
Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Departement
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik

Arbeit angefertigt unter der Leitung von
Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

**Literaturstudie über die Verdaulichkeit von Energie und Nährstoffen
bei wilden carni- und omnivoren Säugetieren als Grundlage für
Energiewertschätzungen im Futter**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der
Tierärztlichen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Helen Kleffner

aus
Köln

München 2008

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun
Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Kienzle
Korreferent/en: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Stolle

Tag der Promotion: 18. Juli 2008

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	13
2	Schrifttum	14
2.1	Nahrungseinteilung.....	14
2.2	Ernährungsformen	16
2.3	Carnivorie.....	16
2.3.1	Hauptgruppen	16
2.3.2	Beispiele für die Nahrungszusammensetzung.....	17
2.3.3	Anatomische Anpassungen	20
2.3.4	Physiologische Anpassungen	25
2.4	Omnivorie.....	30
2.4.1	Hauptgruppen	30
2.4.2	Beispiele für die Nahrungszusammensetzung	31
2.4.3	Anatomische Anpassungen.....	33
2.4.4	Physiologische Anpassungen	36
2.5	Enzymatische Verdauung.....	38
2.5.1	Kohlenhydratabbau	38
2.5.2	Fettabbau	42
2.5.3	Proteinabbau	42
2.6	Fütterungspraxis	43
2.6.1	Carnivore Spezies	43
2.6.2	Omnivore Spezies	45
3	Material und Methoden	47
3.1	Zielsetzung.....	47
3.2	Datensammlung	47
3.2.1	Literaturrecherche.....	47
3.3	Einteilung der Tierarten	48
3.4	Datenverwaltung und Parameter	49
3.5	Auswertung.....	60

4	Ergebnisse und Diskussion	66
4.1	Einfluss der Körpermasse auf die TS-Aufnahme und DE-Aufnahme.....	67
4.1.1	Ergebnisse zum Einfluss der Körpermasse auf die TS-Aufnahme und DE-Aufnahme	67
4.1.2	Diskussion zum Einfluss der Körpermasse auf die TS-Aufnahme und DE-Aufnahme	72
4.2	Einfluss der Konzentration verschiedener Faserparameter auf die scheinbare Verdaulichkeit von Energie und Rohnährstoffen	74
4.2.1	Ergebnisse des Einflusses von Rfa auf die sV von Energie und Rohnährstoffen	74
4.2.2	Ergebnisse zum Einfluss von NDF auf die scheinbare Verdaulichkeit von Energie und Rohnährstoffen.....	81
4.2.3	Ergebnisse zum Einfluss des TDF-Gehaltes (%TS) auf die scheinbare Verdaulichkeit von Energie und Rohnährstoffen	87
4.2.4	Diskussion des Einflusses verschiedener Faserparameter auf die scheinbare Verdaulichkeit von Energie und Rohnährstoffen	91
4.3	Einfluss des Gesamtrohproteingehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohprotein	97
4.3.1	Ergebnisse zum Einfluss des Gesamtrohproteingehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohprotein	97
4.3.2	Diskussion des Einflusses des Gesamtrohproteingehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohprotein	100
4.4	Einfluss des Gesamtrohfettgehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohfett.....	103
4.4.1	Ergebnisse zum Einfluss des Gesamtrohfettgehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohfett	103
4.4.2	Diskussion des Einflusses des Gesamtrohfettgehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohfett	106
4.5	Einfluss der Körpermasse auf die scheinbare Verdaulichkeit der TS.....	107
4.5.1	Ergebnisse zum Zusammenhang von Körpermasse und scheinbarer TS-Verdaulichkeit.....	107
4.6	Energiebewertung	108
4.6.1	Ergebnisse zur Energiebewertung.....	108
4.6.2	Diskussion zur Energiebewertung	115
5	Zusammenfassung.....	130

6	Summary	133
7	Literaturverzeichnis	136
8	Anhang	163
	8.1 Zuordnung der Tierarten.....	163
9	Danksagung	169

Abkürzungsverzeichnis

ad	Apparent digestibility (Scheinbare Verdaulichkeit)
ADF	Acid Detergent Fiber (Saure Detergentienfaser)
Ca	Kalzium
Cf	Crude Fibre (Rohfaser)
Cp	Crude Protein (Rohprotein)
DE	Digestible Energy (Verdauliche Energie)
DM	Dry Matter (Trockensubstanz)
EE	Ether Extract (Rohfett)
FM	Futtermittel
g	Gramm
GE	Gross Energy (Bruttoenergie)
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
kcal	Kilokalorie
kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
MBW	Metabolic Body Weight (metabolisches Körpergewicht)
ME	Metabolizable Energy (Umsetzbare Energie)
MJ	Megajoule
NDF	Neutral Detergent Fiber (Neutrale Detergentienfaser)
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
NRC	National Research Council
oS	organische Substanz
P	Phosphor
Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
sV	scheinbare Verdaulichkeit
spp.	Spezies
TDF	Total Dietary Fiber (Gesamtfaser)
TS	Trockensubstanz
uS	ursprüngliche Substanz
vRfe	verdauliches Rohfett
vRp	verdauliches Rohprotein

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1.** Zusammensetzung lebender Materie (CHIVERS & LANGER 1994). 14
- Abbildung 2.** Zusammensetzung tierischer und pflanzlicher Materie (CHIVERS & LANGER 1994). 15
- Abbildung 3.** Abhängigkeit der sV von Rp (%) vom Rp-Gehalt (% TS) des Futters, ermittelt in Verdaulichkeitsversuchen bei den Spezies Polarbär, Grizzlybär und Schwarzbär (BEST 1985, PRITCHARD & ROBBINS 1990, RODE et al. 2001, FELICETTI et al. 2003). 61
- Abbildung 4.** Abhängigkeit des Gehaltes an verdaulichem Rp (% TS) vom Gesamt-Rp-Gehalt (% TS) des Futters, ermittelt in Verdaulichkeitsversuchen bei den Spezies Polarbär, Grizzlybär und Schwarzbär (BEST 1985, BRODY & PELTON 1988, PRITCHARD & ROBBINS 1990, RODE et al. 2001, FELICETTI et al. 2003). 62
- Abbildung 5.** Zusammenhang von Körpermasse (KM, kg) und der in Verdauungsstudien gemessenen Aufnahme an Trockensubstanz (TS, kg) der Art: $TS\text{-Aufnahme (kg/d)} = a \cdot KM\text{ (kg)}^b$ bei 51 carni- und omnivoren Säugetierspezies, sowie den 3 Vergleichsspezies Katze, Hund und Ratte (ein Mittelwert pro Spezies). 67
- Abbildung 6.** Zusammenhang von Körpermasse (KM, kg) und der in Verdauungsstudien gemessenen Aufnahme an verdaulicher Energie (DE, MJ/d) der Art: $DE\text{-Aufnahme (MJ/d)} = a \cdot KM\text{ (kg)}^b$ bei 27 carni- und omnivoren Säugetierspezies, sowie den Vergleichsspezies Katze, Hund und Ratte (Pro Spezies ein Mittelwert). 70
- Abbildung 7.** Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung von hausgemachten Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den fünf carni- und omnivoren Spezies Kojote, Blaufuchs, Südamerikanischer Fuchs, Fischermarder und Schwarzfussfrettchen. 74
- Abbildung 8.** Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung von Trockenfutter, ermittelt bei den vier carni- und omnivoren Spezies Igel, Blaufuchs, Nerz und Schwarzfussfrettchen. 75
- Abbildung 9.** Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den vier omnivoren Spezies Feldmaus, Brandmaus, Rötelmaus und Gelbhalsmaus. 75
- Abbildung 10.** Einfluss der Rfa-Konzentration (% TS) auf die sV von Rp (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den carni- und omnivoren Säugetierspezies Kojote, Blaufuchs und Südamerikanischer Fuchs. 77
- Abbildung 11.** Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der oS (%) bei Fütterung von Trockenfutter, ermittelt beim Igel. 78
- Abbildung 12.** Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der oS (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den vier omnivoren Spezies Feldmaus, Rötelmaus, Brandmaus und Gelbhalsmaus. 79
- Abbildung 13.** Einfluss der Rfa-Konzentration (% TS) auf die sV der GE (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den vier omnivoren Säugetierspezies Feldmaus, Brandmaus, Rötelmaus und Gelbhalsmaus. 80
- Abbildung 14.** Zusammenhang zwischen NDF-Konzentration (% TS) und der sV der TS (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den drei Beuteltierspezies Grosser Kaninchennasen-, Grosser Kurznasen- und Grosser Langnasenbeutler. 81

- Abbildung 15.** Zusammenhang zwischen NDF-Konzentration (% TS) und der sV der TS (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei acht omnivoren Primatenspezies. **82**
- Abbildung 16.** Einfluss der NDF-Konzentration (% TS) auf die sV von Rp (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den drei carni- und omnivoren Säugetierspezies Grosser Kaninchennasen-, Grosser Langnasen- und Grosser Kurznasenbeutler. **83**
- Abbildung 17.** Einfluss der NDF-Konzentration (% TS) auf die sV von Rp (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei sechs omnivoren Primatenspezies. **83**
- Abbildung 18.** Einfluss der NDF-Konzentration (% TS) auf die sV von Rfe (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den drei carni- und omnivoren Säugetierspezies Grosser Kaninchennasen-, Grosser Kurznasen- und Grosser Langnasenbeutler. **84**
- Abbildung 19.** Zusammenhang zwischen NDF-Konzentration (% TS) und sV der oS (%) bei pflanzlicher Fütterung, ermittelt bei der omnivoren Säugetierspezies Hirscheber, sowie der Vergleichsspezies Schwein. Regression bei der Spezies Schwein: DEN HARTOG et al. (1988), LE GOFF et al. (2002). **85**
- Abbildung 20.** Einfluss der NDF-Konzentration (% TS) auf die sV der GE (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den drei carni- und omnivoren Säugetierspezies Grosser Kaninchennasen-, Grosser Langnasen- und Grosser Kurznasenbeutler. **86**
- Abbildung 21.** Zusammenhang zwischen TDF-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den vier carni- und omnivoren Spezies Caracal, Bengalkatze, Schwarzbär und Grizzlybär. **87**
- Abbildung 22.** Zusammenhang zwischen TDF-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den zwei omnivoren Spezies Schwarzbär und Grizzlybär. **88**
- Abbildung 23.** Einfluss der TDF-Konzentration (% TS) auf die sV von Rp (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den zwei omnivoren Säugetierspezies Schwarzbär und Grizzlybär. **89**
- Abbildung 24.** Einfluss der TDF-Konzentration (% TS) auf die sV der GE (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den zwei carni- und omnivoren Säugetierspezies Schwarzbär und Grizzlybär. **90**
- Abbildung 25.** Einfluss der TDF-Konzentration (% TS) auf die sV der GE (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den zwei carni- und omnivoren Säugetierspezies Schwarzbär und Grizzlybär. **90**
- Abbildung 26.** Zusammenhang zwischen Gesamtrohproteingehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohprotein (% TS) bei Fütterung hausgemachten Rationen auf Fleisch- oder Fischbasis, ermittelt bei 44 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Speziesmittelwerte in den Tiergruppen. **97**
- Abbildung 27.** Zusammenhang zwischen Gesamtrohproteingehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohprotein (% TS) bei Fütterung von Trockenfutter, ermittelt bei 16 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Speziesmittelwerte in den Tiergruppen. **98**
- Abbildung 28.** Zusammenhang zwischen Gesamtrohproteingehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohprotein (% TS) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei 22 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Speziesmittelwerte in den Tiergruppen. **98**
- Abbildung 29.** Zusammenhang zwischen Gesamtrohfettgehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohfett (% TS) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleisch- oder Fischbasis, ermittelt bei 22 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Mittelwerte in den Tiergruppen. **103**

Abbildung 30. Zusammenhang zwischen Gesamtrohfettgehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohfett (% TS) bei Fütterung von Trockenfutter, ermittelt bei 9 carni- und omnivoren Säugetierspezies, sowie den Vergleichsspezies Katze, Hund und Ratte (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Mittelwerte in den Tiergruppen. **104**

Abbildung 31. Zusammenhang zwischen Gesamtrohfettgehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohfett (% TS) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei 5 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Mittelwerte in den Tiergruppen. **104**

Abbildung 32. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel für hausgemachte Rationen (berechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen für Hunde (NRC 2006)) errechneten DE-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Tiger, Löwe, Kojote, Fischermarder, Schwarzfussfrettchen, Polarbär und Braunbär. **117**

Abbildung 33. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten (GE anhand der Bruttoenergiegehalte der Rohnährstoffe berechnet) und nach der Formel (DE) für hausgemachte Rationen (berechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen für Hunde (NRC 2006)) errechneten DE-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Polarbären. **118**

Abbildung 34. Zusammenhang zwischen ME-Gehalten (MJ/kg TS), errechnet aus experimentellen DE-Gehalten und anhand der Formel für die ME in hausgemachten Rationen und hochverdaulicher Spezialnahrung für Hunde (NRC 2006) errechneten ME-Gehalten (MJ/kg TS) in hausgemachten Rationen von Tiger, Löwe, Kojote, Fischermarder, Schwarzfussfrettchen und Braunbär. **120**

Abbildung 35. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten (GE anhand der Bruttoenergiegehalte der Rohnährstoffe berechnet) und nach der Formel (ME) für hausgemachte Rationen für Hunde (NRC 2006) errechneten ME-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Polarbären. **120**

Abbildung 36. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel für kommerzielle Futter beim Hund (NRC 2006, bis zur Stufe der DE) berechneten DE-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Nordamerikanischen Fischottern und Schwarzfussfrettchen. **122**

Abbildung 37. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel für kommerzielle Futter beim Hund (NRC 2006, bis zur Stufe der DE) berechneten DE-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Polarbären. **122**

Abbildung 38. Zusammenhang zwischen ME-Gehalten (MJ/kg TS), errechnet aus experimentellen DE-Gehalten, und anhand der Formel (ME) für kommerzielle Futter für Hunde (NRC 2006) berechneten ME-Gehalten in kommerziellen Futtern bei Schwarzfussfrettchen. **124**

Abbildung 39. Zusammenhang zwischen ME-Gehalten (MJ/kg TS), errechnet aus experimentellen DE-Gehalten, und anhand der Formel (ME) für kommerzielle Futter für Hunde (NRC 2006) berechneten ME-Gehalten in kommerziellen Futtern bei Polarbären. **124**

Abbildung 40. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel für konventionelle Rattenfuttermittel (SCHUG 2005) berechneten DE-Gehalten in nicht bearbeiteten, faser- und fettarmen Rationen der vier omnivoren Spezies Feldmaus, Rötelmaus, Brandmaus und Gelbhalsmaus. **126**

Abbildung 41. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel für halbsynthetische Rattenfuttermittel (SCHUG 2005) berechneten DE-Gehalten im nicht bearbeiteten, faserarmen, fettreichen Futter der vier omnivoren Spezies Feldmaus, Rötelmaus, Brandmaus und Gelbhalsmaus. **127**

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) ausgesuchter Vertebraten	18
Tabelle 2. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) ausgesuchter Fische	18
Tabelle 3. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) ausgesuchter Invertebraten	19
Tabelle 4. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) von Tintenfisch	19
Tabelle 5. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) kommerzieller Primatenfutter	31
Tabelle 6. Ausgewählte Nahrung des Roten Brüllaffen (<i>Alouatta seniculus</i>) in freier Wildbahn	32
Tabelle 7. Nährstoffzusammensetzung von Früchten und Gemüse (in % TS) zur Verfütterung an Primaten im Zoo	32
Tabelle 8. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) einiger Invertebratenspezies	33
Tabelle 9a. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Monotremata. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Folgende Abkürzungen wurden verwendet: Rp (Rohprotein), Rfe (Rohfett), Rfa (Rohfaser), TDF (Total Dietary Fiber), NDF (Neutral Detergent Fiber), ADF (Acid Detergent Fiber), GE (Bruttoenergie), Ca (Kalzium), P (Phosphor), sV (Scheinbare Verdaulichkeit), TS (Trockensubstanz), oS (Organische Substanz), NfE (Stickstofffreie Extraktstoffe).	50
Tabelle 9b. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Beuteltieren. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tab. 9a	50
Tabelle 9c. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Soriciden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tab. 9a	51
Tabelle 9d. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Igel. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tab. 9a	52
Tabelle 9e. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Fledertieren. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Bei einigen Spezies konnte keine deutsche Bezeichnung eruiert werden. Abkürzungslegende siehe Tab. 9a	52
Tabelle 9f. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Primaten. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	53
Tabelle 9g. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Wildfeliden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	54
Tabelle 9h. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Schleickatzen. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	55
Tabelle 9i. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Hyaeniden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	56

Tabelle 9j. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Wildcaniden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	56
Tabelle 9k. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Musteliden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	57
Tabelle 9l. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Bären. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	57
Tabelle 9m. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Meeressäugtieren. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	58
Tabelle 9n. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Wildsuiden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	58
Tabelle 9o. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Nagetieren. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Für die Spezies <i>Arbrothrix longipilis</i> konnte keine deutsche Speziesbezeichnung eruiert werden. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a	59
Tabelle 10a. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang Körpermasse (kg) – TS-Aufnahme (kg/d): $TS\text{-Aufnahme (kg/d)} = a \cdot KM\text{ (kg)}^b$ für die Mittelwerte der Spezies	68
Tabelle 10b. Spezies, für die der Zusammenhang KM (kg) – TS-Aufnahme (kg/d) in Abb. 5 dargestellt wurde.	69
Tabelle 11a. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang Körpermasse (kg) – DE-Aufnahme (MJ/d): $DE\text{-Aufnahme (MJ/d)} = a \cdot KM\text{ (kg)}^b$ für die Mittelwerte der Spezies	71
Tabelle 11b. Spezies, für die der Zusammenhang KM(kg) – DE-Aufnahme (MJ/d) in Abb. 6 dargestellt wurde.	71
Tabelle 12. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ TS\ (\%) = a + b \cdot Rfa$ (% TS), in Abhängigkeit von der Art der Nahrung.	76
Tabelle 13. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ Rp\ (\%) = a + b \cdot Rfa$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.	77
Tabelle 14. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ oS\ (\%) = a + b \cdot Rfa$ (% TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters	79
Tabelle 15. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ GE\ (\%) = a + b \cdot Rfa$ (% TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters	80
Tabelle 16. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ TS\ (\%) = a + b \cdot NDF$ (% TS), in Abhängigkeit von der Art der Nahrung.	82
Tabelle 17. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ Rp\ (\%) = a + b \cdot NDF$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.	84
Tabelle 18. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ Rfe\ (\%) = a + b \cdot NDF$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.	85
Tabelle 19. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ oS\ (\%) = a + b \cdot NDF$ (% TS) bei pflanzlicher Fütterung	85

Tabelle 20. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ GE (\%) = a + b \cdot NDF$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters	86
Tabelle 21. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ TS (\%) = a + b \cdot TDF$ (% TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.	88
Tabelle 22. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ Rp (\%) = a + b \cdot TDF$ (% TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters	89
Tabelle 23. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ GE (\%) = a + b \cdot TDF$ (% TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters	91
Tabelle 24. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang vRp (in % TS) $= a + b \cdot Rp$ (% TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.	99
Tabelle 25. Spezies, für die der Zusammenhang Rp (%TS) – vRp (%TS) graphisch dargestellt wurde.	100
Tabelle 26. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $vRfe$ (in % TS) $= a + b \cdot Rfe$ (% TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.	105
Tabelle 27. Spezies, für die der Zusammenhang Rfe (%TS) – $vRfe$ (%TS) graphisch dargestellt wurde.	105
Tabelle 28. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für hausgemachte Rationen bei Hunden errechneten von den ermittelten DE-Gehalten	109
Tabelle 29. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für hausgemachte Rationen bei Katzen errechneten von den ermittelten DE-Gehalten	110
Tabelle 30. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für hausgemachte Rationen bei Hunden errechneten von den ermittelten ME-Gehalten	110
Tabelle 31. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für kommerzielle Futter bei Hunden errechneten von den ermittelten DE-Gehalten	111
Tabelle 32. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für kommerzielle Futter bei Katzen errechneten von den ermittelten DE-Gehalten	112
Tabelle 33. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für kommerzielle Futter bei Hunden errechneten von den ermittelten ME-Gehalten	113
Tabelle 34. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für kommerzielle Rattenfutter errechneten von den ermittelten DE-Gehalten	113
Tabelle 35. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für halbsynthetische Rattenfutter errechneten von den ermittelten DE-Gehalten	114

1 Einleitung

Grundlage jeder Rationsberechnung sind Daten zum Energiebedarf und zur Energiebewertung. Um bei wilden Tieren in menschlicher Obhut überschlägige Rationsberechnungen vornehmen zu können, ist es erforderlich, eine grobe Energieabschätzung für die Futtermittel vornehmen zu können.

Der quantitativ bedeutendste Schritt der Energiebewertung ist die Verdaulichkeit der Energie. Diese unterscheidet sich bei den verschiedenen Ernährungs- und Verdauungsstrategien der Säugetiere erheblich. Hinzu kommen noch Effekte der Nahrungsauswahl und –zubereitung durch den Menschen.

Deshalb wurden im Rahmen dieser Studie verfügbare Verdaulichkeitsdaten aus Versuchen an carnivoren und omnivoren Wildsäugetieren in Gefangenschaft gesammelt und katalogisiert.

Die erhaltenen Daten wurden untereinander und mit denen domestizierter carni- und omnivorer Spezies verglichen, um Unterschiede oder, falls vorhanden, Gemeinsamkeiten aufzuzeigen. Insbesondere wurde überprüft, inwiefern sich Schätzgleichungen zur Energiebewertung von Rationen bei domestizierten Spezies zur Energiewertschätzung bei Wildsäugetieren eignen und auf welche Rationen diese Gleichungen anwendbar sind.

Ziel der Studie war zu überprüfen, ob eine einheitliche Energiebewertung für Wildsäuger und domestizierte Spezies anhand dieser Schätzformeln möglich ist.

2 Schrifttum

2.1 Nahrungseinteilung

Es gibt verschiedene Ansätze, Nahrung einzuteilen. Eine Möglichkeit ist die Betrachtung der lebenden Materie, die sich aus Wasser und Trockensubstanz zusammensetzt (s. Abbildung 1). Die Trockensubstanz besteht aus Mineralien und organischer Materie, welche sich wiederum in Zellwände und Zellinhalt unterteilen lässt. Zellwandbestandteile sind Polyphenole, Lignin, Suberin und Polysaccharide, die nicht in tierischen Geweben vorkommen. Der Zellinhalt lässt sich unterteilen in Fette, Zucker, stickstoffhaltige Komponenten und Vitamine (CHIVERS & LANGER 1994).

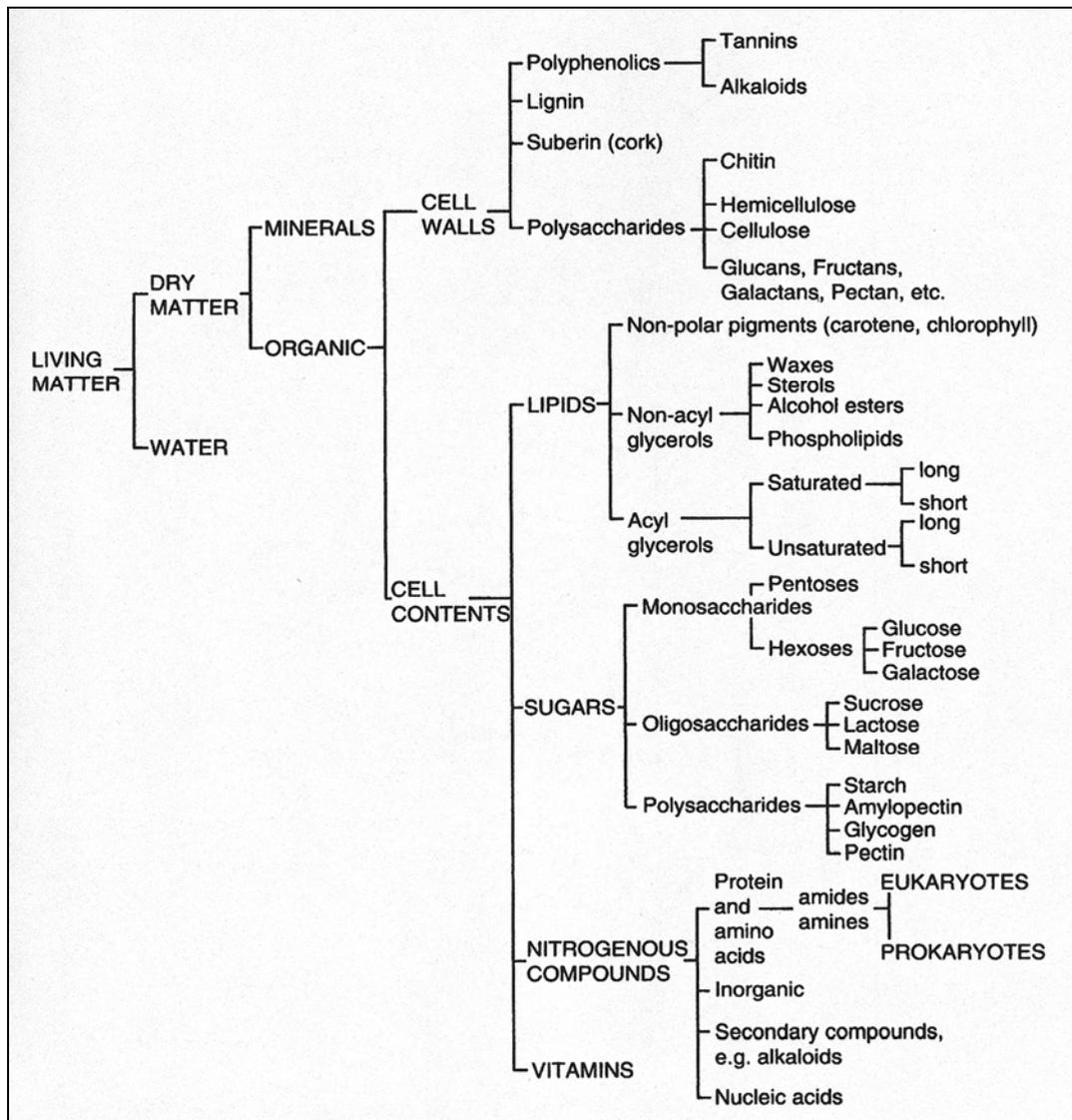


Abbildung 5. Zusammensetzung lebender Materie (CHIVERS & LANGER 1994)

Eine weitere Möglichkeit ist die Einteilung in tierische und pflanzliche Materie (s. Abbildung 2). Die tierische Materie wird dann weiter in Blut, Vertebraten und Invertebraten, sowie deren jeweilige Bestandteile mit den darin enthaltenen Nährstoffen unterteilt. Bei der pflanzlichen Materie unterscheidet man weiter Exsudate, Blüten, Früchte, Pilze, Knollen, Wurzeln, Rinde, Flechten und Moose und Blätter (CHIVERS & LANGER 1994).

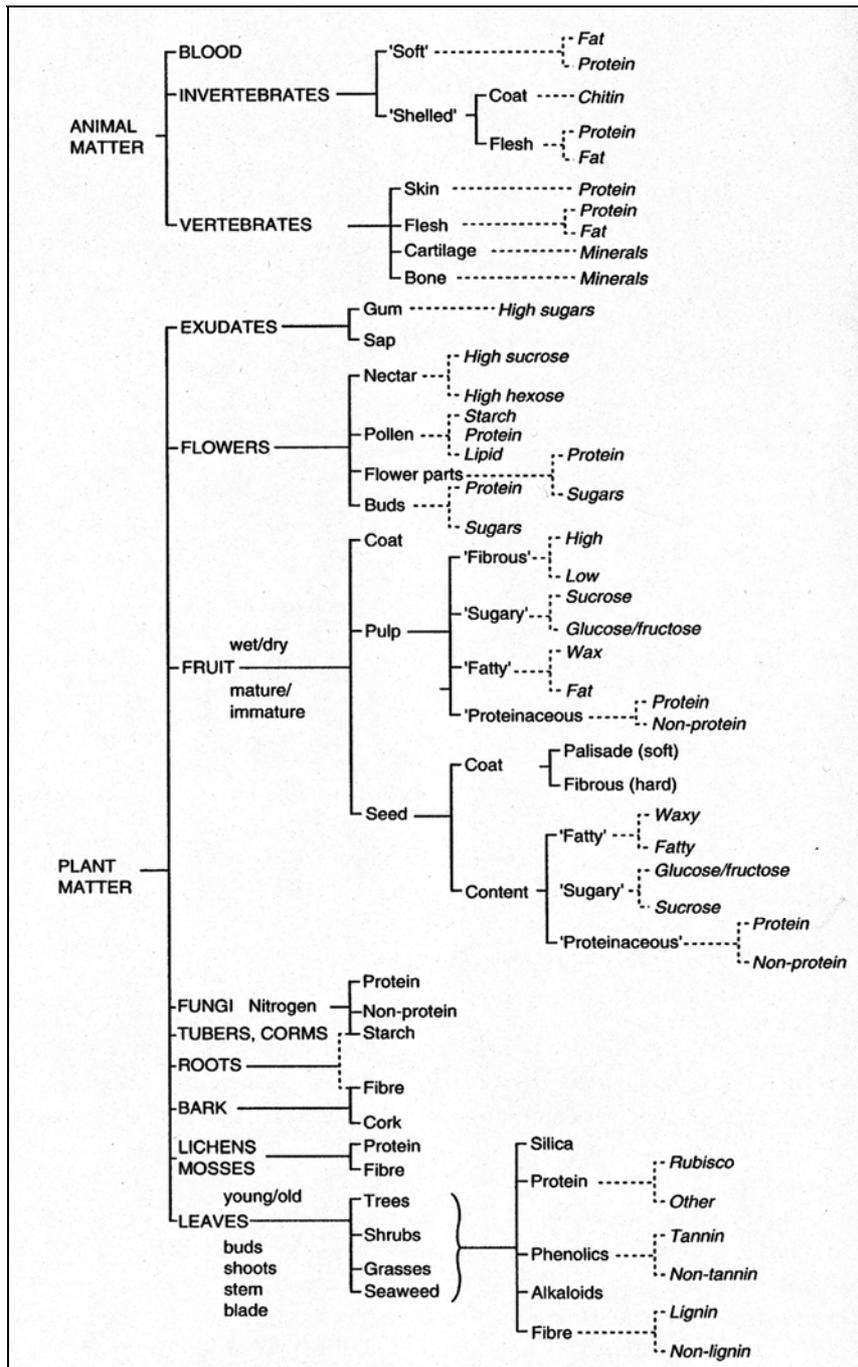


Abbildung 6. Zusammensetzung tierischer und pflanzlicher Materie (CHIVERS & LANGER 1994).

2.2 Ernährungsformen

Die Ernährungsform einer Spezies definiert, welcher Art Nahrung ihre Hauptnahrungsquelle ist. Die drei Haupternährungsformen sind Herbivorie, Carnivorie und Omnivorie. Die unterschiedliche Beschaffenheit der Nahrung bedingt unterschiedliche anatomische und physiologische Adaptationen. Auf die Anpassungen verschiedener carni- und omnivorer Spezies soll im Folgenden eingegangen werden.

2.3 Carnivorie

2.3.1 Hauptgruppen

Carnivore Spezies nehmen den Großteil oder sogar alle benötigten Nährstoffe aus Futter tierischen Ursprungs auf (ALLEN et al. 1997).

Es gibt strikte (Feliden) und fakultative Carnivoren. Die fakultativ carnivoren unterscheiden sich von omnivoren Tieren dadurch, dass ihre Hauptnahrungsquelle tierische Materie ist, während diese bei omnivorer Ernährungsweise nur eine Futterquelle unter vielen ist. Je nach Beutespezies kann man neben den echten carnivoren weiter einteilen in insektivore, molluskivore (evt. auch als Untergruppe der Insektivoren), piscivore und sanguinivore Spezies (ALLEN et al. 1997). VAN VALKENBURGH (1989) hat die carnivoren je nach Grösse des Anteils an Vertebraten in der Nahrung noch weiter unterteilt in die Fleischgruppe (>70% Vertebratenfleisch), die Fleisch-Knochengruppe (>70% Vertebratenfleisch und große Knochen), die Fleisch-Nonvertebratengruppe (50-70% Fleisch und/oder Früchte und Insekten) und die Nonvertebraten-Fleischgruppe (Früchte und/oder Insekten und <50% Vertebratenfleisch).

Auch bei den Insectivora als Untergruppe der Carnivora lässt sich zwischen obligat und fakultativ bzw. opportunistisch insektivoren Spezies unterscheiden (ALLEN 1992). Manche Autoren zählen alle Spezies, die sich sowohl von Insekten als auch von anderen Invertebratenspezies (als Ergänzung oder Hauptnahrungsquelle) ernähren zu den insektivoren Tieren (ROSS 1967, BLACK 1974, FREEMAN 1979, WARNER 1985).

STEVENS & HUME (1995) haben die Cetacea noch weiter eingeteilt in Sarcophagi, die andere Säugetiere fressen, Tenthophagi, die sich hauptsächlich von Kopffüßlern ernähren, Ichthyophagi, die Fisch fressen und Pteropodophagi, die hauptsächlich Crustaceen und Mollusken zu sich nehmen.

2.3.2 Beispiele für die Nahrungszusammensetzung

In den folgenden Tabellen soll ein kurzer Überblick über die Nährstoffzusammensetzung bestimmter häufig verfütterter Tierspezies der Vertebraten, Invertebraten und von Fisch gegeben werden. In Tabelle 1 ist die Nährstoffzusammensetzung ausgesuchter Vertebraten dargestellt. Die beschriebenen Vertebratenspezies zeichnen sich alle durch einen relativ hohen Proteingehalt aus, welcher meist bei den Jungtieren noch höher liegt als bei den adulten. Rohprotein- und Rohfettgehalt verhalten sich umgekehrt proportional zueinander (DIERENFELD 1993). Der Anteil an Trockensubstanz und Rohfett kann in Abhängigkeit von Alter, reproduktivem Status und Jahreszeit beträchtlich variieren (ALLEN et al. 1997). Gehäutete, eviszerierte und Jungtiere haben niedrigere Fettgehalte als Ganzkörperbeute und adulte Tiere. Ferner besitzen Amphibien niedrigere Fettgehalte als Säugetiere und Vögel (BIRD & HO 1976).

DIERENFELD (1993) vermuteten, dass die Verfütterung von Ganzkörperportionen sowohl den Rohprotein- als auch den Rohfettbedarf (NRC 1985, 1986, DIERENFELD 1993) in Gefangenschaft gehaltener Carnivoren überschritten, ohne jedoch quantitative Belege dafür zu erbringen.

Die Mineralstoffgehalte der Beutetiere sind sowohl inter- als auch intraspezifisch sehr unterschiedlich, abhängig von der Ernährung und dem Alter. Neugeborene sind oft, aber nicht zwingend, rohascheärmer als adulte Tiere (DIERENFELD 1993). Kalzium und Phosphor sind in der Regel in ausreichender Menge und zufrieden stellendem Verhältnis zueinander vorhanden (ALLEN et al. 1997).

Tabelle 1. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) ausgesuchter Vertebraten

Spezies	TS (%)	Ra (% TS)	Rp (% TS)	Rfe (% TS)	Ca (% TS)	P (% TS)
Ratte adult	34,00	15,70	59,70	23,60	4,00	1,80
Ratte jung	14,00	15,70	77,10	7,10		
Maus adult	31,50	11,00	58,30	23,90	3,40	1,80
Maus jung	26,70	8,00	50,30	35,50	4,00	1,60
Maus jung	25,80	9,80	59,20	23,60	2,30	1,90
Huhn	33,00	8,20	67,90	16,80	1,70	0,90
Kaninchen	28,10	9,40	63,50	15,30	2,35	1,68
Schwein jung	28,90	11,90	50,70	33,20		
Holstein Kalb neonatal	22,50	16,00	60,00	8,90	4,12	2,88
Weißwedelhirsch jung	36,90	13,80	57,00	24,50	4,82	2,49
Weißwedelhirsch adult	41,10	11,40	47,40	41,40	3,09	2,26
Bunte Floridakröte	28,20		61,00	14,00	2,94	1,79

aus ALLEN et al. (unveröff.), WIENER et al. (1975), McCULLOGH & ULLREY (1983), POWERS et al. (1989), WATKINS et al. (1991), HOUSE & BELL (1993), SCHAIRER et al. (1998).

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Nährstoffzusammensetzung ausgesuchter Fische. Ganzer Fisch ist von der Nährstoffzusammensetzung vergleichbar mit terrestrischen Vertebratenkörpern. Auch hier ist der Rohproteinanteil relativ hoch (ALLEN et al. 1997). Der Rohfettanteil hingegen variiert zwischen den verschiedenen Spezies und jahreszeitlich bedingt (OFTEDAL & BONESS 1983, BERNARD & ULLREY 1989). Rohasche- und Kalzium- und Phosphorgehalte sind bei Fisch generell etwas niedriger als bei terrestrischer Vertebratenbeute (ALLEN et al. 1997).

Tabelle 2. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) ausgesuchter Fische

Spezies	TS (%)	Ra (% TS)	Rp (% TS)	Rfe (% TS)	Ca (% TS)	P (% TS)
Atlantischer Hering	26,80		53,70	26,10		
	33,50		40,60	36,40		
	27,70	8,10	45,40	34,00	1,70	1,30
Atlantische Makrele	27,20		64,30	11,00		
	40,50		31,40	51,10		
Spanische Makrele	33,80	5,20	33,50	41,50	1,20	1,10
Capelin	16,80	12,20	63,60	10,70	2,20	2,00
	20,80	9,60	56,00	19,00	1,20	1,30
Smelt	22,70	5,80	43,90	42,90	1,10	1,10

aus OFTEDAL & BONESS (1983), BERNARD & ULLREY (1989)

In Tabelle 3 ist ein Überblick über die Nährstoffzusammensetzung verschiedener Invertebraten gegeben. Insekten und andere terrestrische Invertebraten zeichnen sich ebenfalls durch einen hohen Rohprotein- und einen sehr variablen Rohfettgehalt, auch hier abhängig von der Entwicklungsform, aus. So haben Larvenstadien meist deutlich höhere Fettgehalte (REDFORD & DOREA 1984, ALLEN 1989).

Der Kalziumgehalt ist gering, da sie statt durch ein kalziumhaltiges Skelett durch chitinhaltige Cuticula oder ein chitinhaltiges Exoskelett gestützt werden. In Gebieten mit kalziumreichen Böden können dort lebende Invertebraten wie z.B. Regenwürmer (*Lumbricus terrestris*) teilweise grosse Mengen an Kalzium im Magendarmtrakt beinhalten und somit den Ganzkörperkalziumgehalt beträchtlich erhöhen (ALLEN 1989, ALLEN et al. 1997).

Tabelle 3. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) ausgesuchter Invertebraten

Spezies	TS (%)	Ra (% TS)	Rp (% TS)	Rfe (% TS)	Ca (% TS)	P (% TS)
Küchenschabe	33,30		63,50		0,57	0,74
Fruchtfliege	29,60		70,10	12,60	0,10	1,05
Cricket	29,90		66,10	17,30	0,18	0,86
Mehlwurmlarve	36,10		48,40	41,70	0,07	0,60
Termite (Grigiotermes)	33,70		18,70	1,50		
Regenwurm	17,40		64,90	7,20	1,18	0,90

aus REDFORD & DOREA (1984), ALLEN (1989)

Auch der Tintenfisch (*Loligo spp.*) (s. Tab. 4) weist einen hohen Rohproteinanteil bei sehr niedrigem Kalziumgehalt auf (REDFORD & DOREA 1984, ALLEN 1989).

Tabelle 4. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) von Tintenfisch

Spezies	TS (%)	Ra (% TS)	Rp (% TS)	Rfe (% TS)	Ca (% TS)	P (% TS)
Tintenfisch (<i>Loligo spp.</i>)	18,8	6,4	65,4	11,4	0,1	1,2

aus BERNARD & ULLREY (1989)

Abschliessend kann man sagen, dass sich die Beute carnivoror Tiere durch einen hohen Rohproteingehalt bei variierendem Rohfettgehalt auszeichnet. Der Rohascheanteil nimmt von den Vertebraten über Fisch und Tintenfisch bis hin zu den Invertebraten ab, mit Ausnahme einiger Mollusken, die häufig durch Ingestion kalziumreicher Erde den Kalzium- und damit auch den Rohaschegehalt des Gesamtkörpers steigern. Kalzium und Phosphor sind bei Fisch und Vertebraten in

ausreichender Menge und angemessenem Verhältnis vorhanden, während die Invertebraten in ihrem Körper einen relativ niedrigen Kalziumgehalt aufweisen, der bei den terrestrischen Insekten durch Aufnahme von Erde ausgeglichen wird, wohingegen dies bei den fliegenden Insekten nicht geschieht (ALLEN 1989, ALLEN et al. 1997). Wie der Kalziumbedarf der Fledertiere und anderer insektivorer Spezies, die sich von fliegenden Insekten ernähren, gestillt wird, ist laut ALLEN et al. (1997) unklar.

2.3.3 Anatomische Anpassungen

2.3.3.1 Maulhöhle und Zähne

2.3.3.1.1 Carnivorie

Carnivore Spezies haben generell gut entwickelte Incisivi und Canini (STEVENS & HUME 1995). Außerdem sind die Reißzähne (Oberkiefer: Prämolare 4, Unterkiefer: Molar 1) besonders ausgeprägt (VAN VALKENBURGH 1989, VAUGHAN 1978). Bei den carnivoren Fledermäusen sind die Incisivi hingegen reduziert (NEUWEILER 1993).

2.3.3.1.2 Insektivorie

Vielen insektivoren Tieren gemein ist eine Reduktion der Zähne in Zahl und/oder Größe, wie z.B. beim Lippenbär (LAURIE & SEIDENSTICKER 1977), beim Großen Ameisenbär, beim Ameisenbeutler (VAUGHAN 1978, VAN VALKENBURGH 1989) und beim Erdwolf (*Proteles cristatus*) (VAUGHAN 1978, VAN VALKENBURGH 1989, KRUIK & SANDS 1972), die dafür eine lange Zunge zur besseren Aufnahme von Termiten und Ameisen aus Höhlen und Erdtunneln besitzen (VAUGHAN 1978, VAN VALKENBURGH 1989).

Statt der Zähne sind bei einigen Spezies Hornriffeln auf Gaumen und Zunge ausgebildet, zwischen denen die aufgenommene Nahrung zerrieben wird, wie beim Erdwolf (*Proteles cristatus*) (ANDERSON et al. 1992) und beim Kurzschnabeligel (*Tachyglossus aculeatus*) (MURRAY 1981).

Spitzmäuse haben dagegen zusätzlich Zahnschmelzspitzen ausgebildet, die beim Zerbeißen des harten Insektenexoskeletts behilflich sind (PERNETTA 1977).

Eine weitere Adaptation findet man außerdem beim Kurzschnabeligel: die Mandibeln sind so gebaut, dass der Schnabel durch eine Rotation der Mandibeln um ihre eigene Achse nach medial geöffnet wird und gleichzeitig die Zunge durch die Schnabelöffnung nach vorne schnellen kann, während das Futter weiter zwischen den Keratinleisten auf Zunge und Gaumen zerrieben wird (MURRAY 1981). Bei der Spitzmaus findet das Fehlen des Kauvorganges seinen Ausdruck in der Reduktion des *M. masseter*, während der *M. temporalis* zum Öffnen und schnellen Schließen des Mundes stark ausgeprägt ist (PERNETTA 1977).

Die insektivoren Fledermäuse weisen verkürzte Kiefer mit dadurch erhöhter Beißkraft auf. Die Backenzähne sitzen weit hinten im Kiefer unter der Kaumuskulatur, weil dort die größte Kraft ausgeübt werden kann.

Auch bei den Fledermäusen ist die Anzahl der Zähne reduziert und die maxillaren Backenzähne sind so gezackt, dass sie genau in die Erhebungen und Vertiefungen der mandibularen Backenzähne passen. Die Tiere, die sich hauptsächlich von hartschaligen Insekten ernähren, besitzen ein statisches Gebiss mit kurzem Kiefer, kräftigen Zähnen, einem Kiefergelenk, das über dem Niveau der Zahnreihe sitzt und einem starken *M. temporalis*, der sehr weit rostral ansetzt. Diejenigen, die weichschalige Beute bevorzugen, bilden ein kinetisches Gebiss aus, welches durch einen langen Kiefer und ein Gelenk, das sich auf gleicher Höhe wie die Zahnreihe befindet und somit weites Öffnen und schnelles Schließen des Mauls erlaubt, gekennzeichnet ist (NEUWEILER 1993).

2.3.3.1.3 Piscivorie

Die Zahnwale (*Odontoceti*) besitzen viele Zähne, die zum Fangen von Fisch und Tintenfisch benutzt werden. Dann wird die Beute allerdings ungekaut heruntergeschluckt.

Die Bartenwale (*Mysticeti*) besitzen hingegen statt Zähnen zwei Reihen von Keratinleisten, die vom Oberkiefer herabhängen (REIDARSON 2003, STEVENS & HUME 1995). Sie ernähren sich hauptsächlich von Krill, welcher durch die Keratinleisten des Gaumens aus dem aufgenommenen Wasser gefiltert wird (REIDARSON 2003), können so aber auch kleine Fische aus dem Wasser herausfiltern (STEVENS & HUME 1995).

2.3.3.2 Magendarmtrakt

2.3.3.2.1 Carnivorie

Der Magen carnivorer Tiere ist einfach im Aufbau (CLEMENS 1980, STEVENS & HUME 1995): ein sackförmiger Hohlraum mit HCl- und Pepsin-sezernierenden Drüsen (MATHIESEN et al. 1995), aber grösser als die Mägen herbivorer-frugivorer Spezies (HILDEBRAND 1995). Der Hundemagen ist im Verhältnis zur Körpergrösse grösser als der der Katze. Dies spiegelt die Adaptation an ursprüngliche Formen der Nahrungsaufnahme wider. Katzen nehmen mehrere kleine Mahlzeiten bzw. Beutetiere zu sich, während sich bei den Hunden aus dem Konkurrenzkampf um die Beute innerhalb des Wolfsrudels eine Präferenz für die unregelmässige Aufnahme grosser Mengen an Nahrung entwickelte (BRADSHAW 2006).

Die Grösse und Elastizität der Mägen spezialisierter Carnivora dienen der schnellen Aufnahme und Speicherung grosser Mengen an Beute auf einmal (HILDEBRAND 1995).

Den carnivoren Spezies gemein ist ein Fehlen von Gärkammern, die bei herbi- und omnivoren Spezies die Orte mikrobieller Fermentation darstellen (STEVENS & HUME 1995), d.h. Magen und Dünndarm sind nicht gekammert und der Blinddarm ist klein, bei einigen Tieren, wie beim Nerz (SKREDE 1979a), den meisten Fledermausarten (NEUWEILER 1993), bei Bären, Kleinbären und Marderartigen (STEVENS & HUME 1995) oder beim Frettchen (BELL 1996) fehlt er sogar ganz. Dün- und Dickdarm sind relativ kurz, so dass nur eine geringe Fläche zur Resorption der aufgenommenen Nährstoffe zur Verfügung steht (MATHIESEN et al. 1995). Trotz des Fehlens der Gärkammern bei den carnivoren Spezies können z.B. Hunde bis zu 7 % der benötigten Energie aus flüchtigen Fettsäuren beziehen (MEYER & ZENTEK 1998). Laut TITUS & AHEARN (1992) könnte sogar bis zu 10 % der Bruttoenergie bei carnivoren Spezies aus kurzkettigen Fettsäuren entstammen.

Die Ingestapassagezeiten carnivorer Tiere sind auf Grund des kurzen Verdauungstraktes kurz (HUME 1982). Dies spiegelt die hohe Verdaulichkeit der Nahrung der Carnivoren wider (MATHIESEN et al. 1995). Die sanguinivore Fledermausspezies *Desmodus rotundus* hat einen langen tubulären dehnbaren Magenblindsack (MITCHELL & TIGNER 1970, NEUWEILER 1993, STEVENS & HUME 1995), dessen Hauptfunktion in Anpassung an die flüssige Nahrung die Wasserabsorption darstellt (WIMSATT & GUERRIERE 1962). Dies ist durch ein

dichtes Kapillarnetz an der Außenseite der dünnen Magenwand gewährleistet (NEUWEILER 1993).

2.3.3.2.2 Insektivorie

Ziel der Adaptationen der Insektivora ist die Aufnahme der größtmöglichen Menge an Beute in kürzester Zeit (PATTERSON 1975).

Spezialisierte Myrmecophaga besitzen lange vermiforme Zungen und große Speicheldrüsen, um die Zungen klebrig zu machen, lange Schnauzen und modifizierte oder fehlende Zähne, modifizierte Mägen und zu Grabklauen umgewandelte Vorderextremitäten (GRIFFITHS 1968). Aber nicht alle Myrmecophaga weisen sämtliche Adaptationen auf (REDFORD 1987).

Der Erdwolf hat keine Grabklauen, da er auf eine bestimmte Termitenart spezialisiert ist, die regelmäßig in großen Mengen an der Oberfläche zu finden ist (KRUUK & SANDS 1972). Da er seine Nahrung ausschließlich durch Auflecken zu sich nimmt, hat er eine breite Zunge mit Papillen zum Transport der Termiten in den Schlund, breite Kiefer, sowie die bereits erwähnten stark ausgeprägten Speicheldrüsen (ANDERSON et al. 1992).

Die Beute der Insektivora wird nicht gekaut (REDFORD 1987, CALABY 1960, GRIFFITHS 1968). Stattdessen findet die Zerkleinerung durch spezielle muskularisierte Regionen im Magen (z.B. beim Großen Ameisenbär), durch Zerreiben zwischen Keratinleisten auf der Zunge und transversalen Hornriffeln des Gaumens (z.B. beim Kurzschnabeligel und beim Erdwolf) oder ebenfalls im Magen durch Mahlen mit Sand und Grit (z.B. beim Ameisenbeutel) statt (GRIFFITHS 1968). Der Lippenbär weist eine zusätzliche interessante anatomische Besonderheit zum Schutz vor übermäßiger Detritusaufnahme auf. Er besitzt einen Hautlappen mit dem die Nasenlöcher während des Ansaugens der Nahrung willkürlich verschlossen werden können (NOWAK & PARADISO 1983).

Bei den Monotremata, wie dem Kurzschnabeligel und dem Schnabeltier (*Ornithorhynchus anatinus*) sind die Mägen drüsenlos, und wie bereits bei den Carnivoren allgemein erwähnt, Dünn- und Dickdarm kurz und der Blinddarm klein und häufig funktionslos (GRIFFITHS 1968, HARROP & HUME 1980).

Das insektivore Beuteltier *Metachirus nudicaudatus* weist einen sehr grossen aber einfachen Blinddarm auf, welcher eventuell der Wasser- und Elektrolytresorption (ANDERSON et al. 1992) oder dem Chitinabbau dient (CACERES 2005).

Tiere der Ordnung Insektivora (Igel, Spitzmaus, Maulwurf) sind meist klein mit langen Schnauzen und besitzen fünf Finger mit Grabklauen. Auch bei ihnen fehlt ein Blinddarm (BARBIERS 2003).

Der Magen insektivorer Fledermausspezies ist ebenfalls einfach (STEVENS & HUME 1995).

Auch bei diesen Spezies, z.B. dem Kleinen Mausohr (*Myotis myotis*), führen die typischen Magendarmtraktadaptationen wie kurzer Dünndarm, kurzes Rektum, Fehlen des Blinddarmes, zu schnellen Ingestapassagezeiten und somit zu der Möglichkeit, mehr Nahrung pro Zeit aufnehmen zu können. Außerdem ist der Energieverbrauch bei diesen Spezies durch das niedrige Eingeweidegewicht herabgesetzt (STALINSZKI 1994).

Zusätzlich ist bei vielen insektivoren Fledermausarten das obere Speiseröhrendrittel verhornt, um gegen Verletzungen durch das harte Chitin geschützt zu sein (NEUWEILER 1993, HEARD 2003).

2.3.3.2.3 Piscivorie

Carnivore Meeressäuger weisen im Vergleich zu den terrestrischen carnivoren Spezies einen verhältnismäßig langen Verdauungskanal auf (BRYDEN 1972, KING 1983, WILLIAMS et al. 2001), der als Anpassung an die aquatische Lebensweise und den Verzehr von sowohl Vertebraten als auch Mollusken ausgebildet ist (WILLIAMS et al. 2001).

Die Zahnwale (*Odontoceti*) besitzen einen gekammerten Magen, in dem jede Kammer einer Region des einhöhligen Magens entspricht: ein dehnbarer drüsenloser Vormagen als Aussackung der Speiseröhre, der Fundusteil mit Drüsen zur chemischen Verdauung und der U-förmige Pylorus, der in die sackartig ausgeweitete Ampulle des Duodenums führt (REIDARSON 2003). Die Bartenwale (*Mysticeti*) weisen die gleiche Kammerung des Magens auf (TARPLEY et al. 1987, OLSEN et al. 1994a, MATHIESEN et al. 1995). Sowohl bei den Mysticeti als auch bei den Odontoceti wird die ausgeweitete Duodenumampulle von einigen Autoren (OLSEN et al. 1994a, MATHIESEN et al. 1995) auch als vierte Magenabteilung angesehen.

Im Vergleich zu herbivoren Spezies sind die Vormagenkammern der Wale jedoch relativ klein (OLSEN et al. 1994a, MATHIESEN et al. 1995). OLSEN et al. (1994a) vermuten, dass die Kammerung des Magens zur Verlängerung der Passagezeit und

damit zur Verlängerung der Einwirkung enzymatischer und mikrobieller Verdauung auf teilweise komplexe Strukturen wie z.B. das im Krill enthaltene Chitin, dient.

Einige Autoren halten es hingegen für möglich, dass die Kompartimentierung des Magens für eine Rolle als Speicher grosser Futtermengen spricht, oder dass die massive Ausbildung der Lamina muscularis externa der Magenschleimhaut bedeutet, dass der Mageninhalt, der ungekaut abgeschluckt wird, im Magen gemahlen wird (TARPLEY et al. 1987, OLSEN et al. 1994a).

Die im Verhältnis zu herbivoren Spezies kleine Magengrösse bedeutet jedoch nicht, dass die mikrobielle Verdauung bei den Cetacea nur eine geringe Rolle spielt, sondern ist wahrscheinlich eher eine Anpassung an die carnivore Ernährung der Spezies (OLSEN et al. 1994a, MATHIESEN et al. 1995).

Der Dünndarm der Cetacea ist wie bei anderen Carnivoren kurz (OLSEN et al. 1994a, MATHIESEN et al. 1995).

