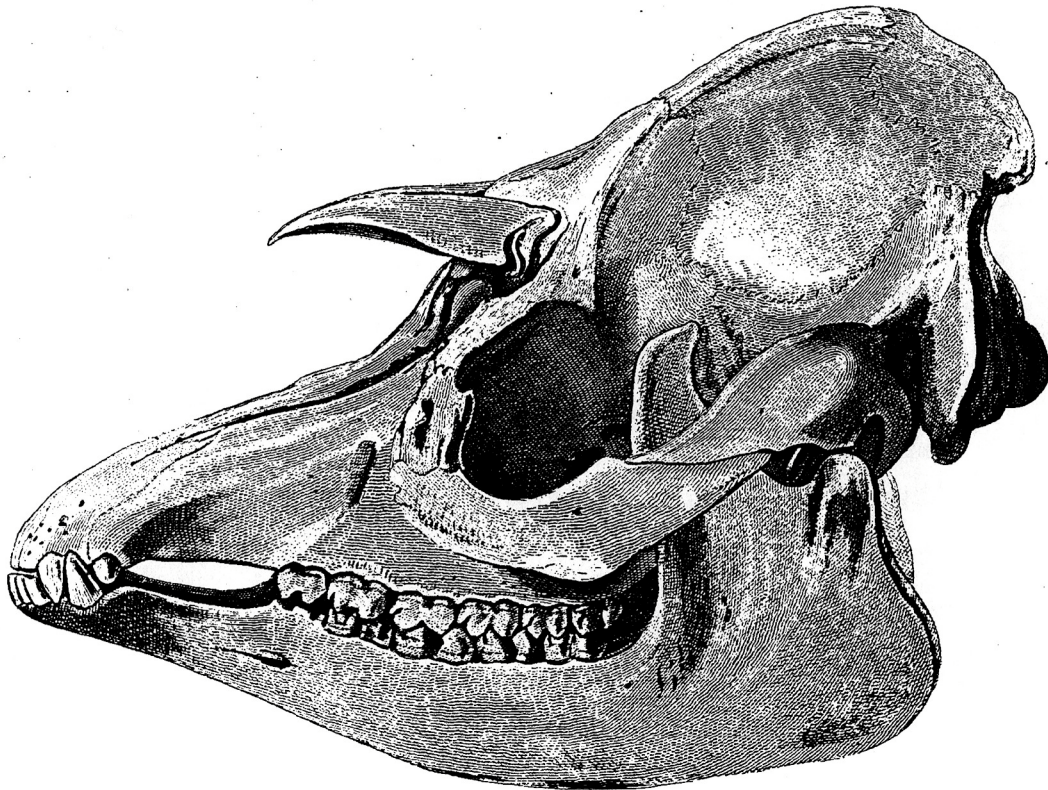


Abb. 2: Schädel eines Flachlandtapirs (*T. terrestris*) (aus HOME 1821)

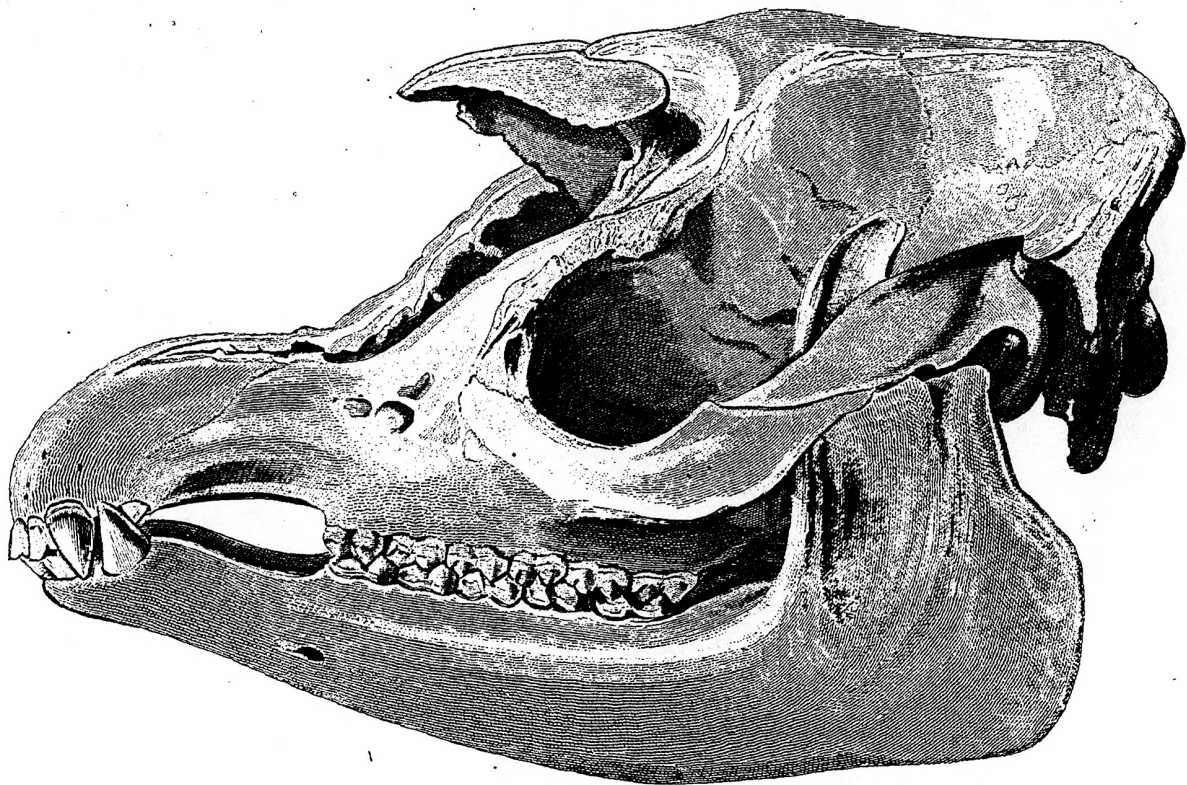


Abb. 3: Schädel eines Schabrackentapirs (*T. indicus*) (aus HOME 1821)

Der Magen-Darm-Trakt von Tapiren ähnelt in seiner Anatomie prinzipiell dem des Pferdes. Die Epithelschicht des Ösophagus setzt sich im einhöhligen, ovalen Magen nur wenig fort (FLOWER 1872, JANSSEN et al. 1999). Lediglich der linke Blindsack ist mit kutaner Schleimhaut ausgekleidet, der restliche Teil ist mit Drüsenschleimhaut bedeckt (GRASSÉ 1955). Das anschließende Duodenum hat die Form einer langen, engen Schleife, der restliche Dünndarm ist verhältnismäßig kurz und besteht aus einer kleinen Zahl relativ großer Schlingen (MITCHELL 1903-1906). Im Gegensatz zu den anatomischen Gegebenheiten bei Pferd und Nashorn findet man in der Dünndarmschleimhaut von Tapiren an manchen Stellen unvollständige Transversalfalten. Diese sind bei den amerikanischen Arten auf das Duodenum begrenzt, setzen sich aber bei *T. indicus* bis zum Blinddarm fort (FLOWER 1872).

Die Verdauung von Pflanzenfasern erfolgt, ähnlich wie beim Pferd, im relativ großen Caecum und Colon (JANSSEN et al. 1996), Caecum und proximales Colon sind durch Bänder verbunden (BEDDARD 1889). Das schleifenförmige Colon weist bei Tapiren einen schmalen Ursprung auf und verbreitert sich dann im Mittelteil (HOME 1814, MITCHELL 1903-1906, PADILLA & DOWLER 1994). Die beiden bei Haus- und Wildequiden präsenten Verengungen des Dickdarms am Übergang des Caecums zum proximalen Colon und am Übergang der magenähnlichen Erweiterung des proximalen Colon zum Colon transversum (CLAUSS et al. 2008, im Druck) scheinen auch bei Tapiren vorhanden zu sein (siehe Abbildungen 4 und 5 nach HOME (1814) und MITCHELL (1903-1906)).

Das Rektum ist relativ lang und gerade (MITCHELL 1903-1906).

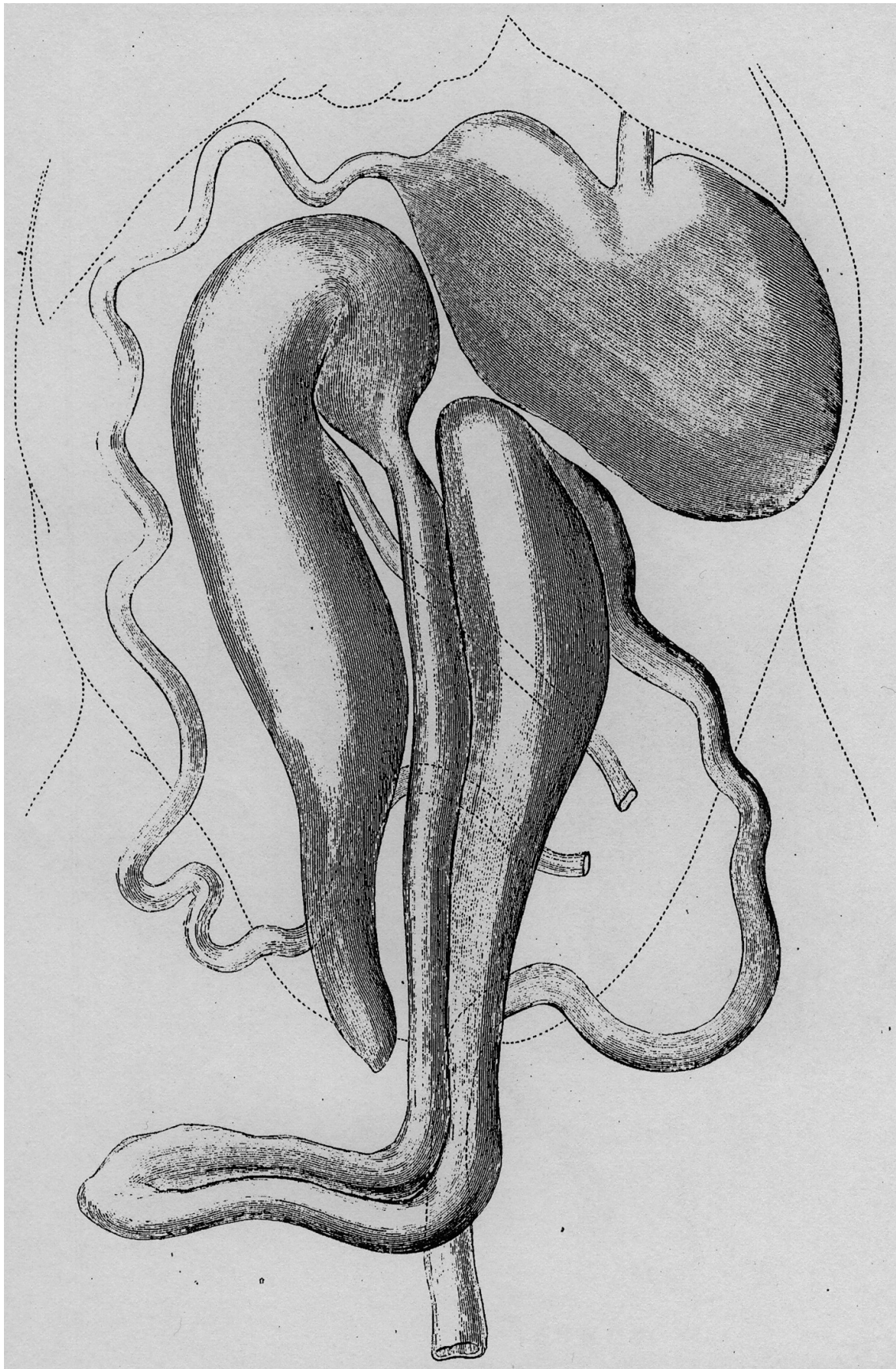


Abb. 4: Gastrointestinaltrakt eines Tapirs (aus HOME 1814)

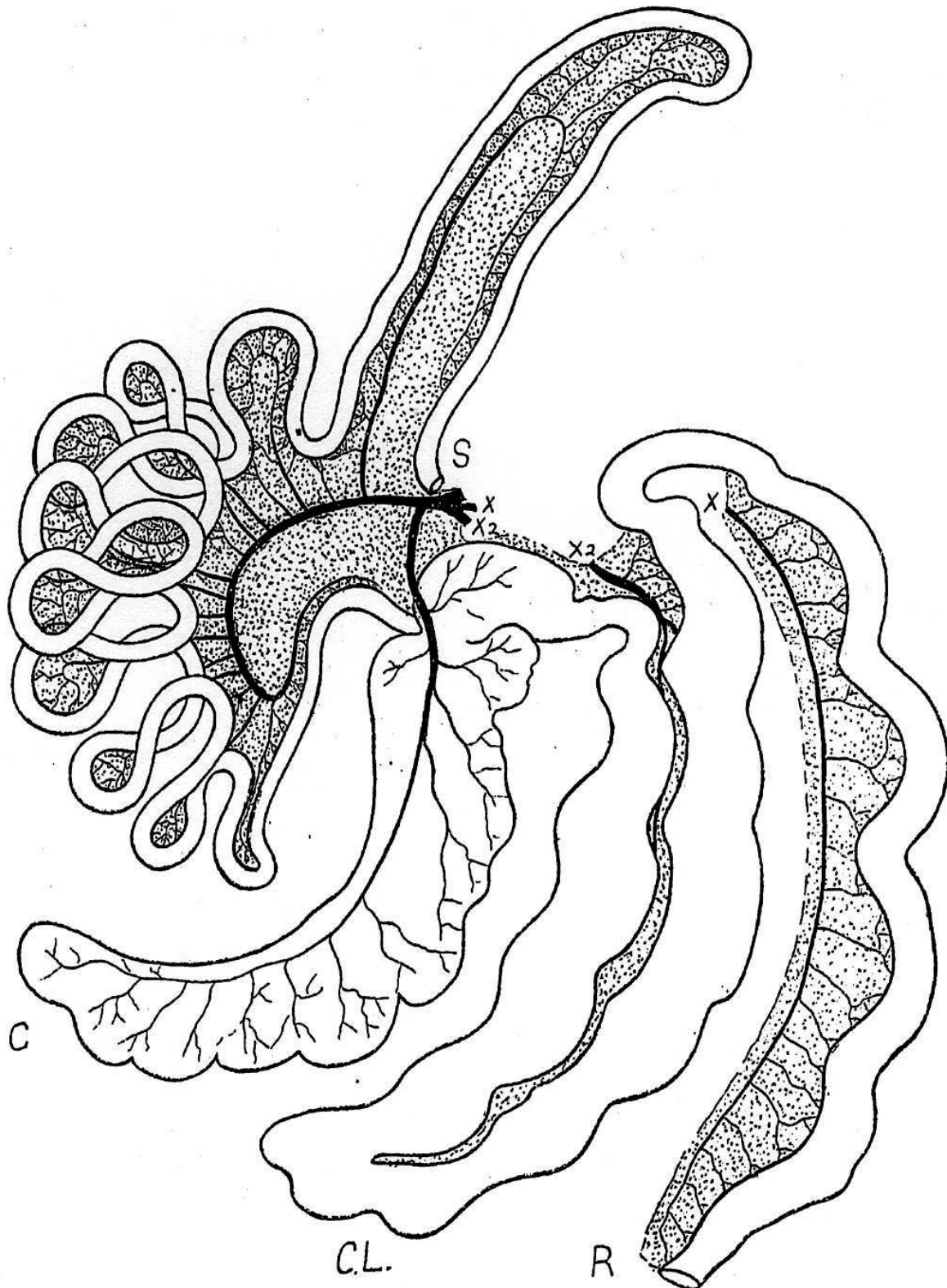


Abb. 5: Gastrointestinaltrakt eines Tapirs (aus MITCHELL 1903-1906)

Daten zu Länge und Fassungsvermögen des Magen-Darm-Trakts aus der Literatur sind in Tabelle 1 zusammengefasst; alle Größenangaben wurden dabei in das metrische System umgerechnet. Da Informationen zum Alter oder Gesamtgewicht in

der Regel in den zitierten Quellen nicht vorhanden sind, kann nicht entschieden werden, ob sich die zum Teil deutlich differierenden Angaben mit Unterschieden zwischen verschiedenen alten und schweren Tieren erklären lassen.

Die Form der Leber ähnelt der anderer Unpaarhufer (FLOWER 1872). Ebenso wie Pferde und Nashörner besitzen Tapire keine Gallenblase (OWEN 1830, FLOWER 1872, JANSSEN et al. 1996).

Tab. 1: Maße des Verdauungstraktes beim Schabracken- und Flachlandtapir

Abschnitt	Länge [m]	Ø [cm]	Inhalt [l]	Tierart	Quelle
Magen	0,5	23	7-8	T. indicus	HOME 1821
Dünndarm	21			T. indicus	HOME 1821
	16,5			T. indicus	POELMAN (in MURIE 1872)
	11,4			T. indicus	MURIE 1872
	13,7	3,8		T. terrestris *	OWEN 1830
	11			T. terrestris	TURNER 1850
	8,5			T. terrestris	MURIE 1872
	8,2			T. terrestris	BEDDARD 1889
Caecum	0,31	30,5		T. indicus	HOME 1821
	0,37			T. indicus	POELMAN (in MURIE 1872)
	0,34			T. indicus	MURIE 1872
	0,38	30,5		T. terrestris *	OWEN 1830
	0,33			T. terrestris	TURNER 1850
	0,25			T. terrestris	MURIE 1872
Colon	5,56	20,3			HOME 1821
Rektum	0,38				HOME 1821
Verdauungstrakt (gesamt)	16,8			T. terrestris	Anon. 1872
	27,4			T. indicus	

* in der Originalliteratur bezeichnet als amerikanischer Tapir; gemeint ist aller Wahrscheinlichkeit nach der Flachlandtapir, die anderen amerikanischen Arten waren laut SEITZ (2001) zu dieser Zeit noch nicht beschrieben

2.2.3.2 Physiologie

Spezifische Daten zur Verdauungsphysiologie von Tapiren fehlen bisher weitestgehend. Deshalb wird wegen anatomischer Ähnlichkeit von Magen-Darm-Trakt und Physiologie normalerweise das Pferd als Modelltier herangezogen (KUEHN 1986, JANSSEN et al. 1996, 1999).

Tapire sind wie alle Unpaarhufer Dickdarmfermentierer. Als solche beziehen sie zusätzlich zur enzymatischen Verdauung einen Großteil der von ihnen benötigten Energie aus der Verdauung von Pflanzen-Zellwand-Bestandteilen wie Zellulose und Hemizellulose im Caecum und im proximalen Colon. Die dabei ablaufenden Stoffwechselfvorgänge ähneln denen im Pansen der Wiederkäuer. Diese sind jedoch nach JANIS (1976) und FOOSE (1982) in der Futtermengenaufnahme dadurch beschränkt, dass im Pansen selektiv Futterbestandteile zurückgehalten werden, um eine optimale Verdaulichkeit zu erreichen. Dickdarmfermentierer hingegen sollten theoretisch eine geringere Futterqualität und die damit einhergehende sinkende Verdaulichkeit besser durch eine vermehrte Futteraufnahme kompensieren können.

2.2.3.3 Verdaulichkeit und Darmpassage bei Tapiren

JANZEN (1981) verfütterte verschiedene Samen und Plastikknöpfe an einen adulten Baird's Tapir; er stellte dabei fest, dass die Samen nach durchschnittlich 15,3 Tagen, die Knöpfe durchschnittlich nach 8,1 - 10,3 Tagen ausgeschieden wurden. OLMOS et al. (1999) fütterten einem in menschlicher Obhut lebenden Flachlandtapir 34 Palmfrüchte der Art *Syagrus romanzoffiana*. 60 % dieser Palmsaaten fanden sich zwei beziehungsweise drei Tage später unverdaut im Kot. Inwieweit diese Befunde verdauungsphysiologische Relevanz haben, ist schwer abzuschätzen.

Die einzigen Daten zur Verdaulichkeit und Darmpassage bei Tapiren finden sich in einer von FOOSE (1982) durchgeführten Untersuchung mit Zoo-Herbivoren. Darin wurde bei 35 Arten die Verdaulichkeit für Gras- und Luzerneheu mittels Kollektionsmethode bestimmt. Dazu wurde zur Ermittlung der Passagezeit außerdem rot gefärbtes Heu gefüttert und die tägliche Kot-Sammelprobe auf das Vorhandensein dieses Markers kontrolliert.

Die Ergebnisse dieser Studie sind in den Tabellen 2 und 3 im Vergleich mit den Ergebnissen von Nashörnern und Equiden dargestellt. Es wird deutlich, dass Tapire nicht nur niedrige Futteraufnahmen aufwiesen, sondern auch nicht die gleiche

Verdauungsleistung erzielen wie Equiden und grasfressende Nashörner, trotz deutlich längerer Passagezeiten als die Equiden.

Tab. 2: Verdaulichkeit für Grasheu bei verschiedenen Unpaarhufern (nach FOOSE 1982)

Spezies	Gewicht [kg]	Futtermenge (oS) [g/kg MKM]	Futter Rp [% TS]	Futter NDF [% TS]	sV oS [%]	sV NDF [%]	sV ADF [%]	MRT [h]
Panzernashorn	1852	67	5,2	72	52	51	46	61-73
Breitmaulnashorn	1724	63	4,5	72	51	48	45	63-65
Spitzmaulnashorn	1285	62	4,4	72	43	41	37	60
Schabrackentapir	218	41	4,6	70	46	38	32	48
Flachland- und Baird's-Tapir	147	42	4,7	69	44	40	33	50
Grevy-Zebra	354	101	5,8	69	50	46	39	41-45
Bergzebra	272	119	5,3	66	49	42	38	43
Steppenzebra	329	105	4,8	72	48	45	39	46

Tab. 3: Verdaulichkeit für Luzerneheu bei verschiedenen Unpaarhufern (nach FOOSE 1982)

Spezies	Gewicht [kg]	Futteraufnahme (oS) [g/kg MKM]	Futter Rp [% TS]	Futter NDF [% TS]	sV oS [%]	sV NDF [%]	sV ADF [%]	MRT [h]
Panzernashorn	1852	78	18,8	47	65	55	54	59-66
Breitmaulnashorn	1780	74	19,9	40	67	53	53	60
Spitzmaulnashorn	1285	91	20,3	35	65	49	49	51-58
Schabrackentapir	218	80	19,1	44	51	29	30	42
Flachland- und Baird's-Tapir	133	68	17,7	46	54	39	39	39-45
Grevy-Zebra	352	104	18,6	43	66	52	52	40
Bergzebra	257	111	18,9	49	59	47	48	44
Steppenzebra	215	110	19,6	47	62	45	48	36

2.2.3.4 Nahrungsaufnahme und Kotabsatz

In freier Wildbahn ernähren sich Tapire von Laub, Knospen, Zweigen, Früchten, Gräsern und Wasserpflanzen (FRÄDRICH 1968, EISENBERG et al. 1987).

Bei der Futteraufnahme bewegen sich die Tiere im Zickzackkurs fort und fressen von jeder Pflanze nur einen kleinen Teil (TERWILLIGER 1978). Blätter und Zweige werden dabei mit dem Rüssel herangeholt und abgerissen, Gras wie bei Pferden mit den Schneidezähnen abgebissen (EISENBERG et al. 1987). Futterpflanzen werden gezielt ausgewählt (WILLIAMS & PETRIDES 1980, BODMER 1990, SALAS & FULLER 1996, OLMOS 1997, DOWNER 2001, TOBLER 2002, LIZCANO & CAVELIER 2004, MONTENEGRO 2004).

Tapire zählen zu den „Browsern“, sind also Tiere deren Nahrungsquelle hauptsächlich aus Blättern und Zweigen verholzter Pflanzen und aus zweikeimlättrigen, krautigen Pflanzen besteht (KUEHN 1986, DOWNER 2001).

Dies trifft nach DOWNER (2001) auch für Bergtapire zu, obwohl diese nach seinen Angaben auch verschiedene Früchte und Samen aufnehmen. Bei den Baird's Tapiren macht nach TERWILLIGER (1978) Laub ebenfalls den größten Anteil der Nahrung aus, daneben fressen sie verschiedene Früchte, Zweige, Blüten und Gräser. NARANJO (1995) beschreibt für *Tapirus bairdii* eine Nahrungszusammensetzung von 79 - 91 % Blättern und Zweigen und 9 - 19 % Früchten. Schabrackentapire scheinen gleichfalls hauptsächlich Laubfresser zu sein, wenn auch WILLIAMS & PETRIDES (1980) im Kot dieser Art einen nicht näher quantifizierten Anteil an unverdauten Früchten und Samen nachweisen. Bei Flachlandtapiren hingegen, die BODMER (1990c) als kombinierte Blatt-Fruchtfresser einstuft, besteht offenbar in Abhängigkeit von Habitat und Saison bis zu einem Drittel des von ihnen aufgenommenen Futters aus Früchten: Während MONTENEGRO (2004) bei *T. terrestris* im Nordosten Perus einen Anteil von durchschnittlich 8,9 % Fruchtanteil findet, allerdings mit großen Unterschieden zwischen den einzelnen Proben (Standardabweichung $\pm 9,3$ %), stellt BODMER (1990a,b) saisonunabhängig in einem etwa 100 km entfernten Gebiet einen Anteil von 33 % Früchten in der Nahrung fest, der Rest setzt sich aus Blättern und Pflanzenfasern zusammen. Den Hauptanteil der Früchte (76,3 %) machen dabei die Steinfrüchte von *Mauritia flexuosa* aus, einer Palmenart, die in diesem Gebiet in größeren Gruppen wächst und die meiste Zeit des Jahres Früchte trägt. Die Tapire suchen in Wäldern, in denen diese Palmen wachsen, gezielt nach ihnen. Sie nehmen dann entweder nur das

Fruchtfleisch auf und spucken die Steine aus -ein Verhalten, das auch HENRY et al. (2000) beschreiben- oder schlucken diese seltener ab und scheiden sie mit dem Kot wieder aus. Einen ähnlich hohen Anteil an Früchten, hier Palmfrüchte der Art *Maximiliana maripa*, weist die Diät von Flachlandtapiren in Brasilien auf (FRAGOSO 1997).

In Französisch Guiana beträgt der Anteil an Früchten in der Nahrung von *T. terrestris* hingegen nur 24,4 % und unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen (HENRY et al. 2000). SALAS & FULLER (1996) dagegen finden im Mageninhalt von 18 in Süd-Venezuela während der Trockenzeit von einheimischen Jägern erlegten Flachlandtapiren keine Früchte.

Während BODMER (1990a) keine Anzeichen für die Aufnahme tierischer Nahrung findet, beschreibt HERSHKOVITZ (1954) aquatische Organismen, wahrscheinlich einschließlich Fisch (HUSSON 1978), als Futterbestandteile. DOWNER (2001) berichtet von in Tapirkot gefundenen, vielleicht zufällig aufgenommenen, Käferflügeln. Nach Meinung von KUEHN (1986) könnte das Verhalten von Tapiren in Menschenobhut darauf hindeuten, dass sie in freier Wildbahn auch Aas aufnehmen. Eine Übersicht über die von verschiedenen Autoren gefundenen Nahrungszusammensetzungen der vier Tapirarten zeigt Tabelle 4.

Tab. 4: Literaturangaben über die Nahrungszusammensetzung frei lebender Tapire

Quelle / Tapirart	Methode	Früchte	Laub	„Faser“	Erde	tierische Bestandteile
DOWNER (2001) / Bergtapir	Kotanalyse, mikro-histologische Pflanzenbestimmung	+	+	+ (Zweige u.a.)	-	-
TERWILLIGER (1978) / Baird´s Tapir	Beobachtung, (Kotanalyse), botanische Bestimmung	+	+	+ (Zweige u.a.)	-	-
NARANJO (1995 (in HENRY et al. 2000) / Baird´s Tapir	keine Angaben	9-19 %	79-91 % (Blätter u. Zweige)		-	-
TOBLER (2002) / Baird´s Tapir	Kotanalyse, botanische Bestimmung	-	40-55 % Faser 10-30 % Blätter 15 % Zweige		-	-
WILLIAMS & PETRIDES(1980) / Schabrackentapir	Kotanalyse, botanische Bestimmung	+	+	+ (Zweige)	-	-
BODMER(1990a) / Flachlandtapir	Kotanalyse, Analyse von Magen- und Caecuminhalt, botanische Bestimmung	33 %	66 %		-	-
SALAS & FULLER (1996) / Flachlandtapir	Analyse von Mageninhalt, botanische Bestimmung	-	keine Angaben			

Tab. 4: Literaturangaben über die Nahrungszusammensetzung frei lebender Tapire – Fortsetzung

FRAGOSO(1997) (in HENRY et al. 2000) / Flachlandtapir	keine Angaben	33 %	66 %		-	-
HENRY et al. (2000) / Flachlandtapir	Analyse von Mageninhalt, botanische Bestimmung	24,4 %* (36 % Hauptfrucht-saison, 15 % Nebenfrucht-saison)	22,3 %*	53,2 %*	-	-
ALDAN et al. (2004) / Baird´s Tapir	Kotanalyse, botanische Bestimmung	1,4 %	98,6 % Blätter und Zweige		-	-
MONTENEGRO (2004) / Flachlandtapir	Kotanalyse, botanische Bestimmung	8,9 %*	75,4 %*	12,5 %*	3,2 %*	-
TORRES et al. (2004) / Baird´s Tapir	Kotanalyse, botanische Bestimmung	3,9 %	45,5 %	50,6 %	-	-

* = Angaben in % TS; restliche Angaben sind vermutlich (bei fehlender Deklaration) in uS

In freier Wildbahn suchen Tapire regelmäßig natürliche Salzlecken auf (DE MAGALHAES 1938, CABRERA & YEPES 1940, ACOSTA et al. 1996, PENA et al. 1996, LIZCANO & CAVELIER 2000, LIZCANO & CAVELIER 2004, MONTENEGRO 2004, NOVARINO 2005) und können auf der Suche nach ihnen weite Entfernungen zurücklegen (EISENBERG et al. 1989). Im Vergleich mit an anderen Stellen genommenen Bodenproben weisen solche natürlichen Lecken höhere Gehalte an Natrium, Kalzium, Magnesium, Phosphor sowie an Kupfer auf (MONTENEGRO 2004). Die Aufnahme von Erdreich bei solchen Salzlecken spiegelt sich auch im Vorkommen von Erde im Kot der Tiere wieder (MONTENEGRO 2004). MONTENEGRO (2004) stellt die Gehalte an Mengen- und Spurenelementen in den Futterpflanzen von *Tapirus terrestris* dem Erhaltungsbedarf an Mengen- und Spurenelementen beim Hauspferd gegenüber (Tabelle 5). Ausgehend von der Annahme, dass Tapire einen ähnlichen Bedarf an Mineralstoffen aufweisen, wäre die Versorgung mit Phosphor, Natrium, Zink und Kupfer in dieser Ration marginal und würde somit das regelmäßige Aufsuchen natürlicher Salzlecken der Tiere erklären.

Tab. 5: Gehalte an Mengen- und Spurenelementen in den Futterpflanzen von *Tapirus terrestris* und Erhaltungsbedarf an Mengen- und Spurenelementen beim Hauspferd (nach MONTENEGRO 2004)

	P [% TS]	K [% TS]	Ca [% TS]	Mg [% TS]	Na [% TS]	Mn [mg/kg TS]	Zn [mg/kg TS]	Cu [mg/kg TS]	Fe [mg/kg TS]
Laub (Nahrung)	0,12	0,73	0,53	0,27	0,22	455	32	7,2	349
Früchte (Nahrung)	0,11	0,14	0,70	0,14	0,03	43	22	10,6	70
Erhaltungs- bedarf Pferd	0,17	0,30	0,24	0,09	0,10	40	40	10	40

SCHRYVER et al. (1983) stellen bei *T. terrestris* im Vergleich zu Wiederkäuern eine größere Verdaulichkeit von Kalzium fest, ähnlich wie bei Equiden, Nashörnern oder Elefanten.

Nach TERWILLIGER (1978) erfolgt der Kotabsatz bei Tapiren in freier Natur meist im Wasser, eine Beobachtung, die NARANJO (1995) ebenfalls macht. PADILLA & DOWLER (1994) finden ebenso wie GALETTI et al. (2001) Tapir-Dung sowohl im Wasser als auch an Land. ACOSTA et al. (1996) und FRAGOSO (1997) beschreiben

das Vorhandensein spezieller Kotplätze, so genannter Latrinen. Diese erwähnen OLMOS et al. (1999) und GALETTI et al. (2001) ebenfalls, sie finden aber auch oft Tapir-Kothaufen im ganzen Waldgebiet verteilt. Dung wild lebender Tapire gleicht in Form und Konsistenz Pferdeäpfeln (WALLACH & BOEVER 1983). Seine Konsistenz beschreibt TERWILLIGER (1978) als sehr faserig, mit Teilen unverdauter Blätter und Zweige.

2.3 Tapire in Menschenobhut

2.3.1 Fütterung

Als überwiegenden Laubfressern steht Tapiren in freier Natur ein breites Spektrum verschiedener Pflanzenarten zur Verfügung (KUEHN 1986). Nach Meinung von LEE (1993) und SEITZ (2006) sollte deshalb bei der Fütterung von Tapiren in Menschenobhut auf ausreichende Vielfalt und Abwechslung der Diät geachtet werden. Die Tapiren in verschiedenen Haltungen angebotenen Rationen sind vielfältig. Sie unterscheiden sich in Zusammensetzung und Mengenverhältnis zueinander zum Teil erheblich (WILSON & WILSON 1973). In der folgenden Tabelle 6 sind alle Futtermittel aufgezählt, die Bestandteil einer Ration für erwachsene Tapire in einem an der Studie von WILSON & WILSON (1973) teilnehmenden Zoo waren.

Tab. 6: Futtermittel für adulte Tapire: Rationsbestandteile verschiedener Zoos (nach WILSON & WILSON 1973)

Heu	Obst & Gemüse	Laub, Grünfütter	Mischfutter, Mineral- und Vitaminzusätze	Tierische Einzelfuttermittel
Luzerneheu	„Gemüse“ „Obst“ Äpfel Bananen Gurken Kartoffeln, gekocht Kohl Kürbis Melonen Mohrrüben Rettiche Salat Sellerie Spinat Süßkartoffeln Tomaten Weintrauben	Eichenblätter Gras „Grünfütter“ Gummibaumblätter und –zweige „Kräuter“ „Laub“ Yucca „Zweige“ „Zweige mit Rinde und Blättern“	Affenfutter, eingeweicht in Milch Allesfresser-Pellets Brot CH-I Seealgen-Futterzusatz D & F Futter Equivite „Futter für Kühe“ Futtermehl für Sauen und Absetzferkel Gerstenmehl Getreide Getreide, gekocht Hafer Haferflocken, gekocht Haferflocken mit Kleie Minadox Omolene „Pellets“ Pellets für Absetzkälber Pervinal „Pferdefütter“ Purina Hundefütter Quetschhafer u. Leinsamenmehl m. entrahmter Milch Reis, gekocht Salz- und Minerallecksteine Theralin Vionate Vitamin-, Mineral- und Proteinzusätze	Austernmehl Ei, roh Fisch, roh Joghurt Lebertran Milch Quark kleine Vögel

Unterschiede zwischen den verschiedenen Tapirarten werden bei den Fütterungsempfehlungen meist nicht gemacht. Nach WILSON & WILSON (1973) unterscheiden sich die Diäten für *T. indicus* und *T. terrestris* im allgemeinen nicht, auch Baird's Tapire scheint man wie Flachlandtapire füttern zu können.

Als tägliche Futtermenge für einen erwachsenen Tapirs empfehlen BARONGI (1993), LEE (1993), SHOEMAKER et al. (2003) und SEITZ (2006) etwa 4 - 5% seines Körpergewichts; gemeint ist hier vermutlich die ursprüngliche Substanz, nicht die Trockensubstanz. LINTZENICH & WARD (1997) und SOTO (2004) geben die Trockensubstanz-Aufnahme adulter Tapire mit 1,5 % ihres Körpergewichts, ähnlich dem Wert bei Hauspferden, an.

Tabelle 7 zeigt einige Vorschläge für Tapirstandarddiäten im Vergleich.

Tab. 7: Vorschläge für Tapirstandarddiäten

Quelle	Heu	Mischfutter	Obst & Gemüse	Laub / Grünfutter
WILSON & WILSON (1973) (Flachlandtapir)	3 kg Heu	1,36 kg Allesfresser-Pellets (Protein-Mineral-Vitamin-Zusatz) 1,19 kg Quetschhafer und Leinsamenmehl (2:1 gemischt mit entrahmter Milch) 1 rohes Ei 1 EL Lebertran 1 EL Minadex 1 TL CH-I Seealgen-Futterzusatz	40 Äpfel 12 Mohrrüben 2 Bananen	etwas Grünfutter gelegentlich Zweige (Rinde und Blätter)
WILSON & WILSON (1973) (Bergtapir, Parc Zoologique de Paris, France)	1 kg Luzerneheu (Winter)	1,5-2 kg Reis, gekocht 0,3 kg Brot	1,5 kg Äpfel und Mohrrüben	1 kg Luzerne (Sommer)
WILSON & WILSON (1973) (Bergtapir, Gladys Porter Zoo, Brownsville, USA)	Luzerneheu <i>ad libitum</i> (gute Qualität)	1,82 kg Purina Hundefutter 1,82 kg Purina Affenfutter 1,82 kg Purina Milchleistungsfutter 4 Scheiben Brot	1 Salatkopf 0,45 kg Mohrrüben	
BRAMBELL (1977)	45 % Kleeheu	25 % Pferde-Pellets (12 % Rp, 14 % Rfa) 7 % Grünmehlpellets	23 % Rüben	Laub / Grünfutter nach Verfügbarkeit
DOHERTY & MACNAMARA (1977) (Schabrackentapir)	Luzerneheu <i>ad libitum</i>	37 % Affen-Pellets (25 % Rp, 3,5 % Rfa)	14 % Äpfel 14 % Karotten 14% Kartoffeln 7% Süsskartoffeln 14% Sprossen (Weizen/Gerste)	

Tab. 7: Vorschläge für Tapirstandarddiäten – Fortsetzung

DOHERTY & MACNAMARA (1977) (Flachlandtapir)	Luzerneheu <i>ad libitum</i>	15 % Affen-Pellets (25 % Rp, 3.5 % Rfa) 43 % Pellets (12.5 % Rp, 10 % Rfa)	12 % Äpfel 6 % Karotten 6 % Kartoffeln 5 % Süsskartoffeln 12 % Sprossen (Weizen / Gerste)	
RATCLIFFE (1977)	Heu <i>ad libitum</i>	45 % Trockenschnitzel 12 % Luzernegrünmehl 7 % Maiskorn je 4.5 % Biertreber, Weizen, Hafer, Sojaschrot, Baumwollexpeller	10 % Karotten (ins Mischfutter)	
WALLACH & BOEVER (1983)	Grasheu <i>ad libitum</i> 10-20 % Luzerneheu	50 % Pferde-Pellets (16 % Rp) 50 % Milchleistungsfutter 0,1-0,2 kg Hunde- oder Katzenfutter	1-2 kg Obst und gelbes Gemüse	
BARONGI (1986)		3,6 kg kommerzielles Mischfutter		
KUEHN (1986)	3,5 kg (26,4 %) Luzerneheu (gute Qualität)	1,0-1,5 kg (9,4 %) kommerzielles Futter (für Affen oder Pflanzenfresser)	5,0-12,0 kg (64,2 %) gemischtes Obst und Gemüse	Laub / Grünfutter bis 50 % der Tagesration (nicht täglich)
READ (1986)	Luzerneheu <i>ad libitum</i>	1,8 kg Omolene Pferdefutter	2,3 kg gemischtes Gemüse	
BARONGI in LEE (1993)	50 % Luzerneheu	25-30 % Pellets (Rp 12-18 %)	20-25 % Obst und Gemüse	Laub / Grünfutter <i>ad libitum</i>
LINTZENICH & WARD (1997)	20-30 % Grasheu 40-50 % Luzerneheu	30 % Herbivoren-Pellets (17,4 % Rp, 29,3 % NDF)	2-5 % maximal: vor Verfütterung von Obst / Gemüse wird ausdrücklich gewarnt	
SHOEMAKER et al. (2003)	33% Luzerneheu (Ø 18 % Rp)	33 % Pflanzenfresser-Pellets (12-18 % Rp)	33 % landwirtschaftliche Erzeugnisse und / oder Grünfutter	

Diese Fütterungsempfehlungen sind häufig allgemein gehalten, konkrete Mengenangaben fehlen in vielen Fällen. Das macht ihre Umsetzung in eine tatsächliche Fütterung – über eine Auswahl von Bestandteilen hinaus – schwierig. SEITZ (2006) erwähnt bei der Rationsgestaltung von Zoo-Tapiren zwei prinzipielle Herangehensmöglichkeiten, ohne eine Empfehlung in die eine oder andere Richtung zu geben. Ein Vorschlag ist eine Diät aus jeweils einem Drittel Luzerneheu (mit maximal 18 % Rp), Herbivoren-Pellets (12 - 18 % Rp) und frischem Grünfutter. Eine ähnliche Futterzusammensetzung empfiehlt auch JANSSEN (2003). Die zweite von SEITZ (2006) vorgeschlagene Ration beinhaltet 1 - 1,5 kg Krafffutter (z. B. Wildtierpellets, Haferflocken, Quellfutter) mit ergänzenden Mineral- und Vitamingaben, 5 - 12 kg Obst und Gemüse (u. a. Äpfel, Mohrrüben, Salat, Bananen) sowie einen Überschuss (*ad libitum*-Gabe) an faserreichem Material (frische Mahd oder entstaubtes Heu guter Qualität). DIZ (2006) zeigt in ihrer Studie über die Fütterung von Flachlandtapiren in argentinischen Zoos, dass sich die Diät für diese Tiere durchschnittlich aus 33 % Raufutter, 18 % „Alleinfutter“ und 49 % anderen Zutaten wie Getreide, Obst und Gemüse zusammensetzt (Angaben in uS).

