Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung,
Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
Geschäftsführender Vorstand:
Univ.-Prof. Dr. H.-J. Gabius

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

Untersuchungen zur Energieverdaulichkeit und dem Energiebedarf wachsender Hunde in Abhängigkeit von Rasse und Calciumversorgung

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

von
Viktoria Frank
aus Radebeul

München 2007

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Kienzle

Koreferent: Univ.-Prof. Dr. Goldberg

Tag der Promotion: 8. Februar 2008

Für meine Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS ..... **I**

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS ..... **III**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS ..... **IV**

I. EINLEITUNG **1**

II. SCHRIFTTUM **2**

1 Wachstum und Skelettentwicklung **2**

1.1 Körpermasseentwicklung 2
1.2 Skelettentwicklung 7
1.3 Hormonelle Regulation des Wachstums 8
1.4 Metabolische Störungen der Skelettentwicklung 11
1.4.1 Sekundärer nutritiver Hyperparathyreoidismus 12
1.4.2 Osteochondrosis Syndrom 13
1.4.3 Hüftgelenksdysplasie 14
1.4.4 Hypertrophe Osteodystrophie 16

2 Energiebedarf **17**

2.1 Erhaltungsbedarf 17
2.2 Energiebedarf im Wachstum 19
2.2.1 Einflüsse der Energiezufuhr auf das Wachstum und die Skelettentwicklung 22
2.3 Berechnung der Umsetzbaren Energie im Futter 27

3 Calcium **29**

3.1 Calciumbedarf im Wachstum 29
3.2 Einflüsse der Calciumzufuhr auf das Wachstum und die Skelettentwicklung 31
3.2.1 Calciumüberversorgung 31
3.2.2 Calciumunterversorgung 35
3.3 Interaktionen zwischen Calcium und Nährstoffverdaulichkeiten 37
3.3.1 Auswirkungen von Calcium auf die Fettverdaulichkeit 38
3.3.2 Auswirkungen von Calcium auf die Proteinverdaulichkeit 39
3.3.3 Auswirkungen auf weitere Rohnährstoffe 39

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN **40**

4 Material und Methoden **40**

4.1 Versuchsplan 40
4.2 Tiermaterial 40
4.3 Zeitpunkt der Untersuchungen 44
4.4 Fütterungsregime 45
4.5 Versuchsfutter 46
4.6 Probenaufbereitung 48
4.6.1 Bruttoenergiegehalt 49
4.6.2 Weender-Analyse 49
4.6.3 Stärke 53
4.6.4 Berechnung der Verdaulichkeiten 54
4.6.5 Statistische Methoden 55

5 Ergebnisse **56**

5.1 Gesundheit und Verhalten der Welpen 56
5.2 Energiegehalt des Futters 56
5.3 Energie- und Nährstoffgehalt des Kots 57
5.4 Verdaulichkeiten 58
5.4.1 Verdaulichkeit des Rohproteins 58
5.4.2 Verdaulichkeit des Rohfetts 59

5.4.3 Verdaulichkeit der Rohfaser ... 60
5.4.4 Verdaulichkeit der Rohasche ... 60
5.4.5 Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe ... 61
5.4.6 Stärkeverdaulichkeit ... 62
5.4.7 Verdaulichkeit der organischen Substanz ... 62
5.4.8 Energieverdaulichkeit ... 63
5.5 Aufnahme an verdaulichen Nährstoffe ... 64
5.6 TS-Aufnahme ... 64
5.7 Calciumaufnahme ... 66
5.8 Energieaufnahme ... 68
5.8.1 Energieaufnahme als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs ... 71
5.9 Calcium-Energierelation ... 73
5.10 Aufnahme an verdaulichem Rohprotein ... 74
5.11 Körpermasseentwicklung ... 76
5.11.1 Geburtsgewicht ... 76
5.11.2 Wachstumsverlauf ... 77

IV. DISKUSSION ... 79

6 Kritik der Methode ... 79

6.1 Versuchsaufbau ... 79
6.2 Tierzahlen und Gruppeneinteilung ... 80
6.3 Untersuchungsmethoden ... 81

7 Besprechung der Ergebnisse ... 83

7.1.1 Vergleich der Gewichtsentwicklung zwischen Versuchs- und Kontrolltieren ... 83
7.2 Bruttoenergie im Futter ... 87
7.3 Bruttoenergie im Kot ... 88
7.4 Abschätzung der Verdaulichen Energie anhand der verdaulichen Rohnährstoffe ... 92
7.5 Berechnung der ME ... 94
7.6 Verdaulichkeit der Rohnährstoffe ... 95
7.7 Einfluss des Calciums auf die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe ... 99
7.8 Energieverdaulichkeit ... 107
7.9 Energieaufnahme und Energiebedarf ... 108
7.9.1 Energieaufnahme in Bezug auf die Körpermasse ... 108
7.9.2 Energiebedarf als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs ... 111
7.10 Calcium-Energierelation ... 114

V. ZUSAMMENFASSUNG ... 116

VI. SUMMARY ... 118

VII. LITERATURVERZEICHNIS ... 120

VIII. ANHANG ... 131

IX. DANKSAGUNG ... 145

X. LEBENSLAUF ... 146

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
Ca	Calcium
CT	Calcitonin
DE	Verdauliche Energie
et al.	et alii
FBI	Foxhound-Boxer-Labrador
g	Gramm
GE	Bruttoenergie
GH	Wachstumshormon
GIH	Somatostatin
GRH	Somatoliberin
HC	high calcium
HD	Hüftdysplasie
IGF	Insulin-like Growth factor
kg	Kilogramm
kJ	Kilojoule
KM	Körpermasse
LC	low calcium
LP	low phosphorus
m	männlich
ME	Umsetzbare Energie
mg	Milligramm
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
MW	Mittelwert
NC	normal calcium
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
nm	Nanometer
NP	normal phosphorus
NSP	Nicht-Stärke-Polysaccharide
oS	organische Substanz
P	Phosphor
PTH	Parathormon
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
s	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
TRH	Thyreoliberin
TS	Trockensubstanz
TSH	Thyreotropin
uS	Ursprungssubstanz
vNfE	verdauliche Stickstofffreie Extraktstoffe
vRfa	verdauliche Rohfaser
vRfe	verdauliches Rohfett
vRp	verdauliches Rohprotein
w	weiblich

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildungen

Abb. 1: Empfohlene Wachstumskurven von Junghunden im ersten Lebensjahr zur Kontrolle des Wachstumsverlaufs (aus MEYER und ZENTEK 2005) ... 5
Abb. 2: Zeitlicher Ablauf der Fütterungsversuche und Bilanzen ... 45
Abb. 3: Vergleich von experimentell und rechnerisch ermittelter GE [MJ/kg] im Futter ... 57
Abb. 4: Darstellung der TS-Aufnahme [g] im Verlauf des Wachstums, vergleichend an beiden Rassen ... 65
Abb. 5: Tägliche absolute Ca-Aufnahme [g/d] der Beagles in den Versuchs- und Kontrollgruppen ... 67
Abb. 6: Tägliche absolute Ca-Aufnahme [g/d] der FBIs in den Versuchs- und Kontrollgruppen ... 67
Abb. 7: Tägliche ME-Aufnahme [MJ/Tier/d] der Beagles vergleichend an Versuchs- und Kontrollgruppe ... 69
Abb. 8: Tägliche ME-Aufnahme [MJ/Tier/d] der FBIs, vergleichend an Versuchs- und Kontrollgruppe ... 70
Abb. 9: Tägliche Aufnahme an vRp [g] der Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen ... 75
Abb. 10: Vergleich der Gewichtsentwicklung zwischen Versuchs- und Kontrolltieren der FBIs mit den Empfehlungen für die Gewichtsentwicklung nach MEYER und ZENTEK (2001) ... 84
Abb. 11: Vergleich der Gewichtsentwicklung zwischen Versuchs- und Kontrolltieren der Beagles mit den Empfehlungen für die Gewichtsentwicklung nach MEYER und ZENTEK (2005) ... 85
Abb. 12: Vergleich der experimentell bestimmten GEexp [MJ/kg TS] mit der anhand eigener Regression ermittelten Brennwerte der Rohnährstoffe berechneten GEcalc des Kotes ... 89
Abb. 13: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rfe und NfE [% TS] im Kot der HC-Tiere ... 91
Abb. 14: Vergleich der experimentell bestimmten DE_{exp} [MJ/kg] mit der rechnerisch bestimmten DE_{calc} ... 93
Abb. 15: Vergleich der experimentell bestimmten ME_{bomb} [MJ/kg] mit der durch Verwendung der ATWATER (1902)-Faktoren berechneten ME_{calc} ... 95
Abb. 16: Vergleich der täglichen Rfa-Aufnahme und Rfa-Ausscheidung [g/kg KM/d] der Beagles und FBIs ... 97
Abb. 17: Vergleich der Ra-Verdaulichkeiten (%V Ra) der Welpen im Alter von 12, 18 und 24 Monaten beider Rassen ... 98
Abb. 18: Einfluss der Gruppe (NC, HC) auf die Verdaulichkeit [%] des Rp, des Rfe, der NfE und der oS ... 100
Abb. 19: Vergleich der Fettverdaulichkeiten [%] bei variierendem Fettgehalt im Futter [g/kg KM/d] ... 102
Abb. 20: Vergleich der Höhe der Fettausscheidung [g/kg KM/d] zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe ... 103
Abb. 21: Vergleich der ermittelten Proteinverdaulichkeiten in Versuchs- und Kontrollgruppen, sortiert nach dem Geburtsjahr der Welpen ... 105
Abb. 22: Vergleich der Energieverdaulichkeiten [%] beider Rassen in Versuchs- und Kontrollgruppe ... 108
Abb. 23: Vergleich der Empfehlungen nach MEYER und ZENTEK (2005) mit der absolut aufgenommenen Menge an Energie der Beagles [MJ ME/d] ... 109
Abb. 24: Vergleich der Empfehlungen nach MEYER und ZENTEK (2005) mit der absolut aufgenommenen Menge an Energie der FBIs [MJ ME/d] ... 110
Abb. 25: Energieaufnahme [MJ ME/kg $KM^{0,75}$] als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs der Beagles und FBIs ... 111
Abb. 26: ME-Aufnahme als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs von 0,54 MJ ME/kg $KM^{0,75}$ in Bezug auf das prozentual erreichte Endgewicht der Welpen im Vergleich mit den Angaben von BLANCHARD et al. (1998) ... 112
Abb. 27: Vergleich der berechneten Ca/ME-Relationen [g/MJ] im Verlauf des Wachstums bei den Beagles und FBIs mit den Empfehlungen von MEYER und ZENTEK (2005) für Tiere mit einem Adultgewicht von 5 und 60 kg ... 115

Tabellen

Tab. 1: KM der Hündin in kg, Zahl der Welpen pro Wurf, Gesamtwurfmasse der Hündin und Geburtsmasse der Einzelwelpen (in % der KM der Hündin) (aus MEYER und ZENTEK 2005) 2
Tab. 2: Einteilung der Hunderassen in verschiedene Klassen (nach MEYER und ZENTEK 2005) 3
Tab. 3: Empfehlungen für die Versorgung von wachsenden Hunden mit umsetzbarer Energie in verschiedenen Lebensmonaten [MJ/kg KM/d bzw. MJ/Tier/d] (aus MEYER und ZENTEK 2005) 20
Tab. 4: Vorgehen zur Berechnung der ME in hausgemachten Rationen sowie kommerziellem Hundefutter (aus NRC 2006) 29
Tab. 5: Empfehlungen für die tägliche Calciumversorgung wachsender Hunde [mg/kg KM] (aus MEYER und ZENTEK 2005) 30
Tab. 6: Geburtsdatum, Versuchseinheit, Name, Geburtsgewicht, Adultgewicht und Geschlecht der Beagles 41
Tab. 7: Geburtsdatum, Versuchseinheit, Name, Geburtsgewicht, Adultgewicht und Geschlecht der FBIs 43
Tab. 8: Durchschnittliche Zusammensetzung des in den Bilanzen verwendeten Versuchsfutters in uS und TS 46
Tab. 9: Mineralstoffversorgung in Prozent des täglichen Bedarfs (MEYER und ZENTEK 1998, 2001) der Versuchs- und Kontrollgruppen während der drei Versuchsdurchgänge 47
Tab. 10: Calciumaufnahme mit MW ± s [mg/kg KM/d] der Versuchs- und Kontrollgruppen 48
Tab. 11: Rohnährstoffgehalte [%] und Brennwerte des Kotes [MJ] vergleichend an Versuchs- und Kontrollgruppen 57
Tab. 12: Anhand der Regressionsanalyse aus eigenen Versuchsdaten ermittelte Brennwerte [kJ/g] der Rohnährstoffe, getrennt nach Versuchs- und Kontrollgruppe 58
Tab. 13: Scheinbare Verdaulichkeit des Rp [sV Rp %] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen 59
Tab. 14: Scheinbare Verdaulichkeit des Rfe [%] beider Rassen in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen 60
Tab. 15: Scheinbare Verdaulichkeit der Rfa [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen 60
Tab. 16: Scheinbare Verdaulichkeit der Rohasche [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen 61
Tab. 17: Scheinbare Verdaulichkeit der NfE [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen 62
Tab. 18: Scheinbare Verdaulichkeit der Stärke [%] in Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen 62
Tab. 19: Scheinbare Verdaulichkeit der oS [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen 63
Tab. 20: Verdaulichkeit der Energie [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen 64
Tab. 21: Gehalte an verdaulichen Rohnährstoffen [% TS] und DE [MJ/kg] des Versuchsfutters mit MW ± s sowie Extremwerten (n = 80) 64
Tab. 22: Tägliche durchschnittliche TS-Aufnahme pro kg metabolischer KM [g TS/kg $KM^{0,75}$] 66
Tab. 23: Calciumaufnahme mit MW ± s [mg/kg $KM^{0,75}$] der Versuchs- und Kontrollgruppen der Rasse FBI 68
Tab. 24: Aufnahme der Welpen an ME [MJ/kg $KM^{0,75}$/d] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen von der sechsten bis zur 28. Lebenswoche 71
Tab. 25: ME-Aufnahme [MJ] als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs vergleichend an den Rassen Beagle und FBI 72
Tab. 26: ME-Aufnahme als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs nach Einteilung in prozentual erreichtem Endgewichte vergleichend für Beagles und FBIs 73
Tab. 27: Ca/ME-Relation [g Ca/MJ/d] im Futter, vergleichend bei Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen 74
Tab. 28: Aufnahme an vRp pro kg metabolischer KM der Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen [g vRp/kg KM^0,75] 76
Tab. 29: Mittlere Geburtsgewichte [g] der Welpen der Rasse Beagle und FBI 76
Tab. 30: Körpermasseentwicklung [kg] der Beagles, Versuchs- und Kontrollgruppe vergleichend 77
Tab. 31: Körpermasseentwicklung (MW ± Stabw) [kg] der FBIs, Versuchs- und Kontrollgruppe vergleichend 78
Tab. 32: Anhand der eigenen Regression für die Gruppen NC und HC ermittelte Brennwerte [kJ/g] für Rp, Rfe und GKH im Kot im Vergleich mit den Angaben nach SCHÖNMEIER (2003) 92
Tab. 33: Vergleich der Stärke- und NfE-Verdaulichkeiten zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen 106
Tab. 34: Scheinbare Verdaulichkeit (sV%) der Energie und der Rohnährstoffe in den Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen 116
Tab. 35: Apparent digestibility (aD%) of energy , crude nutrients and organic matter in the different feeding groups and breeds 118