Ein Blinddarm fehlt den Zahnwalen im Gegensatz zu einigen Bartenwalen, z.B. dem Nördlichen Zwergwal (*Balaenoptera acutorostrata*) (OLSEN et al. 1994), die einen kurzen Blinddarm aufweisen (STEVENS & HUME 1995).

2.3.4 Physiologische Anpassungen

2.3.4.1 Carnivorie

McNAB (1978, 1984, 1986) beobachtete, dass carnivore Tiere generell einen höheren Grundumsatz, als man nach der Kleiberschen Formel erwarten würde, aufweisen. Dieser höhere Energieumsatz ist bei der Beutejagd von Vorteil und kann dadurch aufrechterhalten werden, dass die Nahrung gut verdaulich, nicht saisonal begrenzt, sowie frei von Toxinen und ohne grosse Aufnahme an zusätzlichem Detritus aufgenommen werden kann (McNAB 1978, 1984, 1986). So entspricht z.B. der Grundumsatz des Wiesels dem 1,99fachen des aufgrund der Kleiberschen Formel erwarteten Wertes (IVERSEN 1972), der des Afrikanischen Wildhundes dem 1,89fachen (TAYLOR et al. 1971), oder der des Gepards dem 1,44fachen (TAYLOR & ROWNTREE 1973).

BRADSHAW et al. (1996) nahmen an, dass die Wildfeliden in der Lage sind, ihre Energieaufnahme genau zu regulieren, um ein optimales Körpergewicht für die Jagd

halten zu können. Diese Beobachtung ist aber durchaus kritisch zu sehen, da bei den domestizierten Felidenspezies häufig die Ausbildung einer Adipositas zu finden ist, aufgrund von Bewegungsmangel und Energieübersorgung. Das Halten des optimalen Körpergewichtes der Wildfeliden könnte also auch an den natürlichen Lebensbedingungen liegen (übergewichtige träge Tiere hätten vermutlich einen geringeren Jagderfolg) und weniger an einer intrinsischen Gewichtsregulation.

Der Blaufuchs (*Alopex lagopus*) kann im Winter seinen Grundumsatz herabsetzen, so dass während dieser Zeit der Nahrungsknappheit weniger Körpermasse verloren geht (FUGLEI & ORITSLAND 1999).

Die Feliden haben im Vergleich zu den nicht so strikt carnivoren Spezies einen hohen Proteinbedarf, da sie nicht in der Lage sind, die Aminotransferasen zum Proteinabbau, sowie die Enzyme des Harnstoffzyklus zu regulieren. Dies befähigt sie zur Nutzung von Aminosäuren als schneller Energiequelle und zur Gluconeogenese, so dass ihr Blutzuckerspiegel auch bei Nahrungskarenz relativ stabil bleibt (KETTELHUT et al. 1980), obwohl auch bei mangelnder Proteinzufuhr unvermindert Harnstoff gebildet und ausgeschieden wird, während die Harnstoffbildung bei den omnivoren Spezies positiv mit der Proteinzufuhr korreliert (MORRIS 2002). Andererseits verhindert die gleich bleibende Aktivität der Enzyme des Harnstoffzyklus die Ausbildung einer Hyperammonämie bei hoher Proteinzufuhr, vorausgesetzt, es besteht keine Arginininsuffizienz (MORRIS 2002).

Ähnliche Anpassungen finden sich ebenfalls im Kohlenhydratstoffwechsel. Die kohlenhydratabbauenden Enzyme haben im allgemeinen, trotz der Fähigkeit zum Stärke- und Glucoseabbau (MORRIS et al. 1977, KIENZLE 1993a) im Gegensatz zu omnivoren Tieren eine verminderte Aktivität, was bei rein carnivorer Ernährung aber nicht von Nachteil ist, da diese bei carnivorer Nahrung nicht notwendig sind und so die Energie, die zur Synthese der Enzyme verbraucht würde, gespart werden kann (MORRIS 2002). Auch im Fettstoffwechsel finden sich einige Besonderheiten bei den Feliden. So können sie zusätzlich zur Linolsäure, die auch für andere Säugetiere essentiell ist, keine Arachidonsäure aus Linolsäure, sowie Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure aus alpha-Linolensäure synthetisieren, da die Enzyme zur Synthese fehlen (BAUER 1997).

Außerdem sind einige Aminosäuren und Vitamine für Feliden essentiell, die von anderen Säugetieren auch endogen synthetisiert werden können. Dies sind die Aminosäuren Arginin und Taurin. Die Aktivität der benötigten Enzyme ist hier sehr

niedrig. Weiterhin sind Vitamin A, D und Niacin ebenfalls essentiell. Die Vorläufer von Vitamin D und Niacin werden durch hohe Enzymaktivität schnell wieder abgebaut. Das Enzym zur Spaltung von Carotinoiden zu Retinal fehlt dagegen vollständig. Feliden, die sich nur von tierischem Gewebe ernähren, nehmen genug dieser essentiellen Nährstoffen auf, so dass die Modulation der verschiedenen Enzyme wahrscheinlich zugunsten anderer Metaboliten, die dringender benötigt werden, vorzuziehen ging und gleichzeitig die Energie, die zur Enzymsynthese verbraucht würde, eingespart werden kann (MORRIS 2002).

AHLSTROM & SKREDE (1995) vergleichen die Speziesunterschiede von Hund und Katze (KENDALL 1984) mit denen bei Blaufuchs und Nerz, wobei die Verdaulichkeit bei höherem Kohlenhydratgehalt der Nahrung beim Nerz wie bei der Katze stärker negativ beeinflusst wird. Dies kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass Feliden und Musteliden generell eine striktere Anpassung an eine rein carnivore Ernährung durchlaufen haben als die Caniden.

Eine weitere Adaptation der Feliden an die Carnivorie ist in den Geschmacksknospen des *N. facialis* zu finden, die besonders empfindlich auf Aminosäuren reagieren, die bei der Verwesung von Fleisch entstehen (BRADSHAW et al. 1996).

Die Vampire unter den Fledermäusen sezernieren einen Plasminogenaktivator im Speichel, um die Blutgerinnung des Beutetieres zu hemmen und so länger Zugriff auf die Nahrungsquelle zu haben (NEUWEILER 1993).

Die sanguinivore Fledermaus *Desmodus rotundus* passt sich ausserdem an sehr hohe Flüssigkeitsaufnahme in Form von Blut durch überproportional hohe Urinproduktion, sowie an sehr geringe Aufnahmen durch unterproportional geringe Urinproduktion an (WIMSATT & GUERRIERE 1962). Weiterhin sind sanguinivore Spezies (*Desmodus*, *Diaemus*, *Diphylla*) in der Lage, die Eisenresorption zu steuern, so dass nur geringe Mengen der überproportional hohen Eisenzufuhr tatsächlich absorbiert werden (NEUWEILER 1993).

2.3.4.2 Insektivorie

Die Anzahl der Adaptationen, die bei den einzelnen Spezies ausgebildet ist, hängt davon ab, ob diese Tiere sich strikt oder fakultativ insektivor ernähren. Nahezu alle insektivoren Spezies (außer dem Erdwolf) haben nur reduziertes Seh- und Hörvermögen, dafür aber einen hoch entwickelten Geruchssinn und/oder Tastsinn

(ALLEN 1992, BARBIERS 2003). Bei der Spitzmaus ist bei ebenfalls reduziertem Sehvermögen das Gehör allerdings, so wie der Tastsinn, gut ausgeprägt (PERNETTA 1977).

Insektivore Spezies über 100 g Körpergewicht haben einen niedrigeren Grundumsatz als laut Kleiberscher Formel für das entsprechende Körpergewicht zu erwarten wäre (McNAB 1986, WITHERS et al. 2000). Dies hängt mit der häufig schlechten Verdaulichkeit der Beute, der saisonalen Nahrungsknappheit, dem oft hohen Gehalt an Toxinen und der Unabdingbarkeit der Aufnahme grosser Mengen an Detritus mit der Beute zusammen (McNAB 1984, 1986). Der Tamandua weist beispielsweise einen Grundumsatz auf, der nur dem 0,69fachen des Wertes (McNAB 1984), der aufgrund der Kleiberschen Formel erwartet würde, entspricht, der des Erdwolfes entspricht dem 0,70fachen (McNAB 1984), der des Igels dem 0,69fachen (SHKOLNIK & SCHMIDT-NIELSEN 1976) und der des Elefantenrüsselspringers dem 0,85fachen des Kleiberschen Wertes (LEON et al. 1983).

Insektivore Spezies mit weniger als 100 g Körpergewicht weisen hingegen auf Grund der geringen Körpermasse und resultierend einem geringeren Gesamtenergiebedarf (bezogen auf das Individuum als Ganzes) oft höhere Grundumsätze auf als erwartet (McNAB 1986, BARBIERS 2003).

Innerhalb der insektivoren Spezies gibt es jedoch auch Variationen. So haben die Termitenfresser höhere Grundumsätze als die reinen Ameisenfresser (McNAB 1984). Diese Tatsache könnte laut McNAB (1984) darin begründet sein, dass Ameisen sowohl aggressivere Abwehrmechanismen, als auch einen höheren Anteil an unverdaulichem Chitin in ihrem Exoskelett aufweisen als Termiten und somit die Nahrungsaufnahme für die Ameisenfresser limitiert ist (McNAB 1984).

Vielen Insektivoren gemeinsam ist die Möglichkeit, bei kalten Temperaturen in einen winterschlafähnlichen Torpor zu fallen und so ihren Stoffwechsel herunterzuregulieren (GRIFFITHS 1965, BARBIERS 2003).

Der Tamandua, der sich hauptsächlich von Ameisen und Termiten ernährt (BOSQUE et al. 1994), benötigt in Anpassung an den geringen Kalziumgehalt der Beute nur geringe Mengen an Kalzium (OYARZUN et al. 1996).

Eine weitere Adaptation an die relativ geringe Nährstoffaufnahme bei den Insektenfressern ist beim Kurzschnabeligel zu beobachten: die Nieren dieser Spezies

weisen eine hohe Glukosetoleranz auf, um eine möglichst komplette Assimilation der aufgenommenen Glukose zu gewährleisten (GRIFFITHS 1965).

Der Erdwolf scheint zudem unempfindlich gegenüber Terpenen, die von der Termitenart, auf die er spezialisiert ist, zur Abwehr sezerniert werden (RICHARDSON 1987). ANDERSON et al. (1992) vermuteten, dass die Speichelinhaltsstoffe eine Rolle in der Widerstandfähigkeit des Erdwolfs gegenüber diesen Abwehrterpenen spielen.

2.3.4.3 Piscivorie

Meeressäuger weisen laut McNAB (1986) im Vergleich zu den terrestrischen carnivoren Spezies einen relativ hohen Grundumsatz im Verhältnis zu den Werten, die nach der Kleiberschen Formel zu erwarten wären, auf. Dies ist bedingt durch die aquatische Lebensweise und den damit verbundenen höheren Energieverbrauch zur Thermoregulation (McNAB 1986, WILLIAMS et al. 2001). Der Gemeine Seehund hat z.B. einen Grundumsatz, der das 2,58fache des Kleiberschen Wertes beträgt (HART & IRVING 1959).

Die Vormagenbakterien der Bartenwale fermentieren den Chitinanteil des Krills. Die daraus gewonnene Energie ist aber mit 0,4 bis 9 % der Gesamtenergie (HERWIG et al. 1984, OLSEN et al. 1994b, OLSEN & MATHIESEN 1996) deutlich geringer als bei den herbivoren Vormagenfermentierern, die bis zu 70 % der Energie aus der Fermentation flüchtiger Fettsäuren gewinnen (BERGMAN 1990).

Außerdem können Minkwale Wachsester, die in großen Mengen im Krill vorkommen und die für andere Säugetiere relativ unverdaulich sind, wesentlich besser verdauen (NORDOY 1995).

2.3.6 Akzidentelle Detritusaufnahme und Geophagie

Die Anpassungen an eine myrmecophage Ernährungsweise, besonders die verringerte Anzahl an Zähnen und der Verzicht auf den Kauvorgang, führen dazu, dass große Mengen an Detritus, wie Sand, Kieselsteine, Blätter, kleine Stöckchen und Gras mit aufgenommen werden (REDFORD 1987, BOTHMA & NEL 1980).

Auch beim Lippenbär kann dies durch den speziell ausgebildeten Hautlappen zum willkürlichen Verschluss der Nasenlöcher nicht verhindert werden (REDFORD 1987). Im Durchschnitt nimmt die Menge an aufgenommenem Detritus aber mit geringerer Körpergröße ab, so dass Mäuse Ameisen und Termiten ohne zusätzliche Detritusaufnahme fressen (McNAB 1984).

Bei nicht auf Myrmecophagie spezialisierten Tieren wurde die absichtliche Aufnahme unverdaulicher Pflanzenteile und von Mineralien beobachtet, wenn die Tiere vorher Ameisen und Termiten erbeutet hatten. Eine Erklärungsmöglichkeit dafür wäre, dass diese potentielle Toxine und verdauungshemmende Stoffe adsorbieren und unschädlich machen (HLADIK 1977). Auch BOLKOVIC et al. (1995) vermuteten, dass die Aufnahme von Erde und unverdaulichen Pflanzenteilen bei der Gürteltierart *Tolypeutes matacus* in freier Wildbahn verdauungsfördernde Eigenschaften haben könnte. Welcher Art diese verdauungsfördernden Eigenschaften seien, wurde nicht näher spezifiziert.

Bei einigen Primaten ist ebenfalls eine Aufnahme von Erde bekannt, die aber willentlich geschieht und in diesem Fall als Geophagie bezeichnet wird.

Bei Primaten ist besonders die Aufnahme tonhaltiger Erde weit verbreitet. Dies geschieht aus verschiedenen Gründen: zum Ausgleich von Mineralstoffmangelzuständen hauptsächlich bei frugi-, foli-frugi- und omnivoren Spezies, zur Adsorption aufgenommener pflanzlicher Toxine (Alkaloide und Tannine), zum Schutz vor Magenübersäuerung durch Abpufferung und zur Unterstützung der Verdauungsfunktion. Außerdem wurde beim Brüllaffen, *Alouatta spp.*, vermehrte Geophagie bei Endoparasitenbefall beobachtet, deren Nutzen noch nicht geklärt ist (OATES 1978, DAVIES & BAILLIE 1988, MÜLLER 1996).

2.4 Omnivorie

2.4.1 Hauptgruppen

Unter der Bezeichnung Omnivorie wird eine Vielzahl unterschiedlicher Ernährungsweisen zusammengefasst. Außer den generalisiert omnivoren gehören zu dieser Gruppe auch die granivoren, frugivoren, nektarivoren Spezies, sowie die Mischformen aus diesen Untergruppen (OFTEDAL & ALLEN 1997). Die Mehrzahl

der omnivoren Spezies ist jedoch auf frugivore oder eine Mischform der frugivoren Ernährung, wie fauni- oder folifrugivor spezialisiert. Echte Omnivoren, die in der Lage sind, alle Nahrungsbestandteile gut zu verwerten, sind z. B. Schimpansen, Paviane und der Mensch (CHIVERS 1998).

2.4.2 Beispiele für die Nahrungszusammensetzung

Tabelle 5 zeigt repräsentative Beispiele für die Zusammensetzung kommerzieller Primatenfutter. Kommerziell gefertigte Primatenfutter unterscheiden sich im Nährstoffgehalt beträchtlich, da sie meist für bestimmte Spezies und deren Bedarf hergestellt werden. So sind Futter für verschiedene Neuweltaffenspezies im Allgemeinen eher proteinreich ($> 20\%$ Rp in der TS), wohingegen Futter für die stärker folivoren Spezies höhere Rohfasergehalte beinhalten (OFTEDAL 1991, OFTEDAL & ALLEN 1997). Fertigfutter, Früchte und Gemüse unterscheiden sich beträchtlich im TS-Gehalt. Trockenfutter besitzen ca. 90 % TS und Dosenfutter ca. 20 %, während Früchte und Gemüse zwischen 10 und 20 % TS, wildwachsende bis 36 % TS besitzen (OFTEDAL & ALLEN 1997).

Alle Futter sind aber in der Regel so formuliert, dass sie als Alleinfutter einsetzbar sind. Der Nährstoffgehalt in diesen Futtermitteln liegt meist deutlich über dem vom NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1978) festgesetzten Bedarf (OFTEDAL & ALLEN 1997).

Tabelle 5. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) kommerzieller Primatenfutter

	TS (%)	Rp (% TS)	Rfe (% TS)	NDF (% TS)	ADF (% TS)	Ca (% TS)	P (% TS)	GE (MJ/kg)
Dosenfutter	41,7							
Trockenfutter	91,7							
Gesamtwert		21,2	5,5	20,9	8,0	1,29	0,66	19,38
Bereich		16,0-26,1	2,7-9,8	14,0-25,7	4,9-14,0	0,98-1,84	0,40-0,92	

aus OFTEDAL (1991)

In Tabelle 6 sind am Beispiel des Roten Brüllaffen (*Alouatta seniculus*) einige typische Nahrungskompositionen in freier Wildbahn zusammengestellt.

Tabelle 6. Ausgewählte Nahrung des Roten Brüllaffen (*Alouatta seniculus*) in freier Wildbahn

Futterquelle	TS (%)	Rp (% TS)	NDF (% TS)	ADF (% TS)	Ca (% TS)	P (% TS)
Blumen	25,1	14,4	50,6	35,8	0,49	0,30
Früchte	23,7	7,0	53,8	35,2	0,64	0,16
Blätter	36,5	16,6	57,2	40,5	1,36	0,14

aus OFTEDAL (1991)

Tabelle 7 zeigt die Nährstoffgehalte von kommerziell kultivierten Früchten und Gemüse, die häufig zur Fütterung omnivorer Tiere in Zoos verwendet werden. Kommerziell für den menschlichen Verzehr gezüchtete Früchte und Gemüse (s. Tab. 7) sind eher rohproteinarm (2 – 6 % der TS) und kalziumarm (0,03 – 3 % der TS), im Gegensatz zu Wildfrüchten (s. Tab. 6), die mehr Rohprotein (7 – 20 % der TS) und Kalzium (0,5 – 1,4 % der TS) bei ebenfalls höherem Trockensubstanzgehalt enthalten. Auch der Fasergehalt ist bei wildwachsenden Blättern und Früchten höher mit NDF- und ADF- Gehalten von ca. 50 – 57 % und 35 – 40 % der TS gegenüber 15 – 28 % und 12 – 25 % der TS bei den kultivierten. Diese haben dafür höhere Konzentrationen an Zucker und schnell fermentierbaren Kohlenhydraten (OFTEDAL & ALLEN 1997). Da manche Tiere süsse Früchte bevorzugen und dafür andere Nahrungsbestandteile vermeiden, kann es zu Mangelerscheinungen durch die unausgewogene Ernährung kommen (POWER 1992). Um dem vorzubeugen, wird die Menge an Früchten und Gemüse auf maximal 30 % der aufgenommenen Trockensubstanz reduziert (OFTEDAL & ALLEN 1997).

Tabelle 7. Nährstoffzusammensetzung von Früchten und Gemüse (in % TS) zur Verfütterung an Primaten im Zoo

Futterquelle	TS %	Rp (% TS)	NDF (% TS)	ADF (% TS)	Ca (% TS)	P (% TS)
Äpfel	12,8	2,3	17,4	12,6	0,04	0,06
Grüne Bohnen	10,7	17,9	28,0	25,1	0,57	0,44
Weißkohl	8,9	14,7	20,6	21,9	0,64	0,38
Karotten	12,2	7,7	15,2	16,5	0,31	0,31
Grünkohl	12,3	32,5	19,3	24,7	1,43	0,58

aus OFTEDAL (1991)

In Tabelle 8 ist noch einmal die Nährstoffkonzentration einiger Insekten dargestellt.

Wie bereits erwähnt, haben Insekten und terrestrische Invertebraten hohe Rohprotein- und variable Rohfettgehalte (REDFORD & DOREA 1984, ALLEN 1989). Der Kalziumgehalt ist sehr niedrig und das Kalzium:Phosphor-Verhältnis unausgewogen. Dies wird in freier Wildbahn entweder durch Aufnahme Kalzium-

haltiger Erde durch die Insekten oder aber von den omnivoren Säugetierspezies selbst durch Supplementierung ihrer Nahrung mit anderen kalziumreicheren Komponenten ausgeglichen (OFTEDAL & ALLEN 1997). Bei Haltung in Gefangenschaft fehlt den Tieren meist die Möglichkeit der Supplementierung ihrer Ration. Wenn Insekten dann nur geringe Mengen der Gesamtration ausmachen, tritt kein Kalziummangel auf. Sonst muss Kalzium durch Besprühen der Insekten oder durch vorherige Fütterung der Insekten mit kalziumhaltigem Futter supplementiert werden (ALLEN & OFTEDAL 1989).

Tabelle 8. Nährstoffzusammensetzung (in % TS) einiger Invertebratenspezies

Spezies	TS (%)	Ra (% TS)	Rp (% TS)	Rfe (% TS)	Ca (% TS)	P (% TS)
Grille	29,90		66,10	17,30	0,18	0,86
Mehlwurmlarve	36,10		48,40	41,70	0,07	0,60
Termite (Grigiotermes)	33,70		18,70	1,50		
Regenwurm	17,40		64,90	7,20	1,18	0,90

aus REDFORD & DOREA (1984), ALLEN (1989)

Abschliessend lässt sich feststellen, dass die Nahrung omnivorer Spezies in Bezug auf die Nährstoffkonzentration in sehr grossem Masse variiert. Da es nahezu unmöglich ist, die Nahrungssituation in freier Wildbahn bei in Gefangenschaft gehaltenen Tieren zu kopieren, sollte ein Futter angeboten werden, dass den jeweiligen Nährstoffbedarf deckt und gleichzeitig genug Rohfaser enthält, aber auch das Nahrungsverhalten der Spezies befriedigt (ALLEN & OFTEDAL 1996).

2.4.3 Anatomische Anpassungen

2.4.3.1 Maulhöhle und Zähne

Auch in der Bezahnung zeigt sich eine Anpassung an die Art der Nahrung. So lässt sich z.B. bei omnivoren Bären wie dem Amerikanischen Schwarzbären (*Ursus americanus*), dem Malayenbär (*Ursus malayanus*) und dem Kragenbär in Anpassung an größere Mengen pflanzlichen Futters eine Verkleinerung der Reißzähne (WARD & KYNASTON 1995), eine Vergrößerung der Molarkauflächen (WARD & KYNASTON 1995, SACCO & VAN VALKENBURGH 2004) sowie eine spitzkantige Ausprägung der Canini beobachten (SACCO & VAN VALKENBURGH 2004).

Bei den Affen sind aufgrund der verschiedenen Ernährungsweisen auch unterschiedliche Adaptationen zu finden.

Die echt omnivoren Neuweltaffen haben sowohl lange mandibulare Incisivi, als auch vergrößerte postcanine Kauflächen (ANAPOL & LEE 1994).

Bei den eher faunivoren Tieren gibt es wiederum andere Anpassungen. Allgemein haben die faunivoren Affenspezies kleine scharfe Incisivi und schneidende Backenzähne mit dünner Schmelzschicht, um durch die grösstmögliche Zerkleinerung der Beute eine grössere Angriffsfläche zur Verdauung zu schaffen (KAY 1975). Frugivore Neuweltaffen besitzen hingegen lange Incisivi im Unterkiefer, um Stücke aus Früchten heraus beißen zu können, (KAY 1975, ANAPOL & LEE 1994), grosse Canini und flache Backenzähne mit dicker Schmelzschicht zum Mahlen der Früchte (KAY 1975). Tiere, die diese Nahrung durch andere Bestandteile supplementieren, weisen je nach Art der Nahrungsergänzung unterschiedliche Adaptationen auf. Bei Supplementierung durch Samen sind die Canini und die Mandibula besonders stark ausgeprägt, um harte unreife Früchte öffnen zu können. Bei Ergänzung durch Blätter ist hingegen die Kaufläche der Prämolaren und Molaren vergrößert, zur besseren Zerkleinerung des faserigen Materials (ANAPOL & LEE 1994).

Durch die nektarivore Ernährungsweise ergeben sich beim Honigbeutler (*Tarsipes rostratus*) folgende Anpassungen: die Reduktion der Schädelknochen, Reduktion der Zähne im Prämolarenbereich in Anzahl und Grösse, sowie die geringe Ausprägung der Muskulatur zum Schließen der Kiefer. Die Zunge ist lang und spitz mit bürstenartiger Ausbildung filiformer Papillen an der Spitze zum Auflecken des Nektars. Im Unterkiefer gibt es zwei verlängerte Incisoren, die eine Lücke bilden, durch die die Zunge zur Nektaraufnahme hervorschnellt (ROSENBERG & RICHARDSON 1995).

Auch bei den frugivoren Fledertieren ist der Kauapparat reduziert: die Eckzähne sind groß und spitz zum Öffnen der Früchte und die breiten Backenzähne dienen zum Auspressen der aufgenommenen Fruchtstücke (NEUWEILER 1993).

Weitere Adaptationen nektarivorer Fledermäuse sind die Papillen auf der Zungenoberfläche (DANIEL 1979, NEUWEILER 1993, NOWAK 1994) zum Einsaugen des Nektars durch die vorhandenen Kapillarkräfte, der später gegen den Gaumen wieder ausgepresst wird (NEUWEILER 1993), eine Zahnlücke zwischen den mittleren Incisivi (HILL & DANIEL 1985), Reduktion der Anzahl (FREEMAN

1995) und der Oberflächengrösse der Zähne (FREEMAN 1995), die Verwachsung der mandibularen Symphyse (FREEMAN 1995) und die Verlängerung der engen Kiefer (NEUWEILER 1993) zur besseren Unterstützung der langen Zunge (FREEMAN 1995, NEUWEILER 1993) . Die genannten Modifikationen dienen alle dazu, besser an Nektar und Pollen innerhalb der Blüten zu gelangen.

2.4.3.2 Magendarmtrakt

Da omnivore Tiere sowohl Nahrung tierischen als auch pflanzlichen Ursprungs zu sich nehmen, liegt auch die Komplexität des Magendarmtraktes zwischen dem relativ einfachen Aufbau des carnivoren und dem komplexeren Aufbau des herbivoren Magendarmtraktes.

Die meisten omnivoren Spezies besitzen einen einfachen einhöhligen Magen, der kleiner als der carnivore Magen ist (HILDEBRAND 1995), einen kurzen Dünndarm und einen moderat entwickelten Dickdarm und/oder Blinddarm (CHIVERS & HLADIK 1980, HUME 1982, MILTON & McBEE 1983, MARTIN et al. 1985, STEVENS & HUME 1995). Je grösser der Anteil pflanzlicher Materie in der Nahrung ist, desto grösser sind auch Dick- und Blinddarm (HILDEBRAND 1995, CHIVERS & HLADIK 1980). In Dick- und Blinddarm als Gärkammern kann dann ein gewisses Maß an Faserfermentation stattfinden (OFTEDAL & ALLEN 1997), aus deren Produkten, den kurzkettigen Fettsäuren, von omnivoren Spezies bis zu 10 % bei Schwein (BERGMAN 1990) und Ratte (TITUS & AHEARN 1992) oder laut BERGMAN (1990) bis zu 30 % der Bruttoenergie bei diversen omnivoren Spezies gezogen werden.

Die Bissamratte (*Ondatra zibethicus*), die sich besonders in Zeiten der Nahrungsknappheit opportunistisch omnivor ernährt, hat z.B. einen gut entwickelten Dickdarm, der die grosse Fähigkeit dieser Spezies zur Faserfermentation in Anpassung an grössere Mengen herbivorer Nahrungsquellen spiegelt (CAMPBELL & MacARTHUR 1996).

Dünndarm, Blinddarm und Dickdarm sind sowohl bei omnivoren Eutheria als auch bei den omnivoren Marsupialia länger, Blinddarm und Dickdarm auch weitlumiger als bei den carnivoren Spezies (HARROP & HUME 1980). So ist, speziell bei den frugivoren Tieren, eine grössere Fläche zur Absorption der Fruchtblüssigkeit vorhanden (CACERES 2005). Frugivore Fledermäuse besitzen ebenfalls einen grossen Magen, sowie einen langen konvolutierenden Dünndarm, aber keinen

Blinddarm (bis auf die Gattung *Rhinopoma* (HEARD 2003)) und der Dickdarm ist relativ kurz (DEMPSEY 1997). Der Magen der Fledertiere wird von HEARD (2003) und NEUWEILER (1993) als zweikammerig beschrieben auf Grund der Ausbildung eines grossen Blindsacks. Auch der Anfangsteil des Duodenums ist zu einer dehnbaren Ampulle ausgeweitet. Diese beiden grossen Hohlräume sind Ausdruck für die Zufuhr grosser Mengen an Flüssigkeit (NEUWEILER 1993). Die vergrösserte Resorptionsfläche von Magen- und Dünndarmmukosa führt zu höherer Nährstoffaufnahme in kurzer Zeit und trägt somit auch zu den kurzen Ingestapassagezeiten bei den Fruchtfledermäusen bei (FORMAN 1972, DEMPSEY 1997).

Tiere, die sich hauptsächlich von Baumsäften ernähren, wie etwa der Kurzkopfgleitbeutler (*Petaurus breviceps*) und das Zwergseidenäffchen (*Cebuella pygmaea*), weisen einen gut entwickelten Blinddarm und einen relativ langen Dickdarm auf, um die mikrobielle Fermentation dieser Nahrung zu gewährleisten (HUME 1982, NASH 1986, POWER 1991).

2.4.4 Physiologische Anpassungen

Wie bei den anatomischen Gegebenheiten im Verdauungstrakt, liegt auch der Grundumsatz omnivorer Säugetierspezies zwischen dem hohen Grundumsatz carnivorer und dem niedrigen Grundumsatz herbivorer Tiere, da auch der Nährwert der Nahrung zwischen dem carnivorer und dem herbivorer Ernährung liegt (McNAB 1986, WARD & KYNASTON 1995). So beträgt der Grundumsatz der Jamaica-Fruchtfledermaus das 0,95fache des Kleiberschen Wertes (McNAB 1969) und der des Ägyptischen Flughundes das 0,85fache (McNAB 1986).

Im Gegensatz zu den Gegebenheiten bei carnivorer Ernährung, wo die Marsupialia generell einen niedrigeren Grundumsatz als die Placentalia aufweisen, findet sich bei den arborealen frugivoren und den omnivoren-insektivoren Spezies unter den Placentalia ein niedriger Grundumsatz, wobei die Marsupialia bei gleicher Ernährungsweise einen gleich hohen oder sogar einen höheren Grundumsatz haben. Die niedrigen Grundumsätze bei den arborealen Placentalia hängen mit der reduzierten Aktivität und damit reduzierter Muskelmasse zusammen (McNAB 1978).

Manche omnivore Spezies können diesen Grundumsatz sogar noch durch Winterruhe oder Torpor herunterregeln in Anpassung an Nahrungsknappheit.

Bären fallen in Zeiten der Futterknappheit beispielsweise in eine Winterruhe, bei der die Körpertemperatur im Gegensatz zum echten Winterschlaf aber nicht heruntergeregelt wird. Diese Winterruhe ist erreicht, wenn im Blut ein Harnstoff: Creatinin-Verhältnis von weniger als zehn: eins erreicht ist. WARD & KYNASTON (1995) vermuten, dass Polarbären sogar in der Lage sind, einen so genannten „walking torpor“ willentlich herzustellen, wenn Futterknappheit herrscht, unabhängig von der Jahreszeit.

Auch verschiedene frugivore Fledermäuse, wie der Ägyptische Flughund (*Rousettus aegyptiacus*), die Brillenblattnase (*Carrollia perspicillata*) und die Jamaica-Fruchtfledermaus (*Artibeus jamaicensis*) können ihren Grundumsatz verändern und so, unabhängig von der Energieaufnahme, ihre Körpermasse kontrollieren (DELORME & THOMAS 1999).

Spezies, die sich omnivor ernähren und hier besonders die frugivoren, müssen meist entweder saisonal oder ganzjährig mit geringen Proteingehalten in ihrer Nahrung auskommen und haben dazu verschiedene Mechanismen entwickelt, von denen einige im Anschluss erläutert werden sollen.

In der Zeit der Winterruhe, in der keine Nahrungsaufnahme erfolgt, wird von den Bären körpereigenes Muskelprotein abgebaut und die entstehenden Spaltprodukte werden zur Gluconeogenese verwendet. Der dabei ebenfalls anfallende Harnstoff wird hydrolysiert. Dabei entsteht Stickstoff, der zur erneuten Aminosäuresynthese verwendet wird und so zum Wiederaufbau von Muskelprotein einsetzbar ist, so dass Bären sowohl ihren Bedarf an Glucose decken können, als auch ihre Muskelmasse relativ stabil halten können (WARD & KYNASTON 1995).

BRODY & PELTON (1988) beschrieben bei Bären einen Anstieg der Fett- und Kohlenhydrataufnahme auf Kosten des Proteinansatzes, um einen schnelleren Körpermassezuwachs vor der Winterruhe zu erreichen.

Bei Primaten ist als Adaptation an den geringen Proteingehalt ihrer natürlichen Nahrung nur wenig Protein nötig, um den Bedarf zu stillen (OFTEDAL 1991, ALLEN & OFTEDAL 1996), ebenso bei frugivoren Phyllostomiden (NEUWEILER 1993).

Die schnellen Ingestapassagezeiten bei den Fledermäusen und dadurch die Möglichkeit, eine grössere Menge der relativ proteinarmen Nahrung in kurzer Zeit aufzunehmen, führt FORMAN (1972) auf die vergrösserte Resorptionsoberfläche des

Darmes zurück (NEUWEILER 1993), während TEDMAN & HALL (1985) folgern, dass die meist flüssige Nahrung schneller resorbiert werden kann. Die nektarivoren Fledermäuse haben wiederum längere Passagezeiten als die frugivoren, da die aufgenommenen Pollenkörner bei ihnen die Durchflussgeschwindigkeit verlangsamen (LAW 1992).

THOMAS (1984) vermutete, dass der Energieüberschuss, der aufgenommen wird, um den Proteinbedarf allein durch Früchte zu decken, von den Megachiroptera durch eine diätinduzierte Thermogenese wieder abgegeben wird.

Die frugivoren Beuteltierspezies weisen zusätzlich in Anpassung an die proteinarmer Ernährung den geringsten Stickstofferhaltungsbedarf innerhalb der Marsupialia auf und verbrauchen ebenfalls am wenigsten Stickstoff pro Kilokalorie Wärmeproduktion (BRADSHAW & BRADSHAW 2001).

Die frugivoren Chiroptera sind zudem nicht in der Lage, Vitamin C zu synthetisieren, durch das Fehlen des zuständigen Enzyms, und auch Vitamin D₃ muss zum grossen Teil mit der Nahrung aufgenommen werden. In freier Wildbahn wird dies normalerweise durch die Aufnahme eines breiteren Nahrungsspektrums wieder ausgeglichen (DEMPSEY 1997).

2.5 Enzymatische Verdauung

2.5.1 Kohlenhydratabbau

Der Kohlenhydrat- und Stärkeabbau beginnt bereits in der Maulhöhle. Die alpha-Amylase hydrolysiert Glykogen und Stärke. Sie wird von den Speicheldrüsen und von der Bauchspeicheldrüse sezerniert (HELDMAIER & NEUWEILER 2004, CASPARY 1992, VONK & WESTERN 1984). Pankreatische Amylasebildung ist bei allen Tierarten vorhanden. Die meisten Spezies sezernieren hingegen keine Speichelamylase. Die Sekretion mit dem Speichel wurde von den hier untersuchten Spezies bei Kurzschnabeligel, Hund, Ratte, Schwein und den Primaten gezeigt (VONK & WESTERN 1984). Die Katze hingegen sezerniert keine Amylase im Speichel in Anpassung an ihre kohlenhydratarmer Ernährungsweise (MADGE 1975). Pankreatische Amylase wird jedoch auch von der Katze synthetisiert, wenn auch in geringer Menge, die nicht durch höheren Stärkegehalt der Nahrung induziert werden kann, im Gegensatz zum Hund (KIENZLE 1993b). Der weitere Stärkeabbau findet

bei allen Spezies erst wieder im Anfangsteil des Duodenums statt. Hier wird pankreatische alpha-Amylase sezerniert, welche die Stärke zu Maltose, Maltotriose, alpha-Grenzdextrinen und teilweise auch zu Glukose abbaut. Außerdem befinden sich hier die membrangebundenen Verdauungsenzyme (Disaccharidasen, alpha-Glucosidase, Maltase, Glucoamylase, Isomaltase, Saccharase, Lactase, Trehalase), die die vorhandenen Di- und Trisaccharide zu Monosacchariden (hauptsächlich Glukose und Fruktose) abbauen (CASPARY 1992), die dann durch verschiedene Carriersysteme in die Enterozyten aufgenommen werden (HELDMAIER & NEUWEILER 2004, CASPARY 1992).

Maltase und Isomaltase sind hierbei kein Indikator für die Art der Nahrung, da Glykogen und Stärke sowohl in pflanzlicher als auch in tierischer Materie vorkommen (VONK & WESTERN 1984).

Die Aktivität von Maltase, Isomaltase und Saccharase sind jedoch bei der Katze als strikt carnivorer Spezies nur gering. Der Hund, der auch zu den Carnivoren zählt, weist bereits höhere Enzymaktivitäten auf, die auch durch Aufnahme von Futter mit höherem Disaccharidgehalt, ebenso wie bei Schweinen, Ratten, Mäusen und Primaten, aber nicht bei der Katze, induziert werden können (KOLDOVSKY 1981, KIENZLE 1988, 1993b).

Beim Kurzschnabeligel ist im Magen zusätzlich termiteneigene Amylase am Nährstoffabbau beteiligt, bevor im Dünndarm der weitere Aufschluss durch Maltase, Isomaltase, Trehalase, sowie Lipase, Amylase und Proteinase aus Bauchspeicheldrüse und Gallenblase vonstatten geht (GRIFFITHS 1968). Einfache Kohlenhydrate und Stärke werden von omnivoren Spezies hauptsächlich enzymatisch verdaut, polymere Kohlenhydrate hingegen bakteriell (DROCHNER 1993).

Der Kohlenhydrataufschluss beginnt auch bei den Omnivoren mit der alpha-Amylase des Speichels, die Stärke in Poly- und Oligosaccharide zerlegt (CASPARY 1992). Im Magen werden nur geringe Mengen an Kohlenhydraten verdaut, hauptsächlich durch Fermentation zu flüchtigen Fettsäuren und Milchsäure (DROCHNER 1993).

Die Trehalase spaltet die Trehalose, den Hauptblutzucker der Insekten. Insektivore Tiere haben deshalb hohe Trehalaseaktivitäten (STEVENS & HUME 1995, VONK & WESTERN 1984), während carnivore Tiere wie die Katze, der Löwe (VONK & WESTERN 1984, STEVENS & HUME 1995) und die marine Ordnung Pinnipedia

überhaupt keine Trehalase besitzen (STEVENS & HUME 1995, HORE & MESSER 1968).

Hohe Saccharaseaktivität findet man im Darm frugivorer Tiere, wo sie die Saccharose zerlegt, während die Säugetiere allgemein meist niedrige Saccharaseaktivitäten aufweisen (STEVENS & HUME 1995, VONK & WESTERN 1984). Bei den Meeressäugern der Ordnung Pinnipedia, dem Kurzschnabeligel, Kängurus, Rindern und Schafen fehlt sie sogar ganz (STEVENS & HUME 1995, VONK & WESTERN 1984, KERRY & MESSER 1968). Die Disaccharidase Lactase zur Hydrolyse des Milchzuckers ist in größeren Konzentrationen nur bei säugenden Jungtieren zu finden und nimmt mit zunehmendem Alter immer mehr ab. Bei einigen Angehörigen der Pinnipedia ist die Lactasekonzentration sogar bei den Jungtieren nur minimal oder nicht vorhanden. Die Milch dieser Spezies ist lactosefrei (STEVENS & HUME 1995, VONK & WESTERN 1984, KERRY & MESSER 1968).

Im Dickdarm findet dann bei den Omnivoren nur noch fermentativer Kohlenhydratabbau durch Mikroorganismen statt, die Cellulose, Hemicellulose, Dextrine, aber auch vereinzelt Mono- und Disaccharide und Rohfaser zu kurzkettigen Fettsäuren, Laktat, Methan, Wasserstoff, Kohlendioxid und Wasser abbauen (DROCHNER 1993, CASPARY 1992).

Cellulasen werden von Säugetieren nicht selbst synthetisiert, wenn vorhanden, stammen sie von Mikroorganismen in Vormagen oder Dickdarm, hauptsächlich bei herbivoren Spezies (VONK & WESTERN 1984). Trotz dieses Fehlens einer eigenen Cellulase, ist das Vorhandensein von Cellobiase bei Primaten weit verbreitet. Diese spaltet das Disaccharid Cellobiose, welches beim Celluloseabbau anfällt, weiter in Glucosemoleküle auf (VONK & WESTERN 1984). Zu einem gewissen Grad werden auch Cellulose und Pektine von omnivoren Säugetieren hydrolysiert (DROCHNER 1993). Das Vorhandensein hoher Trehalase- und Cellobiaseaktivitäten wird bei omnivoren Spezies beobachtet je nach Grösse des Anteils an Insekten oder Futter pflanzlichen Ursprungs in der Nahrung (HUME 1982). So wurde die Trehalase beispielsweise beim Kurzschnabeligel, Grossen Langnasenbeutler, Grossen Kurznasenbeutler, Primaten, Ratten und Schweinen, aber auch bei einigen Spezies der Carnivora, wie dem Hund und der Gattung *Mustela* nachgewiesen. Bei Robbenartigen, Katzen und Löwe liess sich hingegen keine Trehalaseaktivität nachweisen (STEVENS & HUME 1995).

Bei Nichtabbau von Kohlenhydraten durch Fehlen der entsprechenden Enzyme kann es zu starken Durchfällen kommen (SEMENZA 1968). Hierbei handelt es sich um eine saure osmotische Diarrhoe, die durch die Malabsorption der Disaccharide entsteht, und in deren Folge durch die Erhöhung der Osmolarität des Darminhaltes vermehrt Wasser nachgezogen wird (LOW-BEER & REED 1971).

Das weist darauf hin, dass ein Vorhandensein der Enzyme auch für das Vorkommen bestimmter Nährstoffe in der Ernährung, bzw. ein Fehlen derselben für das Fehlen oder verminderte Vorkommen der Substrate in der Nahrung spricht (VONK & WESTERN 1984), wie z.B. die geringen Enzymaktivitäten einiger kohlenhydratabbauender Enzyme wie Maltase, Isomaltase, Saccharase bei obligaten Carnivora wie der Katze (KIENZLE 1993d, VONK & WESTERN 1984) oder den marinen Carnivora. Caniden, die als omnivor-carnivor eingestuft werden, weisen höhere Enzymaktivitäten auf, die außerdem durch kohlenhydratreiche Fütterung induzierbar sind, ebenso wie bei omnivoren Spezies, wie Schwein, Ratte, Maus und Primat (KIENZLE 1988, KOLDOVSKY 1981). Insektivore Mammalia bilden in Anpassung an ihre chitinreiche Nahrungsquelle Chitinasen. Dies geschieht ausschliesslich in der Mukosa des Magens (JEUNIAUX 1961, 1963, CORNELIUS et al. 1975).

CORNELIUS et al. (1975) wiesen bei zwei fakultativ carnivoren Spezies der Ordnung Carnivora, dem Hund (*Canis domesticus*) und dem Fuchs (*Vulpes vulpes*), die Bildung und Sekretion von Chitinase in der Magenmukosa nach. Dort findet auch bei omni- und insektivoren Säugetieren die Chitinaseproduktion statt (JEUNIAUX 1961, 1963).

Bei strikten Carnivora wie Hauskatze (JEUNIAUX 1963, CORNELIUS et al. 1975), Frettchen, Wiesel und Marder ließ sich keine Chitinaseaktivität nachweisen, so dass man annimmt, dass diese Tiere die Fähigkeit zur Chitinaseproduktion in Anpassung an ihre meist chintinfreie Ernährungsweise verloren haben (CORNELIUS et al. 1975). Omnivore bilden die Chitinasen, ebenso wie insektivore Spezies, in der Magenmukosa (JEUNIAUX 1961, 1963, CORNELIUS et al. 1975). Bei einigen nicht Chitinase-bildenden Spezies wurde trotzdem Chitobiase gefunden, die das beim Chitinabbau entstehende Disaccharid Chitobiose spaltet. VONK & WESTERN (1984) nahmen daher an, dass diese mit der Nahrung zugeführt wurde.

2.5.2 Fettabbau

Die Nahrung adulter Säugetiere ist relativ fettarm (KERRY & MESSER 1968), so dass die vorhandenen Lipasen eine geringe Aktivität bei Adulten, aber höhere bei den saugenden Jungtieren aufweisen. Die Lipolyse wird bei allen Tieren durch die Speichellipase initiiert. Dies findet im Magen statt, wo dann auch die Magenlipase sezerniert wird. Im proximalen Dünndarm wird die pankreatische Lipase durch die Phospholipase A aktiviert. Im weiteren Verlauf des Darmes wird die Lipolyse intrazellulär von der Glyceridlipase, verschiedenen Phospholipasen und Cholesterollipasen weitergeführt (VONK & WESTERN 1984). Einen großen Anteil an der Fettverdauung haben die Gallensäuren, die die Fette emulgieren und so erst abbaubar machen. Bei den carnivoren Tieren überwiegen hier die mit Taurin konjugierten Gallensäuren (STEVENS & HUME 1995), wobei die Gallensäuren der Katze nahezu ausschliesslich mit Taurin konjugiert werden, während andere Spezies wie der Hund auch geringe Mengen an Gallensäuren mit Glycin konjugieren (RABIN et al. 1976, CZUBA & VESSEY 1981). Herbivore Spezies bilden hingegen hauptsächlich Glycinkonjugate. Bei omnivoren Spezies sind beide Formen gleichermassen vorhanden (STEVENS & HUME 1995).

2.5.3 Proteinabbau

Der Proteinabbau wird von mehreren Exo- und Endopeptidasen unternommen. Endopeptidasen sind das Pepsin des Magens, welches beim Kurzschnabeligel in seinem drüsenlosen Magen nicht vorhanden ist (GRIFFITHS 1965), sowie die pankreatischen Peptidasen Trypsin und Chymotrypsin. Im Magen der Jungtiere wird statt Chymotrypsin zunächst Chymosin gebildet. Dieses hat nur eine geringe Aktivität, die ausreicht, um Milch gerinnen zu lassen, aber nicht die maternellen Immunglobuline denaturiert. Trypsin und Chymotrypsin werden in inaktiver Form vom Pankreas sezerniert und dann durch die Enterokinase und teilweise autokatalytisch durch vorhandenes Trypsin aktiviert.

Elastase und Collagenase hydrolysieren Bindegewebe. Im Zytosol der Enterozyten und im Bürstensaum gibt es dann noch eine Vielzahl an Exopeptidasen, die kleinere Peptide zerlegen: Carboxypeptidasen A und B, Aminopeptidasen A und B,

Aminotripeptidase, Leucinaminopeptidase, Glycylglycindipeptidase, Glycyl-L-Leucindipeptidase, Prolinase und Prolidase (VONK & WESTERN 1984).

Allgemein haben carnivore Säugetiere höhere Proteinaseaktivitäten als omnivore aufzuweisen (STEVENS & HUME 1995).

2.6 Fütterungspraxis

2.6.1 Carnivore Spezies

2.6.1.1 Carnivore

Häufig werden an Carnivoren Rationen bestehend aus Muskelfleisch und Organen ohne die zugehörigen Knochen verfüttert. Im reinen Muskelfleisch ist der Proteinanteil aber wesentlich höher und gleichzeitig der Kalziumgehalt wesentlich niedriger als bei Ganzkörperationen (BECHERT et al. 2002). Verschiedene Autoren (FERNANDEZ-MORAN 2003, BECHERT et al. 2002, BELL 1996, HABERSTROH et al. 1984, FAGAN 1980) konstatierten, dass carnivore Tiere häufig mit einem zu großen Anteil an weichem Futter ernährt würden, ohne dafür quantitative Belege zu erbringen.

Wildfeliden werden meist mit Hunde- oder Katzenfertigfutter oder mit Fleisch von Kaninchen, Huhn, Wild, Pferd oder Ochse ernährt (DIERENFELD 1993). Um der Ernährungsweise von grossen Feliden in freier Wildbahn gerecht zu werden, wird meist ein Fastentag pro Woche eingehalten (DIERENFELD 1993, WACK 2003).

Die carnivoren Musteliden werden normalerweise ähnlich wie Hauskatzen gefüttert, d.h. mit Katzenfutter aber auch mit Hundefutter oder wie bereits vorher erwähnt durch Fleischfütterung (FERNANDEZ-MORAN 2003).

2.6.1.2 Insektivore

Tiere der Ordnung Insectivora werden häufig mit kommerziellem Insektenfutter oder mit Katzen- und Frettchenfutter, welches durch Insektenzugabe ergänzt wird, ernährt. Die am meisten verwendeten Insektenarten sind Grillen, Heuschrecken, Mehlwurm- und Mottenlarven, sowie Regenwürmer, die aufgrund des unausgeglichene Kalzium:Phosphor-Verhältnisses vorher meist mit kalziumreicher Diät gefüttert oder gefüllt werden (BARBIERS 2003).

Für Igel existieren auch kommerzielle Fertigfutter, die aber meist einen sehr viel höheren Gehalt an N-freien Extraktstoffen aufweisen als die natürliche Nahrung, allerdings oft in Form von bereits aufgeschlossener Stärke, so dass diese trotz geringer Amylaseaktivität verwertet werden kann. Ferner weisen diese Futtermittel häufig einen relativ niedrigen Rp-Gehalt auf (STRUCK & MEYER 1998). Oft werden Igel auch mit Hunde- oder Katzenfeuchtfutter ernährt. Dies ist meistens ausreichend für den Nährstoffbedarf des Igels (STRUCK & MEYER 1998).

2.6.1.3 Piscivore

GAGE (2003) berichtete, dass Ohrenrobben und Hundsrobben am häufigsten mit Hering, Stint, Makrele und Tintenfisch gefüttert werden, während Walrosse zusätzlich noch Muscheln erhalten. Die Futtermengen bewegen sich von vier bis acht Prozent des Körpergewichtes bei älteren bis hin zu 15 Prozent bei noch wachsenden Jungtieren (GAGE 2003). Gefrorener Fisch wird stets mit Thiamin supplementiert und im Süßwasser gehaltene Fische mit Kochsalz, während Vitamin E als Antioxidans dazu gegeben wird (GAGE 2003).

Laut einer Studie von KEYES (1968) werden Robben in Zoos meist mit ganzem Fisch gefüttert, manche Institutionen entfernen einige Körperteile wie Kopf, Flossen und/oder Eingeweide. Häufig wird der Fisch mit Multivitaminpräparaten in unterschiedlichen Dosen supplementiert. Mineralien werden zusätzlich nicht verabreicht. Der Fisch wird in den meisten Fällen durch Einfrieren haltbar gemacht und vor der Fütterung wieder aufgetaut (KEYES 1968).

2.6.2 Omnivore Spezies

2.6.2.1 Omnivore

Die Omnivoren unter den Musteliden werden von Katzen-, Hunde- oder Nerzfutter mit Ergänzung durch Früchte, Gemüse, Eier, Insekten, Fisch, Krustentiere, Getreide etc. ernährt (FERNANDEZ-MORAN 2003).

Omnivore Primaten werden oft mit Dosenfutter oder extrudiertem Futter ernährt (OFTEDAL & ALLEN 1997). In vielen Fällen besteht ihre Nahrung aus einem Primatendosen- oder -trockenfutter, ergänzt durch Früchte, Gemüse, Insekten, Sämereien, pflanzliches Futter und Nüsse. Je nach Ernährungsweise ist der Anteil an Insekten und evt. kleinen Vertebraten oder der pflanzliche Anteil höher (ALLEN 1986). Da die Fertigfutter zwischen 15 % Rp und 25 % Rp in der TS enthalten, wie es dem Bedarf von Altwelt- und Neuweltaffen entspricht, wird darauf geachtet, dass der Anteil an proteinarmem Zusatzfutter den Gesamtproteingehalt der angebotenen Diät nicht zu sehr mindert (ALLEN 1986).

Auch andere omnivore Spezies erhalten häufig Fertigfutter, z.B. Hunde- und Katzentrockenfutter, aber auch Dosenfutter oder Pellets, wie Ratten- oder Mäusefutter (OFTEDAL & ALLEN 1997). PRICE et al. (2000) beschrieben die Fütterung verschiedener Primatenspezies mit Neuweltaffenpellets, Früchten, Gemüse, Insekten und Brot, supplementiert mit Proteinquellen wie Herz, Käse oder Ei. In den Untersuchungen der Primatenfütterung an 25 Zoos konstatierten KAUMANN et al. (2000), dass alle als sogenanntes Grundfutter Früchte und Gemüse verwendeten, die dann durch zahlreiche andere Futtermittel, wie Insekten und Fleisch, Milch und Milchprodukte, Getreide, Fisch, Honig, Zucker, Säfte, Öl, Nüsse, Eier, kommerzielle Fertigfutter und diverse Vitamin- und Mineralmischungen supplementiert wurden.

LEUS (1994) beschrieb die Fütterung der in Gefangenschaft gehaltenen Hirscheber: die Hauptnahrungskomponente und gleichzeitig das Lieblingsfutter sind Früchte und Gemüse. Dazu werden Pellets (Herbivoren-, Rinder-, Pferde-, Schweinepellets), Getreidekörner, Brot, Nüsse, Fleisch, Fisch, Eier und Gräser und Heu verfüttert. In freier Wildbahn ernähren sich die Tiere hauptsächlich von Früchten, Sämereien sowie Blättern, Gras, Invertebraten und kleinen Vertebraten. Die befragten Institutionen berichteten sowohl von Energieüber- als auch von

Energieunterversorgung. Meist erhielten ausgewachsene Tiere jedoch sowohl zuviel Energie, als auch zu viel Rohprotein, wenn man von den Bedarfszahlen gleich schwerer Schweine ausgeht. Diese Überversorgung kam meist durch die Pellets, die fast immer ein zu hohes Rp:DE-Verhältnis aufwies, zustande. Ausserdem ist das Futter in Gefangenschaft deutlich Rfa-ärmer als bei freilebenden Hirschebern beobachtet (LEUS 1994).

Omnivore Bären, z.B. der Brillenbär, bekommen in Gefangenschaft in der Regel mehr tierische Produkte, als es ihrer natürlichen Ernährung entspricht. Somit erhalten sie dann auch zu wenig Rohfaser (DIERENFELD 1988). Rohes oder gefrorenes Fleisch wird bei Bären aufgrund der Sensibilität gegenüber Streptokokken selten gegeben (ALLEN, OFTEDAL & BAER 1997).