So unterschiedlich die den in Menschenobhut lebenden Tapiren vorgesetzten Diäten sind, einige Futterkomponenten werden immer angeboten:

Ein unbedingter Bestandteil jeder Tapirration ist Heu guter Qualität (am besten Luzerneheu). Dieses sollte aber nach Ansicht von WILSON & WILSON (1973) stets ohne die harten, dicken Stengel vorgeschüttet werden. Ebenso muss sichergestellt sein, dass das Heu frei von Giftpflanzen ist. BLAMPIED & ALLCHURCH (1975) berichten von einem weiblichen Schabrackentapir, der nach Aufnahme von mit Jakobs-Kreuzkraut (*Senecio jacobaea*) kontaminiertem Heu verendete. Über die notwendige Heumenge gibt es verschiedene Ansichten. KUEHN schlägt als durchschnittlich täglich pro Tier benötigte Heumenge 3,5 kg vor. Einige Zoos geben Heu *ad libitum* (WILSON & WILSON 1973, LEE 1993).

Je nach Zoo und regionalem und saisonalem Angebot wird den Tapiren verschiedenes Obst und Gemüse zum Verzehr angeboten. Äpfel, Bananen und Mohrrüben sind so gut wie immer Rationsbestandteil, daneben werden häufig auch Salat, Kartoffeln, Gurken, Birnen, Melonen und vieles mehr gefüttert (WILSON & WILSON 1973, LEE 1993). Täglich sollten nach Meinung von WILSON & WILSON (1973) jedem Tier mindestens 2,27 kg Früchte und Gemüse zugeteilt werden, KUEHN (1986) schlägt sogar zwischen 5 und 12 kg vor. Dagegen raten

LINTZENICH & WARD (1997) bei der Fütterung von Obst und Gemüse ausdrücklich zur Vorsicht: Das Angebot sollte nicht mehr als höchstens 2 - 5 % der täglichen Futtermenge ausmachen. OFTEDAL et al. (1996) warnen generell vor dem Einsatz kommerzieller Früchte und Gemüse bei Pflanzenfressern. Dies liegt vor allem daran, dass kommerzielles Obst sich in seiner Nährstoffzusammensetzung drastisch von in freier Wildbahn vorkommenden „Früchten“ unterscheidet (OFTEDAL & ALLEN 1996, SCHMIDT et al. 2005). Einige Autoren vertreten die Meinung, dass die Obst-Gemüse-Ration in mundgerechte Stücke geschnitten werden sollte (WILSON & WILSON 1973, SHOEMAKER et al. 2003). Bananen, die bei Tapiren besonders begehrt sind, empfehlen BARONGI (1993) und LEE (1993) nur in geringen Mengen, um sicher zu stellen, dass die Tiere das restliche Futter aufnehmen. Man darf bei solchen Berichten allerdings nicht vergessen, dass die Akzeptanz eines Futtermittels nicht unbedingt etwas über seine Eignung aussagt, insbesondere, wenn es sich um energiehaltige Futtermittel wie Äpfel, Bananen, Mohrrüben und anderes Obst handelt.

Bei den meisten Zoos ist Mischfutter auf Getreidebasis ein fester Bestandteil der Tapirdiät. Es werden unter anderem Gerste, Bruchmais, Kleie, Haferflocken, Reis, oder kommerzielle Pellets für Omni- oder Herbivoren gereicht (WILSON & WILSON 1973, LEE 1993). Für erwachsene Individuen rechnet KUHN (1986) insgesamt 1,0 - 1,5 kg pro Tag, wohingegen READ (1986) 1,8 kg und BARONGI (1986) sogar 3,6 kg einplanen. Nach LEE (1993) ist die Krafftuttermenge der Konstitution des Tieres anzupassen.

Je nach Saison und Verfügbarkeit bieten die meisten Haltungen ihren Tapiren auch Blätter und Zweige ungiftiger Bäume und Sträucher an (BARONGI 1993, LEE 1993, SEITZ 2006). JANSSEN (2003) rät -neben einem Heu und einem Herbivoren-Pellet auf Luzerne-Basis- Laub und Äste zu verfüttern; seiner Meinung nach ist es insbesondere vorteilhaft, Obst und Gemüse durch Laub zu ersetzen. KUEHN (1986) empfiehlt eine Laub- und Grünfüttergabe bis 50 % der Tagesration, jedoch nicht täglich, da dies zu Durchfall führen könne. Dies steht in krassem Gegensatz zu Empfehlungen in der Pferdefütterung, wonach häufige Futterumstellungen zu vermeiden sind (MEYER & COENEN 2002).

Die Gabe von tierischem Eiweiß wird in Fachkreisen unterschiedlich diskutiert. Manche Haltungen ergänzen ihre Tapirdiäten auch mit Austernmehl, Lebertran, Milch, Quark oder Joghurt (WILSON & WILSON 1973). WILSON & WILSON (1973)

beschreiben die Aufnahme von Rinderherz und anderem Fleisch durch Flachlandtapire. Auch KUEHN (1986) erwähnt Tiere, die rohen Fisch, rohes Fleisch oder kleine Vögel zu genießen scheinen. SEITZ (2006) berichtet, dass einige Individuen von *T. bairdii* und *T. terrestris* gerne Ei, Fisch oder Hackfleisch fressen und dies der Ration gelegentlich in kleinen Mengen zugesetzt werden kann. Andere Autoren wiederum erwähnen keine tierischen Rationsbestandteile (LEE 1993, SHOEMAKER et al. 2003). Die Ähnlichkeit der Verdauungsphysiologie zum Pferd lässt den prinzipiellen Wert und die Notwendigkeit, tierisches Eiweiß zu verfüttern, fragwürdig erscheinen.

In vielen Zoos werden dem Tapirfutter Mineralstoffe und Vitamine zugesetzt (WILSON & WILSON 1973, LEE 1993), wobei nach LEE (1993) eine Überversorgung vermieden werden sollte. Einen ständigen Zugang zu Salz- und Mineralsteinen hält KUEHN (1986) für eine wichtige Voraussetzung zur Verhinderung erhöhter Erd- und Sandaufnahme.

Frisches Trinkwasser sollte separat vom Badewasser jederzeit zur Verfügung stehen (BARONGI 1986, LEE 1993, SEITZ 2006).

2.3.2 Kotkonsistenz und Urin

Angesichts der sehr unterschiedlichen Rationszusammensetzungen der Tapirstandarddiäten erstaunt es nicht, dass auch die Meinungen über „normal“ geformten Tapirkot in verschiedenen Haltungen weit auseinandergehen. Generell ist der Kot bei Tapiren in Menschenobhut weicher, oft auch weniger geformt (WILKINS 2007) als bei wild lebenden Individuen beschriebenen (WALLACH & BOEVER 1983). Eine Kontrolle der Kotkonsistenz wird generell als wichtig erachtet. LEE (1993) und KUEHN (1986) raten, bei zu weichem Kot die Obst- und Gemüsemenge bzw. Grünfuttermenge in der Ration entsprechend anzupassen. Da Tapire ihren Kot gern im Wasser absetzen (BODMER 1991), kann sich jedoch die Kontrolle der Konsistenz als schwierig erweisen.

JANSSEN et al. (1999) beschreiben den Urin von Tapiren als trüb wie den von Pferden und Nashörnern.

2.3.3 Fütterungsbedingte Gesundheitsprobleme

Bei vielen Gesundheitsproblemen, die Tapire in Menschenobhut betreffen, spielt ihre Ernährung direkt oder indirekt eine Rolle. Spezies-spezifische Unterschiede hinsichtlich der Krankheitsmuster existieren offensichtlich nicht zwischen den einzelnen Tapirarten (JANSSEN et al. 1996).

2.3.3.1 Erkrankungen des Verdauungstrakts

Erkrankungen des Verdauungstrakts kommen bei Tapiren im Zoo häufig vor (REICHEL 1976, JANSSEN et al. 1999) und stellen auch die häufigste Todesursache bei Tapiren in Menschenobhut dar (JANSSEN et al. 1996). Die meisten dieser Krankheiten sind nichtinfektiöser Natur (JANSSEN et al. 1999).

Abszesse im Kopfbereich werden beim Tapir oft beschrieben. Nach GÖLTENBOTH (1967), REICHEL (1976) und RAMSAY & ZAINUDDIN (1993) treten sie meist im Bereich des Unterkiefers und der Parotis auf. Das Knochengewebe ist in vielen Fällen ebenfalls betroffen und die Abszesse können fisteln (KUEHN 1986, RAMSAY & ZAINUDDIN 1993). Während JANSSEN et al. (1999) als häufigste Ursache Wurzelspitzenabszesse der Molaren oder Erkrankungen der Wurzelhaut annehmen, sprechen RAMSAY & ZAINUDDIN (1993) von einer Krankheit unbekannter Pathogenese. Sie vermuten aber, dass ihr die gleichen Ursachen zugrunde liegen wie der „lumpy jaw“ oder Aktinomykose der Rinder: Bei dieser dringt *Actinomyces bovis*, ein ubiquitärer Keim der Maulschleimhaut, vermutlich durch kleine Verletzungen ein, wie sie durch grobstengeliges Futter und harte Pflanzenteile verursacht werden. Er befällt das Knochengewebe des Unter- und Oberkiefers und führt zu großflächigen, eitrigen Einschmelzungen mit Abszessbildung (ROSENBERGER 1994). KLOMBURG (1995) beschreibt bei Tapiren ebenfalls derbe, knochenharte und nicht verschiebbare Umfangsvermehrungen vor allem am Unterkiefer als Aktinomykose. Aus den Läsionen wurden bei Tapiren neben *Actinomyces bovis* verschiedene andere Erreger isoliert (Rein- und Mischinfektionen) (REICHEL 1976, RAMSAY & ZAINUDDIN 1993). Es liegen keine Angaben vor, ob es sich, analog zu den Verhältnissen beim Rind (ROSENBERGER 1994), bei allen anderen Keimen als *A. bovis* lediglich um sekundäre Begleitkeime handelt. Nur KUEHN (1986) vermutet, dass der Aktinomykose-Komplex bei Tapiren durch den Eintritt einer Vielfalt von Bakterien und Pilzen durch Mikroläsionen der

Maulschleimhaut hervorgerufen werden könnte. Prophylaktisch wird von vielen Autoren deshalb empfohlen, das Futter zu zerkleinern, Heu zu häckseln oder Heu und andere harte Futterbestandteile kurz einzuweichen. Einige Tapire weichen ihr Heu auch selbst ein (KUEHN 1986). Die Gabe von grobstengeligem Heu niedriger Qualität sollte nach Ansicht einiger Autoren ganz vermieden werden (KUEHN 1986, LEE 1993). Einen Zusammenhang des Auftretens von „lumpy jaw“ mit der Fütterung bei Zoo-Tapiren vermutet auch FROLKA (1986). Die Abszesse können zum chronischen Problem (ALEXANDER 1978) werden und in Einzelfällen auch zu Osteomyelitis mit Todesfolge führen (JANSSEN et al. 1999). Eine Biopsie der Umfangsvermehrungen wird von RAMSAY & ZAINUDDIN (1993) empfohlen, da bei einem Schabrackentapir auch schon ein mandibulares Fibrosarkom festgestellt wurde (GÖLTENBOTH 1967).

Als ein weiteres vermutlich fütterungsbedingtes Problem bei Tapiren in Menschenobhut beschreibt FROLKA (1986) das Vorkommen von **Stomatitiden** bei erwachsenen Tieren, die nach Gabe von Vitaminen (A, C und B) komplikationslos abheilen. Ob es sich dabei um ein eigenes Problem oder um einen Teil des Aktinomykose-Komplexes handelt, bleibt unklar.

Zahnfrakturen sind bei Tapiren im Zoo kein unbekanntes Phänomen. Laut KLOMBURG (1995) betreffen sie vor allem die Incisivi und können zu Wurzelvereiterungen und Anorexie führen. Ein Zusammenhang mit der Fütterung liegt hier ebenfalls nahe.

Neben anderen auslösenden Faktoren wie Parasitenbefall und infektiösen Ursachen kann **Durchfall** auch ernährungsbedingt sein (REICHEL 1976, JANSSEN et al. 1999). Dies ist nach KLOMBURG (1995) sogar häufig der Fall. Laut JANSSEN et al. (1999) ist die Ursache aber oft nicht einfach zu finden. Sie empfehlen deshalb insbesondere bei chronischen Durchfällen zuerst eine Überprüfung der Diät, besonders hinsichtlich eines zu hohen Anteils an Obst und Gemüse. FROLKA (1986) und KLOMBURG (1995) raten bei Durchfall zur Fütterung von „Schonkost“ in Form von zum Beispiel Schwarztee, Kamille, Reisbrühe bzw. gekochtem Reis, Leinsamenschleim, Karotten, geriebenen Äpfel, gutem Wiesenheu und Carbo adsorbens; ein zumindest hinsichtlich mancher Bestandteile kritisch zu überdenkender Vorschlag.

Tapire können aus verschiedenen Gründen **Obstipationen** entwickeln (JANSSEN et al. 1999), wobei die klinische Symptomatik erst am dritten oder vierten Tag deutlich

wird (FROLKA 1986, KLONBURG 1995) und dann weitgehend der Kolik des Pferdes gleicht (REICHEL 1976, KLONBURG 1995). Neben Kotverhalten wegen fehlender Bade- oder Duschmodöglichkeit (KLONBURG 1995) beschreiben REICHEL (1976), BACH et al. (1986) und KLONBURG (1995) Futterverfilzungen durch grobstengelige oder schwer verdauliche Futtermittel und Fremdkörper als Ursachen. Hier steht besonders die Aufnahme von Sand im Vordergrund (KUEHN 1986, KLONBURG 1995, JANSSEN et al. 1999). BACH et al. (1986) berichten von einer aufgrund einer Torsion im Colonbereich tödlich verlaufenden Sandkolik bei einem Schabrackentapir. Bei einem Bergtapir (*T. pinchchaque*) fanden BONNEY & CROTTY (1979) über 2 kg Sand in Caecum und Colon. Um Verstopfungen vorzubeugen, rät KLONBURG (1995) neben der Bereitstellung einer Bademöglichkeit zu einer angepassten Fütterung mit gutem, eventuell eingeweichtem Heu und Futter ohne harte Stengel und Strunke. Ihr Vorschlag zur prophylaktischen Gabe von Quark und Joghurtprodukten erscheint für Tapire als hauptsächliche Laubfresser allerdings fragwürdig. Für die besonders empfindlichen Schabrackentapire können nach WILSON & WILSON (1973) dem Futter leicht laxierend wirkende Gemüse wie Rhabarber beigefügt werden. Laut JANSSEN et al. (1999) sollte *Psyllium* regelmäßiger Rationsbestandteil sein und der Futterplatz so gewählt werden, dass kein Sand aufgenommen werden kann. KUEHN (1986) rät zusätzlich zur Bereitstellung von Salz- und Minerallecksteinen. BACH et al. (1986) schlagen vor, den Kot regelmäßig oder wenn notwendig auf das Vorhandensein von Sand zu untersuchen.

Es gibt mehrere Berichte über das Auftreten eines **Rektumprolapses** bei erwachsenen Tapiren (WILSON & WILSON 1973, SATTERFIELD & LESTER. 1974, JANSSEN et al. 1999). Die Krankheit kommt in heutiger Zeit weniger häufig vor als früher; meist sind Schabrackentapire betroffen (JANSSEN et al. 1999). Die genauen Ursachen für ihre Entstehung sind nicht geklärt, JANSSEN et al. (1999) vermuten aber ebenso wie WILSON & WILSON (1973), KUEHN (1986), LEE (1993) und OLMOS (1997) zumindest in einigen Fällen ungeeignetes Futter als Auslöser. SEITZ (2006) führt einen zu hohen Anteil an Früchten in der Ration als Risikofaktor an. Auch bei Chinchillas ist der Vorfall des Rektums ein wichtiges Problem, das zumeist durch vermehrtes Pressen im Zuge einer Obstipation ausgelöst wird. Ursache hierfür ist in der Regel eine zu faserarme Ration, die nur aus Mischfutter, Körnermischungen und kommerziellem Obst besteht (GÖBEL & EWRINGMANN 2005). Wahrscheinlich

ist beim Tapir eine ähnliche Pathogenese wie beim Panzernashorn. Bei dieser Tierart tritt ein Rektumprolaps meist im Zusammenhang mit Erkrankungen auf, die mit Tenesmus einhergehen (POLSTER 2004). Dafür spricht auch, dass bei Tapiren ein Vorfall des Rektum als Komplikation sowohl bei Durchfall (REICHEL 1976, KLOMBURG 1995, SEITZ 2006) als auch bei Verstopfung (REICHEL 1976, KUEHN 1986, KLOMBURG 1995, SEITZ 2006) beschrieben ist. Vorbeugend finden also die gleichen Maßnahmen Anwendung wie oben zur Vermeidung von Diarrhoe und Obstipationen dargestellt (WILSON & WILSON 1973, KLOMBURG 1995, JANSSEN 1999, SEITZ 2006). WILSON & WILSON (1973) halten es außerdem für vorteilhaft, Obst und Gemüse in Stücke zu schneiden – ein nicht zwingend einleuchtender Ratschlag. Jede Veränderung der Kotkonsistenz sollte ausreichend Beachtung finden (REICHEL 1976).

2.3.3.2 Erkrankungen des Respirationstraktes

Die meisten respiratorischen Erkrankungen bei Tapiren haben eine infektiöse Ursache (KLOMBURG 1995, JANSSEN et al. 1999). Dennoch sollte beim Auftreten von Symptomen wie Niesen, Husten und Nasenausfluss auch daran gedacht werden, dass Tapire in Gegenden mit hoher Luftfeuchtigkeit beheimatet sind. Sind sie vermehrt Staub ausgesetzt, sei es haltungs- oder fütterungsbedingt, könnte das bei ihnen ebenfalls Probleme im Bereich der oberen und unteren Luftwege verursachen. So beschreibt BAUMGARTNER (1992) eine deutliche Abnahme der respiratorischen Symptome, nachdem das Futterheu für Tapire mittels einer Rüttelmaschine entstaubt wurde.

2.3.3.3 Krankheiten von Haut und Hufen

Eine bei Zoo-Tapiren nicht selten auftretende Erkrankung wird von FINNEGAN et al. (1993) „**vesicular skin disease**“ genannt. Betroffen sind Tiere unter verschiedenen Haltungsbedingungen; Weibchen scheinen häufiger zu erkranken. Meist zeigen sich zunächst Papeln und Bläschen an Schultern, Rücken und im lumbosakralen Bereich, die dann verschmelzen und schließlich eine blutig-seröse Flüssigkeit freisetzen. Gleichzeitig treten häufig Ataxien der Hinterhand und Lahmheiten auf. Alle Symptome verschwinden innerhalb einiger Tage und die Haut heilt komplikationslos ab (JANSSEN et al. 1999). Während JANSSEN et al. (1999) von einer Krankheit

unbekannter Ursache sprechen, vermuten VERKAMEN et al. (2003) einen zu niedrigen Kupfergehalt im Blut als Auslöser, da Kupfermangel die Gefäßpermeabilität beeinflusst (KANEKO 1989). In der Tat sind die bisher bei Tapiren in Menschenobhut festgestellten Serum-Kupferwerte in einem Bereich, der beim Pferd nach RADOSTITS et al. (1994) den unteren Grenzbereich darstellt (JANSSEN et al. 1996), bzw. tatsächlich eine Mangelsituation bedeutet (VERKAMEN et al. 2003).

Vermutlich können sich auch Allergien auf verschiedene Futtermittel bei Tapiren in Form von Hautirritationen (FROLKA 1986, KLOMBURG 1995) äußern. FROLKA (1986) berichtet desweiteren von einer starken Hyperämie der Schleimhäute nach Verfütterung größerer Mengen gekochter Petersilie. Einen direkten Nachweis einer allergischen Reaktion eines Tapirs auf einen bestimmten Futterbestandteil gibt es bisher nicht; er dürfte auch schwierig zu erbringen sein. Ob ein Ausschluss durch Futterwechsel, wie KLOMBURG (1995) vorschlägt, durchführbar ist, sei dahingestellt.

Rezidivierende **Lahmheiten** werden bei Tapiren in Menschenobhut hauptsächlich mit zwei verschiedenen Krankheitsbildern in Verbindung gebracht. Einmal besteht eine generelle Neigung dieser Tiere zu Pododermatitiden (FROLKA, 1986, KUEHN 1986, LEE 1993, KLOMBURG 1995, JANSSEN et al. 1999, SEITZ 2006), zum anderen treten vor allem bei älteren Individuen häufig Beeinträchtigungen des Bewegungsapparates durch Arthrosen auf (REICHEL 1976, FROLKA, 1986, JANSSEN et al. 1999, SEITZ 2006). Bei Problemen mit Hufhorn und Sohlenballen wird als Ursache meist die Haltung auf zu hartem Substrat diskutiert. In der Tat scheinen sich betroffene Tiere oft gut zu erholen, wenn sie weicheren Bodengrund bekommen (KUEHN 1986, LEE 1993, KLOMBURG 1995). Eine Mitbeteiligung der Ernährung am Auftreten dieser Symptomatik wird von LOCK (1991), LEE (1993), CLAUSS & KIEFER (2003) und SEITZ (2006) vermutet. Ein Fall einer akuten, Reheartigen Erkrankung mit extremer Lahmheit aller Füße und dem Austritt seröser Flüssigkeit oberhalb des Kronsaums wurde bei einem Flachlandtapir beobachtet (KLOMBURG 1995). Die Überversorgung mit energiereicher Nahrung kann zu Adipositas führen, was bei Zoo-Herbivoren nicht selten vorkommt (SCHMIDT et al. 2005) und auch beim Tapir beschrieben ist (JANSSEN et al. 1999). Dies ist nicht nur eine weitere mögliche Ursache für Hufprobleme (CLAUSS et al. 2005), sondern könnte auch die Entstehung degenerativer Gelenkerkrankungen begünstigen.

2.3.3.4 Stoffwechselkrankheiten

Bei der **Hämochromatose** handelt es sich um Eisenablagerungen im Gewebe durch eine vermehrte Eisenzufuhr. Im Gegensatz zur Hämosiderose, der Speicherung von Eisen in Form von Hämosiderin hauptsächlich aus vermehrtem Anfall von Hämoglobin im Rahmen von Hämolyse, kann dabei der Grad der Eisenspeicherung zur ernsthaften Schädigung des betroffenen Organs führen (HERMANN 1999). Das Vorkommen von Hämochromatose bei Zoo-Tapiren ist bekannt (KEEBLE & SCUDAMORE 2001, JANSSEN 2003, BONAR et al. 2006), selbst wenn die Erkrankung bei dieser Tierart nicht zum Tod führt (BONAR et al. 2006). Das Phänomen der übermäßigen Fe-Speicherung tritt bei vielen Wildtierarten auf, wenn sie lange Zeit in Menschenobhut leben (LOWENSTINE & MUNSON 1999). PAGLIA & DENNIS (1999) konnten Hämochromatose bei Laub fressenden Nashörnern nachweisen, nicht jedoch bei Gras fressenden Arten. Sie werten die ansteigenden Serum-Eisen-Konzentrationen als eine Folge der Fütterung, verursacht durch die gesteigerte Bioverfügbarkeit des Eisens in der Zoo-Diät aufgrund des Fehlens natürlicher Eisen-Chelatbildner, die im Freiland in ihrer Laubnahrung enthalten sind. Da bei frei lebenden Tapir-Populationen geringere Serum-Eisen-Konzentrationen festgestellt wurden als bei Individuen verschiedener Tapir-Arten in Zoologischen Gärten (PAGLIA et al. 2000, HERNANDEZ-DIVERS et al. 2005), die darüber hinaus auch höhere Transferrin-Sättigungen und Serum-Ferritin-Konzentrationen (ansteigend mit der Zeit in Gefangenschaft) aufwiesen, vermuten PAGLIA et al. (2000), dass die chronischen Eisen-Überbelastungen auch bei Tapiren in Menschenobhut zu klinisch signifikanter Hämochromatose führen könnten. BONAR et al. (2006) konnten zwar keinen direkten Zusammenhang zwischen Hämochromatose und Fütterung nachweisen, halten aber ihre Entstehung für einen multifaktoriellen Prozess, wobei ein Fehlen von Eisen-Chelat-bindenden Komponenten wie Tanninen in der Ration oder eine Übersupplementierung mit Zitrusfrüchten und Vitamin C, was bei Vögeln mit der Entwicklung von Hämochromatose in Verbindung gebracht wurde (CRISSEY & MCGILL 1991), für möglich. Während PAGLIA et al. (2000) mutmaßt, dass eine erhöhte Virulenz eindringender Mikroorganismen durch freies Eisen am häufigen Auftreten von Infektionskrankheiten mitwirkt, konnten BONAR et al. (2006) keinen Zusammenhang zwischen Hämosiderose und anderen Erkrankungen nachweisen.

Ein Fall ernährungsbedingter **Myopathie**, charakterisiert durch Degeneration der Skelett- und Zungenmuskulatur, wurde bei der Sektion eines männlichen *T. terrestris* diagnostiziert und mit einem Mangel an Vitamin E in Verbindung gebracht. Dieser kommt sowohl bei Haus- als auch bei Wildtieren vor (YAMINI & VAN VEEN 1988).

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Studienziel

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die scheinbare Verdaulichkeit von Trockensubstanz, Roh Nährstoffen, Mineralstoffen und der Bruttoenergie unterschiedlicher Futtrationen bei Schabracken- und Flachlandtapiren in Menschenobhut zu bestimmen.

Die analysierten Werte werden mit denen aus Proben von Mageninhalt und Kot freilebender Flachlandtapire in Brasilien verglichen. Zusätzlich wird durch Fütterung zweier verschiedener Marker die Darmpassagezeit der einzelnen Rationen festgestellt.

Es soll außerdem der Versuch unternommen werden, Urinproben einzelner Tapire zur chemischen Analyse zu gewinnen und die Wasseraufnahme der Tiere zu messen.

3.1.2 Versuchsplan

Insgesamt sind an der Studie fünf Zoos mit insgesamt 18 Tapiren beteiligt. Dabei werden in Haltung A bei zwei Schabrackentapiren, in Haltung B bei vier Flachlandtapiren und einem Schabrackentapir, in Haltung C bei vier Flachlandtapiren, in Haltung D bei zwei Schabracken- und zwei Flachlandtapiren und in Haltung E bei drei Flachlandtapiren jeweils deren reguläre Rationen aus Kraft- und Grundfutter untersucht. In den Haltungen A und D wird im Anschluss an diese erste Versuchsperiode eine zweite durchgeführt, bei der eine nur aus Grundfutter bestehende Ration (Luzerneheu in Haltung A beziehungsweise Grasheu in Haltung D) gefüttert wird. Der zeitliche Ablauf der Versuche ist in Abbildung 6 dargestellt.

Im ersten Fütterungsversuch wird stets die für jeden Zoo und jedes Tier gängige Ration (Ration KG = Kraft- und Grundfutter) unter Beibehaltung der gewohnten Tagesabläufe untersucht, weshalb eine Anfütterungsphase vor Versuchsbeginn nicht notwendig ist. Danach folgt bei den Tapiren der Haltungen A und D eine sieben Tage dauernde Umstellung auf die kraftfutterfreie Ration (Ration G = Grundfutter). Nach dieser erfolgt die Datenerhebung für die zweite Versuchsperiode. In jedem Versuch

beginnt die Kot-Sammelperiode zwei Tage nach Beginn der Messung der Futteraufnahme, da FOOSE (1982) eine Passagezeit von 59-73 Stunden annimmt.

▼				▼							
Tag 1	Tag 2	-	7	Tag 8	-	Tag 14	Tag15	Tag16	-	21	
Futtermengenmessung (Ration KG)				Futterumstellung auf krafftutterfreie Ration (Ration G)				Futtermengenmessung (Ration G)			
	Kot-Sammelperiode				Kot-Sammelperiode				Kot-Sammelperiode		

Abb. 6: Zeitlicher Ablauf der Fütterungsversuche (Pfeilspitzen symbolisieren den Tag der Markerfütterung)

Die Darmpassagezeit wird bei allen Tieren für jede Ration bestimmt. Dazu werden den Tapiren jeweils am zweiten oder dritten Versuchstag zwei Marker als einmalige Boli verabreicht: Kobalt-EDTA und chromgebeizte Faser (Partikelgröße < 2 mm) ermöglichen einen Vergleich von flüssiger und partikulärer Phase.

3.1.3 Tiere

Die verwendeten Tapire sind in Tabelle 8 aufgeführt. Die Tiere sind zum Versuchszeitpunkt zwischen 1 und 24 Jahre alt.

Das Gewicht der Tapire wird während des Versuchs von Tierärzten, Inspektoren, Kuratoren und Tierpflegern geschätzt. Zusätzlich werden die Tiere einmal pro Versuchsdurchgang anhand von Fotos mittels des von WILKINS (2007) für Tapire entwickelten „body condition score“ (BCS) beurteilt. Dieser ermöglicht durch genaue Betrachtung von Rippen, Rücken, Nacken, Schultern, Schwanzansatz und Hüften eine Einschätzung der Körperkondition auf einer Skala von 1 (sehr ausgezehrt, knochige Individuen) bis 5 (fettleibige Tiere).

Tab. 8: Versuchstiere

Name	Tierart	Geschlecht	Alter [Jahre]	KM [kg]	Haltung	Ration
Nemo	Schabrackentapir	m	9	270*	A	KG G
Cora	Schabrackentapir	w	15	260* 255*	A	KG G
Indra	Flachlandtapir	w	11	215*	B	KG
Kuni	Flachlandtapir	m	9	195*	B	KG
Peggy	Flachlandtapir	w	1,5	180*	B	KG
Clara	Flachlandtapir	w	24	185*	B	KG
Jinak	Schabrackentapir	m	4	265*	B	KG
Prinz	Flachlandtapir	m	5	215*	C	KG
Jupp	Flachlandtapir	m	1	175*	C	KG
Fatima	Flachlandtapir	w	17	200*	C	KG
Johanna	Flachlandtapir	w	5	225*	C	KG
Flocke	Schabrackentapir	w	6	305*	D	KG G
Henk	Schabrackentapir	m	7	275*	D	KG G
Schlappi	Flachlandtapir	m	22	180*	D	KG G
Daisy	Flachlandtapir	w	23	185*	D	KG G
Fietje	Flachlandtapir	m	23	185*	E	KG
Bente	Flachlandtapir	w	19	185*	E	KG
Ronja	Flachlandtapir	w	2	185*	E	KG

* geschätztes Körpergewicht

Der Ernährungszustand der Tiere ändert sich während der Versuche nicht. Lediglich bei Cora ist während der Umstellung auf die Grundfütterration eine sichtbare Gewichtsabnahme (siehe auch Tabelle 8) zu verzeichnen.

Der Gesundheitszustand der Tiere ist gut; einzig Flocke leidet an einem chronischen Fußproblem, das behandelt wird. Einige Tapire waren bereits früher mit Kiefer- oder

Zahnerkrankungen aufgefallen, zum Zeitpunkt der Versuche liegen aber keine behandlungsbedürftigen Probleme vor.

Alle Tiere zeigen eine ungestörte Futteraufnahme und sind bei gutem Allgemeinbefinden.

3.1.4 Versuchsfutter

Beim ersten Versuch zur Bestimmung der Verdaulichkeit und Passagezeit werden allen Tapiren die Futterrationen in Menge und Zusammensetzung angeboten, die im jeweiligen Zoo dem jeweiligen Tier momentan gefüttert werden. Danach ist in den Haltungen B, C und E der Versuch beendet, bei den Tieren aus den Zoos A und D schließt sich nach einer einwöchigen Umstellungszeit eine zweite Versuchsperiode an, während der nur Grundfutter *ad libitum* gefüttert wird. Dabei handelt es sich im Fall der Schabrackentapire aus Haltung A um Luzerneheu, Haltung D füttert Grasheu. Die Zusammensetzung der Rationen geht aus den Tabellen 9, 10 und 11 hervor.

Tab. 9: Rationszusammensetzungen in Haltung B

Haltung B, Flachlandtapire		Haltung B, Schabrackentapir	
Ration KG	Futtermenge uS [kg]	Ration KG	Futtermenge uS [kg]
Grassilage	<i>ad libitum</i>	Grasheu	<i>ad libitum</i>
Heucops	0,57		
Pelletiertes Mischfutter (Wildfutterpellets)	0,86	Pelletiertes Mischfutter (Wildfutterpellets)	1,85
Gemischtes Getreide (gebrochen / gequetscht)	0,53	Gemischtes Getreide (gebrochen / gequetscht/ gekeimt)	0,92
Brot	0,02	Brot	0,02
Eier	0,02		
Obst / Gemüse	7,03	Obst / Gemüse	10,38
Mineralfutter	0,10	Mineralsalz	0,11

Tab. 10: Rationszusammensetzungen in den Haltungen C und E

Haltung C		Haltung E	
Ration KG	Futtermenge uS [kg]	Ration KG	Futtermenge uS [kg]
Grasheu	<i>ad libitum</i>	Grasheu	<i>ad libitum</i>
Getreide (gequetscht)	0,52		
Reis (Fatima, Jupp)	0,56	Reis	1,49
Nudeln (Fatima, Jupp)	0,42		
Brot	0,11	Brot	0,56
Obst / Gemüse	7,02	Obst / Gemüse	2,58

Tab. 11: Rationszusammensetzungen in den Haltungen A und D

Haltung A		Haltung D	
Ration KG	Futtermenge uS [kg]	Ration KG	Futtermenge uS [kg]
Luzerneheu	<i>ad libitum</i>	Grasheu	<i>ad libitum</i>
Heucops	0,39		
Pelletiertes Mischfutter	0,79	Pelletiertes Mischfutter	0,62
Brot	0,66	Brot	0,04
Obst / Gemüse	12,78	Obst / Gemüse	6,37
Mineralfutter	0,02		
Ration G	Futtermenge uS [kg]	Ration G	Futtermenge uS [kg]
Luzerneheu	<i>ad libitum</i>	Grasheu	<i>ad libitum</i>

Sämtliche Salzlecksteine werden für die Dauer der Versuche entfernt.

Die Nähr- und Mineralstoffgehalte der verschiedenen Futtermittel sind in den Tabellen Q bis T im Anhang aufgelistet.

3.1.5 Versuchsdurchführung und Probengewinnung

Die Versuche in Haltung E werden im Januar 2003, in Haltung A im November 2003, in Haltung B im Januar 2004, in Haltung C im Februar 2004 und in Haltung D im Januar 2005 durchgeführt. Die Versuche sind so terminiert, dass die Tiere beim Freilauf nicht unkontrolliert Futter (z. B. Laub oder Gras) aufnehmen können.

3.1.5.1 Haltung der Tiere

Prinzipiell wird den Tieren während der Versuchsperioden ein Zugang zum Wasserbecken verwehrt, wodurch Kotabsatz im Wasser bzw. unkontrollierte Wasseraufnahme ausgeschlossen werden. Die Tiere haben jederzeit Zugang zu Tränkebecken bzw. Selbsttränken. Die Tapire des Zoos E werden außerdem täglich mit dem Schlauch geduscht.

Während der Versuchsphasen werden die Tiere getrennt voneinander aufgestellt, damit Futteraufnahme und Kotabsatz zweifelsfrei zugeordnet werden können. Ebenso erfolgt der Freilauf einzeln. Nur in Haltung A werden die beiden Schabrackentapire gemeinsam in den Auslauf gelassen, wenn eine dauernde Beobachtung gewährleistet ist (siehe unten).

In Haltung A hat im Haus jedes Tier seine eigene 12 m² große Box, auf deren Boden ein spezieller Gummibelag aufgebracht ist. Der Freilauf erfolgt täglich je nach Witterung für eine bis vier Stunden auf einer gemeinsamen Anlage von 480 m² Größe mit Naturboden (Erde), der Wassergraben ist für die Dauer der Versuche leer. Im Außengehege sind die Tiere unter ständiger Beobachtung, so dass jeder Kotabsatz zweifelsfrei zugeordnet werden kann. Gefüttert wird einmal täglich nach Ende des Außenaufenthalts. Getränkt wird aus täglich frisch befüllten Trögen.

Der Flachlandtapirstall in Haltung B besteht aus 6 bis 8 m² großen Einzelboxen mit betonierten Böden, Liegebereiche mit Hanfstreu werden angeboten. Auslauf erhalten die Tiere einzeln wechselweise auf der 2200 m² großen Anlage mit Naturboden (Erde), wobei das Badebecken nicht gefüllt ist, und in drei abteilbaren Außengehegen mit Pflasterboden (Grundfläche 35, 50 und 60 m²). Die darin sonst vorhandenen Rindenmulchbetten werden für die Dauer der Versuche entfernt, um eine unkontrollierte Rindenmulchaufnahme zu verhindern. Die Fütterung erfolgt dreimal täglich, wobei der Hauptanteil der Ration bei der letzten Futtergabe am späten Nachmittag angeboten wird. Indra und Kuni werden aus Eimern getränkt, in den Boxen von Clara und Peggy sind Selbsttränken installiert.

Im Schabrackentapirstall ist der Bulle Jinak in einer 12 m² fassenden Einzelbox mit einem Heubett auf Betonboden und Selbsttränke untergebracht. Er wird zweimal täglich gefüttert und erhält je nach Witterung mehrere Stunden täglich Freilauf auf der 350 m² großen Anlage mit Natur- und Sandboden.

Die Flachlandtapire in Haltung C bewohnen einen Stall mit 6 bis 8 m² großen Einzelboxen, deren Bodengrund betoniert ist. Jedem Tier steht ein Ruhebett aus Heu zur Verfügung. Während der Versuche haben Prinz und Jupp tagsüber mehrere Stunden Zugang zu getrennten Abteilen der 400 m² großen Freianlage mit Naturboden bei unbefülltem Wasserbecken. Wasser steht den Tieren in Metallnapfen zur Verfügung, die bei Bedarf mehrmals täglich frisch gefüllt werden. Futter wird zweimal täglich angeboten.

In Haltung D bewohnen die Schabrackentapire die beiden 15 und 25 m² großen Hälften eines teilbaren Geheges, dessen Boden mit einer Gummigranulatschicht versehen ist. Den Flachlandtapiren stehen nachts Einzelboxen mit einer betonierten Grundfläche von jeweils 10 m², tagsüber einzeln auch eine 25 m² große Schauanlage (Bodengrund Gummigranulat) mit zugehörigem Gang zur Verfügung. Freilauf findet im Versuchszeitraum witterungsbedingt nicht statt. Die in den Anlagen integrierten Wasserbecken sind zu Zeiten der Datenerhebung geleert, Trinkwasser erhalten die Tiere über die Selbsttränken in den Boxen. Gefüttert wird einmal täglich. Die Flachlandtapire in Haltung E sind einzeln in 10 bis 40 m² großen Abteilen mit gekachelten Böden aufgestellt. Gefüttert wird einmal täglich, zur Wasseraufnahme stehen den drei Tieren Tröge zur Verfügung.

3.1.5.2 Kotproben

Jeder Kotabsatz eines Tapirs wird gesammelt und gewogen. Anschließend werden repräsentative Proben von 5 – 10 % des Gesamtgewichts genommen. Dabei wird die äußerste Schicht der Kotballen entfernt, um Verunreinigungen mit Erde, Sand und Harn auszuschließen. Die gewonnene Probe wird gemischt, in mehrere Aluschälchen eingewogen und umgehend bei –20 °C eingefroren.