I. EINLEITUNG

Bei Hundewelpen ist ein maximales Wachstum unerwünscht, da es die Entstehung von Skelettschäden begünstigt (DÄMMRICH 1991, NAP et al. 1993a, HEDHAMMAR et al. 1974, CASE et al. 1997, ZENTEK et al. 1995, DOBENECKER et al. 1998, MEYER und ZENTEK 2005). Das Wachstum kann durch die Energieversorgung bei restriktiver Fütterung so gesteuert werden, dass sich die als optimal betrachteten Wachstumsraten (MEYER und ZENTEK 2001) einstellen. Während dies in der Praxis einfach dadurch geschehen kann, dass man den Welpen regelmäßig wiegt und entsprechend weniger oder mehr Futter zuteilt, ist es für die Konzeption von Alleinfuttermitteln wichtig, den Energiebedarf möglichst genau zu kennen. Dieser entscheidet über die Futtermengen und damit indirekt über die Nährstoffmengen, die zugeteilt werden sollen. Eine bisher noch offene Frage ist in diesem Kontext, ob sich die Unterschiede, die zwischen erwachsenen Hunden im Erhaltungsstoffwechsel auftreten (NRC 2006, RAINBIRD und KIENZLE 1990) bei Welpen bereits zeigen lassen. Hierzu gehören u.a. Unterschiede zwischen verschiedenen Hunderassen. In der vorliegenden Studie wurde daher die Energieaufnahme von Welpen zweier Rassen (Beagles, Foxhound-Boxer-Labrador-Kreuzungen, FBI) bei optimalem Wachstum überprüft. Die Proben stammten aus einem mit anderer Zielsetzung durchgeführten Wachstumsversuch (DOBENECKER 2002, KASBEITZER 2002, DOBENECKER 2003, FLINSPACH 2003), bei welchem der Effekt der Calciumversorgung auf die Skelettentwicklung untersucht wurde. Dadurch ergab sich, dass der Effekt der Calciumversorgung auf die Verdaulichkeit von Energie- und Nährstoffen mit überprüft wurde. Außerdem konnte bei der Kontrollgruppe mit optimaler Calciumversorgung über den gesamten Versuch hinweg die Relation von Calcium (Ca) und Umsetzbarer Energie (ME) berechnet werden

II. SCHRIFTTUM

1 Wachstum und Skelettentwicklung

1.1 Körpermasseentwicklung

Für Hundewelpen bei der Geburt gilt, dass mit zunehmender Rassengröße die Zahl der Nachkommen ansteigt, wobei die Gesamtwurfmasse mit etwa 11% der mütterlichen Körpermasse (KM) dagegen relativ konstant bleibt. Eine Erklärung dafür liefert die relative Größe der Einzelfrüchte: Bei kleinen Rassen erreicht der Welpe fast vier Prozent der KM des ausgewachsenen Tieres, bei großen Rassen dagegen nur etwa ein Prozent. Der Grund für diese unterschiedliche Entwicklung liegt in der günstigeren uterinen Nährstoffversorgung bei einer geringeren Anzahl an Früchten (MEYER und ZENTEK 2005; **Tab. 1**). Folglich besteht zwischen der Größe einer Rasse und der prozentualen Geburtsmasse eine inverse Beziehung. Der Beagles wird mit etwa 2,8% seines Endgewichtes geboren (SALOMON et al. 1999), der Labrador Retriever mit ca. 1,9% (ALLARD et al. 1988) und die Deutsche Dogge mit ca. 1,0% (SCHULZE et al. 1997).

Oftmals sind auch unterschiedliche Körpergewichte innerhalb eines Wurfes zu beobachten. Dies ist in der Regel dadurch zu erklären, dass nicht alle Positionen im Uterus gleichwertig mit Nährstoffen versorgt werden (ENGELHARDT und BREVES 2000).

Tab. 1: KM der Hündin in kg, Zahl der Welpen pro Wurf, Gesamtwurfmasse der Hündin und Geburtsmasse der Einzelwelpen (in % der KM der Hündin) (aus MEYER und ZENTEK 2005)

KM der Hündin [kg]	Zahl der Welpen pro Wurf	Gesamtwurfmasse [% KM Hündin]	Geburtsmasse (Einzelwelpen) [% KM Hündin]
< 6	3,6	14,0	3,9
10	4,4	11,4	2,6
20	6,6	11,2	1,7
35	7,3	11,0	1,5
60	7,5	8,3	1,1

Das Wachstum von Hundewelpen wird durch endogene (genetische) und exogene (Ernährung, Klima, Krankheit, etc.) Faktoren beeinflusst, welche für jeden Hund individuell unterschiedlich sind. Durch ungünstige äußere Bedingungen kann das genetisch vorgegebene

Wachstumspotential nicht voll ausgeschöpft werden. Dagegen führen optimal gestaltete Umweltbedingungen zu einem beschleunigten Wachstum, mit einer höheren täglichen Körpermassezunahme, ohne jedoch die Endgröße des ausgewachsenen Tieres zu beeinflussen (MEYER und ZENTEK 2005). So ist die maximale tägliche Wachstumsrate genetisch vorgegeben, die aufgenommene Menge an Energie bestimmt dagegen, ob die maximalen täglichen Zunahmen erreicht werden. Bei Unterversorgung an bestimmten Nährstoffen treten jeweils spezifische Mangelerscheinungen auf. Zusätzlich kommt es bei Minderversorgung mit bestimmten Nährstoffen fast immer zu reduziertem Appetit mit verminderter Futteraufnahme und folglich reduziertem Wachstum (HEDHAMMAR 1996).
Abhängig von ihrem Adultgewicht werden die verschiedenen Hunderassen nach allgemeinem Sprachgebrauch in folgende Klassen eingeteilt (**Tab. 2**):

Tab. 2: Einteilung der Hunderassen in verschiedene Klassen (nach MEYER und ZENTEK 2005)

		Durchschnitt
Zwergrassen	bis 5 kg	4 kg
kleine Rassen	> 5-15 kg	10 kg
mittelgroße Rassen	> 15-25 kg	20 kg
große Rassen	> 25-50 kg	35 kg
Riesenrassen	> 50 kg	60 kg

In den ersten sechs bis acht Lebensmonaten findet die Hauptwachstumsphase der Hundewelpen statt (MEYER und ZENTEK 2005). Das Wachstum erfolgt nicht linear sondern entsprechend einer rassespezifischen Wachstumsfunktion. Die tägliche Körpermassezunahme ist abhängig von dem Entwicklungsstadium und unterscheidet sich zwischen Hunden verschiedener Rassen bzw. Gewichtsklassen. Der Wendepunkt dieser Wachstumskurve, der den Zeitpunkt der maximalen Körpermassezunahme darstellt, liegt bei kleinen Hunderassen zeitlich deutlich früher als bei großen Rassen. Aussagen über den Wachstumsverlauf können also nicht von einer Rasse auf die andere übertragen werden. Das Wachstum großer Hunderassen zeichnet sich neben absolut höheren Tageszunahmen auch in einer Abweichung in den anderen Wachstumscharakteristika aus (BLANCHARD et al. 1998, SALOMON et al. 1999, SCHULZE et al. 2003). Bei kleineren Hunderassen wird der Zeitpunkt des Abschlusses des Größenwachstums eher erreicht als bei größeren Rassen und sie erreichen noch vor dem Absetzen den Zeitpunkt ihres maximalen Körpermassezuwachses. Im Gegensatz dazu

unterliegen große Hunderassen einer längeren Wachstumsperiode und erreichen ihre maximalen täglichen Gewichtszunahmen erst weit nach dem Ende der Säugeperiode (RAINBIRD und KIENZLE 1990, HEDHAMMAR 1996, BLANCHARD et al. 1998). Welpen aus Zwergrassen erreichen schon nach etwa 12 Wochen 50% ihres Endgewichtes, wohingegen Welpen der Riesenrassen zu dieser Zeit erst auf einen Wert von etwa 25% kommen. Diese unterschiedliche Entwicklung nach der Geburt hängt mit der relativen Größe zur Zeit der Geburt zusammen.

Nach etwa 12 Monaten erreichen kleine Hunderassen schließlich 100% des Endgewichtes, wohingegen größere Rassen ihr Adultgewicht zu dieser Zeit noch nicht erreicht haben (MEYER und ZENTEK 2005). Aber auch zwischen verschiedenen Hunderassen der gleichen Gewichtsklasse finden sich erhebliche Abweichungen sowohl im Wachstumsniveau, als auch bei den anderen Wachstumskurvencharakteristika (SCHULZE et al. 2003).

Zwischen der dritten und siebten Lebenswoche zeigt sich häufig ein etwas verlangsamtes Wachstum, diese Zeit schließt die Entwöhnungsphase mit ein. Insgesamt ist das Wachstum eines Welpen jedoch zu einem höheren Grad von dem Management, der Pflege und der Ernährung durch den Besitzer, als vom Geburtsgewicht selbst abhängig (SCHROEDER und SMITH 1994).

MEYER und ZENTEK (2005) haben zur Überprüfung des Wachstumsverlaufs von Junghunden Wachstumskurven als Empfehlungen für ein optimales Wachstum herausgegeben (**Abb. 1**).

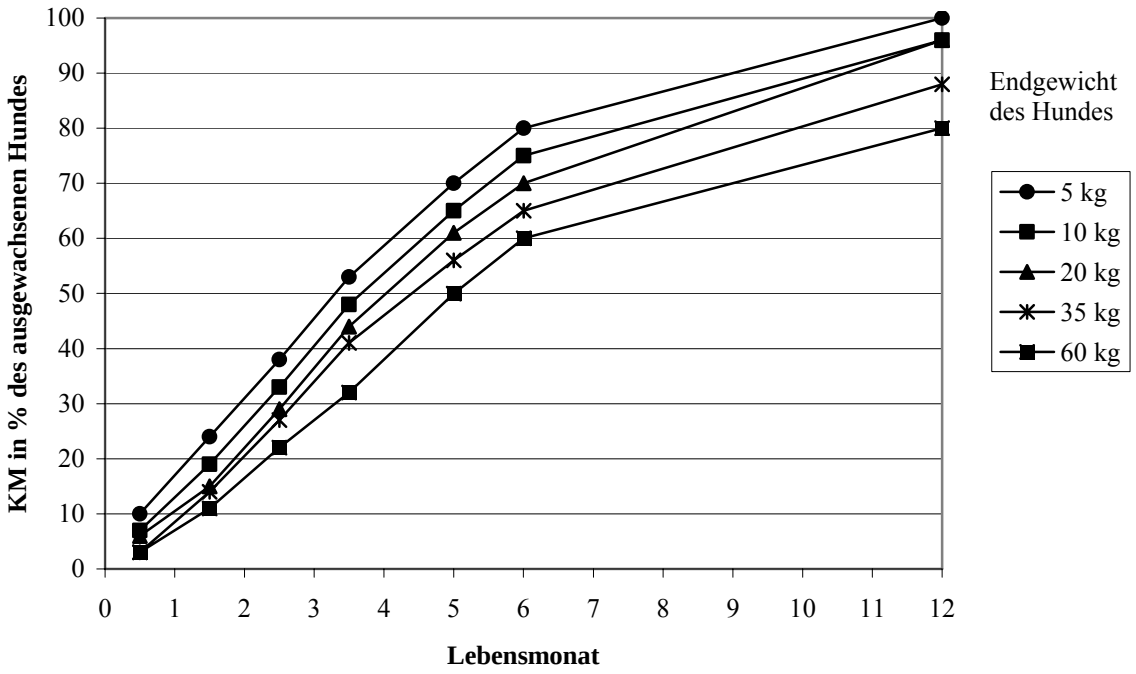

Abb. 1: Empfohlene Wachstumskurven von Junghunden im ersten Lebensjahr zur Kontrolle des Wachstumsverlaufs (aus MEYER und ZENTEK 2005)

Sie empfehlen wachsenden Junghunden die Futter- und Energiemenge nicht nur aufgrund von Bedarfsberechnungen zuzuteilen. Die Gewichtsentwicklung sollte vielmehr regelmäßig anhand von Tabellen kontrolliert werden und vor allem bei großen und Riesenrassen die Energiezufuhr bei starker Abweichung von den Vorgaben angepasst werden (NRC 2006). Darüber hinaus sind gleichmäßige Körpermassezunahmen anzustreben (MEYER und ZENTEK 1992).

HAWTHORNE et al. (2004) verglichen den Wachstumsverlauf von Hundewelpen aus 12 verschiedenen Rassen mit Adultgewichten von 2 bis 67kg. Zwergrassen erreichten 50% des Adultgewichtes innerhalb von etwa 11 Wochen, kleine und mittlere Rassen in 14-16 Wochen, größere Rassen hingegen benötigten dafür 18-23 Wochen. In dieser Zeit fanden sich die höchsten täglichen Wachstumszunahmen, die zwischen 10,8% und 18,3% Körpermassezunahme pro Woche lagen. Das Ende der Wachstumsphase mit Erreichen des Adultgewichtes lag bei kleinen und mittelgroßen Hunden bei 9-10 Monaten, dagegen waren die großen Rassen erst mit 11-15 Monaten völlig ausgewachsen.

Beim Wachstum von Hunden findet sich häufig ein Geschlechtsdimorphismus mit einem schnelleren Wachstum männlicher Tiere. Dieser Unterschied ist vor allem bei größeren Hunderassen ausgeprägt und bleibt auch nach Ende der Wachstumsphase bestehen (TEUTE und LENZ 1976, HEDHAMMAR 1996, LAUTEN et al. 2002, KASBEITZER 2002, FLINSPACH 2003, SCHULZE et al. 2003, SWANSON et al. 2004).

Auch HELMINK et al. (2000) fanden beim Vergleich der Wachstumskurven von Deutschen Schäferhunden und Labrador Retriever einen Einfluss des Geschlechts auf den Wachstumsverlauf. So dauerte die Wachstumsphase durchschnittlich 11 Monate, bei den männlichen Tieren jedoch im Schnitt acht Tage länger als bei den weiblichen Tieren. Daneben lag das Alter der maximalen Wachstumsrate bei männlichen Tieren durchschnittlich 3,6 Tage über dem der weiblichen Tiere. Insgesamt erreichten die Rüden ein im Schnitt um 4,7kg höheres Adultgewicht als die Hündinnen. Neben diesen geschlechtsabhängigen Unterschieden konnte kein Einfluss der Rassezugehörigkeit auf das Wachstum festgestellt werden, was sich durch die ähnlichen Adultgewichte der beiden Hunderassen erklären lässt.