2.6.2.2 Frugivore

Frugivore Spezies erhalten meist kultivierte Früchte, die für den menschlichen Verzehr angebaut werden. Diese enthalten aber weniger Rohfaser und dafür mehr leichtverdauliche Zucker (CALVERT 1985). Ein weiterer Unterschied zu der Ernährung in freier Wildbahn ist die Tatsache, dass die Früchte in Zoos in reifem Zustand gefüttert werden, während wildlebende Tiere sie meist in noch unreifem Zustand verzehren (CALVERT 1985).

Bei frugivoren Altweltfledermäusen besteht die Hauptnahrung in Gefangenschaft aus Früchten und Gemüse supplementiert mit Primatenpellets. In Freiheit ernähren sie sich von einer grösseren Vielfalt unterschiedlicher pflanzlicher Materie, teilweise durch Insekten, Samen und Rinde aufgewertet. Durch diese grössere Variabilität kann der Nährstoffbedarf je nach Notwendigkeit gedeckt werden (COURTS & FEISTNER 2000).

3 Material und Methoden

3.1 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Studie war die Zusammenstellung und Auswertung verfügbarer Daten aus Studien über die Futteraufnahme und die scheinbare Verdaulichkeit von Energie und Nährstoffen bei carnivoren und omnivoren Wildsäugetieren als Basis für die Durchführung einer Energiebewertung.

Es sollte einerseits herausgefunden werden, ob es speziesspezifische Besonderheiten oder speziessübergreifende Gemeinsamkeiten in der Höhe der Aufnahme an Trockensubstanz und verdaulicher Energie, sowie in der Beeinflussung der scheinbaren Verdaulichkeit der Energie und der Nährstoffe durch bestimmte Parameter gibt, oder ob verschiedene Spezies Ähnlichkeiten in der Höhe der scheinbaren Verdaulichkeit von Energie und Nährstoffen, sowie in deren Beeinflussbarkeit durch den Fasergehalt aufweisen. Aus diesen Daten sollte ersichtlich sein, ob eine gemeinsame Energiebewertung der Futter wilder und domestizierter carni- und omnivorer Säugetierspezies plausibel erscheint. Diese Energiebewertung sollte dann durchgeführt werden, um zu überprüfen, für welche Spezies bei vergleichbarer Fütterung die gleichen Schätzformeln zur Berechnung des Energiegehaltes im Futter verwendet werden können.

3.2 Datensammlung

3.2.1 Literaturrecherche

Die Artikel wurden in verschiedenen Internetsuchmaschinen wie Pubmed, Zoological Records, Google scholar, Google und in den Literaturverzeichnissen der so erhaltenen Artikel gesucht. Stichworte zur Suche waren: digestibility, apparent digestibility, fecal digestibility, digestibility trial, carnivore, omnivore, insectivore, frugivore, nectarivore, piscivore mammals, digestive efficiency, digestion trial sowie die verschiedenen Speziesnamen. Zudem wurden die Literaturverzeichnisse von

Standardwerken herangezogen, wie z.B. die Monographie „Wildlife Feeding and Nutrition“ von ROBBINS (1993).

3.3 Einteilung der Tierarten

Die Tierarten wurden nach ihrer phylogenetischen Zugehörigkeit den folgenden Gruppen zugeordnet. Die Zugehörigkeit der einzelnen Spezies zu den Gruppen ist im Anhang aufgelistet.

- Monotremata
- Beuteltiere
- Spitzmäuse
- Insektenfresser
- Fledertiere
- Primaten
- (Edentaten)
- Feliden
- Viverriden/Schleichkatzen
- Hyaeniden
- Caniden
- Musteliden
- Bären
- Meeressäugetiere
- Suiden /Hirscheber
- Nagetiere

Zum Vergleich wurden vier domestizierte Spezies herangezogen – die Ratte (*Rattus norvegicus*), das Schwein (*Sus scrofa*), der Hund (*Canis canis*) sowie die Katze (*Felis catus*).

3.4 Datenverwaltung und Parameter

Die aus den wissenschaftlichen Artikeln erhaltenen Daten wurden in Excel-Tabellen dokumentiert. Die Daten wurden nach Tierarten getrennt in die Tabellen eingespeist. Sie enthalten, je nach Angabe im jeweiligen Artikel, die Tierart mit Alter und Gewicht, Art der Haltung während des Versuches, den Futtertyp mit Nährstoffkonzentration (in Prozent der Trockensubstanz), die Menge aufgenommenen Futters und aufgenommener Nährstoffe und Energie, falls angegeben Nährstoffkonzentrationen in Kot und Urin, sowie die scheinbare Verdaulichkeit der jeweiligen Nährstoffe und der Energie. Soweit dies möglich war, wurden fehlende Parameter aus den vorhandenen Angaben selbst errechnet. Folgende Nährstoff- und Verdaulichkeitsangaben wurden in die Datensammlung aufgenommen:

- Konzentration von Rohprotein (Rp), Rohfett (Rfe), Rohfaser (Rfa), Gesamtfaser (TDF), Neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF), Kalzium (Ca) und Phosphor (P) in Prozent der Futtertrockensubstanz, sowie Bruttoenergie (GE) in MJ pro kg Futter-TS und Kot-TS
- Scheinbare Verdaulichkeit (sV) von Trockensubstanz (sV TS), organischer Substanz (sV oS), Rohprotein (sV Rp), Rohfett (sV Rfe), Rohfaser (sV Rfa), Gesamtfaser (sV TDF), Neutral detergent fiber (sV NDF), Acid detergent fiber (sV ADF), Bruttoenergie (sV GE), Kalzium (sV Ca) und Phosphor (sV P)

Auffallend war das fast vollständige Fehlen von Angaben über die Gehalte von Lignin, löslicher und unlöslicher Faser.

In Tabelle 9 wird dargestellt, welche Informationen über Rohnährstoffkonzentration und Werte für die ermittelten scheinbaren Verdaulichkeiten bei den einzelnen Spezies in den ausgewerteten Artikeln angegeben wurden.

Bei der Datensammlung fiel auf, dass für die Gruppe der Edentata keine Verdaulichkeitsdaten zu finden waren.

Für 23 Spezies war nur die scheinbare Verdaulichkeit eines oder mehrerer Rohnährstoffe angegeben, aber keine Rohnährstoffkonzentrationen. Sowohl scheinbare Verdaulichkeit als auch die Konzentration mindestens eines Nährstoffes waren für 100 Spezies angegeben.

Tabelle 9a. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Monotremata.

Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies.

Folgende Abkürzungen wurden verwendet: Rp (Rohprotein), Rfe (Rohfett), Rfa (Rohfaser), TDF (Total Dietary Fiber), NDF (Neutral Detergent Fiber), ADF (Acid Detergent Fiber), GE (Bruttoenergie), Ca (Kalzium), P (Phosphor), sV (Scheinbare Verdaulichkeit), TS (Trockensubstanz), oS (Organische Substanz), NfE (Stickstofffreie Extraktstoffe).

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
deutsch	Latein		Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
Monotremata																		
Kurzschnabeligel	<i>Tachyglossus aculeatus</i>	1	• (1)							• (1)		• (1)	• (1)					

GRIFFITHS (1965)

Tabelle 9b. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Beuteltieren.

Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tab. 9a

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
deutsch	Latein		Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND DF ADF	GE	Ca	P
Beuteltiere																		
Breitfuß-Beutelmaus	<i>Antechinus swainsonii</i>	1	• (1)	• (1)			• (1)			• (1)		• (1)	• (1)					
Tüpfelbeutelmarter	<i>Dasyurus viverrinus</i>	1					• (1)			• (1)						• (1)		
Kowari	<i>Dasyuroides byrnei</i>	1								• (1)								
Tasmanischer Teufel	<i>Sarcophilus harrisii</i>	1					• (1)			• (1)						• (1)		
Ameisenbeutel	<i>Myrmecobius fasciatus</i>	1					• (1)									• (1)		
Gelbe Wollbeutelratte	<i>Caluromys philander</i>	1	• (1)			• (1)				• (1)		• (1)						
Südl. Mausopossum	<i>Thylamys elegans</i>	1								• (1)						• (1)		
Dickschwanz-Schlaflbeutel	<i>Cercartetus nanus</i>	1	• (1)									• (1)						
Kurzkopfgleitbeutel	<i>Petaurus breviceps</i>	1	• (1)				• (1)					• (1)						
Honigbeutel	<i>Tarsipes rostratus</i>	1	• (1)									• (1)				• (1)		

Fortsetzung Tab. 9b.

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFN DF ADF	GE	Ca	P
deutsch	<i>Latein</i>																	
Gr. Langnasenbeutler	<i>Perameles nasuta</i>	1	• (1)	• (1)		• (1)	• (1)				• (1)		• (1)	• (1)		• (1)	• (1)	
Gr. Kaninchennasenbeutler	<i>Macrotis lagotis</i>	2	• (2)	• (1)		• (1)	• (2)				• (2)	• (1)	• (2)	• (1)		• (1)	• (2)	
Gr. Kurznasenbeutler	<i>Isodon macrourus</i>	2	• (1)	• (1)		• (2)	• (1)				• (2)		• (2)	• (2)		• (2)	• (2)	

COWAN et al. (1974), GREEN & EBERHARD (1979), SMITH & GREEN (1987), MOYLE et al. (1995), SABAT et al. (1995), TROUTEN-RADFORD et al. (1995), McCLELLAND & HUME (1998), McCLELLAND et al. (1999), VAN TETS & HULBERT (1999), FOLEY et al. (2000), GIBSON & HUME (2000, 2002), BRADSHAW & BRADSHAW (2001), COOPER & WITHERS (2004)

Tabelle 9c. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Soriciden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tab. 9a

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
deutsch	<i>Latein</i>																	
Soriciden																		
Moschusspitzmaus	<i>Suncus murinus viridescens</i>	1	• (1)	• (1)													• (1)	
Am. Maskenspitzmaus	<i>Sorex cinereus cinereus</i>	1															• (1)	
Arkt. Spitzmaus	<i>Sorex arcticus laricorum</i>	1															• (1)	
Nördl. Wasserspitzmaus	<i>Sorex palustris</i>	1					• (1)			• (1)							• (1)	
Am. Zwergspitzmaus	<i>Microsorex hoyi hoyi</i>	1															• (1)	
Nordam. Kleinohrspitzmaus	<i>Cryptotis parva</i>	1		• (1)			• (1)										• (1)	
Kurzschwanzspitzmaus	<i>Blarina brevicauda</i>	1															• (1)	
Elefantenrüsselspringer	<i>Elephantulus edwardii</i>	1								• (1)								

BUCKNER (1964), BARRETT (1969), BALAKRISHNAN & ALEXANDER (1979), WOODALL & CURRIE (1989), GUSZTAK et al. (2005)

Tabelle 9d. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Igel.
Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tab. 9a

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
deutsch	<i>Latein</i>																	
Igel																		
Afr. Weißbauchigel	<i>Atelerix albiventris</i>	1	• (1)	• (1)		• (1)					• (1)		• (1)	• (1)	• (1)			
Igel	<i>Erinaceus</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)			• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)			• (1)	

LANDES et al. (1997), GRAFFAM et al. (1998)

Tabelle 9e. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Fledertieren.
Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Bei einigen Spezies konnte keine deutsche Bezeichnung eruiert werden.
Abkürzungslegende siehe Tab. 9a

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
deutsch	<i>Latein</i>																	
Fledertiere																		
Graukopfflughund	<i>Pteropus poliocephalus</i>	2	• (2)		• (1)	• (1)	• (2)				• (2)		• (2)				• (1)	
Kalong	<i>Pteropus vampyrus</i>	1	• (1)	• (1)							• (1)		• (1)	• (1)				
Insel-Flughund	<i>Pteropus hypomelanus</i>	1	• (1)	• (1)							• (1)		• (1)	• (1)				
Goldmantel-Flughund	<i>Pteropus pumilus</i>	1	• (1)	• (1)							• (1)		• (1)	• (1)				
Ägypt. Flughund	<i>Rousettus aegytiacus</i>	1									• (1)							
Austral. Blütenfledermaus	<i>Syconycteris australis</i>	1	• (1)								• (1)		• (1)					
Brillenblattnase	<i>Carrollia perspicillata</i>	2				• (1)	• (1)				• (2)		• (1)				• (1)	
Jamaica- Fruchtfledermaus	<i>Artibeus jamaicensis</i>	2	• (1)	• (1)		• (1)					• (2)		• (1)	• (1)			• (1)	
Grosses Mausohr	<i>Myotis myotis</i>	1									• (1)							
Kleine Braunfledermaus	<i>Myotis lucifugus</i>	2					• (1)										• (2)	
Gewöhnl. Flugdrachen	<i>Myotis volans</i>	1					• (1)										• (1)	
Mausohr spp.	<i>Myotis evotis</i>	1					• (1)										• (1)	

Fortsetzung Tabelle 9e.

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFN DF ADF	GE	Ca	P
deutsch	<i>Latein</i>																	
Mausohr spp.	<i>Myotis thysanodes</i>	1					• (1)										• (1)	
Gr. Braunfledermaus	<i>Eptesicus fuscus</i>	1					• (1)										• (1)	
Weißgraue Fledermaus	<i>Lasiurus cinereus</i>	1															• (1)	

BRISBIN (1966), O´FARRELL et al. (1971), PAGELS & BLEM (1973), MORRISON (1980), HERBST (1986), STELLER (1986), BARCLAY et al. (1991), LAW (1992), STALINSZKI (1994), DELORME & THOMAS (1996, 1999), DIERENFELD & SEYJAGAT (2000)

Tabelle 9f. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Primaten. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
deutsch	<i>Latein</i>																	
Primaten																		
Brauner Maki	<i>Eulemur fulvus</i>	1	• (1)			• (1)					• (1)				• (1)			
Makispezies		1	• (1)			• (1)					• (1)				• (1)			
Grauer Halbmake	<i>Hapalemur griseus griseus</i>	1	• (1)			• (1)					• (1)				• (1)			
Vari	<i>Varecia variegata</i>	2	• (2)	• (1)		• (2)	• (1)	• (1)	• (1)	• (2)		• (1)			• (2)			
Roter Vari	<i>Varecia variegata rubra</i>	1	• (1)	• (1)		• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)					• (1)			
Schwarzweisser Vari	<i>Varecia variegata variegata</i>	1	• (1)	• (1)		• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)					• (1)			
Larvensifaka	<i>Propithecus verreauxii coq.i</i>	2	• (2)			• (2)	• (1)			• (2)		• (2)			• (2)	• (1)		
Tattersallsifaka	<i>Propithecus tattersalli</i>	1	• (1)			• (1)	• (1)			• (1)		• (1)			• (1)	• (1)		
Fingertier	<i>Daubentonia madagasc.</i>	1	• (1)	• (1)		• (1)				• (1)		• (1)	• (1)		• (1)			
Rhesusaffe	<i>Macaca mulatta</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)					• (1)		• (1)						
Pavian	<i>Papio anubis</i>	1											• (1)		• (1)			
Weißkopfsaki	<i>Pithecia pithecia</i>	1	• (1)	• (1)						• (1)								
Weißbüschelaffe	<i>Callithrix jacchus</i>	4	• (2)	• (1)	• (1)		• (2)			• (3)		• (2)		• (2)		• (2)		
Geoffroy-Pinselaffe	<i>Callithrix geoffroyi</i>	1								• (1)		• (1)	• (1)					

Fortsetzung Tabelle 9f.

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFN DF ADF	GE	Ca	P
deutsch	<i>Latein</i>																	
Braunrückentamarin	<i>Saguinus fuscicollis</i>	4	• (2)	• (1)	• (1)		• (2)			• (4)		• (1)	• (1)	• (2)		• (2)		
Schimpanse	<i>Pan troglodytes</i>	1	• (1)			• (1)									• (1)			

ROBBINS & GAVAN (1966), KROMBACH (1981), KROMBACH et al. (1984), FLURER et al. (1985), FLURER & ZUCKER (1985), MILTON & DEMMENT (1988, 1989), PRICE (1992), RAMOS et al. (1995), CAMPBELL et al. (1997, 1999, 2004), DEMPSEY & CRISSEY (1997), EDWARDS & ULLREY (1999), NORCONK et al. (2002)

Tabelle 9g. Übersicht über die Angabe von Rohnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Wildfeliden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
Feliden																		
Luchs	<i>Lynx rufus</i>	3	• (2)	• (2)			• (2)			• (2)	• (1)	• (2)	• (1)			• (2)		
Caracal	<i>Felis caracal</i>	3	• (3)	• (3)		• (1)	• (2)	• (1)	• (1)	• (3)	• (1)	• (2)	• (1)			• (1)		
Serval	<i>Felis serval</i>	2	• (2)	• (2)			• (1)			• (2)	• (1)	• (2)	• (1)			• (1)		
Bengalkatze	<i>Felis bengalensis</i>	2	• (2)	• (2)		• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (2)	• (1)	• (1)						
Fischerkatze	<i>Felis viverrinus</i>	1	• (1)	• (1)						• (1)	• (1)	• (1)						
Ozelot	<i>Felis pardalis</i>	1	• (1)	• (1)						• (1)	• (1)	• (1)						
Puma	<i>Felis concolor</i>	3	• (2)	• (2)						• (2)	• (2)	• (3)	• (2)	• (1)		• (2)		
Asiat. Goldkatze	<i>Felis temminckii</i>	1	• (1)	• (1)						• (1)	• (1)	• (1)						
Sandkatze	<i>Felis margarita</i>	1	• (1)				• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)					• (1)		
Nebelparder	<i>Neofelis nebulosa</i>	1	• (1)	• (1)												• (1)		
Tiger	<i>Panthera tigris</i>	7	• (5)	• (5)			• (1)			• (4)	• (3)	• (6)	• (5)	• (1)		• (2)		
Leopard	<i>Panthera pardus</i>	3	• (1)	• (1)						• (2)	• (2)	• (3)	• (2)	• (1)		• (1)		
Jaguar	<i>Panthera onca</i>	1	• (1)	• (1)						• (1)	• (1)	• (1)						
Löwe	<i>Panthera leo</i>	8	• (4)	• (4)				• (1)	• (1)	• (5)	• (3)	• (7)	• (6)	• (1)		• (2)		

Fortsetzung Tabelle 9g.

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFN DF ADF	GE	Ca	P
deutsch	<i>Latein</i>																	
Gepard	<i>Acinonyx jubatus</i>	2	• (2)	• (2)				• (1)	• (1)	• (1)							• (1)	
Schneeleopard	<i>Uncia uncia</i>	1	• (1)	• (1)						• (1)	• (1)	• (1)						

GOLLEY et al. (1965), MORRIS et al. (1974), BARBIERS et al. (1980), WITTMAYER MILLS (1980), HACKENBURGER & ATKINSON (1983), HAMOR (1983), MUNDT (1986), WYNNE (1989), ALLEN et al. (1995), GROSS et al. (1997), EDWARDS et al. (2001), BECHERT et al. (2002), ARMATO et al. (2003), ALTMAN et al. (2005)

Tabelle 9h. Übersicht über die Angabe von Rohnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Schleichkatzen. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
Deutsch	<i>Latein</i>																	
Schleichkatzen																		
Marderbär	<i>Arctitis binturong</i>	1								• (1)		• (1)	• (1)		• (1)			
Zwergmanguste	<i>Helgale parvula</i>	1								• (1)		• (1)	• (1)		• (1)			

DIERENFELD (2003)

Tabelle 9i. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Hyaeniden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies	Latein	n	Ration (% TS)							sV (%)								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
Hyaenidae																		
Tüpfelhyäne	<i>Crocuta crocuta</i>	1	• (1)	• (1)			• (1)				• (1)		• (1)	• (1)			• (1)	
Erdwolf	<i>Proteles cristatus</i>	1	• (1)	• (1)			• (1)				• (1)		• (1)	• (1)			• (1)	

HAMOR (1983)

Tabelle 9j. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Wildcaniden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies	Latein	n	Ration (% TS)							sV (%)								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
Caniden																		
Kojote	<i>Canis latrans</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)				• (1)		• (1)	• (1)				
Afr. Wildhund	<i>Lycaeon pictus</i>	1	• (1)	• (1)			• (1)				• (1)		• (1)	• (1)			• (1)	
Mähnenwolf	<i>Chrysocyon brachyurus</i>	1									• (1)		• (1)					
Silberfuchs	<i>Vulpes vulpes</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)								• (1)					
Rotfuchs	<i>Vulpes vulpes fulva</i>	2					• (2)				• (1)						• (2)	
Blaufuchs	<i>Alopex lagopus</i>	6	• (6)	• (5)	• (2)						• (3)		• (6)	• (5)				
Graufuchs	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	1	• (1)	• (1)			• (1)						• (1)	• (1)			• (1)	
Südamerikanischer Fuchs	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)				• (1)		• (1)				• (1)	

HARRIS et al. (1951), VOGTSBERGER & BARRETT (1973), LITVAITIS & MAUTZ (1976, 1980), HAMOR (1983), ROUVINEN et al. (1991), SZYMECZKO & SKREDE (1991), BALL & GOLIGHTLY (1992), AHLSTROM & SKREDE (1995, 1998), DAHLMAN et al. (2002), AHLSTROM et al. (2003), CHILDS-SANFORD (2005), SILVA et al. (2005)

Tabelle 9k. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Musteliden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies	Latein	n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----							
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca
Musteliden																	
Nerz	<i>Mustela vison</i>	22	• (18)	• (15)	• (1)		• (10)	• (1)		• (8)	• (2)	• (20)	• (15)			• (5)	
Frettchen	<i>Mustela putorius furo</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)					• (1)	• (1)	• (1)			
Schwarzfussfrettchen	<i>Mustela nigripes</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)			• (1)		• (1)	• (1)			• (1)	
Wiesel	<i>Mustela nivalis</i>	1					• (1)			• (1)							
Fischermararder	<i>Martes pennanti</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)			• (1)		• (1)	• (1)	• (1)		• (1)	
Dachs	<i>Taxidea taxus</i>	2	• (1)	• (1)						• (1)	• (1)		• (1)			• (1)	

LEOSCHKE (1959), SINCLAIR et al. (1962), ALLEN et al. (1964), ROBERTS & KIRK (1964), FARRELL & WOOD (1968), MORRIS et al. (1974), MOORS (1977), DAVISON et al. (1978), SKREDE (1978, 1979 a, b), AUSTRENG et al. (1979), GLEM-HANSEN (1980a, c), HARLOW (1981), CHWALIBOG et al. (1982), TAUSON (1988), PÖLÖNEN (2000), ROUVINEN (1991), HELLINGA et al. (1997), FEKETE et al. (2005), RUFF et al. (2007), WHITE et al. (2007)

Tabelle 9l. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Bären. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies	Latein	n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
Bären																		
Braunbär	<i>Ursus arctos</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)			• (1)								
Grizzlybär	<i>Ursus arctos horribilis</i>	3	• (3)	• (1)		• (3)	• (4)			• (5)		• (4)				• (4)		
Schwarzbär	<i>Ursus americanus</i>	3	• (3)	• (1)		• (2)	• (3)			• (2)		• (3)				• (3)		
Polarbär	<i>Ursus maritimus</i>	3	• (3)	• (3)	• (2)		• (1)	• (1)	• (1)	• (3)		• (3)	• (3)	• (2)		• (1)	• (1)	• (1)
Brillenbär	<i>Tremarctos ornatus</i>	1								• (1)		• (1)	• (1)		• (1)			

PATTON (1975), BEST (1985), BRODY & PELTON (1988), PRITCHARD & ROBBINS (1990), SWENSON et al. (1999), GOLDMAN et al. (2001), RODE et al. (2001), FELICETTI et al. (2003), JANSEN et al. (2003)

Tabelle 9m. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Meeressäugetieren. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies	Latein	n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
Meeressäugetiere																		
Gemeiner Seehund	<i>Phoca vitulina</i>	2	• (1)	• (1)							• (2)			• (1)				
Ringelrobbe	<i>Phoca hispida</i>	1									• (1)							
Sattelrobbe	<i>Phoca groenlandica</i>	4	• (2)	• (2)			• (4)	• (1)	• (1)	• (2)		• (1)	• (1)			• (3)	• (1)	• (1)
Kegelrobbe	<i>Halichoerus grypus</i>	1	• (1)	• (1)			• (1)			• (1)		• (1)	• (1)			• (1)		
Haw. Mönchsrobbe	<i>Monachus schauinslandii</i>	1	• (1)	• (1)			• (1)			• (1)		• (1)	• (1)			• (1)		
Krabbenfresserrobbe	<i>Lobodon carcinophagus</i>	1					• (1)									• (1)		
Stellerscher Seelöwe	<i>Eumetopias jubatus</i>	2		• (1)			• (1)			• (2)						• (2)		
Walross	<i>Odobenus rosmarus</i>	1	• (1)	• (1)			• (1)			• (1)		• (1)	• (1)			• (1)		
Zwergwal	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	1					• (1)									• (1)		

KEIVER et al. (1984a, b), RONALD et al. (1984), FISHER et al. (1992), MARTENSSON et al. (1994a, b), LAWSON et al. (1997a, b), GOODMAN-LOWE et al. (1999), ROSEN et al. (2000), ROSEN & TRITES (2000), TRUMBLE et al. (2003), TRUMBLE & CASTELLINI (2005)

Tabelle 9n. Übersicht über die Angabe von Roh Nährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Wildsuiden. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies	Latein	n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
			Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
Suiden																		
Hirscheher	<i>Babyrousa babyrussa</i>	4	• (2)	• (1)		• (4)				• (4)	• (1)	• (3)	• (2)	• (1)	• (4)			

CONKLIN et al. (1994), LEUS (1994), VAN WEES et al. (2000), SULLIVAN et al. (2003)

Tabelle 9a. Übersicht über die Angabe von Rohrnährstoffkonzentrationen und scheinbaren Verdaulichkeiten bei den Nagetieren. Die Zahlen in Klammern benennen die Anzahl der Quellen pro Spezies. Für die Spezies *Arbrothrix longipilis* konnte keine deutsche Speziesbezeichnung eruiert werden. Abkürzungslegende siehe Tabelle 9a

Spezies		n	----- Ration (% TS) -----							----- sV (%) -----								
Deutsch	<i>Latein</i>		Rp	Rfe	Rfa	TDF NDF ADF	GE	Ca	P	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	TDFND F ADF	GE	Ca	P
Nagetiere																		
Azara-Grasmaus	<i>Akodon azarae</i>	1	• (1)			• (1)				• (1)		• (1)		• (1)				
Maus	<i>Mus musculus</i>	1	• (1)							• (1)		• (1)				• (1)		
Feldmaus	<i>Microtus arvalis</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)			• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)		
Rötelmaus	<i>Clethrionomys glareolus</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)			• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)		
Brandmaus	<i>Apodemus agrarius</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)			• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)		
Gelbhalbmaus	<i>Apodemus flavicollis</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)			• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)		• (1)		
Kleine Taschenmaus	<i>Perognathus parvus</i>	1								• (1)								
Westliche Erntemaus	<i>Reithrodontomys megalotis</i>	1								• (1)								
Kleines Streifenhörnchen	<i>Eutamias minimus</i>	1								• (1)								
Townsend-Ziesel	<i>Spermophilus townsendii</i>	1								• (1)								
Nördliche Grashüpfermaus	<i>Onychomys leucogaster</i>	1								• (1)								
Weißschwanz-Antilopenziesel	<i>Ammospermophilus leucurus</i>	1	• (1)				• (1)			• (1)		• (1)				• (1)		
Gerbil	<i>Meriones unguiculatus</i>	1	• (1)	• (1)		• (1)	• (1)			• (1)		• (1)	• (1)		• (1)	• (1)		
	<i>Arbrothrix longipilis</i>	1	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)	• (1)			• (1)		• (1)			• (1)	• (1)		
Baumwollratte	<i>Sigmodon hispidus</i>	1								• (1)							• (1)	• (1)
Pazifische Ratte	<i>Rattus exulans</i>	1	• (1)			• (1)	• (1)			• (1)		• (1)			• (1)	• (1)		
Bisamratte	<i>Ondatra zibethicus</i>	2	• (2)			• (2)	• (2)			• (2)		• (2)			• (2)	• (2)		

DROZDZ (1968), KAUFMAN et al. (1976), GARRISON et al. (1978), SCHREIBER (1979), KARASOV (1982), KEITH & BELL (1988), CAMPBELL & MacARTHUR (1994), BOZINOVIC & MUNOZ-PEDREROS (1995), CAMPBELL & MacARTHUR (1996), PEI et al. (2001), DEL VALLE et al. (2004)

3.5 Auswertung

Die Auswertung der Daten wurde anhand der Berechnung von Regressionsgleichungen in EXCEL durchgeführt. Je nach Datenlage wurden dabei die Tierarten in den oben aufgeführten Gruppen, nach einzelnen Spezies, und nach Speziesmittelwerten ausgewertet. Folgende Prinzipien kamen zur Anwendung:

Aufnahme von Trockensubstanz und verdaulicher Energie

Die Aufnahme von Trockensubstanz und verdaulicher Energie wurde in Abhängigkeit von der Körpermasse dargestellt. Für den Zusammenhang wurden keine Erwartungen an die Ergebnisse gestellt.

Da es sich hierbei um eine allometrische Beziehung handelt, wurde sie logarithmisch dargestellt.

Beeinflussung der scheinbaren Verdaulichkeit durch Faserparameter

Es wurde eine Abnahme der sV der Rohnährstoffe bei Zunahme der jeweiligen Faserkonzentration bei allen untersuchten Spezies erwartet.

Ziel war hier, herauszufinden, welche Wildtierspezies ähnliche Beeinflussbarkeit der scheinbaren Nährstoffverdaulichkeit wie die Vergleichsspezies aufwiesen. Der Zusammenhang wurde linear dargestellt. Verschiedene Autoren stellten unterschiedliche Regressionen je nach Fasermenge und untersuchter Spezies auf. Die Regressionen dieser Studie wurden mit den folgenden verglichen:

Beim Hund:

(KIENZLE et al. 1998) (Rfa 0,0 bis 15 %TS):

- $sV_{oS} (\%) = 90,70 - 1,56 \cdot Rfa (\%TS)$
- $sV_{GE} (\%) = 91,21 - 1,43 \cdot Rfa (\%TS)$

Bei der Katze:

(KIENZLE et al. 1998)

- $sV_{oS} (\%) = 88,21 - 1,14 \cdot Rfa (\%TS)$
- $sV_{GE} (\%) = 87,80 - 0,88 \cdot Rfa (\%TS)$

Beim Schwein:

(DROCHNER 1984) (Rfa bis 14%TS):

- $sV_{oS} (\%) = 92,24 - 1,86 \cdot Rfa (\%TS)$

(NOBLET & PEREZ 1993) (NDF bis 11%TS)

- $sV_{GE} (\%) = 96,40 - 0,108 \cdot NDF (\%TS)$

Zusammenhang von Gehalt an Nährstoff und Gehalt an verdaulichem Nährstoff im Futter

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten, den Einfluss des Gehaltes eines Nährstoffes auf seine scheinbare Verdaulichkeit darzustellen (ROBBINS 1993).

Man kann den Nährstoffgehalt seiner scheinbaren Verdaulichkeit direkt gegenüberstellen wie in Abbildung 3 dargestellt. So ist die jeweilige scheinbare Verdaulichkeit des Nährstoffes bei der entsprechenden Nährstoffkonzentration direkt ersichtlich und es kommt bei hohen Nährstoffgehalten zu einer Annäherung von wahrer und scheinbarer Verdaulichkeit.

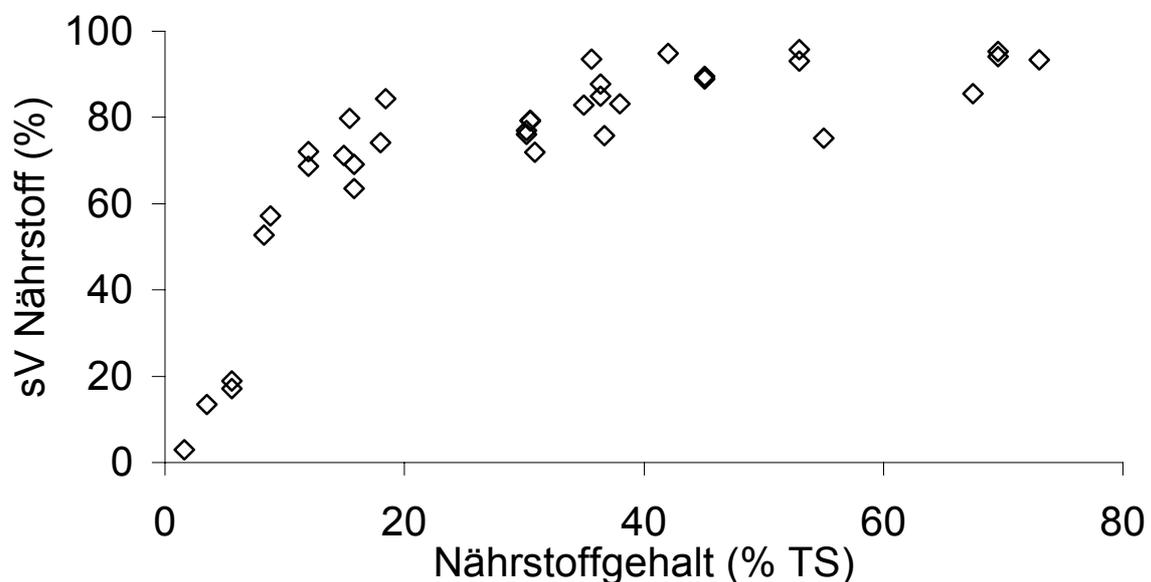


Abbildung 3. Abhängigkeit der sV von Rp (%) vom Rp-Gehalt (% TS) des Futters, ermittelt in Verdaulichkeitsversuchen bei den Spezies Polarbär, Grizzlybär und Schwarzbär (BEST 1985, PRITCHARD & ROBBINS 1990, RODE et al. 2001, FELICETTI et al. 2003)

Die zweite Möglichkeit besteht darin, den Nährstoffgehalt dem Gehalt an verdaulichem Nährstoff gegenüberzustellen wie in Abbildung 4.

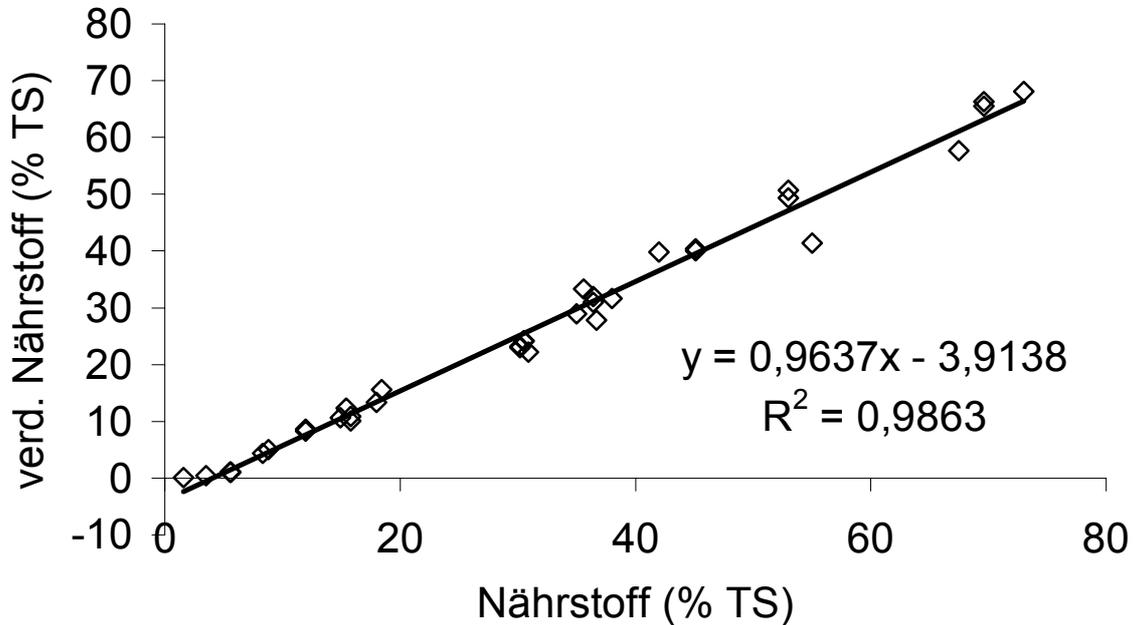


Abbildung 4. Abhängigkeit des Gehaltes an verdaulichem Rp (% TS) vom Gesamt-Rp-Gehalt (% TS) des Futters, ermittelt in Verdaulichkeitsversuchen bei den Spezies Polarbär, Grizzlybär und Schwarzbär (BEST 1985, BRODY & PELTON 1988, PRITCHARD & ROBBINS 1990, RODE et al. 2001, FELICETTI et al. 2003)

Unter der Annahme, dass die wahre Verdaulichkeit des Nährstoffes bei unterschiedlichen Nährstoffgehalten gleich bleibt, nähert sich die Steigung der wahren Verdaulichkeit an und der Schnittpunkt mit der y-Achse entspricht den endogenen Verlusten pro 100 g TS-Aufnahme.

Einfluss der Körpermasse auf die sV der TS

Es sollte überprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen Körpermasse und scheinbarer Verdaulichkeit bei den carnivoren Spezies besteht. Es wurden keine Erwartungen an die Ergebnisse gestellt. Der Zusammenhang wurde linear dargestellt.

Energiebewertung

Hier sollte überprüft werden, ob die Gehalte an Energie in den Rationen der untersuchten Wildtiere mit Hilfe von Schätzformeln zur Energieberechnung bei Hund, Katze, Ratte und Schwein zuverlässig vorausgesagt werden können. Überprüft wurden folgende Formeln:

Für die carnivoren Spezies:

Formel (DE) für hausgemachte Rationen bei Hunden (berechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Hunden (NRC 2006, Nutrient Requirements of Dogs and Cats)¹ (Formel 1):

- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02141 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03767 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01674 \cdot g \text{ NfE})$

Formel (DE) für kommerzielle Futter bei Hunden (NRC 2006, Nutrient Requirements of Dogs and Cats, bis zur Stufe der DE, anwendbar für kommerzielle Hundefutter, $R_{fa} < 8\% \text{TS}$) (Formel 2):

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02385 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03934 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01717 \cdot (g \text{ NfE} + g \text{ Rfa}))$
- $sV \text{ GE (\%)} = 91,2 - (1,43 \cdot R_{fa} (\% \text{TS}))$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \cdot sV \text{ GE} / 100$

Formel (DE) für hausgemachte Rationen bei Katzen (berechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Katzen (NRC 2006, Nutrient Requirements of Dogs and Cats)² (Formel 3):

- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02141 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03557 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01674 \cdot g \text{ NfE})$

¹ Errechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Hunden (NRC 2006). Addition der renalen Energieverluste pro g verdaulichem Rp (5,2 kJ/g vRp) zur ME (MJ/kg TS).

² Errechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Katzen (NRC 2006). Addition der renalen Energieverluste pro g verdaulichem Rp (5,2 kJ/g vRp) zur ME (MJ/kg TS).

Formel (DE) für kommerzielle Futter bei Katzen (NRC 2006, Nutrient Requirements of Dogs and Cats, bis zur Stufe der DE, anwendbar für kommerzielle Katzenfutter, $R_{fa} < 8\%TS$) (Formel 4):

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02385 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03934 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01717 \cdot (g \text{ NfE} + g \text{ Rfa}))$
- $sV \text{ GE (\%)} = 87,9 - (0,88 \cdot R_{fa}(\%TS))$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \cdot sV \text{ GE} / 100$

Formel (ME) für hausgemachte Rationen bei Hunden (NRC 2006, Nutrient Requirements of Dogs and Cats) (Formel 5)

- $ME \text{ (MJ/kg TS)} = (0,01674 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03767 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01674 \cdot g \text{ NfE})$

Formel (ME) für kommerzielle Futter bei Hunden (NRC 2006, Nutrient Requirements of Dogs and Cats, anwendbar für kommerzielle Hundefutter, $R_{fa} < 8\%TS$) (Formel 6)

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02385 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03934 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01717 \cdot (g \text{ NfE} + g \text{ Rfa}))$
- $sV \text{ GE (\%)} = 91,2 - (1,43 \cdot R_{fa} (\%TS))$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \cdot sV \text{ GE} / 100$
- $ME \text{ (MJ/kg TS)} = DE \text{ (MJ/kg TS)} - (0,00434 \text{ (MJ/g)} \cdot g \text{ Rp})$

Formel zur Berechnung der ME (MJ/kg TS) anhand der experimentell ermittelten DE (MJ/kg TS)

- $ME \text{ (MJ/kg TS)} = DE \text{ (MJ/kg TS)} - (0,0052 \text{ (MJ/g)} \cdot g \text{ vRp})$

Für die omnivoren Spezies:

Formel für konventionelle Rattenhaltungsfutter (SCHUG 2005), Gültigkeitsbereich: $R_p 15 - 25 \%TS$, $R_{fe} < 7 \%TS$, $R_{fa} < 7 \%TS$, (Formel 7):

- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = ((17 \cdot g \text{ Rp}) + (27 \cdot g \text{ Rfe}) + (14,3 \cdot g \text{ NfE}) + (4,2 \cdot g \text{ Rfa})) / 100$

Formel für konventionelle Rattenfutter (SCHUG 2005), Gültigkeitsbereich: Rp 15 – 25 %TS, Rfe < 7 %TS, Rfa < 7 %TS, (Formel 8):

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (23,9 \cdot g \text{ Rp}) + (39,8 \cdot g \text{ Rfe}) + (17,5 \cdot g \text{ NfE}) + (20,1 \cdot g \text{ Rfa}) / 100$
- $sV \text{ GE (\%)} = 86,88 - (1,97 \cdot \text{Rfa (\%TS)})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \cdot sV \text{ GE (\%)} / 10$

Formel für halbsynthetische Rattenfutter (SCHUG 2005), Gültigkeitsbereich: Rp 15 – 25 %TS, Rfe < 7 %TS, Rfa < 7 %TS, (Formel 9):

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = ((23,9 \cdot g \text{ Rp}) + (39,8 \cdot g \text{ Rfe}) + (17 \cdot g \text{ NfE}) + (17 \cdot g \text{ Rfa})) / 100$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \cdot 0,95$

Formel für Mischfuttermittel bei Schweinen (ALP 2004), Gültigkeitsbereich: Rp 10 – 24 % in der TS, Rfe 1 – 13 % in der TS, Rfa 1 – 8 % in der TS) (Formel 10):

- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = -16,691 \cdot \text{kg Rp} + 26,992 \cdot \text{kg Rfe} - 25,291 \cdot \text{kg Rfa} + 16,0852 \cdot \text{kg NfE} - 433,463 \cdot \text{kg Rfa}^2 + 73,372 \cdot \text{kg Rp} \cdot \text{kg Rfe} + 301,491 \cdot \text{kg Rp} \cdot \text{kg Rfa} + 46,321 \cdot \text{kg Rp} \cdot \text{kg NfE}$

4 Ergebnisse und Diskussion

Es wurden insgesamt 1142 Artikel gesammelt, von denen 138 für den vorgesehenen Zweck brauchbare Daten für die Wildtiere enthielten und ausgewertet wurden. Insgesamt wurden 120 Tierarten untersucht, wobei für 16 Spezies nur Verdaulichkeitswerte ohne Nährstoffkonzentrationen angegeben wurden.

Im Folgenden soll zuerst ein Überblick über die aus den gesammelten Daten errechneten Zusammenhänge in der Beeinflussung der Aufnahme an TS und DE und der Beeinflussung der sV bestimmter Roh Nährstoffe gegeben werden (Abbildungen 5 bis 31, Tabellen 10 bis 27).

Dann folgen die Ergebnisse (Tabellen 28 bis 35, Abbildungen 32 bis 41) und Diskussion über die Durchführbarkeit einer Energiebewertung anhand der überprüften Formeln bei den verschiedenen Spezies.

4.1 Einfluss der Körpermasse auf die TS-Aufnahme und DE-Aufnahme

4.1.1 Ergebnisse zum Einfluss der Körpermasse auf die TS-Aufnahme und DE-Aufnahme

In Abbildung 5 ist der Zusammenhang zwischen der KM (kg) und der TS-Aufnahme (kg/d) logarithmisch dargestellt.

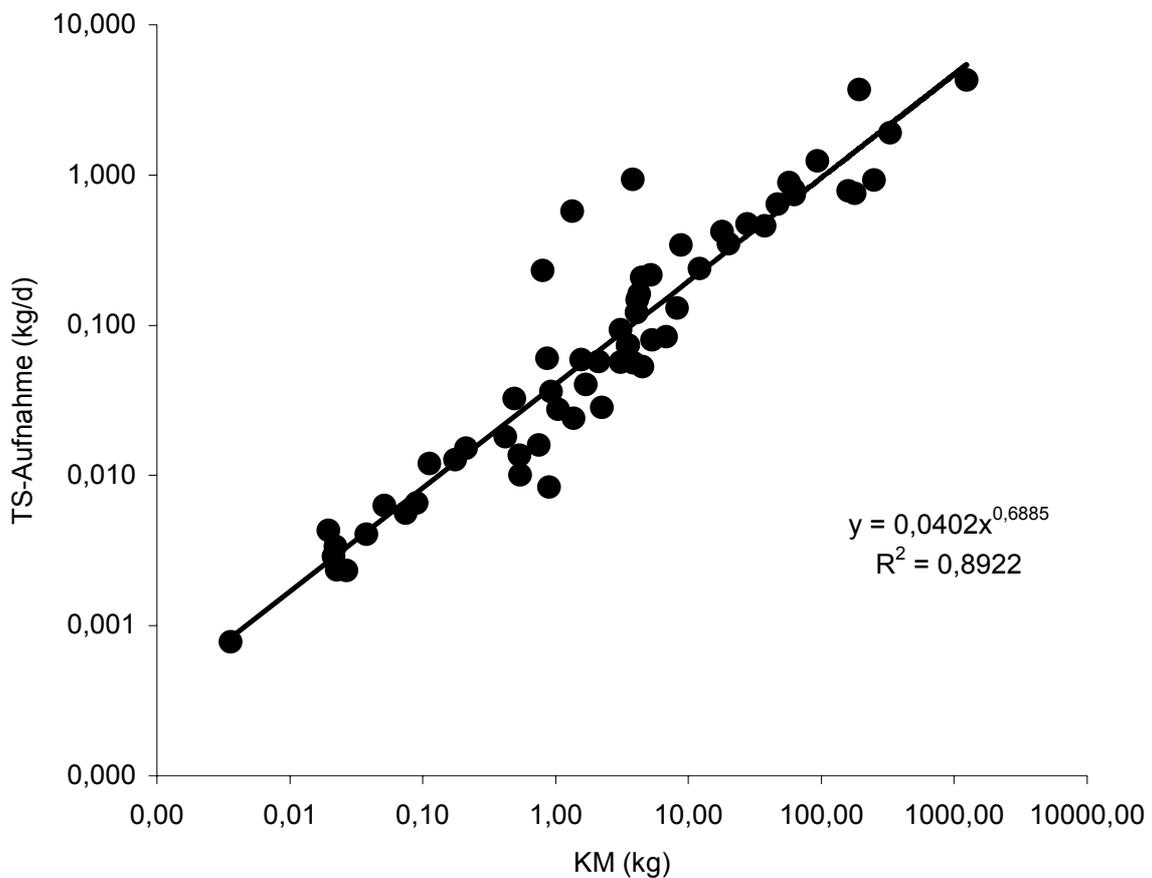


Abbildung 5. Zusammenhang von Körpermasse (KM, kg) und der in Verdauungsstudien gemessenen Aufnahme an Trockensubstanz (TS, kg) der Art: $TS\text{-Aufnahme (kg/d)} = a \cdot KM\text{ (kg)}^b$ bei 51 carni- und omnivoren Säugetierspezies, sowie den 3 Vergleichsspezies Katze, Hund und Ratte (ein Mittelwert pro Spezies). Die 3 Outlier, die deutlich nach oben von der Punktwolke abweichen, sind der Graukopfflughund (Fledertiere), der Tüpfelbeutelmarder und der Tasmanische Teufel (beide Beuteltiere). Die Spezies sind in Tab. 10b aufgelistet.

Aus der graphischen Darstellung lassen sich die in Tabelle 10a dargestellten Regressionsgleichungen ($y=a*x^b$) ableiten.

Tabelle 10a. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang Körpermasse (kg) – TS-Aufnahme (kg/d): $TS\text{-Aufnahme (kg/d)}=a*KM (kg)^b$ für die Mittelwerte der Spezies

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	KM-Bereich (kg)
Mittelwerte aller Spezies	73	54	0,040	0,689	0,89	0,0036 - 1324,0

SINCLAIR et al. (1962), GRIFFITHS (1965), ROBBINS & GAVAN (1966), DROZDZ (1968), BARRETT (1969), LITVAITIS & MAUTZ (1976), DAVISON et al. (1978), GARRISON et al. (1978), GREEN & EBERHARD (1979), SKREDE (1979), WITTMAYER MILLS (1980), WILLIAMS & SENIOR (1981), KARASOV (1982), KENDALL et al. (1982), HACKENBURGER & ATKINSON (1983), CONKLIN et al. (1984), CAMPBELL & MacARTHUR (1996), RONALD et al. (1984), BEST (1985), STELLER (1986), MILTON & DEMMENT (1988, 1989), WOODALL & CURRIE (1989), CARRE et al. (1990), FAHEY et al. (1990a, b), PRITCHARD & ROBBINS (1990), BALL & GOLIGHTLY (1992), FISHER et al. (1992), LAW (1992), PRICE (1992), KIENZLE (1993a, b), ZENTEK & MEYER (1993), LEUS (1994), MOYLE et al. (1995), SUNVOLD et al. (1995a), ZHAO et al. (1995), MUIR et al. (1996), CAMPBELL et al. (1997, 1999, 2004), CRISSEY et al. (1997), GRAFFAM et al. (1998), EDWARDS & ULLREY (1999), GOODMAN-LOWE et al. (1999), McCLELLAND et al. (1999), MURRAY et al. (1999), BEDNAR et al. (2000), DIERENFELD & SEYJAGAT (2000), GIBSON & HUME (2000, 2002), VAN WEES et al. (2000), CLAPPER et al. (2001), EDWARDS et al. (2001), FEKETE et al. (2001), KIENZLE et al. (2001), PEI et al. (2001), TAUSON et al. (2001), DAHLMAN et al. (2002), NORCONK et al. (2002), AHLSTROM et al. (2003), ARMATO et al. (2003), FELICETTI et al. (2003), FLICKINGER et al. (2003), JANSEN et al. (2003), OLDENHAGE (2003), TRUMBLE et al. (2003), COOPER & WITHERS (2004), QUIGLEY et al. (2004), ZENTEK et al. (2004), DUST et al. (2005), FEKETE et al. (2005), SCHUG (2005), YUNAGKLANG et al. (2005), SILVA et al. (2005),

Tabelle 10b listet die Spezies auf, deren Daten in den oben genannten Zusammenhang aufgenommen wurden.

Tabelle 10b. Spezies, für die der Zusammenhang KM (kg) – TS-Aufnahme (kg/d) in Abb. 5 dargestellt wurde.

Gruppe	Spezies
Monotremata	Australien-Kurzschnabeligel
Beuteltiere	Grosser Kurznasenbeutler, Grosser Kaninchennasenbeutler, Grosser Langnasenbeutler, Ameisenbeutler, Tasmanischer Teufel, Tüpfel- beutelmarde/Quoll
Spitzmäuse	Elephantenrüsselspringer, Nordamerikanische Kleinohrspitzmaus
Igel	Afrikanischer Weissbauchigel
Fledertiere	Australische Blütenfledermaus, Graukopfflughund, Kalong, Insel- Flughund, Goldmantel-Flughund
Primaten	Larvensifaka, Tattersall-Sifaka, Roter Vari, Schwarzweisser Vari, Schimpanse, Weißkopfsaki, Geoffroy-Pinselaffe, Rhesusaffe
Feliden	Löwe, Tiger, Schneeleopard, Sandkatze, Caracal, Bengalkatze
Caniden	Polarfuchs, Graufuchs, Rotfuchs, Südamerikanischer Fuchs
Musteliden	Nerz, Fischermarder, Frettchen, Wiesel
Bären	Polarbär, Grizzlybär
Meeressäugetiere	Kegelrobbe, Hawaiianische Mönchsrobbe, Walross, Gemeiner Seehund
Hirscheber	Hirscheber
Nagetiere	Feldmaus, Rötelmaus, Brandmaus, Gelbhalsmaus, Gerbil, Bisamratte, Weißschwanz-Antilopenziegel
Katze	Katze
Hund	Hund
Ratte	Ratte

Abbildung 6 zeigt die Korrelation zwischen KM (kg) und Aufnahme von DE (MJ/d).

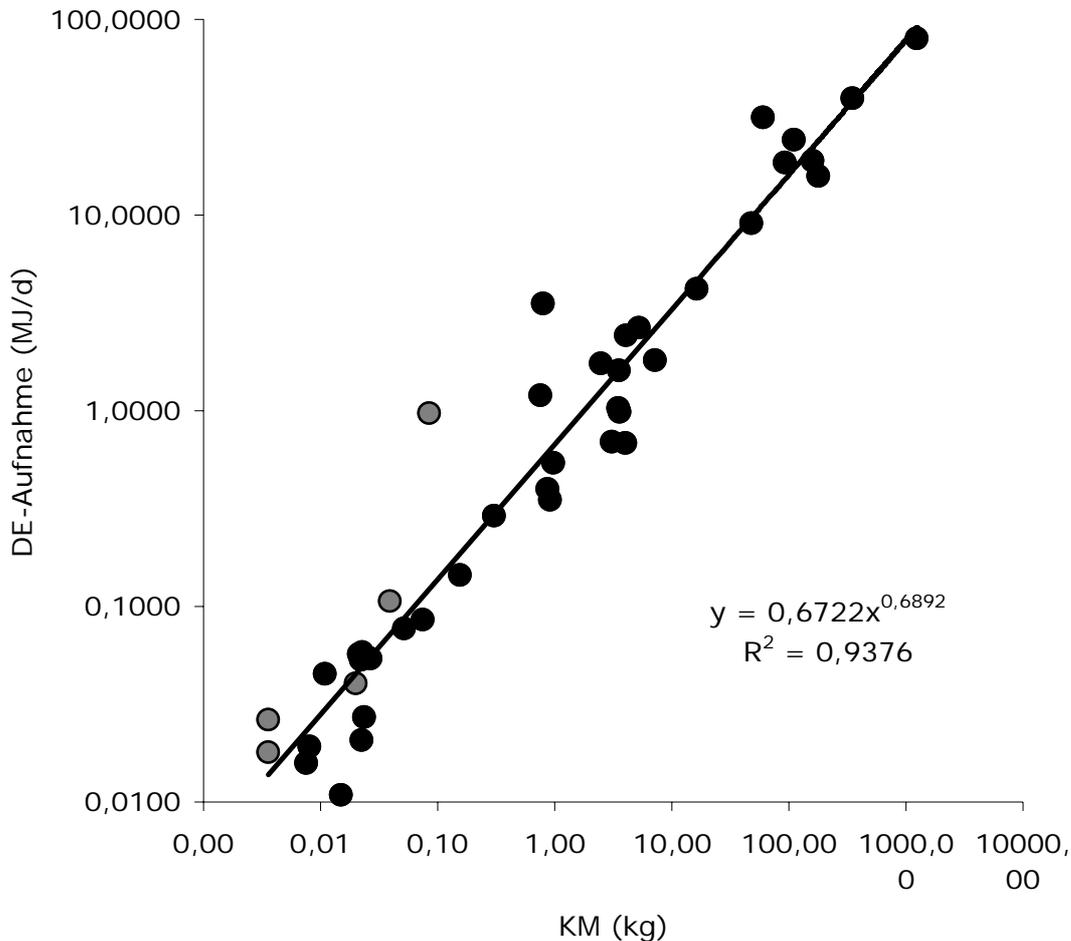


Abbildung 6. Zusammenhang von Körpermasse (KM, kg) und der in Verdauungsstudien gemessenen Aufnahme an verdaulicher Energie (DE, MJ/d) der Art: $DE\text{-Aufnahme (MJ/d)} = a \cdot KM\text{ (kg)}^b$ bei 27 carni- und omnivoren Säugetierspezies, sowie den Vergleichsspezies Katze, Hund und Ratte (Pro Spezies ein Mittelwert). Es gab 5 Outlier (4 Spitzmausspezies, 1 Ziesel), hier grau dargestellt, die nach Korrektur durch Multiplikation mit dem Faktor 1000 im Bereich der Werte der anderen Spezies liegen, so dass angenommen wurde, dass es sich bei diesen Daten um Rechenfehler oder Fehler in der Angabe der Einheit handelte. Die zwei Outlier nach oben sind das Weißschwanz-Antilopenziesel (Nagetiere) und die Brillenblattnase (Fledertiere).