Zusätzlich wird bei den Tapiren der Zoos A, B, C und D in jedem Versuchsdurchgang anhand von schriftlicher Dokumentation der Beschaffenheit und Fotos die Kotkonsistenz mittels einer von WILKINS (2007) entwickelten Skala von 1 (trockene, kleine, harte, kompakte Ballen) bis 5 (feuchter, ungeformter Kot) beurteilt.

3.1.5.3 Darmpassagezeit

Zur Bestimmung der Darmpassagezeit erhält jeder Tapir zu einem definierten Zeitpunkt (der als t_0 bezeichnet wird) 20 g chromgebeizte Faser und 2 g in ca. 10 ml Wasser gelöstes Co-EDTA zur oralen Aufnahme. Die chromgebeizte Faser wird mit zerdrückten Bananen gemischt, das flüssige Co-EDTA über getrocknete Brötchen gegeben. Auf diese Weise akzeptieren die Tiere die Marker problemlos. Die Zeit der Markeraufnahme wird protokolliert, ebenso werden die Zeiten jeder Defäkation nach der Markerausgabe notiert und jeder Kothaufen einzeln beprobt. Defäkationen über Nacht gehen als Sammelproben in die Untersuchung ein; die Ermittlung der Absatzzeit erfolgt durch Mittelung des beobachtungsfreien Zeitraumes. Chrom- und

Kobaltgehalte aller Proben werden im Anschluss an die Probenvorbereitung (siehe unten) bestimmt.

3.1.5.4 Scheinbare Verdaulichkeit

Die Ermittlung der scheinbaren Verdaulichkeit geschieht durch Anwendung der Kollektionsmethode und durch Errechnung mittels interner Marker.

Bei der Kollektionsmethode wird der gesamte während des Versuchszeitraums abgesetzte Kot gesammelt, gewogen und repräsentative Proben von 5 - 10 % jedes Kotabsatzes abgewogen und durch Einfrieren in Aluschälchen bei -20 °C konserviert. Die Proben werden später gefriergetrocknet und zurückgewogen. Sie gehen dann im prozentualen TS-Anteil der ursprünglich jeweils abgesetzten Kotmenge in eine Sammelprobe ein, aus der die Analyse der Inhaltsstoffe erfolgt.

Die Futtermengen werden ebenfalls für die Dauer der Versuchsperiode gewogen. Von allen Rationsbestandteilen werden repräsentative Futterproben genommen, gewogen und bei -20 °C bis zur Gefriertrocknung ein gefroren. Nach dem Trocknen und Rückwiegen werden sie einzeln oder als Futtermittelmischungen, zusammengesetzt nach dem prozentualen Anteil an Trockensubstanz in der Ration, auf ihre Inhaltsstoffe analysiert.

3.1.5.5 Kot-pH

In allen Zoos wird bei möglichst vielen Tieren so oft wie möglich der pH-Wert in frisch abgesetztem Kot gemessen.

3.1.5.6 Wasseraufnahme

Bei den Tieren, die aus Trögen oder Eimern getränkt werden, soll die Wasseraufnahme bestimmt werden. Zu diesem Zweck werden die Tränkgefäße stets mit einer vorher abgemessenen Wassermenge gefüllt und am nächsten Tag das jeweilige Restvolumen vom Gesamtfüllvolumen abgezogen. Auf diese Weise wird bei allen Tieren ohne Selbsttränke -außer bei Nemo und Kuni- die tägliche Wasseraufnahme ermittelt. Auf einen Versuch zur Bestimmung der Verdunstungsverluste wird aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit und der daraus resultierenden geringen Verdunstung verzichtet.

3.1.5.7 Urinproben

Bei jeder sich bietenden Gelegenheit wird versucht, frische, saubere und unverdünnte Urinproben zu gewinnen. Sobald ein Tapir in der Box oder auf dem Treibgang auf sauberem, trockenem Untergrund Urin abgesetzt hat, wird eine Probe genommen. Gut möglich ist das bei den Tieren der Haltung E, die oft vor dem Abduschen mit dem Schlauch spontan urinieren. Im Zoo A gelingt das Beprobieren der Tiere dadurch, dass abends in die Gullieinsätze der Abflüsse in den Boxen Plastiktüten gehängt werden. Morgens nach dem Aufstehen setzen die Tiere meist bald Urin ab. Bei der morgendlichen Reinigung der Box kann dann eine Probenahme aus dem Plastikbeutel erfolgen.

Bis zur Analyse werden die Proben bei -20 °C aufbewahrt.

3.1.6 Kot, Mageninhalt und Futterproben frei lebender Tapire

Der Kot der Flachlandtapire aus dem Freiland stammt von Tieren aus São Paulo, Brasilien. Der Mageninhalt kommt ebenfalls von einem frei lebenden Flachlandtapir aus dieser Region, der durch einen Verkehrsunfall getötet wurde. Da im Mageninhalt ein großer Anteil von Palmfrüchten der Art *Syagrus romanzoffiana* vorherrscht, wird eine Probe dieser „Jeriva“ genannten Früchte ebenfalls in die Analysen einbezogen. Alle Proben sind von Patricia Medici, Vorsitzende der Tapir Specialist Group, gesammelt und zur Untersuchung zur Verfügung gestellt. Die Proben werden bis Analysebeginn ebenfalls bei -20 °C gelagert.

3.1.7 Probenvorbereitung

Die Kotproben für die Bestimmung der Passagezeit und die Verdaulichkeitsuntersuchungen sowie die Futterproben werden ebenso wie die Proben von Kot und Mageninhalt der brasilianischen frei lebenden Tapire gefroren im Lyophilisator (CHRIST® Gamma 1-20) bei ca. 35 °C getrocknet. Eine repräsentative Teilprobe wird für die Bestimmung der Trockensubstanz im Trockenschrank getrocknet.

Nach dem anschließenden Rückwiegen der Proben werden diese in einer Mühle (Retsch ZM100, Siebgröße 0,5 mm) fein zerkleinert und homogenisiert. Die Kotproben für die Verdaulichkeitsuntersuchungen werden im Anschluss daran prozentual dem Anteil des entsprechenden Kotabsatzes an der Gesamtkotmenge zu

einer Sammelprobe vermengt und wiederum gründlich durchmischt. Alle Proben werden bis zur weiteren Verarbeitung trocken und dunkel bei maximal 3 °C aufbewahrt. Zu Beginn der Analysen wird nach nochmaliger Durchmischung ein Teil jeder Probe erneut bis zur Gewichtskonstanz in den Trockenschrank gegeben, um den Feuchtigkeitsgehalt zu bestimmen, der durch Mahlen und Lagerung entstanden ist. Dieser wird bei den Bestimmungen der Nährstoffgehalte mit eingerechnet.

Die pH-Wert-Bestimmung erfolgt aus frischem Kot.

3.1.8 Prüfparameter

3.1.8.1 Futter

Rohnährstoffe:

Trockensubstanz (TS)

Rohasche (Ra)

Rohprotein (Rp)

Rohfett (Rfe)

Rohfaser (Rfa)

Stickstofffreie Extraktstoffe (NfE)

Rest-Kohlehydrate (R-KH)

Organische Substanz (oS)

Salzsäureunlösliche Asche (Acid insoluble ash, AIA)

Gerüstsubstanzen:

Neutral detergent fiber (NDF)

Acid detergent fiber (ADF)

Acid detergent lignin (ADL)

Hemizellulose (HC)

Zellulose (C)

Bruttoenergie

Mineralstoffe:

Kalzium (Ca)

Natrium (Na)

Kalium (K)
Phosphor (P)
Magnesium (Mg)
Kupfer (Cu)
Eisen (Fe)
Zink (Zn)

3.1.8.2 Kot

(zusätzlich zu den im Futter bestimmten)

pH-Wert

Marker:

Chrom
Kobalt

3.1.8.3 Urin

Mineralstoffe:

Kalzium (Ca)
Natrium (Na)
Kalium (K)
Phosphor (P)

Kreatinin

3.1.9 Analysemethoden

3.1.9.1 Futter und Kot

3.1.9.1.1 Rohnährstoffe

Die Analyse der Rohnährstoffe sowie die Bestimmung der Trockensubstanz in Futtermitteln und Kot erfolgt gemäß der Vorschriften der Weender Futtermittelanalyse in der Fassung von NAUMANN & BASSLER (1988). Zum

Ausschluss von Messfehlern wird die Bestimmung für alle Werte von allen Proben im Doppelansatz durchgeführt.

Trockensubstanz (TS):

Trocknung im Trockenschrank bei 103 °C bis zur Gewichtskonstanz, jedoch mindestens 5 Stunden.

Rohasche (Ra):

Veraschung im Muffelofen bei 550 °C für mindestens 6 Stunden.

Rohprotein (Rp):

Aufschluss von ca. 1 g Probe mit konzentrierter Schwefelsäure nach Kjeldahl, dadurch Überführung des Stickstoffs in die Ammoniumform im Digestor 2020 der Firma FOSS, danach Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts durch Titration mit Salzsäure im FOSS Kjeltac™ 2400 und Berechnung des Rohproteins mit dem Faktor 6,25.

Rohfett (Rfe):

Extrahieren von ca. 2 g Probe mit Petroläther in der Soxhletapparatur (Soxtec AVANI und 2050 SOXTEC Auto Control Unit und Drive Unit, Firma FOSS), trocknen und wiegen.

Rohfaser (Rfa):

Kochen von ca. 1 g Probe für je 30 Minuten nacheinander mit 1,25 %-iger Schwefelsäure und 1,25 %-iger Natronlauge im ANKOM²²⁰ FIBER ANALYZER der Firma ANKOM Technology Corporation, dazwischen und danach mit destilliertem Wasser waschen und abschließend mit Azeton entfetten. Nach dem Trocknen im Trockenschrank wiegen, im Muffelofen veraschen und erneut wiegen. Subtrahieren des Aschewerts vom Wert des Rückstands nach dem Trocknen im Trockenschrank.

Stickstofffreie Extraktstoffe (NfE):

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

Rest-Kohlehydrate (R-KH):

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

Organische Substanz (oS):

Rechnerische Bestimmung: $oS = TS - Ra$

Salzsäureunlösliche Asche (Acid insoluble ash, AIA):

5 g Probe bei 550 °C über Nacht, aber für mindesten s 6 Stunden veraschen, wiegen, Asche in 25 %-iger Salzsäure lösen, erwärmen und 15 min in der Siedehitze behandeln. Anschließend mit heißem destillierten Wasser spülen, bis der pH-Wert des Waschwassers neutral ist. Trocknen im Trockenschrank und erneut wiegen.

3.1.9.1.2 Gerüstsubstanzen

Auch bei der Bestimmung der Gerüstsubstanzen nach der Methode VAN SOEST (1967) wird eine Doppelanalyse durchgeführt.

Neutral detergent fiber (NDF):

Da manche der Futtermittel und Futtermittelmischungen sehr stärkehaltig sind und nach MCQUEEN & NICHOLSON (1979) bei der NDF-Bestimmung die Filtrierbarkeit der Probe durch Anwesenheit von Stärke abnimmt, was zu einer Verfälschung der Analyseergebnisse führt, werden 0,5 g jeder Probe zunächst mit bakterieller Alpha-Amylase inkubiert. Um eine Vergleichbarkeit der Werte zu gewährleisten, werden alle Proben dieser Behandlung unterzogen. Anschließend werden sie im ANKOM²²⁰ FIBER ANALYZER der Firma ANKOM Technology Corporation mit neutraler Detergentienlösung 1 Stunde gekocht, mit heißem destillierten Wasser gewaschen und mit Azeton entfettet. Nach dem Trocknen im Trockenschrank wird gewogen, im Muffelofen verascht und wiederum gewogen. Der Aschewert wird vom Rückstandswert nach dem Trocknen abgezogen.

Acid detergent fiber (ADF):

Ca 1 g Probe mit saurer Detergentienlösung im ANKOM²²⁰ FIBER ANALYZER der Firma ANKOM Technology Corporation 1 Stunde kochen, mit heißem destillierten Wasser waschen, mit Azeton entfetten, trocknen und wiegen.

Acid detergent lignin (ADL):

Im Anschluss an die ADL-Bestimmung die Proben für 3 Stunden in 72 %-ige Schwefelsäure geben, dabei regelmäßig umrühren. Dann mit heißem destillierten Wasser waschen, mit Azeton entfetten, im Trockenschrank trocknen und wiegen. Veraschen, Rückstand erneut wiegen und Aschewert vom Rückstandswert nach dem Trocknen subtrahieren.

Hemizellulose (HC):

Rechnerische Bestimmung: $HC = NDF - ADF$

Zellulose (C):

Rechnerische Bestimmung: $C = ADF - ADL$

3.1.9.1.3 Bruttoenergie

Zur Bestimmung der Bruttoenergie wird das IKA[®]-Kalorimetersystem C 2000 basic der Firma IKA[®]-WERKE benutzt. Je nach Volumen werden 0,2 – 0,3 g der Probe in ein Verbrennungstütchen aus Polyäthylen eingewogen und dieses in die mit Zünddraht und Zündfaden vorbereitete Kalorimeterbombe verbracht. Der verschlossenen Bombe wird in einem mit Wasser gefüllten Kessel über ein Ventil 30 bar Sauerstoff zugeführt. Nach einem Temperatúrausgleich (Vorversuch) findet die Zündung statt. Die bei der Verbrennung entstehende Wärme bewirkt eine Temperaturerhöhung des Kesselwassers. Der Versuch ist abgeschlossen, wenn die Wassertemperatur nicht mehr steigt.

Aus der Differenz zwischen Anfangs- und Endtemperatur (ΔT), der Wärmekapazität (C) des Kalorimeters und dem Gewicht der eingewogenen Probe (m_p) errechnet sich nach Korrektur um die Summe der Brennwerte von Tütchen, Zünddraht und Zündfaden der Brennwert der Probe. Pro Probensorte erfolgt eine fünfmalige Bestimmung des Brennwertes, welcher dann gemittelt wird.

3.1.9.1.4 Mineralstoffe

Der Mineralstoffbestimmung geht die Probenvorbereitung mittels Mikrowellenaufschluss voraus. Dazu wird 5 ml Salpetersäure zu 0,5 – 1 g Probe gegeben und diese dann im MLS-ETHOS 1600 Mikrowellensystem der Firma MLS

GmbH nassverascht. Die abgekühlte Lösung wird mit destilliertem Wasser auf 10 ml aufgefüllt. Von jeder Probe werden auf diese Weise zwei Ansätze für die Mineralstoffanalyse homogenisiert. Je nach Höhe des Mineralstoffgehalts werden, falls nötig, mit destilliertem Wasser entsprechende Verdünnungen hergestellt. Die Analyseergebnisse für jede Probensorte werden als Mittelwert angegeben.

Kalzium / Natrium / Kalium:

Die Kalzium-, Natrium- und Kaliumgehalte werden mit einem Eppendorf Flammenphotometer EFOX 5053 gemessen. Dafür werden die Proben nach Verdünnung mit Lithiumlösung mit Acetylen verbrannt und die Flammenfärbung photometrisch erfasst.

Phosphor:

Die Bestimmung von anorganischem Phosphor erfolgt in einem Spektralphotometer (GENESYS 10 UV, Firma Thermo Spectronic). 0,05 ml der Veraschungslösung werden mit Trichloressigsäure sowie einer 1:1-Mischung aus Ammoniummolybdat und Ammoniumvanadat versetzt. Durch Komplexbildung entsteht eine Gelbfärbung, deren Intensität bei 366 nm im Photometer gemessen wird. Dabei ist die Zunahme der Extinktion der Phosphorkonzentration direkt proportional.

Magnesium / Kupfer / Eisen / Zink:

Magnesium, Kupfer, Eisen und Zink werden im Atomabsorptionsspektrometer AAnalyst 800 von Perkin-Elmer aus der Nassveraschungslösung bestimmt.

3.1.9.1.5 pH-Wert

Aus der Mitte eines frisch abgesetzten Kotballens wird 1,5 g Probenmaterial entnommen, sofort mit 3 ml 20 °C warmem Wasser (pH 7) vermischt und der pH-Wert umgehend mit einem Mikroprozessor pH-Meter pH 325 (Firma WTW) gemessen. Das pH-Meter wird täglich vor Beginn der Messungen geeicht.

3.1.9.1.6 Marker

Chrom / Kobalt:

Die Bestimmung der Chrom- und Kobaltgehalte wird am Institut für Tierwissenschaften, Abteilung Tierernährung in Bonn nach folgender Methode durchgeführt: Je 0,3 g Probe werden mit je 5 ml 72 %-iger Schwefelsäure versetzt und über Nacht in 20-ml-Reagenzgläsern in einem Reagenzglasschüttler belassen. Nach so erfolgtem Aufschluss wird die Lösung filtriert und aus ihr Chrom und Kobalt am Atomabsorptionsspektrophotometer (Typ 1100B, Firma Perkin-Elmer) bestimmt.

3.1.9.2 Urin

Nach dem Auftauen wird aus allen Urinproben eines Tiers eine Sammelprobe erstellt. Diese wird gründlich gemischt, bis kein Bodensatz mehr sichtbar ist und anschließend mittels Nassveraschung wie unter Punkt 3.1.9.1.4 dargestellt für die weiteren Analysen aufgeschlossen.

Kalzium / Natrium / Kalium / Phosphor:

Die Mineralstoffbestimmung wird analog der unter Abschnitt 3.1.9.1.4 beschriebenen Vorgehensweise durchgeführt.

Kreatinin:

Die Gehalte an Urin-Kreatinin werden durch ELISA (Typ Sunrise Remote, Firma TECAN) mittels Testkit der Firma Metra Biosystems festgestellt. Dabei werden die Proben in verschiedenen Verdünnungen auf Probenplatten mit Pikrinsäure in Kontakt gebracht. Die dadurch entstehende Farbreaktion misst man bei 490 nm photometrisch und wertet sie mit Hilfe von gleichzeitig durchgeführten Standardmessungen aus.

3.1.10 Berechnungsmethoden

3.1.10.1 Rationsberechnung

Die Rationsberechnung erfolgt für jedes Tier und jede Ration auf der Grundlage der täglich durchgeführten Wägung aller einzelnen Futterbestandteile und der Analyse

der Nährstoffzusammensetzung der verschiedenen Futtermittel und Futtermittelmischungen.

3.1.10.2 *Scheinbare Verdaulichkeit*

Die scheinbare Verdaulichkeit der Nährstoffe ergibt sich für alle angebotenen Rationen (zooeigene Fütterung und reine Raufuttergaben) aus der Berechnung mit nachstehender Formel:

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

3.1.10.3 *Passageparameter*

Die Formel von THIELEMANS et al. (1978) gibt die mittlere Retentionszeit (MRT) an:

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

Dabei bezeichnet t_i die Zeit nach Markerfütterung (in Stunden), C_i die Konzentration des Markers in der Probe zur Zeit t_i , und dt_i den berechneten Zeitabstand der jeweiligen Probe:

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

3.1.11 **Statistische Methoden**

Alle Ergebnisse werden als Durchschnittswerte mit Standardabweichungen, bezogen auf die Haltungen, angegeben. Ein statistischer Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Haltungen wird wegen der geringen Anzahl der Tiere in jeder Haltung ($n = 1-4$) nicht vorgenommen.

Zusammenhänge zwischen zwei Variablen werden durch eine einfache lineare Regressionsanalyse dargestellt. Die Faktoren zur rechnerischen Bestimmung der GE werden über eine multiple Regression bestimmt.

Zum Vergleich der pH-Werte wird eine Varianzanalyse (Dunn´s-Test) durchgeführt.

3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse werden, soweit nicht anders gekennzeichnet, für jede Versuchsperiode und jede Tapirart als Mittelwerte mit Standardabweichungen angegeben. Die Einzelwerte aller Tiere sind im Tabellenanhang aufgeführt.

3.2.1 Gesundheitszustand

Das Allgemeinbefinden der Tiere ist sowohl während der Versuche als auch in der Umstellungszeit zwischen zwei Versuchsphasen weitestgehend ungestört. Flocke leidet an einem chronischen Fußproblem (siehe Abschnitt 3.1.3), das auch während der Versuche weiter behandelt wird. Henk verliert während des ersten Versuchsdurchgangs einen Backenzahn. Cora hat, bereits seit mehreren Jahren, eine reaktionslose Umfangsvermehrung am Unterkiefer.

3.2.2 Ernährungszustand

Das Gewicht der Tapire wird mittels Schätzung durch mehrere Personen vor Versuchsbeginn ermittelt (siehe auch Kapitel 3.1.3). Während der Versuchs- und Umstellungsphasen wird protokolliert, ob sich der Ernährungszustand der Tiere ändert (subjektive Beobachtung). Zusätzlich wird das von WILKINS (2007) für Tapire modifizierte „body condition scoring system“ (siehe Abschnitt 3.1.3) herangezogen, um objektiv für jede Versuchsphase anhand von Fotos die Körperkondition der Tiere auf einer Skala von 1 (sehr ausgezehrt, knochige Individuen) bis 5 (fettleibige Tiere) zu bewerten. Bis auf Cora, bei der während der Umstellung auf die kraftfutterfreie Ration ein sichtbarer Gewichtsverlust eintritt, lässt sich während der Versuche keine Veränderung des Ernährungszustandes feststellen. Die Tiere sind in unterschiedlicher Verfassung, von dünn (BCS 2) bis fettleibig (BCS 5), wobei sie von den Tierpflegern, obwohl bezüglich des Körpergewichts durchaus verschieden und realistisch eingeschätzt, durchwegs als „gut genährt aber nicht übergewichtig“ eingestuft werden. In Tabelle 12 sind geschätztes Körpergewicht und BCS aller Tiere aufgeführt.

Tab. 12: Geschätztes Körpergewicht und BCS jedes Tieres für alle Versuchsdurchgänge

Versuchsperiode	Tierart	Tier	KM [kg]	BCS	
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	270*	4	
		Cora	260*	3	
		Jinak	265*	3	
		Flocke	305*	4	
		Henk	275*	3	
		Flachlandtapir	Indra	215*	4
			Kuni	195*	3
	Peggy		180*	3	
	Clara		185*	2,5	
	Prinz		215*	4	
	Jupp		175*	3	
	Fatima		200*	4	
	nur Heufütterung	Schabrackentapir	Johanna	225*	5
			Schlappi	180*	2
Daisy			185*	2,5	
Fietje			185*	-**	
Bente			185*	-**	
Flachlandtapir		Ronja	185*	-**	
		Nemo	270*	4	
		Cora	255*	2	
		Flocke	305*	4	
		Henk	275*	3	
	Flachlandtapir	Schlappi	180*	2	
		Daisy	185*	2,5	

* geschätztes Körpergewicht (Mittelwert mehrerer Schätzungen)

** BSC-Bestimmung nicht durchgeführt

3.2.3 Futterakzeptanz und –aufnahme

Die Akzeptanz von Futter und Markersubstanzen ist bei allen Tieren und allen Versuchsdurchgängen gut. Bei einigen Tapiren finden sich beim Reinigen der Boxen vereinzelt (Cora und Clara) oder täglich (Fatima und Daisy) Heuwickel, obwohl sie Raufutter nicht schlechter aufnehmen als Tiere, die keine Wickel kauen.

Cora zeigt die Angewohnheit, ihr Heu vor dem Fressen einzuweichen.

Aus Tabelle 13 geht die im Mittelwert täglich während des Versuchsabschnitts aufgenommene Menge an Trockensubstanz in kg, in % der Körpermasse (KM) und in g/kg metabolischer Körpermasse (MKM) hervor.

Tab. 13: Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg], [% KM] und [g/kg MKM]

Ration	Tierart	Tier	n	TS-Aufnahme		
				[kg]	[% KM]	[g/kg MKM]
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	3,8	1,4	58,2
				±0,5	±0,1	±6,3
		Ji	1	5,0	1,9	76,5
		Fl,He	2	4,2	1,4	58,7
				±1,8	±0,5	±22,5
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	3,3	1,7	63,6
					±0,6	±0,2
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	2,3	1,1	42,9
				±0,3	±0,3	±9,7
		Sc,Da	2	2,3	1,3	46,2
				±0,3	±0,1	±5,1
		Fi,Be,Ro	3	1,4	0,8	29,0
				±0,2	±0,1	±3,4
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	1,3	0,5	20,2
				±0,8	±0,3	±11,9
		Fl,He	2	4,4	1,5	61,5
				±2,2	±0,6	±28,0
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	1,2	0,7	25,1
					±0,6	±0,3

3.2.4 Rationszusammensetzung

Die Zusammensetzung der verschiedenen Rationen ist in Tabelle 14 dargestellt. Tabelle 15 zeigt den jeweiligen Gehalt an Rohnährstoffen, organischer Substanz und Energie, in Tabelle 16 sind die Anteile an Gerüstsubstanzen und säureunlöslicher Asche angegeben und Tabelle 17 gibt über die Mineralstoffgehalte der einzelnen Rationen Aufschluss.

Tab. 14: TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme]

Ration	Tierart	Tier	n	Raufutter*	pelletierte Mischfutter	übrige Stärketräger**	Obst Gemüse	Mineralfutter	Eier	Anteil [%]	
										strukturiert	unstrukturiert
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	20,3	17,6	16,0	45,7	0,5	-	20,3	79,7
				±17,7	±5,8	±4,0	±7,7	±0,2		±17,7	±17,7
		Ji	1	22,6	32,1	14,7	28,5	2,1	-	22,6	77,4
		Fl,He	2	60,5	12,2	0,9	26,5	-	-	60,5	39,6
				±17,7	±5,4	±0,4	±12,0			±17,7	±17,7
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	19,9	35,2	15,2	26,8	2,9	0,1	19,9	80,1
				±12,7	±4,2	±3,6	±4,8	±0,6	±0,1	±12,7	±12,7
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	12,7	-	29,0	58,3	-	-	12,7	87,3
				±3,8		±9,9	±11,9			±3,8	±3,8
		Sc,Da	2	29,4	28,7	1,5	40,4	-	-	29,4	70,6
		Fi,Be,Ro	3	±9,1	±3,8	±0,4	±4,8			±9,1	±9,1
				11,1	-	60,8	28,1	-	-	11,1	88,9
				±2,8		±1,0	±2,9			±2,8	±2,8
				98,4	-	0,6	1,0	-	-	98,4	1,6
				±1,0		±0,4	±0,6			±1,0	±1,0
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Fl,He	2	99,0	-	0,4	0,6	-	-	99,0	1,0
				±0,4		±0,1	±0,3			±0,4	±0,4
		Sc,Da	2	96,6	-	1,4	2,0	-	-	96,6	3,4
				±1,6		±0,7	±0,8			±1,6	±1,6

* Grasheu, Luzerneheu, Grassilage

** Getreide, Brot, Nudeln, Reis, Kartoffeln

Tab. 15: Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS]

Ration	Tierart	Tier	n	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	GE
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	93,9	6,1	9,7	1,2	15,0	67,9	55,9	18,1
				±0,0	±0,0	±0,3	±0,1	±6,1	±6,3	±6,7	±0,2
		Ji	1	91,8	8,2	10,9	2,4	13,7	64,8	49,0	18,2
		Fl,He	2	91,5	8,5	9,8	2,0	19,0	60,7	39,1	18,3
				±0,7	±0,7	±0,2	±0,2	±3,4	±4,4	±7,4	±0,1
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	91,9	8,1	10,0	2,3	15,5	64,1	47,5	18,3
							±0,2	±0,2	±0,3	±0,1	±3,4
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	96,3	3,7	7,0	1,6	6,6	81,2	67,9	18,4
				±0,2	±0,2	±0,6	±0,3	±1,0	±1,5	±3,8	±0,2
		Sc,Da	2	92,2	7,8	10,5	1,8	13,1	66,8	49,6	18,2
				±0,3	±0,3	±0,0	±0,1	±1,8	±2,2	±3,5	±0,0
		Fi,Be,Ro	3	97,0	3,0	9,4	0,4	5,2	82,1	68,1	18,2
				±0,0	±0,0	±0,1	±0,0	±0,7	±0,8	±1,4	±0,0
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	93,0	7,0	12,7	1,3	42,4	36,7	22,1	18,9
				±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,4	±0,5	±0,5	±0,0
		Fl,He	2	90,1	9,9	10,2	2,4	26,4	51,1	22,9	18,5
				±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±0,1	±0,2	±0,3	±0,0
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	90,3	9,7	10,1	2,4	25,8	52,0	24,2	18,5
							±0,1	±0,1	±0,0	±0,0	±0,4

Tab. 16: Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS]

Ration	Tierart	Tier	n	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	27,0	16,7	4,0	10,4	12,7	0,5
				±6,5	±5,8	±1,5	±0,7	±4,3	±0,1
		Ji	1	29,6	15,6	2,3	14,0	13,4	0,9
		Fl,He	2	40,5	22,2	5,0	18,3	17,1	2,4
				±6,4	±3,4	±0,6	±3,0	±2,8	±0,5
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	32,1	17,2	2,6	14,9	14,7	1,2
				±5,9	±3,3	±0,2	±2,6	±3,1	±0,1
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	19,9	9,9	2,8	9,9	7,1	0,3
				±3,1	±1,3	±0,3	±2,4	±1,1	±0,1
		Sc,Da	2	30,3	16,3	4,0	14,0	12,4	1,5
				±3,1	±1,7	±0,3	±1,4	±1,4	±0,3
		Fi,Be,Ro	3	19,2	5,9	1,0	13,2	4,9	0,3
				±1,4	±0,7	±0,1	±0,6	±0,6	±0,1
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	57,0	42,7	10,8	14,2	31,9	0,3
				±0,5	±0,4	±0,1	±0,1	±0,3	±0,0
		Fl,He	2	54,6	29,6	6,5	25,0	23,2	3,5
				±0,2	±0,1	±0,0	±0,1	±0,1	±0,0
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	53,6	29,0	6,3	24,6	22,7	3,4
				±0,7	±0,4	±0,1	±0,2	±0,3	±0,1

Tab. 17: Gehalt an Mengenelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS]

Ration	Tierart	Tier	n	Mengenelemente					Spurenelemente		
				Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Zn
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	6,5	17,1	3,2	3,0	3,6	18,5	212,7	66,3
				±0,4	±1,3	±0,0	±0,8	±0,0	±6,0	±31,8	±22,7
		Ji	1	10,0	16,0	4,3	4,8	5,6	61,4	342,6	185,2
		Fl,He	2	6,8	18,0	3,9	1,0	4,6	11,3	442,6	57,9
				±0,1	±0,4	±0,1	±0,3	±0,2	±1,9	±29,8	±8,9
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	11,2	17,3	3,5	3,4	5,7	43,0	424,3	180,6
					±1,4	±2,3	±0,1	±0,5	±0,1	±7,0	±36,1
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	1,4	13,4	2,3	0,8	2,9	6,3	94,3	16,4
				±0,2	±1,3	±0,1	±0,1	±0,2	±0,2	±9,2	±1,9
		Sc,Da	2	8,0	16,9	3,9	1,7	4,5	16,7	454,6	90,7
				±0,1	±0,5	±0,1	±0,2	±0,1	±1,3	±8,2	±6,9
		Fi,Be,Ro	3	0,9	8,2	2,5	3,4	2,2	4,7	145,0	16,3
				±0,1	±0,1	±0,0	±0,0	±0,1	±0,1	±26,0	±0,6
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	10,7	22,3	3,5	0,5	4,5	6,0	128,6	18,2
				±0,1	±0,1	±0,0	±0,0	±0,1	±0,0	±0,8	±0,1
		Fl,He	2	6,7	18,8	4,2	0,4	5,0	7,1	502,4	37,4
				±0,0	±0,1	±0,0	±0,0	±0,0	±0,0	±2,2	±0,1
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	6,6	18,5	4,2	0,6	4,9	7,0	491,3	36,8
					±0,1	±0,1	±0,0	±0,1	±0,0	±7,3	±0,4

Die Bestandteile der Proben von Früchten der Palmart *Syagrus romanzoffiana* und vom Mageninhalt eines Flachlandtapirs aus dem Freiland gehen aus den Tabellen 18 bis 20 hervor (Einzelwerte). In Tabelle 18 findet sich der jeweilige Gehalt an Roh Nährstoffen, organischer Substanz und Energie. Die Anteile an Gerüstsubstanzen und säureunlöslicher Asche sind in Tabelle 19 und die Mineralstoffgehalte in Tabelle 20 zusammengestellt.

Tab. 18: Gehalt an Roh Nährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Proben aus dem Freiland

	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	GE
Früchte Freiland*	95,2	4,8	3,4	7,5	17,6	66,7	****	21,1
Magen**	93,9	6,1	19,2	5,3	28,5	40,9	18,4	22,4
Magen Früchte***	97,3	2,7	6,8	13,0	38,7	38,8	7,7	23,2

* Palmfrüchte von *Syagrus romanzoffiana* ** Mageninhalt ohne Früchte
 *** Früchte von *Syagrus romanzoffiana* aus dem Magen (einzeln analysiert)
 **** kein Material für NDF-Bestimmung

Tab. 19: Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS], und AIA [% TS] der Proben aus dem Freiland

	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
Früchte Freiland*	****	****	****	****	****	****
Magen**	51,0	34,4	13,7	16,5	20,8	1,3
Magen Früchte***	69,8	42,4	14,5	27,4	27,9	****

* Palmfrüchte von *Syagrus romanzoffiana* ** Mageninhalt ohne Früchte
 *** Früchte von *Syagrus romanzoffiana* aus dem Magen (einzeln analysiert)
 **** kein Material

Tab. 20: Gehalt an Mengenelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Proben aus dem Freiland

	Mengenelemente				Spurenelemente			
	Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Zn
Früchte Freiland*	****	****	****	****	****	****	****	****
Magen**	8,3	10,9	1,5	2,1	3,4	23,0	325,8	39,9
Magen Früchte***	1,8	5,0	1,0	1,5	2,5	16,1	315,4	18,7

* Palmfrüchte von *Syagrus romanzoffiana* ** Mageninhalt ohne Früchte
 *** Früchte von *Syagrus romanzoffiana* aus dem Magen (einzeln analysiert)
 **** kein Material

3.2.5 Kot

Eine Übersicht über den Kotabsatz pro Tag, die Menge an Wasser im Kot pro Tag und die Trockensubstanz des Kotes gibt Tabelle 21 wieder.

Tab. 21: TS des Kotes pro Tag [% uS], TS des Kotes pro Tag [kg] und Kotwasser pro Tag [kg]

Ration	Tierart	Tier	n	Kot-TS		Kot-Wasser
				[% uS]	[kg]	[kg]
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	19,4	1,3	5,4
				±1,0	±0,5	±2,4
		Ji	1	17,8	1,6	7,6
		Fl,He	2	16,7	2,2	10,9
				±0,8	±1,0	±4,5
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	19,7	1,2	4,9
						±2,9
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	16,0	0,5	2,6
				±3,8	±0,0	±0,8
		Sc,Da	2	19,6	0,7	2,9
				±1,1	±0,1	±0,7
		Fi,Be,Ro	3	19,3	0,2	0,7
				±1,3	±0,0	±0,1
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	17,1	1,2	5,7
				±0,6	±0,5	±2,4
		Fl,He	2	16,9	2,9	14,5
				±1,0	±1,4	±7,8
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	17,7	0,7	3,0
						±1,6

In Tabelle 22 ist die Konsistenz des Kotes für jeden Tapir und alle Versuchsdurchgänge auf einer Skala von 1 (trockene, kompakte Ballen) bis 5 (feuchter, ungeformter Kot; siehe auch Kapitel 3.1.5.2) aufgeführt.

Tab. 22: Kotkonsistenz jedes Tieres für alle Versuchsdurchgänge

Ration	Tierart	Tier	Kotkonsistenz
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	3
		Cora	3
		Jinak	2,5
		Flocke	2,5
		Henk	2,5
	Flachlandtapir	Indra	2
		Kuni	3,5
		Peggy	2,5
		Clara	5
		Prinz	3,5
		Jupp	3,5
		Fatima	5
		Johanna	5
		Schlappi	4,5
		Daisy	4
Fietje	-*		
Bente	-*		
Ronja	-*		
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Nemo	2,5
		Cora	3
		Flocke	2,5
	Flachlandtapir	Henk	2,5
		Schlappi	4,5
		Daisy	4

* nicht bestimmt

Die folgenden Tabellen 23 bis 25 geben Aufschluss über die Gehalte an Rohnährstoffen, organischer Substanz und Energie, die Anteile an Gerüstsubstanzen und säureunlöslicher Asche, sowie an Mineralstoffen im Kot.

Tab. 23: Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS]

Ration	Tierart	Tier	n	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	GE
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	89,3	10,7	13,9	3,6	37,9	33,9	7,3	21,0
				±1,0	±1,0	±2,7	±0,6	±7,8	±3,4	±2,7	±0,2
		Ji	1	83,5	16,5	14,3	4,3	28,5	36,4	14,1	19,3
		Fl,He	2	91,2	8,8	14,8	3,4	35,8	37,2	3,1	20,7
				±0,2	±0,2	±3,7	±0,6	±2,1	±2,1	±1,3	±1,0
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	84,1	15,9	11,6	3,8	30,0	38,7	11,4	19,2
							±10,4	±10,4	±3,3	±0,6	±8,3
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	89,0	11,0	19,6	3,5	29,9	36,0	6,8	21,0
				±3,1	±3,1	±4,2	±0,3	±4,9	±3,6	±4,4	±1,0
		Sc,Da	2	79,4	20,6	15,2	3,5	29,5	31,2	2,8	18,3
				±5,2	±5,2	±0,3	±0,3	±3,9	±1,3	±2,2	±0,5
		Fi,Be,Ro	3	86,5	13,5	18,5	4,5	28,2	35,3	10,6	20,7
				±4,5	±4,5	±1,7	±1,9	±6,4	±6,2	±4,3	±1,4
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	93,3	6,7	6,1	1,6	55,9	29,7	8,8	20,8
				±0,8	±0,8	±0,3	±0,2	±2,1	±2,4	±0,1	±0,4
		Fl,He	2	91,5	8,5	11,2	3,1	36,6	40,6	10,8	20,5
				±0,6	±0,6	±1,7	±0,3	±2,5	±0,1	±0,5	±0,3
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	88,1	11,9	12,4	3,5	36,6	35,6	8,5	20,2
							±0,2	±0,2	±0,5	±0,1	±2,9
Freiland	Flachlandtapir	1 bis 6	6	66,8	33,2	8,1	1,0	31,5	26,2	6,5	15,7
				±22,9	±22,9	±3,3	±0,4	±13,9	±6,7	±3,8	±5,0

Tab. 24: Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] im Kot

Ration	Tierart	Tier	n	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	64,5	45,1	16,9	19,4	28,2	4,0
				±1,7	±2,9	±1,1	±1,3	±4,0	±0,4
		Ji	1	50,8	29,2	5,9	21,6	23,4	8,7
		Fl,He	2	70,0	41,7	14,0	28,3	27,7	3,3
				±2,9	±0,0	±4,0	±2,8	±4,0	±0,7
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	57,3	33,4	7,9	23,9	25,4	8,1
					±11,4	±7,7	±0,9	±3,8	±8,1
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	59,1	35,3	13,6	23,8	21,7	4,5
				±7,1	±5,3	±1,0	±2,4	±4,4	±3,5
		Sc,Da	2	57,9	34,3	14,5	23,6	19,9	12,8
				±3,0	±2,3	±0,5	±0,7	±1,8	±4,7
		Fi,Be,Ro	3	52,9	33,1	14,7	19,7	18,4	6,2
				±3,1	±4,8	±4,0	±2,2	±0,9	±4,4
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	76,8	60,2	19,4	16,6	40,9	2,0
				±0,2	±0,5	±1,3	±0,7	±1,8	±0,7
		Fl,He	2	66,4	39,6	8,5	26,9	31,1	3,8
				±3,1	±2,2	±0,0	±0,9	±2,2	±0,4
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	63,7	38,3	12,5	25,3	25,8	6,6
							±3,3	±2,4	±3,2
Freiland	Flachlandtapir	1 bis 6	6	51,2	37,9	17,4	13,3	20,5	22,5
				±18,7	±15,0	±7,5	±4,0	±7,9	±22,1

Tab. 25: Gehalt an Mengenelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] im Kot

Ration	Tierart	Tier	n	Mengenelemente					Spurenelemente		
				Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Zn
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	5,7	14,8	6,4	2,3	10,2	44,1	1700	297
				±0,5	±1,8	±0,6	±0,6	±1,9	±12,6	±0	±82
		Ji	1	7,2	18,1	4,8	2,9	11,2	99,6	1700	288
		Fl,He	2	4,1	14,5	3,4	2,3	8,3	28,0	1000	165
				±0,1	±1,1	±0,5	±0,9	±1,4	±6,4	±283	±62
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	7,3	17,4	4,2	3,5	11,7	70,3	2525	462
					±2,5	±0,4	±2,1	±1,9	±1,9	±20,7	±2414
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	3,0	21,8	2,1	1,3	9,4	29,2	1375	128
				±1,0	±4,3	±0,6	±0,2	±2,2	±3,2	±854	±32
		Sc,Da	2	2,8	21,2	2,5	2,1	11,0	48,1	3850	198
				±0,8	±1,9	±0,2	±1,6	±1,1	±10,5	±1202	±23
		Fi,Be,Ro	3	4,5	16,0	1,7	5,9	11,0	63,7	1800	186
				±0,2	±2,7	±0,4	±3,4	±1,7	±12,6	±985	±32
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	3,2	13,7	4,6	2,3	4,8	17,6	850	79
				±0,1	±0,8	±0,6	±0,8	±0,2	±4,2	±71	±17
		Fl,He	2	2,9	14,7	2,4	2,1	6,2	18,1	650	107
				±0,4	±0,5	±0,0	±0,1	±0,6	±1,5	±212	±60
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	1,3	22,6	1,1	1,4	7,3	21,9	1200	81
					±0,1	±1,3	±0,2	±1,0	±0,2	±0,4	±141
Freiland	Flachlandtapir	1 bis 6	6	3,0	8,4	2,1	0,7	2,7	28,7	2033	39
				±3,4	±4,6	±1,0	±0,1	±0,9	±4,1	±1344	±14

3.2.6 Scheinbare Verdaulichkeit

Die scheinbaren Verdaulichkeiten von TS, oS, Rohnährstoffen, Gerüstsubstanzen und GE zeigt Tabelle 26. Die Tabellen 27 und 28 geben Aufschluss über die Aufnahme, die Ausscheidung und die Verdaulichkeiten der Mineralstoffe.