Einen durchgehend signifikanten Einfluss des Geschlechts auf die Dauer des Wachstums, die Wachstumsrate sowie das Adultgewicht konnten SALOMON et al. (1999) bei ihren Untersuchungen an 37 Beaglewelpen nicht feststellen. Sie erklärten die abweichenden Befunde damit, dass unter Umständen nur bei größeren Hunderassen deutliche Geschlechtsunterschiede in der Gewichtsentwicklung feststellbar seien. Dennoch konnten auch bei ihren Untersuchungen unregelmäßig in den Altersklassen auftretende signifikante Unterschiede der KM zugunsten der männlichen Hunde festgestellt werden. Auch die höhere maximale Wachstumsrate von 70g bei den männlichen Beagles gegenüber 61g bei den weiblichen Tieren und die höhere Reife der weiblichen Hunde zur Geburt deuten auf einen Einfluss des Geschlechts hin. Ihr Endgewicht erreichten die Rüden mit durchschnittlich 246 Tagen, die Hündinnen mit 263 Tagen. Maximale Wachstumsraten erreichten die Hunde innerhalb der 8.-10. Lebenswoche.

KIENZLE et al. (1998a) untersuchten an verschiedenen Hunderassen die Veränderung der Körperzusammensetzung während des Wachstums, indem in verschiedenen Altersphasen Ganzkörperanalysen durchgeführt wurden. Der Fettgehalt Neugeborener erwies sich als gering, stieg jedoch im ersten Lebensmonat schnell an. Danach variierte der Gehalt stark und zeigte keine signifikante Abhängigkeit zum Alter der Tiere. Der Proteingehalt zeigte eine Tendenz zu einer leichten Zunahme, aber auch hier gab es individuelle Schwankungen. Der

Calciumgehalt (g/kg) im Körper stieg unabhängig von der Rassezugehörigkeit stetig an, Phosphor (P) nahm im ersten Monat stärker, in den folgenden Monaten nur noch leicht zu. Insgesamt konnte keine Korrelation zwischen Körperzusammensetzung und Rassezugehörigkeit festgestellt werden.

Ähnliche Beobachtungen machten SHENG und HUGGINS (1971) bei Ganzkörperanalysen bei wachsenden Beagles. So stieg auch hier der Körperfettgehalt während des Wachstums bis zum Alter von 1,5 Monaten schnell an, wonach keine deutliche Änderung mehr zu verzeichnen war. Daneben nahmen die prozentualen Anteile an Asche, Ca und Protein des Körpers kontinuierlich zu. Der Wassergehalt des Körpers fiel bis zum Alter von drei Monaten stetig ab und blieb danach relativ konstant.

1.2 Skelettentwicklung

Der Knochen ist zusammengesetzt aus Wasser, einer zellulären Komponente, einer organischen Matrix und einem mineralischen Anteil. Die organische Matrix besteht zum größten Teil aus Kollagenfasern mit einem hohen Anteil an Hydroxyprolin. Der mineralische Teil besteht hauptsächlich aus Hydroxylapatitkristallen und amorphem Calciumphospat. Da für die Knochenentwicklung große Ca- und P-Mengen während des Wachstums in das Skelettsystem eingebaut werden, muss die Mineralstoffversorgung wachsender Hunde ausreichend und ausgewogen sein. Ein weiterer wichtiger Faktor stellt daneben das Vitamin D dar, welches die Ca- und P-Absorption aus dem Darmtrakt reguliert sowie die Aktivität der Knochenzellen und die enchondrale Ossifikation moduliert (HEDHAMMAR 1996).

Der Skelettanteil des Körpers liegt beim Hund im Durchschnitt bei etwa 11%, kann aber Werte von 8-13% annehmen. Diese Schwankungen entstehen weniger durch Rasseeigenschaften sondern vielmehr durch individuelle Variation. Insgesamt scheint es jedoch keinen Zusammenhang zwischen der Größe der Rasse und dem Skelettanteil zu geben (MEYER und ZENTEK 2005). Das knöcherne Skelett entwickelt sich anfangs schneller als die Muskulatur. Zunächst kommt es zu einem Längenwachstum, danach zur Massezunahme der Knochen. Vor allem die Vordergliedmaßen sind zum Geburtszeitpunkt weiter entwickelt als die Hintergliedmaßen. Dies erklärt sich aus der Funktion der Vordergliedmaßen zur Massage des Gesäuges in den ersten Lebenstagen. Mit zunehmendem Lebensalter erlangen auch die Hintergliedmaßen für die Vorwärtsbewegung an Bedeutung. Da sie zur Geburt weniger entwickelt sind als die Vordergliedmaßen, müssen die Zuwachsraten des Knochens

der Hintergliedmaßen höher sein. Die Streuung der Skelettmaße ist relativ gering, weshalb diese eine gute Grundlage zur Beurteilung des Wachstumsstatus eines Hundes darstellen. Beim Auftreten von Wachstums- und Entwicklungsstörungen des Skeletts sollte daher auch die Größe des Tieres in Bezug auf sein Alter überprüft werden (SALOMON et al. 1999).

Bei wachsenden Tieren besteht ein Gleichgewicht zwischen der Körpermassezunahme und der Wachstumsrate des Skeletts. Infolge vermehrter Belastung des Knorpels kommt es in den Wachstumsfugen zu einer Umorientierung der Knorpelstruktur. Aus den zunächst hauptsächlich auf Wachstum ausgelegten Strukturen entsteht ein Knorpelgewebe, das sowohl Wachstum als auch Widerstand gegenüber biomechanischer Belastung gewährleistet. Der unter dem Knorpelgewebe durch die enchondrale Ossifikation primär entstandene spongiöse Knochen muss dem darüber liegenden Knorpel adäquate Unterstützung bieten. Die zunächst dünnen Trabekel werden daher zu dickeren und stärkeren Trabekeln der sekundären Spongiosa umgebaut, die anhand der Zug- und Drucklinien des Knochens ausgerichtet sind. Forciert werden diese Umbauvorgänge durch die vermehrte Gewichtsbelastung auf das wachsende Knochengewebe (DÄMMRICH 1991).

TRYFONIDOU et al. (2003) verglichen die Knochenentwicklung Deutscher Doggen und Zwergpudel und ermittelten bei der schnellwüchsigen Deutschen Dogge signifikant höhere Werte für die Breite der Wachstumsfugen, wobei von Tier zu Tier jedoch eine hohe Variation auftrat. Darüber hinaus fand bei den Doggenwelpen ein höherer Knochenumbau statt, mit signifikant höherer Knochenresorption und –bildung. Auch bei optimaler Calciumversorgung mit dem Futter traten bei den Doggenwelpen ab einem Alter von 15 Wochen mit höherer Inzidenz strukturelle Unregelmäßigkeiten mit Resten von Knorpelgewebe in den Metaphysen auf. Durch Störungen der Knorpelzellreifung und darauf folgende verminderte Kalzifizierung der Knochenmatrix, kann die Apoptose der Knorpelzellen gehemmt und die Bildung der primären Spongiosa verzögert werden. In Folge dessen ragen Reste von Knorpelgewebe in die Metaphyse vor, wodurch die Entstehung von Skelettentwicklungsstörungen (z.B. Osteochondrose) begünstigt wird. Als Ursache werden unterschiedliche hormonelle Einflüsse auf die Chondrozytendifferenzierung zwischen kleinen und großen Hunderassen vermutet.

1.3 Hormonelle Regulation des Wachstums

Die Ausschüttung der Wachstumshormone wird durch das Hypothalamus-Hypophysen-System gesteuert.

Hypothalamus:

Die Hormone des Hypothalamus wirken entweder stimulierend auf die Ausschüttung der Hormone des Hypophysenvorderlappens (Releasing-Hormone) oder hemmen deren Ausschüttung (Inhibiting-Hormone). Für die Regulation des Wachstums stellen die Releasing-Hormone Thyreoliberin (TRH) und Somatoliberin (GRH) sowie das Inhibiting-Hormon Somatostatin (GIH) wichtige Faktoren dar (ENGELHARDT und BREVES 2000).

Das Peptidhormon TRH wird von der Adenohypophyse ausgeschüttet und stimuliert die TSH- und Prolaktinfreisetzung. Die TRH-Produktion und Sekretion wird durch tiefe Körpertemperaturen angeregt, durch die Schilddrüsenhormone im Blut selbst aber gehemmt (negative Rückkopplung).

GRH wird infolge einer Hypoglykämie ausgeschüttet und stimuliert die GH-Freisetzung aus der Hypophyse. GIH wird bei Bewegung und körperlicher Aktivität sezerniert, im Körper aber schnell inaktiviert (ECKERT 1993).

Hypophyse:

Die Ausschüttung der Hormone des Hypophysenvorderlappens steht einerseits unter der Regulation der Hormone des Hypothalamus, andererseits wird durch einen Feedback-Mechanismus der untergeordneten Drüsen einer übermäßigen Hormonausschüttung vorgebeugt.

Die Sekretion des Wachstumshormons (Somatotropes Hormon, Somatotropin, growth hormone, GH) wird durch GRH gesteigert, durch GIH dagegen gehemmt. Hypoglykämie, einige Aminosäuren, Stressoren und Muskelarbeit bewirken über die vermehrte Sekretion von GRH einen Anstieg der GH-Konzentration im Blut. Ein hoher Glucosegehalt hemmt dagegen dessen Ausschüttung (ENGELHARDT und BREVES 2000). GH wird vor allem eine Wirkung auf das Gewebewachstum zugeschrieben, insbesondere dem Längenwachstum der Knochen. In den Zellen stimuliert es die RNA-Synthese, Proteinsynthese und dadurch das Gewebewachstum. Der Transport von Glucose und Aminosäuren in die Zellen wird erhöht, die Glykogenolyse unterdrückt und die Lipolyse und Antikörperbildung gefördert.

Eine durch das GH begünstigte Fettsäureaufnahme in die Muskeln schont über Verwendung der Fettsäuren als Energiequelle die Glykogenspeicher. Die Empfindlichkeit des Tieres gegenüber dem Hormon hängt wesentlich von dessen Entwicklungszustand ab. So ist sie beim

neonatalen Tier noch gering, nimmt mit zunehmendem Alter jedoch zu. Die wachstumsfördernden Wirkungen des GH können nur im Zusammenhang mit denen der Schilddrüsenhormone gesehen werden, da erst beide zusammen eine Wirkung auf die Körperentwicklung haben. Ein GH-stimuliertes Gewebewachstum äußert sich in einer erhöhten Zellzahl (ECKERT 1993, NAP et al. 1993b). Das Zellwachstum wird jedoch nicht nur direkt stimuliert, sondern auch über in der Leber gebildete Wachstumsfaktoren, Insulin-Like Growth Factor I und II (IGF-I und IGF-II), die selbst mitogene Eigenschaften besitzen. IGF-I hemmt wiederum durch einen negativen Feedback-Mechanismus die GH-Ausscheidung. Bei Welpen großer Rassen und Riesenrassen mit hohen täglichen Körpermassezunahmen liegt die GH-Konzentration im Serum über derjenigen kleinerer Rassen. Die GH-Konzentration korreliert folglich mit den täglichen Zunahmen und nimmt mit dem Alter kontinuierlich ab (NAP et al. 1993b). Auch die Plasma IGF-I-Konzentrationen zeigen bei schnellwüchsigen Tieren höhere Werte als bei kleineren Hunderassen. Mit zunehmendem Alter nimmt, parallel zu einem langsameren Wachstum, auch der IGF-I-Spiegel im Plasma stetig ab (HAZEWINKEL et al. 1996, TRYFONIDOU et al. 2003).

FAVIER et al. (2001) untersuchte in einer Studie an 6 Beaglewelpen und 6 Welpen Deutscher Doggen im Alter von 6-24 Wochen den Zusammenhang zwischen dem Wachstum von kleinen und Riesenrassen und deren GH- bzw. IGF-Gehalt im Blut. Der basale GH-Spiegel lag bei beiden Rassen über dem Wert adulter Tiere und nahm mit zunehmendem Alter ab. Bei den Beagles wurde der Wert ausgewachsener Tiere schon mit einem Alter von 7 Wochen erreicht, wohingegen der GH-Wert der Doggenwelpen noch mit 24 Wochen über dem Wert erwachsener Tiere lag. Insgesamt konnte ein signifikant höherer GH-Spiegel bei den Deutschen Doggen im Vergleich zu den Beagles festgestellt werden. Im Gegensatz dazu zeigten die IGF-I- und IGF-II-Konzentrationen im Blut keinen Unterschied zwischen den beiden Rassen. FAVIER et al. (2001) kommen zu dem Schluss, dass das GH den predominanten Faktor für das Wachstum von Tieren darstellt. Der höhere GH-Wert junger Tiere resultiert vermutlich aus einer länger dauernden Entwicklungszeit des hemmenden Somatostatin-Systems wachsender Tiere. Den fehlenden Einfluss des IGF erklärte er durch die Tatsache, dass periphere Gewebe wie Muskulatur und Chondrozyten in der Lage sind, selbst IGF-I zu produzieren und somit auf dieses Hormon im Blut nicht unbedingt angewiesen sind.

Ein weiteres im Hypophysenvorderlappen ausgeschüttetes Hormon stellt das Thyreoidea-stimulierende Hormon (Thyreotropin, TSH) dar. Es bewirkt an der Schilddrüse eine vermehrte Bildung und Ausschüttung der Schilddrüsenhormone (ECKERT 1993, ENGELHARDT und BREVES 2000).

Schilddrüse:

In der Schilddrüse (Thyreoidea) werden die Hormone Thyroxin und Trijodthyronin gebildet und an das Blut abgegeben. Schilddrüsenhormone steigern den Grundumsatz, die Thermogenese und erhöhen die Atem- und Herzfrequenz. Darüber hinaus stimulieren sie die Kohlenhydratresorption im Darm, die Glykogenolyse in Muskel und Leber sowie die Mobilisation von Depotfett. Die Wirkung der Schilddrüsenhormone auf das Wachstum erfolgt nur in Gegenwart des GH und umgekehrt. Das GH der Hypophyse wird daher nur bei einem bestimmten Schilddrüsenhormongehalt wirksam, worauf die Proteinbiosynthese (anabol) anläuft sowie Wachstum und Entwicklung gefördert werden. Zu hohe Hormonspiegel bewirken dagegen eine katabole Stoffwechselsituation. Darüber hinaus regen die Schilddrüsenhormone die Diurese an und bewirken so eine erhöhte Ca-Ausscheidung im Harn.

Schilddrüsenhormone steuern die Genexpression indem sie im Cytoplasma der Zielzellen an spezifische Rezeptorproteine binden. Dieser Hormon-Rezeptor-Komplex initiiert daraufhin im Zellkern die Proteinbiosynthese.

Die Steuerung des Schilddrüsenhormongehaltes im Blut erfolgt durch einen negativen Feedback-Mechanismus auf die Hypophyse (ECKERT 1993, ENGELHARDT und BREVES 2000).