Aus den Daten der Abbildung 6 wurde die folgende Regressionsgleichung ($y = a \cdot x^b$) in Tabelle 11a abgeleitet.

Tabelle 11a. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang Körpermasse (kg) – DE-Aufnahme (MJ/d): $DE\text{-Aufnahme (MJ/d)} = a \cdot KM \text{ (kg)}^b$ für die Mittelwerte der Spezies

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	A	b	R ²	KM-Bereich (kg)
Mittelwerte aller Spezies	44	30	0,67	0,69	0,94	0,008 – 1324,0

BUCKNER (1964), GOLLEY (1965), BRISBIN (1966), DROZDZ (1968), BARRETT (1969), O'FARRELL et al. (1971), PAGELS & BLEM (1973), LITVAITIS & MAUTZ (1976), DAVISON et al. (1978), GARRISON et al. (1978), BALAKRISHNAN & ALEXANDER (1979), KARASOV (1982), HARLOW (1981), CHWALIBOG et al. (1982), KENDALL et al. (1982), RONALD et al. (1984), BEST (1985), HERBST (1986), SMITH & GREEN (1987), PRITCHARD & ROBBINS (1990), BALL & GOLIGHTLY (1992), FISHER et al. (1992), CAMPBELL & MacARTHUR (1994), MOYLE et al. (1995), SABAT et al. (1995), ZHAO et al. (1995), CAMPBELL et al. (1997, 1999), LAWSON et al. (1997a, b), GOODMAN-LOWE et al. (1999), McCLELLAND et al. (1999), MURRAY et al. (1999), BEDNAR et al. (2000), GIBSON & HUME (2000, 2002), BRADSHAW & BRADSHAW (2001), KIENZLE et al. (2001), PEI et al. (2001), FELICETTI et al. (2003), OLDENHAGE (2003), RIOND et al. (2003), QUIGLEY et al. (2004), TRUMBLE & CASTELLINI (2005), SILVA et al. (2005)

In Tabelle 11b sind die Spezies aufgelistet, für die der Zusammenhang zwischen Körpermasse und DE-Aufnahme dargestellt wurde.

Tabelle 11b. Spezies, für die der Zusammenhang KM (kg) – DE-Aufnahme (MJ/d) in Abb. 6 dargestellt wurde.

Gruppe	Spezies
Fledertiere	Kleine Braunfledermaus, Grosse Braunfledermaus, Weißgraue Fledermaus, Brillenblattnase
Primaten	Larvensifaka, Tattersall-Sifaka
Feliden	Luchs
Caniden	Graufuchs, Rotfuchs, Südamerikanischer Fuchs
Musteliden	Dachs, Fischermarder
Bären	Polarbär, Grizzlybär, Schwarzbär
Meeressäugetiere	Kegelrobbe, Hawaiianische Mönchsrobbe, Sattelrobbe, Walross, Gemeiner Seehund
Nagetiere	Feldmaus, Rötelmaus, Brandmaus, Gelbhalsmaus, Gerbil, Bisamratte, Pazifische Ratte
Katzen	Katze
Hunde	Hund
Ratten	Ratte

4.1.2 Diskussion zum Einfluss der Körpermasse auf die TS-

Aufnahme und DE-Aufnahme

Zusammenhang zwischen Körpermasse und täglicher TS-Aufnahme

Die tägliche TS-Aufnahme (kg) verhielt sich in den gesammelten Untersuchungsdaten proportional zur Körpermasse^{0,69} mit einer Korrelationsstärke von 0,89, wenn alle Speziesmittelwerte adulter Tiere berücksichtigt wurden. Dabei ergab sich überraschenderweise ein einheitliches Bild, da die Aufnahme an Energie bei Aufnahme gleicher Mengen an TS in Abhängigkeit von der Art des Futters stark differieren kann.

KLEIBER (1932, 1961) errechnete einen Exponenten von 0,75 für alle homeothermen Tiere zur Darstellung der Korrelation von Körpergröße und Energieumsatz, während BRODY et al. (1934) einen Exponenten von 0,73 für richtig befanden. Der Exponent 0,69, der aus der Auswertung der gesammelten Literaturdaten errechnet wurde, liegt am nächsten an dem von HEUSNER (1982) von 0,67, der aber davon ausging, dass die Körper trotz unterschiedlicher Größe geometrisch gleichartig aufgebaut seien und der Energiebedarf vor allem eine Funktion des Wärmeverlustes über die Oberfläche sei.

Ausreisser nach oben waren aus der Gruppe der Beuteltiere der Tasmanische Teufel und der Tüpfelbeutelmarde. Die Daten für beide Tierspezies stammen aus den Versuchen von GREEN & EBERHARD (1979). Die Versuchstiere wurden mit Ratten als Ganzkörperration gefüttert. Bei beiden Spezies wurde eine vergleichsweise niedrige scheinbare Verdaulichkeit der TS von nur 79,1 % und 81,2 % für den Tasmanischen Teufel und den Tüpfelbeutelmarde erzielt, so dass die höhere TS-Aufnahme einerseits zur Kompensation der niedrigeren TS-Verdaulichkeit gedient haben könnte, oder andererseits als unphysiologisch hohe Futteraufnahme zu einer Verminderung der Verdauungsleistung geführt haben könnte.

Auch der Graukopfflughund weicht deutlich nach oben von der Punktwolke ab. Die Werte stammen aus einem Versuch von STELLER (1986), in dem die Tiere mit Feigen oder Äpfeln ernährt wurden. Hier betrug die scheinbare Verdaulichkeit des Rp nur 68,4 % bzw. 42,8 % für Feigen und Äpfel, wobei auch die scheinbare Verdaulichkeit der TS von 69,7 % für die Feigen relativ gering war. Hier gelten die gleichen Überlegungen wie bei den anderen Ausreissern.

Zusammenhang zwischen Körpermasse und täglicher DE-Aufnahme

Bei Berücksichtigung aller Mittelwerte pro Spezies, ergab sich auch für den Zusammenhang zwischen Körpermasse und täglicher Aufnahme an DE (MJ) ein einheitliches Bild. Die DE-Aufnahme verhielt sich hier ebenfalls proportional zur Körpermasse^{0,69} mit einer Korrelationsstärke von 0,94.

Ausreisser nach oben waren die Brillenblattnase und das Weißschwanz-Antilopenziesel.

Die Daten für die Brillenblattnase entstammen den Versuchen von HERBST (1986). Die Tiere wurden rein pflanzlich gefüttert und wiesen niedrige scheinbare TS-Verdaulichkeiten (57,6% - 58,3%) und negative scheinbare Rp-Verdaulichkeiten auf, so dass die Tiere wahrscheinlich versuchten, Defizite in der Ration durch erhöhte Futteraufnahme auszugleichen.

Die Werte für das Weißschwanz-Antilopenziesel stammen aus den Versuchen von KARASOV (1982). Die hohe DE-Aufnahme beruhte hier einerseits auf der Aufnahme des energiereichsten Futters. Andererseits nahmen die Tiere pflanzliches Futter mit schlechter scheinbarer Trockensubstanz- und Rohproteinverdaulichkeit auf, so dass die erhöhte Futteraufnahme und damit erhöhte DE-Aufnahme bei diesen Tieren wahrscheinlich kompensatorisch bedingt war.

Nach unten weichen die Werte für die Grosse Braunfledermaus (PAGELS & BLEM 1973) von der restlichen Punktwolke ab. Die Versuche wurden bei unterschiedlichen Temperaturen zwischen 9°C und 27°C durchgeführt, wobei sich die Tiere bei Verlassen des kalten Bereichs häufig in einem torporähnlichen Zustand befanden und infolgedessen die Futteraufnahme bei diesen auch geringer ausfiel.

Da sowohl die TS- als auch die DE-Aufnahme speziesübergreifend anhand der Körpermasse^{0,69} berechnet werden konnten und in der Höhe in vergleichbarer Größenordnung wie der Erhaltungsbedarf domestizierter Spezies lagen, erscheint die Durchführung einer gemeinsamen Energiebewertung plausibel zu sein.

4.2 Einfluss der Konzentration verschiedener Faserparameter auf die scheinbare Verdaulichkeit von Energie und Rohnährstoffen

4.2.1 Ergebnisse des Einflusses von Rfa auf die sV von Energie und Rohnährstoffen

Im Folgenden ist der Einfluss der Faser nur bei den Tiergruppen dargestellt, bei denen sich ein Zusammenhang darstellen liess. Häufig war dies aufgrund von mangelnder Variation in der Rfa-Konzentration nicht möglich.

In den Abbildungen 7 bis 9 ist der Einfluss der Rfa-Konzentration auf die scheinbare TS-Verdaulichkeit für hausgemachte Rationen auf Fleischbasis, Trockenfutter und Futter pflanzlichen Ursprungs dargestellt. Hier wurde der Zusammenhang bei allen Spezies, für die Daten zur Verfügung standen, hergestellt. Die Daten von Caniden- und Mustelidenspezies wurden zusammengefasst, da sie jeweils im selben Bereich lagen.

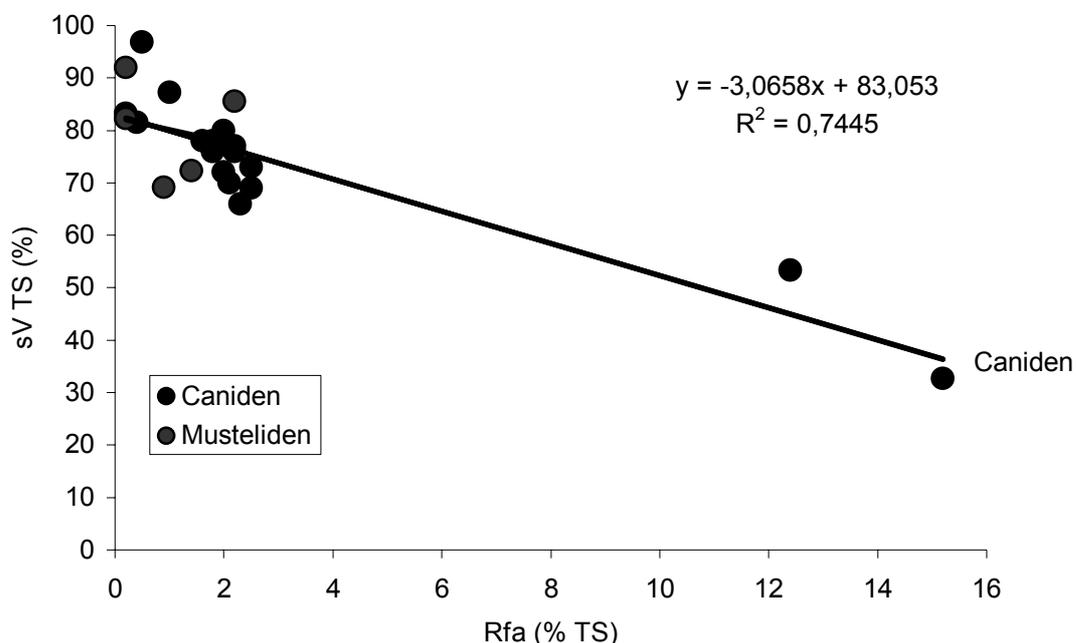


Abbildung 7. Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung von hausgemachten Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den fünf carni- und omnivoren Spezies Kojote, Blaufuchs, Südamerikanischer Fuchs, Fischermarder und Schwarzfussfrettchen.

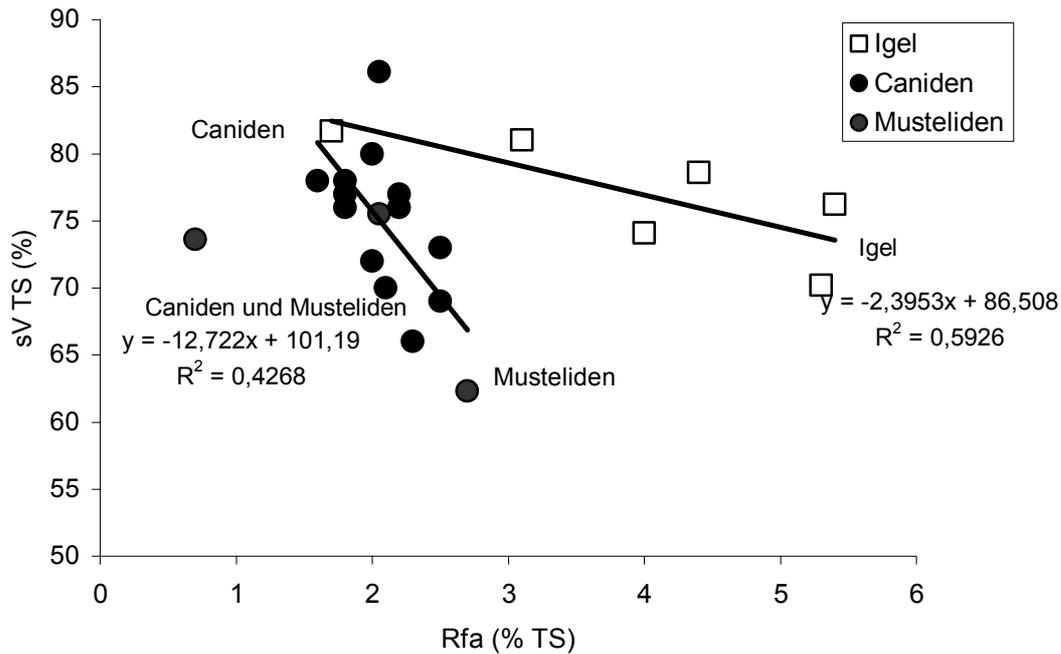


Abbildung 8. Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung von Trockenfutter, ermittelt bei den vier carni- und omnivoren Spezies Igel, Blaufuchs, Nerz und Schwarzfussfrettchen. Bei den Musteliden ergab sich ein Ausreisser aus der Fütterung eines Carnivorenmixes an Schwarzfussfrettchen. Der Grund der schlechten sV konnte anhand der Futterzusammensetzung nicht geklärt werden. Aufgrund des deutlichen Abweichens von den restlichen Caniden- und Mustelidenwerten, wurde dieser Datenpunkt bei der Regression ausser Acht gelassen.

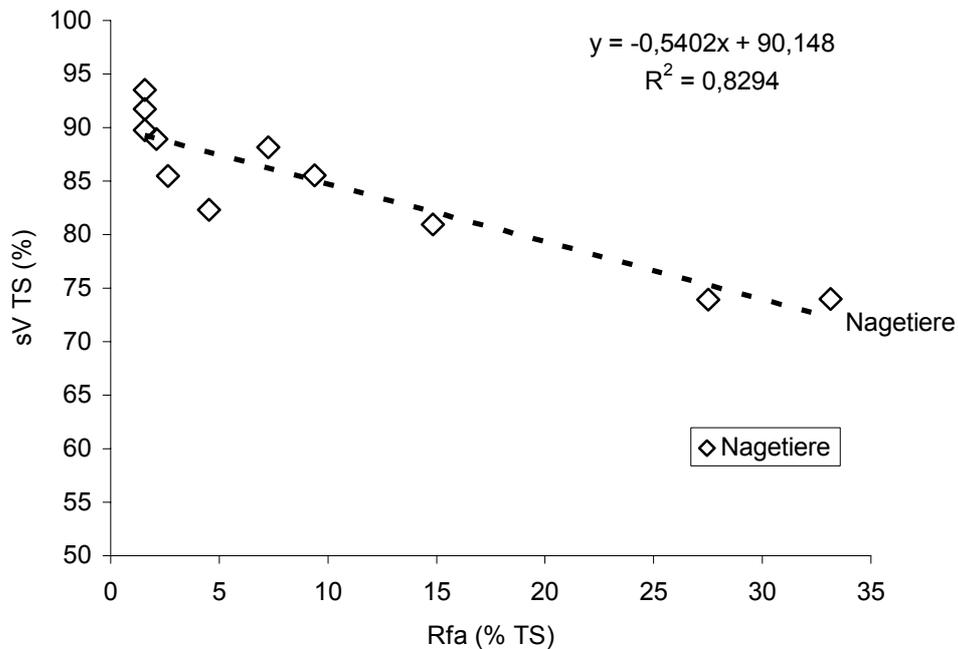


Abbildung 9. Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den vier omnivoren Spezies Feldmaus, Brandmaus, Rötelmaus und Gelbhalsmaus.

In folgender Tabelle 12 sind die Regressionsgeraden für den graphisch dargestellten Zusammenhang ($y=a+b*x$) aufgeführt.

Tabelle 12. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ TS\ (\%)=a+b*Rfa$ (% TS), in Abhängigkeit von der Art der Nahrung.

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	Rfa-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleischbasis						
Caniden und Musteliden	5	5	83,05	-3,07	0,74	0,2 – 15,2
Trockenfutter						
Igel	1	1	86,51	-2,40	0,59	1,7 - 5,4
Caniden und Musteliden	4	3	101,19	-12,72	0,43	0,7 - 2,7
Getreide und pflanzliche Futter						
Nagetiere	1	4	90,15	-0,54	0,83	1,6 - 33,1

DROZDZ (1968), DAVISON et al. (1978), LITVAITIS & MAUTZ (1980), HELLINGA et al. (1997), LANDES et al. (1997), AHLSTROM & SKREDE (1998), DAHLMAN et al. (2002), SILVA et al. (2005)

In Abbildung 10 ist der Einfluss der Rfa-Konzentration des Futters auf die scheinbare Verdaulichkeit von Rp bei Caniden bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis dargestellt. Die daraus resultierenden Regressionsgleichungen finden sich in Tabelle 13. Für die Gruppe der Musteliden liess sich hier aufgrund der geringen Breite der Rfa-Konzentration kein Zusammenhang zeigen. Die Daten lagen hier auch nicht in der Punktwolke der Caniden und wurden deshalb auch nicht in die Canidenregression integriert.

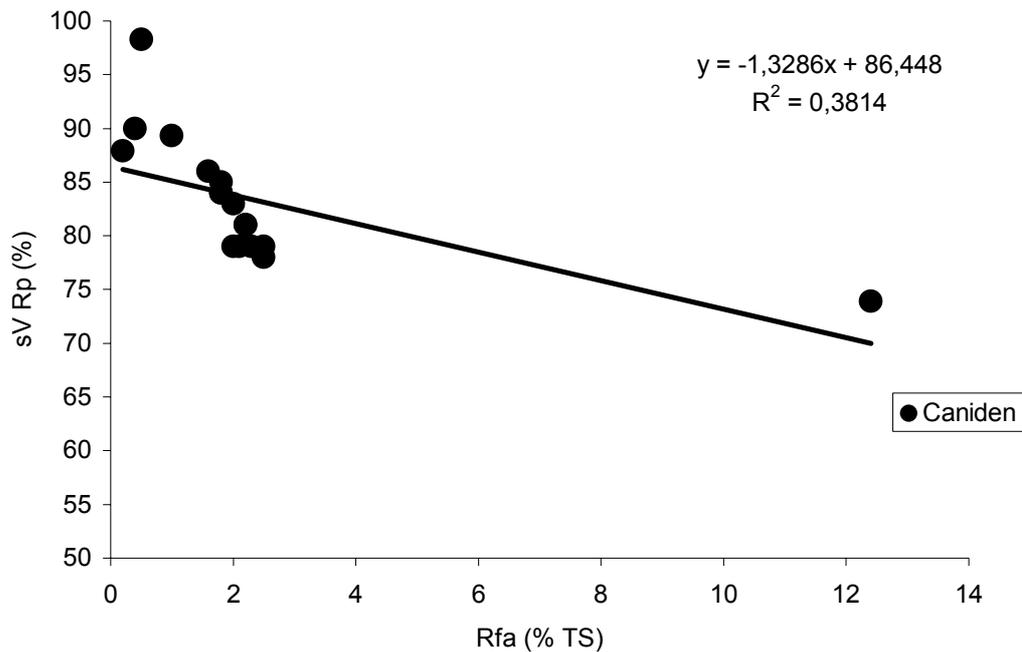


Abbildung 10. Einfluss der Rfa-Konzentration (% TS) auf die sV von Rp (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den drei carni- und omnivoren Säugetierspezies Kojote, Blaufuchs und Südamerikanischer Fuchs.

Der Zusammenhang zwischen Rfa (%TS) und der scheinbaren Rp-Verdaulichkeit liess sich aufgrund mangelnder Varianz des Rfa-Bereichs für Musteliden bei Trockenfuttergabe nicht herstellen. Sowohl bei mit Trockenfutter ernährten Igel als auch bei den pflanzlich ernährten Nagetieren konnte ebenfalls keine Korrelation zwischen den beiden Parametern gezeigt werden, trotz ausreichender Breite der Rfa-Konzentrationen des Futters.

Tabelle 13. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV Rp (\%) = a + b \cdot Rfa$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.

Tiergruppe	Quellen- anzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	Rfa-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleischbasis						
Caniden	3	3	86,45	-1,33	0,38	0,2 - 12,4

LITVAITIS & MAUTZ (1980), DAHLMAN et al. (2002), SILVA et al. (2005)

Der Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (%TS) und scheinbarer Rfe-Verdaulichkeit bei pflanzlich gefütterten Nagetieren ergab einen Korrelationskoeffizienten von 0,22 und wurde aufgrund dieser mangelnden Korrelation nicht graphisch dargestellt. Auch dieser Zusammenhang konnte infolge mangelnder Variation der Rfa-Gehalte bei Igel, Caniden und Musteliden bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, sowie bei Musteliden bei Ernährung mit Trockenfutter nicht hergestellt werden.

Die Abbildungen 11 und 12 und Tabelle 14 zeigen den Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (%TS) und scheinbarer Verdaulichkeit der organischen Substanz bei mit Trockenfutter ernährten Igeln und Nagetieren bei pflanzlicher Fütterung.

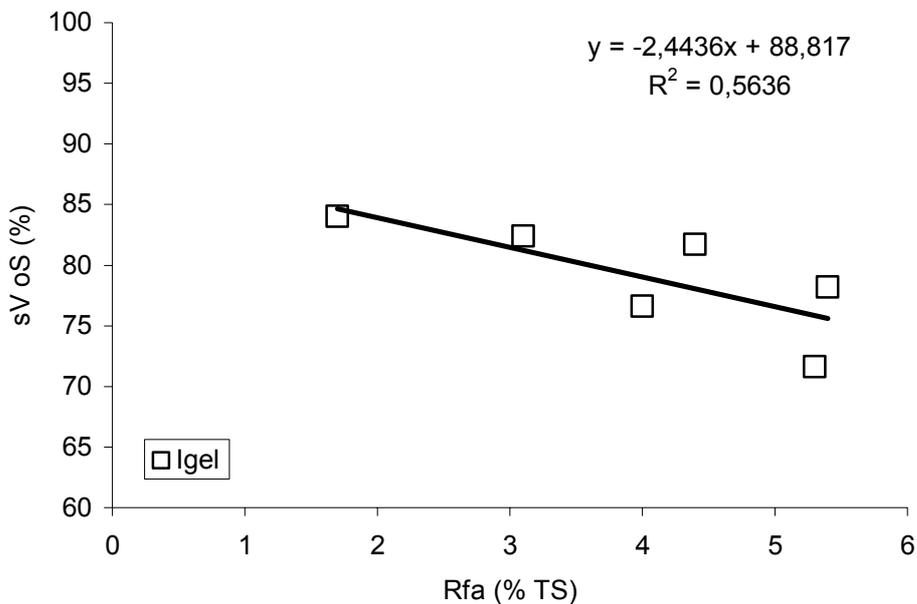


Abbildung 11. Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der oS (%) bei Fütterung von Trockenfutter, ermittelt beim Igel.

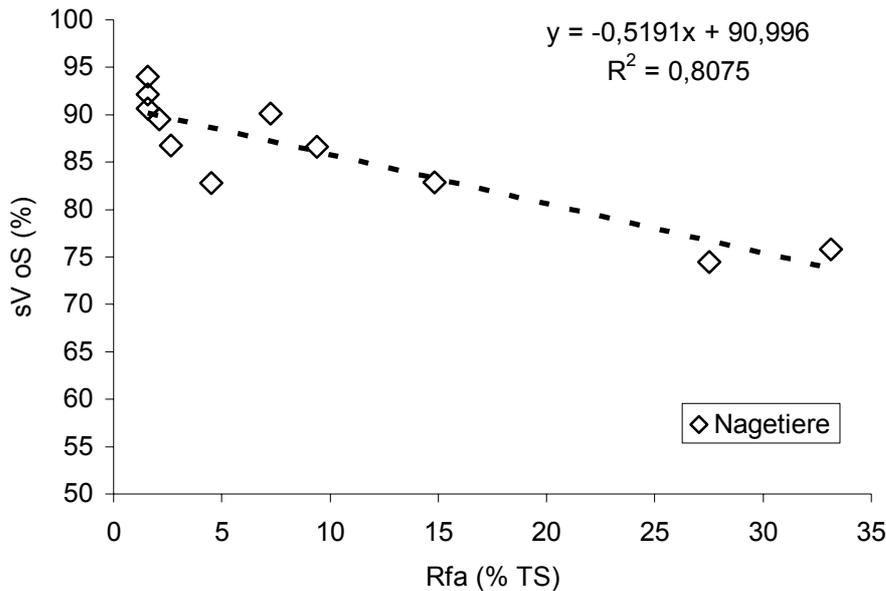


Abbildung 12. Zusammenhang zwischen Rfa-Konzentration (% TS) und sV der oS (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den vier omnivoren Spezies Feldmaus, Rötelmaus, Brandmaus und Gelbhalsmaus.

Tabelle 14. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ oS\ (\%) = a + b \cdot Rfa\ (\% TS)$ in Abhängigkeit von der Art des Futters

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	A	b	R ²	Rfa-Bereich (% TS)
Trockenfutter						
Igel	1	1	88,82	-2,44	0,56	1,7 - 5,4
Getreide und pflanzliche Futter						
Nagetiere	1	4	91,00	-0,52	0,81	1,6 - 33,1

DROZDZ (1968), LANDES et al. (1997)

In Abbildung 13 ist der Einfluss der Rfa-Konzentration des Futters (%TS) auf die scheinbare Bruttoenergieverdaulichkeit bei pflanzlich gefütterten Nagetieren dargestellt. Die resultierende Regressionsgleichung befindet sich in Tabelle 15. Bei den Musteliden konnte sowohl bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis als auch bei Trockenfuttergabe aufgrund von mangelnder Varianz des Rfa-Gehaltes kein Zusammenhang dargestellt werden.

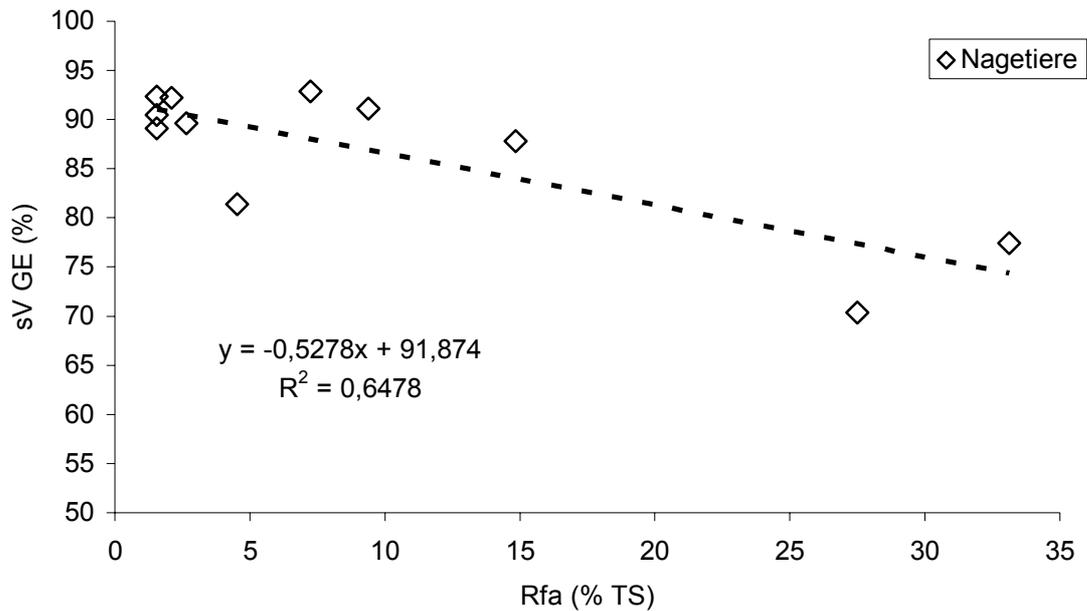


Abbildung 13. Einfluss der Rfa-Konzentration (% TS) auf die sV der GE (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den vier omnivoren Säugetierspezies Feldmaus, Brandmaus, Rötelmaus und Gelbhalsmaus.

Tabelle 15. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ GE\ (\%) = a + b \cdot Rfa$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters

Tiergruppe	Quellen- anzahl	Anzahl Spezies	A	b	R ²	Rfa-Bereich (% TS)
Getreide und pflanzliche Futter						
Nagetiere	1	4	91,87	-0,53	0,65	1,6 - 33,1

DROZDZ (1968)

Ein Rfa-Einfluss auf die scheinbare NfE-Verdaulichkeit liess sich wiederum aufgrund der geringen Variation der Rfa-Gehalte für Caniden und Musteliden bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis und für Igel und Musteliden bei Trockenfuttergabe nicht herstellen. Bei den Nagetieren war zwar ein grosser Rfa-Bereich abgedeckt, aber es ergab sich nur ein mangelhafter Korrelationskoeffizient von 0,02. Aus diesem Grund wurde auf die Darstellung verzichtet.

4.2.2 Ergebnisse zum Einfluss von NDF auf die scheinbare

Verdaulichkeit von Energie und Rohnährstoffen

Die Abbildungen 14 und 15 zeigen den NDF-Einfluss auf die scheinbare TS-Verdaulichkeit bei Beuteltieren bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis und bei Primaten bei pflanzlicher Fütterung. Die resultierenden Regressionsgleichungen finden sich in Tabelle 16.

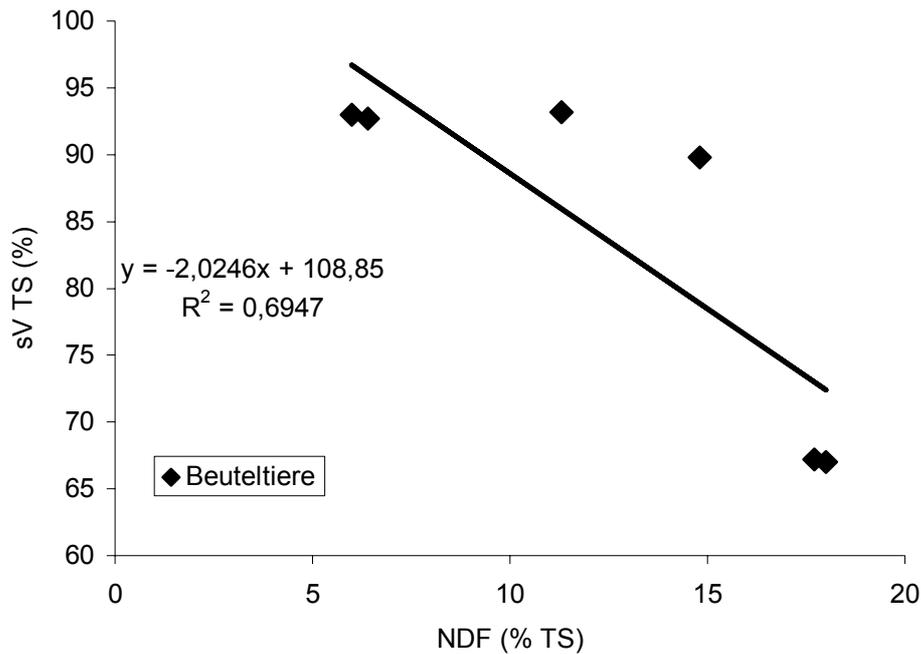


Abbildung 14. Zusammenhang zwischen NDF-Konzentration (% TS) und der sV der TS (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den drei Beuteltierspezies Grosser Kaninchennasen-, Grosser Kurznasen- und Grosser Langnasenbeutler.

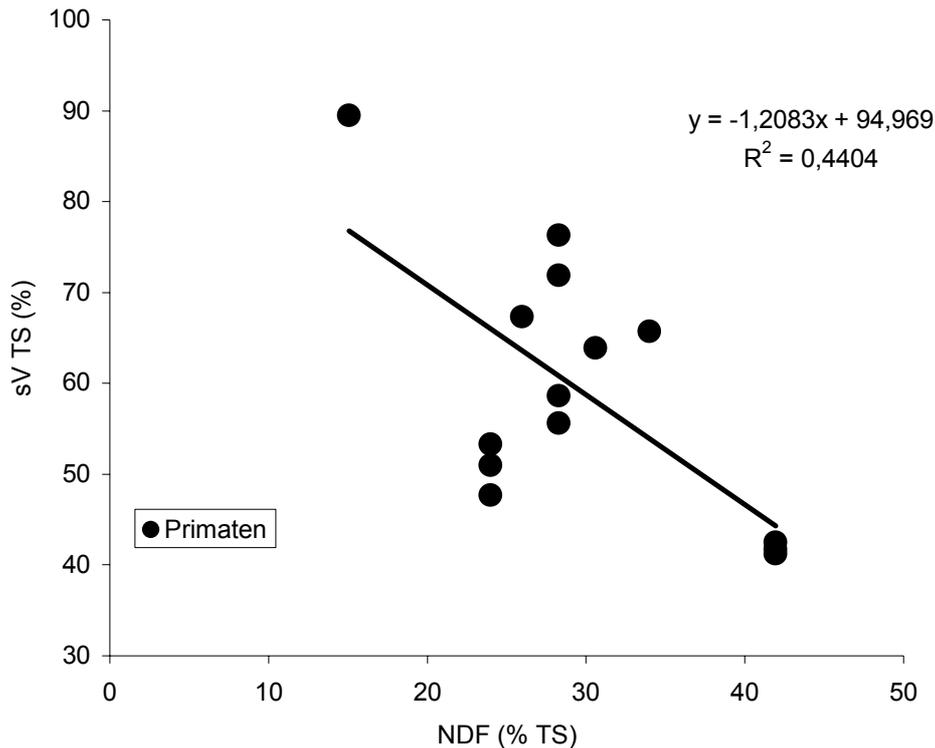


Abbildung 15. Zusammenhang zwischen NDF-Konzentration (% TS) und der sV der TS (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei acht omnivoren Primatenspezies.

Tabelle 16. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ TS (\%) = a + b \cdot NDF (\% TS)$, in Abhängigkeit von der Art der Nahrung.

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	NDF-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleischbasis						
Beuteltiere	3	3	108,85	-2,02	0,69	6,0 - 18,0
Getreide und pflanzliche Futter						
Primaten	4	8	94,97	-1,21	0,44	15,1 - 41,9

MOYLE et al. (1995), McCLELLAND & HUME (1998), CAMPBELL et al. (1999, 2004), EDWARDS & ULLREY (1999), McCLELLAND et al. (1999), GIBSON & HUME (2000), NORCONK et al. (2002)

Der Zusammenhang zwischen NDF-Konzentrationen (%TS) und scheinbarer Rp-Verdaulichkeit konnte ebenfalls für Beuteltiere bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis und Primaten bei pflanzlicher Fütterung in den Abbildungen 16 und 17 dargestellt werden. Die zugehörigen Regressionsgleichungen finden sich in Tabelle 17. Für andere Spezies lagen keine Daten vor.

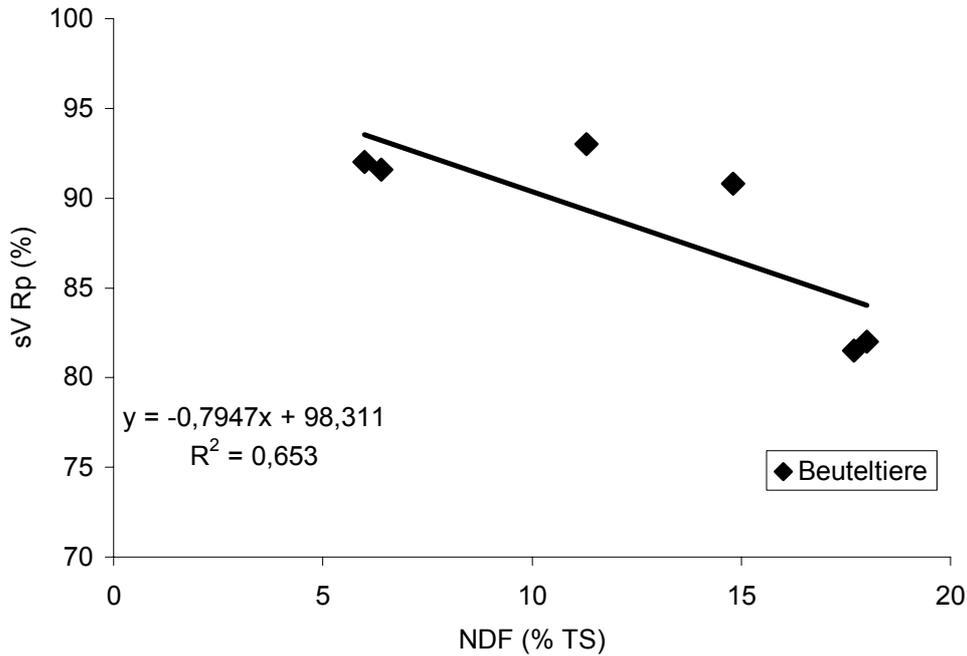


Abbildung 16. Einfluss der NDF-Konzentration (% TS) auf die sV von Rp (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den drei carni- und omnivoren Säugetierspezies Grosser Kaninchennasen-, Grosser Langnasen- und Grosser Kurznasenbeutler.

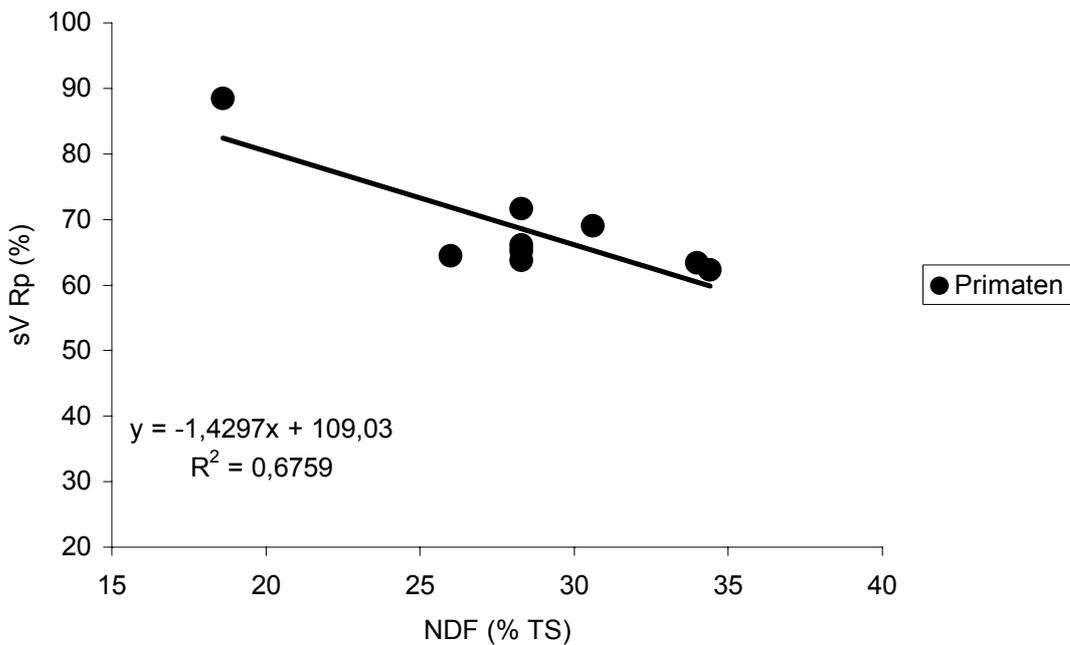


Abbildung 17. Einfluss der NDF-Konzentration (% TS) auf die sV von Rp (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei sechs omnivoren Primatenspezies.

Tabelle 17. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV R_p (\%) = a + b \cdot NDF$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	NDF-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleischbasis						
Beuteltiere	4	3	98,31	-0,79	0,65	6,0 - 18,0
Getreide und pflanzliche Futter						
Primaten	2	6	109,03	-1,43	0,68	18,6 – 34,4

MOYLE et al. (1995), RAMOS et al. (1995), CAMPBELL et al. (1997, 1999, 2004), McCLELLAND & HUME (1998), McCLELLAND et al. (1999), GIBSON & HUME (2000)

Abbildung 18 zeigt den Einfluss der NDF-Konzentration (%TS) auf die scheinbare Rfe-Verdaulichkeit bei Beuteltieren, die hausgemachte Rationen auf Fleischbasis erhielten. Die Regressionsgleichung findet sich in Tabelle 18. Für andere Spezies waren keine Daten für diesen Zusammenhang vorhanden.

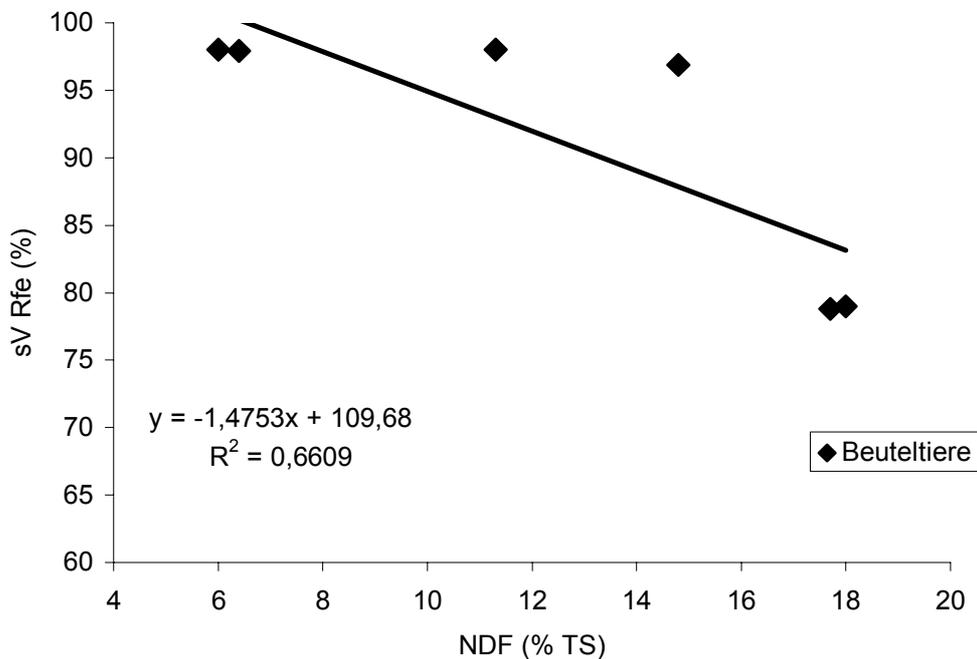


Abbildung 18. Einfluss der NDF-Konzentration (% TS) auf die sV von Rfe (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den drei carnivor- und omnivoren Säugetierspezies Grosser Kaninchennasen-, Grosser Kurznasen- und Grosser Langnasenbeutler.

Tabelle 18. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ Rfe\ (\%)=a+b \cdot NDF$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	NDF-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleischbasis						
Beuteltiere	4	3	109,68	-1,48	0,66	6,0 - 18,0

MOYLE et al. (1995), McCLELLAND & HUME (1998), McCLELLAND et al. (1999), GIBSON & HUME (2000)

In Abbildung 19 ist der Zusammenhang zwischen NDF-Konzentration (%TS) und scheinbarer Verdaulichkeit der organischen Substanz bei pflanzlich gefütterten Hirschebern im Vergleich zum Hausschwein dargestellt. Die resultierenden Regressionsgleichungen finden sich in Tabelle 19.

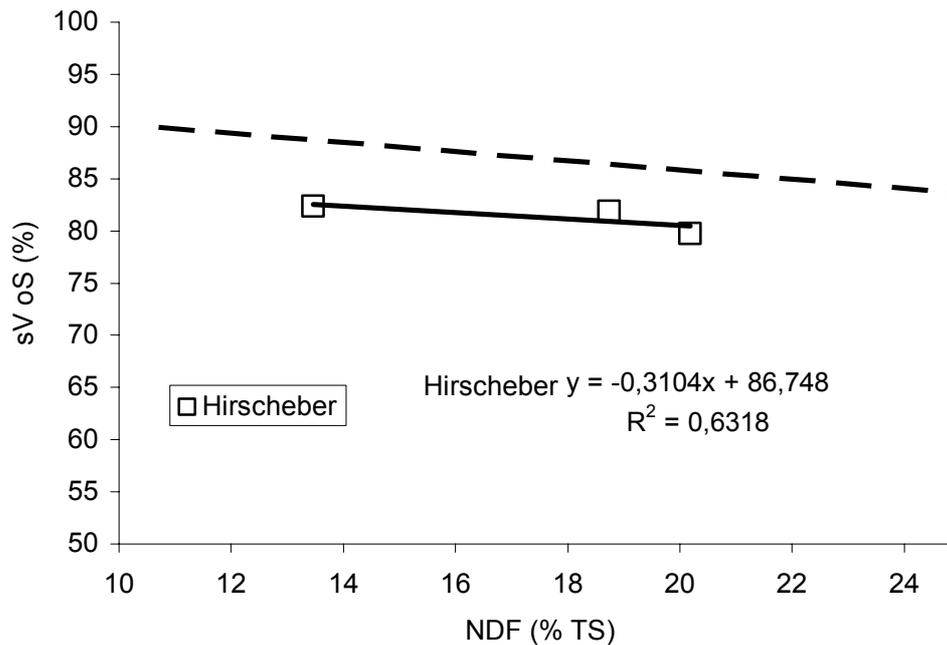


Abbildung 19. Zusammenhang zwischen NDF-Konzentration (% TS) und sV der oS (%) bei pflanzlicher Fütterung, ermittelt bei der omnivoren Säugetierspezies Hirscheber, sowie der Vergleichsspezies Schwein. Regression bei der Spezies Schwein errechnet aus den Daten von DEN HARTOG et al. (1988), LE GOFF et al. (2002)

Tabelle 19. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ oS\ (\%)=a+b \cdot NDF$ (% TS) bei pflanzlicher Fütterung

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	NDF-Bereich (% TS)
Hirscheber	1	1	86,75	-0,31	0,63	13,5 - 20,2

LEUS (1994)

Der Einfluss des NDF-Gehaltes im Futter (%TS) auf die scheinbare Bruttoenergieverdaulichkeit bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis an Beuteltiere ist in Abbildung 20 dargestellt. Die zugehörige Regressionsgleichung findet sich in Tabelle 20.

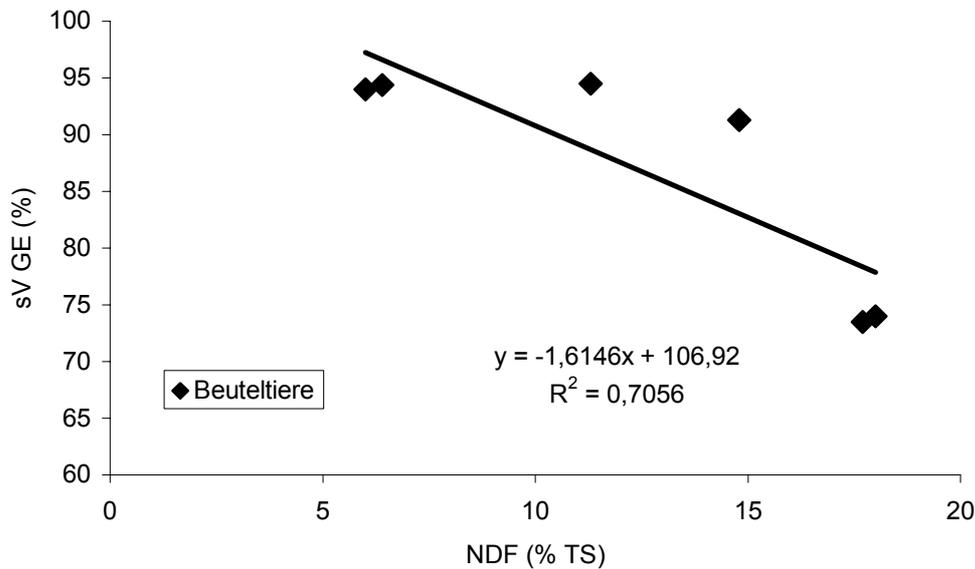


Abbildung 20. Einfluss der NDF-Konzentration (% TS) auf die sV der GE (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den drei carni- und omnivoren Säugetierspezies Grosser Kaninchennasen-, Grosser Langnasen- und Grosser Kurznasenbeutler.

Tabelle 20. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ GE\ (\%) = a + b \cdot NDF$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	NDF-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleischbasis						
Beuteltiere	4	3	106,92	-1,61	0,71	6,0 - 18,0

MOYLE et al. (1995), McCLELLAND & HUME (1998), McCLELLAND et al. (1999), GIBSON & HUME (2000)

4.2.3 Ergebnisse zum Einfluss des TDF-Gehaltes (%TS) auf die scheinbare Verdaulichkeit von Energie und Rohnährstoffen

In den Abbildungen 21 und 22 ist der Einfluss der TDF-Konzentration (%TS) des Futters auf die scheinbare TS-Verdaulichkeit bei Feliden und Bären bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis und bei Bären bei pflanzlicher Fütterung dargestellt. Die zugehörigen Regressionsgleichungen finden sich in Tabelle 21.

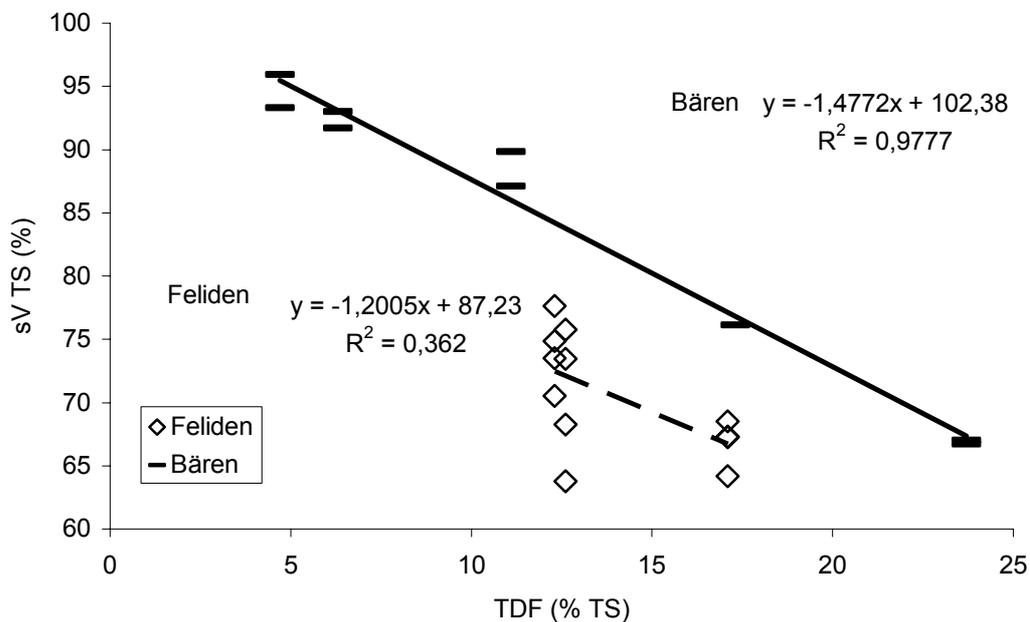


Abbildung 21. Zusammenhang zwischen TDF-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den vier carni- und omnivoren Spezies Caracal, Bengalkatze, Schwarzbär und Grizzlybär.

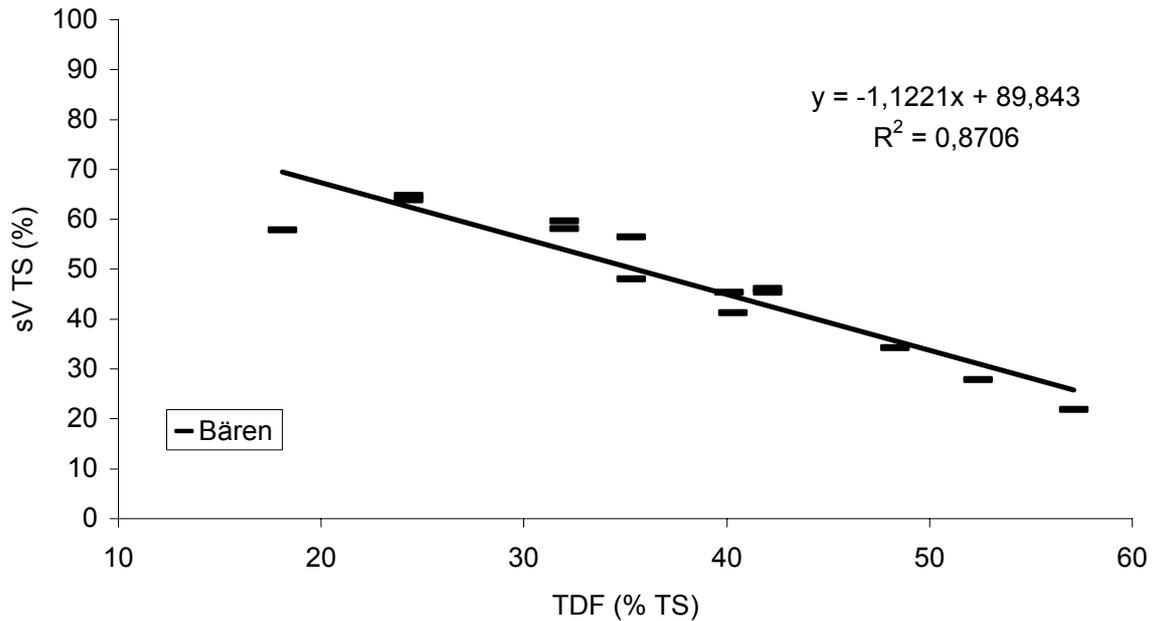


Abbildung 22. Zusammenhang zwischen TDF-Konzentration (% TS) und sV der TS (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den zwei omnivoren Spezies Schwarzbär und Grizzlybär.