Tab. 26: Scheinbare Verdaulichkeit [%] der TS, der oS, der Rohnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA und der GE

Ration	Tierart	Tier	n	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	66,4	68,0	41,8	53,3	2,8	13,7	83,2	95,2	19,9	7,9	-46,7	37,7	24,7	-185,3	61,0
				±8,9	±8,8	±10,3	±1,8	±13,4	±4,7	±4,3	±3,4	±4,0	±2,0	±25,9	±8,2	±4,8	±93,4	±9,6
		Ji	1	65,4	68,5	30,4	54,4	37,5	28,1	80,6	90,0	40,6	35,2	9,8	46,6	39,5	-224,6	63,4
		Fl,He	2	47,5	47,7	45,4	21,4	11,6	0,0	67,5	95,6	8,6	0,4	-49,0	18,6	15,1	26,2	40,7
				±2,0	±2,2	±1,1	±18,2	±21,8	±8,6	±5,4	±2,7	±7,4	±11,6	±55,7	±2,2	±1,9	±0,8	±1,0
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	63,9	66,6	33,3	59,8	41,4	30,3	77,6	90,8	35,6	30,0	-11,0	42,0	37,7	-123,2	62,2
				±10,1	±12,0	±36,9	±9,0	±10,8	±23,1	±9,4	±4,7	±19,2	±22,1	±27,7	±16,0	±23,3	±218,2	±11,3
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	78,5	80,1	37,1	39,8	50,7	0,5	90,4	97,9	33,9	22,4	-5,6	44,8	33,4	-163,6	75,4
				±3,1	±3,3	±14,4	±12,6	±18,2	±28,6	±2,0	±1,3	±23,4	±22,0	±20,5	±23,6	±22,4	±126,6	±4,1
		Sc,Da	2	66,4	71,1	9,9	51,2	36,4	24,4	84,3	98,1	35,6	29,2	-23,3	43,1	46,0	-201,6	66,2
				±0,7	±1,4	±28,4	±0,2	±9,0	±1,7	±0,8	±1,6	±4,5	±4,3	±7,8	±4,9	±2,4	±164,8	±0,2
		Fi,Be,Ro	3	87,9	89,3	42,8	76,6	-39,5	33,3	95,0	98,2	66,8	32,5	-78,9	82,2	55,3	-176,4	86,4
				±3,9	±3,2	±32,1	±6,1	±38,2	±27,4	±1,1	±0,8	±10,4	±23,4	±79,1	±5,3	±12,4	±205,6	±3,7
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne	1	16,4	16,7	13,3	61,7	1,1	-12,3	35,4	66,2	-11,8	-17,7	-41,8	6,1	-9,5	-544,7	9,4
				Co	1	-6,5	-7,5	6,6	47,4	-52,4	-37,7	9,5	57,9	-44,8	-50,3	-101,7	-28,3	-32,9
		Fl,He	2	33,6	32,5	43,0	27,0	15,3	8,0	47,2	68,6	19,2	11,4	12,8	28,5	11,0	28,2	26,6
				±1,6	±1,2	±5,6	±12,8	±10,6	±3,6	±1,0	±2,0	±1,5	±2,5	±2,3	±0,4	±3,8	±10,3	±2,9
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	45,2	46,5	33,0	33,0	19,2	22,7	62,3	80,4	35,1	27,8	-6,7	43,6	37,4	-5,3	40,1
				±5,4	±5,3	±6,3	±4,1	±11,4	±2,7	±7,0	±10,0	±3,9	±3,6	±15,2	±4,2	±8,9	±12,2	±5,6

Tab. 27: Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und scheinbare Verdaulichkeit [%] der Mengenelemente

Ration	Tierart	Tier	n	Ca			K			Mg			Na			P		
				Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	25,0	7,6	70,5	66,0	19,0	71,4	12,3	8,3	33,4	11,1	3,2	69,9	13,9	12,9	7,5
				±4,5	±3,6	±9,0	±13,3	±5,2	±2,1	±1,4	±2,4	±12,1	±1,6	±2,0	±22,3	±2,0	±2,6	±5,6
		Ji	1	50,5	12,6	75,1	80,8	31,5	61,0	21,5	8,3	61,3	24,0	5,0	79,1	28,2	19,5	31,0
		Fl,He	2	28,2	9,0	68,3	75,2	32,6	57,6	16,6	7,2	55,1	3,9	4,5	-14,9	19,2	17,6	3,9
				±12,2	±3,9	±0,0	±33,7	±17,3	±4,0	±7,7	±2,4	±6,2	±0,7	±0,3	±11,4	±9,0	±5,4	±17,3
Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl		4	36,4	8,2	77,6	58,3	21,3	63,8	11,7	4,9	58,6	11,0	3,5	68,0	18,6	13,7	26,9
				±3,0	±2,1	±5,3	±18,7	±9,5	±8,0	±2,2	±3,0	±20,9	±0,9	±1,0	±10,9	±3,1	±4,4	±13,2
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	3,1	1,4	52,2	30,2	10,3	65,4	5,2	1,0	81,3	1,9	0,6	67,0	6,5	4,5	27,4
				±0,9	±0,4	±18,0	±2,2	±1,2	±5,9	±0,6	±0,2	±4,4	±0,1	±0,1	±6,5	±1,5	±0,7	±22,9
		Sc,Da	2	18,2	2,1	88,4	38,6	16,4	57,8	9,0	1,9	78,9	3,8	1,5	60,0	10,3	8,4	17,5
				±1,9	±0,4	±3,5	±5,9	±3,2	±1,7	±1,2	±0,1	±2,2	±0,1	±1,1	±30,0	±1,5	±0,0	±11,6
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Fi,Be,Ro	3	1,3	0,8	40,2	11,9	2,8	75,4	3,6	0,3	92,2	4,9	0,9	81,5	3,2	1,9	40,8
				±0,1	±0,2	±16,6	±1,5	±1,1	±11,1	±0,4	±0,0	±1,3	±0,6	±0,3	±4,1	±0,3	±0,5	±14,9
		Ne,Co	2	14,3	3,8	71,7	29,8	16,8	41,6	4,7	5,7	-22,2	0,7	2,6	-327,2	6,0	5,8	-0,6
				±8,9	±1,9	±4,4	±18,4	±8,7	±6,9	±2,9	±3,2	±6,5	±0,4	±0,3	±194,5	±3,7	±2,9	±13,0
Flachlandtapir	Fl,He		2	29,4	8,1	71,1	82,2	42,9	47,9	18,5	7,0	62,0	1,9	6,2	-219,9	21,8	17,3	18,0
				±14,8	±3,0	±4,4	±41,3	±21,7	±0,3	±9,3	±3,4	±0,5	±0,9	±3,4	±29,8	±11,0	±6,6	±11,0
Flachlandtapir	Sc,Da		2	8,2	0,8	89,4	23,1	15,2	33,3	5,2	0,8	85,7	0,6	0,8	-49,0	6,1	4,8	18,4
				±4,2	±0,4	±0,8	±11,7	±7,0	±3,3	±2,6	±0,5	±1,7	±0,2	±0,3	±102,7	±3,1	±1,8	±11,4

Tab. 28: Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und scheinbare Verdaulichkeit [%] der Spurenelemente

Ration	Tierart	Tier	n	Cu			Fe			Zn		
				Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	69,7	54,7	19,0	809,7	2267,7	-181,3	249,1	369,4	-53,9
				±14,0	±5,8	±24,6	±16,7	±898,5	±116,8	±54,5	±43,6	±51,2
		Ji	1	309,9	173,9	43,9	1729,1	2978,9	-72,3	934,7	503,6	46,1
	Flachlandtapir	Fl,He	2	45,5	58,7	-29,4	1876,7	2036,3	-19,5	234,2	332,4	-46,0
				±12,2	±14,5	±2,9	±919,2	±253,6	±45,0	±66,9	±30,4	±28,7
		In,Ku,Pe,Cl	4	138,9	78,5	43,4	1387,8	2468,9	-88,4	584,6	509,8	12,6
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Pr,Ju,Fa,Jo	4	14,2	14,0	1,5	215,8	672,5	-195,4	37,8	61,1	-68,6
				±1,6	±1,1	±3,9	±49,7	±480,1	±141,3	±9,8	±12,2	±53,0
		Sc,Da	2	38,0	36,5	3,5	1041,6	2877,6	-183,3	206,7	153,2	26,2
	Flachlandtapir	Fi,Be,Ro	3	6,8	10,8	-62,6	208,5	339,5	-55,2	23,6	31,1	-32,3
				±0,7	±3,0	±61,5	±34,7	±242,9	±96,6	±2,2	±5,7	±22,2
		Ne,Co	2	8,0	19,9	-183,6	172,2	1046,5	-533,3	24,3	90,2	-321,5
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	8,0	19,9	-183,6	172,2	1046,5	-533,3	24,3	90,2	-321,5
				±4,9	±4,8	±115,0	±106,6	±532,9	±82,7	±15,0	±23,5	±163,6
		Fl,He	2	31,0	51,5	-71,0	2206,1	1767,1	11,9	164,4	267,5	-91,0
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	8,7	14,5	-71,4	614,1	828,9	-35,5	45,9	54,6	-20,1
				±4,4	±5,7	±20,8	±314,3	±414,0	±1,9	±23,4	±25,9	±4,7

3.2.7 pH-Wert im Kot

Wie Tabelle 29 zeigt, liegt der in frischem Kot gemessene durchschnittliche pH-Wert fast durchgehend im sauren Bereich. Lediglich bei reiner Luzerneheu-Fütterung treten pH-Werte > 7 auf.

Tab. 29: pH-Werte im Kot

Ration	Tierart	Tier	n	pH
normale Ration	Schabrackentapir	Ne	1	5,9
		Fl,He	2	5,8
				±0,1
	Flachlandtapir	Pe	1	5,8
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	6,3
				±0,2
		Sc,Da	2	5,9
				±0,0
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	7,5
				±0,4
		Fl,He	2	5,6
				±0,2
		Flachlandtapir	2	5,7
				±0,0

3.2.8 Darmpassagezeit

Die mittlere Passagezeit für Kobalt beträgt zwischen 29,9 und 60,3 Stunden. Die Chromausscheidung dauert im Mittel 42,1 bis 72,5 Stunden. Eine Übersicht über die Passagerate (MRT) für beide Marker liefert Tabelle 30.

Tab. 30: Passagerate (MRT) für Kobalt (Co) und Chrom (Cr)

Ration	Tierart	Tier	n	MRT Co	MRT Cr
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	58,2	67,3
				±12,0	±18,7
		Ji	1	30,7	51,5
		Fl,He	2	33,9	46,6
				±6,5	±4,2
	Flachlandtapir	In,Ku,Pe,Cl	4	33,7	42,1
				±13,2	±20,7
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	36,7	49,8
				±21,7	±18,8
		Sc,Da	2	38,0	55,4
				±6,7	±11,0
		Fi,Be,Ro	3	60,3	72,5
				±9,9	±8,0
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	44,1	64,7
				±10,6	±21,8
		Fl,He	2	29,9	48,2
				±7,2	±9,1
	Flachlandtapir	Sc,Da	2	46,1	62,4

3.2.9 Wasserhaushalt

Tränkeaufnahme und Wassergehalt des Futters machen die insgesamt aufgenommene Wassermenge aus. Aus Tabelle 31 gehen die Werte der Tiere hervor, bei denen die täglich getrunkene Wassermenge festgestellt werden konnte.

Tab. 31: Tägliche Wasseraufnahme und –ausscheidung

Ration	Tierart	Tier	n	Wasseraufnahme [l]			Kotwasser [l]
				Tränke	Futter	Gesamt	
normale Ration	Schabrackentapir	Co	1	6,4	11,4	17,8	3,7
	Flachlandtapir	In	1	11,2	6,8	17,9	6,9
		Pr,Ju,Fa,Jo	4	1,0	5,8	6,9	2,6
				±0,4	±0,2	±0,5	±0,9
		Fi,Be,Ro	3	3,0	3,3	6,3	0,7
				±1,5	±0,6	±1,4	±0,1
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Co	1	13,1	0,1	13,2	4,0

3.2.10 Urin

Für diejenigen Tiere, von denen Spontanurin aufgefangen werden konnte, zeigt Tabelle 32 die Gehalte an Kreatinin, Kalzium, Kalium, Natrium und Phosphor sowie das Kalzium-Kreatinin-Verhältnis im Urin.

Tab. 32: Gehalte an Kreatinin (Krea) [mmol/l Urin] sowie an Kalzium (Ca), Kalium (K), Natrium (Na) und Phosphor (P) [g/kg uS Urin] und Ca:Krea-Verhältnis im Urin

Ration	Tierart	Tier	n	Krea	Ca	K	Na	P	Ca : Krea
normale Ration	Schabrackentapir	Ne,Co	2	3,62	0,58	3,91	0,52	0,01	0,20
				2,65	0,11	1,12	0,33	0,00	0,12
		Fl	1	8,31	2,41	6,21	1,46	0,02	0,29
	Flachlandtapir	Pe	1	14,05	5,31	5,95	1,20	0,02	0,38
		Fi,Be,Ro		23,65	0,54	2,09	1,56	0,13	0,02
				5,54	0,44	0,54	0,53	0,21	0,02
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Ne,Co	2	6,07	0,59	2,53	0,18	0,06	0,12
				5,35	0,28	0,18	0,06	0,08	0,06

4 Diskussion

4.1 Kritik der Methoden

4.1.1 Marker ADL und AIA

In der vorliegenden Arbeit wird die Verdaulichkeit mit Hilfe der Sammelmethode bestimmt. Als Kontrolle sollten die internen Marker ADL und AIA dienen, die sich leider beide als ungeeignet erweisen.

Bei ADL sind die Werte der fäkalen Ausscheidung im Mittel etwa dreimal so hoch wie die der ADL-Aufnahme. Es ist offensichtlich, dass hier ein systematischer Fehler vorliegen muss. Nach SCHRAG (1999) kann es bei Futtermitteln, welche Pektin enthalten, zu sehr hohen ADL-Werten kommen, wenn Pektinsäure während der Analyse ausfällt. Bei den pektinhaltigen Futtermitteln wie zum Beispiel Obst ist dies in dieser Untersuchung nur fallweise zutreffend, während im Kot ständig unrealistisch hohe ADL-Werte auftreten. Möglicherweise führen mikrobielle Umsetzungen zu einer Erhöhung falsch positiver ADL-Werte im Kot durch Reste von Pektin. Weniger wahrscheinlich ist es, dass als ADL auftretende Substanzen mikrobieller Herkunft sind, da ähnliches bisher bei anderen Spezies nicht in dieser Größenordnung beschrieben ist. Eine dritte Möglichkeit wäre die Aufnahme ligninhaltigen Materials, zum Beispiel Laub aus dem Gehege, durch die Tapire. Da die Untersucherin am Morgen mit dem Pflegepersonal des Zoos die Arbeit aufnimmt, die Tiere den ganzen Tag über beobachtet, am Abend mit oder nach den Tierpflegern das Tapirhaus verlässt, und eine Aufnahme größerer Mengen von Laub oder Zweigen nie gesehen wird, ist dies wenig wahrscheinlich. Wegen dieser Unklarheiten wird auf ADL als Marker verzichtet.

Auch AIA wird in Mengen fäkal ausgeschieden, die nicht mit der Aufnahme korrespondieren (siehe Abbildung 7). Eine Erklärung hierfür wäre die Kontamination der Kotproben mit Sand beziehungsweise Erdreich. Durch sorgfältige Probennahme (Entnahme aus der Mitte jedes Kotballens und gründliche Durchmischung der gewonnenen Probe) kann das Risiko einer Verschmutzung minimiert werden. Alternativ käme die Aufnahme von Erdreich oder Sand in Frage. Auch hier schließt die Beobachtung der Tapire eine solche Möglichkeit weitestgehend aus. Jedoch scheiden während der Versuche einige Tiere Sand mit dem Kot aus, obwohl sie nachweislich seit mehreren Tagen keinen Zugang zu Naturboden haben.

Wahrscheinliche Ursache hierfür ist die Ansammlung von Sand im Colon, welcher dann diskontinuierlich mit dem Kot ausgeschieden wird. Dies ist ein bei Pferden häufig auftretendes Phänomen, das auch beim Tapir beschrieben ist (BACH et al. 1986). Wegen dieser Problematik muss leider auch auf AIA als internen Marker verzichtet werden.

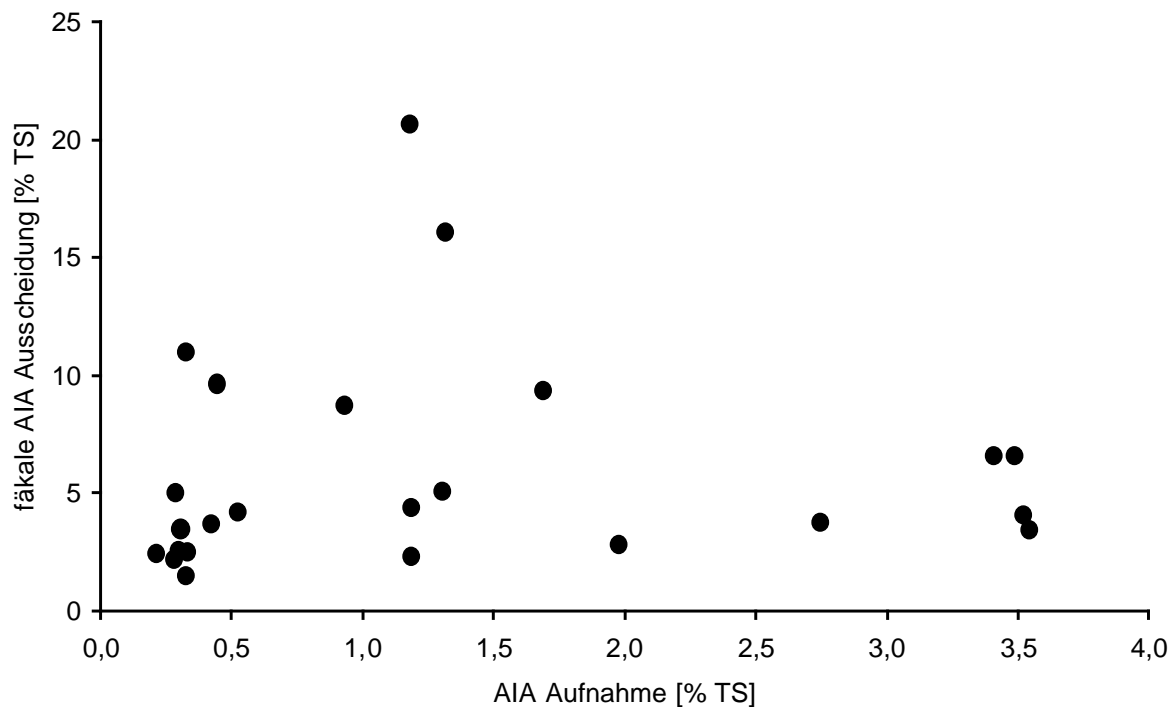


Abb. 7: Aufnahme und fäkale Ausscheidung von AIA [% TS]

4.1.2 Bestimmung der Verdaulichkeit

In der vorliegenden Studie wird daher die Verdaulichkeit nur mit Hilfe der Sammelmethode bestimmt. Nach PARKINS et al. (1982) kann das Erstellen repräsentativer Proben bei dieser Methode Schwierigkeiten bereiten. Mögliche Fehlerquellen stellen neben einer ungenügenden Durchmischung der Kotproben auch eine unvollständige Kotsammlung dar, wodurch die scheinbare Verdaulichkeit überschätzt würde. Eine Überschätzung der Futteraufnahme ist ebenfalls möglich, wenn die nicht aufgenommenen Reste unvollständig zurückgewogen werden. In der vorliegenden Arbeit wird dies sorgfältig vermieden und es kann hinsichtlich Probengewinnung auf langjährige Erfahrungen mit anderen Dickdarmverdauern zurückgegriffen werden (FEHRLE 1999, LÖHLEIN 1999, KIEFER 2002, POLSTER 2004, CASTELL 2005). Grobe Fehleinschätzungen sind daher unwahrscheinlich.

4.1.3 Überlegungen zur Adaptationszeit

Die maximale Passagezeit für Partikel beträgt bei den Tapiren dieser Studie 80,5 Stunden, das entspricht knapp 3,5 Tagen. Aus der Sicht der Futterpassage ist demnach eine Adaptationsphase von einer Woche ausreichend, vorausgesetzt, dass die Tiere während dieser Phase und dem anschließenden Versuch ausreichend und gleichmäßig Futter aufnehmen. Bei den Tapiren Cora und -in geringerem Ausmaß- Nemo ist dies bei Fütterung von ausschließlich Raufutter nicht der Fall (siehe Abbildungen 8 und 9), was gelegentliche Auffälligkeiten bei den bei ihnen ermittelten Werten erklärt.

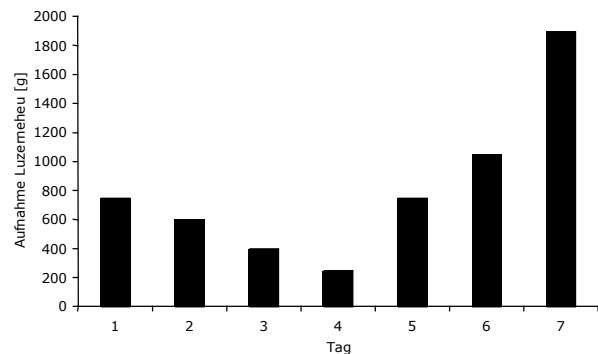
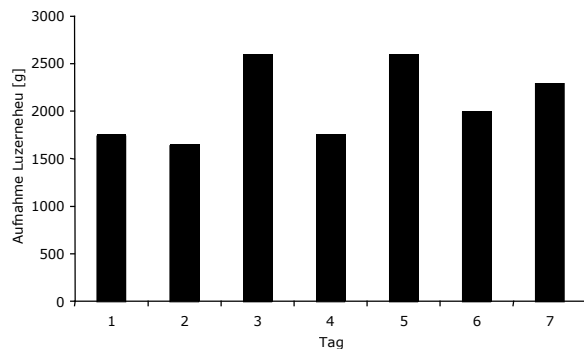


Abb. 8: Verlauf der Futteraufnahme von Nemo während der Sammelphase des Versuchs mit reiner Raufutter-Fütterung

Abb. 9: Verlauf der Futteraufnahme von Cora während der Sammelphase des Versuchs mit reiner Raufutter-Fütterung

Die Anpassung der Mikroorganismen des Darms an eine veränderte Zusammensetzung des Futters dürfte in einer Woche allerdings nicht zu erwarten sein. Dies kann sich vor allem dann auswirken, wenn dem Versuch eine erhebliche Umstellung des Futters mit Veränderungen von Art beziehungsweise Anteil an fermentierbarem Material vorausgeht. Die Ergebnisse der pH-Wert-Messungen nach Umstellung auf reine Raufutter-Rationen sind daher nur bedingt interpretierbar.

4.1.4 Bestimmung der Energiegehalte im Kot

Die Anwendung der von FEHRLE (1999) zur Errechnung der Bruttoenergie (GE) in Futtermitteln und Kot von Pferden verwendeten Schätzformel

$GE [kJ / 100 \text{ g TS}] = 24 [kJ] \times R_p + 38 [kJ] \times R_{fe} + 17 [kJ] \times N_{fe} + 17 [kJ] \times R_{fa}$
(Rohnährstoffe in % TS)

führt in dieser Studie zu einer Unterschätzung der bombenkalorimetrisch bestimmten Werte der Kot-Bruttoenergie um durchschnittlich 18,8 %. Wie Tabelle 33 zeigt, ist das bei anderen Tierarten, wenn auch in geringerem Maß, ebenfalls der Fall.

Tab. 33: Unterschätzung der Kot-Bruttoenergie bei Verwendung der Schätzformel von FEHRLE (1999) gegenüber den durch Bombenkalorimetrie ermittelten Werten

Tierart	durchschnittliche Unterschätzung der Kot-GE [%]	Quelle
Pferd	4,6	FEHRLE (1999)
Elefant	9,5	LÖHLEIN (1999)
Hund, Katze	7,9	SCHRAG (1999)
Breitmaulnashorn	15,0	berechnet nach KIEFER (2002)
Panzernashorn	16,0	POLSTER (2004)
Spitzmaulnashorn	13,5	CASTELL (2005)
Tapir	18,8	diese Studie

Eine bessere Annäherung an die im Bombenkalorimeter gemessene Bruttoenergie im Kot erhält man bei Verwendung der Schätzformel der GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE (GfE) (1995)

$GE [kJ/ 100\text{g TS}] = 23,9 [kJ] \times R_p + 39,8 [kJ] \times R_{fe} + 20,1 [kJ] \times N_{fe} + 17,5 [kJ] \times R_{fa}$
(Rohnährstoffe in % TS).

Hier ist eine Unterschätzung der Kot-GE um durchschnittlich 12.3 % zu verzeichnen. CASTELL (2005) beschreibt beim Spitzmaulnashorn eine Verkleinerung des Schätzfehlers in der gleichen Größenordnung (von 13,5 % mit der von FEHRLE (1999) angewandten Formel auf 6,1 % bei Errechnung mit der Schätzformel der GfE). Trotz dieser Verringerung der Abweichung von den mittels Bombenkalorimetrie gemessenen Werten ist auch bei Anwendung der Formel der GfE ein deutlicher systematischer Fehler gegenüber den experimentell bestimmten Ergebnissen

feststellbar, wie Abbildung 10 verdeutlicht. Eine Messung der GE von Kot und Futtermitteln im Bombenkalorimeter, wie in dieser Studie durchgeführt, ist -obwohl zeitaufwendig- im Hinblick auf die Genauigkeit der Ergebnisse bei Tapiren wie auch bei anderen Dickdarmfermentierern angebracht.

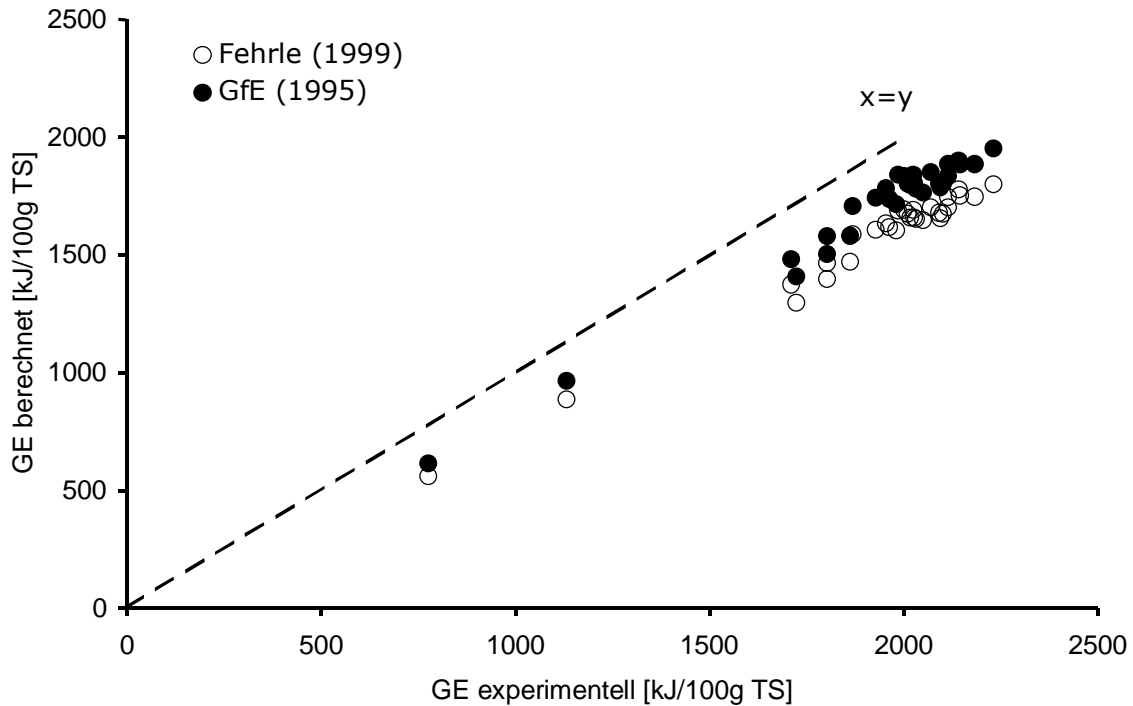


Abb. 10: Vergleich der experimentell bestimmten GE [kJ/100g TS] im Kot mit der mittels zweier verschiedener Schätzformeln berechneten GE [kJ/100g TS] im Kot

Errechnet man eine multiple Regression aus den eigenen Werten zur Weender Analyse und zur Bruttoenergie im Kot, so ergeben sich die Faktoren 32 kJ für Rohprotein, 36 kJ für Rohfett, 22 kJ für Rohfaser und 20 kJ für NfE. Das Bestimmtheitsmaß beträgt 0,99. Bei nur 30 Proben (24 von Zoo-Tieren und 6 von Flachlandtapiren aus dem Freiland) ist es allerdings fraglich, ob diese Regression Allgemeingültigkeit hat. Andererseits wurde ein hoher Brennwert fäkalen Rohproteins auch bei anderen Spezies beobachtet (FRANK 2007).

4.2 Besprechung der Ergebnisse

4.2.1 Ingestapassage

Die bei den Tapiren in dieser Studie gemessenen mittleren Retentionszeiten liegen deutlich über den bei Pferden gemessenen Werten (Abbildung 11), auch wenn die Retentionszeit auf die bei Tapiren deutlich geringere Futteraufnahme bezogen wird. Die Datensammlung in Abbildung 11 bezieht sich dabei auf Werte bei Pferden, die, wie in der vorliegenden Arbeit, anhand von mehreren Kotproben pro Tag ermittelt sind. FOOSE (1982) findet bei Tapiren zwar ebenfalls eine im Vergleich zu Pferden deutlich geringere Futteraufnahme (gemessen als oS), doch stellt sich der Unterschied in der Retentionszeit zwischen Tapiren und Equiden nicht deutlich dar (Abbildung 12). Hier müssen die in CLAUSS et al. (2007b) angestellten Überlegungen angeführt werden: Die von FOOSE (1982) benutzte Methode zur Berechnung der Retentionszeit ist, wie VAN WEYENBERG et al. (2006) demonstrieren, anfällig für eine Überschätzung der Retentionszeit, wenn Kotproben in großen Zeitintervallen gesammelt werden. Dies ist in der Studie von FOOSE (1982) mit 1 - 2 Kotproben pro Tag der Fall. Da Tapire jedoch eine deutlich geringere Defäkationsrate haben als Pferde (im Durchschnitt koten die Tapire dieser Studie in allen Versuchsdurchgängen zweimal pro Tag), ist auch bei den großen Sammelintervallen von FOOSE (1982) bei den Tapir-Werten nicht von einer systematischen Überschätzung auszugehen. Die in der vorliegenden Studie genutzte Methode zur Berechnung der MRT ist gemäß VAN WEYENBERG et al. (2006) hingegen nicht von der Sammelfrequenz der Kotproben abhängig.

Da die Retentionszeit als ein wichtiger Faktor für die Verdauung insbesondere von Fasermaterial angesehen wird (CLAUSS et al. 2007b), wäre aufgrund der langen Retentionszeiten bei Tapiren eine besonders effiziente Faserverdaulichkeit zu erwarten.

Der Quotient von Partikelpassage zu Flüssigkeitspassage („Selektivitätsfaktor“) liegt im Bereich von $1,4 \pm 0,4$. Ähnliche Werte existieren für den gesamten Darmtrakt bei Equiden (Ponies 1,0 - 1,1; Esel 1,2 - 1,3 (PEARSON et al. 2001); Spitzmaulnashörner 1,1 - 1,4 (CLAUSS et al. 2002a); Panzernashörner 1,4 - 1,6 (POLSTER 2004)). Bei großen Dickdarmfermentierern wird damit die flüssige Phase etwas schneller als die Partikelphase ausgeschieden. Dies steht im Gegensatz zu vielen kleinen Blinddarm- und Dickdarmfermentierern (Nager, Hasenartige), bei

denen die flüssige Phase oft länger zurückgehalten wird als größere Partikel (CORK et al. 1999).

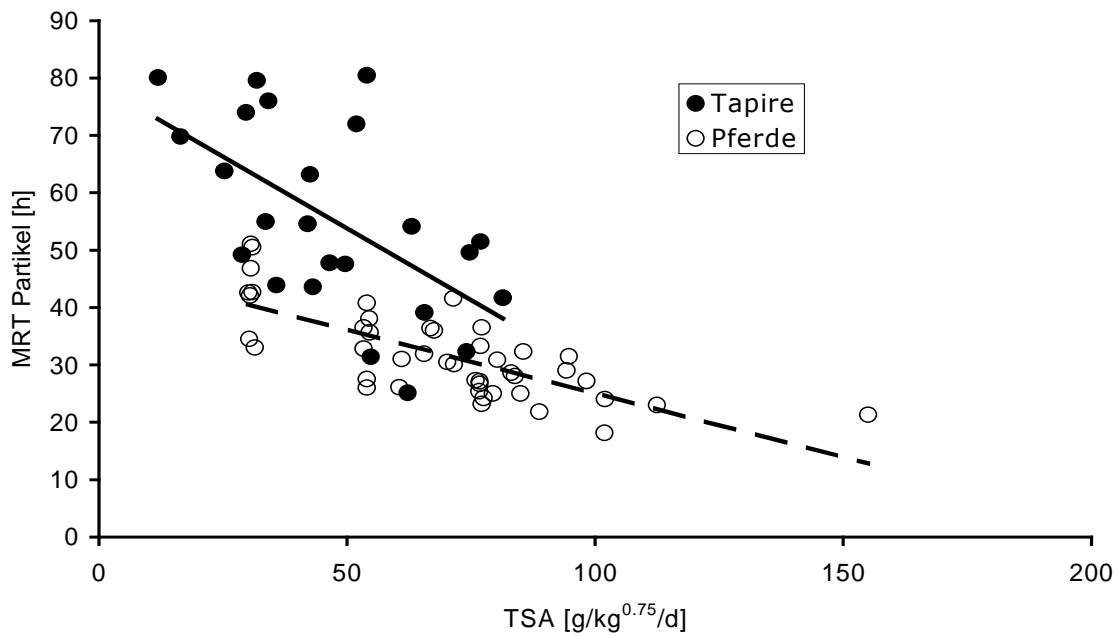


Abb. 11: Vergleich von Trockensubstanz-Aufnahme (TSA) und mittlerer Retentionszeit (MRT) der Partikel bei den Tapiren dieser Studie und bei Angaben zu Pferden von WOLTER et al. (1976), ORTON et al. (1985a, b), PAGAN et al. (1998), PEARSON et al. (2001, 2006)

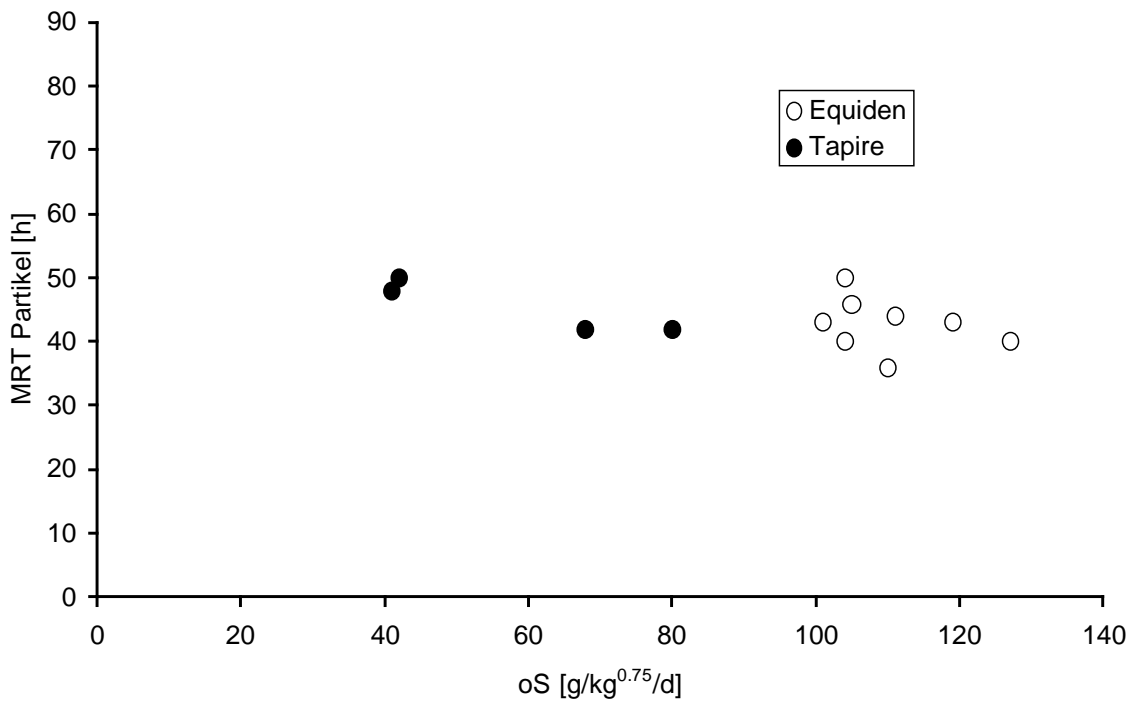


Abb. 12: Vergleich der Aufnahme von organischer Substanz (oS) und mittlerer Retentionszeit (MRT) der Partikel bei Tapiren und Wildequiden von FOOSE (1982)

4.2.2 Verdaulichkeit

4.2.2.1 Vergleich der Messungen bei Tapiren

Wie für verschiedene andere Tierarten auch beschrieben (HATT et al. 2005, CASTELL 2005), nimmt die scheinbare Verdaulichkeit der Ration mit zunehmendem Fasergehalt ab. Ein Vergleich der beiden Tapir-Spezies zeigt dabei keinen relevanten Unterschied zwischen Schabracken- und Flachlandtapiren (Abbildung 13). Auffällig ist im Vergleich mit den Daten von FOOSE (1982), dass dessen mit Grasheu gefütterte Tiere eine höhere Verdaulichkeit aufweisen, als aufgrund des NDF-Gehalts des Heus (ca. 70 % TS) zu erwarten wäre; die Verdaulichkeit liegt dabei im selben Bereich wie die von den vier mit einem Grasheu mit geringerem NDF-Gehalt gefütterten Tieren der vorliegenden Studie. Die Gründe für diese unerwartet hohen Verdaulichkeiten bei FOOSE (1982) sind unklar.