1.4 Metabolische Störungen der Skelettentwicklung

Skelettentwicklungsstörungen infolge falscher Ernährung treten gehäuft bei großen Rassen und Riesenrassen auf, mittlere und kleinere Hunderassen sind weniger gefährdet (DOBENECKER et al. 1998). Insbesondere ernährungsbedingte Wachstumsstörungen können in gewissen Grenzen während des Wachstums durch Korrektur der Ration beeinflusst werden. Aber auch bei Prädisposition zu genetisch bedingten Skelettentwicklungsstörungen hat eine ausgewogene Ernährung einen gewissen Einfluss auf die Ausprägung des Erkrankungskomplexes (HEDHAMMAR 1996).

1.4.1 Sekundärer nutritiver Hyperparathyreoidismus

Bei der Ernährung von Hunden kann eine Unterversorgung mit Ca oder ein unausgewogenes Ca/P-Verhältnis zu dem Krankheitsbild des sekundären nutritiven Hyperparathyreoidismus führen. Dabei muss zwischen einem absoluten und einem relativen Ca-Mangel unterschieden werden. Ein absoluter Mangel des Mineralstoffs im Futter führt zu einer Hypocalcämie, wodurch die Sekretion des Parathormons (PTH) aus der Nebenschilddrüse angeregt wird. Darüber hinaus wird Calcitriol gebildet, welches zusammen mit der Wirkung des PTH den Abbau von Ca aus den Knochen steigert und somit einem Abfall des Serumcalciumspiegels entgegensteuert. Infolge anhaltend unzureichender Calciumzufuhr über das Futter kommt es zu einer zellulären Hypertrophie und Hyperplasie der hormonproduzierenden Zellen der Nebenschilddrüse. Bei einem chronisch erhöhten PTH-Spiegel bleibt zwar der Serumcalciumspiegel im normalen Bereich, es kommt jedoch zu einer fortschreitenden Demineralisierung der Knochen.

Ein relativer Ca-Mangel kann beispielsweise bei Fütterung von Jungtieren mit einer unsupplementierten Ration, die überwiegend aus Muskelfleisch oder Innereien besteht ausgelöst werden. Eine übermäßige P-Resorption aus dem Darmtrakt bewirkt über die Ausbildung einer Hyperphosphatämie auch bei bedarfsgerechtem Calciumgehalt im Futter einen Abfall des Calciumspiegels im Blut. Durch Komplexbildung und Einlagerung von Ca und P aus dem Blut in die Knochen, kommt es bei unausgewogenem Ca-P-Verhältnis im Serum kurzzeitig zu einer Hypocalcämie, mit den oben genannten Auswirkungen auf die Hormonausschüttung.

Infolge der Skelettveränderungen zeigen sich bei den Tieren Schmerzen, Anschwellen der Gelenke, Lahmheit und Bewegungsunwilligkeit. Auch Spreizzehen, Durchtrittigkeit, Durchbiegung von Knochen und eine laterale Deviation der Karpalgelenke können auftreten. Röntgenologisch sind teilweise eine generalisierte Demineralisierung des Skelettsystems, Kompressionsfrakturen der Wirbelsäule sowie Spontanfrakturen der Röhrenknochen festzustellen.

Die Therapie erfolgt durch Korrektur der Fütterung indem eine Ration mit ausgewogenem und bedarfsdeckendem Ca- und P-Gehalt angeboten wird (CAPEN 1985, KRONFELD 1985, CASE et al. 1997, NAP und HAZEWINKEL 1997, NRC 2006).

In einer Studie von MEIER und WILD (1975) an acht Wochen alten jungen Mischlingshunden wurde der Einfluss einer übermäßigen Phosphorversorgung bei bedarfsdeckendem Ca-Gehalt der Ration auf die Skelettentwicklung untersucht. Den Versuchstieren wurde eine Ration mit einem Ca/P-Verhältnis von 1:5 angeboten, die Kontrolltiere bekamen Futter mit einer Ca/P-Relation von 1,5-2:1. Klinisch traten bei den Tieren nach 12 Wochen Versuchsdauer keine Symptome auf. Pathologisch-anatomisch waren dagegen Veränderungen im Sinne einer Osteodystrophia fibrosa generalisata wie geringgradige Knochenresorption und stellenweise bindegewebiger Ersatz des Knochengewebes feststellbar. Die P-Werte im Serum stiegen bei Versuchsbeginn stark an und sanken mit der Zeit allmählich wieder ab. Die Calciumwerte fielen dagegen rasch ab und stiegen daraufhin langsam wieder an (MEIER und WILD 1975).

1.4.2 Osteochondrosis Syndrom

Für die Entstehung von Veränderungen im Sinne des Osteochondrosis Syndroms stellen verschiedene Ursachen prädisponierende Faktoren dar: dazu gehören einerseits ein zu schnelles Skelettwachstum und andererseits eine übermäßige Gewichtsbelastung des wachsenden Skeletts durch zu große Muskelmasse und hohes Körpergewicht. Männliche Tiere sind häufiger betroffen als weibliche und die Inzidenz der Osteochondrose steigt bei der Selektion auf höhere KM (DÄMMRICH 1991).

Da das Knorpelgewebe selbst keine eigene Blutversorgung besitzt ist es auf die Versorgung mit Nährstoffen über Diffusion aus der Umgebung angewiesen. Durch Druck und Entlastung des Knorpelgewebes, wie sie bei der Fortbewegung und der passiven Bewegung der Gelenke entstehen, wird nährstoffreiche Flüssigkeit in das Knorpelgewebe gepresst sowie Abfallstoffe aus diesem abtransportiert, was die Diffusion erleichtert. Das Knorpelgewebe des wachsenden Knochens ist relativ weich und verformbar. Darum muss der subchondrale spongiöse Knochen eine adäquate Unterstützungsfläche für den darüber liegenden Knorpel bieten. Die durch die Bewegung auf das Gelenk und den Knorpel einwirkenden Kräfte müssen gleichmäßig auf Gelenkknorpel und den darunter liegenden Knochen übertragen werden. Nur eine dem Wachstum angepasste Knochenentwicklung und adäquate Knochenumbauvorgänge gewährleisten optimale biomechanische Stabilität der subchondralen Spongiosa.

Im Vergleich zu restriktiver Fütterung findet bei hoher Energiezufuhr eine beschleunigte enchondrale Ossifikation in den tiefen Knorpelschichten des Gelenks und im metaphysealen

Knochengewebe statt, die Ausbildung einer stabilen subchondralen Knochenplatte ist beeinflusst. Die primäre und sekundäre Spongiosa wird nur noch aus dünnen und weitmaschigen Knochentrabekeln gebildet und unterliegt aktiven Remodellierungsprozessen, was wiederum die Stabilität des Knochens schwächt. Gerade wachsende Hunde großer Rassen sind prädisponiert für Störungen in der Knorpelentwicklung. So zeigt sich in der Phase des stärksten Wachstums bei großen Hunderassen insgesamt eine geringere Knochendichte als bei kleinen Rassen. Auch aus diesem Grund stellt das subchondrale spongiöse Knochengewebe der Gelenkflächen den biomechanischen Kräften weniger Stabilität entgegen. Beim Vorliegen der beschriebenen Veränderungen des Skelettsystems, können die auf das Gelenk einwirkenden Kräfte nicht adäquat abgefangen werden und es entstehen Knorpeldeformationen auf Gelenkflächen und Schäden in den Wachstumsfugen (DÄMMRICH 1991).

Darüber hinaus stimuliert eine hohe Energiezufuhr über eine erhöhte IGF-I-Sekretion die teilungsaktiven Knorpelzellen in der Wachstumszone, wodurch es zu einer nicht synchronen Vermehrung der Knorpelzellen mit Umwandlung in mineralisiertes Knochengewebe kommt. Auch durch diese Veränderungen kommt es zu einer erhöhten Anfälligkeit des jugendlichen Skelettes für biomechanische Einwirkungen (MEYER und ZENTEK 2005).

SLATER et al. (1992) untersuchten in einer retrospektiven Studie Einflussfaktoren auf die Entstehung einer Osteochondrosis dissecans (OCD) bei Hunden. Vor allem das Spiel mit anderen Hunden fördere über die Mehrbelastung der Gelenke die Entstehung von Knorpelläsionen. Daneben stellten in ihren Auswertungen auch eine hohe Calciumzufuhr über das Futter sowie die Aufnahme von Quellwasser, welches ebenso sehr reich an Ca war, prädisponierende Einflussfaktoren dar.

1.4.3 Hüftgelenksdysplasie

Die Hüftgelenksdysplasie (HD) des Hundes ist durch eine fehlende Übereinstimmung zwischen Femurkopf des Oberschenkels und Acetabulum des Hüftgelenks charakterisiert. Der Grad der Gelenkinstabilität und der Subluxation bestimmen die Schwere der Erkrankung. Die Ätiologie der HD ist multifaktoriell, wobei neben der genetischen Komponente eine Reihe von Umweltfaktoren die Entstehung der Erkrankung begünstigen kann. Nach Schätzungen zufolge ist die Entstehung einer HD nur zu 40% genetisch bedingt, d.h. zu 60% sind verschiedene Umwelteinflüsse an der Ausprägung der Erkrankung beteiligt. Die Ernährung

des Tieres und die ernährungsabhängige Wachstumsrate zählen dabei zu den wichtigsten Umweltfaktoren (KRONFELD 1985, CASE et al. 1997). Eine erhöhte Energiezufuhr kann vermutlich bei disponierten Tieren die Entstehung von HD fördern, bei genetisch nicht vorbelasteten Hunden aber offensichtlich nicht induzieren (MEYER und ZENTEK 2005).

Den Einfluss einer hohen Energieaufnahme durch ad libitum Fütterung auf die Entstehung von HD bei Hundewelpen untersuchten KEALY et al. (1992) in einer Studie mit 48 Labradorwelpen bis zum Alter von zwei Jahren. In den Linien der Elterntiere war eine hohe Prävalenz für die Entstehung von HD vorhanden. Die Tiere der Versuchgruppe erhielten Futter ad libitum, die Kontrolltiere erhielten nur 75% der ad libitum aufgenommenen Futtermenge. Trotz rationierter Futterzuteilung konnte auch in der Kontrollgruppe der Energiebedarf der Welpen gedeckt werden. Die Auswertung der angefertigten Röntgenaufnahmen der Hüftgelenke zeigte eine niedrigere Prävalenz von Hüftveränderungen in der Kontrollgruppe als bei den Tieren unter ad libitum Fütterung. Über welche Mechanismen eine erhöhte Energiezufuhr die Entstehung von HD fördert, ist noch nicht geklärt. Zwar konnte unter ad libitum Fütterung eine deutlich höhere Körpermassezunahme festgestellt werden, ob jedoch das höhere Körpergewicht allein den schädigenden Faktor auf die Hüftgelenke darstellt oder andere Faktoren beteiligt sind, wurde noch nicht explizit untersucht. Insgesamt konnte aber bei einer genetischen Prädisposition für die Entstehung von Hüftveränderungen durch restriktive Fütterung die Gefahr einer Manifestation vermindert werden.

RISER et al. (1964) fanden einen Zusammenhang zwischen schnellem Wachstum sowie hohen Gewichtszunahmen in der frühen Wachstumsphase und der Entstehung von HD bei jungen Schäferhundwelpen. Die Tiere wurden am 60. Lebenstag gewogen und mit etwa einem Jahr röntgenologisch auf dysplastische Hüftveränderungen untersucht. Dabei zeigte sich, dass innerhalb beider Geschlechter die Hunde mit dysplastischen Veränderungen im Durchschnitt ein signifikant höheres Körpergewicht am 60. Tag aufwiesen als die Tiere ohne röntgenologische Veränderungen. Einen genetischen Einfluss auf die Entstehung von HD konnten sie dagegen nur bei Würfen nachweisen, bei denen beide Elterntiere dysplastische Veränderungen aufwiesen.

1.4.4 Hypertrophe Osteodystrophie

Die Hypertrophe Osteodystrophie (HOD) tritt bei wachsenden Tieren vorwiegend großwüchsiger und Riesenrassen auf und äußert sich in einer vermehrten Knochenablagerung und verlangsamter Knochenresorption. Die typischen Veränderungen treten episodisch etwa für die Dauer einer Woche auf, am häufigsten sind dabei die Metaphysen der langen Röhrenknochen distal des Ellenbogen- und Sprunggelenkes betroffen. Röntgenologisch zeigen sich im frühen Stadium in den Metaphysen der langen Röhrenknochen bilateral symmetrisch irreguläre strahlendurchlässigere Zonen, die von der Wachstumsfuge durch ein sehr dichtes Knochenband getrennt sind. Im späteren Verlauf wird außerhalb des Periosts zusätzlich fibröses Gewebe und Knochenmaterial abgelagert, wobei eine Ausbreitung bis zu den Diaphysen möglich ist. Im Bereich der betroffenen Metaphysen entwickeln sich Weichteilschwellungen und subperiostale Blutungen.

Pathologisch-anatomisch fehlen infolge des Knochenabbaues durch Osteoklasten die Knochentrabekel in dem an die Wachstumsfuge angrenzenden Knochengewebe. Neben dem Auftreten von Entzündungszellen und Fibrosen finden sich in diesem Bereich darüber hinaus vermehrt Blutungen ins Knochengewebe. Direkt angrenzend an die Wachstumsfuge schließt sich kalzifiziertes Knorpelgewebe mit angelagerten primären Trabekeln an. Die Wachstumsfuge selbst kann sich durch hypertrophierte Chondrozytenreihen des Knorpels irregulär verbreitert darstellen.

Klinisch zeigen die betroffenen Tiere akute Schmerzen, vor allem bei tiefer Palpation der veränderten Metaphysen, Schwellung und Wärme an den betroffenen Bereichen, intermittierende Fieberschübe und zum Teil Anorexie und Gewichtsverlust (LENEHAN und FETTER 1985, KRONFELD 1985, CASE et al. 1997).

Die Ätiologie der Erkrankung ist nicht vollständig geklärt. Ein Zusammenwirken mehrerer nutritiver Faktoren an der Entstehung der Erkrankung wird vermutet, wobei wahrscheinlich eine Überversorgung mit Energie mit folglich hoher Wachstumsrate und übermäßige Ca und Vitamin D-Zufuhr eine Rolle spielt. Der Einfluss eines Vitamin D-Mangels auf die Entstehung der Erkrankung ist umstritten.

Da es mit und ohne Therapie bei den Tieren zu gleichen Remissionsraten kam, kann nur eine vage Therapieempfehlung gegeben werden. Eventuelle nutritive Fehlversorgungen sollten korrigiert und eine Schmerztherapie begonnen werden. Die Prognose der Erkrankung ist günstig und Rezidive sind selten (LENEHAN und FETTER 1985, KRONFELD 1985).

2 Energiebedarf

Der Gesamtenergiebedarf von Tieren setzt sich aus der Summe des Bedarfs für Erhaltung und für Leistung (Wachstum, Bewegungsaktivität, Gravidität, Laktation) zusammen (NRC 2006, MEYER und ZENTEK 2005).

2.1 Erhaltungsbedarf

Der Erhaltungsbedarf errechnet sich aus dem Grundumsatz (postabsorptiv, in thermoneutraler Umgebung) und dem Energiebedarf für Aufrechterhaltung der Körpertemperatur, Nahrungsaufnahme, Verdauung sowie spontane Muskelbewegungen (CASE et al. 1997, MEYER und ZENTEK 2005, NRC 2006). Die KM bleibt bei Zufuhr dieser Energiemenge konstant, das heißt es werden keine bedeutenden Mengen an Körpergewebe auf- oder abgebaut.