Tabelle 21. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ TS\ (\%) = a + b \cdot TDF\ (\% TS)$ in Abhängigkeit von der Art des Futters.

Tiergruppe	Quellen- anzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	TDF-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleischbasis						
Feliden	1	2	87,23	-1,20	0,36	12,3 - 17,1
Bären	1	2	102,38	-1,48	0,98	4,7 - 23,7
Getreide und pflanzliche Futter						
Bären	2	2	89,84	-1,22	0,87	18,1 - 57,1

PRITCHARD & ROBBINS (1990), EDWARDS et al. (2001), RODE et al. (2001)

Abbildung 23 zeigt den Zusammenhang zwischen TDF-Gehalt (%TS) des Futters und der scheinbaren Rp-Verdaulichkeit bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis an Bären. Die resultierende Regressionsgleichung findet sich in Tabelle 22.

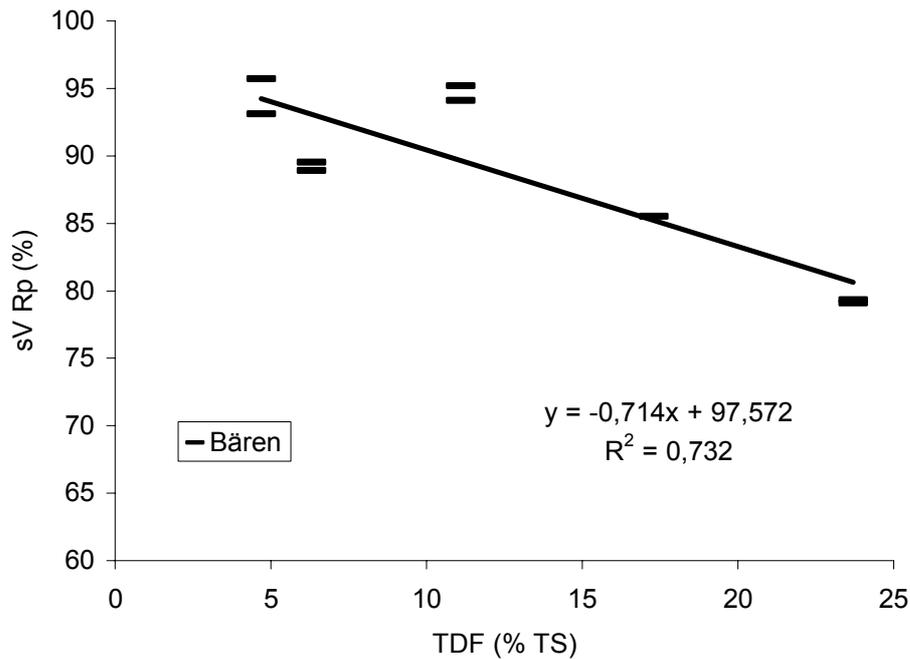


Abbildung 23. Einfluss der TDF-Konzentration (% TS) auf die sV von Rp (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den zwei omnivoren Säugetierspezies Schwarzbär und Grizzlybär.

Tabelle 22. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ Rp\ (\%) = a + b \cdot TDF$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	TDF-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleischbasis						
Bären	1	2	97,57	-0,71	0,73	4,7 - 23,7

PRITCHARD & ROBBINS (1990)

In den Abbildungen 24 und 25 und Tabelle 23 ist der Zusammenhang zwischen der TDF-Konzentration (%TS) und der sV der GE (%), sowie die resultierende Regressionsgleichung bei den Bären dargestellt.

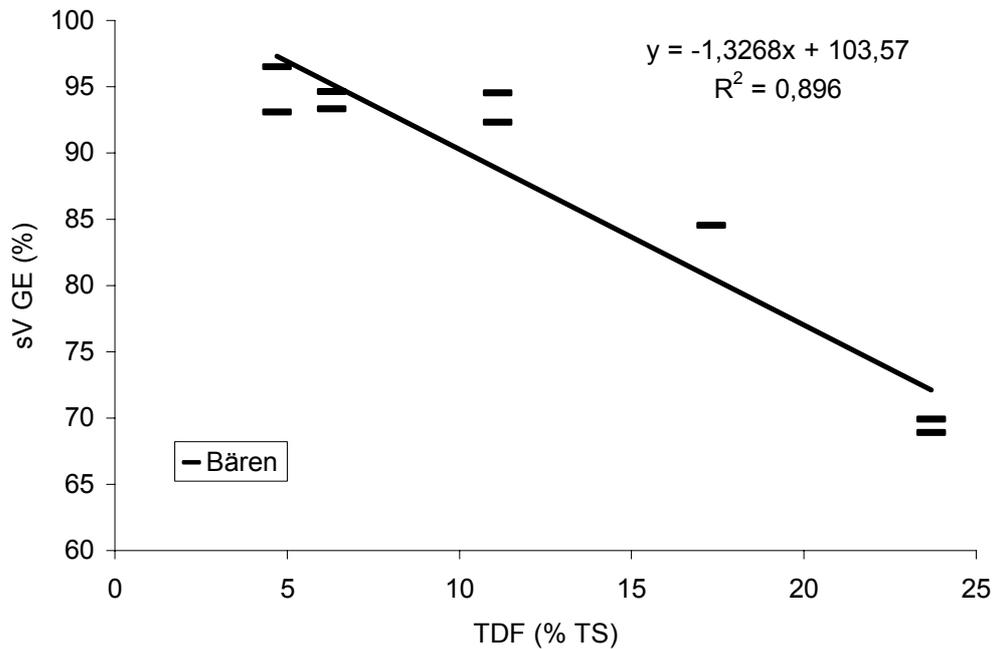


Abbildung 24. Einfluss der TDF-Konzentration (% TS) auf die sV der GE (%) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis, ermittelt bei den zwei carni- und omnivoren Säugetierspezies Schwarzbär und Grizzlybär.

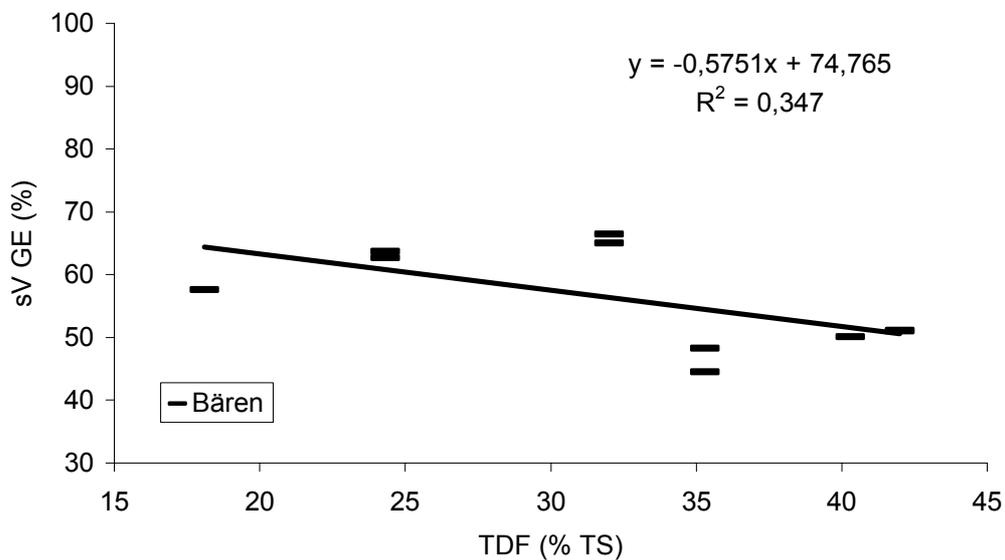


Abbildung 25. Einfluss der TDF-Konzentration (% TS) auf die sV der GE (%) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei den zwei carni- und omnivoren Säugetierspezies Schwarzbär und Grizzlybär.

Tabelle 23. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $sV\ GE (\%) = a + b \cdot TDF$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters

Tiergruppe	Quellen- anzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	TDF-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleischbasis						
Bären	1	2	103,57	-1,33	0,90	4,7 - 23,7
Getreide und pflanzliche Futter						
Bären	1	2	74,77	-0,58	0,35	18,1 - 42,0

PRITCHARD & ROBBINS (1990)

4.2.4 Diskussion des Einflusses verschiedener Faserparameter auf die scheinbare Verdaulichkeit von Energie und Rohnährstoffen

Bei einer solchen Vielzahl an Publikationen stellt sich die Frage der Vergleichbarkeit der Daten untereinander.

Aufgrund der Menge der Autoren und damit der grossen Menge an Versuchen, herrschten bei den unterschiedlichen Versuchsgruppen, mit Ausnahme derer, die von denselben Autoren unter gleichen Bedingungen in einem weiteren Versuch gemacht wurden, sehr unterschiedliche Versuchsbedingungen. Dies bezieht sich auf die unterschiedlichsten Parameter.

Ein Effekt der Adaptationszeit ist eine positive Beeinflussung der Nährstoffverdaulichkeit durch Verbesserung der Fermentationskapazität des Darmes (BRUNSGAARD et al. 1995). Bei den untersuchten carni- und omnivoren Spezies ist dieser Effekt aufgrund von nicht stattfindender Fermentation, im Gegensatz zu Dickdarmfermentierern und Wiederkäuern, aber nur sehr gering, so dass die Unterschiede in der Adaptationsperiode hier nicht berücksichtigt wurden.

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Ernährungstypen erhielten die verschiedenen Spezies meist auch Futtermittel, die teilweise, besonders im Faserbereich, sehr stark im Gehalt differierten, so dass bei einigen Spezies nur sehr geringe

Konzentrationsbereiche, bei anderen wiederum sehr weite Konzentrationsbereiche untersucht werden konnten.

Bei einigen Untersuchungen wurden die Nährstoffkonzentrationen nur teilweise oder gar nicht angegeben, so dass evt. Beeinflussungen der scheinbaren Verdaulichkeit der verschiedenen Nährstoffe möglicherweise durch nicht angegebene Nährstoffe wie z. B. niedrige Rp-Gehalte nicht überprüft werden konnten.

Selbst wenn alle Nährstoffkonzentrationen in der Publikation angegeben waren, so kam es ebenfalls häufig vor, dass die Quelle des Nährstoffes nicht veröffentlicht wurde. Auch dies kann einen erheblichen Einfluss auf die jeweilige scheinbare Verdaulichkeit haben.

Bei allen Spezies, für die geeignete Daten zum Ableiten der Regressionsgeraden zum Einfluss der Faserkonzentrationen auf die scheinbare Nährstoff- und Energieverdaulichkeit vorhanden waren, wurde trotzdem, wie erwartet, eine Abnahme der scheinbaren Nährstoff- und Energieverdaulichkeit mit steigendem Fasergehalt gefunden.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass verschiedene andere Einflussgrößen als allein der Fasergehalt der Ration die scheinbare Nährstoff- und Energieverdaulichkeit mit beeinflussen. So haben sowohl die Methode der Faserbestimmung, als auch die Zusammensetzung der jeweiligen Ration und die Spezies selbst durch verdauungsphysiologische Adaptationen, sowie die Herkunft der Faser einen Einfluss auf die Stärke der Beeinträchtigung der scheinbaren Nährstoff- und Energieverdaulichkeit. Die Fasereffekte selbst beziehen sich dabei auf die Beeinträchtigung der scheinbaren Verdaulichkeit anderer Nährstoffe, sowie auf die je nach Art der Faser und Spezies geringe scheinbare Verdaulichkeit der Faser selbst. Ausserdem wird die Passagegeschwindigkeit beeinflusst (ZENTEK 1995), es kommt zu Sorptions- (VAHOUNY 1987) und Verdünnungseffekten, sowie teils zu bakterieller Fixierung von Stickstoff (MÜHLUM et al. 1989, KIENZLE 1989).

Laut ZENTEK (1995) korreliert die scheinbare Rohfaserverdaulichkeit eng mit dem Cellulose- und Ligningehalt. OPITZ (1996) zeigte eine gute Korrelation zwischen scheinbarer Verdaulichkeit der organischen Substanz und dem Fasergehalt für alle Faserbestimmungsmethoden, die den Cellulosegehalt mit erfassen. Dabei kann die Erfassung der verschiedenen Faserarten in Abhängigkeit von der Bestimmungsmethode in beträchtlichem Masse variieren (SCHRAG 1999). So

werden in der Rfa-Analytik die schwer verdaulichen Komponenten Cellulose und Lignin nicht vollständig, aber zu hohem Anteil erfasst, die löslichen Faserkomponenten hingegen nur zu geringem Anteil. In der ADF-Fraktion, die Bestandteil der NDF-Fraktion ist (nach VAN SOEST 1963), sind Cellulose und Lignin hingegen besser erfasst, während die TDF-Fraktion nach PROSKY et al. (1985) die Methode der Wahl zur Bestimmung der besser verdaulichen löslichen Faserkomponenten darstellt (SCHRAG 1999).

Es könnte also vermutet werden, dass die Beeinträchtigung der scheinbaren Nährstoff- und Energieverdaulichkeit durch die Faserfraktionen bei solchen Futterrationen deutlicher auftritt, bei denen die schwer verdaulichen oder unverdaulichen Bestandteile einen verhältnismässig grösseren Anteil ausmachen.

Bei den verglichenen Tiergruppen variierten die Daten für die scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe und der Energie bei gleichen Faserkonzentrationen stark. Dies ist Ausdruck für die Fülle anderer Einflussgrössen, die eine eindeutige Zuordnung der verdauungsdepressiven Effekte nicht zulies. Besonders deutlich wird dies, wenn man die Graphen zum Zusammenhang von Fasergehalt und scheinbarer Rp-Verdaulichkeit bzw. scheinbarer Rfe-Verdaulichkeit betrachtet – hier sieht man deutlich, dass es andere Faktoren geben muss, die einen Einfluss haben – z.B. die Proteinqualität oder auch nur der –gehalt. So dürfte bei gleichem Fasergehalt die scheinbare Verdaulichkeit der TS eines fetthaltigen Futters bei Carnivoren höher sein als die eines eher rohaschehaltigen oder stärkehaltigen Futters. Ebenso führt beispielsweise bei Hunden eine NfE-reichere Ration (>40 %TS) zu stärkerer negativer Beeinflussung der scheinbaren Bruttoenergieverdaulichkeit durch steigende Fasergehalte als eine NfE-ärmere Ration (<40 %TS) (KIENZLE et al. 2001).

Die Fülle nicht zuzuordnender Einflussfaktoren für die Zusammenhänge zwischen Faser und scheinbarer Verdaulichkeit der Nährstoffe und der Energie liessen hier keine Aussage über eine straffe Beziehung zwischen Faserkonzentration des Futters und der jeweiligen scheinbaren Verdaulichkeit zu, so dass auf ein „Ranking“ der Tiergruppen verzichtet wurde. Die Unterschiedlichkeit der Rationszusammensetzung allgemein und auch im Konzentrationsbereich der Faser liess oft keinen Vergleich mit den Regressionen für die Einflussstärke der Faser auf die scheinbare Nährstoffverdaulichkeit bei domestizierten Spezies zu.

Ergaben sich jedoch Ähnlichkeiten in der Beeinflussungsstärke der Fasergehalte, so könnte dies die Vermutung nahelegen, dass sich die jeweiligen Rationen in der Zusammensetzung ähnelten, und / oder, dass ähnliche Faserquellen verwendet wurden. Der Einfluss des NDF-Gehaltes auf die scheinbare oS-Verdaulichkeit in Rationen pflanzlich gefütterter Hirscheber ($b=-0,30$) lag im Bereich der Beeinflussung, die aus der zusammengetragenen Literatur für das Schwein gefunden wurde ($b=-0,40$). Ein Vergleich mit der Regression von NOBLET & PEREZ (1993) für den Zusammenhang zwischen NDF-Konzentration und scheinbarer Bruttoenergieverdaulichkeit ($b=-0,11$) beim Schwein zeigte jedoch eine stärkere Beeinflussung beim Hirscheber, was sich wiederum als Effekt nicht eindeutig der Ration, der Faserkonzentration oder der Speziesadaptation zuordnen liess. Der NDF-Einfluss auf die scheinbare Bruttoenergieverdaulichkeit bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleischbasis an Beuteltierspezies ($b=-1,61$) lag im Bereich der Beeinflussung, die KIENZLE et al. (1998) für Rfa beim Hund ($b=-1,43$) fanden. Eine recht gute Übereinstimmung zeigte sich auch für die Stärke der Beeinflussung der scheinbaren TS-Verdaulichkeit durch den TDF-Gehalt bei Feliden ($b=-1,20$) und dem Einfluss, der von KIENZLE et al. (1998) für den Rfa-Einfluss auf die scheinbare oS-Verdaulichkeit bei der Katze ($b=-1,14$) gefunden wurde. Allerdings variierten die Fasergehalte, die zur Erstellung der Regressionen verwendet wurden beträchtlich. Auch der TDF-Einfluss auf die scheinbare TS-Verdaulichkeit bei Bären ($b=-1,50$) korrelierte recht gut mit demjenigen, den KIENZLE et al. (1998) für den Rfa-Einfluss auf die scheinbare oS-Verdaulichkeit beim Hund ($b=-1,56$) fanden. Bei Fütterung pflanzlichen Futters an die Bärenspezies verringerte sich die Einflussstärke des TDF-Gehaltes ($b=-1,10$). Es wurden hier jedoch auch wesentlich höhere Faserkonzentrationen im Futter verwendet. Der TDF-Einfluss auf die scheinbare Bruttoenergieverdaulichkeit bei Bären ($b=-1,30$), die hausgemachte Rationen auf Fleischbasis erhielten, ergab ebenfalls eine gute Übereinstimmung mit der Regression von KIENZLE et al. (1998) für den Rfa-Einfluss auf die scheinbare Bruttoenergieverdaulichkeit beim Hund ($b=-1,43$).

Allgemein liess sich feststellen, dass Cellulose von wilden Fleischfressern wohl nicht fermentiert werden kann, entsprechend den Verhältnissen bei Hund und Katze (SUNVOLD et al. 1995 a, b, c, d). ZHIHONG et al. (2007a, b) berichteten zwar von einer scheinbaren Celluloseverdaulichkeit von über 40 % bei Tigern, die eine Ration mit einem Cellulosegehalt von 1,5 %TS erhielten. Aufgrund der Tatsache, dass

andere carnivore Spezies keine Cellulose verdauen können, erscheint diese Beobachtung aber eher unwahrscheinlich.

Trotzdem ist es denkbar, dass bei wilden carni- und omnivoren Spezies gewisse Adaptationen an bestimmte Faserkomponenten stattfinden können. SUNVOLD et al. (1995 a, b, c, d) untersuchten die in-vitro-Verdaulichkeit verschiedener Fasern bei Hund und Katze und kamen nach Vergleichen mit der entsprechenden in-vivo-Verdaulichkeit zu dem Schluss, dass eine Gewöhnung an höhere Gehalte fermentierbarer Faser zu höherer Faserverdaulichkeit führte, wobei die Quelle der Faser sowie die Retentionszeit weitere entscheidende Einflussfaktoren darstellten. Diese Beobachtungen machten auch FAHEY et al. (1990 a, b, 1992). Ausser bei der Verwendung hochvisköser oder schnell fermentierbarer Faser bemerkten SUNVOLD et al. (1995 a, b, c) keine Verschlechterung in der Verdaulichkeit der anderen Nährstoffe und vermuteten, dass die Einmischung von moderat fermentierbarer Faser sogar vorteilhaft für die Darmgesundheit der Tiere sei. Sie konstatierten, dass durch die Art der Faser und / oder deren Gehalt die Darmbakterienflora in Zahl und Artenspektrum auch bei Hund und Katze beeinflusst werden kann (SUNVOLD et al. 1995 a, b, c). So wurde bei Hund und Katze keine Cellulose verdaut, Zugabe von Pektin zur Ration führte jedoch zu einer Verbesserung der Faserverdaulichkeit gegenüber Rationen ohne zusätzliche Faserzulage. Weitere leicht verdauliche Faserarten, neben Zitruspektin waren laut SUNVOLD et al. (1995 a, b, c) Guar Gum und Johannisbrotkernmehl. Die Faserverdaulichkeit bei Hund und Katze vergrösserte sich mit fallendem Cellulosegehalt in folgender Reihenfolge: Cellulose < Trockenschnitzel < Zitrustrester < Zitruspektin (SUNVOLD et al. 1995 d).

Bei weiteren vergleichenden Untersuchungen der in-vitro-Verdaulichkeit wurden nur geringe Unterschiede in der Faserverdaulichkeit zwischen Inokulat von Hunden, Katzen, Pferden, Schweinen und Menschen beobachtet. Dabei lag sowohl die Faserverdaulichkeit bei Betrachtung aller Faserarten gemeinsam, von unverdaulich bis gut fermentierbar, als auch die Produktion kurzkettiger Fettsäuren nach 6, 12 und 24 Stunden im Okulat von Hund, Katze und Schwein ca. dreimal höher als im Inokulat vom Pferd. Bei Messung nach 48 Stunden näherten sich die Werte aber einander an.

Aus den genannten Beobachtungen kann vermutet werden, dass – bei entsprechender Adaptationszeit - ein gewisser Anteil von fermentierbarer Faser in einer prinzipiell von den Tieren akzeptierten Ration keinen sehr ausgeprägten

negativen Einfluss auf die scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe haben muss. Allerdings muss der Effekt der Stickstofffixierung und –ausscheidung mit dem Kot (als Bakterienprotein) bedacht werden (MÜHLUM et al. 1989, KIENZLE 1989), der zu einer geringeren scheinbaren Verdaulichkeit von Rohprotein führen sollte.

Allgemein ist festzustellen, dass die Studie der unterschiedlichen Versuche hier zwar einen Hinweis auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten geben kann, genaue Angaben aber erneuter Verdaulichkeitsstudien an den einzelnen Spezies unter gleichen Bedingungen bei Verwendung der gleichen Futter mit gleichen Gehalten an Faser bedürfen. Insbesondere erscheint ein „Ranking“ von Spezies aufgrund eines potenziellen Einflusses des Fasergehaltes auf die scheinbare Verdaulichkeit aufgrund der Fülle anderer nicht zuzuordnender Einflüsse fragwürdig.

Im Hinblick auf die Energiebewertung lässt sich feststellen, dass bei den carnivoren Spezies eine Energiebewertung anhand bestimmter Faserkonzentrationen im Futter prinzipiell sehr gut möglich erscheint. So zeigte sich bei Bären eine sehr straffe Korrelation des TDF-Gehaltes zur scheinbaren TS- und Bruttoenergieverdaulichkeit.

Die Ähnlichkeiten zu Regressionen bei Hund und Katze, die bei einigen carnivoren Spezies und Rationen beobachtet wurden, lassen die Vermutung zu, dass eine Energiebewertung anhand von Schätzgleichungen zur Energiebewertung bei Hund und Katze auch bei carnivoren Wildspezies zu verlässlichen Ergebnissen führen könnte. Bei den omnivoren Spezies scheint eine solche Energiebewertung anhand der Fasergehalte wegen schwächerer Beeinflussung der scheinbaren Verdaulichkeit von TS, oS und Bruttoenergie etwas weniger gut geeignet als bei den carnivoren Spezies, aber ebenfalls prinzipiell möglich.

4.3 Einfluss des Gesamtrohproteingehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohprotein

4.3.1 Ergebnisse zum Einfluss des Gesamtrohproteingehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohprotein

Trägt man alle erhobenen Daten bezüglich des Rp-Gehaltes und des vRp-Gehaltes mit einem Mittelwert pro Spezies in Abhängigkeit von der Futterart in einer Grafik ein, so erhält man jeweils ein einheitliches Bild (Abb. 26 bis 28). Die zugehörigen Regressionsgleichungen für den Zusammenhang für die Speziesmittelwerte aller Spezies finden sich in Tabelle 24.

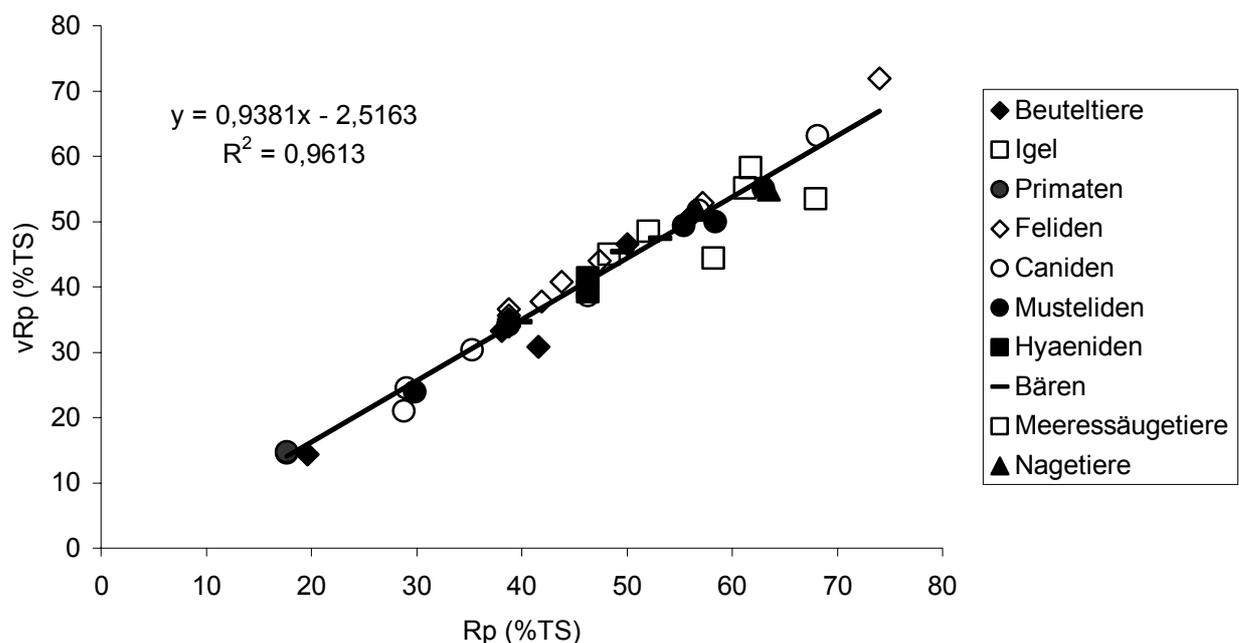


Abbildung 26. Zusammenhang zwischen Gesamtrohproteingehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohprotein (% TS) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleisch- oder Fischbasis, ermittelt bei 44 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Speziesmittelwerte in den Tiergruppen.

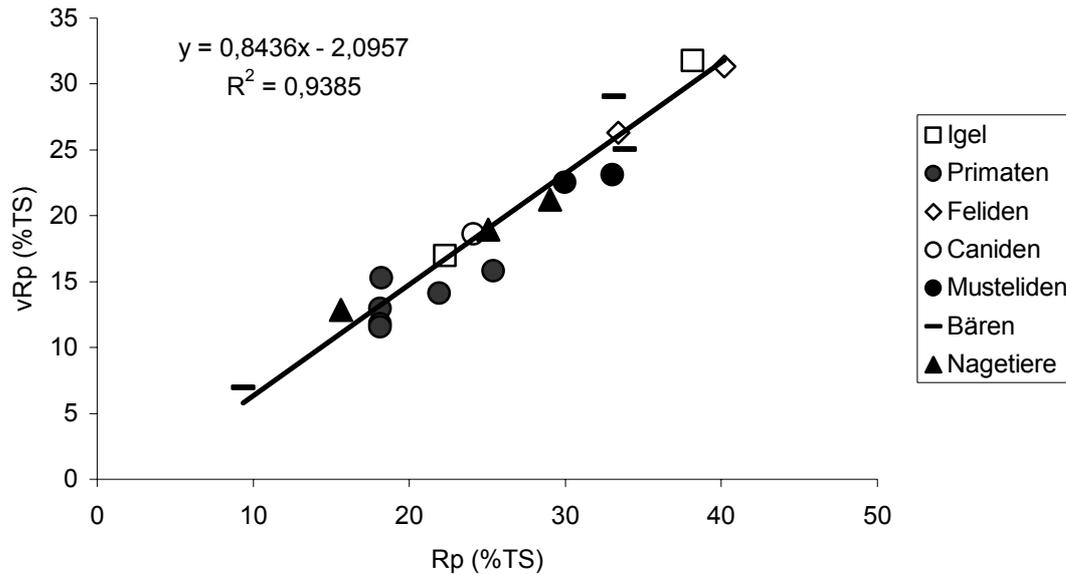


Abbildung 27. Zusammenhang zwischen Gesamtrohproteingehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohprotein (% TS) bei Fütterung von Trockenfutter, ermittelt bei 16 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Speziesmittelwerte in den Tiergruppen.

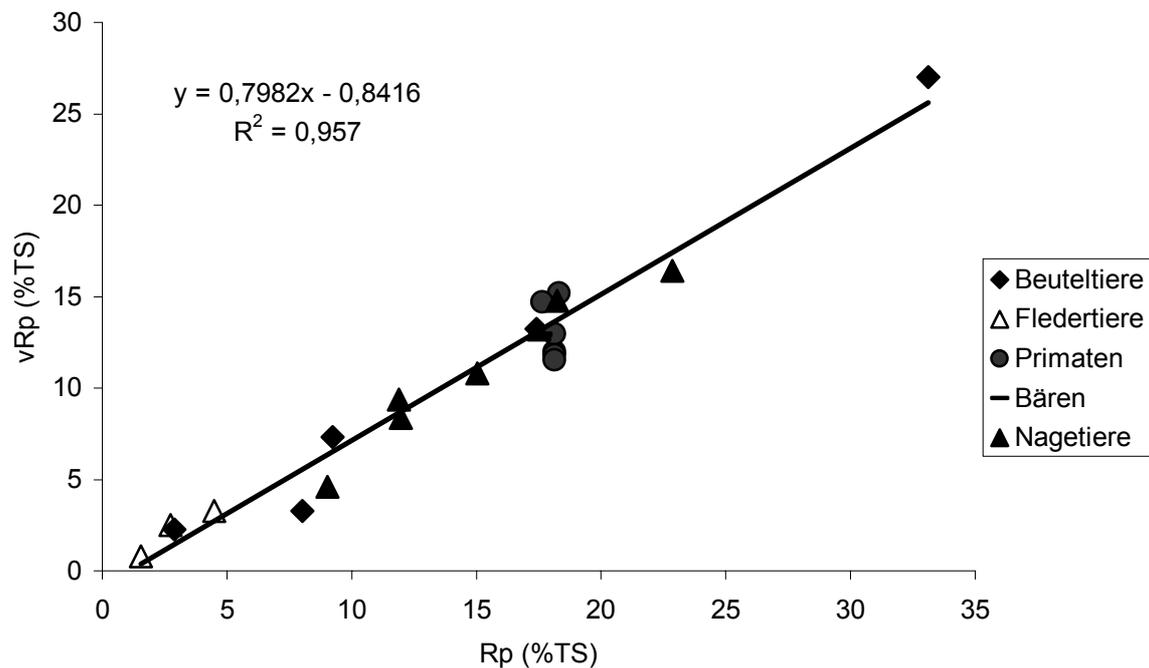


Abbildung 28. Zusammenhang zwischen Gesamtrohproteingehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohprotein (% TS) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei 22 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Speziesmittelwerte in den Tiergruppen.

Tabelle 24. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang vR_p (in % TS) = $a + b \cdot R_p$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.

Tiergruppe	Quellen- anzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	R _p -Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleisch- oder Fischbasis						
Mittelwerte der Spezies	77	44	-2,52	0,94	0,96	7,1 – 84,2
Trockenfutter						
Mittelwerte der Spezies	51	16	-2,10	0,84	0,94	3,3 – 77,6
Getreide und pflanzliche Futter						
Mittelwerte der Spezies	78	20	-0,84	0,80	0,95	0,8 – 71,2

HARRIS et al. (1951), ALLEN et al. (1964), ROBERTS & KIRK (1964), ROBBINS & GAVAN (1966), FARRELL & WOOD (1968), COWAN et al. (1974), MORRIS et al. (1974), PATTON (1975), DAVISON et al. (1978), GARRISON et al. (1978), SKREDE (1978, 1979a, b), GLEM-HANSEN (1980a, b, c), LITVAITIS & MAUTZ (1980), MORRISON (1980), WITTMAYER MILLS (1980), CHWALIBOG et al. (1982), KARASOV (1982), HAMOR (1983), KEIVER et al. (1984), RONALD et al. (1984), BEST (1985), FLURER et al. (1985), FLURER & ZUCKER (1985), STELLER (1986), BRODY & PELTON (1988), PRITCHARD & ROBBINS (1990), ROUVINEN et al. (1991), SZYMECZKO & SKREDE (1990, 1991), BALL & GOLIGHTLY (1992), FISHER et al. (1992), LAW (1992), CAMPBELL & MacARTHUR (1994), AHLSTROM & SKREDE (1995, 1998), MOYLE et al. (1995), CAMPBELL & Mac ARTHUR (1996), CRISSEY et al. (1997), HELLINGA et al. (1997), LANDES et al. (1997), CAMPBELL et al. (1999, 2004), GRAFFAM et al. (1998), GOODMAN-LOWE et al. (1999), McCLELLAND et al. (1999), VAN TETS & HULBERT (1999), GIBSON & HUME (2000), FOLEY et al. (2000), BRADSHAW & BRADSHAW (2001), PEI et al. (2001), RODE et al. (2001), TAUSON et al. (2001), DAHLMAN et al. (2002), AHLSTROM et al. (2003), FELICETTI et al. (2003), TRUMBLE et al. (2003), DEL VALLE et al. (2004), FEKETE et al. (2005), SILVA et al. (2005), RUFF et al. (2007)

In Tabelle 25 sind die Spezies aufgelistet, für die der obige Zusammenhang graphisch dargestellt wurde.

Tabelle 25. Spezies, für die der Zusammenhang Rp (%TS) – vRp (%TS) graphisch dargestellt wurde.

Tiergruppe	Spezies
Beuteltiere	Swainson-Breitfussbeutelmaus, Grosser Kurznasenbeutel, Grosser Lang-Nasenbeutel, Grosser Kaninchennasenbeutel, Grosser Kurznasenbeutel, Honigbeutel, Dickschwanz-Schlafbeutel, Gelbe Wollbeutelratte
Fledertiere	Australische Blütenfledermaus, Jamaica-Fruchtfledermaus, Graukopfflughund
Igel	Igel, Afrikanischer Weissbauchigel
Primaten	Weissbüschelaffe, Braunrückentamarin, Grauer Halbaki, Vari, Brauner Maki, Rhesusaffe, Larvensifaka, Tattersall-Sifaka
Feliden	Tiger, Sibirischer Tiger, Südchinesischer Tiger, Löwe, Leopard, Bengalkatze, Jaguar, Puma, Ozelot, Caracal, Luchs, Fischerkatze, Asiatische Goldkatze, Serval, Sandkatze
Hyaeniden	Tüpfelhyäne, Erdwolf
Caniden	Blaufuchs, Kojote, Silberfuchs, Afrikanischer Wildhund, Südamerikanischer Fuchs, Graufuchs
Musteliden	Nerz, Schwarzfussfrettchen, Otter, Fischermarder, Silberdachs, Frettchen
Bären	Polarbär, Schwarzbär, Grizzlybär
Meeressäugetiere	Gemeiner Seehund, Walross, Hawaiianische Mönchsrobbe, Kegelrobbe, Sattelrobbe
Nagetiere	Bisamratte, Weissschwanz-Antilopenziesel, Azara-Grasmaus, Gerbil, Pazifische Ratte, Feldmaus, Brandmaus, Rötelmaus, Gelbhalsmaus

4.3.2 Diskussion des Einflusses des Gesamtrohproteingehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohprotein

Auch hier muss vorab erwähnt werden, dass bei der Vielzahl der Versuche, die ausgewertet wurden, sehr unterschiedliche Versuchsbedingungen herrschten. Dies bezieht sich sowohl auf die Adaptationsperiode, als auch auf die unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung der scheinbaren Verdaulichkeit. Auch die verwendeten Rationen variierten in Bezug auf Herkunft und Gehalt der Nährstoffe. Bei einigen Rationen waren die Daten zur Rationszusammensetzung unvollständig, so dass eventuelle Beeinflussungen der scheinbaren Nährstoff- und Energieverdaulichkeit möglicherweise durch nicht angegebene andere Nährstoffe, wie etwa Rfa, und nicht durch die Konzentration angegebener Nährstoffe bedingt wurden. Auch der Zeitraum (1947 – 2007), in dem die unterschiedlichen Versuche durchgeführt wurden, hat einen Einfluss, da die Pet-Food-Qualität hinsichtlich der Verdaulichkeit deutlich besser geworden ist.

Bildet man für den Zusammenhang von Rohproteingehalt und Gehalt an verdaulichem Rohprotein die Speziesmittelwerte und stellt diese in Abhängigkeit von der Futterart graphisch dar, so ergeben sich pro Futterart einheitliche Bilder. Die Stärke der Beeinflussung und damit die wahre Verdaulichkeit war am höchsten bei der Gruppe, die hausgemachte Rationen auf Fleischbasis erhielt ($b = 0,94$), weniger hoch bei der Trockenfuttergruppe ($b = 0,84$) und am niedrigsten bei der pflanzlich gefütterten Gruppe ($b = 0,80$). Es ergaben sich gute Korrelationen zwischen $0,94$ und $0,96$.

Die Ergebnisse belegen hier die bekannt bessere Verdaulichkeit tierischen Proteins gegenüber Protein pflanzlichen Ursprungs. Das Protein aus Trockenfutter lag dazwischen, da es meist sowohl Anteile tierischen als auch pflanzlichen Ursprungs beinhaltet (BROWN 1989). Die schlechtere scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins aus Pflanzen beruht dabei auf verschiedenen Faktoren. Die Qualität des pflanzlichen Proteins gegenüber dem tierischen ist schlechter. Ausserdem führen pflanzliche Rohfaser und Kohlenhydrate zu einer geringeren Abbaurate der Nährstoffe, sowie zu verstärkter bakterieller Aktivität, welche wiederum die endogenen Proteinverluste erhöht (MEYER 1984). Zusätzlich sind auch pflanzliche antinutritive Substanzen an der Beeinträchtigung der scheinbaren Rp-Verdaulichkeit beteiligt, die jedoch in kommerziellem Futter meist durch die Hitzebehandlung unschädlich gemacht werden (HILL 2004).

NEIRINCK et al. (1991) zeigten die bessere Verdaulichkeit des tierischen gegenüber pflanzlichem Rohprotein beim Hund. Ausserdem wurde eine schlechtere scheinbare Verdaulichkeit des Rohprotein in Trockenfutter bei steigendem Gehalt von pflanzlichen Kohlenhydraten, wie Fructooligosacchariden, beim Hund (DIEZ et al. 1997, PROPST et al. 2003) und der Katze verzeichnet (HESTA et al. 2001).

Trotz dieser Unterschiede lag die wahre Verdaulichkeit des Rohproteins, unter der Annahme, dass diese sich bei steigender Aufnahme und steigendem Gehalt nicht änderte, bei allen Spezies zwischen 80% und 94% .

Die endogenen Verluste pro 100 g TS-Aufnahme lagen bei Fleisch- und Trockenfütterung relativ nah beieinander mit $2,5\text{ g}$ und $2,1\text{ g}/100\text{ g}$ TS-Aufnahme, die der pflanzlichen Gruppe niedriger bei $0,84\text{ g}/100\text{ g}$ TS-Aufnahme. Diese Speziesmittelwerte liegen somit innerhalb des von ROBBINS (1993) berichteten Bereiches von $0,63\text{ g}$ bis $5,63\text{ g}$ pro 100 g TS.

Bei Erstellen dieser Regression wurde angenommen, dass die endogenen Nährstoffverluste bei steigender Aufnahme und unterschiedlichem Nährstoffgehalt konstant blieben. In Wahrheit werden sie jedoch erheblich durch diese Faktoren beeinflusst (HAVERKAMP 1988, POLSTER 2004). Aus diesem Grund handelt es sich bei den Speziesdifferenzen im Bereich der endogenen Verluste um statistische Artefakte.

Die scheinbaren Rp-Verdaulichkeiten bei den carnivoren Spezies (94 % und 84 % für hausgemachte und kommerzielle Rationen) variierten nur sehr wenig und lagen in den Bereichen, die bei der Erstellung der Schätzgleichungen zur Energiebewertung in hausgemachten (90 %) und kommerziellen Rationen (80 %) beim Hund vom NRC (2006) für die scheinbare Rp-Verdaulichkeit angenommen wurden. Dies legte die Vermutung nah, dass bei diesen Spezies auch eine Energiebewertung auf der Stufe der Umsetzbaren Energie anhand von Schätzgleichungen zur ME-Berechnung bei Hund oder Katze zu verlässlichen Ergebnissen führen könnte. Aufgrund der Ähnlichkeiten in der Höhe der scheinbaren Rp-Verdaulichkeit könnte eventuell der gleiche Faktor zur N-Korrektur verwendet werden, da zusätzliche Gärgasverluste bei carnivoren Spezies vernachlässigbar gering ausfallen und somit unberücksichtigt bleiben können (KLEIBER 1961, ZENTEK 1995).

Bei den omnivoren Spezies lag die bei Fütterung pflanzlichen unbehandelten Futters ermittelte wahre Rohproteinverdaulichkeit bei 80 %. Es zeigten sich damit grössere Abweichungen von den von SCHUG (2005) ermittelten Rohproteinverdaulichkeiten von 71 % für konventionelle Rattenfutter und eine recht gute Übereinstimmung mit den von SCHUG (2005) beobachteten 83 % für halbsynthetische Rattenfutter.

4.4 Einfluss des Gesamtrohfettgehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohfett

4.4.1 Ergebnisse zum Einfluss des Gesamtrohfettgehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohfett

Trägt man alle erhobenen Daten bezüglich des Rfe-Gehaltes und des vRfe-Gehaltes mit einem Mittelwert pro Spezies abhängig von der Futterart in einer Grafik ein, so erhält man jeweils, ebenso wie beim Rp gezeigt, ein einheitliches Bild (Abb. 29 bis 31). Die resultierenden Regressionsgleichungen ($y=a+b*x$) sind in Tabelle 26 gelistet. In Tabelle 27 sind die einzelnen Spezies aufgelistet, für die obiger Zusammenhang dargestellt wurde.

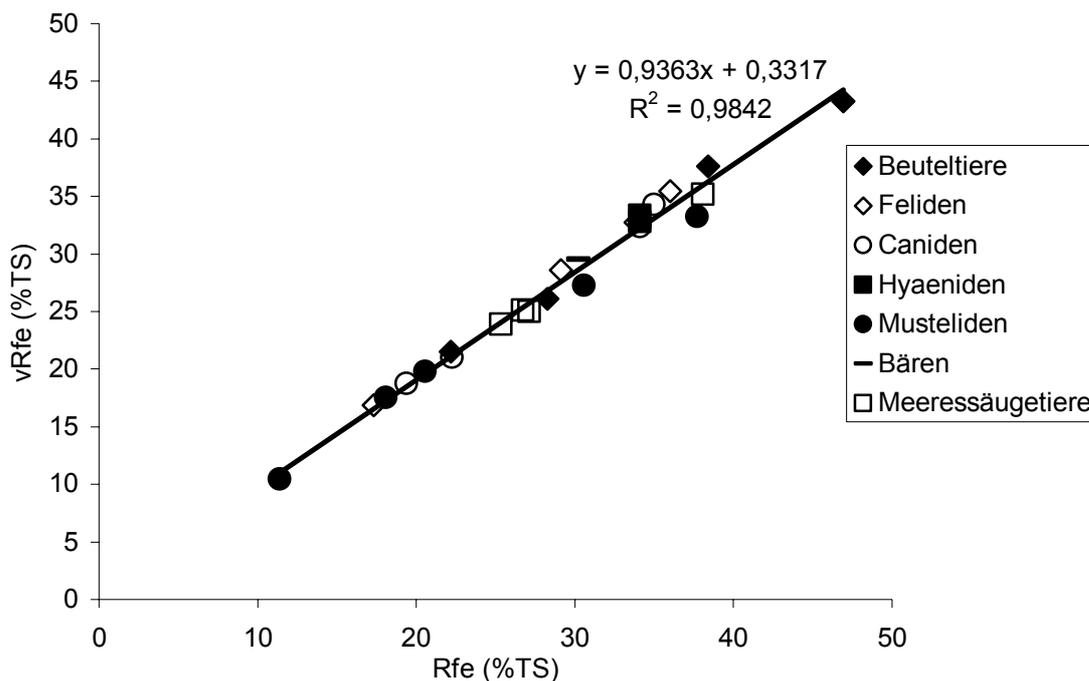


Abbildung 29. Zusammenhang zwischen Gesamtrohfettgehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohfett (% TS) bei Fütterung hausgemachter Rationen auf Fleisch- oder Fischbasis, ermittelt bei 22 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Mittelwerte in den Tiergruppen.

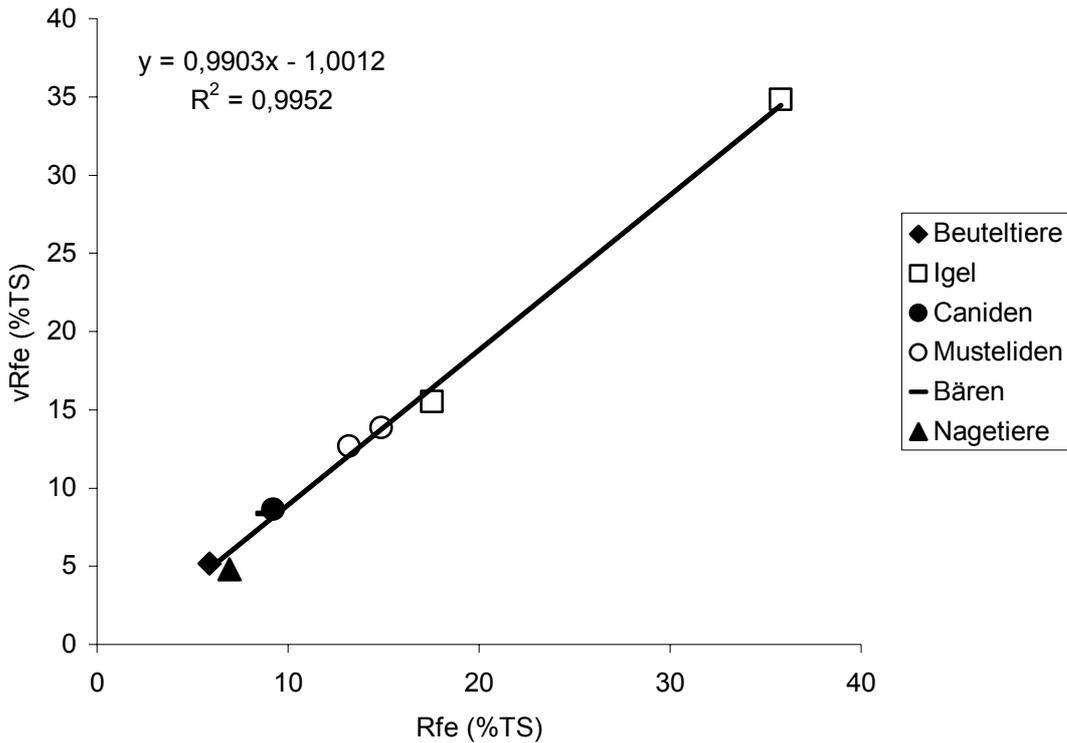


Abbildung 30. Zusammenhang zwischen Gesamtrohfettgehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohfett (% TS) bei Fütterung von Trockenfutter, ermittelt bei 9 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Mittelwerte in den Tiergruppen.

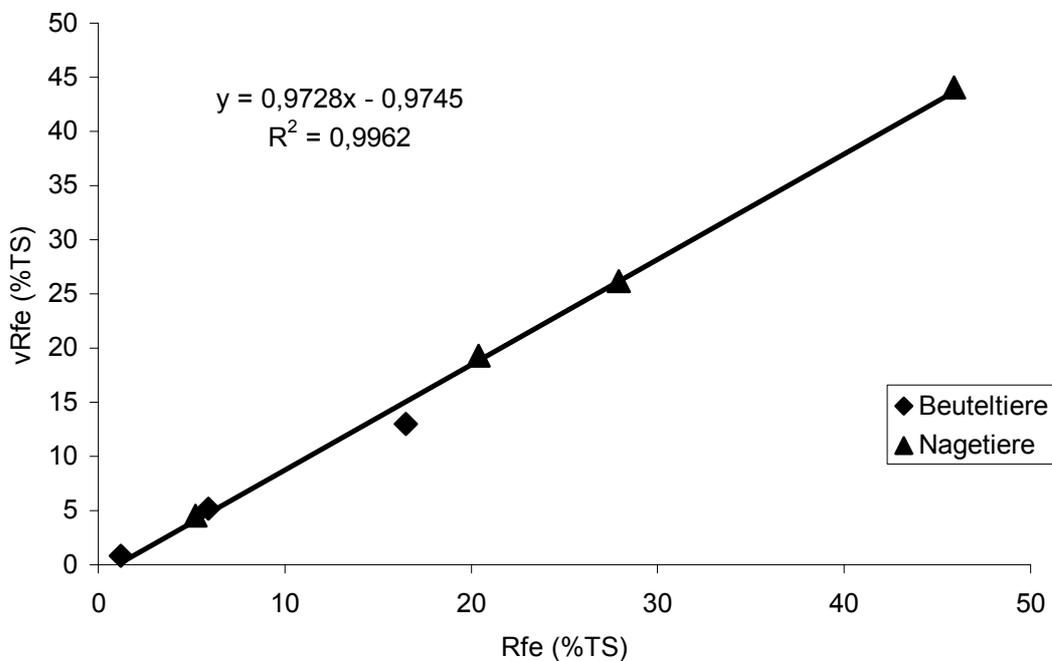


Abbildung 31. Zusammenhang zwischen Gesamtrohfettgehalt (% TS) und Gehalt an verdaulichem Rohfett (% TS) bei Fütterung von pflanzlichem Futter, ermittelt bei 5 carni- und omnivoren Säugetierspezies (Pro Spezies ein Mittelwert). Darstellung der Mittelwerte in den Tiergruppen.

Tabelle 26. Gleichungen der Regressionsgeraden für den Zusammenhang $vRfe$ (in % TS) = $a + b \cdot Rfe$ (in % TS) in Abhängigkeit von der Art des Futters.

Tiergruppe	Quellenanzahl	Anzahl Spezies	a	b	R ²	Rfe-Bereich (% TS)
Hausgemachte Rationen auf Fleisch- oder Fischbasis						
Mittelwerte der Spezies	62	24	0,33	0,94	0,98	0,3 – 84,0
Trockenfutter						
Mittelwerte der Spezies	39	6	-1,00	0,99	0,99	2,6 – 95,1
Getreide und pflanzliche Futter						
Mittelwerte der Spezies	34	5	-0,98	0,97	0,99	1,2 – 67,1

ROBERTS & KIRK (1964), DROZDZ (1968), FARRELL & WOOD (1968), COWAN et al. (1974), MORRIS et al. (1974), PATTON (1975), DAVISON et al. (1978), SKREDE (1978, 1979a, b), AUSTRENG et al. (1979), GLEM-HANSEN (1980), LITVAITIS & MAUTZ (1980), WITTMAYER MILLS (1980), HACKENBURGER & ATKINSON (1983), HAMOR (1983), KEIVER et al. (1984), RONALD et al. (1984), BEST (1985), MUNDT (1986), ROUVINEN et al. (1991), BALL & GOLIGHTLY (1992), FISHER et al. (1992), AHLSTROM & SKREDE (1995, 1998), MOYLE et al. (1995), HELLINGA et al. (1997), LANDES et al. (1997), GRAFFAM et al. (1998), GOODMAN-LOWE et al. (1999), McCLELLAND et al. (1999), GIBSON & HUME (2000), PEI et al. (2001), DAHLMAN et al. (2002), AHLSTROM et al. (2003), FEKETE et al. (2005), RUFF et al. (2007), ZHIHONG et al. (2007a, b),

Tabelle 27. Spezies, für die der Zusammenhang Rfe (%TS) – $vRfe$ (%TS) graphisch dargestellt wurde.

Tiergruppe	Spezies
Beuteltiere	Swainson-Breitfussbeutelmaus, Grosser Kurznasenbeutel, Grosser Kaninchennasenbeutel, Grosser Langnasenbeutel
Igel	Igel, Afrikanischer Weissbauchigel,
Feliden	Tiger, Sibirischer Tiger, Südchinesischer Tiger, Löwe
Hyaeniden	Tüpfelhyäne, Erdwolf
Caniden	Blaufuchs, Kojote, Afrikanischer Wildhund, Graufuchs
Musteliden	Nerz, Schwarzfussfrettchen, Frettchen, Otter, Fischermarder, Silberdachs
Meeressäugetiere	Walross, Hawaiianische Mönchsrobbe, Kegelrobbe, Sattelrobbe
Bären	Polarbär
Nagetiere	Gerbil, Feldmaus, Rötelmaus, Brandmaus, Gelbhalsmaus

4.4.2 Diskussion des Einflusses des Gesamtrohfettgehaltes auf den Gehalt an verdaulichem Rohfett

Auch hier gelten die Überlegungen, dass bei den unterschiedlichen Verdauungsversuchen weder die gleichen Untersuchungsbedingungen, wie Zeitpunkt des Versuches und Adaptationsperiode, noch die gleichen Rationen verwendet wurden, bzw. die Nährstoffzusammensetzung dieser Rationen, sowie die Nährstoffquelle nicht bekannt waren, so dass beobachtete Effekte eventuell auf andere, unbekannte Einflussgrößen zurückzuführen sein könnten.