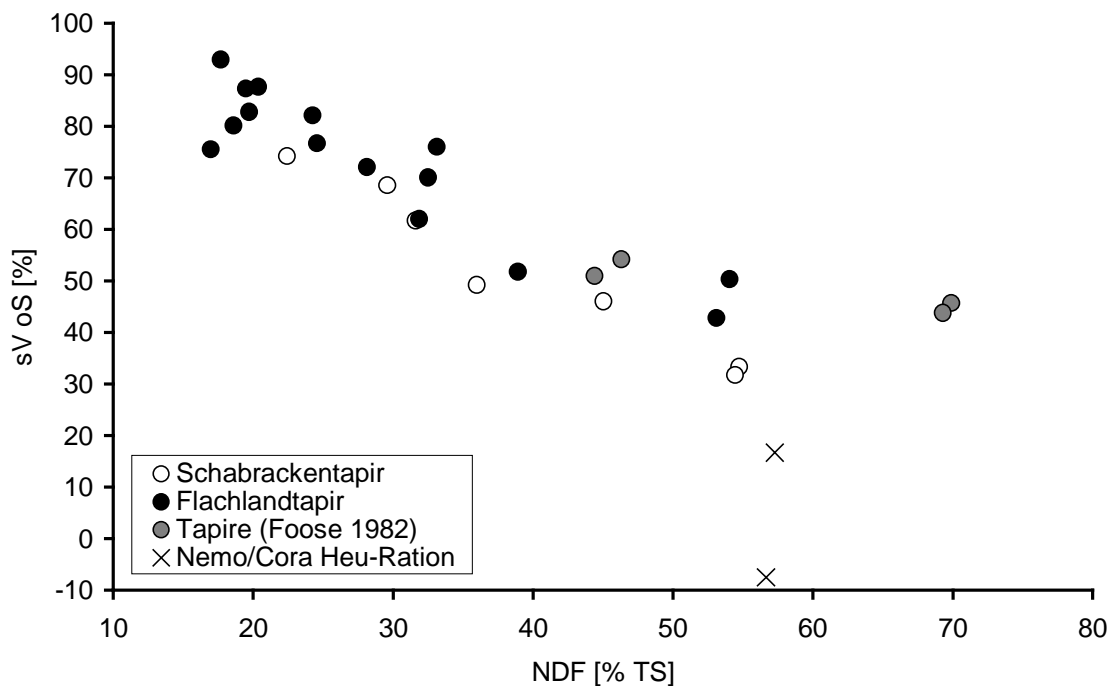


Abb. 13: Zusammenhang von Gehalt an neutraler Detergentienfaser (NDF) der Ration und scheinbarer Verdaulichkeit (sV) der organischen Substanz (oS) bei den Tapiren der vorliegenden Studie und von FOOSE (1982)

Sowohl bei Pferden (LINDEMANN 1982, KIENZLE et al. 2002) als auch bei Nashörnern (POLSTER 2004; CASTELL 2005) ist ein Anstieg der scheinbaren Verdaulichkeit durch die Zulage von Krafffutter zu Raufutter beschrieben. Dies ist

einerseits auf den höheren Anteil autenzymatisch verdaulicher Substanzen in einer Kraftfutter-haltigen Ration zurückzuführen als auch darauf, dass durch das vermehrte Eintreten von leicht fermentierbaren Kohlehydraten die mikrobielle Aktivität im Blind- und Dickdarm gesteigert wird. Ein ähnliches Bild findet sich auch bei den Tapiren der vorliegenden Studie bezüglich der Verdaulichkeit der organischen Substanz (Abbildung 14). Auch hinsichtlich der Verdaulichkeit der NDF ergibt sich ein ähnliches Bild (Abbildung 15), allerdings ist hier auffällig, dass einige Tiere der vorliegenden Studie sehr niedrige Verdaulichkeiten für NDF aufweisen.

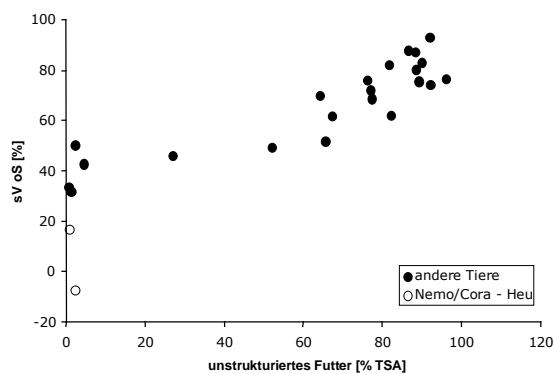


Abb. 14: Zusammenhang des Anteils unstrukturierter Futters an der Gesamt-TS-Aufnahme (TSA) und der scheinbaren Verdaulichkeit (sV) der organischen Substanz (oS) bei den Tapiren dieser Studie

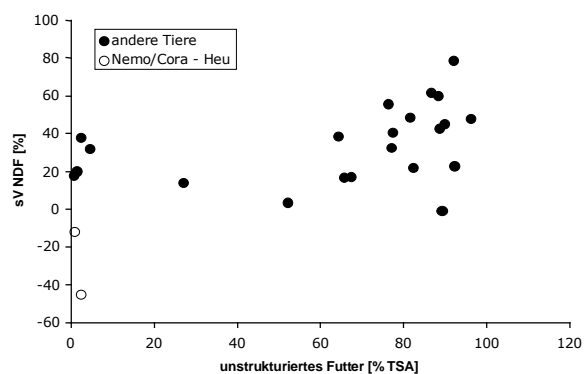


Abb. 15: Zusammenhang des Anteils unstrukturierter Futters an der Gesamt-TS-Aufnahme (TSA) und der scheinbaren Verdaulichkeit (sV) der NDF-Fraktion bei den Tapiren dieser Studie

Dies wird besonders deutlich, wenn die Verdaulichkeit der NDF gegen den Gehalt an Lignin in der NDF aufgetragen wird (Abbildung 16). Generell ist zu erwarten, dass mit zunehmendem Lignifizierungsgrad die Verdaulichkeit der Faser sinkt – was sich in der Abbildung bestätigt. Dabei scheint es allerdings keinen linearen Zusammenhang zu geben, sondern eher ein Plateau mit einer sehr großen Streuung.

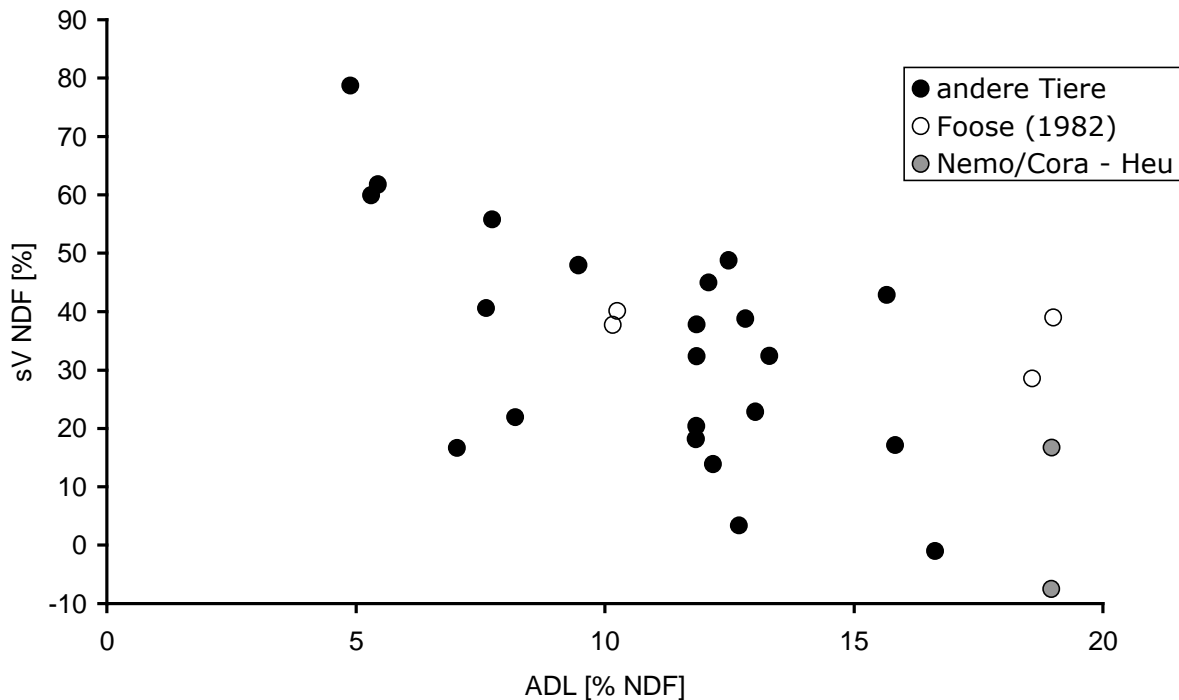


Abb. 16: Zusammenhang des Lignifizierungsgrades der Faserfraktion (ADL in % NDF) der Futterrationen und der scheinbaren Verdaulichkeit (sV) von NDF bei den Tapiren dieser Studie und von FOOSE (1982)

Eine weitere schwierig zu erklärende Beobachtung stellen die gemessenen zum Teil stark sauren pH-Werte im Kot der Tapire dar. Mit Werten zwischen 5,5 - 6,6 liegt der pH im Tapirkot, mit Ausnahme der Messungen bei Nemo und Cora bei ausschließlicher Fütterung von Luzerneheu (pH 7,2 beziehungsweise 7,8) deutlich im sauren Bereich. LÖHLEIN (1999) beschreibt bei Elefanten Werte um 6,36 und POLSTER (2004) bei Panzernashörnern Werte zwischen 6,3 und 6,5. Bei Pferden liegt der pH-Wert in Abhängigkeit von der Fütterung zwischen 5,6 und 6,5, meist jedoch um 6,3 - 6,5 (ARGENZIO et al. 1974, GÜNTHER 1984, RADICKE 1990, ZEYNER et al. 1992). Bei Pferden steigt der pH im Kot mit steigendem Anteil an Raufutter in der Ration an (ZEYNER et al. 2004, RICHARDS et al. 2006, WILLIAMSON et al. 2007). Laut MEYER & COENEN (2002) spricht bei Pferden ein pH-Wert im Kot von unter 6,2 bereits für eine verstärkte Fermentation von Kohlehydraten im Blind- und Dickdarm; Werte von 5,5 werden bei Pferden vor allem bei deutlichem Kraffuttereinsatz gefunden. Demnach müssten bei Tapiren die pH-Werte umso höher sein, je höher der Anteil an Heu in der Ration ist. Dies ist in der vorliegenden Arbeit aber nicht der Fall. Die höchsten pH-Werte werden zwar bei reinen Heu-Rationen gefunden, aber nicht bei Grasheu, sondern bei Luzerneheu. Die

niedrigsten pH-Werte werden dagegen bei Fütterung von ausschließlich Grasheu gefunden. Dazwischen liegen die gemischten Rationen mit umso höheren pH-Werten je niedriger der Anteil an Grasheu an der Ration ist. Trotz sehr geringer Tierzahlen sind die Differenzen der pH-Werte zwischen reinen Luzerneheu-Rationen und Grasheu- und gemischten Rationen mit einem Rfa-Anteil von mehr als 10 % TS sowie zwischen Grasheu- und Misch-Rationen mit einem Rfa-Anteil von mehr als 10 % TS und solchen mit einem Rfa-Anteil unter 10 % TS in der Varianzanalyse (Dunn's Test) signifikant. Für eine Fermentation, bei welcher pH-Werte unter 6 auftreten, kommen im Grasheu im wesentlichen Fruktane als Substrat in Frage. Grasheu kann, in Abhängigkeit von den Wachstums- und Trocknungsbedingungen, deutlich mehr Fruktane enthalten als Luzerneheu (WATTS & CHATTERTON 2004). Bei den gemischten Rationen mit geringeren Anteilen an Grasheu ist zwar der R-KH-Anteil relativ hoch; soweit diese R-KH nicht aus dem Heu stammen, sondern aus Obst und Gemüse, dürfte es sich dabei um Pektine und Zucker handeln. Bei Fruchtzucker und Saccharose ist es wahrscheinlich, dass diese präcaecal verdaut werden und daher nicht mehr für eine Fermentation im Dickdarm zu Verfügung stehen. Pektine können zwar fermentiert werden, eine Milchsäuregärung und damit pH-Werte unter 6 sind aber wenig wahrscheinlich. Abbildung 17 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen dem aus dem Grasheu stammenden Anteil an R-KH und dem Kot-pH.

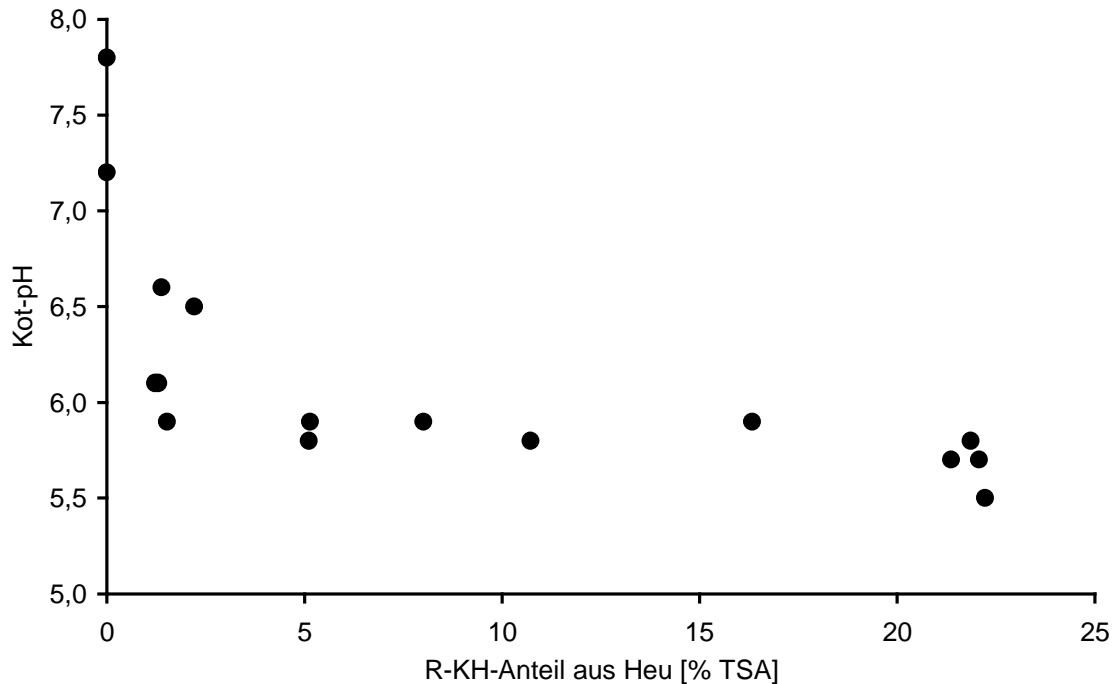


Abb. 17: Zusammenhang zwischen dem Anteil an R-KH aus dem Grasheu und dem pH-Wert im Kot

Die daraus abzuleitende vorläufige Schlussfolgerung ist die Empfehlung, Tapiren als Raufutter Luzerne zur Verfügung zu stellen und vor allem jung geschnittenes Grasheu möglichst aus der Ration zu eliminieren. Die hier entwickelte Hypothese sollte unbedingt untermauert werden, indem bei Tapiren, die viel frisches Gras erhalten, das mehr Fruktane enthalten dürfte als Heu, nach ausreichend langer Adaptationszeit auf die entsprechende Ration der Kot-pH-Wert überprüft wird. Für die Fütterungspraxis kann das in dieser Studie verwendete Luzerneheu allerdings nicht uneingeschränkt empfohlen werden, da es sehr schlecht verdaulich ist. Hier sollten weitere Studien mit weniger Rfa-reichem Luzerneheu durchgeführt werden.

4.2.2.2 Vergleich zu Pferden

Die Ergebnisse bei den Tapiren lassen sich auf verschiedene Weise mit bei Pferden bekannten Daten vergleichen. Trägt man den Zusammenhang des Rohfasergehaltes der Ration mit der scheinbaren Verdaulichkeit der organischen Substanz bei den Tapiren im Vergleich zu der von KAMPHUES et al. (2004) für Pferde angegebenen Funktion auf (Abbildung 18), so wird deutlich, dass ein steigender Rohfasergehalt die

Verdaulichkeit bei den Tapiren dieser Studie deutlich negativer beeinflusst, als man dies bei Pferden erwarten würde.

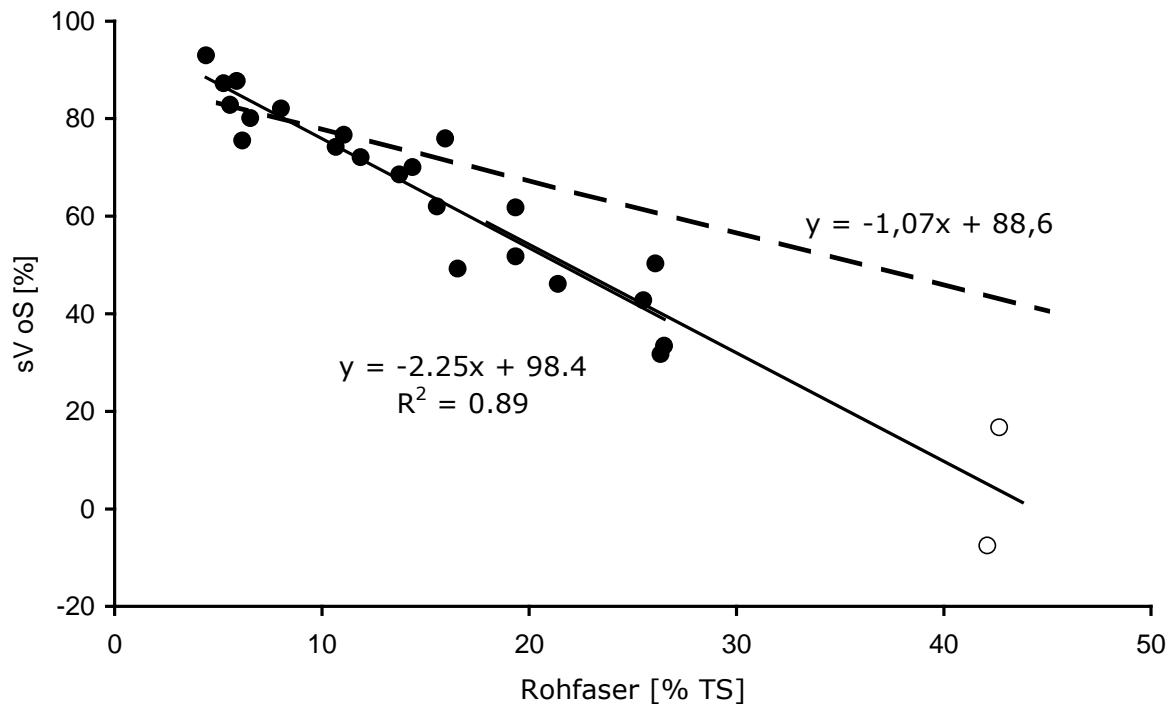


Abb. 18: Zusammenhang des Gehalts an Rohfaser (Rfa) in der Futterration und der scheinbaren Verdaulichkeit (sV) der organischen Substanz (oS) bei den Tapiren dieser Studie; die beiden Ausreißer Nemo und Cora (weiße Kreise) liegen im Trend der verlängerten, anhand der übrigen Tiere berechneten Regressionsgleichung; im Vergleich der Zusammenhang bei Pferden (gestrichelte Linie) nach KAMPHUES et al. (2004)

Eine andere Vergleichsmöglichkeit ergibt sich, wenn man die von ZEYNER & KIENZLE (2002) für Pferde ermittelte Formel zur Berechnung des DE-Gehaltes einer Ration anhand der Rohnährstoffe benutzt und die so errechneten Werte gegen die tatsächlich bei den Tapiren gemessenen DE-Gehalte der Rationen aufträgt (Abbildung 19). Die Gleichung darf nur auf Rationen mit weniger als 35 % Rfa in TS angewendet werden. Beim Pferd wird ausdrücklich darauf verwiesen, dass es sich um „physiologische Rationen“ handeln muss, also zum Beispiel kein isoliertes Kraftfutter. Demnach wären alle Rationen, die stark saure pH-Werte im Kot zur Folge haben, nicht unbedingt für die Anwendung der Formel vorzusehen. Bei den übrig bleibenden Rationen ergibt sich eine gute Übereinstimmung. Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass Tapire eine prinzipiell ähnliche Verdauungsleistung erbringen können wie Pferde, allerdings nur dann, wenn sie Substrate erhalten, die für sie bekömmlich sind.

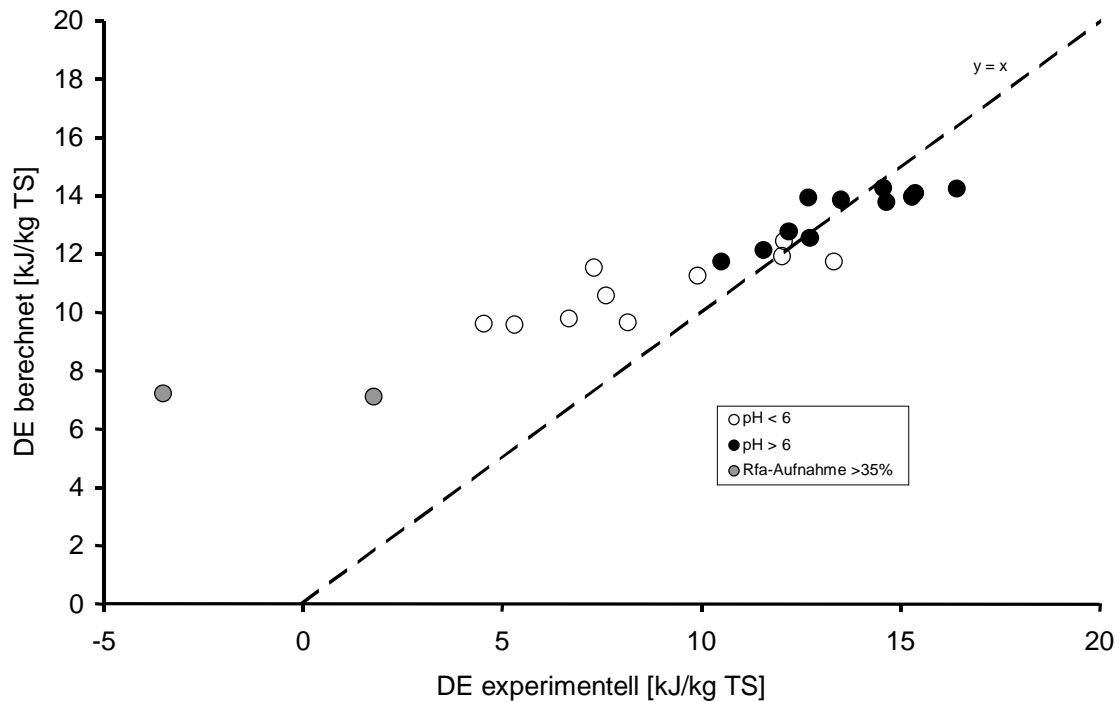


Abb. 19: Vergleich des experimentell bestimmten Gehalts an verdaulicher Energie (DE) und des mittels der von ZEYNER & KIENZLE (2002) ermittelten Formel zur Berechnung des DE-Gehalts von Pferde-Rationen anhand der Rohnährstoffgehalte berechneten DE-Gehalts der Rationen bei den Tapiren dieser Studie; graue Kreise symbolisieren Rationen mit einem Rfa-Anteil > 35 % TS, weiße Kreise Rationen mit einem Kot-pH-Wert < 6 und schwarze Kreise alle übrigen Rationen

4.2.2.3 Große Dickdarmfermentierer im Vergleich

Trägt man den NDF-Gehalt der verfütterten Rationen gegen die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz für grasäsende (Breitmaul- und Panzernashörner) und laubäsende Nashörner (Spitzmaul- und Sumatranashörner) (CLAUSS et al. 2006) sowie für Tapire (aus dieser Studie, ohne Nemo und Cora, und der Studie von FOOSE (1982)) auf (Abbildung 20), so gruppieren sich die Werte der Tapire –gemäß ihrem Äsungstyp– mit denen der laubäsenden Nashörner. Aus Abbildung 20 wird auch ersichtlich, dass in der Reihenfolge grasäsende Nashörner – laubäsende Nashörner – Tapire die Fütterungspraxis der an den Untersuchungen beteiligten Haltungen einen steigenden Anteil an faserarmen Komponenten umfasst. Die Grafik belegt damit deutlich die in der Einleitung geäußerte Vermutung, dass Tapire ein besonders drastisches Beispiel dafür sind, dass Herbivoren des Äsungstyps Laubäser im Zoo noch oft sehr faserarm ernährt werden.

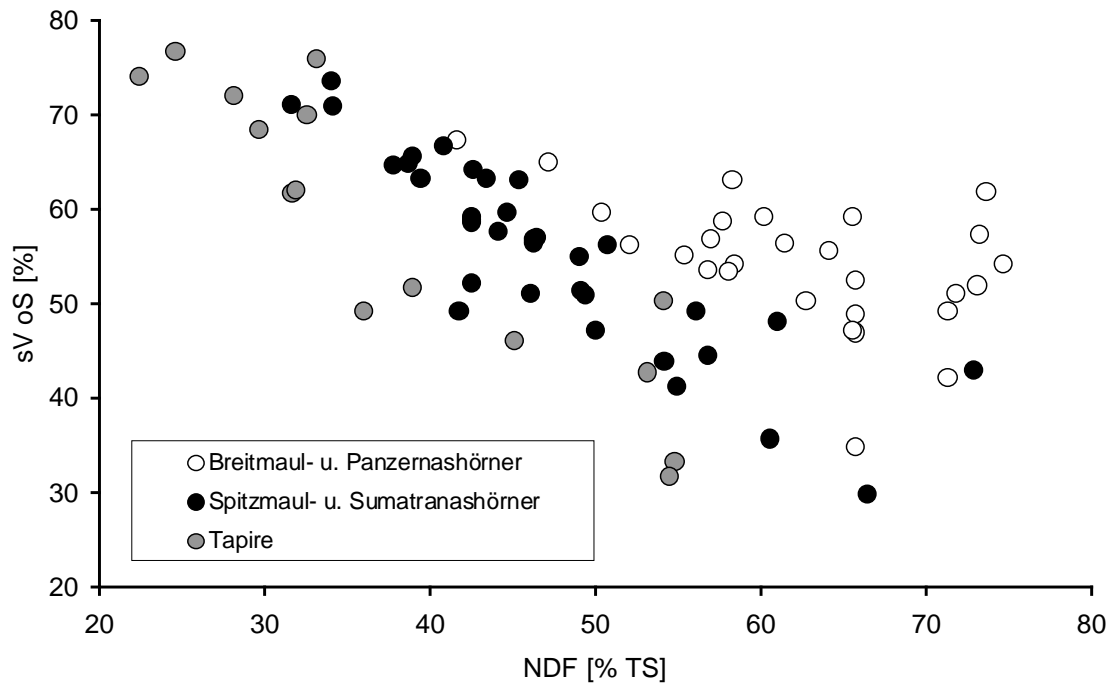


Abb. 20: Zusammenhang von Gehalt an neutraler Detergentienfaser (NDF) der Ration und scheinbarer Verdaulichkeit (sV) der organischen Substanz (oS) bei Tapiren (vorliegende Studie ohne Nemo und Cora und FOOSE (1982), graue Kreise) und grasäsenden (weiße Kreise) und laubäsenden (schwarze Kreise) Nashörnern (CLAUSS et al. 2006)

Die Ergebnisse der Regression der Verdaulichkeit auf den Rohfasergehalt für Tapire sind in Tabelle 34 zusammen mit den Ergebnissen für Pferde (FEHRLE 1999), Elefanten (CLAUSS et al. 2003a) und Nashörner (POLSTER 2004, CASTELL 2005) dargestellt.

Tab. 34: Zusammenhang zwischen dem Rfa-Gehalt in der Ration [% TS] und der sV [%] der oS bzw. der TS bei Pferd, Elefant, Panzernashorn, Spitzmaulnashorn und Tapir (m = Steigung, t = Schnittpunkt der y-Achse, R^2 = Korrelation, n = Tierzahl)

sV oS	m	t	R²	n	Quelle
Pferd	-1,07	88,6	0,79	95	FEHRLE 1999
Panzernashorn	-0,82	80,3	0,18	19	POLSTER 2004
Spitzmaulnashorn	-1,32	90,3	0,64	53	CASTELL 2005
Tapir	-2,25	98,4	0,89	22	diese Studie
sV TS	m	t	R²	n	Quelle
Indischer Elefant	-1,18	81,9	0,35	31	CLAUSS et al. 2003a
Panzernashorn	-0,77	78,3	0,17	19	POLSTER 2004
Spitzmaulnashorn	-1,34	88,9	0,66	53	CASTELL 2005
Tapir	-2,15	95,3	0,89	22	diese Studie

Die Steigung der Regressionsgeraden hängt insbesondere von Rationen mit extrem hohen oder niedrigen Gehalten an Rohfaser ab. Daher müssen die Ergebnisse, die alle von unterschiedlichen Studien mit unterschiedlichen Rationen stammen, vorsichtig interpretiert werden. Die Tatsache, dass die Regressionsgerade für die Spitzmaulnashörner und Tapire deutlich steiler ausfällt als die für Panzernashörner und Pferde könnte jedoch auf einen systematischen Unterschied hindeuten. In Anbetracht der vermuteten geringen Verträglichkeit von Fruktanen könnte es sich auch um den Effekt einer Ko-Korrelation von Fruktanen und dem Rfa-Gehalt in der Mehrzahl der Rationen handeln.

4.2.3 Endogene Verluste

Berechnet man die endogenen Verluste, indem man die Aufnahme eines Nährstoffs [g/100g TS-Aufnahme] gegen die fäkale Ausscheidung [g/100 g TS-Aufnahme] aufträgt und gegen Null extrapoliert, findet man für Rohprotein beziehungsweise Stickstoff und Rohfett bei Tapiren, Spitzmaul- und Panzernashörnern sowie Pferden Werte, die als Hinweis auf geringe Spezies-Unterschiede gedeutet werden können (siehe Tabelle 35). Endogene Verluste für Rohfett können dabei, wie beim Pferd beschrieben (EILMANN 1991, SALLMANN et al. 1992), auf die Ausscheidung von Darmbakterien zurückgeführt werden.

Tab. 35: Vergleich der errechneten endogenen Verluste an Stickstoff (N) und Rfe [g/100g TS-Aufnahme] von Pferd, Panzernashorn, Spitzmaulnashorn und Tapir

Tierart	N	Rfe	Quelle
Pferd	0,35-0,53	1,2	FONNESBECK (1969), SLADE & ROBINSON (1970), CYMBALUK (1990);
Panzernashorn	0,24	1,0	POLSTER (2004)
Spitzmaulnashorn	0,50	0,6	CASTELL (2005)
Tapir	0,24	0,4	diese Studie

4.2.4 Bewertung der Energieaufnahme

Die täglich aufgenommene verdauliche Energie (DE) der Tiere dieser Studie ist für die normalen Zorationen in einem Bereich von 0,32 - 0,89 MJ/kg^{0,75}/d mit einem Durchschnitt von 0,60 MJ/kg^{0,75}/d und für die Raufutter-Rationen zwischen 0 und 0,43 MJ/kg^{0,75}/d bei durchschnittlich 0,2 MJ/kg^{0,75}/d. Im Durchschnitt liegen die Tapire auf den normalen Zorationen damit genau auf dem von MEYER & COENEN (2002) für Pferde vorgeschlagenen Wert für den Erhaltungsbedarf. CASTELL (2005) gibt bei Spitzmaulnashörnern höhere Werte von 0,50 - 1,03 MJ/kg^{0,75}/d an, während die von POLSTER (2004) bei Panzernashörnern gemessenen Werte von 0,23 - 0,89 MJ/kg^{0,75}/d im gleichen Bereich wie die der Tapire dieser Studie liegen.

Trägt man die bei den einzelnen Tieren gemessenen DE-Aufnahmen gegen den für Pferde angenommenen Bedarf auf, so fällt auf, dass in vielen Fällen dieser Erhaltungsbedarf nicht gedeckt wäre (Abbildung 21); dabei ist nicht davon auszugehen, dass die üblicherweise in Zoos verfütterten Rationen zu einem chronischen Energiemangel und Gewichtsverlust der Tiere führen (siehe auch Abbildung 22, die einen stets mit gutem Appetit fressenden Tapir vor den Resten seiner täglichen Ration zeigt). Ob diese im Vergleich zu Pferden geringere Aufnahme an verdaulicher Energie –wie die bei SCHWARM et al. (2006) deutlich niedrigere DE-Aufnahmen bei Flusspferden– im Sinne einer niedrigeren Stoffwechselrate als bei Pferden interpretiert werden sollte, kann in dieser Studie nicht beantwortet werden. Anzumerken ist jedoch hierbei noch, dass Tapire mit 36,4 – 37,2 °C eine niedrigere Körpertemperatur als Pferde aufweisen, was für einen niedrigeren Grundumsatz sprechen könnte. POLSTER (2004) und CASTELL (2005) spekulieren über

Unterschiede im Temperament der Nashornspezies; in dieser Hinsicht sind Tapire vermutlich –wie die Panzernashörner– als eher träge Tiere mit langen Ruhezeiten tagsüber (VON RICHTER 1966) einzuordnen. Ausgehend von der Tatsache, dass die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Tapire eher faserarm ernährt werden, kann es jedoch auch möglich sein, dass die Umsetzbarkeit der DE höher ist als in typischen Pferderationen.

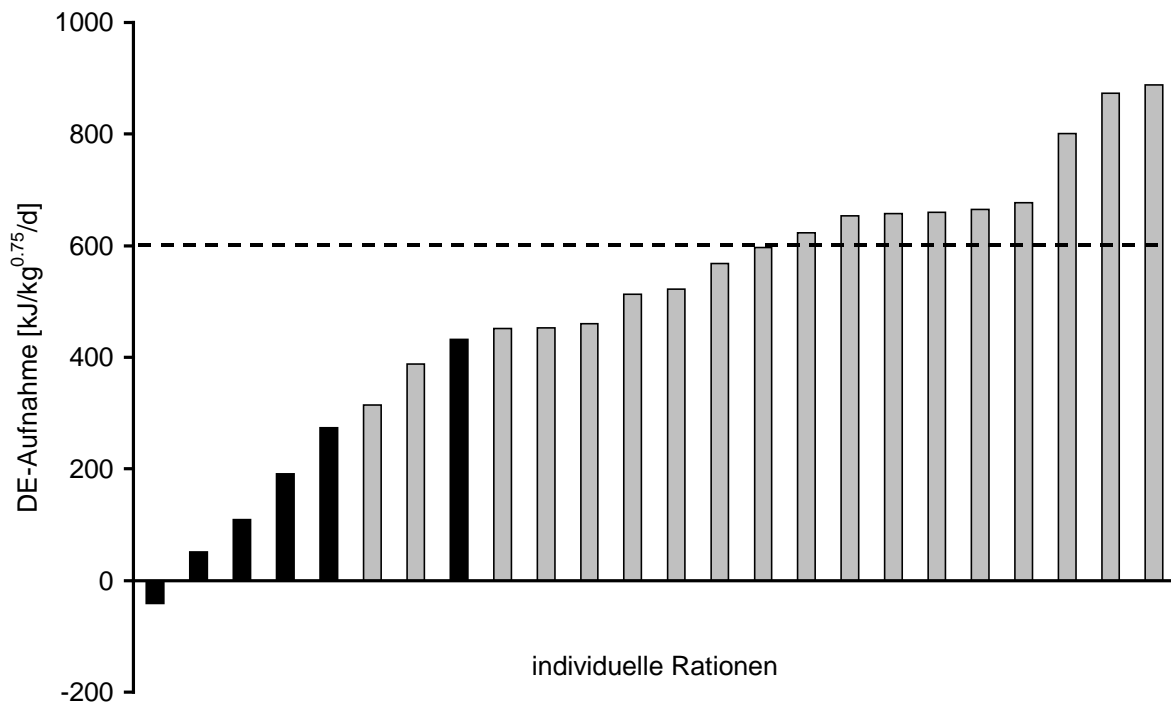


Abb. 21: Aufnahme an verdaulicher Energie (DE) bei den in dieser Studie untersuchten Tapiren im Vergleich zum Erhaltungsbedarf für Pferde (MEYER & COENEN 2002, gestrichelte Linie); reine Heurationen sind dunkel markiert



Abb. 22: Flachlandtapir vor den Resten seiner täglichen Futterrations

Die Tapire dieser Studie zeigen auf den normalen Zorationen eine gewisse Regulation der Futteraufnahme dahingehend, dass bei steigendem Gehalt der Rationen an verdaulicher Energie insgesamt weniger Futter aufgenommen wird (Abbildung 23). Da trotz dieser Regulation die in Abbildung 21 dargestellte große Variation an DE-Aufnahme resultiert, die dabei bei den Zorationen unabhängig vom DE-Gehalt der Ration ist (Abbildung 24), muss auch von einer großen individuellen Variation ausgegangen werden.

Bemerkenswert ist, dass lediglich ein Tapir (Flocke), wie in den Abbildungen 21 und 23 ersichtlich, auf der reinen Raufutter-Ration eine so hohe Futteraufnahme zeigt, dass sich im Vergleich zu der normalen Zoration kein wesentlicher Unterschied in der Energieaufnahme ergibt. Dieser Tapir fällt auch auf der normalen Zoration durch eine im Vergleich zu den anderen Tieren ungewöhnlich hohe Heu-Aufnahme auf ($55 \text{ g Heu-TS/kg}^{0.75}/\text{d}$ im Vergleich zu $2 - 26 \text{ g Heu-TS/kg}^{0.75}/\text{d}$ bei den anderen Tieren).

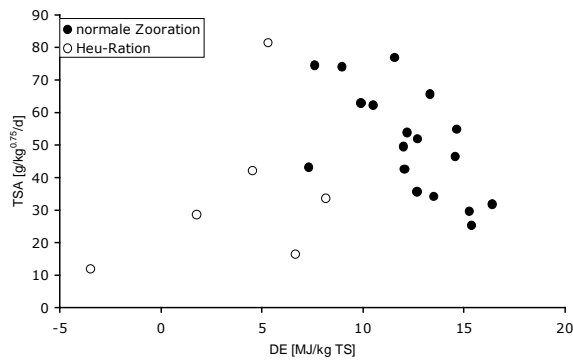


Abb. 23: Trockensubstanz-Aufnahme (TSA) in Abhängigkeit von der Energiedichte der Ration (DE)

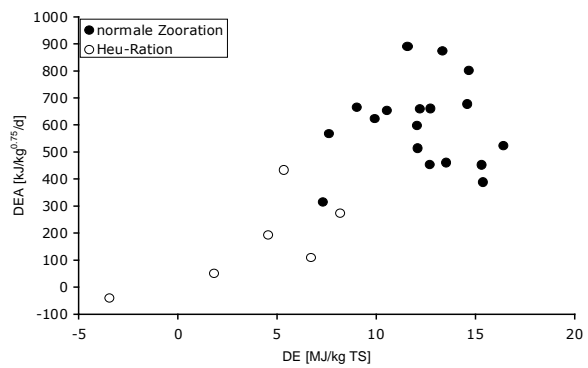


Abb. 24: Aufnahme an verdaulicher Energie (DEA) in Abhängigkeit von der Energiedichte der Ration (DE)

4.2.5 Wasserhaushalt

Vergleicht man den Wasserhaushalt von Tapiren –soweit anhand der vorliegenden Daten möglich– mit dem von Pferden, Panzer- und Spitzmaulnashörnern, fällt eine prinzipielle Ähnlichkeit der Wasseraufnahme bei diesen Tierarten auf. Minima und Maxima liegen jedoch bei den Tapiren etwas niedriger beziehungsweise höher (siehe Tabelle 36). Ein deutlicher Unterschied besteht hinsichtlich der fäkalen Wasserverluste und der renalen Ausscheidung (einschließlich der insensiblen Verluste und abzüglich des metabolischen Wassers). Wie Tabelle 36 zeigt, scheiden Tapire, bezogen auf die Körpermasse, deutlich weniger Wasser mit dem Kot aus als Pferde und Nashörner. Als Ursache hierfür ist die im Vergleich zu anderen Unpaarhufern geringere Kotmenge, bedingt durch eine –vermutlich aufgrund der energiedichten Fütterung- niedrigere Futteraufnahme (s. o.), anzuführen. Diese geringere Wasserausscheidung mit dem Kot bedingt eine, gegenüber den von POLSTER (2004) und CASTELL (2005) bei Panzer- bzw. Spitzmaulnashörnern gemessenen Werten, höhere renale Ausscheidung.

Tab. 36: Vergleich des Wasserhaushalts von Pferd, Panzernashorn, Spitzmaulnashorn und Tapir; Wasseraufnahme pro Tag [ml/kg KM], fäkale Wasserverluste pro Tag [ml/kg KM] und renale Ausscheidung + insensible Verluste – metabolisches Wasser pro Tag [ml/kg KM]

Tierart	Wasser- aufnahme	fäkale Wasser- verluste	renale Ausscheidung + insensible Verluste – metabolisches Wasser*	Quelle
Pferd	30–50	20-30		MEYER (1992)
Panzer- nashorn	30–49	16–36	11-25	POLSTER (2004)
Spitzmaul- nashorn	32–75	16–46	16-48	CASTELL (2005)
Tapire	26–83	3-32	18-54	diese Studie

* errechnet aus der Differenz von Wasseraufnahme und fäkalem Wasserverlust

Ein Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Tränkewasser [ml/kg KM] und der Trockensubstanz-Aunahme besteht nicht. Dies ist vermutlich durch die hohe Futterwasseraufnahme begründet.