Das NRC (2006) gibt für den Erhaltungsbedarf an Umsetzbarer Energie (ME) in Megajoule (MJ) pro kg metabolischer KM folgende Formel an:

$$\mathbf{ME\ [MJ] = 0{,}554\ MJ \times KM^{0{,}75}}$$

Dennoch muss beachtet werden, dass auch unter gleichen Haltungsbedingungen eine beträchtliche individuelle Variation des Bedarfs möglich ist (NRC 2006).

Ein wichtiger Einflussfaktor stellt dabei das Temperament des Tieres dar. Aktive und temperamentvolle Tiere haben einen höheren Energiebedarf als phlegmatische Hunde (JAMES und MC CAY 1950, RAINBIRD und KIENZLE 1990, FINKE 1991, SCHROEDER und SMITH 1994). Bei höherer Aktivität des Hundes, wie sie beispielsweise in Gruppenhaltung vorkommt, kann ein Energiezuschlag um bis zu 30% benötigt werden (MEYER und ZENTEK 2005). Der Energiebedarf ausgewachsener jüngerer Hunde liegt oberhalb des durchschnittlichen Bedarfs, Hunde mit zunehmendem Alter liegen dagegen unter diesem Wert. Der mit dem Alter abnehmende Bedarf scheint die Folge einer zurückgehenden Aktivität zu sein (DONOGHUE et al. 1991). Wann genau es zu dieser Änderung kommt, ist in der Regel rasseabhängig. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese

Umstellung bei größeren Hunderassen eher erfolgt als bei kleineren Rassen (FINKE 1991, KIENZLE und RAINBIRD 1991, MEYER und ZENTEK 2005, NRC 2006).

Aber auch einzelne Rassen haben unabhängig von ihrer Größe offenbar einen unterschiedlichen Energiebedarf. KIENZLE und RAINBIRD (1991) zeigten, dass Neufundländer einen um ca. 20% geringeren Erhaltungsbedarf als andere Rassen besitzen, wohingegen bei Deutschen Doggen der Energiebedarf deutlich über dem Durchschnitt liegt. Der um bis zu 60% höhere Bedarf der Doggen kann daher nicht auf die Körpergröße zurückgeführt werden, da bei den etwa gleich großen Neufundländern der Wert deutlich unter dem Durchschnitt lag. Vielmehr besitzt der Rassetyp (Muskulatur- und Fettanteil, Statur, Haarkleid, Oberflächenisolierung) sowie das Temperament des Tieres einen erheblichen Einfluss auf den Erhaltungsbedarf (RAINBIRD und KIENZLE 1990, BURGER und JOHNSON 1991, KIENZLE und RAINBIRD 1991, ZENTEK und MEYER 1992). Fettgewebe ist in einem geringeren Maße metabolisch aktiv als das Muskelgewebe, folglich liegt der tatsächliche Energiebedarf adipöser Tiere unter dem für das jeweilige Gewicht errechneten Bedarf (DONOGHUE 1991).

Auch die Thermoregulation hat einen Einfluss auf den Erhaltungsbedarf. Für die meisten Hunde liegt der Bereich der thermoneutralen Zone zwischen 23-25°C (bei langhaarigen Hunden 15-20°C, bei kurzhaarigen Hunden 20-25°C). Liegt die Außentemperatur außerhalb dieses Bereiches, muss Energie für die Thermoregulation aufgebracht werden. Im Jahresverlauf kann daher auch ein saisonaler Einfluss auf den Energiebedarf von Hunden festgestellt werden (FINKE 1991, ZENTEK und MEYER 1992).
Nicht zuletzt beeinflussen Erkrankungen und Verletzungen den Energieumsatz von Tieren (DONOGHUE 1991, BURGER 1994). Das Geschlecht der Tiere scheint dagegen keinen Effekt zu haben (RAINBIRD und KIENZLE 1990, KIENZLE und RAINBIRD 1991).

Aufgrund der genannten unterschiedlichen Einflussfaktoren auf den Erhaltungsbedarf von Hunden, kann der berechnete Energiebedarf nur als Richtwert für den einzelnen Hund angesehen werden, der von dem tatsächlichen Bedarf deutlich abweichen kann. Bei der Bedarfskalkulation müssen folglich Rasse, Alter, Temperament, Haltung und

Leistungsstadium des Tieres berücksichtigt werden (RAINBIRD und KIENZLE 1990, HEDHAMMAR 1996, NRC 2006).

2.2 Energiebedarf im Wachstum

Bei Saugwelpen bis zur dritten Lebenswoche liegt der Erhaltungsbedarf zunächst unterhalb der Werte für erwachsene Hunde. In den ersten Lebenswochen wird die Körpertemperatur aufgrund der noch wenig entwickelten Steuerungsmechanismen für die Thermoregulation hauptsächlich durch Körperkontakt mit Wurfgeschwistern und Muttertier sowie das dichte Welpenfell aufrechterhalten. Außerdem ist die Bewegungsaktivität gering. Etwa ab der dritten Lebenswoche wird mehr Energie für Thermoregulation und Aktivität benötigt (MEYER und ZENTEK 2005).

Wachsende Hunde benötigen zusätzliche Energie für die Gewebeneubildung. Für die Berechnung des Energiebedarfs im Wachstum werden durchschnittliche Wachstumsraten und die mittleren Energiegehalte im neu gebildeten Gewebe herangezogen. Zwischen den verschiedenen Rassen gibt es jedoch Unterschiede in der Zusammensetzung und dem Energiegehalt des Zuwachses. Wachsenden Doggen sollten etwa 20% mehr Energie zugeteilt werden, da sie einen höheren energetischen Erhaltungsbedarf haben (RAINBIRD und KIENZLE 1990, ZENTEK und MEYER 1992, WEBER et al. 2003). **Tab. 3** zeigt die Empfehlungen für die Energieversorgung wachsender Hunde unterschiedlicher Gewichtsklassen zu verschiedenen Alterszeitpunkten.

Tab. 3: Empfehlungen für die Versorgung von wachsenden Hunden mit umsetzbarer Energie in verschiedenen Lebensmonaten [MJ/kg KM/d bzw. MJ/Tier/d] (aus MEYER und ZENTEK 2005)

KM des ausgewachsenen Hundes	Monat					
	1	2	3	4	5/6	6-12
MJ/kg KM/Tag						
5	0,93	0,76	0,78	0,70	0,58	0,49
10	0,94	0,85	0,74	0,65	0,52	0,42
20	0.95	0,78	0,71	0,59	0,45	0,38
35	0,89	0,81	0,68	0,54	0,41	0,34
60	0,91	0,76	0,70	0,58	0,47	0,34
MJ/Tier/Tag						
5	0,46	0,88	1,47	1,83	2,01	2,17
10	0,69	1,54	2,42	3,07	3,36	3,56
20	1,02	2,43	4,15	5,31	5,52	6,10
35	1,33	3,84	6,49	7,80	8,19	8,89
60	1,94	5,01	9,17	11,80	13,70	14,10

Während des dritten bis vierten Lebensmonats unterscheidet sich der Energiebedarf bei den verschiedenen Hunderassen nur unerheblich. Großwüchsige Rassen benötigen zwar mehr Energie für die Gewebsneubildung, was sich jedoch durch einen absolut geringeren Erhaltungsbedarf pro kg KM im Vergleich zu kleinwüchsigen Rassen ausgleicht. Nach dem vierten Lebensmonat kommt es dann zu einer größeren Diskrepanz zwischen verschiedenen Hunderassen mit einem höheren Energiebedarf für großwüchsige Hunde. Bei der Beurteilung der Energieversorgung von Junghunden ist die Körperverfassung der Tiere maßgeblich. Eine übermäßige Energieversorgung führt nicht unbedingt zu einer sichtbaren Verfettung des Tieres, sondern vielmehr zu einem forcierten Wachstum, woraus sich schnell eine Überbelastung des Skelettsystems entwickeln kann (MEYER und ZENTEK 2005).

Nach ARNOLD und ELVEHJEM (1939) benötigen wachsende Hundewelpen etwa doppelt so viel Energie pro kg KM wie ausgewachsene Tiere der gleichen Rasse. Dieser Wert reduziert sich auf den 1,6fachen Bedarf, wenn 50% des Endgewichtes erreicht sind. Bei 80% des Endgewichtes benötigt das Tier dagegen nur noch den 1,2fachen Energiebedarf des ausgewachsenen Tieres.

Um auf Grundlage dieses Ansatzes den Energiebedarf kontinuierlich bestimmen zu können, schlugen BLANCHARD et al. (1998) die Berechnung eines Faktors (C) aus dem prozentual zum erwarteten Endgewicht erreichten Gewicht vor:

$$\mathbf{C = 3{,}2 * [exp^{(-0{,}87\ P)} - 0{,}1]}$$

P = aktuelles Gewicht/ erwartetes Adultgewicht

Durch Multiplikation dieses Faktors mit dem Erhaltungsbedarf erwachsener Hunde der gleichen Rasse lässt sich der mittlere aktuelle Energiebedarf des Welpen errechnen.

Es ist noch nicht vollständig geklärt, inwieweit sich Rasseunterschiede und andere Faktoren während des Wachstums auf den Energiebedarf auswirken. Es liegen jedoch Ergebnisse vor, die bei wachsenden Tieren einen ähnlichen Einfluss der Bewegungsaktivität auf den Energiebedarf wie im Erhaltungsstoffwechsel vermuten lassen. Unterschiede im Erhaltungsbedarf aufgrund verschiedener Aktivitätslevel sind daher bei Tieren während der zweiten Hälfte der Wachstumsphase sehr wahrscheinlich (NRC 2006).
Der experimentell ermittelte Energiebedarf im Wachstum bei Doggen lag in einer Studie von RAINBIRD und KIENZLE (1990) immer über dem faktoriell errechneten Wert, bei den Neufundländern wurde dagegen in den ersten Lebensmonaten der tatsächliche Energiebedarf überschätzt. Bedarfsempfehlungen zur Energieversorgung von Welpen und Junghunden können den tatsächlichen Energiebedarf daher nur in grober Näherung beschreiben (RAINBIRD und KIENZLE 1990, WEBER et al. 2003). Daher müssen auch im Wachstum Anpassungen der Energiezuteilung an die Aktivität des einzelnen Tieres gemacht werden (MEYER und ZENTEK 1992).
Anhand von vier verschiedenen Rassen untersuchten WEBER et al. (2003) den Energiebedarf wachsender Hundewelpen. Dazu wurden von der Zeit des Absetzens sechs Zwergpudel, sechs Mittelschnauzer, sechs Riesenschnauzer und sechs Deutsche Doggen mit einem Trockenfutter für wachsende Hunde gefüttert. Die Futterzuteilung erfolgte im Hinblick auf ein moderates und stetiges Wachstum mit maximalen Zunahmen von 1200g/Woche (Dt. Dogge), 800g/Woche (Riesenschnauzer), 600g/Woche (Mittelschnauzer) und 200g/Woche für Zwergpudel. WEBER et. al (2003) ermittelten für die Energieaufnahme pro kg $KM^{0,75}$ in der

11. Lebenswoche Werte von 0,87-0,95 MJ ME/kg $KM^{0,75}$, wobei zwischen den Rassen keine signifikanten Unterschiede in der Energieaufnahme festzustellen waren. Mit zunehmendem Alter sank die Energieaufnahme pro kg $KM^{0,75}$ bis zum Alter von 35 Wochen auf 0,64-0,75 MJ ME/kg KM^0,75, stieg in der 60.Woche jedoch wieder leicht an (0,71-0,92 MJ ME/kg KM^0,75).

2.2.1 Einflüsse der Energiezufuhr auf das Wachstum und die Skelettentwicklung

Die Körpergröße eines Hundes ist genetisch vorgegeben und wird primär nicht durch die Ernährung beeinflusst. Dagegen können die Zeit, die zum Erreichen der endgültigen Körpergröße benötigt wird, sowie die Höhe der täglichen Körpermassezunahme durch unterschiedliche Energiezufuhr variieren. So resultiert aus einer den Energiebedarf überschreitenden Fütterung eine kürzere Wachstumszeit mit höheren täglichen Zunahmen. Eine restriktive und dem Bedarf angepasste Futterzuteilung führt zu geringerem täglichem Körperzuwachs und einer längeren Wachstumsphase (HEDHAMMER et al. 1974, LAVELLE 1989, KEALY et al. 1992, CASE et al. 1997, MEYER und ZENTEK 2005).

Die Energiezufuhr sollte bei Hundewelpen genau dem Bedarf angepasst werden, damit das Tier einerseits die Möglichkeit bekommt, sich altersgerecht zu entwickeln, andererseits aber keine Schäden durch zu schnelles Wachstum davonträgt. Durch die unterschiedlichen Wachstumsraten der Welpen verschiedener Rassen und Entwicklungsstadien ergeben sich jedoch auch große Unterschiede in der benötigten Energie- und Nährstoffzufuhr, um ein optimales Wachstum zu gewährleisten (RAINBIRD und KIENZLE 1990). Einerseits ist es wichtig, den sich im Wachstumsverlauf verändernden Bedarf des Tieres zu decken, andererseits müssen auch Überfütterungen vermieden werden. Bei größeren Hunderassen bewirkt ein Überangebot an Energie ein forciertes Wachstum, infolgedessen sich u.a. durch die Überbelastung des noch unreifen Skelettsystems Erkrankungen der Gelenke und Knochen entwickeln können (DÄMMRICH 1991, NAP et al. 1993a, HEDHAMMAR et al. 1974, CASE et al. 1997, ZENTEK et al. 1995, DOBENECKER et al. 1998, MEYER und ZENTEK 2005).

In der Literatur finden sich mehrere Studien, die die Wirkung einer ad libitum Fütterung auf das Skelettwachstum von Hundewelpen mit der einer restriktiven Fütterung vergleichen. So untersuchte HEDHAMMER et al. (1974) anhand von 24 Deutschen Doggenwelpen die Auswirkungen einer ad libitum Fütterung auf das Wachstum und die Skelettentwicklung im

Vergleich zu restriktiver Fütterung (2/3 der von den ad libitum gefütterten Tieren aufgenommenen Menge). Die Tiere der ad libitum Gruppe nahmen größere Energie- und Calciummengen auf, als zur Bedarfsdeckung nötig waren. Infolgedessen zeigten sich bei diesen Tieren ein schnelleres Knochen- und Größenwachstum sowie ein höheres Adultgewicht. Radiologisch konnten ein früherer Schluss der Wachstumsfugen, verbreiterte Metaphysen, eine höhere Knochendichte und eine weitere Ausdehnung der sekundären Spongiosa im Knochen festgestellt werden. Die Welpen unter freier Futteraufnahme fielen durch einen niedrigeren Aschegehalt und ein niedrigeres spezifisches Gewicht der Knochen in Relation zum Körpergewicht auf. Infolge der hohen Futteraufnahme kam es durch die gleichzeitig übermäßige Calciumaufnahme zunächst zu einer relativen Hypercalcämie und Hyperphosphatämie, die durch vermehrte Calcitoninausschüttung beantwortet wurde. Calcitonin (CT) hemmt seinerseits die Knorpelreifung sowie die resorptive Aktivität der Osteozyten und Osteoklasten und damit den Knochenumbau. Knorpelschäden im Sinne des Osteochondrosis Syndroms waren die Folgen. Subperiostal überwog der Knochenaufbau den Abbau, es entstanden dichte Knochen. Marknaher Knochen dagegen unterlag vorwiegend dem Abbau durch osteozytische Osteolyse der Trabekel. Infolgedessen fand sich bei den Tieren mit hoher Energieaufnahme eine weitmaschige Spongiosa mit dicken Trabekeln. Die Entstehung verschiedener Osteopathien führten die Autoren auf übermäßiges Knochenwachstum infolge hoher Energie- und Proteinzufuhr in Kombination mit vermindertem Knochen- und Knorpelabbau aufgrund der Calcitoninwirkung zurück.