Wie erwartet, nahm auch der Gehalt an verdaulichem Rfe in Abhängigkeit vom Gesamtrohfettgehalt zu. In Abhängigkeit von der Art des Futters variierte die Stärke des Einflusses des Rfe-Gehaltes auf den vRfe-Gehalt aber auch hier zwischen den Rationen (Hausgemachte Rationen auf Fleisch- oder Fischbasis: $b = 0,94$, Trockenfutter $b = 0,99$, Pflanzliches Futter: $b = 0,97$), wobei die Werte innerhalb der Gruppen ebenfalls ein einheitliches Bild zeigten. Die endogenen Verluste betrugen 1 g Rfe/100 g TS-Aufnahme bei Trockenfütterung und pflanzlicher Fütterung. Bei der Fleischfütterung ergab sich ein positiver Wert für a , der vermutlich zufällig auf der Speziesverteilung beruhte: alle Spezieseinzelwerte wiesen negative Werte für die endogenen Verluste auf. Dieser Wert wurde als statistisches Artefakt angesehen.

Unterschiede in der scheinbaren Rfe-Verdaulichkeit können sich, neben der Rfe-Konzentration bzw. Menge der Rfe-Aufnahme (MÜHLUM et al. 1989a) und dem Sättigungsgrad als Hauptfaktoren, ebenfalls auf die Kettenlänge der Fettsäuren beziehen (FREUDENTHAL 1990). So zeigte FREUDENTHAL (1990) reduzierte scheinbare Rfe-Verdaulichkeiten bei Hundefuttern, wenn der Anteil gesättigter Fettsäuren den Anteil ungesättigter überschritt. Die Herkunft der Fette scheint dabei eher von untergeordneter Bedeutung zu sein.

Sättigungsgrad und Kettenlänge der Fettsäuren wurden hier nicht überprüft, so dass eine Zuordnung der Verdaulichkeitsunterschiede nicht möglich war.

Insgesamt waren die Unterschiede zwischen den verschiedenen Futterarten und auch zwischen den Spezies jedoch noch deutlich geringer als beim Rohprotein.

Aufgrund der relativ eng beieinanderliegenden Werte für die scheinbare Rfe-Verdaulichkeit liesse sich hier die Überlegung anstellen, ob die Rfe-Verdaulichkeit bei allen Spezies unabhängig von der Ernährungsart hauptsächlich eine Funktion der Aufnahmemenge darstellt. Aufgrund der beobachteten Ähnlichkeiten war nicht zu

erwarten, dass im Rahmen der Energiebewertung grobe Abweichungen in Bezug auf die Faktoren für das Rfe durch Speziesdifferenzen, bei Verwendung vergleichbarer Rationen, zu finden wären. Auch hier lagen die scheinbaren Rfe-Verdaulichkeiten der carnivoren Spezies sehr nah an denen, die vom NRC (2006) zur Erstellung der Schätzgleichungen für hausgemachte Rationen (96 %) und kommerzielle Futter (95 %) beim Hund angenommen wurden, so dass dies die Erwartung bestärkte, dass sich mit Hilfe dieser Formeln eine zufriedenstellende Schätzgenauigkeit für vergleichbare Rationen bei den Zoocarnivoren erzielen lässt.

Die Rohfettverdaulichkeit pflanzlicher unbehandelter Rationen omnivorer Spezies (97 %) lag hier ebenso wie die Rohproteinverdaulichkeit deutlich über derjenigen, die zur Erstellung der Schätzgleichungen zur Energiebewertung von Rattenfuttern von SCHUG (2005) für konventionelle Rattenfutter ermittelt wurde (70 %), aber im Bereich derjenigen für halbsynthetische Rattenfutter (92 %). Da die Rfe-Verdaulichkeit hauptsächlich mit dem Rfe-Gehalt korreliert, könnte die deutliche Diskrepanz zu den konventionellen Rationen, die weniger als 8 % Rfe in der TS aufwiesen, aber hier auch nur auf dem höheren Rfe-Gehalt der untersuchten Rationen (bis 67 % in der TS) beruht haben.

4.5 Einfluss der Körpermasse auf die scheinbare Verdaulichkeit der TS

4.5.1 Ergebnisse zum Zusammenhang von Körpermasse und scheinbarer TS-Verdaulichkeit

Das Vorliegen eines möglichen Zusammenhanges zwischen der Körpermasse und der scheinbaren TS-Verdaulichkeit bei verschiedenen carnivoren Feliden-, Wildcaniden- und Mustelidenspezies wurde überprüft. Zwischen den Parametern bestand kein Zusammenhang.

Aufgrund des Fehlens fermentativer Vorgänge im Verdauungstrakt carnivorer Spezies war dies zu erwarten.

4.6 Energiebewertung

4.6.1 Ergebnisse zur Energiebewertung

Im Rahmen dieser Studie wurden die Ergebnisse verschiedener Schätzgleichungen zur Ermittlung des Gehaltes an verdaulicher Energie (DE) in Futtermitteln mit den in den Verdaulichkeitsversuchen ermittelten Gehalten an verdaulicher Energie verglichen und in Zusammenhang gesetzt. Es wurden verschiedene Formeln auf ihre Anwendbarkeit überprüft. Diese sind im Kapitel Material und Methoden aufgelistet. Die Formeln für konventionelle Rattenhaltungsfutter (SCHUG 2005) (Formel 7) und für Schweinemischfutter (ALP 2004) (Formel 10) erbrachten keine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen errechneten und experimentell ermittelten DE-Gehalten bei den untersuchten omnivoren Nagetieren, die hochverdauliche, hausgemachte, faserarme Nahrung erhielten.

Bei Verwendung der folgenden Formeln, zeigte sich eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und errechneten Werten:

Für hausgemachte Rationen und nicht industriell bearbeitete Futter bei carnivoren Spezies:

Formel (DE) für hausgemachte Rationen bei Hunden (errechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Hunden (NRC 2006))³
(Formel 1)

- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02141 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03767 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01674 \cdot g \text{ NfE})$

(nach NRC 2006, anwendbar für hausgemachtes Futter wie Fleisch, Innereien, Milchprodukte, gekochte Stärkequellen und hochverdauliche Spezialnahrung wie Milchersatz und Diäten zur enteralen Ernährung).

Die mittleren und maximalen Abweichungen für die Tiergruppen sind in Tabelle 28 dargestellt. In Abbildung 32 ist der Zusammenhang zwischen experimentell ermittelten und mittels der Formel für hausgemachte Rationen und hochverdauliche

³ Errechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Hunden (NRC 2006). Addition der renalen Energieverluste pro g verdaulichem Rp (5,2 kJ/g vRp) zur ME (MJ/kg TS).

Spezialnahrung (NRC 2006) errechneten DE-Gehalten für verschiedene Spezies bei Fütterung von hausgemachtem Futter oder hochverdaulicher Spezialnahrung dargestellt.

Tabelle 28. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für hausgemachte Rationen bei Hunden errechneten von den ermittelten DE-Gehalten

Gruppe	Quellenanzahl	Speziesanzahl	mittlere Abweichung (MJ/kg TS)	maximale Abweichung (MJ/kg TS)
Feliden	2	2	0,9	1,2
Musteliden	2	2	1,1	2,1
Caniden	1	1	1,3	1,6
Polarbären ⁴	1	1	0,8	2,2
Braunbären	1	1	0,1	0,3

DAVISON et al. (1978), LITVAITIS & MAUTZ (1980), HACKENBURGER & ATKINSON (1983), BEST (1985), MUNDT (1986), HELLINGA et al. (1997), SWENSON et al. (1999)

Formel (DE) für hausgemachte Rationen bei Katzen (berechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Katzen (NRC 2006))⁵
(Formel 3)

- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02141 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03557 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01674 \cdot g \text{ NfE})$

(nach NRC 2006, anwendbar für hausgemachtes Futter wie Fleisch, Innereien, Milchprodukte, gekochte Stärkequellen und hochverdauliche Spezialnahrung wie Milchersatz und Diäten zur enteralen Ernährung).

Die mittleren und maximalen Abweichungen sind in Tabelle 29 aufgeführt.

⁴ Experimentelle DE (MJ/kg TS) berechnet aus den Bruttoenergiegehalten der Nährstoffe der Ration und der experimentell bestimmten sV der GE (%).

⁵ Errechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Katzen (NRC 2006). Addition der renalen Energieverluste pro g verdaulichem Rp (5,2 kJ/g vRp) zur ME (MJ/kg TS).

Tabelle 29. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für hausgemachte Rationen bei Katzen errechneten von den ermittelten DE-Gehalten

Gruppe	Quellenanzahl	Speziesanzahl	Mittlere Abweichung (MJ/kg TS)	Maximale Abweichung (MJ/kg TS)
Feliden	2	2	1,6	2,2
Musteliden	2	2	1,3	2,5
Caniden	1	1	1,4	1,5
Polarbären ⁶	1	1	1,3	2,0
Braunbären	1	1	1,5	3,4

DAVISON et al. (1978), LITVAITIS & MAUTZ (1980), HACKENBURGER & ATKINSON (1983), BEST (1985), MUNDT (1986), HELLINGA et al. (1997), SWENSON et al. (1999)

**Formel (ME) für hausgemachte Rationen bei Hunden (NRC 2006)
(Formel 5)**

- $ME \text{ (MJ/kg TS)} = (0,01674 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03767 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01674 \cdot g \text{ NfE})$

(nach NRC 2006, anwendbar für hausgemachtes Futter wie Fleisch, Innereien, Milchprodukte, gekochte Stärkequellen und hochverdauliche Spezialnahrung wie Milchersatz und Diäten zur enteralen Ernährung).

Die mittleren und maximalen Abweichungen sind in Tabelle 30 dargestellt. Abbildung 33 zeigt den Zusammenhang zwischen Experimentaldaten und errechneten Werten.

Tabelle 30. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für hausgemachte Rationen bei Hunden errechneten von den ermittelten ME-Gehalten

Gruppe	Quellenanzahl	Speziesanzahl	mittlere Abweichung (MJ/kg TS)	maximale Abweichung (MJ/kg TS)
Feliden	2	2	0,9	1,5
Musteliden	2	2	1,0	2,5
Caniden	1	1	1,3	1,6
Polarbären ⁷	1	1	0,4	1,8
Braunbären	1	1	0,3	0,4

DAVISON et al. (1978), LITVAITIS & MAUTZ (1980), HACKENBURGER & ATKINSON (1983), BEST (1985), MUNDT (1986), HELLINGA et al. (1997), SWENSON et al. (1999)

⁶ Experimentelle DE (MJ/kg TS) berechnet aus den Bruttoenergiegehalten der Nährstoffe der Ration und der experimentell bestimmten sV der GE (%).

⁷ Experimentelle DE (MJ/kg TS) berechnet aus den Bruttoenergiegehalten der Nährstoffe der Ration und der experimentell bestimmten sV der GE (%).

Da die Energiebewertung für hausgemachte Rationen bei carnivoren Spezies anhand der Schätzformel für die Katze (NRC 2006) bereits auf der Stufe der DE der Energiebewertung anhand der Formel für den Hund (NRC 2006) hinsichtlich ihrer Schätzgenauigkeit deutlich unterlegen war, wurde eine Bewertung auf der Stufe der ME nicht mehr durchgeführt.

Für kommerzielle Futter bei carnivoren Spezies:

Formel (DE) für kommerzielle Futter bei Hunden (NRC 2006, bis zur Stufe der DE) (Formel 2)

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02385 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03934 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01717 \cdot (g \text{ NfE} + g \text{ Rfa}))$
- $sV \text{ GE (\%)} = 91,2 - (1,43 \cdot \text{Rfa (\% TS)})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} \cdot sV \text{ GE (\%)} / 100$

(nach NRC 2006, anwendbar für kommerzielles Hundefutter mit einem Rfa-Gehalt von weniger als 8 % der TS. Ausgenommen sind hier Milchersatz und Diäten zur enteralen Ernährung.)

Die mittleren und maximalen Abweichungen für die Tiergruppe sind in Tabelle 31 dargestellt. Die Abbildungen 34 und 35 stellen den Zusammenhang zwischen errechneten und ermittelten Werten graphisch dar.

Tabelle 31. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für kommerzielle Futter bei Hunden errechneten von den ermittelten DE-Gehalten

Gruppe	Quellenanzahl	Speziesanzahl	Mittlere Abweichung (MJ/kg TS)	Maximale Abweichung (MJ/kg TS)
Polarbären ⁸	1	1	0,3	0,6
Musteliden	2	2	0,8	1,8

PATTON (1975), HELLINGA et al. (1997), WHITE et al. (2007)

⁸ Experimentelle DE (MJ/kg TS) berechnet aus Bruttoenergiegehalten der Rohnährstoffe und deren scheinbaren Verdaulichkeiten.

Formel (DE) für kommerzielle Futter bei Katzen (NRC 2006, bis zur Stufe der DE) (Formel 4)

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02385 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03934 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01717 \cdot (g \text{ NfE} + g \text{ Rfa}))$
- $sV \text{ GE (\%)} = 87,9 - (0,88 \cdot \text{Rfa (\% TS)})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} \cdot sV \text{ GE (\%)} / 100$

(nach NRC 2006, anwendbar für kommerzielle Katzenfutter mit einem Rfa-Gehalt von weniger als 8 % der TS. Ausgenommen sind hier Milchersatz und Diäten zur enteralen Ernährung.)

Die mittleren und maximalen Abweichungen für die Tiergruppen sind in Tabelle 32 aufgeführt.

Tabelle 32. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für kommerzielle Futter bei Katzen errechneten von den ermittelten DE-Gehalten

Gruppe	Quellenanzahl	Speziesanzahl	Mittlere Abweichung (MJ/kg TS)	Maximale Abweichung (MJ/kg TS)
Polarbären	1	1	0,4	0,6
Musteliden	2	2	0,9	2,2

PATTON (1975), HELLINGA et al. (1997), WHITE et al. (2007)

Formel (ME) für konventionelle Futter bei Hunden (NRC 2006) (Formel 6)

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02385 \cdot g \text{ Rp}) + (0,03934 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,01717 \cdot (g \text{ NfE} + g \text{ Rfa}))$
- $sV \text{ GE (\%)} = 91,2 - (1,43 \cdot \text{Rfa (\% TS)})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} \cdot sV \text{ GE (\%)} / 100$
- $ME \text{ (MJ/kg TS)} = DE \text{ (MJ/kg TS)} - (0,00434 \text{ (MJ/g)} \cdot g \text{ Rp})$

(nach NRC 2006, anwendbar für kommerzielles Hundefutter mit einem Rfa-Gehalt von weniger als 8 % der TS. Ausgenommen sind hier Milchersatz und Diäten zur enteralen Ernährung.)

Der Zusammenhang konnte bei den Musteliden nur für die Spezies Schwarzfussfrettchen aus einem Versuch von HELLINGA et al. (1997) überprüft werden, da für die anderen Daten keine scheinbare Rp-Verdaulichkeit angegeben

war und so die experimentellen ME-Gehalte nicht bestimmt werden konnten. Die mittlere und maximale Abweichung sind in Tabelle 33 aufgeführt. Die Abbildungen 36 und 37 stellen den Zusammenhang graphisch dar.

Tabelle 33. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für kommerzielle Futter bei Hunden errechneten von den ermittelten ME-Gehalten

Gruppe	Quellenanzahl	Speziesanzahl	Mittlere Abweichung (MJ/kg TS)	Maximale Abweichung (MJ/kg TS)
Polarbären	PATTON (1975)	1	0,4	0,6
Musteliden	HELLINGA et al. (1997)	1	0,3	0,4

Auch hier wurde, aufgrund der Überlegenheit der Formel für kommerzielle Futter bei Hunden (NRC 2006) gegenüber derjenigen bei Katzen bereits auf der Stufe der DE, auf eine Energiebewertung auf der Stufe der ME anhand der Formel für Katzen verzichtet.

Für nicht industriell bearbeitete faser- und fettarme Rationen bei omnivoren Spezies:

Formel für konventionelle Rattenfutter (SCHUG 2005)

(Formel 8)

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (23,9 \cdot g \text{ Rp}) + (39,8 \cdot g \text{ Rfe}) + (17,5 \cdot g \text{ NfE}) + (20,1 \cdot g \text{ Rfa}) / 1000$
- $sV \text{ GE (\%)} = 86,88 - (1,97 \cdot \text{Rfa (\% TS)})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} \cdot sV \text{ GE (\%)} / 100$

(SCHUG 2005 für konventionelle Futtermittel, ermittelt aus den Bruttoenergiegehalten der Rohnährstoffe und der scheinbaren Bruttoenergieverdaulichkeit, die anhand des Rfa-Gehaltes ermittelt wurde).

Die mittleren und maximalen Abweichungen sind in Tabelle 34 aufgeführt. Der Zusammenhang zwischen den errechneten und ermittelten Werten ist in Abbildung 35 graphisch dargestellt.

Tabelle 34. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für kommerzielle Rattenfutter errechneten von den ermittelten DE-Gehalten

Gruppe	Quellenanzahl	Speziesanzahl	Mittlere Abweichung (MJ/kg TS)	Maximale Abweichung (MJ/kg TS)
Nagetiere	DROZDZ (1968)	4	0,4	0,7

Für nicht industriell bearbeitete faserarme und fettreiche Rationen bei omnivoren Spezies:

Formel für halbsynthetische Rattenfutter (SCHUG 2005)

(Formel 9)

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = ((23,9 \cdot g \text{ Rp}) + (39,8 \cdot g \text{ Rfe}) + (17 \cdot g \text{ NfE}) + (17 \cdot g \text{ Rfa})) / 1000$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} \cdot 0,95$

(SCHUG 2005 für halbsynthetische Rationen, ermittelt aus den Bruttoenergiegehalten der Rohnährstoffe und der mittleren scheinbaren Bruttoenergieverdaulichkeit von 0,95.).

Diese Formel führte im Gültigkeitsbereich für Rohfett bis zu 8 %TS (SCHUG 2005) zu schlechterer Übereinstimmung mit den experimentellen Werten. Bei sehr hohen Rohfettgehalten (> 30 %TS) erbrachte sie jedoch gute Übereinstimmung der Ergebnisse. Die mittleren und maximalen Abweichungen sind in Tabelle 35 aufgeführt. Abbildung 36 zeigt den Zusammenhang für die fettreichen Rationen.

Tabelle 35. Darstellung der mittleren und maximalen Abweichungen (MJ/kg TS) der anhand der Formel für halbsynthetische Rattenfutter errechneten von den ermittelten DE-Gehalten

Gruppe	Quellenanzahl	Speziesanzahl	Mittlere Abweichung (MJ/kg TS)	Maximale Abweichung (MJ/kg TS)
Fettarme Rationen <8 % Rfe (%TS)				
Nagetiere	DROZDZ (1968)	4	1,4	3,4
Fettreiche Rationen > 30 % Rfe (%TS)				
Nagetiere	DROZDZ (1968)	4	0,7	1,4

4.6.2 Diskussion zur Energiebewertung

Die Anwendung der Formeln setzte voraus, dass die Gehalte von Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und N-freien Extraktstoffen, sowie der experimentell ermittelte Gehalt an DE oder alle scheinbaren Nährstoffverdaulichkeiten der verwendeten Rationen in den Publikationen zur Verdaulichkeit angegeben waren. Daher konnten nur solche Publikationen Verwendung finden, in denen alle benötigten Angaben für die jeweils zu überprüfende Formel vorhanden waren. Aus diesem Grund war die Überprüfung der Anwendbarkeit dieser Formeln zur Berechnung des Energiegehaltes für viele der Wildtierspezies nicht möglich.

Hausgemachte und nicht industriell bearbeitete Rationen für carnivore Spezies

Die Formel zur Errechnung der Energiegehalte in hausgemachten Rationen bei Hunden (auf der Stufe der DE, berechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen bei Hunden (NRC 2006)) erbrachte die beste Übereinstimmung für hausgemachte Rationen bei Caniden, Musteliden und Feliden (Abb. 32).

Aus den Daten von BEST (1985) aus Versuchen an Polarbären ergaben sich sehr grosse Abweichungen zwischen experimentellen und errechneten Energiegehalten. Bei Betrachtung der angegebenen Bruttoenergiegehalte in den verwendeten Rationen erschienen diese extrem niedrig, so dass zur Überprüfung eine faktorielle Kalkulation anhand der Bruttoenergiegehalte der Rohnährstoffe unter Verwendung folgender Formel vorgenommen wurde:

$$GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02385 * g \text{ Rp}) + (0,03934 * g \text{ Rfe}) + (0,01717 * (g \text{ NfE} + g \text{ Rfa}))$$

Die so erhaltenen Bruttoenergiekonzentrationen lagen deutlich über den von BEST (1985) ermittelten. Aus diesem Grund wurde angenommen, dass die experimentell durch Bombenkalorimetrie bestimmte Bruttoenergie in diesem Versuch fehlerhaft war, was z.B. durch Inhomogenität der Futterprobe oder unvollständige Verbrennung der Probe zum Teil zu deutlichen Abweichungen führen kann (SCHRAG 1999).

Wurde die Experimental-DE anhand der kalkulierten GE und der experimentell bestimmten scheinbaren Bruttoenergieverdaulichkeit bestimmt und mit den anhand der Formel (NRC 2006) für hausgemachte Rationen errechneten Werten verglichen, so ergab sich auch bei der Gruppe der Polarbären eine gute Schätzgenauigkeit für die Formel mit einer mittleren Abweichung von 0,8 MJ/kg TS und einer maximalen Abweichung von 2,2 MJ/kg TS. Die maximale Abweichung ergab sich bei einer

Ration mit deutlich niedrigeren scheinbaren Nährstoffverdaulichkeiten als in den anderen Versuchsrationen (sV TS 53 %, sV Rp 75 %, sV Rfe 94,5 %, sV GE 82%), die teils durch den hohen Rohaschegehalt von 20 % TS der Ration mitbeeinflusst worden sein könnten. Besonders die niedrige Rp-Verdaulichkeit wich deutlich von der für die Formelerstellung vom NRC (2006) angenommenen mittleren Rp-Verdaulichkeit (90 %) ab, so dass dies hier als Hauptursache für die Überschätzung des DE-Gehaltes der Ration angenommen wurde. Durch die fehlerhafte Bestimmung der Bruttoenergie könnten allerdings auch die experimentell bestimmten scheinbaren Bruttoenergieverdaulichkeiten aller Rationen von BEST (1985) fehlerhaft sein.

Geht man davon aus, dass BEST (1985) die scheinbare Bruttoenergieverdaulichkeit anhand der Bruttoenergiegehalte im Futter, der Futtermenge, der Bruttoenergiegehalte im Kot und der Kotmenge berechnete ($sV\ GE\ (\%) = (GE\ (Futter) - GE\ (Kot) / GE\ (Futter) * 100$), so liess sich ein eventueller Fehler bei der Energieverdaulichkeit abschätzen, vorausgesetzt, dass die bestimmte Bruttoenergie im Kot nicht ebenfalls unterschätzt wurde. Mit dieser Vorgabe werden von 18,4 MJ/kg TS im Futter (experimentell bestimmte Bruttoenergie) 0,6 MJ/kg TS im Kot ausgeschieden. Setzt man nun den errechneten Bruttoenergiegehalt von 29,9 MJ/kg TS im Futter in die Gleichung ein, so errechnet sich eine scheinbare Bruttoenergieverdaulichkeit von 97,9 % anstelle der experimentell bestimmten Bruttoenergieverdaulichkeit von 96,5 %. Da die maximale Abweichung zwischen ermittelter und errechneter Bruttoenergieverdaulichkeit nur 1,4 Prozentpunkte betrug, wurde der eventuelle Fehler in der experimentell bestimmten Bruttoenergie als vernachlässigbar gering eingestuft und bei den weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt.

Eine Berechnung der DE-Gehalte in hausgemachten und nicht industriell bearbeiteten Rationen bei Carnivoren anhand der Formel für hausgemachte Rationen bei Katzen (auf der Stufe der DE, berechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen bei Katzen (NRC 2006)) ergab bei allen Tiergruppen, auch den strikt carnivoren Spezies, grössere Abweichungen als die entsprechende Formel für Hunde. Es scheint also, dass die Speziesunterschiede der Rfe-Verdaulichkeit zwischen Hund und Katze keine Entsprechung bei den verwandten Wildspezies finden. Die strikten Wildcarnivoren scheinen in der Höhe der scheinbaren Rfe-Verdaulichkeit eher dem Hund zu ähneln als der Katze. Aus diesem Grund lässt sich eine Energiewertschätzung hausgemachter Rationen bei carnivoren

Wildsäugetierspezies auf der Stufe der DE anhand der Formel für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Hunden (NRC 2006) zuverlässig durchführen.

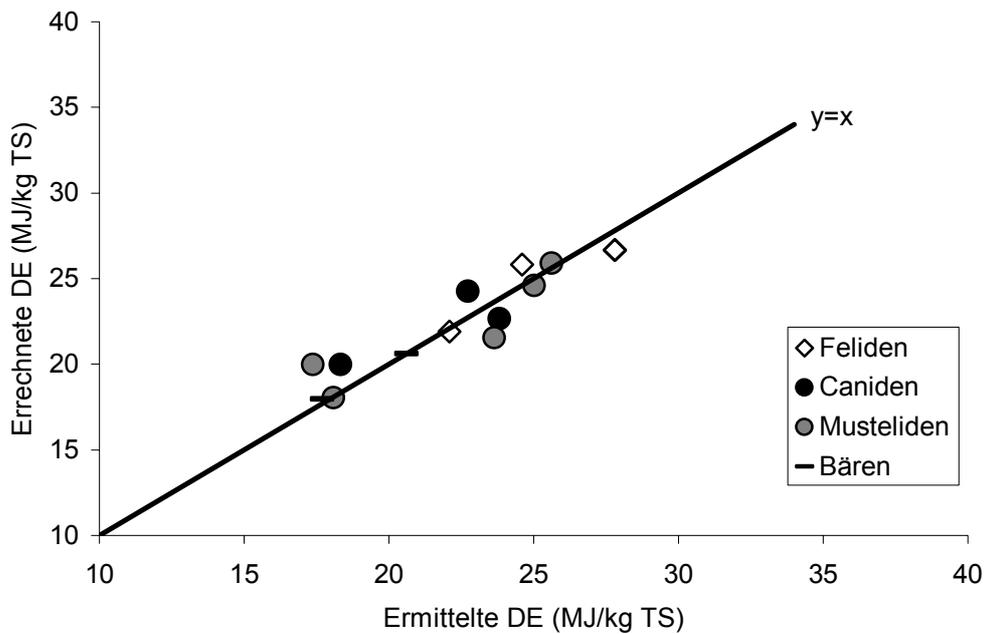


Abbildung 32. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel (DE) für hausgemachte Rationen (berechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen für Hunde (NRC 2006)) errechneten DE-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Tiger, Löwe, Kojote, Fischermarder, Schwarzfussfrettchen und Braunbär. Regressionsgleichung: $y = 0,80 \cdot x + 4,69$, $R^2 = 0,88$

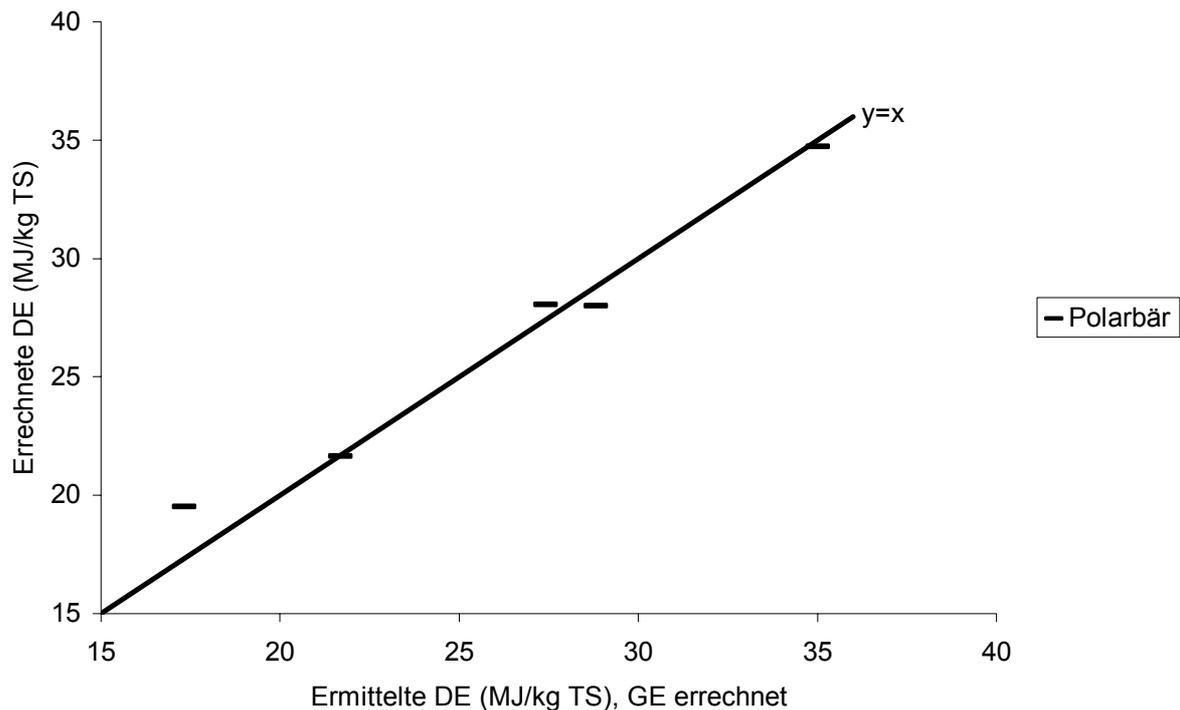


Abbildung 33. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten (GE anhand der Bruttoenergiegehalte der Rohnährstoffe berechnet) und nach der Formel (DE) für hausgemachte Rationen (berechnet aus der Formel (ME) für hausgemachte Rationen für Hunde (NRC 2006)) errechneten DE-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Polarbären⁹. Regressionsgleichung: $y = 0,88 \cdot x + 3,58$, $R^2 = 0,98$. Die mittlere Abweichung betrug hier 0,8 MJ/kg TS, die maximale 2,2 MJ/kg TS.

Die gute Übereinstimmung zwischen errechneten und ermittelten DE-Gehalten, sowie die geringe Varianz in der Rp-Verdaulichkeit, einerseits unter den carnivoren Spezies (94 %), andererseits zwischen diesen und der vom NRC (2006) angenommenen mittleren Proteinverdaulichkeit (90 %), legten die Vermutung nah, dass bei carnivoren Spezies bei hausgemachten Rationen eine Energiebewertung auf der Stufe der ME ebenfalls möglich sein könnte. Da die Energiewertberechnung anhand der Formel für Hunde allgemein geringere Abweichungen der Werte von den Experimentalwerten erbrachte, wurde die Berechnung der Umsetzbaren Energie (ME) hier anhand der Formel für Hunde durchgeführt.

Die renalen Energieverluste werden beim Hund mit 5,2 kJ pro g verdaulichen Rohproteins veranschlagt, für die Katze mit 3,6 kJ pro g verdaulichen Rohproteins (NRC 2006). Der quantitative Unterschied, der durch Verwendung der verschiedenen

⁹ Experimentelle DE (MJ/kg TS) berechnet aus den Bruttoenergiegehalten der Nährstoffe der Ration und der experimentell bestimmten sV der GE (%).

Faktoren in der Höhe der berechneten ME entsteht, ist jedoch vernachlässigbar gering und hauptsächlich von akademischem Interesse. Zudem ist der Faktor für Katzen noch wenig abgesichert. Die Daten entstammen lediglich einem Versuch (HASHIMOTO et al. 1995). Daher wird bei Unklarheit der Faktor für den Hund von 5,2 kJ pro g verdaulichen Rohproteins verwandt.

Trotz der Möglichkeit, dass die strikt carnivoren Wildspezies im Proteinmetabolismus der Hauskatze ähneln könnten, wurde aus oben angeführten Gründen bei der Berechnung der ME ein renaler Energieverlust von 5,2 kJ pro g verdaulichen Rohproteins veranschlagt.

In den Abbildungen 34 und 35 ist der Zusammenhang zwischen ME-Gehalten, die anhand der experimentell ermittelten DE-Gehalte und der Verdaulichkeit des Rohproteins ($DE \text{ (MJ/kg TS)} - 5,2 \text{ kJ/g vRp}$) errechnet wurden und denjenigen, die unter Verwendung der Formel für ME in hausgemachten Rationen und hochverdaulicher Spezialnahrung bei Hunden (NRC 2006) errechnet wurden, dargestellt.

Hier wurde bei den Polarbären ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung gefunden, wenn die Experimental-DE aus der faktoriell berechneten Bruttoenergie und der experimentellen scheinbaren Bruttoenergieverdaulichkeit bestimmt wurde. Die mittlere Abweichung betrug hier 0,4 MJ/kg TS, die maximale 1,8 MJ/kg TS.

Auch bei Feliden-, Caniden- und Mustelidenspezies wurde auf der Stufe der ME eine gute Übereinstimmung zwischen experimentell ermittelten und errechneten Energiegehalten erzielt. Da die meisten Futterwerttabellen, wie etwa vom NRC (2006) auf Gehalten an Umsetzbarer Energie (ME) beruhen, erscheint eine Energiebewertung hausgemachter Rationen und nicht industriell bearbeiteter Futter carnivorer Wildsäugerspezies anhand der Berechnung auf der Stufe der ME durch die Formel für hausgemachte Rationen und hochverdauliche Spezialnahrung bei Hunden (NRC 2006) empfehlenswert.

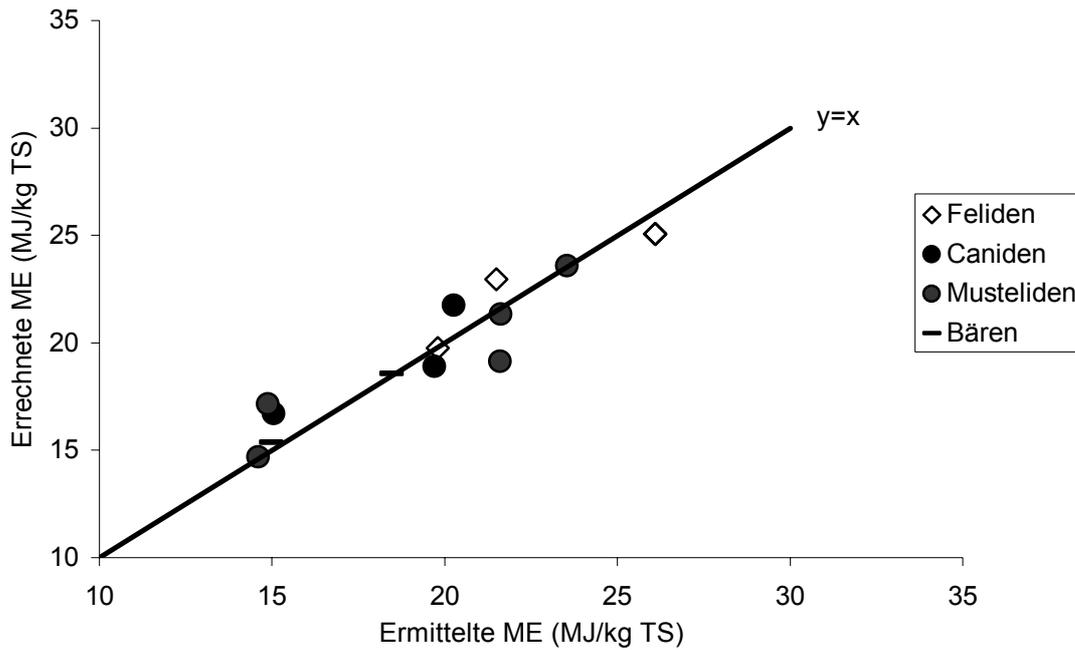


Abbildung 34. Zusammenhang zwischen ME-Gehalten (MJ/kg TS), errechnet aus experimentellen DE-Gehalten und anhand der Formel (ME) für hausgemachte Rationen für Hunde (NRC 2006) errechneten ME-Gehalten (MJ/kg TS) in hausgemachten Rationen von Tiger, Löwe, Kojote, Fischermarder, Schwarzfussfrettchen und Braunbär. Regressionsgleichung: $y = 0,82 \cdot x + 3,66$, $R^2=0,90$

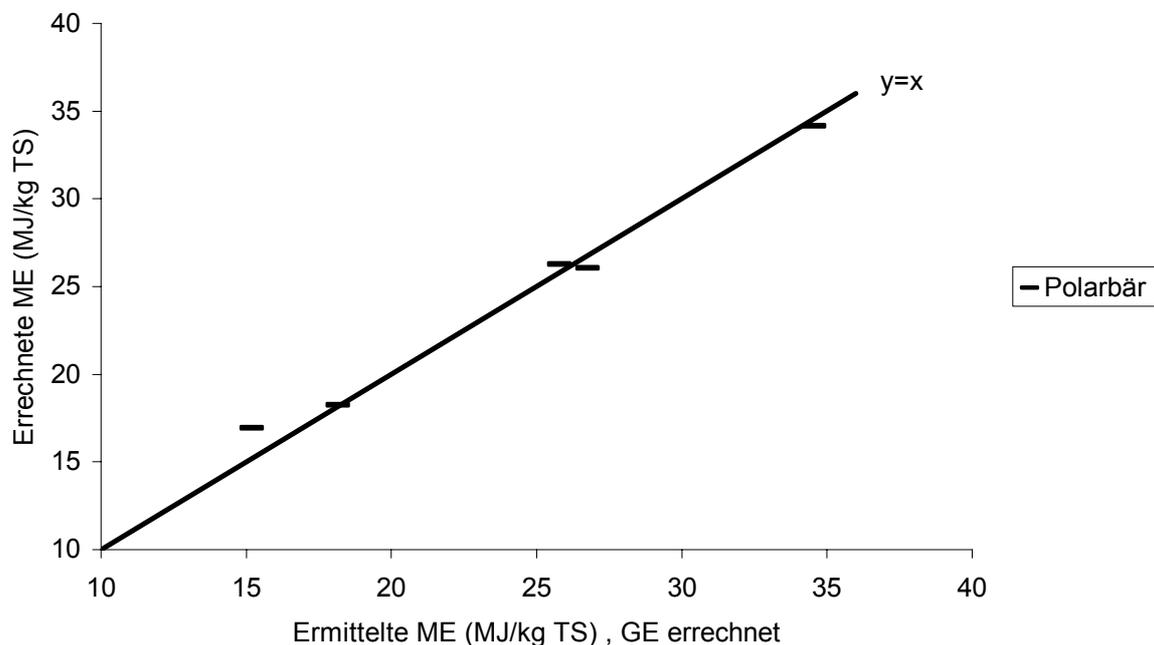


Abbildung 35. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten (GE anhand der Bruttoenergiegehalte der Rohnährstoffe berechnet) und nach der Formel (ME) für hausgemachte Rationen für Hunde (NRC 2006) errechneten ME-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Polarbären¹⁰. Regressionsgleichung: $y = 0,88 \cdot x + 3,71$, $R^2 = 0,99$. Die mittlere Abweichung betrug hier 0,4 MJ/kg TS, die maximale 1,8 MJ/kg TS.

¹⁰ Experimentelle DE (MJ/kg TS) berechnet aus den Bruttoenergiegehalten der Nährstoffe der Ration und der experimentell bestimmten sV der GE (%).

Kommerzielle Futter bei carnivoren Spezies

Eine gute Schätzgenauigkeit für kommerzielle Futter liess sich anhand einer Berechnung mit der Formel für kommerzielle Futter bei Hunden (NRC 2006, bis zur Stufe der DE) bei Mustelidenspezies erzielen (Abb. 36), sowie bei Polarbären, bei denen die Versuchs-DE aus den Rohnährstoffkonzentrationen und deren scheinbarer Verdaulichkeit errechnet wurde (Abb. 37).

Auch bei den kommerziellen Futtern führte die Verwendung der Formel für kommerzielle Futter bei Katzen (NRC 2006, bis zur Stufe der DE) zu etwas grösseren Abweichungen von den experimentell ermittelten Werten, was wiederum die gleichen Schlussfolgerungen in Bezug auf die Nichtübertragbarkeit der Speziesunterschiede in der Rfe-Verdaulichkeit zwischen Hund und Katze auf die Wildspezies nach sich zog. Die Formel für kommerzielle Futter beim Hund (NRC 2006, bis zur Stufe der DE) ist damit gut zur Schätzung der DE-Gehalte kommerzieller Futter bei den Mustelidenspezies Schwarzfussfrettchen und Fischotter, sowie bei Polarbären geeignet. Die Ähnlichkeiten in den Nährstoffverdaulichkeiten unter den carnivoren Spezies und die Tatsache, dass hausgemachte Rationen sowohl bei den Musteliden und Polarbären, als auch bei anderen carnivoren Spezies gut anhand der gleichen Formel geschätzt werden konnten, legte nahe, dass eine Energiewertschätzung kommerzieller Futter auf der Stufe der DE bei carnivoren Spezies allgemein zuverlässig anhand der Formel (NRC 2006) für kommerzielle Futter bei Hunden berechnet werden kann.

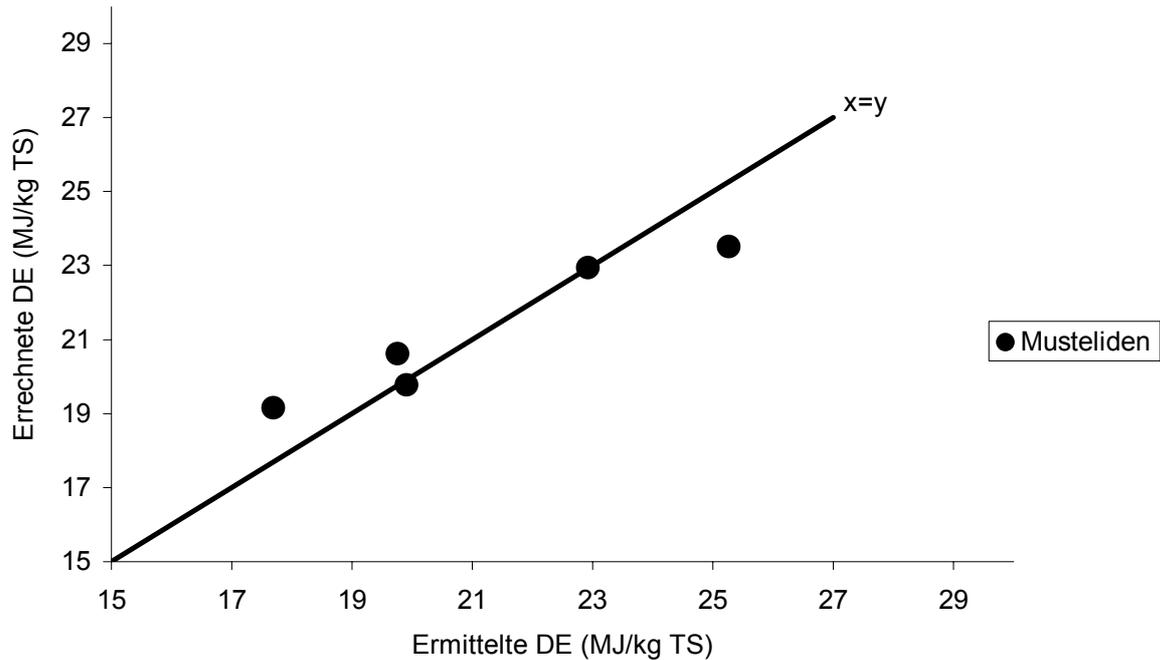


Abbildung 36. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel für kommerzielle Futter beim Hund (NRC 2006, bis zur Stufe der DE) berechneten DE-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Nordamerikanischen Fischottern und Schwarzfussfrettchen. Regressionsgleichung: $y = 0,63 \cdot x + 7,96$, $R^2 = 0,94$

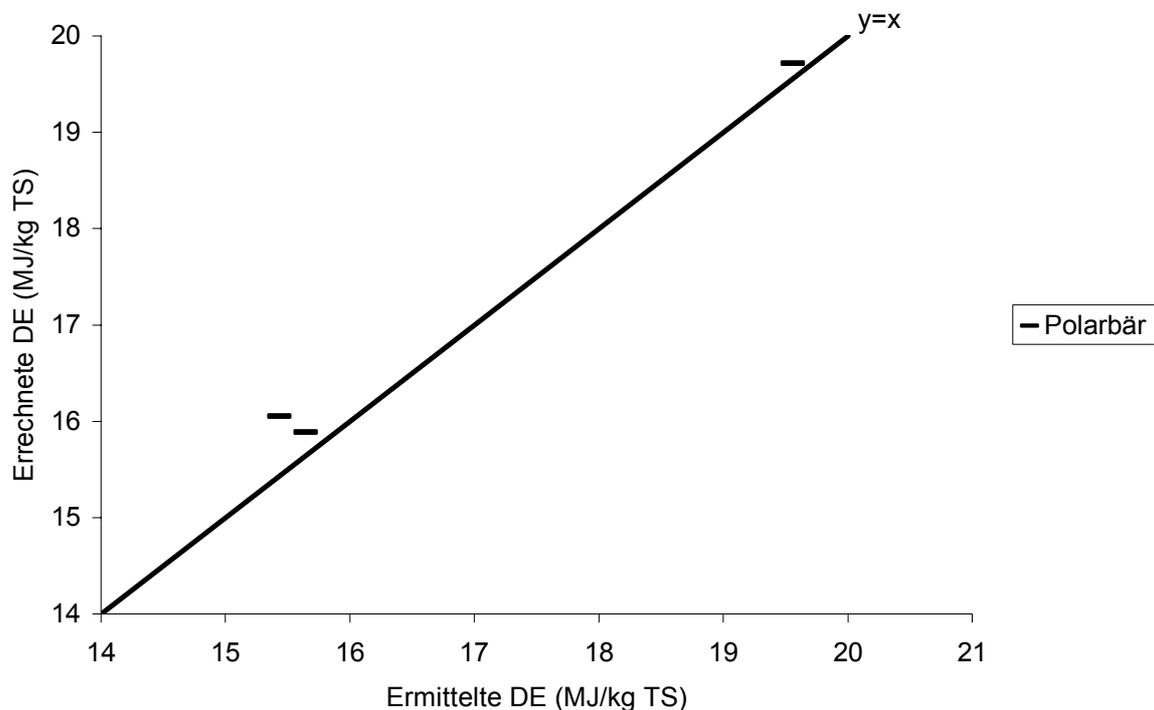


Abbildung 37. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel für kommerzielle Futter beim Hund (NRC 2006, bis zur Stufe der DE) berechneten DE-Gehalten (MJ/kg TS) im Futter von Polarbären¹¹. Regressionsgleichung: $y = 0,93 \cdot x + 1,54$, $R^2 = 0,99$

¹¹ Experimentelle DE (MJ/kg TS) berechnet aus Bruttoenergiegehalten der Rohnährstoffe und sV der Rohnährstoffe.

Die gute Übereinstimmung der Werte auf der Stufe der DE, sowie die geringe Variation der mittleren Rohproteinverdaulichkeiten in den kommerziellen Rationen (84 %) unter den carnivoren Spezies und zwischen diesen und der zur Erstellung der Schätzformel (ME) für kommerzielle Hundefutter vom NRC (2006) angenommenen mittleren Rohproteinverdaulichkeit (80 %) legten es auch hier nah, die Möglichkeit einer Energiewertschätzung auf der Stufe der Umsetzbaren Energie (ME) zu überprüfen.

In Abbildung 38 und 39 ist der Zusammenhang zwischen experimentell ermittelten ME-Gehalten (MJ/kg TS) und den anhand der Formel für ME in hausgemachten Rationen und hochverdaulicher Spezialnahrung bei Hunden (NRC 2006) berechneten ME-Konzentrationen (MJ/kg TS) bei Schwarzfussfrettchen und Polarbären dargestellt. Bei den Polarbären kam es auf der Stufe der ME zu einer etwas grösseren Überschätzung der Energiegehalte als auf der Stufe der DE, was auf einem zu niedrigen Abzug renaler Energieverluste in der Berechnung, basierend auf einer Unterschätzung der experimentellen Rohproteinverdaulichkeit durch die Berechnung beruhte.

Da bei den Musteliden nur Rp-Verdaulichkeiten aus einem Versuch vorlagen, konnte die Formel nur an zwei Werten geprüft werden, bei denen jedoch ebenfalls eine gute Übereinstimmung zwischen experimentell bestimmten und errechneten ME-Gehalten vorlag. Dies lässt auch hier aus Gründen der Praktikabilität (Futterwerttabellen auf Stufe der ME) die Empfehlung zu, kommerzielle Rationen bei carnivoren Wildsäugetierspezies unter Verwendung der Formel zur Energieberechnung kommerzieller Rationen bei Hunden (NRC 2006) auf der Stufe der ME durchzuführen.

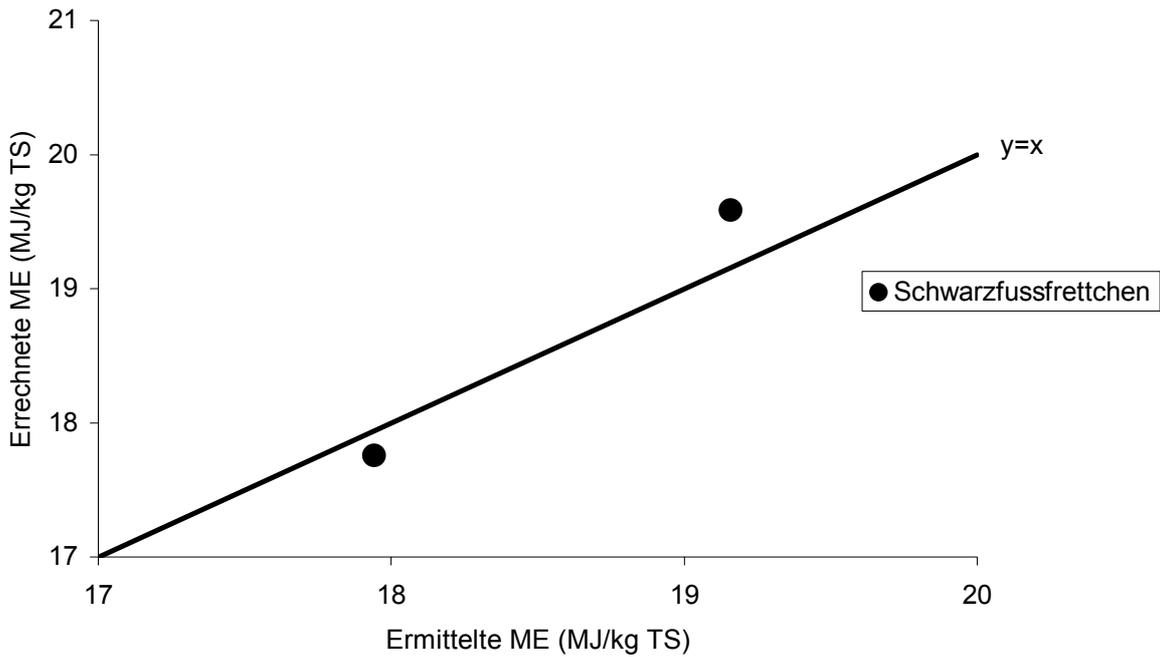


Abbildung 38. Zusammenhang zwischen ME-Gehalten (MJ/kg TS), errechnet aus experimentellen DE-Gehalten und anhand der Formel (ME) für konventionelle Futter für Hunde (NRC 2006) berechneten ME-Gehalten (MJ/kg TS) in konventionellen Futtern bei Schwarzfussfrettchen. Regressionsgleichung: $y = 1,50 \cdot x - 9,21$, $R^2=0,99$.

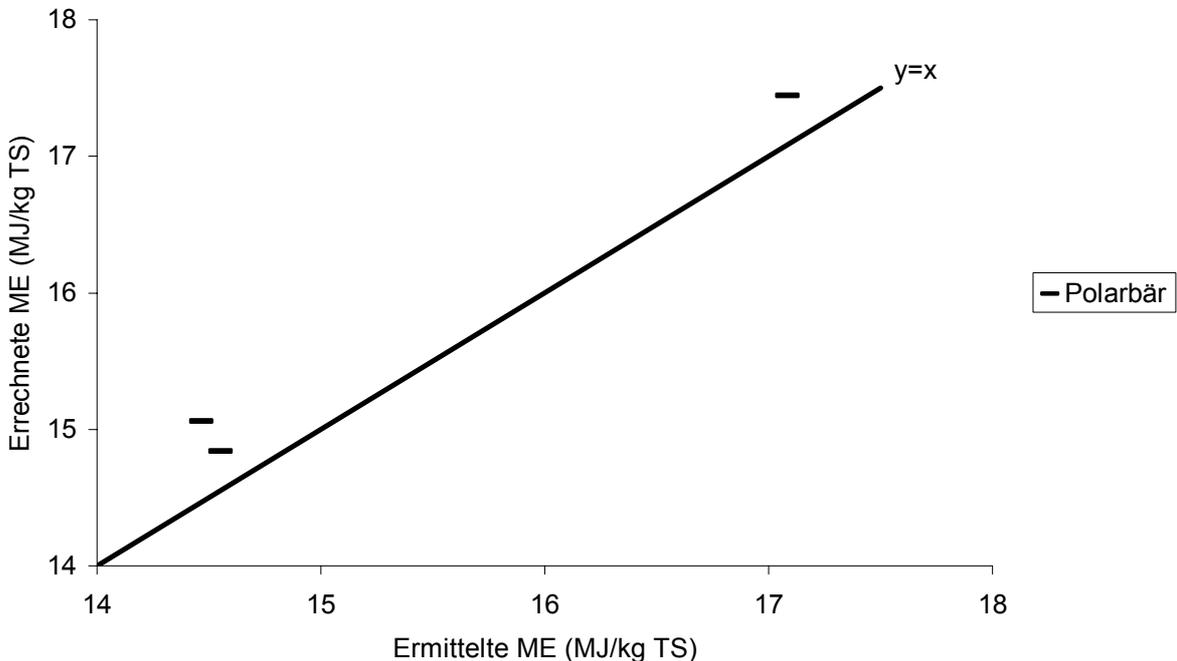


Abbildung 39. Zusammenhang zwischen ME-Gehalten (MJ/kg TS), errechnet aus experimentellen DE-Gehalten und anhand der Formel (ME) für kommerzielle Futter für Hunde (NRC 2006) berechneten ME-Gehalten (MJ/kg TS) in kommerziellen Futtern bei Polarbären¹². Regressionsgleichung: $y = 0,97 \cdot x + 0,95$, $R^2=0,99$.

¹² Experimentelle DE (MJ/kg TS) berechnet aus Bruttoenergiegehalten der Rohnährstoffe und sV der Rohnährstoffe.

Nicht industriell bearbeitete faserarme Futter bei omnivoren Spezies

Abbildung 40 zeigt den Zusammenhang zwischen den Experimentaldaten und den nach der Formel für konventionelle Rattenfuttermittel (SCHUG 2005) berechneten DE-Gehalten. Hier ergab sich eine gute Übereinstimmung für die unbearbeiteten faserarmen und fettarmen Rationen bei den Nagetieren. Die Rationen zeichneten sich durch einen niedrigen Rfa-Gehalt ($< 5\%TS$), Rfe-Gehalte von weniger als $8\%TS$ und Rp-Gehalte von ca. $11\%TS$ aus und lagen somit bis auf den Rp-Gehalt in dem Gültigkeitsbereich, den SCHUG (2005) für diese Formel zur Energiebewertung bei Ratten definiert hatte (Rp 15-25 $\%TS$, Rfe $< 7\%TS$, Rfa $< 7\%TS$). Die Tiere erhielten Rationen aus Getreide oder Nüssen.