4.2.6 Mineralhaushalt

4.2.6.1 Mineralstoffgehalte in der Ration

Bedarfszahlen für die Versorgung mit Mineralstoffen existieren für Tapire nicht. Die Aufnahme der auf die absolute Körpermasse bezogenen Mengenelemente wird deshalb den Bedarfszahlen für Pferde in Tabelle 37 gegenübergestellt.

Tab. 37 Vergleich der von den Tapiren aufgenommenen Menge an Mengenelementen mit den Bedarfszahlen für Pferde [mg/kg KM]

Tierart	Ca	K	Mg	Na	P	Quelle
Pferd	40-50	50	8-20	20	29-34	*
Tapir	6-199	55-386	10-82	2-91	13-106	diese Studie

* NRC (1989), PAGAN (1998), MEYER & COENEN (2002)

Anders als in der Untersuchung von CASTELL (2005), in der bei im Zoo gehaltenen Spitzmaulnashörnern alle Mengenelement-Aufnahmen im beziehungsweise über dem für Pferde empfohlenen Bereich liegen, kommt es bei den Tapiren in dieser

Studie für Kalzium bei neun Tieren, für Natrium bei zwölf Tieren und für Phosphor bei sieben Tieren verschiedener Haltungen und Rationen zu Unterschreitungen der Bedarfswerte für Pferde (siehe Tabelle 40). Vergleicht man mit den *Rationsempfehlungen* für Zoo-Herbivoren von LINTZENICH & WARD (1997) (Tabelle 38), so stellt man fest, dass der Kalium-, Magnesium- und Phosphor-Anteil aller in dieser Studie gefütterten Rationen innerhalb oder über den von LINTZENICH & WARD (1997) für Tapire empfohlenen Werten liegt. Zu wenig Kalzium erhalten die 7 Tiere aus den Haltungen C und E, deren Rationen beide relativ Raufutter-arm sind. Die Vorgaben von LINTZENICH & WARD (1997) bezüglich des Natrium-Gehaltes werden in allen reinen Heu-Rationen unterschritten, außerdem in der Ration von Flocke, einem Schabrackentapir, der auffällig viel Heu frisst. Die Tiere in Haltung C erhalten ebenfalls Futter mit einem Natrium-Gehalt unter 0,10 % TS (vgl. Tabelle 40). Das Anbieten eines Salz-Lecksteins, wie von KUEHN (1986) bei der Fütterung von Tapiren in Menschenobhut allgemein vorgeschlagen, ist hier anzuraten.

Tab. 38: Vergleich der von den Tapiren aufgenommenen Menge an Mengenelementen mit den Rationsempfehlungen für Zoo-Herbivoren [% TS]

Tierart	Ca	K	Mg	Na	P	Quelle
Tapir	0,22-0,72	0,30-0,42	0,08-0,11	0,10-0,30	0,17-0,38	LINTZENICH & WARD (1997)
Tapir	0,08-1,26	0,81-2,23	0,22-0,43	0,04-0,48	0,21-0,58	diese Studie

Die Spurenelement-Gehalte der Tapir-Rationen, angegeben in mg/kg TS, werden in Tabelle 39 mit den Bedarfswerten für Pferde (MEYER & COENEN 2002) und den *Empfehlungen* für Tapire (LINTZENICH & WARD 1997) verglichen, die in derselben Größenordnung liegen, wobei die Angaben für Pferde durchwegs etwas niedriger sind.

Tab. 39: Vergleich der von den Tapiren aufgenommenen Menge an Spurenelementen mit den Bedarfswerten für Pferde und den Rationsempfehlungen für Zoo-Herbivoren [mg/kg TS]

Tierart	Cu	Fe	Zn	Quelle
Pferd	8-10	70	35	MEYER & COENEN (2002)
Tapir	11-13	91-140	58-64	LINTZENICH & WARD (1997)
Tapir	5-61	88-504	15-208	diese Studie

Es zeigt sich, dass bei den Tieren der Haltungen C und E sowie bei allen Tapiren mit ausschließlicher Heufütterung die Aufnahme von Kupfer im marginalen Bereich liegt. Ebenso ist der Zink-Gehalt der Rationen aus den Haltungen C und E und der reinen Luzerneheu-Ration zu gering (siehe Tabelle 40). Obwohl Anzeichen einer Unterversorgung bei keinem Tier zu erkennen sind, ist hier eine Supplementierung zu empfehlen.

Eine Aufstellung über die Anzahl der Tiere, bei denen die Bedarfswerte für Pferde beziehungsweise die Empfehlungen für Tapire hinsichtlich der Mineralstoffgehalte in den Futter-Rationen unterschritten werden, enthält Tabelle 40.

Tab. 40: Anzahl der Tiere dieser Studie, bei denen die Bedarfswerte für Pferde (NRC 1989, PAGAN 1998, MEYER & COENEN 2002) beziehungsweise die Empfehlungen für Tapire (LINTZENICH & WARD 1997) unterschritten werden

Mineralstoff	Bedarfswerte für Pferde	Empfehlungen für Tapire
Ca	9	7
K	0	0
Mg	0	0
Na	12	11
P	7	0
Cu	13	13
Fe	0	2
Zn	9	15

4.2.6.2 Verdaulichkeiten für Mineralstoffe

Wie aus Tabelle 41 ersichtlich wird, liegen die scheinbaren Verdaulichkeiten von Kalzium und Phosphor bei Tapiren im Rahmen der Werte, die in der Literatur für andere Dickdarmfermentierer beschrieben sind. Lediglich die Bandbreite der Werte ist bei dieser Tierart größer.

Tab. 41: Vergleich der scheinbaren Verdaulichkeit von Ca und P [%] bei Pferd, Elefant, Panzernashorn, Spitzmaulnashorn und Tapir

Tierart	Ca	P	Quelle
Pferd	50-60	25-40	PAGAN (1998) MEYER & COENEN (2002)
Elefant	40-60	17-53	LÖHLEIN (1999)
Panzernashorn	60-83	-18-29	POLSTER (2004)
Spitzmaulnashorn	65-90	3-50	CASTELL (2005)
Tapir	27-91	-10-58	diese Studie

Wie für Pferde (SCHRYVER et al. 1970, CAPLE et al. 1982, MEYER & STADERMANN 1990) und Nashörner (POLSTER 2004, CASTELL 2005) ergibt sich beim Tapir für die wenigen gewonnenen Urinproben ein Zusammenhang zwischen dem Ca-Gehalt in der aufgenommenen Ration und der renalen Ca-Ausscheidung (ausgedrückt als Ca:Kreatinin-Verhältnis) (siehe Abbildung 25). Dies spricht dafür, dass auch Tapire einen Großteil des Kalziums im Darm resorbieren und das Ca-Gleichgewicht über die renale Ca-Ausscheidung regulieren.

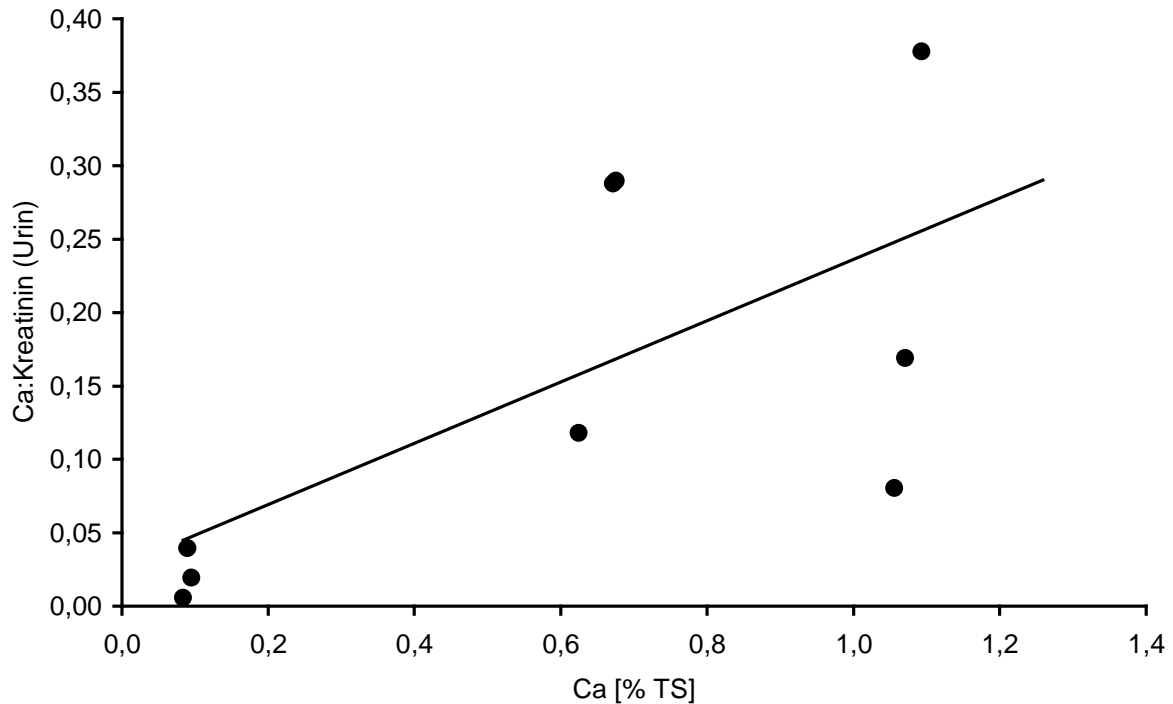


Abb. 25: Zusammenhang zwischen der Ca-Aufnahme [% TS] und dem Ca:Kreatinin-Verhältnis im Urin von Tapiren

Wie in POLSTER (2004) durch eine Literaturzusammenfassung gezeigt, wird bei Pferden, neben der Abhängigkeit der Ca-Absorption von der Raufutter-Aufnahme (STADERMANN et al. 1992), die scheinbare Verdaulichkeit von Kalzium und Phosphor vor allem durch das Ca:P-Verhältnis der Ration bestimmt. Ähnliche Muster finden sich nicht nur bei Nashörnern (POLSTER 2004, CASTELL 2005), sondern auch bei den Tapiren der vorliegenden Studie (Abbildung 26).

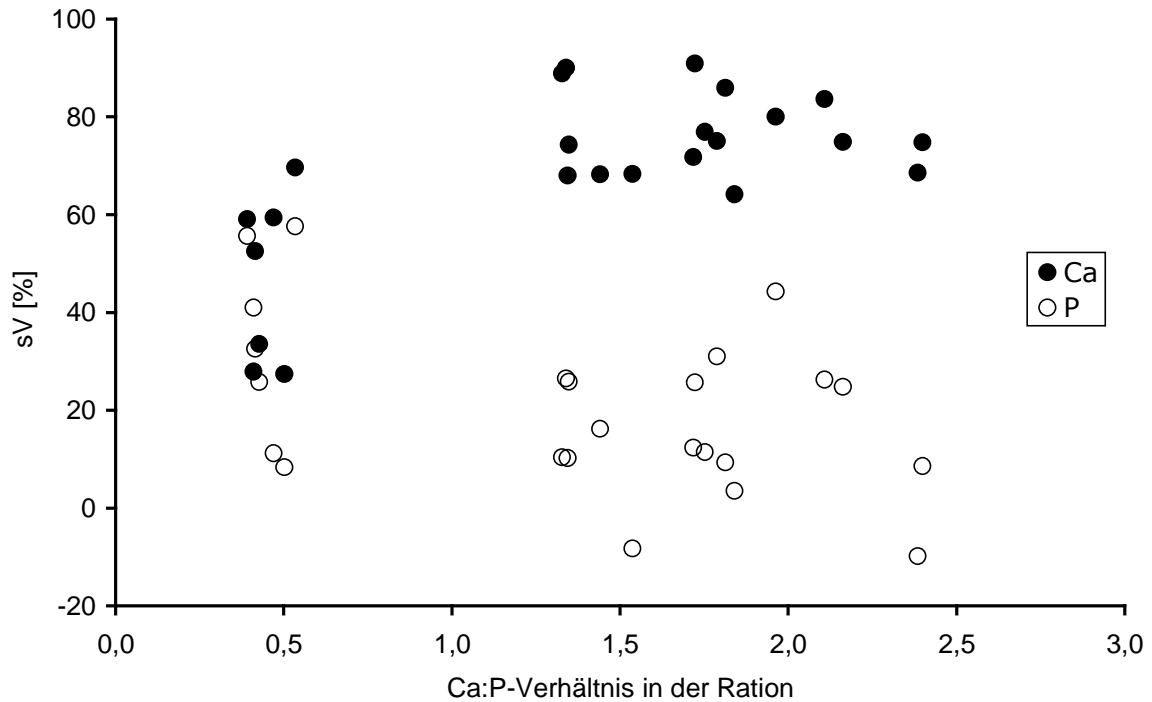


Abb. 26: Abhängigkeit der scheinbaren Verdaulichkeit von Ca und P [%] vom Ca:P-Verhältnis bei Tapiren

In Anlehnung an den Vergleich zwischen Pferden und Spitzmaulnashörnern (CLAUSS et al. 2007a) ist in Abbildung 27 jeweils der Gehalt an einem Mineralstoff gegen den Gehalt an verdaulichem Mineralstoff aufgetragen. Dabei entspricht die Steigung der resultierenden Regressionsgeraden theoretisch der wahren Verdaulichkeit und der Schnittpunkt mit der y-Achse den endogenen Verlusten pro 100 g aufgenommener TS. Die Angaben zu den resultierenden Regressionsgleichungen sind in Tabelle 42 zusammengefasst.

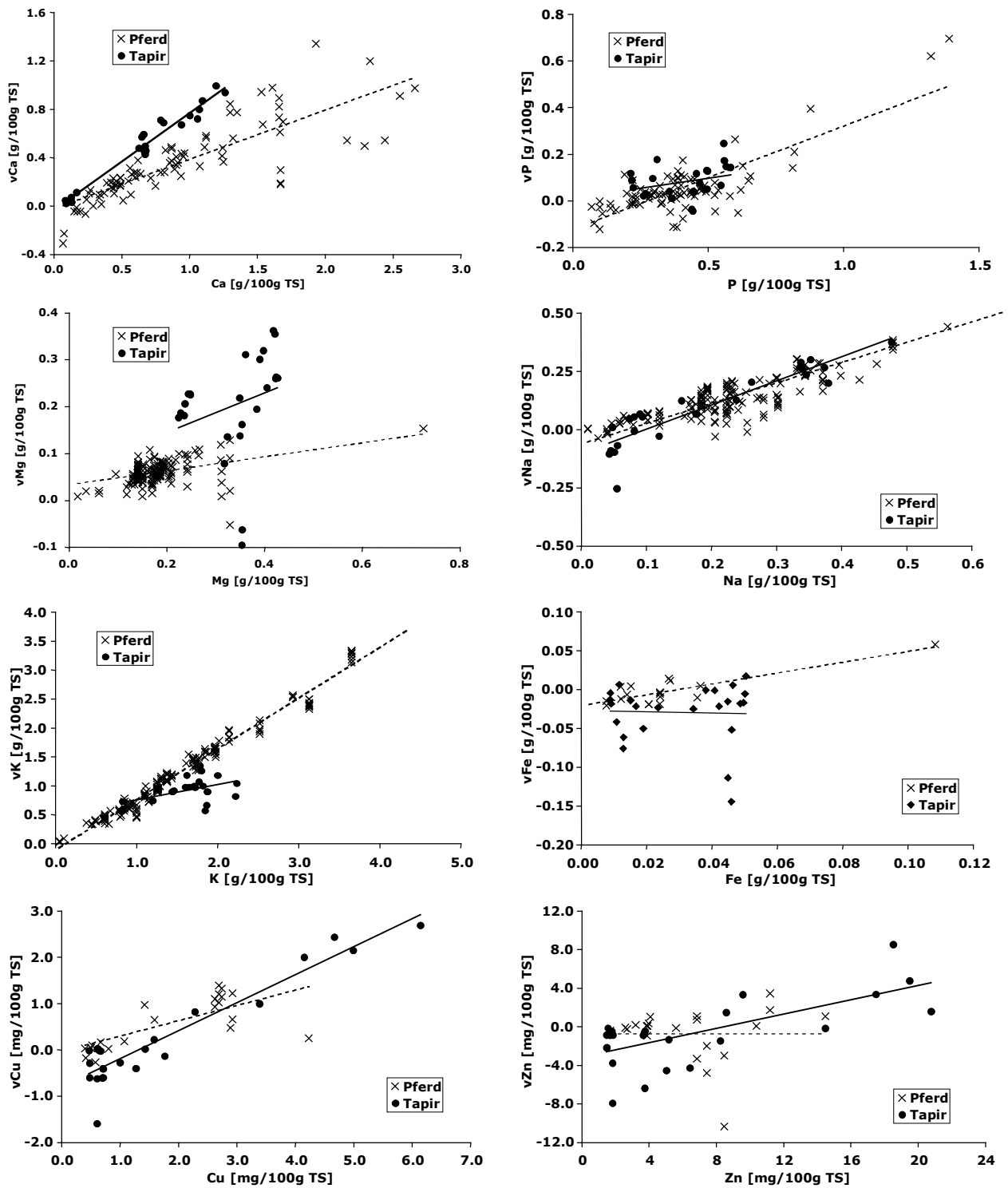


Abb. 27: Zusammenhang zwischen dem Gehalt von Ca, P, Mg, Na, K und Fe [g/100g TS] sowie Cu und Zn [mg/100g TS] und dem jeweiligen Gehalt an verdaulichem Mineralstoff [g bzw. mg/100g TS]; (Regressionsgleichungen siehe Tabelle 42)

Tab. 42: Mineralstoffkonzentrationen im Futter [g bzw. mg/kg TS] und scheinbare Verdaulichkeit der Mineralstoffe [%] bei Pferden* und den Tapiren dieser Studie (Angaben als Mittelwerte \pm Standardabweichung sowie Minimum und Maximum)

Mineralstoff	Tierart	n	Mineralstoffkonzentration im Futter	sV	a**	b**	R***
			[g/kg TS]	[%]			
Ca	Pferd	85	9.2 \pm 6.2 (0,7-26,6)	26 \pm 68 (-458-70)	0,41	-0,02	0,68
	Tapir	24	6,4 \pm 3,9 (0,8-12,6)	68 \pm 18 (27–91)	0,80	-0,03	0,97
P	Pferd	86	3,9 \pm 2,2 (0,7–13,9)	5 \pm 28 (-123-59)	0,45	-0,12	0,65
	Tapir	24	4,2 \pm 1,2 (2,1-5,8)	21 \pm 17 (-10–58)	0,17	0,01	0,09
Mg	Pferd	162	1,8 \pm 0,7 (0,2-7,3)	35 \pm 12 (-16–67)	0,15	0,03	0,17
	Tapir	24	3,4 \pm 0,7 (2,2-4,3)	62 \pm 32 (-27–94)	0,42	0,06	0,08
Na	Pferd	163	2,4 \pm 1,6 (0,1–16,9)	56 \pm 29 (-140-95)	0,87	-0,06	0,87
	Tapir	24	1,9 \pm 1,4 (0,4-4,8)	-4 \pm 139 (-465-86)	1,04	-0,10	0,84
K	Pferd	166	15,2 \pm 8,5 (0,5-36,5)	78 \pm 9 (45–94)	0,88	-0,11	0,98
	Tapir	24	16,1 \pm 3,9 (8,1-22,3)	59 \pm 13 (31–88)	0,26	0,50	0,24
			[mg/kg TS]	[%]			
Fe	Pferd	18	258 \pm 222 (77–1083)	-42 \pm 85 (-268-54)	0,70	-0,02	0,70
	Tapir	24	305 \pm 165 (88-504)	-136 \pm 167 (-592-54)	-0,07	-0,03	0,00
Cu	Pferd	21	18,9 \pm 11,5 (4,0–42,3)	23 \pm 28(-47–69)	0,33	-0,03	0,49
	Tapir	24	16,9 \pm 16,8 (4,6–61,4)	-26 \pm 72 (-265-52)	0,61	-0,79	0,88
Zn	Pferd	21	64 \pm 34 (17–145)	-11 \pm 35 (-122-31)	0,00	-0,74	0,00
	Tapir	24	68 \pm 65 (15–208)	-54 \pm 103 (-437-46)	0,37	-3,11	0,46

* WOLFF (1894, 1897), TANGL (1902), SCHEUNERT et al. (1923), SCHRYVER et al. (1970, 1971), VON WEDEMEYER (1970), WHITLOCK et al. (1970), HINTZ & SCHRYVER (1972, 1973, 1976), OTT et al. (1975), WEIDENHAUPT (1977), MUNDT (1978), PFERDEKAMP (1978), SWARTZMAN et al. (1978), GÜLDENHAUPT (1979), MEYER & AHLWEDE (1979), SCHMIDT (1980), VERTHEIN (1981), LINDEMANN (1982), MEYER et al. (1982, 1993), BREMS (1983), GÜNTHER (1984), KRULL (1984), TELEB (1984), SMILEY et al. (1985), SCHULZE (1987), GOMDA (1988), GROENENDYK et al. (1988), KAPUSNIAK & POTTER (1988), BERTONE et al. (1989), CYMBALUK et al. (1989), PEREZ NORIEGA (1989), CYMBALUK (1990), NEHRING (1991), CROZIER et al. (1997), STÜRMER (2005)

**nach der Regressionsgleichung: vMineralstoff = a x Mineralstoff + b in [g/100g TS] für Ca, P, Mg, Na, K; [mg/100g TS] für Fe, Cu, Zn

*** = Aufnahme [g] – Ausscheidung [g] / Aufnahme [g] x 100 des jeweiligen Mineralstoffs

Es fällt auf, dass die Regressionsgerade für Kalzium in Tabelle 42 nahezu mit der für Spitzmaulnashörner in Clauss et al. (2007) identisch ist und deutlich steiler ausfällt als die für Pferde (Abbildung 27); wie bei den Spitzmaulnashörnern liegt auch die Verdaulichkeit von Magnesium zumeist höher als bei Pferden (Abbildung 27). Da beide Minerale durch ähnliche Mechanismen absorbiert werden, ist dies nicht verwunderlich. CLAUSS et al. (2007) diskutieren diese Beobachtung wie folgt: Da die natürliche Äsung von Laubäsern meist höhere Gehalte an Kalzium aufweist als die von Grasäsern, wäre eigentlich zu erwarten, dass diese Tiere keinen besonders effektiven Mechanismus zur Absorption von Kalzium entwickeln müssten. Doch genau das Gegenteil scheint der Fall zu sein – die Laubäser Spitzmaulnashorn und Tapir absorbieren Kalzium, obwohl es in ihrer natürlichen Äsung in hohen Gehalten vorkommt, besonders effektiv. CLAUSS et al. (2007) deuten dies bei den Spitzmaulnashörnern als Hinweis darauf, dass der besondere Kalzium-Metabolismus von Dickdarmfermentierern (Absorption im Dünndarm, renale Exkretion) vor allem das Ziel verfolgt, den Bakterien im Blind- und Dickdarm möglichst viel nutzbares Phosphor zur Verfügung zu stellen, das nicht durch Kalzium komplexiert ist. Nach dieser Theorie müsste bei Dickdarmfermentierern die Ca-Absorption umso effizienter funktionieren, je höher der Gehalt an Ca in der natürlichen Äsung ist. Die Daten für Tapire der vorliegenden Studie scheinen, ebenso wie die bei Laub-fressenden Nashörnern gefundenen Ergebnisse, diese Theorie zu bekräftigen.

Ansonsten ergeben sich im Mineralhaushalt keine relevanten Unterschiede zwischen Tapiren und Pferden. Insbesondere sind sich diese Tiergruppen, im Gegensatz zu den Spitzmaulnashörnern (CLAUSS et al. 2007), hinsichtlich der Natrium-Verdaulichkeit ähnlich.

5 Zusammenfassung

Stefanie Lang-Deuerling: Untersuchungen zu Fütterung und Verdauungsphysiologie an Flachland- und Schabrackentapiren (*Tapirus terrestris* und *Tapirus indicus*)

In der vorliegenden Arbeit werden bei dreizehn Flachland- und fünf Schabrackentapiren aus fünf Zoos die Futterraufnahmen und die scheinbaren Verdaulichkeiten bei verschiedenen Futterrationen überprüft. Eingesetzt werden die im jeweiligen Zoo üblicherweise angebotenen Rationen (Krafftutter und Grundfutter, Ration KG). Daneben gibt es in zwei Haltungen eine Fütterungsperiode, bei der die entsprechende Ration ohne Krafftutteranteil (Ration G) nach einer mindestens einwöchigen Umstellungsphase gereicht wird. Es wird die Kollektionsmethode verwendet. Weiterhin werden die Verweildauer von Flüssigkeit und Partikeln im Gastrointestinaltrakt, der pH-Wert im Kot, die Wasseraufnahme bei zehn Tieren sowie das Kalzium:Kreatinin-Verhältnis in sporadisch gesammelten Urinproben bestimmt. Das Körpergewicht der Tiere wird geschätzt.

Folgende Ergebnisse werden erzielt:

1. Darmpassagezeit: Die mittlere Retentionszeit des Flüssigkeitsmarkers (Co-EDTA) im Magen-Darm-Trakt liegt zwischen 15,2 und 71,5 Stunden (Mittelwert $41,4 \pm 15,1$ Stunden), die des Partikelmarkers (Cr-gebeizte Faser mit einer Partikelgröße < 2 mm) zwischen 25,1 und 80,5 Stunden (Mittelwert $55,2 \pm 16,4$ Stunden); ($n = 24$).
2. Die tägliche Trockensubstanz-Aufnahme bewegt sich in einem Bereich von 0,3 bis 1,9 % der Körpermasse (Mittelwert $1,2 \pm 0,5$; $n = 24$). Die aufgenommene Menge an verdaulicher Energie beträgt für die Rationen aus Kraft- und Grundfutter (KG) $0,6 \pm 0,2$ MJ/kg^{0,75} ($n = 18$) und für die Grundfutter-Rationen (G) $0,2 \pm 0,2$ MJ/kg^{0,75} ($n = 6$). Angaben zur scheinbaren Verdaulichkeit sind in Tabelle 43 dargestellt.

Tab. 43: Scheinbare Verdaulichkeit [%] der Trockensubstanz (TS), der organischen Substanz (oS), des Rohproteins (Rp), der Rohfaser (Rfa), des Kalziums (Ca) und des Phosphors (P) für die Rationen KG (Rfa-Aufnahme über und unter 10 % TS) und G (Grasheu und Luzerneheu), angegeben als Mittelwerte \pm Standardabweichung

Ration	n	TS	oS	Rp	Rfa	Ca	P
KG (Rfa-Aufnahme < 10 % TS)	7	83 \pm 6	84 \pm 6	56 \pm 22	15 \pm 31	47 \pm 17	33 \pm 20
KG (Rfa-Aufnahme > 10 % TS)	11	62 \pm 10	64 \pm 11	50 \pm 16	21 \pm 18	76 \pm 8	18 \pm 14
G (Grasheu)	4	39 \pm 7	40 \pm 9	30 \pm 9	15 \pm 9	80 \pm 11	18 \pm 9
G (Luzerneheu)	2	5 \pm 16	5 \pm 17	55 \pm 10	-25 \pm 18	72 \pm 4	-1 \pm 13

- Der pH-Wert im Kot beträgt bei Rationen aus Kraft- und Grundfutter (KG) 5,8 bis 6,6 (Mittelwert 6,1 \pm 0,3; n = 10), bei Grasheu-Rationen 5,5 bis 5,8 (Mittelwert 5,7 \pm 0,1; n = 4) und bei Luzerneheu-Rationen 7,2 – 7,8 (Mittelwert 7,5 \pm 0,4; n = 2).
- Die Gesamtwasseraufnahme liegt bei 4,7 bis 17,9 l (Mittelwert 9,5 \pm 4,9) beziehungsweise bei 2,6 bis 8,3 kg/100 kg KM (Mittelwert 4,4 \pm 1,9 kg/100 kg KM) ohne Unterschiede zwischen den Rationen (n = 10). Pro kg TS werden 5,2 \pm 4,4 l Wasser insgesamt aufgenommen.
- Das Kalzium:Kreatinin-Verhältnis im Urin steigt mit steigender Kalzium-Aufnahme.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Wasseraufnahme, zum Kalzium-Haushalt sowie zu den mittels Regression von Aufnahme und Ausscheidung und Extrapolation gegen Null abgeschätzten „endogenen Verlusten“ deuten darauf hin, dass Tapire in diesen Aspekten ihrer Verdauungsphysiologie Pferden ähneln.

Unterschiede ergeben sich für die Passagezeiten, die deutlich länger sind als beim Pferd. Trotz dieser für Dickdarmfermentierer langen Retentionszeiten fällt die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz mit zunehmendem Gehalt an Rohfaser in der Ration stärker ab als beim Pferd. Das Absinken des Kot-pH-Wertes mit steigendem Anteil an nicht in der Faseranalytik erfassten Kohlehydraten aus Grasheu legt die Vermutung nahe, dass Fruktane für Tapire nicht gut verträglich

sind. Eine Alternative stellt eventuell die Gabe von Luzerneheu als Raufutter dar, wobei aber wesentlich faserärmere Qualitäten erforderlich wären als in der vorliegenden Untersuchung.

6 Summary

Stefanie Lang-Deuerling: Investigations on feeding and digestive physiology of lowland and Malayan tapirs (*Tapirus terrestris* and *Tapirus indicus*)

In this study, thirteen lowland and five Malayan tapirs were investigated regarding food intake and apparent digestibilities on different diets. The rations usually fed at the respective zoos (mixed feeds and roughage, ration KG) were used. In two zoos, a ration consisting only of the local roughage (ration G) was also used after a at least one-week adaptation period. Total faecal collection was used. Additionally, retention times of fluids and particles in the gastrointestinal tract was measured, as well as faecal pH, water intake in ten animals, and the calcium:creatinine ratio in sporadically sampled urine. Body mass (BM) of animals was estimated.

Results were as follows:

1. Ingesta passage time: Mean retention time of the fluid marker (Co-EDTA) in the total gastrointestinal tract ranged from 15.2 to 71.5 hours (mean 41.4 ± 15.1 hours), that of the particle marker (Cr-mordanted fibre, particle size < 2 mm) from 25.1 to 80.5 hours (mean 55.2 ± 16.4 hours; $n = 24$).
2. Daily dry matter intake was between 0.3 to 1.9 % of BM (mean 1.2 ± 0.5 ; $n = 24$). The ingested amount of digestible energy was 0.6 ± 0.2 MJ/kg^{0.75} for rations KG ($n = 18$) and 0.2 ± 0.2 MJ/kg^{0.75} for rations G ($n = 6$). Apparent digestibility coefficients are displayed in Table 44.

Tab. 44: Apparent digestibility [%] of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), crude fibre (CF), calcium (Ca) and phosphorus (P) for rations KG (CF intake above and below 10 % DM) and G (grass hay and lucerne hay); (means \pm standard deviation)

Ration	n	DM	OM	CP	CF	Ca	P
KG (CF intake < 10 % DM)	7	83 \pm 6	84 \pm 6	56 \pm 22	15 \pm 31	47 \pm 17	33 \pm 20
KG (CF intake > 10 % DM)	11	62 \pm 10	64 \pm 11	50 \pm 16	21 \pm 18	76 \pm 8	18 \pm 14
G (grass hay)	4	39 \pm 7	40 \pm 9	30 \pm 9	15 \pm 9	80 \pm 11	18 \pm 9
G (lucerne hay)	2	5 \pm 16	5 \pm 17	55 \pm 10	-25 \pm 18	72 \pm 4	-1 \pm 13

- Faecal pH was between 5.8 and 6.6 (mean 6.1 \pm 0.3; n = 10) for rations KG, between 5.5 and 5.8 (mean 5.7 \pm 0.1; n = 4) for rations consisting of grass hay and between 7.2 and 7.8 (mean 7.5 \pm 0.4; n = 2) for rations consisting of lucerne hay.
- Total water intake ranged from 4.7 to 17.9 l (9.5 \pm 4.9) or 2.6 to 8.3 kg/100 kg BM (4.4 \pm 1.9 kg/100 kg BM) with no difference between rations (n = 12). Per kg DM, total water intake was 5.2 \pm 4.4 l.
- Urinary calcium:creatinine ratio increased with increasing dietary calcium intake.

The results of water intake, calcium metabolism and endogenous losses (calculated by regression analysis) suggest a general similarity in the digestive physiology between tapirs and domestic horses.

Differences are, however, evident in ingesta retention times, which are distinctively longer than in horses. In spite of these long retention times, the apparent digestibility of organic matter showed a steeper decrease with an increasing concentration of crude fibre in the diet than in horses. The drop of the faecal pH with an increasing proportion of residual carbohydrates (not analysed by the detergent analysis) suggests that tapirs do not tolerate fructanes well. An alternative roughage would be lucerne hay, but it should be of higher quality (lower fibre) than the lucerne used in this study.

7 Literaturverzeichnis

ACOSTA, H., CAVELIER, J., LONDONO, S. (1996):

Aportes al Conocimiento de la Biología de la Danta de Montana, *Tapirus pinchaque*, en los Andes Centrales de Colombia. *Biotropica* 28 (2): 258-266.

ALDAN, E. C., SANCHEZ, S. G., HERNANDEZ, C. C., ANDRADE, D. M. G. (2004):

Foraging Habits and Diet of *Tapirus bairdii* in the Sierra Madre of Chiapas, Mexico. Second International Tapir Symposium. Panama City, Panama, 10th-16th January 2004. Book of abstracts: 35.

ALEXANDER, I. D., (1978):

Actinomyces infection in a tapir (*Tapirus terrestris*). *Journal of Zoo Animal Medicine* 9 (4): 124-126.

Anonymus (1872):

Baird's Tapir. (zitiert us: The Field) *D. Zool. Garten* 13 (2): 58-59.

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

Digesta passage and water exchange in the equine large intestine. *Am. J. Physiol.* 226: 1035-1042.

ASHLEY, M. V., NORMAN, J. E., STROSS, L. (1996):

Phylogenetic analysis of the perissodactylan family Tapiridae using mitochondrial cytochrome c oxidase (COII) sequences. *Journal of Mammalian Evolution* 3 (4): 315-326.

BACH, F., MAYER, H., POLEY, D. (1986):

Sandkolik bei einem Schabrackentapir. *Der praktische Tierarzt* 6: 508-509.

BARONGI, R. A. (1986):

Tapirs in captivity and their management at Miami Metrozoo. *American Association of Zoological Parks and Aquariums Annual Conference Proceedings*, Minneapolis: 96-108.

BARONGI, R. A. (1993):

Husbandry and conservation of tapirs *Tapirus spp.*. Int. Zoo Yb. 32: 7-15.

BAUMGARTNER, R. (1992):

Haltung und Todesfälle von Tapiren (*Tapirus terrestris* und *Tapirus indicus*) im Zoologischen Garten Zürich unter besonderer Berücksichtigung der Tuberkolose. VISZ 34: 29-33.

BEDDARD, F. E. (1889):

Notes upon the anatomy of the American tapir (*Tapirus terrestris* L.). Proceedings of the Zoological Society of London 1889: 252-258.

BERTONE, A. L., VAN SOEST, P. J., STASHAK, T. S. (1989):

Digestion, fecal, and blood variables associated with extensive colon resection in the horse. American Journal of Veterinary Research 50: 253-258.

BLAMPIED, N. L. Q., ALLCHURCH, A. F. (1975):

Suspected Ragwort poisoning in Brazilian tapir – Veterinary Report. Jersey Wildlife Preservation Trust Annual Report 12: 94-96.

BODMER, R. E. (1989):

Ungulate biomass in relation to feeding strategy within Amazonian forests. Oecologia 81: 547-550.

BODMER, R. E. (1990a):

Fruit patch size and frugivory in the lowland tapir (*Tapirus terrestris*). J. Zool., Lond. 222: 121-128.

BODMER, R. E. (1990b):

Responses of ungulates to seasonal inundations in the Amazon floodplain. Journal of Tropical Ecology 6: 191-201.

BODMER, R. E. (1990c):

Ungulate frugivores and the browser-grazer continuum. Oikos 57: 319-325.

BODMER, R. E. (1991):

Strategies of seed dispersal and seed predation in Amazonian ungulates. *Biotropica* 23: 255-261.

BONAR, C. J., TRUPKIEWICZ, J. G., TODDES, B., LEWANDOWSKY, A. H. (2006):
Iron storage disease in tapirs. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 37 (1): 49-52.

BONNEY, S., CROTTY, M. J. (1979):

Breeding the mountain tapir *Tapirus pinchaque* at the Los Angeles Zoo. *International Zoo Yearbook* 19: 198-200.

BRAMBELL, M. R. (1977):

Diets of mammals at the London Zoo. In: RECHCIGL, M. (Hrsg.): *CRC Handbook Series in Nutrition and Food. Section G: Diets, Culture Media, Food Supplements, Vol. II. Food habits of, and diets for invertebrates and vertebrates – zoo diets.* CRC Press, Cleveland: 381-387.

BRANDT, C. S., THACKER, E. J. (1958):

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

BREMS, R. (1983).

Untersuchungen zur Verdaulichkeit verschiedener Rationen bei aktiv eingesetzten Sportpferden mit Hilfe einer modifizierten Indikatormethode und Überprüfung des Einflusses auf Gesundheit und Leistung. Dissertation, Universität Gießen, Deutschland.

BROOKS, D. M., BODMER R. E., MATOLA, S. (Hrsg.) (1997):

Tapirs – Status Survey and Conservation Action Plan: IUCN/SSC Tapir Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

CABRERA, A., YEPES, J. (1940):

Mamíferos Sud-Americanos. Compañia Argentina de Editores, Buenos Aires: 370 ff.

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

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

CASTELL, J. (2005):

Untersuchungen zu Fütterung und Verdauungsphysiologie am Spitzmaulnashorn (*Diceros bicornis*). Diss. med. vet., München.

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

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

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

Digestive acidosis in captive wild herbivores – implications for hoof health. Verhandlungsbericht. Erkrankungen der Zootiere 41: 57-70.

CLAUSS, M., LÖHLEIN, W., KIENZLE, E., WIESNER, H. (2003a):

Studies on feed digestibilities in captive Asian Elephants (*Elephas maximus*). Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 87: 160-173.

CLAUSS, M., FROESCHLE, T., CASTELL, J., HATT, J. M., ORTMANN, S. STREICH, W. J., HUMMEL J. (2005a):

Fluid and particle retention times in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*), a large hindgut-fermenting browser. Acta Theriologica 50: 367- 376.

CLAUSS, M., POLSTER, C., KIENZLE, E., WIESNER, H., BAUMGARTNER, K., VON HOUWALD, F., STREICH, W. J., DIERENFIELD, E. (2005b):

Energy and mineral nutrition and water intake in the captive Indian rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*). Zoo Biology 24: 1- 14.

CLAUSS, M., CASTELL, J. C., KIENZLE, E., DIERENFELD, E. S., FLACH, E. J., BEHLERT, O., ORTMANN, S., STREICH, W. J., HUMMEL J., HATT, J. M. (2006): Digestion coefficients achieved by the black rhinoceroses (*Diceros bicornis*), a large browsing hindgut fermenter. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90: 325-334.

CLAUSS, M., CASTELL, J. C., KIENZLE, E., SCHRAMMEL, P., DIERENFELD, E. S., FLACH, E. J., BEHLERT, O., STREICH, W. J., HUMMEL J., HATT, J. M. (2007a): Mineral absorption in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*) as compared to the domestic horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 91: 193-204.

CLAUSS, M., SCHWARM, A., ORTMANN, S., STREICH, W. J., HUMMEL J. (2007b): A case of non-scaling in mammalian physiology? Body size, digestive capacity, food intake, and ingesta passage in mammalian herbivores. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 148: 249-265.

CLAUSS, M., DIERENFELD, E. S. (2008): The nutrition of browsers. In: FOWLER, M. E., MILLER, R. E. (Hrsg.): *Zoo and wild animal medicine. Current therapy* Vol. 6. Saunders Elsevier, St. Louis: 444-454.

CLAUSS, M., HUMMEL J., SCHWARM, A., STEUER, P., FRITZ, J., JURADO, O. M., TSCHUDIN, A., HATT, J. M. (2008): An isthmus at the caecocolical junction is an anatomical feature of domestic and wild equids. *Eur. J. Wildl. Res.*, Springer-Verlag: Im Druck.

CITES (2007): Convention on International Trade in Endangered Species. www.cites.org (eingesehen am 03.05.2007).

CORK, S. J., HUME, I. D., FAICHNEY, G. J. (1999): Digestive strategies of nonruminant herbivores: The role of the hindgut. In: JUNG, H. J. G., FAHEY, G. C. (Hrsg.): *Nutritional Ecology of Herbivores*, Am. Soc. Ani. Sci., Savoy, IL: 210-260.