Auch LAVELLE (1989) kam in einer Studie an zehn Deutschen Doggen zu dem übereinstimmenden Ergebnis einer deutlich steileren Wachstumskurve mit kürzerer Wachstumsdauer der Welpen unter ad libitum Fütterung im Vergleich zu restriktiver Futterzuteilung (60% der ad libitum aufgenommenen Futtermenge). Röntgenologisch wies er bei den Tieren unter ad libitum Fütterung ein schnelleres Skelettwachstum mit deutlich größeren Knochen und eine höhere Skelettreife nach. Ein Einfluss der Fütterung auf die Ausbildung klinisch manifester Skelettentwicklungsstörungen war klinisch und röntgenologisch nicht nachweisbar. LAVELLE (1989) selbst sieht als Ursache für die Diskrepanz zu der Studie von HEDHAMMER et al. (1974) eine insgesamt geringere Energie- und Calciumaufnahme, ein weniger energiedichtes Futter und größere Bewegungsmöglichkeiten seiner Tiere. Hinweisend auf eine höhere Energieaufnahme der

Welpen in der Studie von HEDHAMMER et al. (1974) war die höhere Wachstumsrate der Tiere im Vergleich zu LAVELLEs (1989) Beobachtung.

Darüber hinaus fand DÄMMRICH (1991) in einem Aufzuchtversuch an Deutschen Doggen, dass die männlichen Welpen bei ad libitum Fütterung nach 6 Monaten das doppelte Körpergewicht im Vergleich zu den restriktiv gefütterten Welpen (70-80 % der ad libitum aufgenommenen Menge) erreichten. Bei den weiblichen Tieren war dieser Unterschied nicht ganz so stark ausgeprägt. Infolge der hohen Energiezufuhr kam es bei den Tieren neben einer höheren Körpergewichtszunahme auch zu einem beschleunigten Skelettwachstum. Es bildeten sich große Knochen mit relativ geringer Knochendichte und folglich reduzierter Widerstandskraft gegenüber biomechanischen Kräften. Die Steigerung des Skelettwachstums war jedoch nicht proportional zu der Zunahme der KM, es kam zu einer Überbelastung des noch unreifen Skelettsystems. Dieses Ungleichgewicht führte zu lokalen Schädigungen in Gelenken und Wachstumsfugen bei den ad libitum gefütterten Tieren.

DOBENECKER et al. (1998) untersuchten in einer retrospektiven Studie an wachsenden Hunden verschiedener Rassen aus dem Patientengut der Ernährungsberatung den Einfluss der Energieversorgung auf die Skelettentwicklung. Vor allem bei großen und Riesenrassen konnte ein Zusammenhang zwischen beschleunigtem Wachstum durch ein Überangebot an Energie und dem Auftreten von Skeletterkrankungen festgestellt werden. Kleinere Hunderassen zeigten sich dagegen weniger anfällig für das Auftreten von Skelettveränderungen bei Fehlern in dem Fütterungsregime.

Um einerseits den Einfluss einer unterschiedlichen Energieversorgung bei ansonsten gleicher Nährstoffzufuhr auf KM und Skelettentwicklung wachsender Hunde zu untersuchen sowie die Auswirkungen mechanischer Effekte (höhere Belastung) auf Knorpel und Knochen zu bestimmen, stellten MEYER und ZENTEK (1992) Aufzuchtversuche an 27 Doggenwelpen an. Eine Gruppe der Welpen erhielt Futter ad libitum, der anderen Gruppe wurde das Futter restriktiv (70-80% der ad libitum aufgenommenen Energiemenge) zugeteilt. Ein Teil der restriktiv ernährten Tiere trugen in der Schulterregion Westen mit Bleiplatteneinlagen entsprechend einem Gewicht von 15% der KM des jeweiligen Tieres. Die Körpermasseentwicklung der Junghunde verlief entsprechend der Energieaufnahme, mit höheren durchschnittlichen Zunahmen bei ad libitum Fütterung. Einflüsse von Seiten der Geburtsmasse waren nicht feststellbar, ein Geschlechtsdimorphismus war zwar tendenziell erkennbar, konnte jedoch nicht durchgehend statistisch belegt werden. Im Durchschnitt

wurden bei ad libitum Fütterung im 6. Lebensmonat 64-74% der KM ausgewachsener Tiere, bei restriktiver Futterzuteilung nur 30-44% erreicht. Zwischen der Energieaufnahme und den täglichen Körpermassezunahmen bestand ein hochsignifikanter Zusammenhang, wobei eine hohe Energieaufnahme die tägliche Gewichtszunahme stärker als das Längenwachstum der Gliedmaßen förderte. Auffallend waren darüber hinaus geringere Zunahmen im 6. Monat bei beiden Gruppen. Die Belastung der Tiere mit Gewichten beeinflusste dagegen weder die Körpermasseentwicklung noch das Skelettwachstum signifikant. Wegen der extrem unterschiedlichen Körpermasseentwicklung der restriktiv und ad libitum gefütterten Tiere war es jedoch nicht möglich, die langsamer wachsenden Hunde der restriktiv gefütterten Gruppe entsprechend hoch mit Gewichten zu belasten. Darüber hinaus liegen Junghunde während des Tages längere Zeit was ein Grund dafür sein kann, dass sich die zusätzlichen Belastungen nicht vollständig auf die Knochen ausgewirkt haben. Folglich ist der fehlende Einfluss des Gewichts auf die Skelettentwicklung nach Aussage der Autoren vorsichtig zu interpretieren.
Klinisch konnten Stellungsanomalien bei den Tieren aller Gruppen festgestellt werden. So traten Hyperextensionen im Karpalbereich mit und ohne Durchtrittigkeit der Zehen bei den ad libitum gefütterten Hunden gleich häufig auf wie bei restriktiver Fütterung, in der Gruppe mit Belastung durch Gewichte traten dagegen häufiger Hyperextensionen auf. Ein Zusammenhang zwischen der Wachstumsgeschwindigkeit und den pathologischen Veränderungen sei daher unwahrscheinlich. Dagegen häuften sich die Valgusstellungen der Vordergliedmaßen insbesondere bei den schnellwüchsigen Hunden der ad libitum-Gruppe. An den Hintergliedmaßen trat bei fünf von neun ad libitum gefütterten Hunden eine Deviation mit Außenrotation der Unterschenkel auf. Fehlstellungen der Hinterhand traten bei restriktiver Fütterung deutlich weniger ausgeprägt in Erscheinung. Die Autoren gaben als Ursache dieser Skelettveränderungen eine mechanische Überbelastung, insbesondere der knorpeligen Wachstumszonen an, woraus Deformationen der noch unreifen Strukturen resultieren. Ein Einfluss der Energiezufuhr auf den Gehalt an Ca und P im Knochen konnte nicht gefunden werden. Somit konnte die Bildung von untermineralisiertem Knochenmaterial bei beschleunigtem Wachstum durch hohe Energiezufuhr als Ursache für Skelettdeformationen weitgehend ausgeschlossen werden (ZENTEK et al. 1995).
BLUM et al. (1992) untersuchten den Einfluss der Fütterungsintensität auf das Wachstum junger Doggen über die Bestimmung der Konzentration des Wachstumsfaktors IGF-I und der Schilddrüsenhormone. Dafür wurde einer Gruppe von Hunden Futter ad libitum angeboten

und die verzehrte Menge ermittelt. Der zweiten Gruppe wurde 70% dieser Menge zugeteilt. Die IGF-I- sowie Schilddrüsenhormonkonzentration im Blut lag bei den ad libitum gefütterten Hunden signifikant höher als bei restriktiver Futterzuteilung. Die Zusammenhänge zwischen IGF-I-Konzentration, Wachstumsintensität und KM sind komplex. Bei hoher Energiezufuhr bemerkten die Autoren eine Beziehung zwischen endokrinen Veränderungen, hoher Wachstumsintensität, erhöhter Inzidenz von Skeletterkrankungen und deutlichen pathologisch-anatomischen Veränderungen. IGF-I stimuliert besonders die Chondrozytenproliferation und –differenzierung, die Schilddrüsenhormone fördern neben der Ausdifferenzierung der Zellen auch die Penetration von Kapillaren in die Wachstumszone des Knorpels. Bei erhöhter Stimulation des Knorpelwachstums kommt es in Verbindung mit der übermäßigen Körpermassezunahme aufgrund zu hoher Energiezufuhr zu einer erhöhten mechanischen Belastung des unreifen Skelettgewebes. Die Folge sind Stellungsanomalien und Deformationen am Bewegungsapparat.

Eine Unterversorgung mit Energie tritt unter heutigen Bedingungen eher selten auf. Ursache können beispielsweise schwere Erkrankungen mit geringer Futteraufnahme sein. Die Zuteilung einer absolut gesehen zu niedrigen Futter- und Energiemenge ist dagegen die Ausnahme.

Kurzfristiger Energiemangel wird kompensiert, bei längerem Energiemangel werden zunächst Körperfette abgebaut. Wenn diese erschöpft sind wird das Körpereiweiß abgebaut und die endogenen Stickstoffverluste steigen an. Darüber hinaus verursacht der Energiemangel eine Beeinträchtigung des Immunsystems sowie der Stoffwechselprozesse in Leber und Muskulatur. Zeichen für länger andauerndes Hungern ist eine Atrophie verschiedener innerer Organe sowie Abbau des Fettmarkes der langen Röhrenknochen. Bei wachsenden Hunden resultiert eine Energieunterversorgung in einem verlangsamten bis hin zu einem fehlenden Wachstum und Gewichtsverlust. Im Knochen entwickelt sich bei Energieunterversorgung eine Verdickung der Kortikalis der langen Röhrenknochen aufgrund einer verminderten endostealen Resorption. Die Festigkeit und Dichte der Knochen ist erhöht (KRONFELD 1985, MEYER und ZENTEK 2005, NRC 2006).

2.3 Berechnung der Umsetzbaren Energie im Futter

Die ersten Berechnungen des Energiegehaltes einzelner Rohnährstoffe gehen auf RUBNER (1901) zurück, der die Brennwerte anhand von Rationen aus Fleisch und Innereien bei Untersuchungen an Hunden ermittelte. Er ging jedoch von einer vollständigen Resorption der Rohnährstoffe aus. Die von ihm ermittelten Werte liegen für Protein bei 17,2 Kilojoule (kJ) pro g, für Fett bei 38,9 kJ/g und für Kohlenhydrate bei 17,2 kJ/g.

ATWATER (1902) überprüfte diese Werte anhand von Untersuchungen an Menschen und ermittelte so genannte Ausnutzungskoeffizienten für die Rohnährstoffe, wobei er den Energiegehalt im Stuhl als nicht ausgenutzte Energie betrachtete. Die daraufhin von ihm korrigierten Werte lagen bei 16,7 kJ/g Protein, 37,3 kJ/g Fett und 16,7 kJ/g Kohlenhydrate (**Tab. 4**). Diese Werte zeigen auch heute noch eine erstaunlich gute Übereinstimmung bei hausgemachten Rationen bestehend aus Fleisch, Schlachtabfällen (außer Knochen), Geflügel, Fisch, gekochter Stärke und Milchprodukten.

Da die Berechnung mit diesen Faktoren scheinbare Verdaulichkeiten von über 90% für Protein, Fett und Kohlenhydrate voraussetzt, wurde der Energiegehalt bei Fertighundefutter aufgrund einer nachgewiesenen, niedrigeren Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei Haustieren jedoch häufig überschätzt (KENDALL et al. 1982, KIENZLE 2002). Vor allem bei einem hohen Anteil an pflanzlichen nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP) weichen die errechneten von den experimentell ermittelten Werten ab (KIENZLE 2002).

Das NRC (1985) schlug die Verwendung der Verdauungskoeffizienten von 80% für Protein, 90% für Fett und 85% für Kohlenhydrate in handelsüblichen Futtermitteln vor. Daher wurden die ATWATER-Faktoren entsprechen der unterschiedlichen Verdaulichkeiten der Diäten modifiziert und wurden nun mit 3,5 kcal/g Kohlenhydrate und Protein sowie 8,5 kcal/g Fett veranschlagt.

Dennoch kann durch die enorme Variabilität der Verdaulichkeiten heutiger Fertighundefutter von unter 70% bis über 90% eine einzelne Gleichung nicht ausreichend sein, um den Energiegehalt aus den einzelnen Rohnährstoffen abzuschätzen. Vielmehr zeigte sich ein Einfluss des Fasergehalts im Futter auf die Energieverdaulichkeit (DOBENECKER und KIENZLE 1998, KIENZLE et al. 1998b, EARLE et al. 1998, KIENZLE et al. 2001a). Bei Berücksichtigung des Fasergehaltes zur Abschätzung der Energieverdaulichkeit konnte daher erstmals eine Gleichung bestimmt werden, die unabhängig von der Futterart eine gute

Übereinstimmung der berechneten mit den experimentell bestimmten Werten für den Energiegehalt im Futter liefert (KIENZLE 2002, NRC 2006).

Zur Abschätzung der ME wird zunächst die Bruttoenergie (GE) experimentell im Bombenkalorimeter bestimmt oder anhand der Energiegehalte der einzelnen Rohnährstoffe faktoriell berechnet. Das NRC (2006) gibt für Rohprotein (Rp) einen Bruttoenergiegehalt von 23,8 kJ/g, für Rohfett (Rfe) 39,3 kJ/g und für Rohfaser (Rfa) und stickstofffreie Extraktstoffe (NfE) jeweils 17,2 kJ/g an. Da erfahrungsgemäß der Rohfasergehalt die Verdaulichkeit der organischen Substanz negativ beeinflusst (DOBENECKER und KIENZLE 1998, KIENZLE et al. 1998b, EARLE et al. 1998, KIENZLE et al. 2001a), wird anhand des Fasergehaltes im Futter die Verdaulichkeit der Energie abgeschätzt. Ein Prozent Rohfaser in der Trockensubstanz (TS) reduziert die Verdaulichkeit der Energie um 1,43% (KIENZLE et al. 1998b).