Die Berechnung anhand der Formel für halbsynthetische Rattenfutter (SCHUG 2005) führte bei den fettarmen Rationen zu grösseren Abweichungen, erbrachte aber gute Übereinstimmungen für nicht bearbeitete fettreiche und faserarme Rationen bei den Nagetieren (Abb. 41). Dies könnte daran liegen, dass etwa die scheinbare Rfe-Verdaulichkeit, die von SCHUG (2005) zur Formelerstellung ermittelt wurde (92 %), der mittleren Rfe-Verdaulichkeit der fettreichen Rationen besser entsprach (94 % bis 97 %), da diese aufgrund der Korrelation zwischen Rfe-Gehalt und Rfe-Verdaulichkeit deutlich höher als diejenigen der fettarmen Rationen lagen.

Somit lässt sich feststellen, dass die Formel, die zur Bewertung konventioneller Rattenfutter (SCHUG 2005) erstellt wurde, bei omnivoren Spezies auch zur DE-Schätzung unbearbeiteter, faser- und fettarmer Futter aus Komponenten, die auch in einer humanen „Western Diet“ zu finden sind, sowie für unbehandeltes Getreide, geeignet war. Nicht bearbeitete faserarme, fettreiche Futter, wie z.B. Haselnüsse liessen sich hingegen gut mit der Formel für halbsynthetische Rattenfutter (SCHUG 2005) berechnen.

Nicht geeignet für eine Energiewertschätzung der untersuchten Rationen bei omnivoren Spezies waren die Formeln für konventionelle Rattenhaltungsfutter (SCHUG 2005) und Schweinemischfutter (ALP 2004). Beide unterschätzten die DE-Gehalte der verwendeten Rationen. Bei der Formel für konventionelle Rattenhaltungsfutter (SCHUG 2005) lag das an den niedrigeren mittleren Nährstoffverdaulichkeiten, die zur Formelerstellung angenommen wurden, gegenüber den in den Versuchen erzielten Verdaulichkeiten. Die Formel für Schweinemischfutter (ALP 2004) wurde anhand von Daten aus der Literatur erstellt,

wobei keine mittleren Nährstoffverdaulichkeiten angegeben wurden, so dass die Ursache der Energieunterschätzung hier nicht eindeutig festlegbar ist.

Insgesamt sind die Ergebnisse zur Energiewertschätzung im Futter omnivorer Spezies unbefriedigend, da lediglich Daten zu sehr fettarmen (< 8%TS) sowie sehr fettreichen (> 30%TS) Rationen vorlagen. Verwendbare Daten zu Rationen mit einem mittleren Rfe-Gehalt (8-30%TS) fehlten, so dass erstens die Gültigkeitsbereiche der Formeln (im Rfe-Gehalt) für die Rationen nicht klar voneinander abgrenzbar waren und zweitens keine Empfehlungen zur Energiebewertung mässig fetthaltiger Rationen gegeben werden können.

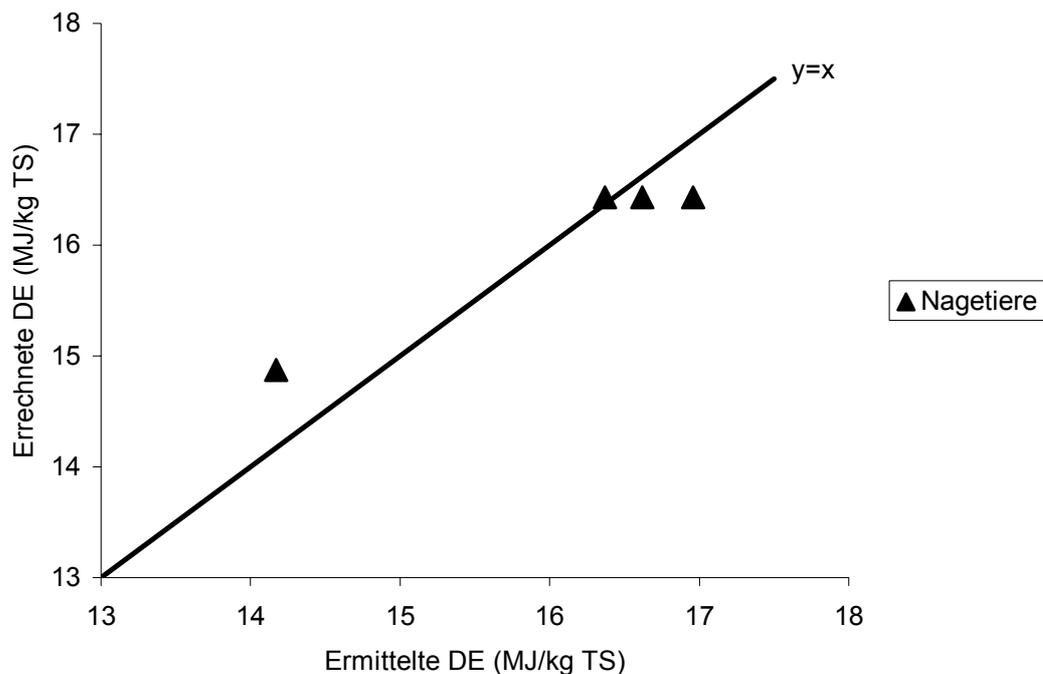


Abbildung 40. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel für konventionelle Rattenfuttermittel (SCHUG 2005) berechneten DE-Gehalten in nicht bearbeiteten, faser- und fettarmen Rationen der vier omnivoren Spezies Feldmaus, Rötelmaus, Brandmaus und Gelbhalsmaus. Regressionsgleichung: $0,61 \cdot x + 6,34$, $R^2=0,96$.

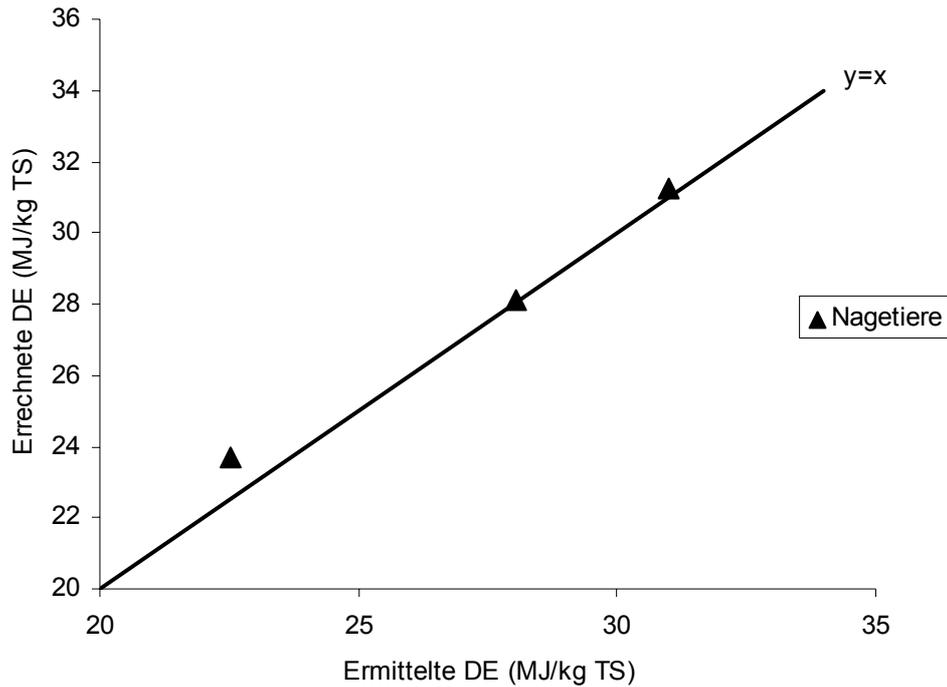


Abbildung 41. Zusammenhang zwischen experimentell bestimmten und nach der Formel für halbsynthetische Rattenfuttermittel (SCHUG 2005) berechneten DE-Gehalten in nicht bearbeiteten, faserarmen, fettreichen Rationen der vier omnivoren Spezies Feldmaus, Rötelmaus, Brandmaus und Gelbhalsmaus. Regressionsgleichung: $y = 0,88 \cdot x + 7,96$, $R^2 = 0,99$.

Schlussfolgerungen zur Energiebewertung

Die Überprüfung der Anwendbarkeit verschiedener Schätzgleichungen zur Ermittlung der Energiegehalte des Futters bei verschiedenen Spezies lässt folgende Empfehlungen zu.

Für die Energiewertschätzung hausgemachter und nicht industriell bearbeiteter Rationen bei Zoocarnivoren wird die Verwendung der Formel (ME) für hausgemachte Futter und hochverdauliche Spezialnahrung bei Hunden (NRC 2006) empfohlen:

- $ME \text{ (MJ/kg TS)} = (0,01674 * g \text{ Rp}) + (0,03767 * g \text{ Rfe}) + (0,01674 * g \text{ NfE})$

Die Verwendung der Formel zur ME-Schätzung für kommerzielle Futter bei Hunden (NRC 2006) wird zur Energiewertschätzung kommerzieller Futter bei Zoocarnivoren empfohlen:

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02385 * g \text{ Rp}) + (0,03934 * g \text{ Rfe}) + (0,01717 * (g \text{ Rfa} + g \text{ NfE}))$
- $sV \text{ GE (\%)} = 91,2 - (1,43 * Rfa \text{ (\% TS)})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} * sV \text{ GE (\%)} / 100$
- $ME \text{ (MJ/kg TS)} = DE \text{ (MJ/kg TS)} - (0,00434 \text{ (MJ/g)} * g \text{ Rp})$

Die Formeln zur Energieberechnung sowohl hausgemachter Rationen als auch kommerzieller Futter bei Katzen (NRC 2006) waren jeweils weniger geeignet zur Energieberechnung in den Rationen der carnivoren Spezies, da sich die Speziesbesonderheiten in der Rfe-Verdaulichkeit bei der Katze nicht auf die strikt carnivoren Wildspezies übertragen liessen.

Nicht bearbeitete, faser- und fettarme (< 8 % der TS, z.B. Getreide) Rationen für omnivore Spezies können anhand der Formel für konventionelle Rattenfutter (SCHUG 2005) berechnet werden:

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,0239 * g \text{ Rp}) + (0,0398 * g \text{ Rfe}) + (0,0175 * g \text{ NfE}) + (0,0201 * g \text{ Rfa})$
- $sV \text{ GE (\%)} = 86,88 - (1,97 * Rfa \text{ (\% TS)})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} * sV \text{ GE (\%)} / 100$

Nicht bearbeitete faserarme und fettreiche (> 30 % der TS, z.B. Nüsse, Bucheckern) Rationen für omnivore Spezies können hingegen gut mit der Formel für halbsynthetische Rattenfutter (SCHUG 2005) geschätzt werden:

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,0239 \cdot g \text{ Rp}) + (0,0398 \cdot g \text{ Rfe}) + (0,017 \cdot g \text{ NfE}) + (0,017 \cdot g \text{ Rfa})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} \cdot 0,95$

Für Rationen, die diesen Kriterien nicht entsprachen, konnten aufgrund fehlender Versuchsdaten keine Energiewertschätzungen durchgeführt werden und somit können auch keine Empfehlungen zur Energiebewertung für solche Rationen gegeben werden.

5 Zusammenfassung

Helen Kleffner: Literaturstudie über die Verdaulichkeit von Energie und Nährstoffen bei wilden carni- und omnivoren Säugetieren als Grundlage für Energiewertschätzungen im Futter

In der vorliegenden Studie wurden 1142 Artikel in verschiedenen Internetsuchmaschinen und in den Literaturverzeichnissen der so erhaltenen Artikel gesammelt. Von diesen enthielten 138 für den vorgesehenen Zweck brauchbare Daten über Verdaulichkeitsversuche bei carni- und omnivoren Wildsäugetieren in menschlicher Obhut. Aus den Veröffentlichungen wurden Tierart, Alter, Gewicht, Haltungsbedingungen, Art der Ration, Nährstoff- und Energiegehalt in Futter und Kot, Menge an aufgenommenem Futter und scheinbare Nährstoff- und Energieverdaulichkeiten katalogisiert.

Ziel war es unter anderem, anhand der gesammelten Daten eine Überprüfung verschiedener im Schrifttum vorhandener Schätzgleichungen zur Energiebewertung bei domestizierten carni- und omnivoren Säugetierspezies auf ihre Anwendbarkeit für die Energiebewertung bei Wildsäugern zu überprüfen. Der Einfluss verschiedener Faserparameter auf die scheinbare Energie- und Nährstoffverdaulichkeit wurde aus den Schrifttumsdaten berechnet, da insbesondere bei domestizierten Carnivoren diese Beziehungen zur Energiebewertung herangezogen wurden. Da andere Schätzgleichungen auf der Verdaulichkeit der Nährstoffe basieren, wurde auch die wahre Verdaulichkeit einiger Nährstoffe anhand von Regressionsgleichungen ermittelt, wobei nach Rationstypen unterschieden wurde. Ausserdem wurden zur Plausibilitätskontrolle die Zusammenhänge zwischen der Körpermasse und Aufnahme an Trockensubstanz (TS) und Energie berechnet.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

Die Höhe der Aufnahme von Trockensubstanz ($0,04 \text{ kg TS/kg KM}$ (Körpermasse)^{0,69}/d) und von verdaulicher Energie ($0,67 \text{ MJ DE/kg KM}$ ^{0,69}/d) lagen in vergleichbarer Größenordnung wie der Erhaltungsbedarf domestizierter Spezies.

Bei allen Spezies, bei welchen eine Überprüfung der Beziehungen zwischen Fasergehalt in der Trockensubstanz und Energieverdaulichkeit möglich war, liess

sich eine solche Beziehung darstellen. Steigung und absolutes Glied der Regressionsgleichungen lagen dabei in ähnlicher Größenordnung wie bei den entsprechenden domestizierten Spezies.

Bei den carnivoren Spezies ergaben sich Nährstoffverdaulichkeiten, die denen vergleichbarer Rationen beim Hund recht genau entsprachen, und zwar unabhängig davon, ob eine Spezies strikt carnivor war oder eher carni-omnivor. Die bekannt geringeren Fettverdaulichkeiten bei der Katze liessen sich nicht auf andere strikte Carnivoren übertragen.

Für die Energiebewertung wurde bei den Carnivoren eine Einteilung der Rationen in hausgemachte und kommerzielle Rationen vorgenommen. Wegen der guten Übereinstimmung der Proteinverdaulichkeit von Wildtierspezies und Hund lässt sich eine Proteinkorrektur der DE zur ME vornehmen, so dass auf dieser Stufe bewertet werden kann.

Die folgenden Schätzgleichungen erwiesen sich für carnivore Wildtiere als geeignet:

Hausgemachte Rationen für Carnivoren (NRC 2006):

- $ME \text{ (MJ/kg TS)} = (0,01674 * g \text{ Rp}) + (0,03767 * g \text{ Rfe}) + (0,01674 * g \text{ NfE})$

Kommerzielle Rationen für Carnivoren (NRC 2006):

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = (0,02385 * g \text{ Rp}) + (0,03934 * g \text{ Rfe}) + (0,01717 * (g \text{ NfE} + g \text{ Rfa}))$
- $sV \text{ GE (\%)} = 91,2 - (1,43 * Rfa \text{ (\% TS)})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} * sV \text{ GE (\%)} / 100$
- $ME \text{ (MJ/kg TS)} = DE \text{ (MJ/kg TS)} - (0,00434 * g \text{ Rp})$

Verdauliche Energie (DE), Bruttoenergie (GE), Umsetzbare Energie (ME), N-freie Extraktstoffe (NfE), Rohfaser (Rfa), Rohfett (Rfe), Rohprotein (Rp), scheinbare Verdaulichkeit (sV)

Bei den omnivoren Spezies war eine deutlich geringere Übereinstimmung der Nährstoffverdaulichkeiten zwischen Zorationen, die u.a. viele Früchte und Nüsse enthielten und den Rationen, von welchen die überprüften Schätzgleichungen abgeleitet wurden, z.B. kommerzielle Rattenfutter, zu verzeichnen als bei den Carnivoren.

Daher konnten nur für Rationen mit bestimmten Nährstoffgehalten Empfehlungen zur Energiewertschätzung abgeleitet werden:

Nicht bearbeitete faser- (< 8 % Rfa in der TS) und fettarme (< 8 % Rfe in der TS) Rationen (SCHUG 2005):

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = ((23,9 \cdot g \text{ Rp}) + (39,8 \cdot g \text{ Rfe}) + (17,5 \cdot g \text{ NfE}) + (20,1 \cdot g \text{ Rfa})) / 1000$
- $sV \text{ GE (\%)} = 86,88 - (1,97 \cdot Rfa \text{ (\%TS)})$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} \cdot sV \text{ GE (\%)}$

Nicht bearbeitete, faserarme (< 8 % Rfa in der TS), fettreiche (> 30 % Rfe in der TS) Rationen (SCHUG 2005):

- $GE \text{ (MJ/kg TS)} = ((23,9 \cdot g \text{ Rp}) + (39,8 \cdot g \text{ Rfe}) + (17 \cdot g \text{ NfE}) + (17 \cdot g \text{ Rfa})) / 1000$
- $DE \text{ (MJ/kg TS)} = GE \text{ (MJ/kg TS)} \cdot 0,95$

Für Rationen zur Fütterung omnivorer Spezies, die den genannten Gültigkeitsbereichen nicht entsprechen, können keine Schätzformeln zur Energiewertschätzung empfohlen werden.

6 Summary

Helen Kleffner: Study of the digestibility of energy and nutrients in wild carni- and omnivorous mammals as a basis for energy predictions in the feed

For the present study 1142 articles were collected using different online search engines and the references of those articles. Of those articles, 138 contained appropriate data for the intended purpose on digestibility studies performed on carni- and omnivorous wild mammals in captivity. The type of species, age, body weight, husbandry conditions, and type of ration, concentrations of nutrients and energy in feed and feces, amount of feed intake and apparent digestibilities of nutrients and energy were recorded.

Amongst other aims, the study intended to evaluate several equations, existing in literature, for the estimation of energy content in the food of domesticated carni- and omnivorous mammal species with respect to their applicability to energy prediction in the feeds of wild mammals.

The influence of several fibre parameters on apparent energy and nutrient digestibilities was calculated from the data, because, especially in domesticated carnivores, these relations represent the basis for energy evaluation.

Since other energy prediction equations are based on nutrient digestibility, true digestibilities of some nutrients were determined by creating regression equations for comparable ration types.

Furthermore, relations between body weight and intake of dry matter (DM) and digestible energy (DE), respectively, were calculated to control for plausibility.

The following results were obtained:

The amount of intake of dry matter ($0,04 \text{ kg DM/kg BW (body weight)}^{0,69}/\text{d}$) and digestible energy ($0,67 \text{ MJ DE/kg BW}^{0,69}/\text{d}$) was within the order of magnitude of maintenance requirements of domesticated species.

The evaluation of relations between fibre content in dry matter and energy digestibility revealed the presence of such relations in all species, given, that appropriate data were available. The slope and the intercept of regression equations were in the order of magnitude of domesticated species.

In carnivorous species, nutrient digestibilities were found corresponding to those of dogs eating comparable rations, regardless of whether the species was strictly carnivorous or carni-omivorous.

The known lower fat digestibilities in cats could not be assigned to other strict carnivores. The fact, that the observed protein digestibilities in wild mammal species corresponded well to those of the dog, allowed correcting DE for renal energy losses by the factors used in dogs, resulting in ME. This implies an energy evaluation based on metabolizable energy (ME).

The following predictive equations were appropriate in carnivorous species:

Unprepared rations for carnivores (NRC 2006):

- $ME \text{ (MJ/kg DM)} = (0,01674 * g \text{ Cp}) + (0,03767 * g \text{ EE}) + (0,01674 * g \text{ NfE})$

Commercial rations for carnivores (NRC 2006):

- $GE \text{ (MJ/kg DM)} = (0,02385 * g \text{ Cp}) + (0,03934 * g \text{ EE}) + (0,01717 * (g \text{ NfE} + g \text{ Cf}))$
- $ad \text{ GE (\%)} = 91,2 - (1,43 * Cf \text{ (\%DM)})$
- $DE \text{ (MJ/kg DM)} = GE \text{ (MJ/kg DM)} * ad \text{ GE (\%)} / 100$
- $ME \text{ (MJ/kg DM)} = DE \text{ (MJ/kg DM)} - (0,00434 \text{ MJ/g}) * g \text{ Cp}$

Apparent digestibility (ad), crude fibre (Cf), Crude protein (Cp), ether extract (EE), gross energy (GE), digestible energy (DE), metabolizable energy (ME), N-free extracts (NfE)

In omnivorous species, correspondence in nutrient digestibilities between zoo rations, containing among others fruit and nuts, and the rations, on which the predictive equations were based, i.e. commercial rat food was lower. For that reason, recommendations for energy prediction could only be assessed for rations with particular nutrient concentrations:

Unprepared rations low in fibre (< 8 % DM) and fat (< 8% DM) for omnivorous species (SCHUG 2005):

- $GE \text{ (MJ/kg DM)} = ((23,9 * g \text{ Cp}) + (39,8 * g \text{ EE}) + (17,5 * g \text{ NfE}) + (20,1 * g \text{ Cf})) / 1000$
- $ad \text{ GE (\%)} = 86,88 - (1,97 * Cf \text{ (\%DM)})$
- $DE \text{ (MJ/kg DM)} = GE \text{ (MJ/kg DM)} * ad \text{ GE (\%)}$

Unprepared rations low in fibre (< 8 % DM), but high in crude fat (> 30% DM) for omnivorous species (SCHUG 2005):

- $GE \text{ (MJ/kg DM)} = ((23,9 \cdot g \text{ Cp}) + (39,8 \cdot g \text{ EE}) + (17 \cdot g \text{ NfE}) + (17 \cdot g \text{ Cf})) / 1000$
- $DE \text{ (MJ/kg DM)} = GE \text{ (MJ/kg DM)} \cdot 0,95$

For rations for omnivorous species not lying inside this area of validity, no recommendations for the prediction of energy content can be given.

7 Literaturverzeichnis

AHLSTROM, O. & A. SKREDE (1995)

Comparative nutrient digestibility in blue foxes (*Alopex lagopus*) and mink (*Mustela vison*) fed diets with diverging fat : carbohydrate ratios
Acta Agric. Scand. Sect. A 45, S. 74-80

AHLSTROM, O. & A. SKREDE (1998)

Comparative nutrient digestibility in dogs, blue foxes, mink and rats
J. Nutr. 128(12 Suppl.), S. 2676S-2677S

AHLSTROM, O., E. FUGLEI, L.T. MYDLAND (2003)

Comparative nutrient digestibility of arctic foxes (*Alopex lagopus*) on Svalbard and farm-raised blue foxes (*Alopex lagopus*)
Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. 134(1), S. 63-8

ALLEN, M.R., E.V. EVANS, I.R. SIBBALD (1964)

Energy:protein relationships in growing mink
Can. J. Physiol. Pharmacol. 42, S. 733-744

ALLEN, M.E. (1986)

Protein in Zoo animal diets
Proc. 4th and 5th Dr. Scholl Conf. Nutr. Capt. Wild Animals

ALLEN, M.E. (1989)

Nutritional aspects of insectivory
Ph.D. Thesis, Michigan State University, East Lansing, Michigan

ALLEN, M.E. & O.T. OFTEDAL (1989)

Dietary manipulation of the calcium content of feed crickets
J. Zoo Wildl. Med. 20, S. 26-33

ALLEN, M.E. (1992)

The nutrition of insectivorous mammals
Proc. Joint Meeting Am. Assoc. Zoo Vet. 1992

ALLEN, M.E., O.T. OFTEDAL, K.E. EARLE, J. SEIDENSTICKER, L. VILARIN, L. (1995)

Do maintenance energy requirements of felids reflect their feeding strategies?
1st Annual Conf. Nutr. Adv. Group 1995

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

Essential nutrients in mammalian diets
In: Wild mammals in captivity (Principles & Techniques),
eds.: D.G. Kleiman, M.E. Allen, K.V. Thompson, S. Lumpkin, H. Harris, University of Chicago Press...

ALLEN, M.E., O.T. OFTEDAL, D.J. BAER (1997)

The feeding and nutrition of carnivores
In: Wild mammals in captivity (Principles & Techniques),
eds.: D.G. Kleiman, M.E. Allen, K.V. Thompson, S. Lumpkin, H. Harris, University of Chicago Press

ALP (2004)

Das Gelbe Buch – Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Schweine
3. Aufl., ed.: Agroscope Liebefeld-Posieux, LMZ Zollikofen

ALTMAN, J.D., K.L. GROSS, S.R. LOWRY (2005)

Nutritional and behavioural effects of gorge and fast feeding in captive lions
J. Appl. Anim. Welf. Sci. 8(1), S.47-57

ANAPOL, F. & S. LEE. (1994)

Morphological adaptation to diet in Platyrrhine Primates
Am. J. Phys. Anthropol. 94(2), S. 239-261

ANDERSON, M.D., P.R. RICHARDSON, P.F. WOODALL (1992)

Functional analysis of the feeding apparatus and digestive tract anatomy of the aardwolf, *Proteles cristatus*
J. Zool. Lond. 228, S. 423-434

ARATA, A.A., J.B. VAUGHN, M.E. THOMAS (1967)

Food habits of certain Colombian bats
J. Mammal. 48(4), S. 653-655

ARMATO, D., L. RAMOS, Y. MONGE, D. TANCREDI, E. DIERENFELD (2003)

Dietary intake and digestion in snow leopards (*Uncia uncia*) at the Bronx Zoo
Nutrition Advisory Group, Proc. 5th Conf. Zoo Wildl. Nutr. 2003

AUSTRENG, E., A. SKREDE, A. ELDEGARD (1979)

Effect of dietary fat source on the digestibility of fat and fatty acids in rainbow trout and mink
Acta Agric. Scand. 29, S. 119-126

AYALA, S.C. & A. d'ALESSANDRO (1973)

Insect feeding behavior of some Colombian fruit-eating bats
J. Mammal. 54 (1), S. 266-7

BALAKRISHNAN, M. & K.M. ALEXANDER (1979)

A study on aspects of feeding and food utilization of the Indian musk shrew, *Suncus murinus viridescens* (Blyth)
Physiol. Behav. 22 (3), S. 423-8

BALL, L.C. & R.T. GOLIGHTLY (1992)

Energy and nutrient assimilation by gray foxes on diets of mice and Himalaya berries
J. Mammal. 73(4), S. 840-846

BARBIERS, R.B., K. VOSBURGH, D.E. ULLREY (1980)

Comparative digestibility studies with exotic felidae
Annual Proc. Am. Zoo Vet., S. 31

BARBIERS, R. (2003)

Insectivora (Hedgehogs, tenrecs, shrews, moles) and Dermoptera (Flying lemurs)
In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania

BARCLAY, R.M.R., M.-A. DOLAN, A. DYCK (1991)

The digestive efficiency of insectivorous bats
Can. J. Zool. 69, S. 1853-1856

BARRETT, G.W. (1969)

Bioenergetics of a captive least shrew, *Cryptotis parva*
J. Mammal. 50(3), S. 629-630

BAUER, J.E. (1997)

Fatty acid metabolism in domestic cats (*Felis catus*) and cheetahs (*Acinonyx jubatus*)
Proc. Nutr. Soc. 56 (3), S. 1013-24

BECHERT, U., J. MORTENSON, E.S. DIERENFELD, P. CHEEKE, M. KELLER, M. HOLICK, T.C. CHEN, Q. ROGERS (2002)

Diet composition and blood values of captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*) fed either supplemented meat or commercial food preparations
J. Zoo Wildl. Med. 33 (1), S. 16-28

- BEDNAR, G.E., S.M. MURRAY, A.R. PATIL, E.A. FLICKINGER, N.R. MERCHEN, G.C. FAHEY, Jr. (2000)**
Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal characteristics of ileally cannulated dogs
Arch. Tierernähr. 53 (2), S. 127-40
- BELL, J.A. (1996)**
Ensuring proper nutrition in ferrets
Vet. Med. 91(12), S. 1098-1103
- BERGMAN, E. N. (1990)**
Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species
Physiol. Rev. 70(2), S. 567-590
- BERNARD, J.B. & D.E. ULLREY (1989)**
Evaluation of dietary husbandry of marine mammals at two major zoological parks
J. Zoo Wildl. Med. 20(1), S. 45-52
- BEST, AC. (1985)**
Digestibility of ringed seals by the polar bear
Can. J. Zool. 63(5), S. 1033-1036
- BIRD, D.M. & S.K. HO (1976)**
Nutritive value of whole-animal diets for captive birds of prey
Raptor Res. 10, S. 45-49
- BLACK, H.L. (1974)**
A north temperate bat community: structure and prey populations
J. Mammal. 55(1), S. 138-157
- BOLKOVIC, M.L., S.M. CAZIANI, J.J. PROTOMASTRO (1995)**
Food habits of the three-banded armadillo (*Xenarthra: Dasypodidae*) in the Dry Chaco, Argentina
J. Mammal. 76(4), S. 1199-1204
- BOOTH, R.J. (2003)**
Monotremata (Echidna, Platypus)
In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia, Virginia
- BOSQUE, C., M. HERNANDEZ, E. PANNIER (1994)**
Metabolic rate and food digestibility in free-living Southern Tamanduas (Mammalia: Myrmecophagidae)
Comp. Nutr. Soc. Symp. 1994
- BOTHMA, J.DU P. & A.J.A. NEL (1980)**
Winter food and the foraging behaviour of the aardwolf, *Proteles cristatus*; at the Namibia-Naukluff Park
Madoqua 12, S. 141-145
- BOZINOVIC, F. & A.MUNOZ-PEDREROS (1995)**
Nutritional ecology and digestive responses of an omnivorous-insectivorous rodent (*Abrothrix longipilis*) feeding on fungus
Physiol. Zool. 68(3), S. 474-489
- BRADSHAW, J.W., D. GOODWIN, V. LEGRAND-DEFRETIN, H.M. NOTT (1996)**
Food selection by the domestic cat, an obligate carnivore
Comp. Biochem. Physiol. A Physiol. 114 (3), S. 205-9
- BRADSHAW, F.J. & S.D. BRADSHAW (2001)**
Maintenance nitrogen requirement of an obligate nectarivore, the honey possum, *Tarsipes rostratus*
J. Comp. Physiol. [B] 171 (1), S. 59-67

BRADSHAW, J.W. (2006)

The evolutionary basis for the feeding behaviour of domestic dogs (*Canis familiaris*) and cats (*Felis catus*)

J. Nutr. 136, S. 1927S-1931S

BRISBIN, I.L. (1966)

Energy-utilization an a captive hoary bat

J. Mammal. 47(4), S. 719-720

BRODY, S., R.C. PROCTER, U.S. ASHWORTH (1934)

Growth and development with special reference to domestic animals. XXXIV. Basal metabolism, endogenous nitrogen, creatinine, and neutral sulphur excretions as functions of body weight.

Mo. Agr. Exp. Sta. Bull. 220

BRODY, A.J. & M.R. PELTON (1988)

Seasonal changes in digestion in black bears

Can. J. Zool. 66, S. 1482-1484

BROWN, R.G. (1989)

Protein in dog foods

Can. Vet. J. 30, S. 528-531

BRUNSGAARD, G., K.A. BACH KNUDSEN, B.O. EGGUM (1995)

The influence of the period of adaptation on the digestibility of diets containing different types of indigestible polysaccharides in rats

Br. J. Nutr. 74 (6), S. 833-48

BRYDEN, M.M. (1972)

Growth and development of marine mammals

In: Functional anatomy of marine mammals

Eds.: Harrison, R.J., New York: Academic Press, S. 1-79

BUCKNER, C.W. (1964)

Metabolism, food capacity, and feeding behaviour in four species of shrews

Can. J. Zool. 42, S. 259-279

CACERES, N.C. (2005)

Comparative lengths of digestive tracts of seven didelphid marsupials (Mammalia) in relation to diet

Rev. Brasil. Zool. 22(1), S. 181-185

CALABY, J.H. (1960)

Observations on the banded ant-eater *Myrmecobius F. fasciatus* Waterhouse, with particular reference to its feeding habits

Proc. Zool. Soc. Lond. 135, S. S. 183-207

CALVERT, J.J. (1985)

Food selection by western Gorillas (*G. g. gorilla*) in relation to food chemistry

Oecologia 65, S. 236-246

CAMPBELL, K.L. & R.A. MacARTHUR (1994)

Digestibility and assimilation of natural forages by muskrat

J. Wildl. Manage. 58(4), S. 633-641

CAMPBELL, K.L. & R.A. MacARTHUR (1996)

Digestibility of animal tissue by muskrats

J. Mammal. 77(3), S. 755-760

CAMPBELL, J.L., J.H. EISEMANN, K.L. GLANDER, S.D. CRISSEY (1997)

Digestive efficiency and passage rate in two *Propithecus* species fed a captive diet

Nutrition Advisory Group, 2nd Conf. Zoo Wildl. Nutr. 1997

CAMPBELL, J.L., J.H. EISEMANN, K.L. GLANDER, S.D. CRISSEY (1999)

Intake, digestibility, and passage of a commercially designed diet by two Propithecus species
Am. J. Primatol. 48 (3), S. 237-46

CAMPBELL, J.L., C.V. WILLIAMS, J.H. EISEMANN (2004)

Use of total dietary fiber across four lemur species (*Propithecus verreauxi coquereli*, *Hapalemur griseus griseus*, *Varecia variegata*, and *Eulemur fulvus*): does fiber type affect digestive efficiency?
Am. J. Primatol. 64 (3), S. 323-35

CARRE, B., L. DEROUET, B. LECLERCQ (1990)

The digestibility of cell-wall polysaccharides from wheat (bran or whole soybean meal) and white lupin meal in cockerels, muscovy ducks, and rats
Poult. Sci. 69, S. 623-633

CASPARY, W. F. (1992)

Physiology and pathophysiology of intestinal absorption
Am. J. Clin. Nutr. 55 (1 Suppl.), S. 299S-308S

CHILDS-SANFORD, S.E. (2005)

The captive maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*): nutritional considerations with emphasis on management of cystinuria
M.Sc. Thesis, University of Maryland

CHIVERS, D.J. (1998)

Measuring food intake in wild animals: primates
Proc. Nutr. Soc. 57 (2), S. 321-32

CHIVERS, D.J. & C.M. HLADIK (1980)

Morphology of the gastrointestinal tract in primates: comparisons with other mammals in relation to diet
J. Morphol. 166 (3), S. 337-86

CHIVERS, D.J. & P. LANGER (1994)

Food, form and function: interrelationships and future needs
In: Chivers, D.J., Langer, P. eds.: The digestive system in mammals: food, form and function. Cambridge University Press, Cambridge, S. 411-430

CHWALIBOG, A., N. GLEM-HANSEN, G. THORBEEK (1982)

Protein and energy metabolism in growing mink (*Mustela vison*)
Arch. Tierernähr. 32, S. 551-562

CLAPPER, G.M., C.M. GRIESHOP, N.R. MERCHEN, J.C. RUSSETT, J.L. BRENT, Jr., G.C. FAHEY, Jr. (2001)

Ileal and total tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs as affected by soybean protein inclusion in dry, extruded diets
J. Anim. Sci. 79 (6), S. 1523-32

CLEMENS, E.T. (1980)

The digestive tract: Insectivore, prosimian and advanced primate
In: Comparative physiology: Primitive mammals
Eds.: Schmidt-Nielsen, K., L. Bolis, C.R. Taylor, Cambridge University Press, Cambridge, S. 90-99

CONKLIN, N.L., E.S. DIERENFELD, K. MacLAUGHLIN (1994)

Digestibility and passage of a Zoo diet fed to babirusa (*Babirusa babirusa*)
Zool. Garten N.F. 6, S. 357-365

COOPER, C.E. & P.C. WITHERS (2004)

Termite digestibility and water and energy contents determine the water economy index of numbats (*Myrmecobius fasciatus*) and other myrmecophages
Physiol. Biochem. Zool. 77 (4), S. 641-50

CORNELIUS, C., G. DANDRIFOSSE, CH. JEUNIAUX (1975)

Biosynthesis of chitinases by mammals of the order Carnivora
Biochem. Syst. Ecol. 3, S. 121-122

COURTS, S.E. & A.T.C. FEISTNER (2000)

Nutrition of Old World fruit bats in captivity: Diet studies of Livingstone's Fruit Bats *Pteropus livingstonii*
In: Animal Nutr. No.1, eds.: Nijboer, J., Hatt, J.-M., Kaumans, W., Beynen, A.C., Ganslosser, U., S.81-90, Flanders Press

COWAN, I.M., A.M. O'RIORDAN, J.S. COWAN (1974)

Energy requirements of the dasyurid marsupial mouse *Antechinus swainsonii* (Waterhouse)
Can. J. Zool. 52(2), S. 269-275

CRISSEY, S.D., K.A. SLIFKA, K.C. JACOBSEN, P.J. SHUMWAY, R. MATHEWS, J. HARPER (1997)

Irradiation of diets fed to captive exotic felids: microbial destruction, consumption, and fecal consistency
J. Zoo Wildl. Med. 32(3), S. 324-328

CRISSEY, S.D., M. GORE, B.A. LINTZENICH, K. SLIFKA (2003)

Callitrichids: Nutrition and dietary husbandry
Nutr. Advis. Group Handbook, Fact Sheet 013

CZUBA, B. & D.A. VESSEY (1981)

Identification of a unique mammalian species of Cholesteryl-CoA: amino acid N-acyl
Biochim. Biophys. Acta 665(3), S. 612-614

DAHLMAN, T., T. KIISKINEN, J. MÄKELÄ, P. NIEMELÄ, L. SYRJÄLÄ-QVIST, J. VALAJA, T. JALAVA (2002)

Digestibility and nitrogen utilisation of diets containing protein at different levels and supplemented with DL-methionine, L-methionine and L-lysine in blue fox (*Alopex lagopus*)
Anim. Feed Sci. Technol. 98, S. 219-235

DANIEL, M.J. (1979)

The New Zealand short-tailed bat, *Mystacina tuberculata*; a review of present knowledge
N. Z. J. Zool. 6, S. 357-370

DAVIES, A.G. & I.C. BAILLIE (1988)

Soil-eating by Red Leaf Monkeys (*Presbytis rubicunda*) in Sabah, Northern Borneo
Biotropica 20(3), S. 252-258

DAVISON, R.P., W.W. MAUTZ, H.H. HAYES, J.B. HOLTER (1978)

The efficiency of food utilization and energy requirements of captive female fishers
J. Wildl. Manage. 42(4), S. 811-821

DELORME, M. & D.W. THOMAS (1996)

Nitrogen and energy requirements of the short-tailed fruit bat (*Carrollia perspicillata*): fruit bats are not nitrogen constrained
J. Comp. Physiol. B 166, S. 427-434

DELORME, M. & D.W. THOMAS (1999)

Comparative analysis of the digestive efficiency and nitrogen and energy requirements of the phyllostomid fruit bat and the pteropodid fruit bat
J. Comp. Physiol. B 169, S. 123-132

DEL VALLE, J.C., A.A. LOPEZ MANANES, C. BUSCH (2004)

Phenotypic flexibility of digestive morphology and physiology of the South American omnivorous rodent *Akodon azarae* (Rodentia: Sigmodontinae)
Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. 139 (4), S. 503-12

DEMPSEY, J.L. (1997)

Advances in fruit bat nutrition

In: Zoo and Wild Anim. Medicine, eds.: Fowler, M.E. & Miller, R.E., W.B. Saunders Company, Philadelphia, S. 354-360

DEMPSEY, J.L. & S.D. CRISSEY (1997)The influence of dietary fiber on digestibility, passage rate, and body mass in captive baboons (*Papio Anubis*)Nutrition Advisory Group, 2nd Conf. Zoo Wildl. Nutr. 1997**DENVER, M. (2003)**

Procyonidae and viverridae

In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia

DIERENFELD, E.S. (1988)

Nutritional considerations in feeding the captive spectacled bear

Proc. 1st Symp. on the Spectacled Bear, Lincoln Park Zoo, Oct. 1988**DIERENFELD, E.S. (1993)**

Nutrition of captive cheetahs: Food composition and blood parameters

Zoo Biol. 12, S. 143-150

DIERENFELD, E.S. & J. SEYJAGAT (2000)

Intake and diet digestibility in three species of captive pteropodid bats

In: Zoo Anim. Nutr., eds.: Nijboer, J., Hatt, J.-M., Kaumans, W. Beynen, A., Ganslosser, U., Filander Verlag, Fürth, S. 73-80

DIERENFELD, E.S. (2003)Viverrid digestive physiology: comparison of binturongs (*Acritis binturong*) and dwarf mongoose (*Helgale parvula*)Nutrition Advisory Group, Proc. 5th Conf. Zoo Wildl. Nutr. 2003**DIEZ, M., J.L. HORNICK, P. BALDWIN, L. ISTASSE (1997)**

Influence of a blend of fructo-oligosaccharides and sugar beet fiber on nutrient digestibility and plasma metabolite concentrations in healthy beagles

Am. J. Vet. Res. 58, S. 1238-1242

DROCHNER, W. (1984)

The influence of changing amounts of crude fibre and pectic components on precaecal and postileal digestive processes in the growing pig

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Suppl.) 14, S. 1

DROCHNER, W. (1993)

Digestion of carbohydrates in the pig

Arch. Tierernahr. 43 (2), S. 95-116

DROZDZ, A. (1968)

Digestibility and assimilation of natural foods in small rodents

Acta Theriol. 13, S. 367-389

DUST, J.M., C.M. GRIESHOP, C.M. PARSONS, L.K. KARR-LILIENTHAL, C.S. SCHASTEEN, J.D. QUIGLEY, 3rd, N.R. MERCHEN, G.C. FAHEY, Jr. (2005) Chemical composition, protein quality, palatability, and digestibility of alternative protein sources for dogs
J. Anim. Sci. 83 (10), S. 2414-22**EDWARDS, M.S. & D.E. ULLREY (1999)**Effect of dietary fiber concentration on apparent digestibility and digesta passage in non-human primates I. Ruffed lemurs (*Varecia variegata variegata* and *V. v. rubra*)

Zoo Biol. 18(6), S. 529-536

EDWARDS, M.S., M. GAFFNEY, R.E. BRAY (2001)

Influence of fiber source on apparent digestibility, rate of passage and fecal consistency in small felids fed a beef-based carnivore diet

Nutrition Advisory Group, Proc. 4th Conf. Zoo Wildl. Nutr. 2001

FAGAN, D.A. (1980)

Diet consistency and periodontal disease in exotic carnivores

Proc. AAZV 1980, Washington, D.C.

FAHEY, G.C., Jr., N.R. MERCHEN, J.E. CORBIN, A.K. HAMILTON, K.A. SERBE, D.A. HIRAKAWA (1990a)

Dietary fiber for dogs II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time
J. Anim. Sci. 68, S. 4229

FAHEY, G.C., Jr., N.R. MERCHEN, J.E. CORBIN, A.K. HAMILTON, K.A. SERBE, S.M. LEWIS, D.A. HIRAKAWA (1990b)

Dietary fiber for dogs: I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time

J. Anim. Sci. 68 (12), S. 4221-8

FAHEY, G.C., Jr., N.R. MERCHEN, J.E. CORBIN, A.K. HAMILTON, L.L. BAUER, E.C. TITGEMEYER, D.A. HIRAKAWA (1992)

Dietary fiber for dogs III. Effects of beet pulp and oat fiber additions to dog diets on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy, and digesta mean retention time

J. Anim. Sci. 70, S. 1169

FARRELL, D.J. & A.J. WOOD (1968)

The nutrition of the female mink (*Mustela vison*). II. The energy requirement for maintenance

Can. J. Zool. 46, S. 47-52

FEKETE, S., I. HULLAR, E. ANDRASOFSZKY, Z. RIGO, T. BERKENYI (2001)

Reduction of the energy density of cat foods by increasing their fibre content with a view to nutrients' digestibility

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.) 85 (7-8), S. 200-4

FEKETE, S., K. FODOR, A. PROHACZIK, E. ANDRASOFSZKY (2005)

Comparison of feed preference and digestion of three different commercial diets for cats and ferrets

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.) 89 (3-6), S. 199-202

FELICETTI, L.A., C.T. ROBBINS, A. SHIPLEY (2003)

Dietary protein content alters energy expenditure and composition of the mass gain in grizzly bears (*Ursus arctos horribilis*)

Physiol. Biochem. Zool. 76 (2), S. 256-61

FERNANDEZ-MORAN, J. (2003)

Mustelidae

In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia

FISHER, K.I., R.E.A. STEWART, R.A. KASTELEIN, L.D. CAMPBELL (1992)

Apparent digestive efficiency in walrus (*Odobenus rosmarus*) fed herring (*Clupea harengus*) and clams (*Spisula* sp.)

Can. J. Zool. 70, S. 30-36

FLICKINGER, E.A., E.M. SCHREIJEN, A.R. PATIL, H. HUSSEIN, C.M. GRIESHOP, N.R. MERCHEN, G.C. FAHEY, Jr. (2003)

Nutrient digestibilities, microbial populations, and protein catabolites as affected by fructan supplementation of dog diets

J. Anim. Sci. 81 (8), S. 2008-18

FLURER, C. & H. ZUCKER (1985)

Long-term experiments with low dietary protein levels in Callithricidae
Primates 26(4), S. 479-490

FLURER, C., F. KROMBACH, H. ZUCKER (1985)

Palatability and digestibility of soya- and milk proteins in Callithricidae
Lab. Anim. 19 (3), S. 245-50

FOLEY, W.J., P. CHARLES-DOMINIQUE, D. JULIEN-LAFERRIERE (2000)

Nitrogen requirements of the didelphid marsupial *Caluromys philander*
J. Comp. Physiol. [B] 170 (5-6), S. 345-50

FORMAN, G.L. (1972)

Comparative morphological and histochemical studies of stomachs of selected American bats
Univ. Kans. Sci. Bull. 49, S. 591-729

FREEMAN, P.W. (1979)

Specialized insectivory: beetle-eating and moth-eating molossid bats
J. Mammal. 60(3), S. 467-479

FREEMAN, P.W. (1995)

Nectarivorous feeding mechanisms in bats
Biol. J. Linn. Soc. 56, S. 439-463

FREUDENTHAL, U. (1990)

Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Rinderfett unterschiedlicher Zusammensetzung beim Hund.
Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule, Hannover

FUGLEI, E. & N.A. ORITSLAND (1999)

Seasonal trends in body mass, food intake and resting metabolic rate, and induction of metabolic depression in arctic foxes (*Alopex lagopus*) at Svalbard
J. Comp. Physiol. [B] 169 (6), S. 361-9

GAGE, L. (2003)

Pinnipedia (Seals, Sea Lions, Walruses)
In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia

GARDNER, A.L. (1977)

Feeding habits
In: Biology of bats of the New World family Phyllostomatidae, Part II., Special publications 13, eds.: Baker, R.J., J.K. Jones Jr., D.C. Carter, The Museum, Texas Tech University

GARRISON, M.V., R.L. REID, P. FAWLEY, C.P. BREIDENSTEIN (1978)

Comparative digestibility of acid detergent fiber by laboratory albino and wild Polynesian rats
J. Nutr. 108 (2), S. 191-5

GIBSON, L.A. & I.D. HUME (2000)

Digestive performance and digesta passage in the omnivorous greater bilby, *Macrotis lagotis* (Marsupialia: Peramelidae)
J. Comp. Physiol. [B] 170 (5-6), S. 457-67

GIBSON, L.A. & I.D. HUME (2002)

Nitrogen requirement of the omnivorous greater bilby, *Macrotis lagotis* (Marsupialia: Peramelidae)
Physiol. Biochem. Zool. 75 (1), S. 48-56

GLEM-HANSEN, N. (1980a)

The protein requirements of mink during the growth period
I. Effect of protein intake on nitrogen balance
Acta Agric. Scand. 30, S. 336-344

GLEM-HANSEN, N. (1980b)

The protein requirements of mink during the growth period
II. Effect of protein intake on growth rate and pelt characteristics
Acta Agric. Scand. 30, S. 345-348

GLEM-HANSEN (1980c)

The requirements for sulphur containing amino acids of mink during the growth period
Acta Agric. Scand. 30, S. 349-356

GOLDMAN, I., S.C. SILVER, E.S. DIERENFELD (2001)

Passage and digestion in the spectacled bear (*Tremarctos ornatus*) fed a zoo-based diet moderately high in fiber
Nutrition Advisory Group, 4th Conf. Zoo Wildl. Nutr. 2001, S. 92

GOLLEY, F.B., G.A. PETRIDES, E.L. RAUBER, J.H. JENKINS (1965)

Food intake and assimilation by bobcats under laboratory conditions
J. Wildl. Manage. 29(3), S. 442-447

GOODMAN-LOWE, G.D., J.R. CARPENTER, S. ATKINSON (1999)

Assimilation efficiency of prey in the Hawaiian monk seal (*Monachus schauinslandi*)
Can. J. Zool. 77, S. 653-660

GRAFFAM, W.S., M.P. FITZPATRICK, E.S. DIERENFELD (1998)

Fiber digestion in the African white-bellied hedgehog (*Atelerix albiventris*): a preliminary evaluation
J. Nutr. 128 (12 Suppl.), S. 2671S-2673S

GREEN, B. & I. EBERHARD (1979)

Energy requirements and sodium and water turnovers in two captive marsupial carnivores: the Tasmanian devil, *Sarcophilus harrisii*, and the Native cat, *Dasyurus viverrinus*
Aust. J. Zool. 27, S. 1-8

GRIFFITHS, M. (1965)

Digestion, Growth and Nitrogen Balance in an Egg-Laying Mammal, *Tachyglossus Aculeatus* (Shaw)
Comp. Biochem. Physiol. 14, S. 357-75

GRIFFITHS, M. (1968)

Echidnas
Oxford: Pergamon Press Ltd.

GROSS, K.L., J.D. ALTMAN, S.R. LOWRY (1997)

Gorge and fast feeding of captive lions: Part I: Digestibility
Europ. Soc. Vet. Comp. Nutr., Conf. 1997, Munich

GUSZTAK, R.W., R.A. MacARTHUR, K.L. CAMPBELL (2005)

Bioenergetics and thermal physiology of American water shrews (*Sorex palustris*)
J. Comp. Physiol. [B] 175 (2), S. 87-95

HABERSTROH, L.I., D.E. ULLREY, S.G. SIKARSKI, N.A. RICHTER, B.H. COLMERY, T.D. MYERS (1984)

Diet and oral health in captive Amur tigers (*Panthera tigris altaica*)
J. Zoo Anim. Med. 15, S. 142-146

HACKENBURGER, M.K. & J.L. ATKINSON (1983)

The apparent diet digestibilities of captive tigers (*Panthera tigris spp.*)
Proc. 3rd Ann. Dr Scholl's Conf. Nutr. Capt. Wild Anim.

HAMOR, G. (1983)

Results of a digestion trial evaluating six species of carnivore
3rd Ann. Dr. Scholl Nutr. Conf., Lincoln Park Zoo, Chicago, Ill., S. 97

HARLOW, H.J. (1981)

Effect of fasting on rate of food passage and assimilation efficiency in badgers
J. Mammal. 62(1), S. 173-177

HARRIS, L.E., C.F. BASSETT, L.M. LLEWELLYN, J.K. LOOSLI (1951)

The protein requirement of growing foxes
J. Nutr. 43 (1), S. 167-80

HARROP, C.J.F. & I.D. HUME (1980)

Digestive tract and digestive function in monotremes and nonmacropod marsupials
In: Comparative physiology: Primitive mammals, eds. Schmidt-Nielsen, K., L. Bolis, C.R. Taylor, NY
Cambridge University Press 1980, S. 63-70

HART, J.S. & L. IRVING (1959)

The energetics of harbour seals in air and in water with special consideration of seasonal changes
Can. J. Zool. 37, S. 447-457

HASHIMOTO, M., M. FUNABA, S. OHSHIMA & M. ABE (1995)

Characteristic relation between dietary metabolizable energy content and digestible energy content in laboratory cats
Exp. Anim. 44(3), S. 23-28

HAVERKAMP, L. (1988)

Untersuchungen zum endogenen renalen und faecalen N-Verlust des Pferdes.
Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover

HEARD, D.J. (2003)

Chiroptera (Bats)
In: Zoo and Wild Anim. Med., eds. Fowler, M.E. & R.E. Miller, Saunders, S. 315-333

HELDMAIER, G. & G. NEUWEILER (2004)

Ernährung und Verdauung
In: Vergleichende Tierphysiologie, Bd. 2 Vegetative Physiologie, Springer Verlag Berlin Heidelberg

HELLINGA, D., J.L. ATKINSON, L. BERNAL, M. STEVENSON, J. ARUDA, E.V. VALDES (1997)

Evaluation of the nutritional adequacy of three diets fed to the black-footed ferrets (*Mustela nigripes*) at the Metro Toronto Zoo
AZA Nutrition Advisory Group, AZA Regional Meetings, Ft. Worth, TX, Oct. 1997

HERBST, L.H. (1986)

The role of nitrogen from fruit pulp in the nutrition of the frugivorous bat *Carrollia perspicillata*
Biotropica 18(1), S. 39-44

HERWIG, R.P., J.T. STALEY, M.K. NERINI, H.W. BRAHAM (1984)

Baleen whales: preliminary evidence for forestomach microbial fermentation
Appl. Environ. Microbiol. 47 (2), S. 421-3

HESTA, M., G.P. JANSSENS, J. DEBRAEKELEER, R. De WILDE (2001)

The effect of oligofructose and inulin on faecal characteristics and nutrient digestibility in healthy cats
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.) 85 (5-6), S. 135-41

HEUSNER, A.A. (1982)

Energy metabolism and body size. I. Is the mass exponent of Kleiber's equation a statistical artefact?
Resp. Physiol. 48, S. 1-12

HILDEBRAND, M. (1995)

Análise da estrutura dos vertebrados
3rd. ed., Sao Paulo, Atheneu

HILL, J.E. & M.J. DANIEL (1985)

Systematics of the New Zealand short-tailed bat *Mystacina* Gray, 1843 (Chiroptera: Mystacinidae)
Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) (Zool.) 48(4), S. 279-300

HILL, D.A. (2004)

Alternative proteins in companion animal nutrition
Proc. Pet Food Assoc. Canada Fall Conf., Toronto, Ontario

HLADIK, C.M. (1977)

A comparative study of the feeding strategies of two sympatric species of leaf monkeys: *Presbytis senex* and *Presbytis entellus*.