CRISSEY, S., MCGILL, P. (1991):

Iron storage in birds, an overview. Proc. Am. Assoc. Zool. Parks Aquar. Greensboro, North Carolina: 196-202.

CROSSIER, J. A., ALLEN, V. G., JACK, N. E., FONTENOT, J. P., COCHRAN, M. A. (1997):

Digestibility, apparent mineral absorption, and voluntary intake by horses fed alfalfa, tall fescue, and Caucasian bluestem. Journal of Animal Science 75: 1651-1658.

CYMBALUK, N. F. (1990):

Comparison of forage digestion by cattle and horses. Canadian Journal of Animal Science 70: 601-610.

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

Nutrient utilisation by limit- and ad libitum-fed growing horses. Journal of Animal Science 67: 414-425.

DE MAGALHAES, A. C. (1938):

Anta, Tapir. Boletim Biologico 3: 175-178.

DIZ, M. J. O. (2006):

The diet of captive lowland tapirs (*Tapirus terrestris*) in Argentina. Third International Tapir Symposium. Buenos Aires, Argentina, 26th-31st January 2006. Book of abstracts: 30-31.

DOHERTY, J. G., MACNAMARA, M. C. (1977):

Mammal diets: New York Zoological Park, Bronx, New York. In: RECHCIGL, M. (Hrsg.): CRC Handbook Series in Nutrition and Food. Section G: Diets, Culture Media, Food Supplements, Vol. II. Food habits of, and diets for invertebrates and vertebrates – zoo diets. CRC Press, Cleveland: 389-416.

DOWNER, C. C. (2001):

Observations on the diet and habitat of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*). J. Zool., Lond. 254: 279-291.

EILMANN, I. (1991):

Fettverdauung beim Pferd sowie die Folgen einer marginalen Fettversorgung. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

EISENBERG, J. F., GROVES, C. P., MACKINNON, K. (1987):

Tapire. In: Grzimeks Enzyklopädie der Säugetiere. Band 5. Kindler Verlag, München: 598-608.

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

Physiologie der Haustiere.

Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart.

FEHRLE, S. (1999):

Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Mischfutter beim Pferd in Abhängigkeit von der Raufutteraufnahme. Diss. med. vet., München.

FLOWER, W. H. (1872):

Lectures on the comparative anatomy of the organs of digestion of the Mammalia. Medical Times and Gazette II, 1157: 219-221.

FINNEGAN, M. L., MUNSON, L., BARRETT, S., CALLE, P. (1993):

Vesicular skin disease of tapirs. Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians. St. Louis: 416-417.

FONNESBECK, P. V. (1969):

Partition of the nutrients of forage for horses. J. Anim. Sci. 28: 624-633.

FONTAINE, P. A. (1961):

Longevity of the Malayan tapir (*Tapirus indicus*). International Zoo Yearbook 3: 80.

FOOSE, T. J. (1982):

Trophic strategies of ruminant versus nonruminant ungulates. Ph. D. Diss., University of Chicago.

FRÄDRICH, H. (1968):

Tapire. In: Grzimeks Tierleben. Band 13. Kindler Verlag, Zürich: 17-35.

FRAGOSO J. M. V. (1997):

Tapir-generated seed shadows: scale-dependent patchiness in the Amazon rain forest. *J. Ecol.* 85: 519-529.

FRANK, V. (2007):

Untersuchungen zur Energieverdaulichkeit und dem Energiebedarf wachsender Hunde in Abhängigkeit von Rasse und Calciumversorgung. Diss. med. vet., München.

GALETTI, M., KEUROGHLIAN, A., HANADA, L., MORATO, M. I. (2001):

Frugivory and Seed Dispersal by the Lowland Tapir (*Tapirus terrestris*) in Southeast Brazil. *Biotropica* 33 (4): 723-726.

GÖBEL, T., EWRINGMANN, A. (2005):

Heimtierkrankheiten: Eugen Ulmer KG, Stuttgart.

GÖLTENBOTH, R (1967):

Über eine Unterkiefergeschwulst bei einem Schabrackentapir (*Tapirus indicus* Cuv.). Verhandlungsbericht des IX. Internationalen Symposiums über die Erkrankungen der Zootiere, Salzburg. Akademie Verlag, Berlin: 239-242.

GÖLTENBOTH, R., KLÖS, H. G. (Hrsg.) (1995):

Krankheiten der Zoo- und Wildtiere. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin.

GOMDA, Y. M. (1988):

Untersuchungen über die renale, fäkale und kutane Wasser- und Elektrolytausscheidung bei Pferden in Abhängigkeit von Fütterungszeit, Futtermenge sowie Bewegungsleistung. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

GRASSÉ, P.P. (1955):

Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie. XVII, Mammifères. Masson et Cie., Paris.

GROENENDYK, S., ENGLISH, P. B., ABETZ, I. (1988):

External balance of water and electrolytes in the horse. *Equine Veterinary Journal* 20: 189-193.

GRZIMEK, B. (1967-1972):

Grzimeks Tierleben, Enzyklopädie des Tierreiches in 13 Bänden. Kindler Verlag, Zürich.

GÜLDENHAUPT, V. (1979):

Verträglichkeit und Verdaulichkeit eines Alleinfutters für Pferde in Kombination mit Stroh. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

GÜNTHER, C. (1984):

Untersuchungen über die Verdaulichkeit und Verträglichkeit von Hafer, Quetschhafer, Gerste und Mais beim Pferd. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

HATT, J. M., CLAUSS, M., GISLER, R., LIESEGANG, A., WANNER, M. (2005):

Fiber digestibility in juvenile Galapagos tortoises (*Geochelone nigra*) and implications for the development of captive animals. *Zoo Biology* 24: 185-191.

HENRY, O., FEER, F., SABATIER, D. (2000):

Diet of the Lowland Tapir (*Tapirus terrestris* L.) in French Guiana. *Biotropica* 32 (2): 364-368.

HERMANN, W. (1999):

Leber. In: DAHME, E., WEISS, E. (Hrsg.): Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart: 197-232.

HERNANDEZ-DIVERS, S. M., AGUILAR, R. LEANDRO-LORIA, D., FOERSTER, C. R. (2005):

Health evaluation of a radiocollared population of free-ranging Baird's tapirs (*Tapirus bairdii*) in Costa Rica. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 36: 176-187.

HERSHKOVITZ, P. (1954):

Mammals of Northern Columbia, Preliminary Report No. 7: Tapirs (*Genus Tapirus*), with a systematic review of American species. *Proc. of the United States Nat. Mus.* Vol. 103, No. 3329: 465-496.

HINTZ, H. F., SCHRYVER, H. F. (1972):

Availability to ponies of calcium and phosphorus from various supplements. *Journal of Animal Science* 34: 979-980.

HINTZ, H. F., SCHRYVER, H. F. (1973):

Magnesium, calcium and phosphorus metabolism in ponies fed varying levels of magnesium. *Journal of Animal Science* 37: 927-930.

HINTZ, H. F., SCHRYVER, H. F. (1976):

Potassium metabolism in ponies. *Journal of Animal Science* 42: 637-643.

HOME, E. (1814):

Lectures on comparative anatomy; in which are explained the preparations in the huntarian collection. Vol I. W. Bulmer and Co., London.

HOME, E. (1821):

An account of the skeletons of the dugong, two-horned rhinoceros, and tapir of Sumatra, sent to England by Sir Thomas Stamford Raffles, Governor of Bencoolen. *Philosophical Transactions* 111: 268-275.

HUMMEL, J., SÜDEKUM, K. H., STREICH, W. J., CLAUSS, M. (2006):

Forage fermentation patterns and their implications for herbivore ingesta retention times. *Functional Ecology* 20: 989-1002.

HUMMEL, J., FRITZ, J., KIENZLE, E., MEDICI, E. P., LANG, S., ZIMMERMANN, W., STREICH, W. J., CLAUSS, M. (2008):

Differences in fecal particle size between free-ranging and captive individuals of two browser species. *Zoo Biology* 27: 70-77.

HUSSON, A. M. (1978):

The mammals of Suriname. *Zoologische Monographien*, Rijksmuseum van Natuurlijke Historie 2: 1-569.

IUCN (2006):

2006 IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org (eingesehen am 02.05.2007).

JANIS, C. (1976):

The evolutionary strategy of the Equidae and the origins of rumen and cecal digestion. *Evolution* 30: 757- 774.

JANIS, C. (1984):

Tapirs as Living Fossils. In: ELDRIDGE, N., STANLEY, S. M. (Hrsg.): *Living Fossils*. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 80-86.

JANSSEN, D. L. (2003):

Tapiridae. In: FOWLER, M. E., MILLER, R. E. (Hrsg.): *Zoo and Wild Animal Medicine*, 5. Auflage. W. B. Saunders Co., St. Louis, Missouri, USA: 569-577.

JANSSEN, D. L., RIDEOUT, B. A., EDWARDS, M. S. (1996):

Medical Management of Captive Tapirs (*Tapirus sp.*). *American Association of Zoo Veterinarians Proceedings*. Puerto Vallarta, Mexico: 1-11. [Reprint].

JANSSEN, D. L., RIDEOUT, B. A., EDWARDS, M. S. (1999):

Tapir Medicine: In: FOWLER, M. E., MILLER, R. E. (Hrsg.): *Zoo & Wild Animal Medicine*. W. B. Saunders Company, Philadelphia: 562-568.

JANZEN, D. H. (1981):

Digestive seed predation by a Costa Rican Baird's tapir. *Biotropica* 13: 59-63.

JORGENSON, J. P. (1985):

Order Perissodactyla / Family Tapiridae. In: DOLLINGER, P. (Hrsg): Identification manual, Vol. 1a Mammalia: Carnivora to artiodactyla. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Lausanne, Switzerland.

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

Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. 9., überarbeitete Auflage, Verlag M. & H. Schaper, Alfeld-Hannover.

KAMPHUES, J., COENEN, M., KIENZLE, E., PALLAUF, J., SIMON, O., ZENTEK J. (2004):

Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. 10. Auflage, Verlag M. & H. Schaper, Alfeld-Hannover.

KANEKO, J. J. (1989):

Clinical biochemistry of domestic animals. Academic Press Inc., San Diego, California.

KAPUSNIAK, L. J., POTTER, G. D. (1988):

Calcium, magnesium and phosphorus absorption from the small and large intestine of ponies fed elevated amounts of aluminium. *Journal of Equine Veterinary Science* 8: 305-309.

KHAN, M. (1997):

Status and action plan for the Malayan tapir (*Tapirus indicus*). In: BROOKS, D. M., BODMER R. E., MATOLA, S. (Hrsg.): Tapirs – Status Survey and Conservation Action Plan: IUCN/SSC Tapir Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 23-28.

KIEFER, B. (2002):

Qualität und Verdaulichkeit der vom Breitmaulnashorn aufgenommenen Nahrung. Diss. med. vet., München.

KIENZLE, E., FEHRLE, S., OPITZ, B. (2002):

Interactions between the apparent energy and nutrient digestibilities of a concentrate mixture and roughages in horses. *Journal of Nutrition* 132: 1778S-1780S.

KLOMBURG, S. (1995):

Tapire. In: GÖLTENBOTH, R., KLÖS, H. G. (Hrsg.): *Krankheiten der Zoo- und Wildtiere*. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin: 200-209.

KOENIGSWALD, R. VON (1930):

Die Tapirreste aus dem Aquitan von Ulm und Mainz. *Palaeontographica* 73: 1-29.

KRULL, H. D. (1984):

Untersuchungen über Aufnahme und Verdaulichkeit von Grünfutter beim Pferd. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

KUEHN, G. (1986):

Tapiridae. In: FOWLER, M. E. (Hrsg.): *Zoo & wild animal medicine*. Philadelphia, London u. a.: 931-934.

LEE, A. R. (1993):

Management Guidelines for the Welfare of Zoo Animals. 1st Edition. The Federation of Zoological Gardens of Great Britain and Ireland, London.

LEKAGUL, B., MCNEELY, J. A. (1977):

Mammals of Thailand. Sahakarnbhat, Bangrak.

LINDEMANN, G. (1982):

Untersuchungen über den Einfluss von Laktose- und Stärkezulagen auf die Verdaulichkeit von NH₃-aufgeschlossenem Stroh beim Pferd. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

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

Hay and pellet ratios: Considerations in feeding ungulates. Nutrition Advisory Group Fact Sheet 006.

LIZCANO, D. J., CAVELIER, J. (2000):

Daily and seasonal activity of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in the Central Andes of Colombia. J. Zool. Lond. 252: 429-435.

LIZCANO, D. J., CAVELIER, J. (2004):

Características químicas de salados y hábitos alimenticios de la danta de montana (*Tapirus pinchaque* Roulin, 1829) en los Andes centrales de Colombia. Mastozoología Neotropical 11 (2): 193-201.

LOCK, R. (1991):

Foot problems with tapirs at Twycross Zoo. Ratel 18 (5): 141-143.

LÖHLEIN, W. (1999):

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

LOWENSTINE, L. J., MUNSON, L. (1999):

Iron overload in the animal kingdom. In: FOWLER, M. E., MILLER, R. E. (Hrsg.): Zoo and Wild Animal Medicine. Current Therapy 4. W. B. Saunders Co., Philadelphia, Pennsylvania: 260-268.

MASON, V. C., FREDERIKSEN, J. H. (1979):

Partition of the nitrogen in sheep faeces with detergent solutions, and its application to the estimation of the true digestibility of dietary nitrogen and the excretion of non dietary faecal nitrogen.

Z. Tierphysiol. Tierernährg. Futtermittelkd. 41: 121-131.

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

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

MEYER, H., AHLWEDE, L. (1979):

Untersuchungen über den Na-Stoffwechsel des Pferdes. Zbl. Veterinary Medicine A 26: 212-220.

MEYER, H., SCHMIDT, M., LINDEMANN, G., MUUS, H. (1982):

Präcaecale und postileale Verdaulichkeit von Mengen- (Ca, P, Mg) und Spurenelementen (Cu, Zn, Mn) beim Pferd. Advances in Animal Physiology and Animal Nutrition 13: 61-69.

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

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

MEYER, H., STADERMANN, B., RADICKE, S., KIENZLE, E., NYARI, A. (1993):

Untersuchungen zum Einfluss der Futterart auf Füllung und Zusammensetzung des Verdauungskanals sowie postprandiale Blut- und Harnparameter. Pferdeheilkd. 9: 15-25.

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

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

MITCHELL, P. C. (1903-1906):

On the Intestinal Tract of Mammals. Trans. Zool. Soc. Lond. 17: 437-536.

MONTENEGRO, O. L. (2004):

Natural licks as keystone resources for wildlife and people in amazonia. PhD Thesis, University of Florida.

MUNDT, H. C. (1978):

Untersuchungen über die Verdaulichkeit von aufgeschlossenem Stroh für Pferde. Dissertation, Ti Ho Hannover, Deutschland.

MURIE, J. (1872):

On the Malayan tapir, *Rhinochoerus sumatranus* (Gray). J. Anat. Physiol. 6: 131-169.

NARANJO, E. J. (1995):

Habitos de alimentación del tapir (*Tapirus bairdii*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. Vida Silv. Neotrop. 4: 32-37.

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

Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch). Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln.

VDLUFA-Verlag, Darmstadt.

NEHRING, T. (1991):

Einfluss der Futterart auf die Nettoabsorption von Calcium sowie Magnesium und Phosphor beim Pferd. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

NOVARINA, W. (2005):

Population monitoring and study of daily activities of Malayan tapir (*Tapirus indicus*) through the use of the camera trapping technique in Taratak Forest Reserve, Sumatra, Indonesia. Report to the Rufford Small Grant (for Nature Conservation) in association with the Whitley Laing Foundation.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1989):

Nutrient requirements for horses. 5th edition. National Academy Press, Washington DC.

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

The feeding and nutrition of omnivores with emphasis on primates. In: KLEIMANN, D. G., ALLEN, M. E., THOMPSON, K. V., LUMPKIN, S. (Hrsg.): Wild mammals in captivity: Principles and techniques: 148-157.

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

The feeding and nutrition of herbivores. In: KLEIMANN, D. G., ALLEN, M. E., THOMPSON, K. V., LUMPKIN, S. (Hrsg.): Wild mammals in captivity: Principles and techniques: 129-138.

OLMOS, F. (1997):

Tapirs as Seed Dispersers and Predators. In: BROOKS, D. M., BODMER R. E., MATOLA, S. M. (Hrsg.): Tapirs – Status Survey and Conservation Action Plan: IUCN/SSC Tapir Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: 3-9.

OLMOS, F., PARDINI, R., BOULHOSA, R. L. P., BÜRGI, R., MORSELLO, C. (1999): Do Tapirs Steal Food from Palm Seed Predators or Give Them a Lift? *Biotropica* 31 (2): 375-379.

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

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

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

Effect of level of dietary protein and exercise on growth rates of horses. *Equine Vet. J.* 17: 381-385.

OTT, E. A., FEATER, J. P., PANCO, P. J. (1975):

Effect of calcium and phosphorus levels on availability of trace minerals. *Proceedings of Equine Nutrition and Physiology Symposium* 4: 61-67.

OWEN, R. (1830):

On the anatomy of the American tapir (*Tapirus americanus* Gmel.). *Proceedings of the Zoological Society of London* 1830: 161-164.

PADILLA, M., DOWLER, R. C. (1994):

Mammalian species: *Tapirus terrestris*. *American Society of Mammalogists* 481: 1-8.

PAGAN J. D (1998):

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

PAGAN J. D., HARRIS, P., BREWSTER-BARNES, T., DUREN, S. E., JACKSON, S. G. (1998):

Exercise affects digestibility and rate of passage of all-forage and mixed diets in thoroughbred horses. *Journal of Nutrition* 128: 2704S-2707S.

PAGLIA, D. E., DENNIS, P. (1999):

Role of chronic iron overload in multiple disorders of captive black rhinoceroses (*Diceros bicornis*). *Proc. Amer. Assoc. Zoo Vet.*: 163-171.

PAGLIA, D. E., MILLER, C. L., FOERSTER, S. H., WYNNE, J. E., TSU, I., KENNY, D.E. (2000):

Evidence for an acquired iron overload in captive tapirs (*Tapirus spp.*). *Proceedings AAZV and IAAAM Joint Conference*: 124-126.

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

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

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

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

PEARSON, R. A., ARCHIBALD, R. F., MUIRHEAD, R. H. (2006):

A comparison of the effect of forage type and level of feeding on the digestibility and gastrointestinal mean retention time of dry forages given to cattle, sheep, ponies and donkeys. *British Journal of Nutrition* 95: 88-98.

PENA, J. A., SOLANO, C. L., VARGAS, N. (1996):

Aspectos ecológicos del tapir de tierras bajas (*Tapirus terrestris*) en un sector del río Duda, Parque Nacional Natural Tinigua, Colombia. In: CAMPOS, C., ULLOA, A., RUBIO, H. (Hrsg.): *Manejo de Fauna con Comunidades Rurales*. Fundación Natura, Bogotá: 157-163.

PEREZ NORIEGA, H. R. (1989):

Untersuchungen über den postprandialen Wasser- und Elektrolythaushalt des Pferdes unter Variation des Wasser- und Futterangebotes. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

PETZSCH, H., PIECHOCKI, R. (2000):

Urania Tierreich. Band 6: Säugetiere. Urania Verlag Berlin in der Dornier Medienholding GmbH, Berlin: 410-413.

PFERDEKAMP, M. (1978):

Einfluss steigender Proteinmengen auf den Stoffwechsel des Pferdes. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

POLSTER, C (2004):

Untersuchungen zur Fütterung und Verdauungsphysiologie am Indischen Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*). Diss. med. vet., München.

PUSCHMANN, W. (1989):

Zootierhaltung. Band 1 u. 2. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.

RADICKE, S. (1990):

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

RADOSTITS, O. M., BLOOD, D. C., GAY, C. C. (1994):

Veterinary Medicine – A Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses. Baillière Tindall, London.

RAMSAY, E. C., ZAINUDDIN, Z.-Z. (1993):

Infectious diseases of the rhinoceros and tapir. Zoo and Wild Animal Medicine (3): 459-466.

RATCLIFFE, H. L. (1977):

Diets for captive wild animals as developed and used at the Philadelphia Zoological Gardens. In: RECHCIGL, M. (Hrsg.): CRC Handbook Series in Nutrition and Food. Section G: Diets, Culture Media, Food Supplements, Vol. II. Food habits of, and diets for invertebrates and vertebrates – zoo diets. CRC Press, Cleveland: 417-422.

READ, B. (1986):

Breeding and management of the Malayan tapir *Tapirus indicus* at St. Louis Zoo. International Zoo Yearbook 24/25: 294-297.

REICHEL, K. (1976):

Tapire. In: KLÖS, H. G., LANG, E. M. (Hrsg.). Zootierkrankheiten. Verlag P. Parey, Berlin, Hamburg: 158-163.

RICHARDS, N., HINCH, G. N., ROWE, J. B. (2006):

The effect of current grain feeding practices on hindgut starch fermentation and acidosis in the Australian racing thoroughbred. Australian Veterinary Journal 84 (11): 402-407.

ROSENBERGER, G. (1994):

Die Krankheiten des Rindes. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin: 700-705.

SALAS, L. A., FULLER, T. K. (1996):

Diet of the lowland tapir (*Tapirus terrestris* L.) in the Tabaro River valley, southern Venezuela. Can. J. Zool. 74: 1444-1451.

SALLMANN, H. P., KIENZLE, E., FUHRMANN, H., GRUNWALD, D., EILMANN, I., MEYER, H. (1982):

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

SATTERFIELD, W., LESTER, G. A. (1974):

Internal fixation of a chronic rectal prolapse in a Malaysian tapir. Case report. *Journal of Zoo Animal Medicine* 5 (3): 229.

SCHEUNERT, A., SCHATTKE, A., WEISE, M. (1923):

Über den Kalk- und Phosphorsäurestoffwechsel des Pferdes bei normaler Fütterung. *Biochemische Zeitschrift* 139: 1-10.

SCHMIDT, M. (1980):

Untersuchungen über die Verträglichkeit und Verdaulichkeit eines pelletierten Mischfutters für Pferde in Kombination mit Heu und NH₃-aufgeschlossenem Stroh. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

SCHMIDT, D. A., KERLEY, M. S., PORTER, J. H., DEMPSEY, J. L. (2005):

Structural and non-structural carbohydrate, fat, and protein composition of commercially available, whole produce. *Zoo Biology* 24: 329-373.

SCHRAG, I. (1999):

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

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

Calcium metabolism in ponies fed varying levels of calcium. *Journal of Nutrition* 100: 955-964.

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

Calcium metabolism in ponies fed a high phosphorus diet. *Journal of Nutrition* 101: 259-264.

SCHRYVER, H. F., FOOSE, T. J., WILLIAMS, J., HINTZ, H. F. (1983):

Calcium excretion in feces of ungulates. *Comparative Biochemistry and Physiology* 74: 375-379.

SCHULZE, K. (1987):

Untersuchungen zur Verdaulichkeit und Energiebewertung von Mischfuttermitteln für Pferde. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

SCHWARM, A., ORTMANN, S., HOFER, H., STREICH, W. J., FLACH, E. J., KÜHNE, R., HUMMEL, J., CASTELL, J. C., CLAUSS, M. (2006):

Digestion studies in captive Hippopotamidae: a group of large ungulates with an unusually low metabolic rate. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 90: 300-308.

SEITZ, S. (2001):

Vergleichende Untersuchungen zu Verhalten und Schauwert von Tapiren (Familie Tapiridae) in Zoologischen Gärten. Cuvillier Verlag, Göttingen.

SEITZ, S (2006):

Tapire im Zoo. In: TODD, S., GANSLOSSER, U. (Hrsg.): Die Tapire. Filander, Fürth.

SHOEMAKER, A. H., BARONGI, R., FLANAGAN, J., JANSSEN, D., (2003): AZA husbandry standards for keeping tapirs in captivity. Unpublished report, AZA Tapir Taxon Advisory Group, Columbia, South Carolina.

SIMPSON, G. G. (1945):

Notes on pleistocene and recent tapirs. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 86: 33-82.

SLADE, L. M., ROBINSON, D. W. (1970):

Nitrogen metabolism in nonruminant herbivores. II. Comparative aspects of protein digestion. *J. Anim. Sci.* 30: 761-763.

SMIELOWSKI, J. (1979):

Births of white American tapirs. *International Zoo News* 26 (159): 10-15.

SMILEY, L. K., GREENE, L. W., POTTER, G. D., ARNOLD, F. F. (1985):

Digestibility of calcium in alfalfa hay in the equine small intestine. *Proceedings of Equine Nutrition and Physiology Symposium* 9: 124-128.

STADERMANN, B., NEHRING, T., MEYER, H. (1992):

Calcium- und Magnesiumabsorption bei Raufutter oder Mischfutter. 1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 77-80.

STARCK, D. (1995):

Säugetiere. In: KAESTNER: Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Band 2: Wirbeltiere, Teil 5/2. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart: 948 ff.

STÜRMER, K. (2005):

Untersuchungen zum Einfluss der Fütterung auf den Säure-Basen-Haushalt bei Ponies. Diss. med. vet., München.

SOTO, A. B. (2004):

Tapir's Nutrition in Captivity: The Case of the Simon Bolivar Zoo, Costa Rica. Second International Tapir Symposium. Panama City, Panama, 10th-16th January 2004. Book of abstracts: 34.

SWARTZMANN, J. A., HINTZ, H. F., SCHRYVER, H. F. (1978):

Inhibition of calcium absorption in ponies fed diets containing oxalic acid. American Journal of Veterinary Research 39: 1621-1623.

TANGL, F. (1902):

Mitteilung aus der Königlich Ungarischen tierphysiologischen Versuchsstation in Budapest. III. Beitrag zur Kenntnis des anorganischen Stoffwechsels beim Pferde. Landwirtschaft. Versuchsstation 57: 367-404.

TELEB, H. (1984):

Untersuchungen über den intestinalen Ca-Stoffwechsel beim Pferd nach variierender Ca-Zufuhr und einer Oxalatzulage. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

TERWILLIGER, V. J. (1978):

Natural history of Baird's tapir on Barro Colorado Island, Panama Canal zone. Biotropica 10 (3): 211-220.

THENIUS, E. (1968):

Tapire. In: Grzimeks Tierleben. Band 13. Kindler Verlag, Zürich: 17-18.

THENIUS, E. (1979):

Die Evolution der Säugetiere. UTB Gustav Fischer, Stuttgart, New York.

THENIUS, E., HOFER, H. (1960):

Stammesgeschichte der Säugetiere. Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.

THIELEMANS, M. F., FRANÇOIS, E., BODART, C., THEWIS, A. (1978):

Mesure du transit gastrointestinal chez le porc à l'aide des radiolanthides. Comparaison avec le mouton. Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys. 18: 237-247.

TOBLER, M. W. (2002):

Habitat Use and Diet of Baird's Tapirs (*Tapirus bairdii*) in a Montane Cloud Forest of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Biotropica 34 (3): 468-474.

TODD, S., MATOLA, S. (1998):

Tapir Specialist Group – Conservation on the edges. Species 30: 60-61.

TODD, S., MATOLA, S., WILSON, K. (2006):

Der Baird-Tapir. In: TODD, S., GANSLOSSER, U. (Hrsg.): Die Tapire. Filander, Fürth.

TORRES, I. L., PINERA, E. J. N., ANDRADE, D. M. G. (2004):

Diet and Food Habits of Baird's Tapir in a Cloud Forest of Southeastern Mexico. Second International Tapir Symposium. Panama City, Panama, 10th-16th January 2004. Book of abstracts: 36.

TUN YIN, U. (1967):

Wild Animals of Burma. Rangoon Gazette Ltd, Rangoon, Burma: 147-148.

TURNER, H. N. (1850):

Contributions to the anatomy of the tapir. Proceedings of the Zoological Society of London 1850: 102-106.

VAN SOEST, P. J. (1967):

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

VAN WEYENBERG, S., SALES, J., JANSSENS G. P. J., (2006):

Passage rate of digesta through the equine gastrointestinal tract: A review. Livest. Sci. 99: 3-12.

VERKAMEN, F., DE DEKEN, R., BRANDT, J. (2003):

Dorsal skin bleeding in a Malayan tapir (*Tapirus indicus*). Verh.ber. Erkr. Zootiere 41: 191-194.

VERTHEIN, B. (1981):

Auswirkungen einer Enzymgabe auf die Futterverdaulichkeit beim Pferd. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

VON RICHTER, W. (1966):

Untersuchungen über angeborene Verhaltensweisen des Schabrackentapirs (*Tapirus indicus*) und des Flachlandtapirs (*Tapirus terrestris*). Zool. Beiträge (N. F.) 12: 67-159.

VON WEDEMEYER, H. C. (1970):

Untersuchungen zum Calcium-, Phosphor- und Natrium-Umsatz des erwachsenen Pferdes. Dissertation, Universität Göttingen, Deutschland.

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

Diseases of exotic animals. Medical and surgical management. W. B. Saunders, Philadelphia: 761-829.

WATTS, K. A., CHATTERTON, N. C. (2004):

A review of factors affecting carbohydrate levels in forage. *Journal of Equine Veterinary Science* 24 (2): 84-86.

WEIDENHAUPT, K. (1977):

Untersuchungen zum Kaliumstoffwechsel des Pferdes. Dissertation, TiHo Hannover, Deutschland.

WILKINS, T. (2007):

Nutrition of captive tapir (*Tapirus indicus* and *Tapirus terrestris*): A study on feed intake, faecal consistency, body condition and health problems. MSc Thesis, University of London.

WILLIAMS, K. D., PETRIDES, G. A. (1980):

Browse use, feeding behavior, and management of the Malayan tapir. *J. Wildl. Manage.* 44 (2): 489-494.

WILLIAMSON, A., ROGERS, C. W., FIRTH, E. C. (2007):

A survey of feeding, management and faecal pH of thoroughbred racehorses in the North Island of New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal* 55 (6): 337-341.

WILSON, R. A., WILSON, S. (1973):

Diet of captive tapirs *Tapirus spp.*. *International Zoo Yearbook* 13: 94-95.

WISSDORF, H., KRISTINSON, G. (1986):

Makroskopisch-anatomische Darstellung der Geschlechtsorgane eines 5jährigen, nicht trächtigen Schabrackentapirs (*Tapirus indicus*). *Prakt. Tierarzt* 67: 20-25.

WITHLOCK, R. H., SCHRYVER, H. F., KROOK, L., HINTZ, H. F., CRAIG, P. H. (1970):

The effects of dietary calcium in horses. *Proceedings of the American Association of Equine Practitioners*, Lexington, Kentucky, 16: 127-134.

WOLFF, E. (1884):

Pferde-Fütterungsversuche, 13. Bericht: Vergleichende Versuche mit Pferd und Hammel über die Verdaulichkeit von Wiesenheu und Kleeheu, nebst Beobachtungen über die Ausscheidung der Mineralstoffe bei Pferden. Landw. Jb. 13: 271-290.

WOLFF, E. (1887):

Pferde-Fütterungsversuche, 15. Bericht: Versuche über die Leistungsfähigkeit des Pferdes bei stickstoffreicherem und stickstoffärmerem Futter, sowie über den Kreislauf der Mineralstoffe im Körper dieses Tieres. Landw. Jb. 16 (Suppl. 3): 1, 49, 95.

WOLTER, R., DURIX, A., LETOURNEAU, J. C. (1976):

Influence du mode de présentation d'un aliment complet sur la vitesse du transit digestif et la digestibilité chez le poney. Ann. Zootech. 25: 181-188.

YAMINI, B., VAN VEEN, T. W. S. (1988):

Schistosomiasis and nutritional myopathy in a Brazilian tapir (*Tapirus terrestris*). Journal of Wildlife Disease 24 (4): 703-707.

ZEYNER, A., HOFFMANN, M., FUCHS, R. (1992):

Möglichkeiten zur Schätzung des Energiegehaltes in Rationen zur Sportpferdefütterung. 1. Europäische Konferenz über die Ernährung des Pferdes: 175-178.

ZEYNER A., KIENZLE, E. (2002):

A method to estimate digestible energy in horse feed. Journal of Nutrition 132: 1771S-1773S.

ZEYNER A., GEISLER, C., DITTRICH, A. (2004):

Effects of hay intake and feeding sequence on variables in faeces and faecal water (dry matter, pH value, organic acids, ammonia, buffering capacity) of horses. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 88: 7-19.

8 Tabellenanhang

Tab. A: Pro Tag aufgenommene Menge TS [kg], [% KM] und [g/kg MKM]

Ration	Tierart	Tier	TS-Aufnahme			
			[kg]	[% KM]	[g/kg MKM]	
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	4,2	1,6	62,6	
		Cora	3,5	1,3	53,7	
		Jinak	5,0	1,9	76,5	
		Flocke	5,4	1,8	74,6	
		Henk	2,9	1,1	42,8	
		Flachlandtapir	Indra	4,2	1,9	74,2
			Kuni	3,2	1,7	62,4
	Peggy		3,2	1,8	65,8	
	Clara		2,6	1,4	52,0	
	Prinz		2,0	0,9	35,8	
	Jupp		2,6	1,5	54,9	
	Fatima		2,5	1,2	46,6	
	nur Heufütterung	Schabrackentapir	Johanna	2,0	0,9	34,1
			Schlappi	2,1	1,2	42,6
Daisy			2,5	1,3	49,8	
Fietje			1,3	0,7	25,3	
Bente			1,5	0,8	29,7	
Ronja			1,6	0,9	31,9	
Nemo			1,9	0,7	28,6	
Cora		0,8	0,3	11,8		
Flachlandtapir		Flocke	5,9	1,9	81,3	
		Henk	2,8	1,0	41,7	
	Schlappi	0,8	0,4	16,5		
		Daisy	1,7	0,9	33,7	

Tab. B: TS-Aufnahme der verschiedenen Futtermittel [% Gesamt-TS-Aufnahme]

Ration	Tierart	Tier	Rauhfutter*	pelletierte Mischfutter	übrige Stärke-träger**	Obst Gemüse	Mineralfutter	Eier	Anteil [%]	
									strukturiert	unstrukturiert
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	32,8	13,5	13,2	40,2	0,3		32,8	67,2
		Cora	7,8	21,7	18,8	51,1	0,6		7,8	92,2
		Jinak	22,6	32,1	14,7	28,5	2,1		22,6	77,4
		Flocke	73,0	8,4	0,6	18,0			73,0	27,0
		Henk	47,9	16,0	1,1	35,0			47,9	52,1
	Flachlandtapir	Indra	34,4	30,4	11,9	21,1	2,1	0,1	34,4	65,6
		Kuni	17,7	38,1	14,1	26,8	3,2	0,1	17,7	82,3
		Peggy	23,7	32,8	14,4	26,3	2,7	0,1	23,7	76,3
		Clara	3,9	39,3	20,4	32,8	3,4	0,2	3,9	96,1
		Prinz	10,8		21,2	68,0			10,8	89,2
		Jupp	18,4		36,4	45,2			18,4	81,6
		Fatima	10,1		38,6	51,3			10,1	89,9
		Johanna	11,5		19,8	68,7			11,5	88,5
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Schlappi	23,0	31,4	1,8	43,8			23,0	77,0
		Daisy	35,8	26,0	1,2	37,0			35,8	64,2
		Fietje	11,7		62,0	26,3			11,7	88,3
		Bente	13,5		60,0	26,5			13,5	86,5
		Ronja	8,0		60,5	31,5			8,0	92,0
		Nemo	99,1		0,3	0,6			99,1	0,9
nur Heufütterung	Flachlandtapir	Cora	97,7		0,9	1,4			97,7	2,3
		Flocke	99,3		0,3	0,4			99,3	0,7
		Henk	98,7		0,5	0,8			98,7	1,3
		Schlappi	95,5		1,9	2,6			95,5	4,5
		Daisy	97,7		0,9	1,4			97,7	2,3

* Grasheu, Luzerneheu, Grassilage

** Getreide, Brot, Nudeln, Reis, Kartoffeln

Tab. C: Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] der Futterrationen

Ration	Tierart	Tier	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	Nfe	R-KH	GE
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	93,9	6,1	10,0	1,2	19,3	63,4	51,2	18,3
		Cora	93,9	6,1	9,5	1,3	10,7	72,4	60,7	18,0
		Jinak	91,8	8,2	10,9	2,4	13,7	64,8	49,0	18,2
		Flocke	91,0	9,0	10,0	2,1	21,4	57,5	33,9	18,4
		Henk	92,0	8,0	9,7	1,9	16,6	63,8	44,4	18,3
	Flachlandtapir	Indra	92,1	7,9	10,5	2,4	19,3	59,8	40,3	18,6
		Kuni	91,7	8,3	9,9	2,2	15,6	64,1	47,7	18,2
		Peggy	92,0	8,0	10,0	2,3	16,0	63,7	46,5	18,4
		Clara	91,9	8,1	9,8	2,2	11,1	68,9	55,4	18,1
		Prinz	96,2	3,8	6,5	1,4	6,2	82,2	71,4	18,1
		Jupp	96,3	3,7	7,5	1,9	8,0	78,9	62,7	18,6
		Fatima	96,7	3,3	7,5	1,9	5,6	81,8	67,7	18,5
		Johanna	96,1	3,9	6,5	1,3	6,5	81,8	69,8	18,2
		Schlappi	92,5	7,5	10,5	1,8	11,9	68,3	52,1	18,2
		Daisy	92,0	8,0	10,5	1,9	14,4	65,3	47,1	18,2
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Fietje	97,0	3,0	9,5	0,4	5,3	82,0	67,7	18,2
		Bente	97,0	3,0	9,4	0,4	5,9	81,4	66,9	18,2
		Ronja	97,1	3,0	9,3	0,4	4,4	83,0	69,7	18,1
		Nemo	93,0	7,0	12,7	1,3	42,7	36,3	21,7	18,9
		Cora	93,0	7,0	12,7	1,2	42,1	37,0	22,5	18,9
Flachlandtapir	Flocke	90,1	9,9	10,2	2,4	26,5	51,0	22,7	18,5	
	Henk	90,1	9,9	10,2	2,4	26,3	51,2	23,1	18,5	
	Schlappi	90,4	9,7	10,1	2,3	25,5	52,4	24,8	18,5	
		Daisy	90,2	9,8	10,2	2,4	26,1	51,6	23,6	18,5

Tab. D: Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] der Futterrationen

Ration	Tierart	Tier	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	31,6	20,8	5,0	10,9	15,8	0,4
		Cora	22,4	12,6	2,9	9,9	9,7	0,5
		Jinak	29,6	15,6	2,3	14,0	13,4	0,9
		Flocke	45,0	24,6	5,5	20,5	19,1	2,7
		Henk	36,0	19,8	4,6	16,2	15,2	2,0
	Flachlandtapir	Indra	38,9	20,9	2,7	18,0	18,2	1,2
		Kuni	31,9	17,2	2,6	14,6	14,6	1,3
		Peggy	33,1	17,7	2,6	15,4	15,2	1,2
		Clara	24,6	13,0	2,3	11,6	10,6	1,2
		Prinz	17,0	9,6	2,8	7,3	6,8	0,3
		Jupp	24,2	11,6	3,0	12,6	8,6	0,4
		Fatima	19,7	8,4	2,4	11,3	6,0	0,3
		Johanna	18,6	10,0	2,9	8,5	7,1	0,3
		Schlappi	28,1	15,1	3,7	13,0	11,4	1,3
		Daisy	32,5	17,6	4,2	14,9	13,4	1,7
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Fietje	19,5	6,0	1,0	13,5	5,0	0,3
		Bente	20,4	6,6	1,1	13,7	5,5	0,3
		Ronja	17,7	5,2	0,9	12,5	4,3	0,2
		Nemo	57,3	43,0	10,9	14,3	32,2	0,3
	Flachlandtapir	Cora	56,6	42,5	10,7	14,2	31,7	0,3
		Flocke	54,7	29,7	6,5	25,0	23,3	3,5
		Henk	54,5	29,6	6,4	24,9	23,1	3,5
		Schlappi	53,1	28,7	6,3	24,4	22,4	3,4
		Daisy	54,1	29,3	6,4	24,8	22,9	3,5

Tab. E: Gehalt an Mengenelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] der Futterrationen