Die DE errechnet sich daraufhin durch Multiplikation des Wertes für die GE mit der ermittelten Verdaulichkeit der Energie. Zuletzt wird die DE um die Energieverluste im Harn korrigiert, wobei pro g aufgenommenem Rp ein Abzug von 4,35 kJ veranschlagt wird.

Tab. 4 zeigt das schrittweise Vorgehen zur Berechnung der ME in kommerziellem Hundefutter nach den Empfehlungen von KIENZLE et al. (1998b).

Tab. 4: Vorgehen zur Berechnung der ME in hausgemachten Rationen sowie kommerziellem Hundefutter (aus NRC 2006; %VE = Energieverdaulichkeit)

hausgemachte Rationen:
ME [kJ] = 16,7 x Rp [g] + 37,3 x Rfe [g] + 16,7 x NfE [g]

kommerzielle Fertighundefutter:
Schritt 1:
GE: experimentell bestimmt im Bombenkalorimeter oder berechnet aus folgender Gleichung:
GE [kJ] = [5,7 x Rp [g] + 9,4 x Rfe [g] + 4,1 x (NFE [g] + Rfa [g])]*4,184

Schritt 2:
VE [%]= 91,2 – (1,43 x Rfa [%TS])

Schritt 3:
DE [kJ] = GE x VE [%]/100

Schritt 4:
ME [kJ] = DE – (4,35 x Rp [g])

Die Bestimmung der ME anhand dieser Vorgehensweise zeigt eine gute Übereinstimmung mit experimentell ermittelten Werten. Da beim Vergleich der experimentell und rechnerisch bestimmten Werte der GE relativ hohe Abweichungen je nach Zusammensetzung des Futters auftreten können, sollte für eine genauere Abschätzung der ME die GE im Bombenkalorimeter bestimmt werden (KIENZLE et al. 1998b, LAFLAMME 2001).

Zusammenfassend muss bemerkt werden, dass keine einzelne Gleichung für alle möglichen Arten von Hundefuttermitteln optimale Ergebnisse liefern kann. Daher muss bei neuen Futterrationen die Übereinstimmung der berechneten Werte mit den experimentellen Werten anhand von Fütterungsversuchen überprüft werden (LAFLAMME 2001, NRC 2006).

3 Calcium

3.1 Calciumbedarf im Wachstum

In der Welpenfütterung ist eine dem Alter und der Rasse angepasste Ca-Zufuhr mit dem Futter für eine optimale Skelettentwicklung wichtig (MEYER und ZENTEK 2005).

Die Empfehlungen für die Calciumversorgung bei wachsenden Hunden nach MEYER und ZENTEK (2005) zeigt **Tab. 5**. Im Gegensatz zu den Angaben für Energie handelt es sich hier um Bruttowerte. Der Bruttobedarf setzt sich zusammen aus dem Nettobedarf und der Verwertung und wird bei Welpen durch die Wachstumsrate sowie den Ca- und P-Ansatz bestimmt. Vor allem in den ersten drei Lebensmonaten besteht infolge des hohen Skelettwachstums und der zunehmenden Mineralisierung der Knochen ein besonders hoher Ca-Bedarf, der bei Welpen großwüchsiger Rassen sogar bis zum sechsten Lebensmonat anhält.

Das Ca/P-Verhältnis in der Ration sollte 1,3:1 bis 2:1 betragen (MEYER und ZENTEK 2005). Eine knappe Versorgung mit Ca oder P ist vor allem bei unausgewogenem Ca/P-Verhältnis kritisch zu beurteilen (KAMPHUES et al. 2004).

Tab. 5: Empfehlungen für die tägliche Calciumversorgung wachsender Hunde [mg/kg KM] (aus MEYER und ZENTEK 2005)

Lebensmonat	**KM des ausgewachsenen Hundes [kg]**				
	5	**10**	**20**	**35**	**60**
1.	420	445	470	445	475
2.	390	440	520	585	555
3.	400	450	490	520	520
4.	355	385	405	380	420
5. - 6.	240	255	250	250	305
7. - 12.	130	130	145	145	140

Da die Futterzuteilung bei Hunden primär nach dem Energiebedarf des Tieres und folglich nach dem Energiegehalt im Futter erfolgen sollte, ist es günstiger, den Anteil der einzelnen Nahrungsinhaltsstoffe im Futter in Bezug auf die Energie anzugeben. So können die Werte jeder Futterart ungeachtet des Wasser- bzw. Energiegehaltes besser verglichen und zugeteilt werden (CASE et al. 1997, NRC 2006).

Das NRC (2006) gibt für eine optimale Calciumversorgung von Hundewelpen aller Rassen einen Wert von 0,72g Ca/MJ ME an. Da eine übermäßige Calciumzufuhr bei wachsenden Hunden Skelettentwicklungsstörungen verursachen kann, wurde darüber hinaus ein Höchstwert für die Calciumzufuhr ermittelt, der nicht überschritten werden sollte. Dieser liegt bei 1,08g Ca/MJ ME in der TS.

3.2 Einflüsse der Calciumzufuhr auf das Wachstum und die Skelettentwicklung

Der Körper des Hundes enthält etwa 10-15g Ca und 5-8g P pro kg KM, wovon 98-99% bzw. 80-86% im Skelett vorliegen. Dies weist auf die große Bedeutung beider Mineralstoffe bei der Skelettentwicklung hin. Ca wird mit P im Knochen in Form von Hydroxylapatitkristallen gespeichert und sorgt dort für die nötige Stabilität (MEYER und ZENTEK 2005).

Verschiedene Untersuchungen über die Ernährung von Hundewelpen belegen, dass ein Zusammenhang zwischen fehlerhafter Calciumzufuhr und der Entstehung von Skelettentwicklungsstörungen besteht (HAZEWINKEL et al. 1985, GOEDEGEBUURE und HAZEWINKEL 1986, HAZEWINKEL et al. 1987, SLATER et al. 1992, DOBENECKER et al. 1998, SCHOENMAKERS et al. 2000, DOBENECKER et al. 2006).

3.2.1 Calciumüberversorgung

Wie Überprüfungen der Fütterung von Junghunden belegen, sind Ca-Fehlversorgungen auch in der heutigen Fütterungspraxis nicht selten (u.a. DOBENECKER et al. 1998, GRUßENDORF et al. 2001, LAUTEN et al. 2002). Insbesondere die von Besitzern häufig praktizierte unkritische Gabe von Mineralsupplementen zusätzlich zu einem ausgewogenen Tierfutter resultiert in einer Ca-Überversorgung (LAUTEN et al. 2002). Darüber hinaus können auch kommerzielle Futter mit fehlerhaftem Mineralstoffgehalt gefunden werden (HAZEWINKEL et al. 1985, LAUTEN et al. 2002).

Hunde unter einem Alter von sechs Monaten sind noch nicht in der Lage eine fehlerhafte Ca-Zufuhr in der Nahrung durch Veränderung der Calciumabsorption aus dem Darmtrakt auszugleichen. Der Absorptionskoeffizient ist bei hoher Calciumzufuhr mit dem Futter gleich hoch wie bei bedarfsgerechter Ca-Zufuhr, weshalb eine Resorption proportional zum Gehalt im Futter stattfindet (GOEDEGEBUURE und HAZEWINKEL 1986, HAZEWINKEL et al. 1987, SCHOENMAKERS et al. 2000, TRYFONIDOU et al. 2002, DOBENECKER 2002, LAUTEN et al. 2002).

DOBENECKER (2002, 2004) zeigte anhand von Untersuchungen an zwei verschiedenen Rassen (Beagle, Foxhound-Boxer-Labrador), dass von der 12.-24. Woche die Ca-Resorptionsrate zurückgeht. Darüber hinaus konnten rassespezifische Unterschiede mit einer höheren Ca-Absorptionsrate bei den Beagles festgestellt werden. Diese Ergebnisse lassen genetische Unterschiede in der Regulation der Ca-Absorption bei wachsenden Hunden

vermuten, welches eine Erklärung für die unterschiedliche Sensitivität der verschiedenen Hundesrassen gegenüber einem Ca-Überschuss mit einer höheren Inzidenz von fütterungsbedingten Krankheiten des Skelettsystems vor allem bei großen und Riesenrassen geben könnte (DOBENECKER et al. 1998, DOBENECKER 2002, 2004).
Folglich muss bei Jungtieren der tägliche Calciumbedarf exakt berechnet und über das Futter zugeführt werden, um Schäden im Skelettwachstum zu vermeiden.

Ein überhöhtes Angebot von Ca im Futter führt über die daraus resultierende Hypercalcämie zu einer vermehrten Synthese und Freisetzung von CT aus den parafollikulären Zellen der Schilddrüse. CT wirkt über verschiedene Mechanismen einer Erhöhung des Blutcalciumspiegels entgegen. Im Skelett hemmt CT primär die Freisetzung von Ca aus dem Knochen und bewirkt über Hemmung der Aktivität der Osteoklasten und Stimulierung der Osteoblasten eine vermehrte Einlagerung von Ca und P. In der Niere wird die tubuläre Rückresorption von P gehemmt, woraus eine vermehrte P-Ausscheidung resultiert (ALLEN 1982, ENGELHARDT und BREVES 2000, MEYER und ZENTEK 2005).

HAZEWINKEL et al. (1985) zeigten anhand von Untersuchungen an 11 Deutschen Doggenwelpen, dass eine 3fache Überversorgung mit Ca (3,3% Ca TS) bei unverändertem P-Gehalt des Futters zu einem verlangsamten Wachstum im Vergleich zur Kontrollgruppe führt, was später auch von NAP et al. (1993a) bestätigt werden konnte. Darüber hinaus zeigten sich bei einem Teil der Hunde Skelettentwicklungsstörungen in Form von Wirbelkörperfehlbildungen sowie radiologisch feststellbare Veränderungen im Sinne des Osteochondrosis Syndroms.
In einer weiteren Studie verglich LEPINE (1998) das Wachstum von 36 Deutschen Doggen unter unterschiedlicher Calciumzufuhr. Bei einer Versorgung mit 0,8% Ca im Futter wuchsen die Tiere schneller und erreichten höhere Körpergewichte als die Tiere mit übermäßiger Calciumversorgung (2,7% Ca). Unterschiede konnten auch im Mineralstoffgehalt der Knochen festgestellt werden. Mit steigendem Calciumgehalt im Futter stiegen sowohl der Gehalt als auch die Dichte im Knochen an. Bei den Tieren unter hoher Calciumzufuhr konnte klinisch eine Lahmheit und bei drei Tieren HOD festgestellt werden.

In den meisten Studien über die Auswirkungen einer übermäßigen Calciumzufuhr auf das Skelettwachstum wurden als Vertreter großer Rassen Deutsche Doggen verwendet. Um zu unterscheiden, ob alle großwüchsigen Hunderassen gleichermaßen empfindlich gegenüber hoher Calciumzufuhr mit dem Futter sind oder ob rassespezifische Prädispositionen bestehen, wurde eine Aufzuchtstudie mit 25 Beagles und 35 FBI-Kreuzungen (Adultgewicht über 30 kg) durchgeführt (DOBENECKER et al. 2006). Insbesondere sollten mögliche genetische Unterschiede im Ca-Metabolismus verschiedener Rassen untersucht werden. Die Welpen beider Rassen wurden in Kontrollgruppe mit bedarfsgerechter individueller Calciumzuteilung (NC, ca. 1,1% Ca TS) und Versuchsgruppe mit 3facher Calciumüberversorgung (HC, ca. 3,6% Ca TS) eingeteilt. Zu Beginn und am Ende der Versuchsphasen wurden von den Vordergliedmaßen Röntgenaufnahmen angefertigt und verschiedene Knochenparameter ausgemessen. Bei den FBIs konnte kein Einfluss der Calciumzufuhr auf die Skelettentwicklung festgestellt werden, dagegen zeigten die Beagles bei übermäßiger Calciumzufuhr ein hochsignifikant retardiertes Längenwachstum der Knochen. Entgegen der Tatsache, dass die Dauer und die Höhe der Calciumüberversorgung für die Entstehung von Skelettentwicklungsstörungen großer Hunderassen in anderen Studien ausreichend waren, traten bei den FBIs keine Schäden am Skelettsystem auf. Diese Tatsache könnte durch eine nachgewiesene niedrigere Ca-Absorptionsrate sowie eine geringere Empfindlichkeit gegenüber einem Ca-Exzess erklärt werden. An der bei den Beagles unter Calciumüberversorgung festgestellten Wachstumsretardierung an Radius und Ulna ist ursächlich vermutlich eine gestörte enchondrale Ossifikation verantwortlich. Somit konnte auch bei kleinen Hunderassen eine Empfindlichkeit gegenüber einem Ca-Überschuss gezeigt werden, eine klinische Manifestation trat jedoch nicht auf. Folglich bestimmen nicht nur das Endgewicht und die damit zusammenhängende Wachstumskurve die Calciumtoleranz eines Welpen, sondern auch genetische Prädispositionen für die Entstehung von Skelettentwicklungsstörungen der Rasse (DOBENECKER et al. 2006).

KALLFELZ und WENTWORTH (1969) untersuchten in einer Studie an sechs Beaglewelpen die Höhe des Einbaus von Ca in den Knochen zu verschiedenen Alterszeitpunkten. Sie fanden nach intravenöser Applikation von Ca einen schnelleren Abfall des Serum-Calciums bei jüngeren im Vergleich zu älteren Hunden. Die Retentionsrate von Ca im Körper lag bei den jüngeren Tieren dagegen über derjenigen der älteren Hunde und zeigte eine signifikante Abhängigkeit zur Körpermassezunahme. Dies zeigte, dass bei den jüngeren Tieren Ca

schneller aus dem Blut in Knochengewebe eingebaut wird, als dies bei älteren Hunden der Fall ist. Das Maximum des Calciumeinbaus in den Knochen bestimmten sie für das Alter von fünf Monaten.
Wird nach einer Phase der Ca- und/oder P-Fehlversorgung deren Gehalt im Futter gemäß dem Bedarf des Tieres zugeteilt, kommt es zur teilweisen Rückbildung der pathologischen Veränderungen. Je nach Schwere der bestehenden Veränderungen können jedoch bleibende Schäden am Skelettsystem zurückbleiben (SCHOENMAKERS et al. 2000).