In: Primate ecology: Studies of feeding and ranging behaviour in lemurs, monkeys, and apes, ed.: Clutton-Brock, T.H., New York, Academic Press, S. 323-353

HOLZ, P.H. (2003)

Marsupials (Marsupialia)

In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia

HORE, P. & M. Messer (1968)

Studies on disaccharidase activities of the small intestine of the domestic cat and other carnivorous mammals

Comp. Biochem. Physiol. 24 (3), S. 717-25

HOUSE, W.A. & A.W. BELL (1993)

Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows

J. Dairy Sci. 76, S. 2999-3010

HUME, I.D. (1982)

Digestive physiology and nutrition of marsupials

Ed. Hume, I.D., Cambridge University Press

IVERSEN, J.A. (1972)

Basal metabolism of mustelids

J. Comp. Physiol. 81, S. 341-344

JANSEN, W.L., J.B. RHENEN, E.J.B. VELDHIJS KROEZE, A. WELLEN, A.C. BEYNEN (2003)

Apparent digestibility of macro-nutrients in captive polar bears (*Ursus maritimus*)

Zool. Garten N.F. 73, S. 111-115

JEUNIAUX, C. (1961)

Chitinase: an addition to the list of hydrolases in the digestive tract of vertebrates

Nature 192, S. 135-6

JEUNIAUX, C. (1963)

Chitine et chitinolyse. Un chapitre de la biologie moleculaire

P. Masson, Paris

KARASOV, W.H. (1982)

Energy assimilation, nitrogen requirement, and diet in free-living Antelope ground squirrels

Ammospermophilus leucurus

Physiol. Zool. 55(4), S. 378-392

KAUFMAN, D.W., M.J. O'FARRELL, G.A. KAUFMAN, S.E. FULLER (1976)

Digestibility and elemental assimilation in cotton rats

Acta Theriol. 21 (9), S. 147-156

KAUMANS, W., K. HAMPE, K. SCHWITZER, D. STAHL (2000)

Primate nutrition: towards an integrated approach

In: Zoo Animal Nutr., eds.: Nijboer, J., J.-M. Hatt, W. Kaumans, A. Beynen, U. Ganslosser, Filander Verlag, Fürth, S. 91-106

KAY, R.F. (1975)

The functional adaptations of primate molar teeth

Am. J. Phys. Anthropol. 43 (2), S. 195-216

KEITH, M.O. & J.M. BELL (1988)

Digestibility of nitrogen and amino acids in selected protein sources fed to mice
J. Nutr. 118 (5), S. 561-8

KEIVER, K.M., K. RONALD, W.F. BEAMISH (1984a)

Metabolizable energy requirements for maintenance and faecal and urinary losses of juvenile harp seals (*Phoca groenlandica*)
Can. J. Zool. 62, S. 769-776

KEIVER, K.M., H.H. DRAPER, M. HADLEY, K. RONALD (1984b)

Calcium and phosphorus balance in juvenile harp seals (*Phoca groenlandica*)
Can. J. Zool. 62, S. 777-782

KENDALL, P.T., D.W. HOLME, P.M. SMITH (1982)

Comparative evaluation of net digestive and absorptive efficiency in dogs and cats fed a variety of contrasting diet types
J. Small Anim.Pract. 23, S. 577-587

KENDALL, P.T. (1984)

The use of fat in dog and cat diets
In: Fats in animal nutrition, ed. Wiseman, J., Butterworth, London, S. 383-404

KENNEDY-STOSKOPF, S. (2003)

Canidae
In: Zoo and Wild Animal Med., eds: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia

KERRY, K.R. & M. MESSER (1968)

Intestinal glycosidases of three species of seals
Comp. Biochem. Physiol. 25 (2), S. 437-46

KETTELHUT, I.C., M.C. FOSS, R.H. MIGLIORINI (1980)

Glucose homeostasis in a carnivorous animal (cat) and in rats fed a high-protein diet
Am. J. Physiol. 239 (5), S. R437-44

KEYES, M.C. (1968)

The nutrition of pinnipeds
In: The behaviour and physiology of pinnipeds, eds. Harrison, R.J., R.C. Hubbard, R.S. Peterson, C.E. Rice, R.J. Schusterman, Appleton-Century Crofts, NY
S. 359-395

KIENZLE, E. (1988)

Enzymaktivität in Pankreas, Darmwand und Chymus des Hundes in Abhängigkeit von Alter und Futterart.
Zeitschr. Tierphysiol. Tierernahrg. Futtermittelk. 60, S. 276-288

KIENZLE, E. (1989)

Untersuchungen zum Intestinal- und Intermediärstoffwechsel von Kohlenhydraten (Stärke verschiedener Herkunft und Aufbereitung, Mono- und Disaccharide) bei der Hauskatze (*Felis catus*).
Habil. Schr. , Hannover

KIENZLE, E. (1993a)

Carbohydrate metabolism of the cat
2. Digestion of starch
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 69, S. 102-114

KIENZLE, E. (1993b)

Carbohydrate metabolism of the cat
4. Activity of maltase, isomaltase, sucrase and lactase in the gastrointestinal tract in relation to age and diet
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 70, S. 89-96

KIENZLE, E., B. OPITZ, K.E. EARLE, P.M. SMITH, I.E. MASKELL (1998)

The influence of dietary fibre components on the apparent digestibility of organic matter and energy in prepared dog and cat foods
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 79, S. 46-56

KIENZLE, E., B. DOBENECKER, S. EBER (2001)

Effect of cellulose on the digestibility of high starch versus high fat diets in dogs
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.) 85 (5-6), S. 174-85

KING, J.E. (1983)

Seals of the world

In: British Museum of Natural History, Comstock Publishing Associates, Ithaca, NY

KLEIBER, M. (1932)

Body size and metabolism

Hilgardia 6, S. 315-353

KLEIBER, M. (1961)

The fire of life: An introduction to animal energetics

Wiley, New York

KOLDOVSKY, O. (1981)

Developmental, dietary and hormonal control of intestinal disaccharidases in mammals (including man)

In: Carbohydrate metabolism and its disorders, vol. 3

Ed.: W.J. Whelan, Academic Press, NY

KROMBACH, F. (1981)

Rohfaserwirkungen auf Passagerate und die Verdaulichkeit von Energie, Rohfaser, Cellulose und Chitin bei Krallenaffen

Diss. med. vet., Tierärztliche Fakultät, LMU, München

KROMBACH, F., C. FLURER, H. ZUCKER (1984)

Effects of fibre on digestibility and passage time in callithricidae

Lab. Anim. 18 (3), S. 275-9

KRUUK, H. & W.H. SANDS (1972)

The aardwolf (*Proteles cristatus*, Sparrman 1783) as a predator of termites

E. Afr. Wildl. J. 10, S. 211-227

LANDES, E., S. STRUCK, H. MEYER (1997)

Examination of commercial hedgehog feed for its quality (acceptance, digestibility, and nutritional composition)

Tierarztl. Prax. 25 (2), S. 178-84

LAURIE, A. & J. SEIDENSTICKER (1977)

Behavioural ecology of the sloth bear (*Melursus ursinus*)

J. Zool. Lond. 182, S. 187-204

LAW, B.S. (1992)

The maintenance nitrogen requirements of the Queensland Blossom Bat (*Syconycteris australis*) on a sugar/pollen diet: is nitrogen a limiting resource?

Physiol. Zool. 65(3), S. 634-648

LAWSON, J.W., J.A. HARE, E. NOSEWORTHY, J.K. FRIEL (1997a)

Assimilation efficiency of captive ringed seals (*Phoca hispida*) fed different diets

Polar Biol. 18, S. 107-111

LAWSON, J.W., E.H. MILLER, E. NOSEWORTHY (1997b)

Variation in assimilation efficiency and digestive efficiency of captive harp seals (*Phoca hispida*) on different diets

Can. J. Zool. 75, S. 1285-1291

LEON, B., A. SHKOLNIK, T. SHKOLNIK (1983)

Temperature regulation and water metabolism in the elephant shrew, *Elephantulus edwardi*

Comp. Biochem. Physiol. A: Comp. Physiol. 74, S. 399-407

LEOSCHKE, W.L. (1959)

The digestibility of animal fats and proteins by mink

Am. J. Vet. Res. 20, S.1086-1089

LEUS, K. (1994)

Foraging behaviour, food selection and diet digestion of *Babyrousa babyrussa* (Suidae, Mammalia)

Ph. D. Thesis, University of Edinburgh, May 1994

LITVAITIS, J.A. & W. W. MAUTZ (1976)

Energy utilization of three diets fed to a captive red fox

J. Wildl. Manage. 40(2), S. 365-368

LITVAITIS, J.A. & W.W. MAUTZ (1980)

Food and energy use by captive coyotes

J. Wildl. Manage. 44(1), S. 56-61

LOW-BEER, T.S. & A.E. REED (1971)

Progress report: Diarrhoea: Mechanisms and treatment

Gut 12, S. 1021-1036

MADGE, D.S. (1975)

Effects of *Staphylococcus aureus* on in vitro intestinal absorption in mice

Comp. Biochem. Physiol. A 52 (2), S. 395-401

MARTENSSON, P.E., E.S. NORDOY, A.S. BLIX (1994a)

Digestibility of krill (*Euphausia superba* and *Thysanoessa* sp.) in minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) and crabeater seals (*Lobodon carcinophagus*)

Br. J. Nutr. 72 (5), S. 713-6

MARTENSSON, P.E., E.S. NORDOY, A.S. BLIX (1994b)

Digestibility of crustaceans and capelin in harp seals (*Phoca groenlandica*)

Mar. Mammal Sci. 10(3), S. 325-331

MARTIN, R.D., D.J. CHIVERS, A.M. MacLARNON, C.M. HLADIK (1985)

Gastrointestinal allometry in primates and other mammals

In: Size and scaling in primate biology, ed.: Jungers, W.L., New York, Plenum Press, S. 61-89

MATHIESEN, S.D., T.H. AAGNES, W. SORMO, E.S. NORDOY, A.S. BLIX, M.A. OLSEN (1995)

Digestive physiology of minke whales

In: Whales, seals, fish and man, eds.: Blix, A.S., L. Walloe, O. Ulltang, Elsevier Science B.V., Amsterdam, S. 351-359

McCLELLAND, K.L. & I.D. HUME (1998)

Digestion and digesta passage in bandicoots

Proc. Comp. Nutr. Soc. 1998, S. 132-133

McCLELLAND, K.L., I.D.HUME, N. SORAN (1999)

Responses of the digestive tract of the omnivorous northern brown bandicoot, *Isodon macrourus* (Marsupialia: Peramelidae), to plant- and insect-containing diets

J. Comp. Physiol. [B] 169 (6), S. 411-8

McCULLOUGH, D.R. & D.E. ULLREY (1983)

Proximate mineral and gross energy composition of white-tailed deer
J. Wildl. Manage. 47(2), S. 430-441

McNAB, B. (1969)

The economics of temperature regulation in Neotropical bats
Comp. Biochem. Physiol. 31, S. 227-268

McNAB, B. (1978)

The comparative energetics of neotropical marsupials
J. Comp. Physiol. B 125(2), S. 115-128

McNAB, B. (1984)

Physiological convergence amongst ant-eating and termite-eating mammals
J. Zool. (London) 203, S. 485-510

McNAB, B. (1986)

The influence of food habits on the energetics of eutherian mammals
Ecol. Monogr. 56(1), S. 1-19

MEYER, H. (1984)

Nutrient digestibility and its relationship to alimentary disorders in dogs
In: Nutrition and behaviour in dogs and cats, ed.: R.S. Anderson, Pergamon Press, Oxford, S. 55-69

MEYER, H. & J. ZENTEK (1998)

Ernährung des Hundes – Grundlagen, Fütterung, Diätetik.
Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin – Wien, 3. Auflage

MILTON, K. & R.H. McBEE (1983)

Rates of fermentative digestion in the howler monkey, *Alouatta palliata* (primates: ceboidea)
Comp. Biochem. Physiol. A 74 (1), S. 29-31

MILTON, K. & M. DEMMENT (1988)

Digestion and passage kinetics of chimpanzees fed high and low fiber diets and comparison with human data
J. Nutr. 118, S. 1182-1088

MILTON, K. & M. DEMMENT (1989)

Features of meat digestion of captive chimpanzees (*Pan troglodytes*)
Am. J. Primatol. 18(11), S. 45-52

MITCHELL, G.C. & J.R. TIGNER (1970)

The route of ingested blood in the vampire bat (*Desmodus rotundus*)
J. Mammal. 51(4), S. 814-817

MOORS, P.J. (1977)

Studies of the metabolism, food consumption and assimilation efficiency of a small carnivore, the Weasel (*Mustela nivalis*)
Oecologia 27, S. 185-202

MORRIS, J.G., J. FUJIMOTO, S.C. BERRY (1974)

The comparative digestibility of a zoo diet fed to 13 species of felid and a badger
Int. Zoo Yearbook 14, S. 169-171

MORRIS, J.G., J. TRUDELL, T. PENCOVIC (1977)

Carbohydrate digestion by the domestic cat (*Felis catus*)
Br. J. Nutr. 37 (3), S. 365-73

MORRIS, J.G. (2002)

Idiosyncratic nutrient requirements of cats appear to be diet-induced evolutionary adaptations
Nutr. Res. Rev. 15, S. 153-168

MORRIS, P.J. & A.L. SHIMA (2003)

Suidae and Tayassuidae (Wild pigs, peccaries)

In: Zoo and Wild Animal Med., eds. Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia, S: 586-601

MORRISON, D.W. (1980)

Efficiency of food utilization by fruit bats

Oecologia 45, S. 270-273

MOYLE, D.I., I.D. HUME, D.M. HILL (1995)Digestive performance and selective digesta retention in the long-nosed bandicoot, *Perameles nasuta*, a small omnivorous marsupial

J. Comp. Physiol. [B] 164 (7), S. 552-60

MÜHLUM, A., S. JUNKER, H. MEYER (1989a)

Praecaecale und postileale Verdaulichkeit verschiedener Fette

Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr. 19, S. 24-30

MÜHLUM, A., M. INGWERSEN, C. SCHÜNEMANN, H. WILFARTH, H. MEYER (1989b)

Praecaecale und postileale Verdauung von Saccharose, Lactose, sowie Stachyose und Raffinose

Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr. 19, S. 31-43

MUIR, H.E., S.M. MURRAY, G.C. FAHEY, Jr., N.R. MERCHEN, G.A. REINHART (1996)

Nutrient digestion by ileal cannulated dogs as affected by dietary fibers with various fermentation characteristics

J. Anim. Sci. 74 (7), S. 1641-8

MÜLLER, K.H. (1996)

Die Geophagie bei Primaten und deren Bedeutung für ihre Haltung in menschlicher Obhut – Ein Überblick

Zool. Garten N.F. 66, S. 53-62

MUNDT, H.-C. (1986)Zur mutterlosen Ernährung von Grosskatzenwelpen (*Panthera leo* und *Panthera tigris*)

EFFEM Forschung f. Kleintiernahrung

MURRAY, P.F. (1981)A unique jaw mechanism in the Echidna, *Tachyglossus aculeatus* (Monotremata)

Aust. J. Zool. 29, S. 1-5

MURRAY, S.M., G.C. FAHEY, Jr., N.R. MERCHEN, G.D. SUNVOLD, G.A. REINHART (1999)

Evaluation of selected high-starch flours as ingredients in canine diets

J. Anim. Sci. 77 (8), S. 2180-6

NASH, L.T. (1986)

Dietary, behavioural, and morphological aspects of gummivory in primates

Yrbk. Phys. Anthropol. 29, S. 113-137

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1978)

National Research Council of the USA

Nutrient requirements of non-human primates

Washington D.C.: National Academy of Sciences

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1985)

National Research Council of the USA

Nutrient requirements of cats

National Science

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1986)

National Research Council of the USA

Nutrient requirements of dogs

National Science

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2006)

National Research Council of the USA
Nutrient requirements of dogs and cats,
National Science

NEIRINCK, K., L. ISTASSE, A. GABRIEL, C. VAN EENAEME, J.-M. BIENFAIT (1991)

Amino acid composition and digestibility of four protein sources for dogs
J. Nutr. 121, S. S64-S65

NEUWEILER, G. (1993)

Ernährung, Verdauung und Energiehaushalt
In: Biologie der Fledermäuse, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, S. 99-119

NOBLET, J. & J.M. PEREZ (1993)

Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis
J. Anim. Sci. 71, S. 3389-3398

NORCONK, M.A., O.T. OFTEDAL, M.L. POWER, M. JAKUBASZ, A. SAVAGE (2002)

Digesta passage and fiber digestibility in captive white-faced sakis (*Pithecia pithecia*)
Am. J. Primatol. 58 (1), S. 23-34

NORDOY, E.S. (1995)

Do minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) digest wax esters?
Br. J. Nutr. 74 (5), S. 717-22

NOWAK, R.M. & J.L. PARADISO (1983)

Walker's mammals of the world, 4th Ed.
The Johns Hopkins University Press, Baltimore, S. 1081-1094

NOWAK, R.M. (1994)

Walker's mammals of the world, 5th Ed.
The Johns Hopkins University Press, Baltimore

NOWAK, R.M. (1999)

Walker's mammals of the world, 6th Ed.
The Johns Hopkins University Press, Baltimore

OATES, J.F. (1978)

Water-plant and soil consumption by guereza monkeys (*Colobus guereza*): a relationship with minerals and toxins in the diet
Biotropica 10, S. 241-253

O'FARRELL, M.J., E.H. STUDIER, W.G. EWING (1971)

Energy utilization and water requirements of captive *Myotis thysanodes* and *Myotis lucifugus* (Chiroptera)
Comp. Biochem. Physiol. A 39 (3), S. 549-52

OFTEDAL, O.T. & D.J. BONESS (1983)

Considerations in the use of fish as food
Proc. 3rd Ann. Dr. Scholl Conf. Nutr. Capt. Wild Animals, Chicago, Lincoln Park Zool. Soc.

OFTEDAL, O.T. (1991)

The nutritional consequences of foraging in primates: the relationship of nutrient intakes to nutrient requirements
Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 334 (1270), S. 161-9, discussion 169-70

OFTEDAL, O.T. & M.E. ALLEN (1997)

The feeding and nutrition of omnivores with emphasis on primates
In: Wild mammals in captivity (Principles & Techniques), eds.:
D.G. Kleiman, M.E. Allen, K.V. Thompson, S. Lumpkin, H. Harris, University of Chicago Press

OLDENHAGE, S. (2003)

Einfluss der Proteinversorgung auf einige mikrobielle Metaboliten im Darmlumen und Harn sowie die Histologie des Kolons bei Katzen
Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule, Hannover

OLSEN, M.A., E.S. NORDOY, A.S. BLIX, S.D. MATHIESEN (1994a)

Functional anatomy of the gastrointestinal system of Northeastern Atlantic minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*)
J. Zool. Lond. 234, S. 55-74

OLSEN, M.A., T.H. AAGNES, S.D. MATHIESEN (1994b)

Digestion of Herring by Indigenous Bacteria in the Minke Whale Forestomach
Appl. Environ. Microbiol. 60 (12), S. 4445-4455

OLSEN, M.A. & S.D. MATHIESEN (1996)

Production rates of volatile fatty acids in the minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) forestomach
Br. J. Nutr. 75 (1), S. 21-31

OPITZ, B. (1996)

Untersuchungen zur Energiebewertung von Futtermitteln für Hund und Katze (Investigations on energy evaluation of dog and cat food.)
Dissertation, Tierärztl. Fakultät, LMU München

OYARZUN, S.E., G.J. CRAWSHAW, E.V. VALDES (1996)

Nutrition of the tamandua: I. Nutrient composition of termites (*Nasutitermes spp.*) and stomach contents from wild tamanduas (*Tamandua tetradactyla*)
Zoo Biol. 15, S. 509-524

PAGELS, J.F. & C.R. BLEM (1973)

Metabolized energy of the big brown bat *Eptesicus fuscus* (Chiroptera)
Comp. Biochem. Physiol. A 45 (2), S. 497-501

PATTERSON, B. (1975)

The fossil aardvarks (Mammalia: Tubulidentata)
Bull. Mus. Comp. Zool. 147, S. 185-237

PATTON, R.S. (1975)

Digestibility studies in polar bears with emphasis on carbohydrates
Proc. 51st Annual Conf. AAZPA, Calgary, Alberta, Canada

PEI, Y.X., D.H. WANG, I.D. HUME (2001)

Effects of dietary fibre on digesta passage, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract morphology in the granivorous Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*)
Physiol. Biochem. Zool. 74 (5), S. 742-9

PERNETTA, J.C. (1977)

Anatomical and behavioural specialisations of shrews in relation to their diet
Can. J. Zool. 55, S. 1442-1453

PÖLÖNEN, I. (2000)

Preservation efficiency of formic acid and benzoic acid in the ensiling of slaughterhouse by-products and their subsequent metabolism in farmed fur animals
Diss., University of Helsinki

POLSTER, C. (2004)

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

POWER, M.L. (1991)

Digestive function, energy intake and the response to dietary gum in captive Callitrichids.
Ph.D. Thesis, University of Calif., Berkeley, CA.

POWER, M.L. (1992)

Nutritional consequences of diet self-selection by captive golden lion tamarins.
AAZPA Regional Conference Proc., Wheeling, W. Va., S. 147-151

POWERS, J.G., W.W. MAUTZ, P.J. PEKINS (1989)

Nutrient and energy assimilation of prey by bobcats
J. Wildl. Manage. 53(4), S. 1004-1008

PRICE, E.C. (1992)

The nutrition of Geoffroy's marmoset, *Callithrix geoffroyi*, at the jersey Wildlife Preservation Trust.
Dodo. J. Wildl. Presrv. Trusts 28, S. 58-69

PRICE, E.C., S. HERRON, D. WORMELL, M. BRAYSHAW, A. FEISTNER (2000)

Nutrition research on New World Monkeys at Jersey Zoo
In: Zoo Animal Nutr., eds.: Nijboer, J., J.-M. Hatt, W. Kaumanns, A. Beynen, U. Ganslosser, Filander
Verlag Fürth

PRITCHARD, G.T. & C.T. ROBBINS (1990)

Digestive and metabolic efficiencies of grizzly and black bears
Can. J. Zool. 68, S. 1645-1651

PROSKY, L., N.-G. ASP, I. FURDA, J.W. DE VRIES, T.F. SCHWEIZER, B. HARLAND (1985)

The determination of total dietary fiber in foods, food products: collaborative study
J. Assoc. Off. Anal. Chem. 68(4), S. 677-679

PROPST, E.L., E.A. FLICKINGER, L.L. BAUER, N.R. MERCHEN, G.C. FAHEY, Jr. (2003)

A dose-response experiment evaluating the effects of oligofructose and inulin on nutrient digestibility, stool quality, and fecal protein catabolites in healthy adult dogs
J. Anim. Sci. 81 (12), S. 3057-66

QUIGLEY, J.D., 3rd, J.M. CAMPBELL, J. POLO, L.E. RUSSELL (2004)

Effects of spray-dried animal plasma on intake and apparent digestibility in dogs
J. Anim. Sci. 82 (6), S. 1685-92

RABIN, B., R.J. NICOLSI, K.C. HAYES (1976)

Dietary influence on bile acid conjugation in the cat
J. Nutr. 106, S. 1241-1246

RAMOS, L., D. SMITH, E.S. DIERENFELD (1995)

Intake and digestion in a single Aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*) in captivity
Nutrition Advisory Group, 1st Ann. Conf. 1995

RAMSAY, E.C. (2003)

Ursidae and hyaenidae
In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & E.R. Miller, W.B. Saunders Company,
Philadelphia

REDFORD, K.H. & J.G. DOREA (1984)

The nutritional value of invertebrates with emphasis on ants and termites as food for mammals
J. Zool. Lond. 203, S. 385-395

REDFORD, K.H. (1987)

Ants and termites as food
Patterns of mammalian myrmecophagy
In: Current mammalogy 1, ed. H.H. Genoways, NY Plenum Press, S. 349-400

REIDARSON, T.H. (2003)

Cetacea (Whales, dolphins, porpoises)

In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia

RICHARDSON, P.R.K. (1987)Food consumption and seasonal variation in the diet of the aardwolf, *Proteles cristatus*, in Southern Africa

Z. Säugetierkd. 52(5), S. 307-325

RIOND, J.L., M. STIEFEL, C. WENK, M. WANNER (2003)

Nutrition studies on protein and energy in domestic cats

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.) 87 (5-6), S. 221-8

ROBBINS, R.C. & J.A. GAVAN (1966)Utilization of energy and protein of a commercial diet by Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*)

Lab. Anim. Care 16 (3), S. 286-91

ROBBINS, C.T. (1993)

Wildlife feeding and nutrition

Ed.: Robbins, C.T., Academic Press, San Diego, California

ROBERTS, W.K. & R.J. KIRK (1964)

Digestibility and Nitrogen Utilization of Raw Fish and Dry Meals by Mink

Am. J. Vet. Res. 25, S. 1746-50

RODE, K.D., C.T. ROBBINS, L.A. SHIPLEY (2001)

Constraints on herbivory by grizzly bears

Oecologia 128, S. 62-71

RONALD, K., K.M. KEIVER, F.W.H. BEAMISH, R. FRANK (1984)Energy requirements for maintenance and faecal and urinary losses of the grey seal (*Halichoerus grypus*)

Can. J. Zool. 62, S. 1101-1105

ROSEN, D.A.S. & A.W. TRITES (2000)

Digestive efficiency and dry-matter digestibility in Steller sea lions fed herring, Pollock, squid, and salmon

Can. J. Zool. 78, S. 234-239

ROSEN, D.A.S., L. WILLIAMS, A.W. TRITES (2000)Effect of ration size and meal frequency on assimilation and digestive efficiency in yearling Steller sea lions, *Eumetopias jubatus*

Aquat. Mammals 26(1), S. 76-82

ROSENBERG, H.I. & K.C. RICHARDSON (1995)Cephalic morphology of the honey possum, *Tarsipes rostratus* (Marsupialia: Tarsipedidae); an obligate nectarivore

J. Morphol. 223 (3), S. 303-23

ROSS, A. (1967)

Ecological aspects of the food habits of insectivorous bats

Proc. Western Found. Vertebrate Zool. 1, S. 205-263

ROUVINEN, K., R. INKINEN, P. NIEMELÄ (1991)

Effects of slaughterhouse offal and fish mixture based diets on production performance of blue and silver foxes

Acta Agric. Scand. 41, S. 387-399

ROUVINEN, K. (1991)

Dietary effects of omega-3-polyunsaturated fatty acids on body fat composition and health status of farm-raised blue and silver foxes
Acta Agric. Scand. 41, S. 401-414

RUFF, K., H.-H. KRÜGER, S. STEINLECHNER, (2007)

Digestive efficiency in Eurasian Otters (*Lutra lutra*) and investigation on chromium as marker
Submitted, J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.

SABAT, P., F. BOZINOVIC, F. ZAMBRANO (1995)

Role of dietary substrates on intestinal disaccharidases, digestibility, and energetics in the insectivorous mouse-opossum (*Thylamys elegans*)
J. Mammal. 76(2), S. 603-611

SACCO, T. & B. VAN VALKENBURGH (2004)

Ecomorphological indicators of feeding behaviour in the bears (Carnivora: Ursidae)
J. Zool. Lond. 263, S. 41-54

SAINSBURY, A.W. (2003)

Rodentia (Rodents)

In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia

SCHAIRER, M.L., E.S. DIERENFELD, M.P. FITZPATRICK (1998)

Nutrient composition of whole green frogs, *Rana clamitans*, and Southern toads, *Bufo terrestris*
Bull. Assoc. Rept. Amphib. Vet. 8, S. 17-20

SCHRAG, I. (1999)

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

SCHREIBER, R.K. (1979)

Coefficients of digestibility and caloric diet of rodents in the Northern Great Basin Desert
J. Mammal. 60(2), S. 416-420

SCHUG, K. (2005)

Untersuchungen zur Energiebewertung von Standardmischfuttermitteln für Ratten
Diss. med. vet., Tierärztl. Fakultät LMU, München

SEMENZA, G. (1968)

Digestion and absorption of sugars
Bibl. Paediatr. 87, S. 32-47

SHKOLNIK, A. & K. SCHMIDT-NIELSEN (1976)

Temperature regulation in hedgehogs from temperate and desert environments
Physiol. Zool. 49, S. 56-64

SILVA, S.I., F.M. JAKSIC, F. BOZINOVIC (2005)

Nutritional ecology and digestive response to dietary shift in the large South American fox, *Pseudalopex culpaeus*
Rev. Chil. Hist. Natural 78, S. 239-246

SINCLAIR, D.G., E.V. EVANS, I.R. SIBBALD (1962)

The influence of apparent digestible energy and apparent digestible nitrogen in the diet on weight gain, feed consumption, and nitrogen retention of growing mink
Can. J. Biochem. Physiol. 40, S. 1375-89

SKREDE, A. (1978)

Utilization of fish and animal byproducts in mink nutrition

- III. Digestibility of diets based on different cod (*Gadus morrhua*) fractions in mink of different ages

Acta Agric. Scand. 28, S. 141-147

SKREDE; A. (1979a)

Utilization of fish and animal byproducts in mink nutrition

- IV. Fecal excretion and digestibility of nitrogen and amino acids by mink fed cod (*Gadus morrhua*) fillet or meat-and-bone meal

Acta Agric. Scand. 29, S. 241-257

SKREDE, A. (1979b)

Utilization of fish and animal byproducts in mink nutrition

- V. Content and digestibility of amino acids in cod (*Gadus morrhua*) byproducts

Acta Agric. Scand. 29, S. 353-362

SMITH, A.P. & S.W. GREEN (1987)

Nitrogen requirements of the sugar glider (*Petaurus breviceps*), an omnivorous marsupial, on a honey-pollen diet

Physiol. Zool. 60(1), S. 82-92

STALINSZKI, J. (1994)

Digestion, defecation and food passage rate in the insectivorous bat, *Myotis myotis*

Acta Theriol. 39(1), S. 1-11

STELLER, D.C. (1986)

The dietary energy and nitrogen requirements of the grey-headed flying fox, *Pteropus poliocephalus* (Temminck) (Megachiroptera)

Aust. J. Zool. 34, S. 339-349

STEVENS, C.E. & I.D. HUME (1995)

Comparative physiology of the vertebrate digestive system

Cambridge University Press

STRUCK, S. & H. MEYER (1998)

Die Ernährung des Igels: Grundlage und Praxis

Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft 1998

SULLIVAN, L., G. CAICEDO, J. STARK, K. NAPOLITANO, E.S. DIERENFELD (2003)

Intake and digestion in babirusa (*Babryrousa babyrussa*) and red river hogs (*Potamochoerus porcus*) fed high fiber diets

Nutrition Advisory Group, 5th Conf. Zoo Wildl. Nutr. 2003, S. 8

SUNVOLD, G.D., G.C. FAHEY, Jr., N.R. MERCHEN, E.C. TITGEMEYER, L.D. BOURQUIN, L.L. BAUER, G.A. REINHART (1995a)

Dietary fiber for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets

J. Anim. Sci. 73 (4), S. 1099-109

SUNVOLD, G.D., G.C. FAHEY, Jr., N.R. MERCHEN, G.A. REINHART (1995b)

In vitro fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat fecal inoculum: Influence of diet composition on substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production

J. Anim. Sci. 73, S. 1110-1122

SUNVOLD, D.G., G.C. FAHEY, Jr., N.R. MERCHEN, L.D. BOURQUIN, E.C. TITGEMEYER, L.L. BAUER, G.A. REINHART (1995c)

Dietary fiber for cats: In vitro fermentation of selected fiber sources by cat fecal inoculum and in vivo utilization of diets containing selected fiber sources and their blends

J. Anim. Sci. 73, S. 2329-2339

- SUNVOLD, G.D., H.S. HUSSEIN, G.C. FAHEY Jr., N.R. MERCHEN, G.A. REINHART (1995d)**
In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle
J. Anim. Sci. 73, S. 3639-3648
- SWENSON, J.E., A. JANSSON, R. RIIG, F. SANDEGREN (1999)**
Bears and ants: myrmecophagy by brown bears in central Scandinavia
Can. J. Zool. 77, S. 551-561
- SZYMECZKO, R. & A. SKREDE (1990)**
Protein digestion in mink
Acta Agric. Scand. 40, S. 189-200
- SZYMECZKO, R. & A. SKREDE (1991)**
Protein digestion in fistulated polar foxes
Scientifur 15(3), S. 227-232
- TARPLEY, R.J., R.F. SIS, T.F. ALBERT, L.M. DALTON, J.C. GEORGE (1987)**
Observations on the anatomy of the stomach and duodenum of the bowhead whale, *Balaena mysticetus*
Am. J. Anat. 180 (3), S. 295-322
- TAUSON, A.-H. (1988)**
Varied energy concentration in mink diets
II. Effects on kit growth performance, female weight changes and water turnover in the lactation period
Acta Agric. Scand. 38, S. 231-242
- TAUSON, A.H., N.E. HANSEN, S. WAMBERG (2001)**
High versus low protein diets to mink – postprandial plasma urea and creatinine response, osmotic load and pattern of nitrogen and electrolyte excretion
Arch. Anim. Nutr. 54, S. 141-158
- TAYLOR, C.R. & V.J. ROWNTREE (1973)**
Temperature regulation and heat balance in running cheetahs: a strategy for sprinters?
Am. J. Physiol. 224, S. 884- 851
- TAYLOR, C.R., R. SCHMIDT-NIELSEN, R. DMI'EL, M. FEDAK (1971)**
Effect of hyperthermia on heat balance during running in the African hunting dog
Am. J. Physiol. 220, S. 823-827
- TEDMAN, R.A. & L.S. HALL (1985)**
The morphology of the gastrointestinal tract and food transit time in the fruit bats *Pteropus alecto* and *P. poliocephalus* (Megachiroptera)
Aust. J. Zool. 33, S. 625-640
- THOMAS, D.W. (1984)**
Fruit intake and energy budgets of frugivorous bats
Physiol. Zool. 57(4), S. 457-467
- TITUS, E. & G.A. AHEARN (1992)**
Vertebrate gastrointestinal fermentation: transport mechanisms for volatile fatty acids
Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 262, S. R547-R553
- TROUTEN-RADFORD, L.M., E.V. VALDES, A.L. DUFRESNE, B.W. MacBRIDE (1995)**
Total fecal collection and acid-insoluble ash as measures of dry matter digestibility by kowari (*Dasyuroides brynei*)
Nutrition Advisory Group, Proc. 1st Ann. Conf.
- TRUMBLE, S.J., P.S. BARBOZA, M.A. CASTELLINI (2003)**
Digestive constraints on an aquatic carnivore: effects of feeding frequency and prey composition on harbor seals
J. Comp. Physiol. [B] 173 (6), S. 501-9

TRUMBLE, S.J. & M.A. CASTELLINI (2005)

Diet mixing in an aquatic carnivore, the harbour seal
Can. J. Zool. 83, S. 851-859

VAHOUNY, G. (1987)

Effects of dietary fibre on digestion and absorption.
In: Physiology of the gastrointestinal tract,
ed.: L.R. Johnson, Raven Press, New York, 2nd ed., S. 1623-1645

VAN SOEST, P.J. (1963)

Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin.
J. Assoc. Off. Anal. Chem. 46, S. 829-835

VAN TETS, I.G. & A.J. HULBERT (1999)

A comparison of the nitrogen requirements of the eastern pygmy possum, *Cercartetus nanus*, on a pollen and on a mealworm diet
Physiol. Biochem. Zool. 72 (2), S. 127-37

VAN VALKENBURGH, B. (1989)

Carnivore dental adaptation and diet: A study of trophic diversity within guilds
In: Carnivore behaviour, ecology, and evolution
Ed.: J.L. Gittleman, Ithaca, NY, Cornell University Press, S. 410-436

VAN WEES, S., J. NIJBOER, H. EVERTS, A.C. BEYNEN (2000)

Apparent digestibility of macronutrients in captive babirusa (*Babirusa babyrussa*)
J. Zoo Wildl. Med. 31 (4), S. 508-11

VAUGHAN, T.A. (1978)

Mammalogy
Ed.: W.B. Saunders, Philadelphia

VOGTSBERGER, L.M. & G.W. BARRETT (1973)

Bioenergetics of captive red foxes
J. Wildl. Manage. 37(4), S. 495-500

VONK, H.J. & J.R.H. WESTERN (1984)

Comparative biochemistry and physiology of enzymatic digestion
Academic Press, London

WACK, R.F. (2003)

Felidae
In: Zoo and Wild Animal Med., eds.: Fowler, M.E. & R.E. Miller, W.B. Saunders Company, Philadelphia

WARD, P. & S. KYNASTON (1995)

Food, feeding and energetics
In: Bears of the world, 1995, Blandford Press, London, S. 82-115

WARNER, R.M. (1985)

Interspecific and temporal dietary variation in an Arizona bat community
J. Mammal. 66(1), S. 45-51

WATKINS, B.E., J.H. WITHAM, D.E. ULLREY, D.J. WATKINS, J.M. JONES (1991)

Body composition and condition evaluation of white-tailed deer fawns
J. Wildl. Manage. 55(1), S. 39-51

WHITE, S.C., D.W. CLARK, C.D. DAY, R.S. SIKES (2007)

Variation in digestive efficiency of captive North American River Otters (*Lontra canadensis*) on various diets
Zoo Biol. 26, S. 41-50

WIENER, J.G., I.L. BRISBIN, M.H. SMITH (1975)

Chemical composition of white-tailed deer: whole body concentrations of macro- and micronutrients
In: Mineral Cycling in Southeastern ecosystems, eds.: Howell, F.G., J.B. Gentry, M.H. Smith, USDA
Symposium Series, National Technical Information Service, Springfield, Virginia

WILLIAMS, T.M., J. HAUN, R.W. DAVIS, L.A. FUIMAN, S. KOHIN (2001)

A killer appetite: metabolic consequences of carnivory in marine mammals
Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol. 129 (4), S. 785-96

WILLIAMS, V.J. & W. SENIOR (1981)

Effects of food restriction and body weight loss on metabolic fecal nitrogen excretion in the rat
J. Nutr. 111 (4), S. 581-5

WILSON, D.E. & D.M. REEDER (2005)

Mammal Species of the World
Eds.: Wilson, D.E. & D.M. Reeder, Johns Hopkins University Press

WIMSATT, W.A. & A. GUERRIERE (1962)

Observations on the feeding capacities and excretory functions of captive vampire bats
J. Mammal. 43(1), S. 17-27

WITHERS, P.C., G.G. THOMPSON, R.S. SEYMOUR (2000)

Metabolic physiology of the north-western marsupial mole, *Notoryctes caurinus* (Marsupialia:
Notoryctidae)
Aust. J. Zool. 48, S. 241-258

WITTMAYER MILLS, A. (1980)

A comparative study of the digestibility and economy of three feline diets when fed to lions and tigers
in confinement
In: The Comp. Pathology of Zoo Animals, eds.: Montali, R.J. & G. Migaki, Smithsonian Institution
Press, Washington D.C.

WOODALL, P.F. & G.J. CURRIE (1989)

Food consumption, assimilation and rate of food passage in the Cape Rock elephant shrew,
Elephantulus edwardii (Macroscelidea: Macroscelidinae)
Comp. Biochem. Physiol. 92A (1), S. 75-79

WYNNE, J.E. (1989)

Comparative digestibility values in four species of felidae
J. Zoo Wildl. Med. 20(1), S. 53-56

**YUANGKLANG, C., T. WENSING, A. LANKHORST, A.G. LEMMENS, X.M. FIELMICH-BOUMAN, S.
JITTAKHOT, A.C. BEYEN (2005)**

Cholate and deoxycholate counteract the calcium-induced lowering of fat digestion in rats
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.) 89 (9-10), S. 337-41

ZENTEK & MEYER (1993)

Verdaulichkeit und fäkale Wasserausscheidung – ein Vergleich zwischen Doggen und Beagles.
Kleintierpraxis 38, S. 311-318

ZENTEK, J. (1995)

Dietary fibre in dog food: Comparison of cellulose, pectin and guar.
Unveröffentlicht

**ZENTEK, J., S. FRICKE, M. HEWICKER-TRAUTWEIN, B. EHINGER, G. AMTSBERG, C. BAUMS
(2004)**

Dietary protein source and manufacturing processes affect macronutrient digestibility, fecal
consistency, and presence of fecal *Clostridium perfringens* in adult dogs
J. Nutr. 134 (8 Suppl.), S. 2158S-2161S

ZHAO, X., H. JORGENSEN, B.O. EGGUM (1995)

The influence of dietary fibre on body composition, visceral organ weight, digestibility and energy balance in rats housed in different thermal environments

Br. J. Nutr. 73 (5), S. 687-99

ZHIHONG, W., Z. YUNHUA, W. XINGJIN, L. WANPING, X. GAOJI, L. SHAOJI, L. HUIHONG (2007a)

Determination of the nutrient and the apparent digestibility of the mixture Siberian Tiger's diet

Research on nutrition and propagation of the South China Tiger

ZHIHONG, W., Z. YUNHUA, W. XINGJIN, L. WANPING, X. GAOJI, L. SHAOJI, L. HUIHONG (2007b)

Study on the nutrient and the apparent digestibility of the tiger's diet

Research on nutrition and propagation of the South China Tiger

8 Anhang

8.1 Zuordnung der Tierarten

Die Zuordnung von den verschiedenen Tierarten und –gruppen zu den unterschiedlichen Ernährungsweisen ist in der folgenden Übersicht dargestellt:

Unterklasse Prototheria

Ordnung Monotremata

Der Australien-Kurzschnabeligel (*Tachyglossus aculeatus*) ernährt sich insektivor. Hauptnahrungsquelle sind Ameisen und Termiten (BOOTH 2003).

Unterklasse Metatheria

Überordnung Marsupialia

Die Ordnung Dasyuromorphia ernährt sich carnivor (der Tasmanische Teufel (*Sarcophilus harrisii*), carnivor-insektivor wie z.B. der Tüpfelbeutelmarter (*Dasyurus viverrinus*), der Kowari (*Dasyuroides byrnei*) und die Swainson-Breitfußbeutelmaus (*Antechinus swainsonii*) bis insektivor (z.B. die Dickschwänzige Schmalfußbeutelmaus (*Sminthopsis crassicaudata*) und der Ameisenbeutel (*Myrmecobius fasciatus*)). Die Ordnung Peramelemorphia beinhaltet omnivore Spezies wie den Grossen Langnasenbeutel (*Perameles nasuta*) und eher carniv-insektivore Spezies wie den Grossen Kaninchennasenbeutel (*Macrotis lagotis*) (HUME 1982, NOWAK 1999, HOLZ 2003, WILSON & REEDER 2005). In der Ordnung Diprodontia sind herbivore Gattungen ebenso vertreten wie omnivore Gattungen (z.B. der Dickschwanz-Schlafbeutel, *Cercartetus nanus*), bis hin zu omnivor- frugivor oder omnivor-nektarivoren Gattungen wie den Petauridae (z.B. der Kurzkopfgleitbeutel, *Petaurus breviceps*) und Tarsipedidae (z.B. der Honigbeutel, *Tarsipes rostratus*) (HOLZ 2003). Die untersuchten Vertreter der Ordnung Didelphimorphia, die Gelbe Wollbeutelratte (*Caluromys philander*) und das Südliche Mausopossum (*Thylamys elegans*) ernähren sich omnivor (NOWAK 1999).

Unterklasse Eutheria

Ordnung Insectivora

Alle erwähnten Spitzmausarten (Familie Soricidae) und der Europäische Maulwurf, *Talpa europaea* (Familie Talpidae), ernähren sich hauptsächlich insektivor, was auch, wie bereits beschrieben die gelegentliche Aufnahme anderer Invertebraten bis hin zur Spezialisierung auf eine Invertebratenspezies, wie z.B. beim Maulwurf, der sich hauptsächlich von Regenwürmern ernährt, beinhaltet. Die Insektivoren legen aber auch opportunistisches Jagdverhalten an den Tag. So gehören hin und wieder auch kleine Vertebraten oder Samen und Körner mit zu ihrer Nahrung.

Der Braunbrustigel (*Erinaceus europaeus*) und der Afrikanische Weißbauchigel (*Atelerix albiventris*) (Familie Erinaceidae) hingegen sind echte Omnivore (GRAFFAM et al. 1998, NOWAK 1999, BARBIERS 2003).

Ordnung Chiroptera

Die Angehörigen der Megachiroptera (der Graukopfflughund (*Pteropus poliocephalus*) und der Ägyptische Flughund (*Rousettus aegyptiacus*)) werden als frugivor bis frugivor-nektarivor eingestuft, obwohl hin und wieder opportunistische Insektivorie und auch Folivorie (ARATA et al. 1967, AYALA & d'ALESSANDRO 1973, GARDNER 1977, HEARD 2003) besonders während Nahrungsknappheit, Trächtigkeit oder zur Proteinbedarfsdeckung vorkommt (ARATA et al. 1967, GARDNER 1977, AYALA & d'ALESSANDRO 1973).

Die Microchiroptera hingegen sind zum größten Teil insektivor. Dazu gehören das Grosse Mausohr (*Myotis myotis*), die Kleine (*Myotis lucifugus*) und die Grosse Braunfledermaus (*Eptesicus fuscus*), die Guanofledermaus (*Tadarida brasiliensis*), der Gewöhnliche Flugdrache (*Myotis evotis*), sowie *Myotis volans* und *Myotis thysanodes*. Unter den Microchiroptera gibt es aber auch carnivore Familien wie die Megadermatidae und sanguinivore Spezies wie den Gemeinen Vampir (*Desmodus rotundus*). Die Australische Blütenfledermaus (*Syconycteris australis*) ist frugivor-nektarivor und die Brillenblattnase (*Carrollia perspicillata*) und die Jamaica-Fruchtfledermaus (*Artibeus jamaicensis*) ernähren sich frugivor (HEARD 2003).

Ordnung Primates

Unter den Primaten sind fast alle Ernährungsformen zu finden. Hauptsächlich herbivor sind die Familien Indriidae, Pongidae und Cercopithecidae mit Ausnahme

der Schimpansen (*Pan troglodytes*), die auch Insekten und kleine Vertebraten verzehren und der Paviane (*Papio*) und Rhesusaffen (*Macaca mulatta*), die sich omnivor ernähren, sowie der Sifakas wie Larvensifaka (*Propithecus verreauxii coquereli*) und Tattersallsifaka (*Propithecus tattersalli*), die sich herbivor-frugivor ernähren. Auch die Cebidae, wie der Weißbüschelaffe (*Callithrix jacchus*), der Geoffroyi-Pinselaffe (*Saguinus geoffroyi*) und der Braunrückentamarin (*Saguinus fuscicollis*) sind hauptsächlich omnivor, ebenso wie die Sakispezies. Die Lorisidae und Tarsiidae ernähren sich carnivor-insektiv. Daubentoniidae wie das Fingertier (*Daubentonia madagascariensis*) sind echt insektiv und die Lemuridae, wie der Braune Maki (*Eulemur fulvus*), der Graue Halbaki (*Haplemur griseus*), der Rote (*Varecia variegata rubra*) und der Schwarzweisse Vari (*Varecia variegata variegata*) sind insektiv-omnivor bis herbivor-frugivor (WILSON & REEDER 2005, STEVENS & HUME 1995).

Ordnung Carnivora

Familie Felidae

Die Felidae sind strikte Carnivoren. Hierzu gehören die Hauskatze (*Felis catus*), die Schwarzfußkatze (*Felis nigripes*), der Luchs (*Felis lynx*), der Rotluchs (*Felis rufus*), der Karakal (*Felis caracal*), der Serval (*Felis serval*), die Bengalkatze (*Felis bengalensis*), die Sandkatze (*Felis margarita*), die Asiatische Goldkatze (*Felis temminckii*), die Fischerkatze (*Felis viverrinus*), der Ozelot (*Felis pardalis*), der Puma (*Felis concolor*), der Nebelparder (*Neofelis nebulosa*), der Tiger (*Panthera tigris*), der Leopard (*Panthera pardus*), der Jaguar (*Panthera onca*), der Löwe (*Panthera leo*), der Gepard (*Acinonyx jubatus*) und der Schneeleopard (*Uncia uncia*). Eine Ausnahme macht der Jaguarundi (*Herpailurus yaguaroundi*), der sich auch omnivor ernährt und neben Vertebraten auch Insekten und Früchte aufnimmt (NOWAK 1999, WACK 2003).

Familie Viverridae

Die Schleichkatzen wie der Marderbär (*Arctitis binturong*) und die Zwergmanguste (*Helgale parvula*) sind omnivor (NOWAK 1999).

Familie Hyaenidae

Der Erdwolf (*Proteles cristatus*) ist spezialisiert auf die Ernährung durch Termiten (hauptsächlich *Trinervitermes* spp.). Die Tüpfelhyäne (*Crocuta crocuta*) ist carnivor. Streifen- (*Hyaena hyaena*) und Schabrackenhyäne (*Hyaena brunnea*) sind opportunistisch carnivor: sie ernähren sich von Aas, ergänzt durch Insekten und Früchte (NOWAK 1999, RAMSAY 2003).

Familie Canidae

Die Familie Canidae ernährt sich mit einigen Ausnahmen hauptsächlich omnivor. Zu den Omnivoren gehören der Kojote (*Canis latrans*), der Silberfuchs (*Vulpes vulpes*), der Rotfuchs (*Vulpes vulpes fulva*), der Polar- oder Blaufuchs (*Alopex lagopus*), der Graufuchs (*Urocyon argenteus*), der Südamerikanische Fuchs (*Pseudalopex culpaeus*) und der Haushund (*Canis familiaris*). Der Afrikanische Wildhund (*Lycaon pictus*) ist hingegen ein echter Carnivore. Eine weitere Ausnahme bildet der Mähnenwolf (*Chrysocyon brachyurus*), der einen Grossteil der Nahrung aus Früchten und Invertebraten zu sich nimmt. (NOWAK 1999, KENNEDY-STOSKOPF 2003).

Familie Mustelidae

In der Familie Mustelidae gibt es strikte Carnivoren wie das Frettchen (*Mustela putorius furo*), den Schwarzfußiltis (*Mustela nigripes*), den Europäischen Nerz (*Mustela lutreola*) und den Amerikanischen Nerz (*Mustela vison*), das Wiesel (*Mustela erminea*), den Otter (*Lutra lutra*), den Nordamerikanischen Fischotter (*Lontra canadensis*) und den Fischermarder (*Martes pennanti*) und Omnivoren wie den Silberdachs (*Taxidea taxus*).

Die Otter sind hauptsächlich piscivor, nehmen aber auch andere aquatische Nahrung wie Mollusken und Crustaceen auf (FERNANDEZ-MORAN 2003).

Familie Ursidae

Der Braunbär (*Ursus arctos*), der Amerikanische Schwarzbär (*Ursus americanus*), der Grizzlybär (*Ursus arctos horribilis*) und der Brillenbär (*Tremarctos ornatus*) ernähren sich omnivor. Eine Ausnahme in der omnivoren Familie Ursidae ist der Eisbär (*Ursus maritimus*), der sich ausschliesslich carnivor ernährt (WARD & KYNASTON 1995, NOWAK 1999, DENVER 2003).

Ordnung Cetacea

Die Zahnwale (*Odontoceti spp.*) ernähren sich zum großen Teil piscivor. Sie benutzen ihre zahlreichen Zähne zum Fangen von Fisch und Tintenfisch (STEVENS & HUME 1995).

Die Nahrung der Bartenwale (*Mysticeti spp.*) wie Zwerg- oder Minkwal (*Balaenoptera acutorostrata*) besteht hauptsächlich aus Krill und sehr kleinen Fischen, die von den Keratinplatten ihres Gaumens gefiltert werden (STEVENS & HUME 1995).

Ordnung Pinnipedia

Odobenidae wie das Atlantische Walross (*Odobenus rosmarus rosmarus*) und das Pazifische Walross (*Odobenus rosmarus divergens*) ernähren sich hauptsächlich molluskivor (Hauptanteil Muscheln), haben aber auch einen kleinen Teil an Crustaceen und Unterwasserpflanzen in ihrer Ernährung. Die Otariidae spp. sind generalisiert piscivor. Dazu gehört der Stellersche Seelöwe (*Eumetopias jubatus*). Die Phocidae spp. hingegen sind relativ streng piscivor, wobei Mollusken und Crustaceen vermehrt von Jungtieren gefressen werden. Zu den Phocidae gehören der Gemeine Seehund (*Phoca vitulina*), die Ringelrobbe (*Phoca hispida*), die Kegelrobbe (*Halichoerus grypus*), die Sattelrobbe (*Phoca groenlandica*), die Hawaii-Mönchsrobbe (*Monachus schauinslandii*).

Die Krabbenfresserrobbe (*Lobodon carcinophagus*) ist spezialisiert auf Krill, der aus dem Wasser gefiltert wird (NOWAK 1999).

Ordnung Artiodactyla

Unterordnung Suiformes

Alle Mitglieder der Suiformes sind omnivor. Dazu wurden Daten für den Hirscheber (*Babyrousa babyrussa*) gefunden (NOWAK 1999, MORRIS & SHIMA 2003).

Ordnung Rodentia

Der Grossteil der Angehörigen der Ordnung Rodentia ist omnivor mit einem hohen Pflanzenanteil in der Nahrung, der durch Früchte, Insekten, Pilze und gelegentlich Vertebratenfleisch supplementiert wird. Dazu gehören das Kleine Streifenhörnchen (*Eutamias minimus*), das Townsend-Ziesel (*Spermophilus townsendi*), das Weißschwanzantilopenziesel (*Ammospermophilus leucurus*), die Kleine Taschenmaus (*Perognathus parvus*), die Hausmaus (*Mus musculus*), die Brandmaus

(*Apodemus agrarius*), die Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*), die Bisamratte (*Ondatra zibethicus*), die Feldmaus (*Microtus arvalis*), die Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*), die Westliche Erntemaus (*Reithrodontomys megalotis*), die Nördliche Grashüpfermaus (*Onychomys leucogaster*), die Azara-Grasmaus (*Akodon azarae*), die Pazifische Ratte (*Rattus exulans*), die Wanderratte (*Rattus norvegicus*), die Baumwollratte (*Sigmodon hispidus*) und die Hausratte (*Rattus rattus*),.

Es gibt aber auch rein herbivore Spezies. Viele von ihnen sind in der Unterordnung Hystricognathi zu finden, wie z.B. Meerschweinchen, Chinchillas und Nutrias (SAINSBURY 2003).

9 Danksagung

Für die Überlassung des Themas und die fundierte wissenschaftliche und freundliche Betreuung möchte ich mich ganz herzlich bei Frau Prof. Dr. Ellen Kienzle bedanken.

Mein Dank geht ebenso an Herrn Dr. Marcus Clauss für die stetige Unterstützung bei der Vollendung dieser Arbeit.

Bedanken möchte ich mich ebenfalls bei meinen Mitdoktoranden, insbesondere bei Julia Fritz, sowie bei meinen Freunden für kollegiale und moralische Unterstützung.

Ebenfalls danken möchte ich meinen Eltern, ohne deren Unterstützung diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.