Ration	Tierart	Tier	Mengenelemente					Spurenelemente		
			Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Zn
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	6,7	18,0	3,2	2,4	3,6	14,3	190,2	50,2
		Cora	6,2	16,2	3,2	3,5	3,6	22,8	235,2	82,3
		Jinak	10,0	16,0	4,3	4,8	5,6	61,4	342,6	185,2
		Flocke	6,8	18,2	4,0	0,8	4,7	9,9	463,8	51,7
		Henk	6,7	17,7	3,8	1,2	4,4	12,7	421,5	64,2
	Flachlandtapir	Indra	9,4	20,0	3,5	2,6	5,5	33,8	381,3	144,8
		Kuni	11,9	17,1	3,6	3,5	5,7	46,7	448,5	194,9
		Peggy	10,9	17,8	3,5	3,7	5,6	41,5	408,3	174,9
		Clara	12,6	14,4	3,5	3,8	5,8	49,9	459,2	207,7
		Prinz	1,3	14,4	2,4	0,9	2,7	6,4	88,4	14,8
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Jupp	1,7	12,7	2,3	0,7	3,1	6,1	107,9	18,4
		Fatima	1,2	12,0	2,2	0,8	3,0	6,1	89,4	17,7
		Johanna	1,3	14,6	2,4	0,9	2,6	6,6	91,3	14,8
		Schlappi	8,1	16,5	3,9	1,8	4,4	17,6	448,8	95,6
		Daisy	7,9	17,2	4,0	1,5	4,6	15,8	460,4	85,8
	Flachlandtapir	Fietje	0,9	8,1	2,5	3,4	2,2	4,8	151,0	16,7
		Bente	1,0	8,2	2,5	3,4	2,2	4,7	167,5	16,7
		Ronja	0,8	8,3	2,4	3,4	2,1	4,6	116,5	15,6
		Schlappi	6,5	18,4	4,2	0,6	4,9	7,0	486,1	36,5
		Daisy	6,6	18,6	4,2	0,5	4,9	7,0	496,5	37,1

Tab. F: TS des Kotes pro Tag [% uS], TS des Kotes pro Tag [kg] und Kotwasser pro Tag [kg]

Ration	Tierart	Tier	Kot-TS		Kot-Wasser
			[% uS]	[kg]	[kg]
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	18,8	1,6	7,1
		Cora	20,1	0,9	3,7
		Jinak	17,8	1,6	7,6
		Flocke	17,3	2,9	14,0
		Henk	16,2	1,5	7,7
		Indra	22,7	2,0	6,9
	Flachlandtapir	Kuni	15,8	1,3	6,7
		Peggy	19,8	0,8	3,3
		Clara	20,7	0,7	2,6
		Prinz	16,2	0,5	2,6
		Jupp	12,1	0,5	3,6
		Fatima	14,6	0,5	2,6
		Johanna	21,1	0,4	1,6
		Schlappi	20,3	0,6	2,4
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Daisy	18,8	0,8	3,4
		Fietje	20,1	0,2	0,7
		Bente	20,0	0,2	0,8
		Ronja	17,8	0,1	0,6
	Flachlandtapir	Nemo	17,5	1,6	7,4
		Cora	16,6	0,8	4,0
		Flocke	16,2	3,9	20,0
		Henk	17,6	1,9	9,0
		Schlappi	16,5	0,5	2,4
		Daisy	18,8	0,9	3,7

Tab. G: Gehalt an Rohnährstoffen [% TS], oS [% TS] und GE [kJ/g TS] im Kot

Ration	Tierart	Tier	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	GE
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	90,1	10,0	12,0	3,2	43,4	31,5	9,3	20,9
		Cora	88,6	11,4	15,8	4,1	32,4	36,4	5,4	21,1
		Jinak	83,5	16,5	14,3	4,3	28,5	36,4	14,1	19,3
		Flocke	91,1	8,9	12,2	2,9	37,3	38,7	4,0	20,0
		Henk	91,3	8,7	17,4	3,8	34,3	35,8	2,1	21,4
	Flachlandtapir	Indra	91,7	8,3	8,9	3,2	37,1	42,5	12,6	19,9
		Kuni	88,0	12,0	9,6	3,5	33,9	41,0	12,0	19,5
		Peggy	87,8	12,2	11,8	3,9	30,8	41,3	13,9	20,3
		Clara	68,7	31,3	16,1	4,5	18,1	30,0	7,1	17,1
		Prinz	91,7	8,3	15,8	3,7	33,8	38,3	5,4	21,1
Jupp		84,7	15,3	16,3	3,2	33,3	31,9	4,3	19,6	
Fatima		90,7	9,4	23,8	3,4	29,2	34,2	4,3	21,4	
Johanna		89,1	10,9	22,6	3,6	23,3	39,5	13,3	21,8	
Schlappi		75,7	24,3	15,0	3,6	26,7	30,3	1,3	18,0	
Daisy		83,1	16,9	15,5	3,3	32,3	32,1	4,3	18,7	
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Fietje	88,4	11,6	17,1	2,6	34,0	34,7	12,8	20,1
		Bente	81,4	18,6	18,1	4,5	29,4	29,4	5,7	19,8
		Ronja	89,8	10,2	20,4	6,4	21,3	41,7	13,4	22,3
		Nemo	92,7	7,3	5,8	1,5	57,3	28,1	8,8	20,5
		Cora	93,9	6,1	6,3	1,8	54,4	31,4	8,9	21,0
	Flachlandtapir	Flocke	92,0	8,1	10,0	2,9	38,4	40,7	10,5	20,2
		Henk	91,1	8,9	12,4	3,3	34,9	40,6	11,2	20,7
		Schlappi	88,2	11,8	12,1	3,5	34,5	38,1	11,3	20,2
		Daisy	88,0	12,0	12,8	3,4	38,6	33,2	5,8	20,3
		Freiland	Flachlandtapir	1	30,8	69,2	3,7	0,6	11,0	15,5
2	72,2			27,8	8,7	0,6	33,1	29,9	7,5	17,2
3	79,9			20,1	12,3	1,4	37,6	28,7	8,8	18,6
4	76,2			23,8	11,3	1,2	35,7	28,1	12,0	18,0
5	48,4			51,6	5,5	1,3	20,6	21,0	4,6	11,3
6	93,2			6,8	7,3	1,1	50,8	34,0	4,7	20,9

Tab. H: Gehalt an Gerüstsubstanzen [% TS] und AIA [% TS] im Kot

Ration	Tierart	Tier	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	65,7	47,1	16,1	18,5	31,1	3,7
		Cora	63,3	43,0	17,6	20,3	25,4	4,2
		Jinak	50,8	29,2	5,9	21,6	23,4	8,7
		Flocke	72,0	41,7	11,1	30,3	30,5	3,8
		Henk	68,0	41,6	16,8	26,3	24,8	2,8
	Flachlandtapir	Indra	67,0	39,4	7,0	27,6	32,5	2,4
		Kuni	62,9	37,7	8,9	25,2	28,9	5,1
		Peggy	58,1	33,9	7,3	24,2	26,6	4,4
		Clara	41,0	22,4	8,6	18,6	13,8	20,7
		Prinz	66,7	41,2	14,8	25,6	26,4	2,6
		Jupp	60,9	37,6	13,7	23,3	24,0	9,7
		Fatima	59,1	33,4	13,7	25,8	19,7	2,2
		Johanna	49,6	28,9	12,3	20,7	16,6	3,5
		Schlappi	55,8	32,7	14,1	23,1	18,6	16,1
		Daisy	60,0	36,0	14,8	24,1	21,2	9,4
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Fietje	55,9	38,5	19,3	17,4	19,2	5,0
		Bente	53,1	31,6	13,0	21,5	18,7	11,0
		Ronja	49,7	29,3	11,9	20,4	17,5	2,5
		Nemo	76,6	60,6	18,4	16,0	42,1	2,6
		Cora	77,0	59,9	20,3	17,1	39,6	1,5
	Flachlandtapir	Flocke	68,6	41,2	8,5	27,5	32,7	3,5
		Henk	64,2	38,0	8,5	26,3	29,5	4,1
		Schlappi	61,3	36,6	10,3	24,7	26,3	6,6
		Daisy	66,0	40,0	14,8	25,9	25,3	6,6
		Freiland	Flachlandtapir	1	25,5	18,2	7,6	7,3
		2	55,5	38,8	16,8	16,7	22,0	5,5
		3	57,5	44,6	24,1	12,9	20,4	13,1
		4	51,7	39,2	18,3	12,5	20,9	14,7
		5	37,1	25,7	10,7	11,4	15,0	38,8
		6	80,0	61,3	27,2	18,8	34,1	3,5

Tab. I: Gehalt an Mengenelementen [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS] im Kot

Ration	Tierart	Tier	Mengenelemente					Spurenelemente		
			Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Zn
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	6,0	13,5	6,0	2,7	8,8	35,1	1700	239
		Cora	5,3	16,0	6,9	1,8	11,5	53,0	1700	354
		Jinak	7,2	18,1	4,8	2,9	11,2	99,6	1700	288
		Flocke	4,0	15,2	3,0	1,6	7,3	23,5	800	120
		Henk	4,2	13,7	3,7	2,9	9,3	32,6	1200	209
	Flachlandtapir	Indra	5,5	17,0	4,4	1,2	9,9	49,2	800	302
		Kuni	4,9	17,9	1,2	2,7	10,5	56,2	1500	371
		Peggy	8,7	17,3	5,2	4,2	12,3	85,0	1700	561
		Clara	10,2	17,4	6,1	5,7	14,0	90,9	6100	615
		Prinz	2,0	21,0	1,2	1,4	9,3	24,9	900	91
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Jupp	2,5	16,0	2,0	1,3	6,4	28,4	2600	131
		Fatima	3,2	24,8	2,5	1,4	10,8	31,7	700	122
		Johanna	4,4	25,3	2,5	1,0	11,2	31,6	1300	170
		Schlappi	3,3	19,8	2,6	3,2	11,8	55,5	4700	182
		Daisy	2,2	22,5	2,3	0,9	10,2	40,6	3000	214
	Flachlandtapir	Fietje	4,6	17,8	1,4	3,4	9,2	76,8	2100	163
		Bente	4,3	17,4	1,5	4,5	11,3	51,6	2600	173
		Ronja	4,5	12,9	2,1	9,8	12,5	62,8	700	222
		Nemo	3,2	14,3	5,0	1,7	4,9	14,6	900	67
		Cora	3,1	13,2	4,2	2,9	4,6	20,6	800	91
Freiland	Flachlandtapir	Flocke	2,6	15,0	2,4	2,2	5,7	17,0	500	64
		Henk	3,2	14,4	2,4	2,0	6,6	19,2	800	149
		Schlappi	1,2	21,7	0,9	2,1	7,4	22,1	1100	77
		Daisy	1,3	23,5	1,3	0,7	7,1	21,6	1300	85
		1	0,4	4,9	0,8	0,7	1,4	23,3	3800	20
		2	0,7	12,0	2,8	0,9	3,6	34,2	1200	39
		3	3,6	12,8	3,1	0,8	3,6	29,3	1100	57
		4	3,6	12,2	3,0	0,6	2,7	29,4	1500	52
		5	0,5	6,1	1,2	0,7	2,3	31,1	3700	30
		6	9,1	2,0	2,0	0,6	2,3	24,6	900	39

Tab. J: Scheinbare Verdaulichkeit [%] der TS, der oS, der Rohnährstoffe, der Gerüstsubstanzen, der AIA und der GE

Ration	Tierart	Tier	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	Nfe	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE	
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	60,1	61,7	34,5	52,1	-6,7	10,5	80,2	92,8	17,1	9,3	-28,4	31,9	21,3	-251,4	54,3	
		Cora	72,6	74,2	49,1	54,6	12,3	17,0	86,3	97,6	22,8	6,5	-65,1	43,6	28,1	-119,3	67,8	
		Jinak	65,4	68,5	30,4	54,4	37,5	28,1	80,6	90,0	40,6	35,2	9,8	46,6	39,5	-224,6	63,4	
			Flocke	46,1	46,1	46,2	34,2	27,0	6,1	63,7	93,7	13,8	8,6	-9,6	20,2	13,8	25,7	41,4
			Henk	48,9	49,2	44,7	8,5	-3,8	-6,0	71,3	97,5	3,4	-7,8	-88,4	17,0	16,5	26,8	40,0
		Flachlandtapir	Indra	51,6	51,8	49,5	59,0	33,3	7,3	65,6	84,9	16,6	8,8	-23,5	25,7	13,7	3,8	48,3
			Kuni	60,4	62,0	42,7	61,5	38,4	13,6	74,7	90,0	21,9	13,4	-34,3	31,9	21,9	-54,8	57,6
			Peggy	74,8	76,0	61,8	70,3	57,3	51,5	83,7	92,5	55,8	51,9	28,8	60,4	55,8	5,9	72,3
			Clara	68,8	76,7	-20,8	48,6	36,7	48,9	86,4	96,0	47,9	46,1	-15,2	50,0	59,5	-447,8	70,5
			Prinz	74,3	75,5	44,0	37,1	29,5	-40,6	88,0	98,1	-1,0	-9,8	-34,6	10,5	0,5	-124,9	70,1
			Jupp	79,6	82,1	16,2	55,4	65,7	15,4	91,8	98,6	48,8	33,8	8,0	62,4	43,0	-341,3	78,5
			Fatima	81,7	82,8	48,5	41,5	66,1	3,8	92,4	98,9	45,0	27,3	-5,5	58,2	40,2	-42,4	78,8
			Johanna	78,6	80,1	39,6	25,0	41,6	23,6	89,6	95,9	42,8	38,4	9,7	48,1	50,1	-145,9	74,3
		Schlappi	65,9	72,1	-10,2	51,3	30,1	23,2	84,9	99,2	32,4	26,2	-28,8	39,6	44,3	-318,2	66,3	
		Daisy	66,8	70,1	30,0	51,0	42,7	25,6	83,7	97,0	38,8	32,2	-17,7	46,5	47,7	-85,1	66,0	
		Fietje	86,0	87,3	45,0	74,9	-5,2	9,6	94,1	97,4	59,9	10,5	-161,5	82,0	46,1	-144,8	84,5	
		Bente	85,3	87,7	9,6	71,6	-80,7	27,0	94,7	98,8	61,7	30,0	-71,3	77,0	50,4	-395,9	84,0	
		Ronja	92,4	93,0	73,8	83,4	-32,6	63,4	96,2	98,5	78,7	57,1	-3,9	87,7	69,3	11,5	90,7	
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Nemo	16,4	16,7	13,3	61,7	1,1	-12,3	35,4	66,2	-11,8	-17,7	-41,8	6,1	-9,5	-544,7	9,4	
		Cora	-6,5	-7,5	6,6	47,4	-52,4	-37,7	9,5	57,9	-44,8	-50,3	-101,7	-28,3	-32,9	-396,7	-18,5	
		Flocke	34,7	33,4	46,9	36,1	22,7	5,4	47,9	70,0	18,1	9,6	14,5	28,2	8,3	35,5	28,7	
			Henk	32,4	31,7	39,0	17,9	7,8	10,5	46,5	67,2	20,3	13,2	11,2	28,8	13,7	20,9	24,5
		Flachlandtapir	Schlappi	41,4	42,8	28,6	30,1	11,2	20,8	57,3	73,3	32,3	25,2	4,1	40,7	31,2	-13,9	36,1
			Daisy	49,0	50,3	37,4	35,8	27,3	24,6	67,2	87,5	37,8	30,4	-17,5	46,6	43,7	3,4	44,1

Tab. K: Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und scheinbare Verdaulichkeit [%] der Mengenelemente

Ration	Tierart	Tier	Ca			K			Mg			Na			P		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	28,2	10,1	64,2	75,4	22,7	69,9	13,3	10,0	24,8	10,0	4,6	54,1	15,3	14,8	3,5
		Cora	21,8	5,0	76,9	56,5	15,3	72,9	11,3	6,6	42,0	12,3	1,8	85,7	12,4	11,0	11,5
		Jinak	50,5	12,6	75,1	80,8	31,5	61,0	21,5	8,3	61,3	24,0	5,0	79,1	28,2	19,5	31,0
		Flocke	36,8	11,7	68,2	99,1	44,8	54,8	22,1	8,9	59,5	4,4	4,7	-6,8	25,5	21,4	16,2
		Henk	19,6	6,2	68,3	51,4	20,3	60,4	11,2	5,5	50,8	3,5	4,3	-22,9	12,8	13,8	-8,3
	Flachlandtapir	Indra	39,0	11,0	71,8	83,1	34,1	58,9	14,5	8,8	39,5	10,9	2,3	78,7	22,7	19,9	12,4
		Kuni	38,7	6,3	83,6	55,4	23,0	58,5	11,7	1,6	86,3	11,2	3,5	68,5	18,4	13,6	26,2
		Peggy	35,2	7,0	80,0	57,3	14,1	75,5	11,2	4,2	62,8	12,0	3,4	71,8	18,0	10,0	44,3
		Clara	32,8	8,2	74,9	37,6	14,1	62,4	9,2	5,0	46,0	9,9	4,7	52,9	15,2	11,4	24,8
		Prinz	2,5	1,0	59,4	28,8	10,8	62,5	4,7	0,6	87,2	1,9	0,7	60,3	5,4	4,8	11,2
		Jupp	4,4	1,3	69,6	33,4	8,6	74,3	6,0	1,1	82,0	2,0	0,7	63,7	8,2	3,5	57,6
		Fatima	3,0	1,4	52,5	29,6	11,2	62,1	5,5	1,2	79,2	2,0	0,6	68,9	7,3	4,9	32,6
		Johanna	2,6	1,9	27,4	28,9	10,7	62,8	4,7	1,1	77,0	1,8	0,4	75,3	5,2	4,7	8,4
		Schlappi	16,8	2,4	86,0	34,5	14,1	59,0	8,1	1,9	77,3	3,7	2,3	38,8	9,3	8,4	9,3
		Daisy	19,6	1,8	90,9	42,8	18,6	56,6	9,9	1,9	80,4	3,8	0,7	81,3	11,4	8,4	25,7
Fietje	1,1	0,8	27,9	10,2	3,2	69,3	3,1	0,3	92,0	4,3	0,6	86,1	2,8	1,6	40,9		
Bente	1,4	0,9	33,5	12,2	3,8	68,8	3,7	0,3	91,0	5,0	1,0	80,4	3,3	2,5	25,8		
Ronja	1,3	0,6	59,1	13,2	1,6	88,2	3,9	0,3	93,5	5,4	1,2	78,1	3,4	1,5	55,7		
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Nemo	20,5	5,2	74,8	42,8	22,9	46,5	6,8	8,0	-17,6	1,0	2,8	-189,6	8,6	7,8	8,6
		Cora	8,0	2,5	68,6	16,8	10,6	36,8	2,7	3,4	-26,8	0,4	2,3	-464,7	3,4	3,7	-9,8
		Flocke	39,8	10,2	74,3	111,4	58,3	47,7	25,1	9,5	62,3	2,5	8,7	-241,0	29,6	21,9	25,8
	Flachlandtapir	Henk	18,9	6,0	68,0	53,0	27,5	48,1	12,0	4,6	61,7	1,3	3,8	-198,9	14,1	12,6	10,2
		Schlappi	5,2	0,6	88,9	14,9	10,3	30,9	3,4	0,4	86,9	0,5	1,0	-121,6	3,9	3,5	10,3
		Daisy	11,1	1,1	90,0	31,4	20,2	35,7	7,1	1,1	84,5	0,8	0,6	23,6	8,3	6,1	26,5

Tab. L: Tägliche Aufnahme (Auf.) [g], fäkale Ausscheidung (Aus.) [g] und scheinbare Verdaulichkeit [%] der Spurenelemente

Ration	Tierart	Tier	Cu			Fe			Zn		
			Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV	Auf.	Aus.	sV
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	59,8	58,8	1,6	797,9	2903,0	-263,9	210,5	400,3	-90,1
		Cora	79,5	50,7	36,3	821,5	1632,4	-98,7	287,6	338,6	-17,7
		Jinak	309,9	173,9	43,9	1729,1	2978,9	-72,3	934,7	503,6	46,1
	Flachlandtapir	Flocke	54,2	69,0	-27,4	2526,7	2215,6	12,3	281,5	353,9	-25,7
		Henk	36,9	48,5	-31,5	1226,7	1857,0	-51,4	186,9	310,9	-66,4
		Indra	140,6	99,0	29,6	1585,1	1610,3	-1,6	601,9	608,2	-1,0
		Kuni	151,5	72,2	52,3	1455,7	1957,6	-34,5	632,7	477,3	24,6
		Peggy	133,6	69,0	48,4	1315,5	1349,2	-2,6	563,5	455,0	19,3
		Clara	129,8	73,8	43,2	1194,8	4958,7	-315,0	540,5	498,9	7,7
		Prinz	12,8	12,8	-0,7	177,2	442,0	-149,5	29,7	46,7	-57,1
		Jupp	16,1	15,2	5,3	284,2	1381,2	-386,0	48,5	70,4	-45,1
		Fatima	15,0	14,4	4,3	221,1	329,5	-49,0	43,8	55,3	-26,3
		Johanna	13,1	13,4	-2,8	180,8	537,4	-197,2	29,3	72,0	-145,8
		Schlappi	36,8	39,5	-7,4	937,2	3314,4	-253,6	199,7	129,6	35,1
		Daisy	39,2	33,5	14,5	1146,0	2440,9	-113,0	213,6	176,8	17,3
Fietje	6,0	13,6	-125,4	191,1	364,2	-90,5	21,1	28,9	-37,1		
Bente	7,0	11,2	-59,7	248,4	569,1	-129,1	24,7	37,5	-51,7		
Ronja	7,4	7,6	-2,6	185,9	85,2	54,2	24,9	26,9	-8,1		
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Nemo	11,5	23,3	-102,3	247,6	1423,3	-474,8	34,9	106,8	-205,9
		Cora	4,5	16,6	-264,9	96,8	669,7	-591,8	13,7	73,5	-437,2
		Flocke	41,9	66,1	-57,6	2992,4	1963,9	34,4	222,9	248,6	-11,5
	Flachlandtapir	Henk	20,0	36,8	-84,3	1419,8	1570,4	-10,6	105,9	286,3	-170,4
		Schlappi	5,6	10,5	-86,2	391,9	536,2	-36,8	29,4	36,3	-23,5
		Daisy	11,8	18,6	-56,7	836,3	1121,6	-34,1	62,5	73,0	-16,8

Tab. M: pH-Wert im Kot

Ration	Tierart	Tier	pH	
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	5,9	
		Flocke	5,9	
		Henk	5,8	
		Flachlandtapir	Peggy	5,8
			Prinz	6,1
	Jupp		6,5	
	nur Heufütterung	Schabrackentapir	Fatima	6,1
			Johanna	6,6
			Schlappi	5,9
			Daisy	5,9
Nemo			7,2	
Flachlandtapir		Cora	7,8	
		Flocke	5,5	
		Henk	5,7	
		Schlappi	5,7	
		Daisy	5,8	

Tab. N: Passagerate (MRT) für Kobalt (Co) und Chrom (Cr)

Ration	Tierart	Tier	MRT Co	MRT Cr	
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	49,7	54,1	
		Cora	66,7	80,5	
		Jinak	30,7	51,5	
		Flocke	38,5	49,6	
		Henk	29,3	43,6	
		Flachlandtapir	Indra	29,4	32,3
			Kuni	19,6	25,1
			Peggy	34,7	39,1
			Clara	51,1	72,0
			Prinz	15,2	43,9
	Jupp		25,3	31,4	
	Fatima		41,0	47,8	
	Johanna		65,1	76,0	
	Schlappi		33,2	63,2	
	Daisy		42,7	47,6	
	nur Heufütterung	Schabrackentapir	Fietje	52,7	63,8
			Bente	56,8	74,0
			Ronja	71,5	79,6
			Nemo	36,6	49,2
			Cora	51,6	80,1
Flachlandtapir		Flocke	24,8	41,7	
		Henk	35,0	54,6	
		Schlappi	55,0	69,8	
		Daisy	37,1	55,0	

Tab. O: Tägliche Wasseraufnahme und -ausscheidung

Ration	Tierart	Tier	Wasseraufnahme [l]			Kotwasser [l]
			Tränke	Futter	Gesamt	
normale Ration	Schabrackentapir	Cora	6,4	11,4	17,8	3,7
		Flachlandtapir	Indra	11,2	6,8	17,9
		Prinz	0,8	5,6	6,4	2,6
		Jupp	1,3	5,8	7,1	3,6
		Fatima	1,4	6,1	7,5	2,6
		Johanna	0,7	5,8	6,4	1,5
		Fietje	4,6	2,7	7,3	0,7
		Bente	1,5	3,2	4,7	0,8
		Ronja	2,9	4,0	6,9	0,6
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Cora	13,1	0,1	13,2	4,0

Tab. P: Gehalte an Kreatinin (Krea) [mmol/l Urin] sowie an Kalzium (Ca), Kalium (K), Natrium (Na) und Phosphor (P) [g/kg uS Urin] und Ca/Krea-Verhältnis im Urin

Ration	Tierart	Tier	Krea	Ca	K	Na	P	Ca : Krea
normale Ration	Schabrackentapir	Nemo	1,74	0,50	3,12	0,29	0,002	0,288
		Cora	5,49	0,65	4,70	0,75	0,009	0,118
		Flocke	8,31	2,41	6,21	1,46	0,019	0,290
	Flachlandtapir	Peggy	14,05	5,31	5,95	1,20	0,016	0,378
		Fietje	24,58	0,97	1,47	2,17	0,020	0,040
		Bente	28,66	0,55	2,50	1,21	0,375	0,019
		Ronja	17,70	0,10	2,29	1,29	0,005	0,006
nur Heufütterung	Schabrackentapir	Nemo	2,29	0,39	2,40	0,13	0,001	0,169
		Cora	9,85	0,79	2,66	0,22	0,110	0,080

Tab. Q: Zusammensetzung der Futtermittel: TS [% uS], oS [% TS], Rohnährstoffe [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g TS]

Futtermittel	Haltung	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Grasheu	B	KG	89,3	92,6	7,4	12,3	1,3	29,7	49,4	20,2	58,9	31,6	3,4	27,2	28,3	1,6	18,6
Grasheu	C	KG	88,9	92,1	7,9	6,5	0,9	32,4	52,3	12,0	72,7	43,8	9,6	28,9	34,3	2,1	18,7
Grasheu	D	KG, G	91,4	90,1	9,9	10,2	2,4	26,7	50,7	22,4	55,0	29,9	6,5	25,1	23,4	3,6	18,5
Grasheu	E	KG	92,6	92,8	7,2	6,9	0,9	33,6	51,4	24,1	60,9	33,9	5,3	27,0	28,6	2,1	18,8
Luzerneheu	A	KG, G	90,7	92,9	7,1	12,8	1,3	43,1	35,8	21,2	57,7	43,4	11,0	14,3	32,4	0,3	18,9
Grassilage	B	KG	54,8	92,0	8,0	12,7	2,7	34,0	42,7	12,7	64,0	34,9	3,1	29,1	31,8	1,1	19,6
Heucops	A	KG	91,4	93,5	6,5	6,9	3,4	27,5	55,6	28,8	54,3	30,8	6,1	23,6	24,7	1,5	19,3
Heucops	B	KG	92,8	92,7	7,3	9,6	1,8	28,9	52,5	23,8	57,5	31,4	5,6	26,1	25,8	1,8	19,1
Kraftfutterpellets	A	KG	91,8	89,8	10,2	13,5	3,6	17,8	54,9	36,4	36,3	22,0	6,1	14,2	16,0	1,2	18,5
Kraftfutterpellets	D	KG	90,3	88,3	11,7	20,0	3,0	9,8	55,5	36,1	29,2	12,5	2,9	16,7	9,6	1,4	18,4
Wildfutterpellets	B	KG	89,9	90,6	9,4	13,7	2,3	15,1	59,5	40,3	34,2	18,2	3,0	16,0	15,2	0,9	18,1
Mineralfutter	A	KG	96,5	14,3	85,7	1,3	0,2	2,7	10,1	7,0	5,8	1,4	0,5	4,4	0,9	30,0	2,4
Mineralfutter	B	KG	95,8	29,2	70,8	3,8	2,5	2,7	20,2	16,0	6,9	1,1	0,2	5,9	0,8	19,4	5,6
Mineralsalz	B	KG	97,6	11,6	88,4	0,0	0,0	0,0	11,6	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	1,3
Brot	A, B, C, D, E	KG, (G*)	92,0	97,4	2,6	14,3	0,3	0,4	82,3	60,0	22,7	1,2	0,1	21,5	1,1	0,1	18,2
Nudeln	C	KG	29,8	99,1	0,9	13,5	1,8	0,7	83,1	54,9	28,9	0,8	0,0	28,1	0,8	0,3	19,7
Reis	C, E	KG	24,4	99,7	0,3	7,2	0,1	0,5	92,0	83,7	8,7	0,5	0,2	8,2	0,3	0,0	18,6
Äpfel	A, B, C, D, E	KG	14,0	98,0	2,0	1,4	0,5	5,9	90,2	87,5	8,6	6,3	1,1	2,3	5,2	0,1	17,5
Bananen	A, B, C, D, E	KG, (G*)	25,5	96,2	3,8	4,7	0,2	1,2	90,1	86,4	4,9	4,4	2,8	0,5	1,6	0,1	17,5
Birnen	A, B, C, D	KG	17,3	97,9	2,1	3,2	0,5	8,6	85,6	68,0	26,2	17,8	6,9	8,3	11,0	0,2	18,6
Kartoffeln	B, C, E	KG	22,6	95,8	4,2	11,0	0,0	2,5	82,3	79,0	5,8	4,0	0,2	1,8	3,8	0,0	17,7
Mohrrüben	A, B, C, D, E	KG	11,0	91,7	8,3	6,8	1,3	8,7	74,9	71,4	12,2	10,0	0,6	2,2	9,4	0,0	17,1
Orangen	A, B, C, D	KG	13,4	96,4	3,6	7,0	0,5	3,8	85,1	83,6	5,3	4,2	0,4	1,1	3,9	0,0	18,0
Salat	A, B, C, D, E	KG	3,9	87,8	12,2	20,2	1,0	13,0	53,6	50,2	16,5	12,6	1,3	3,9	11,3	0,2	17,8

* zur Markenfütterung

Tab. R: Zusammensetzung der Futtermittelmischungen: TS [% uS], oS [% TS], Rohrnährstoffe [% TS], Gerüstsubstanzen [% TS], AIA [% TS] und GE [kJ/g TS]

Futtermittel- mischung*	Haltung	Ration	TS	oS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	R-KH	NDF	ADF	ADL	HC	C	AIA	GE
Cora	A	KG	11,9	94,2	5,8	8,9	0,8	6,8	77,7	73,8	10,7	8,0	0,9	2,6	7,2	0,1	17,8
Nemo	A	KG	12,5	94,5	5,5	8,4	0,7	6,5	79,0	74,8	10,7	7,8	1,0	2,8	6,9	0,1	17,9
Clara	B	KG	46,7	97,1	2,9	12,1	4,3	3,7	77,1	66,1	14,7	4,8	1,4	9,9	3,4	0,1	19,9
Indra	B	KG	42,3	97,6	2,4	11,1	4,4	2,5	79,7	69,6	12,6	3,3	1,1	9,3	2,2	0,1	19,8
Jinak	B	KG	30,2	97,1	2,9	12,5	6,4	5,0	73,2	63,2	14,9	4,4	0,5	10,6	3,9	0,0	20,7
Kuni	B	KG	42,2	97,7	2,3	10,7	4,4	2,6	80,1	72,7	9,9	3,0	1,1	6,9	2,0	0,0	19,8
Peggy	B	KG	42,2	97,8	2,2	10,2	4,5	2,4	80,7	69,8	13,2	3,7	1,5	9,5	2,2	0,0	20,2
Fatima	C	KG	57,5	97,9	2,1	9,0	4,5	1,5	82,9	67,2	17,2	2,8	1,2	14,4	1,6	0,0	19,4
Johanna	C	KG	49,4	97,8	2,2	8,1	3,9	1,8	84,1	70,8	15,1	3,4	1,5	11,7	1,9	0,0	19,2
Jupp	C	KG	57,6	97,8	2,2	9,2	4,6	1,7	82,3	68,2	15,8	2,8	1,2	13,0	1,6	0,0	19,7
Prinz	C	KG	49,1	97,8	2,2	7,9	3,9	1,8	84,2	75,4	10,6	3,3	1,3	7,3	2,0	0,1	18,9
Daisy	D	KG	10,3	95,0	5,0	5,9	0,7	6,7	81,7	77,2	11,2	7,7	0,9	3,5	6,8	0,0	17,9
Flocke	D	KG	11,1	93,2	6,8	10,4	1,2	7,6	74,0	68,6	13,0	8,7	0,7	4,2	8,0	0,1	19,2
Henk	D	KG	11,4	93,8	6,2	9,7	1,0	7,0	76,0	70,4	12,6	8,3	0,9	4,4	7,4	0,1	19,5
Schlappi	D	KG	10,5	94,5	5,5	6,4	1,0	6,9	80,2	75,0	12,2	8,4	1,0	3,8	7,4	0,0	19,3

* Bestandteile der Mischungen siehe Tabelle U

Tab. S: Zusammensetzung der Futtermittel, bezogen auf die TS: Mengen- und Spurenelemente

Futtermittel	Haltung	Ration	Ca [g/kg]	K [g/kg]	Mg [g/kg]	Na [g/kg]	P [g/kg]	Cu [mg/kg]	Fe [mg/kg]	Zn [mg/kg]
Grasheu	B	KG	4,9	23,0	4,7	1,6	5,3	8,4	335,4	54,2
Grasheu	C	KG	6,0	22,3	3,1	0,3	4,0	6,0	287,3	24,0
Grasheu	D	KG, G	6,7	18,8	4,2	0,4	5,0	7,1	507,1	37,7
Grasheu	E	KG	3,9	20,1	3,7	1,7	4,7	6,7	976,0	33,4
Luzerneheu	A	KG, G	10,8	22,5	3,5	0,5	4,5	6,0	130,0	18,3
Grassilage	B	KG	3,8	31,2	3,3	0,6	5,7	7,9	199,5	48,5
Heucops	A	KG	4,8	20,1	3,9	0,5	4,7	5,4	404,6	20,5
Heucops	B	KG	5,8	20,5	4,3	0,7	4,2	7,0	604,3	26,9
Kraftfutterpellets	A	KG	16,7	13,9	6,8	6,5	5,7	57,6	690,8	289,4
Kraftfutterpellets	D	KG	19,5	17,9	6,2	3,9	7,8	37,4	960,8	262,8
Wildfutterpellets	B	KG	15,5	13,9	4,7	4,0	5,1	16,1	715,4	110,4
Mineralfutter	A	KG	246,4	3,1	31,3	69,9	43,0	1262,9	5937,0	3886,4
Mineralfutter	B	KG	199,6	3,3	13,2	60,1	52,8	1153,8	4053,7	4653,4
Mineralsalz	B	KG	163,1	4,3	41,5	130,5	68,6	2392,4	557,2	6439,2
Brot	A, B, C, D, E	KG, (G*)	0,5	2,1	1,9	8,1	2,4	2,6	50,0	11,5
Nudeln	C	KG	0,6	2,1	2,7	0,7	2,3	4,4	44,7	15,0
Reis	C, E	KG	0,2	0,8	2,2	0,4	0,9	6,4	22,6	20,0
Äpfel	A, B, C, D, E	KG	0,4	7,9	2,4	0,4	1,4	3,8	35,8	2,6
Bananen	A, B, C, D, E	KG, (G*)	0,2	16,3	3,5	0,4	2,0	6,4	40,7	8,2
Birnen	A, B, C, D	KG	0,6	11,2	0,6	0,5	1,3	18,1	67,0	11,9
Kartoffeln	B, C, E	KG	0,4	20,8	2,8	0,4	1,8	4,9	61,1	20,2
Mohrrüben	A, B, C, D, E	KG	2,7	31,7	3,2	2,2	3,8	6,2	56,1	21,0
Orangen	A, B, C, D	KG	2,7	15,1	3,4	0,5	2,3	4,7	1225,5	4,7
Salat	A, B, C, D, E	KG	4,2	56,0	4,7	1,1	6,3	8,7	111,8	50,7

* zur Markerfütterung

Tab. T: Zusammensetzung der Futtermittelmischungen, bezogen auf die TS: Mengen- und Spurenelemente

Futtermittel- mischung*	Haltung	Ration	Ca [g/kg]	K [g/kg]	Mg [g/kg]	Na [g/kg]	P [g/kg]	Cu [mg/kg]	Fe [mg/kg]	Zn [mg/kg]
Cora	A	KG	2,4	25,6	0,9	1,0	3,0	12,9	48,4	18,5
Nemo	A	KG	2,4	24,0	1,1	1,0	2,8	8,1	81,7	15,2
Clara	B	KG	0,9	9,3	1,3	0,8	5,4	14,9	110,1	42,9
Indra	B	KG	0,8	7,8	1,3	0,9	3,9	13,1	82,0	30,0
Jinak	B	KG	1,3	11,1	0,9	1,0	4,2	13,8	67,5	33,8
Kuni	B	KG	0,8	7,6	1,2	0,9	3,8	13,1	79,0	30,2
Peggy	B	KG	0,8	7,8	1,1	0,9	4,1	13,9	70,3	31,7
Fatima	C	KG	0,8	7,0	1,2	0,5	4,3	5,5	78,8	25,0
Johanna	C	KG	0,8	8,1	1,0	0,5	3,4	6,2	74,4	20,0
Jupp	C	KG	0,8	7,0	1,2	0,4	4,4	5,6	81,5	24,8
Prinz	C	KG	0,8	8,1	1,0	0,5	3,7	5,4	75,8	20,7
Daisy	D	KG	1,9	22,0	0,7	1,0	2,0	16,9	26,0	19,4
Flocke	D	KG	2,5	29,2	1,2	1,2	3,2	15,8	47,9	24,2
Henk	D	KG	2,5	27,5	1,5	1,2	2,8	16,0	43,3	23,5
Schlappi	D	KG	1,9	24,5	0,7	1,1	2,2	18,0	17,6	21,4

* Bestandteile der Mischung siehe Tabelle U

Tab. U: Bestandteile der Futtermittelmischungen (bezogen auf die TS der Mischung [%]) und TS der Bestandteile [% uS] - Fortsetzung

Leinsamen	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,3
Mangos	13,8	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,8
Papayas	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4
Paprika	11,4	10,9	1,8	1,7	0,0	1,7	2,0	0,9	1,5	0,9	1,5	5,8	0,0	0,0	5,5	9,9
Petersilie	1,9	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4
Pfirsiche	15,0	16,9	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9
Rettich	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5
Rosenkohl	3,4	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9
Rote Rüben	1,2	0,4	1,2	1,0	0,0	1,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3
Schwarzbeeren	0,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8
Sellerie	0,4	0,5	1,8	3,4	3,9	2,9	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2
Tomaten	8,0	7,3	0,6	0,7	7,6	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	12,2	7,5	9,7	9,9
Weintrauben	12,2	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,8	5,2	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5
Weißkohl	0,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7
Weizenkeime	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,9
Wirsing	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0
Zucchini	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,8	5,9
Zwetschgen	2,8	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	5,0	3,2	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5
Zwiebeln	0,0	0,0	1,1	0,8	2,9	0,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4

* Co = Mischung Cora, Ne = Mischung Nemo, Cl = Mischung Clara, In = Mischung Indra, Ji = Mischung Jinak, Ku = Mischung Kuni, Pe = Mischung Peggy, Fa = Mischung Fatima, Jo = Mischung Johanna, Ju = Mischung Jupp, Pr = Mischung Prinz, Da = Mischung Daisy, Fl = Mischung Flocke, He = Mischung Henk, Sc = Mischung Schlappi

9 Danksagung

Mein Dank gilt folgenden Personen:

Frau Prof. Dr. Ellen Kienzle für die Überlassung des Themas und für die Zeit, die sie sich zur effektiven Betreuung dieser Arbeit genommen hat.

Den Direktoren, Kuratoren, Tierärzten und nicht zuletzt den Tierpflegern aller teilnehmenden Zoologischen Gärten. Ohne ihre Kooperationsbereitschaft, ihre Geduld und ihre tatkräftige Unterstützung wäre die Durchführung der praktischen Arbeiten nicht möglich gewesen.

Dr. Marcus Clauss für die konstruktive und stets freundliche Unterstützung bei der gesamten Entstehung dieser Arbeit, für seine Motivation sowie für die große Hilfe bei der Literaturbeschaffung.

Herrn Werner Hesselbach, Frau Elke Kleiner und Frau Elisabeth Stadler für ihre gute Einführung in die verschiedenen Analysetechniken und ihre vielen nützlichen Ratschläge bei der Durchführung der Laborarbeiten.

Herrn Dr. Jürgen Hummel für die Durchführung der Analysen zur MRT-Bestimmung.

Frau Patricia Medici, die mir die Futter- und Kotproben frei lebender Flachlandtapire zur Verfügung gestellt hat.

Allen Tierpflegern am Oberwiesenfeld, besonders Gabi Reder und Nadja Al-Tokmaschi, für ihre immerwährende Freundlichkeit und Hilfsbereitschaft.

Meinen Mitdoktoranden, allen Assistenten und Mitarbeitern des Instituts für die schöne Zeit.

Meiner Familie, die mir das Studium und die Promotion ermöglicht und mich immer unterstützt hat.