Die histopathologischen Auswirkungen einer chronischen Ca-Überversorgung auf die Skelettentwicklung können in Störungen der Knorpelreifung sowie Störungen der Knochenreifung und Remodellierung eingeteilt werden: Mit zunehmendem Alter wachsender Tiere nimmt die Breite der Wachstumsfuge ab, beim Vergleich mit einer ausgewogenen Ca-Versorgung finden sich bei Ca-Überversorgung aufgrund einer Hemmung der Knorpelreifung jedoch durchgehend breitere Wachstumsfugen mit irregulär ausgebildeter Knorpelmatrix. Die Störungen der Knorpelentwicklung setzen sich auch in die Knochenmatrix fort. An den Knochen tritt folglich eine Beeinträchtigung der enchondralen Ossifikation auf, die sich in mehr oder weniger großen Diskontinuitäten zwischen Knorpel und Metaphyse äußern. Aufgrund verminderter Knochenreifung findet sich bei hoher Ca-Versorgung im Vergleich zu bedarfsgerecht versorgten Tieren eine größere Anzahl über das Knochengewebe verteilter Reste der Knorpelmatrix. Auch die Remodellierung der Knochenmatrix ist deutlich reduziert, was zu einer höheren Knochendichte und zu einer weiteren Ausdehnung der sekundären Spongiosa in Richtung der Diaphysen führt. Der Grund dafür liegt in einer verminderten Anzahl und Aktivität der Osteoklasten im Knochengewebe bei Ca-Überversorgung infolge erhöhter CT- und verminderter PTH-Konzentrationen. Die Knochentrabekel der primären und sekundären Spongiosa sind bei hoher Ca-Supplementierung dicker und irregulär angeordnet. Mit zunehmendem Alter nimmt die Knochenmasse zu. Die Anzahl der Osteoklasten im Knochen liegt bei normaler Ca-Versorgung signifikant höher als bei Ca-Überversorgung. Infolgedessen zeigen sich bei Ca-Überversorgung verminderte Remodellierungsprozesse in den Knochen, wohingegen die Kortexdicke aufgrund einer größeren Osteoblastenanzahl stärker ist (HAZEWINKEL et al. 1985, GOEDGEBUURE und HAZEWINKEL 1986, SCHOENMAKERS et al. 2000).

3.2.2 Calciumunterversorgung

Kommerzielle Aufzuchtmittel für Hunde zeichnen sich in der Regel durch einen für das Wachstum ausreichenden Ca-Gehalt bei ausgewogenem Ca/P-Verhältnis aus. Die Fütterung von selbstgekochten Diäten oder Zulage von Einzelfuttermitteln zur Grundration kann jedoch in einer fehlerhaften Ca-Zufuhr mit dem Futter resultieren.

So konnte in einer Studie von DOBENECKER et al. (1998) bei 20% der mit Skelettwachstumsstörungen vorgestellten Hunde als Ursache eine Ca-Unterversorgung mit dem Futter festgestellt werden. Aufgrund eines höheren Ca-Bedarfs wachsender Tiere, ist die Ca-Versorgung bei Einsatz kommerzieller, für adulte Tiere ausgelegte Futtermittel in der Regel nicht ausreichend. Auch Einzelfuttermittel wie Fleisch, Schlachtabfälle, Getreide und Getreidenachprodukte sind arm an Ca, aber enthalten relativ viel P (MEYER und ZENTEK 2005). Im Gegensatz zu älteren Tieren, kann bei jungen Welpen die Absorptionrate von Ca bei einer Unterversorgung nicht gesteigert werden. Erst ab einem Alter von etwa 14 Wochen führt eine niedrige Ca-Versorgung mit dem Futter zu einer gesteigerten Resorption aus dem Darm (GOEDEGEBUURE und HAZEWINKEL 1986, HAZEWINKEL et al. 1987, SCHOENMAKERS et al. 2000, TRYFONIDOU et al. 2002, DOBENECKER 2002, LAUTEN et al. 2002).

Neben der wichtigen Funktion des Ca für die Stabilität der Knochen steuert es über Regulation von Ionenkanälen verschiedene Stoffwechselabläufe wie Reizweiterleitung in Nerven, Muskelkontraktionen, Enzymaktivitäten oder dient als Kofaktor bei der Blutgerinnung (CAPEN 1985, CASE et al. 1997, MEYER und ZENTEK 2005). Dafür sind konstante Ca-Gehalte im Blut wichtig, weshalb eine straffe hormonelle Regulation stattfindet. Bei einem Abfall des Calciumgehaltes im Blut unter den Normwert wird das in der Nebenschilddrüse gebildete PTH ausgeschüttet. Über den Blutweg gelangt dieses an die Zielorgane Knochen, Darm und Niere und bewirkt über verschiedene Mechanismen eine Erhöhung des Ca-Spiegels im Blut. Im Knochen wird durch Aktivierung der Osteoklasten und Hemmung der Osteoblasten die Mobilisierung von Ca und P aus dem Skelettsystem gefördert. Darüber hinaus steigert PTH in der Niere über eine verminderte Reabsorption die P-Ausscheidung und hemmt dagegen die Ca-Ausscheidung. Außerdem stimuliert es dort die Umwandlung von Calcidiol in das hormonell wirksame **Calcitriol**. Calcitriol selbst führt zu einer gesteigerten Ca- und P-Resorption aus dem Darm und hemmt in der Niere die Ca-Ausscheidung (ENGELHARDT und BREVES 2000, MEYER und ZENTEK 2005).

Die aus einer ungenügenden Versorgung mit dem Mengenelement Ca resultierende Hypocalcämie kann je nach Ausmaß der Unterversorgung nur eine gewisse Zeit durch Ca-Freisetzung aus dem Knochen ausgeglichen werden (NAP und HAZEWINKEL 1997).

Anhand von Untersuchungen an sieben wachsenden Hundewelpen Deutscher Doggen überprüften LAUTEN et al. (2002) den Einfluss einer kombinierten Ca- und P-Unterversorgung auf die Körperzusammensetzung und Skelettentwicklung. Bei ad libitum Fütterung eines kommerziellen Hundefutters wurde die Ca- und P-Zufuhr mit dem Futter bei konstantem Ca/P-Verhältnis (1,2:1) reduziert. Die Tiere mit geringer Ca-Versorgung (LC, 0,47% Ca) zeigten einen signifikant niedrigeren Fettansatz als die Welpen unter ausgewogener Ca-Zufuhr über das Futter (NC, 0,78% Ca), wobei die Zunahme des Körperfettes im Vergleich zu den übrigen Körpergeweben jedoch höher war. Beim Vergleich der Gruppen waren die Knochen der Welpen der LC-Gruppe signifikant kürzer als diejenigen der beiden anderen Gruppen. Röntgenologisch sowie durch Knochenanalysen, wurde bei niedrigem Calciumgehalt im Futter ein geringerer Mineralstoffgehalt im Knochen festgestellt. Diese Unterschiede schwächten sich ab dem sechsten Lebensmonat ab und waren trotz gleicher Fütterung ab dem Alter von 12 Monaten nicht mehr vorhanden. Somit scheinen Hundewelpen erst ab dem 5.-6. Lebensmonat die Fähigkeit zu entwickeln, die Calciumabsorption und Ausscheidung zu steigern.
Auch KASBEITZER (2002) kam anhand von röntgenologischen Untersuchungen an Beaglewelpen zu übereinstimmenden Ergebnissen, dass eine Ca-Unterversorgung (15% des Erhaltungsbedarfs) in einem retardierten Längenwachstum der Knochen resultiert.
Bei Untersuchungen über den Einfluss einer niedrigen Ca-Versorgung auf die Körpermasseentwicklung konnten WILL und UDALL (1960) an neun Beaglewelpen bei einer Ca-/P-Relation von 1:1 im Vergleich mit der Kontrollgruppe (optimale Ca-Zufuhr, Ca/P-Relation 1:1,5) keine signifikante Abhängigkeit zwischen der Calciumversorgung und der Wachstumsrate feststellen.

Über die klinischen Auswirkungen einer Ca-Unterversorgung werden in der Literatur unterschiedliche Angaben gemacht. So fanden HAZEWINKEL et al. (1987) anhand von Untersuchungen an wachsenden Deutschen Doggen Kompressions- und Grünholzfrakturen, aufgrund von gesteigertem Knochenabbau. Der aus der Ca-Unterversorgung mit gleichzeitig

unverändertem P-Gehalt im Futter resultierende sekundäre Hyperparathyreoidismus führt zu einer gesteigerten Aktivität der Osteoklasten und infolgedessen zu einem vermehrten Knochenabbau und einer Schwächung des Skeletts. Im Gegensatz dazu konnten KASBEITZER (2002) bei Beaglewelpen sowie NAP et al. (1993a) bei Zwergpudeln trotz röntgenologisch feststellbarer Veränderungen keinerlei klinische Störungen feststellen. Insgesamt bleibt festzustellen, dass wachsende Hunde kleinerer Rassen gegenüber einer Mangelversorgung weniger empfindlich zu sein scheinen, als Welpen großer Hunderassen (NAP und HAZEWINKEL 1997).

3.3 Interaktionen zwischen Calcium und Nährstoffverdaulichkeiten

Hohe Aschegehalte in der Ration, die beispielsweise aus einer hohen Ca-Zufuhr mit dem Futter resultieren können, beeinträchtigen die Verdaulichkeit des Futters. Als Ursache wird eine Abpufferung von Säuren im Magensaft und eine daraus resultierende geringere Pepsinwirkung oder möglicherweise auch eine direkte Beschleunigung der Magenpassage vermutet (MEYER und ZENTEK 2005).

Darüber hinaus scheint Ca auch einen Einfluss auf die Pankreas- und Bicarbonatsekretion zu haben, wie Studien an Hunden (TISCORNIA et al. 1976, FUNOVICS et al. 1981, NAKASHIMA et al. 1977) zeigen konnten. Da die Pankreasenzyme eine zentrale Rolle bei der Verdauung der Nahrungsbestandteile spielen, könnte eine Beeinflussung der Nährstoffverdaulichkeit zusätzlich über eine geringere Enzymkonzentration im Darm stattfinden.

TISCORNIA et al. (1976) fanden bei Hunden nach duodenaler Applikation von Ca einen Rückgang der durch Sekretin stimulierten Pankreas- sowie Bicarbonatsekretion. Da keine gleichzeitige Änderung des Serumcalciumspiegels festzustellen war, vermuten TISCORNIA et al. (1976) eine lokale Stimulation der CT-Ausschüttung durch Ca mit direkter Wirkung des CT auf das Pankreas.

FUNOVICS et al. (1981) verglichen den Einfluss von intravenös infundiertem CT auf die stimulierte und basale Pankreassekretion. Auch hier konnte eine Hemmung der stimulierten Pankreasenzymausschüttung festgestellt werden, wohingegen CT keinen Einfluss auf die basale Hormonsekretion zeigte.

Darüber hinaus hat Ca weitere Effekte auf die Verdaulichkeit einzelner Rohnährstoffe aus dem Futter, die im Folgenden dargestellt werden sollen.

3.3.1 Auswirkungen von Calcium auf die Fettverdaulichkeit

Eine hohe Calciumzufuhr mit dem Futter erhöht die Energieausscheidung mit dem Kot. Insgesamt liegt dabei 75% der Energiemehrausscheidung in Form von Fett vor (XU et al. 1999). Durch Bindung von Ca an Fette im Darm bilden sich schwer lösliche und schlecht resorbierbare Calciumseifen in Form von gemischten Micellen, infolge dessen die Rfe-Ausscheidung erhöht wird (CHENG et al. 1949, APPLETON et al. 1992, HALLEBEEK und HAZEWINKEL 1998, MEYER und ZENTEK 2005).

MEYER und MUNDT (1983) untersuchten bei Hunden den Einfluss von Knochenschrotzulagen auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und fanden einen Rückgang der Fettverdaulichkeit um bis zu 10% bei einer Zulage von Knochenschrot in Höhe von ca. 38% der uS (Ursprungssubstanz). Die Fettverdaulichkeit wurde bei fettreichen Rationen stärker beeinflusst als bei kohlenhydratreichem Futter. Auch sie nahmen als Ursache der verminderten Verdaulichkeit eine verstärkte Fettausscheidung durch eine Seifenbildung im Darmtrakt an.

XU et al. (1998) vermuten dagegen eine Komplexbildung des Ca im Darm mit Gallensäuren, die daraufhin nicht mehr für die Fettverdauung zur Verfügung stehen. Sie zeigten eine erhöhte Gallensäureausscheidung nach Calciumzufuhr mit dem Futter bei Kälbern.

Auch APPLETON et al. (1992) wies anhand von Untersuchungen bei Ratten eine erhöhte fäkale Fettausscheidung in Folge einer Ca-Zulage im Futter nach, wohingegen die Ausscheidung der Gallensäuren durch Ca reduziert wurde. Darüber hinaus konnte eine Komplexbildung mit Gallensäuren im Kot nicht nachgewiesen werden. Da durch Ca-Fütterung die Ausscheidung von langkettigen Fettsäuren mehr als verdoppelt wurde, scheint Ca eine höhere Affinität zu dieser Fettfraktion als zu Gallensäuren zu besitzen, wie von PAPAKONSTANTINOU et al. (2003) an Ratten später gezeigt werden konnte. Besonders bei gesättigten Fettsäuren findet eine hohe Seifenbildung statt, was sich möglicherweise durch deren langsamere Absorptionsrate und einen geringeren Einbau in Micellen erklären lässt. Die folglich höhere Konzentration an Ca-Fettsäure-Micellen im Darm hemmt über einen

Feedback-Mechanismus die Synthese der Gallensäuren in der Leber (APPLETON et al. 1992).

3.3.2 Auswirkungen von Calcium auf die Proteinverdaulichkeit

Anhand von Untersuchungen an Hunden (MEYER und MUNDT 1983), Ratten (LEE et al. 1972) und Kälbern (XU et al. 1999, XU et al. 2000) konnte gezeigt werden, dass eine hohe Ca-Zufuhr mit dem Futter die Proteinverdaulichkeit senkt.

In der Studie von MEYER und MUNDT (1983) fand jedoch hauptsächlich eine Beeinträchtigung der Verdaulichkeit des im Knochenschrot enthaltenen Proteins statt. Die in der Grundration enthaltene Proteinmenge wurde durch die Calciummenge weniger beeinträchtigt. MEYER und MUNDT (1983) vermuteten daher, dass die Salzsäureproduktion bei hohen Knochenschrotzulagen nicht ausreichend war, um die bindegewebige Knochengrundsubstanz für die Verdauungsenzyme im Dünndarm freizulegen.

XU et al. (1999) vermuteten, dass Ca die Proteinverdaulichkeit entweder über eine direkte Hemmung der Proteinresorption aus dem Darm infolge eines Einflusses auf die Enzymsekretion oder über eine vermehrte Bildung von bakteriellem Protein vermindert.

3.3.3 Auswirkungen auf weitere Rohnährstoffe

XU et al. (1999 und 2000) ermittelten darüber hinaus bei Kälbern eine Beeinträchtigung der Verdaulichkeit von Kohlenhydraten und Rohasche durch hohe Ca-Zulagen. Bei der Untersuchung des Kots stellte die Ra etwa 37% der höheren Kot-TS-Ausscheidung dar. Eine mögliche niedrigere Verdaulichkeit könnte zum Teil aus Ra-Verlusten in Form von schwerverdaulichen Ca-Seifen resultieren. Über den genauen Mechanismus, wie sich Ca auf die Verdaulichkeit der Kohlenhydrate auswirkt, konnten dagegen nur Vermutungen angestellt werden.

Wenn bei hoher Mineralstoffzufuhr mit dem Futter Ca und P den größten Anteil der Ra im Futter ausmachen, kann eine unterschiedliche Höhe der Mineralstoffretention die Ra-Verdaulichkeit beeinflussen. So konnte eine im Vergleich zur Kontrollgruppe geringere Ca-Retention bei dreifacher Calciumüberversorgung nachgewiesen werden (DOBENECKER 2004), wodurch sich eine niedrigere Gesamtverdaulichkeit der erklären lässt.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

4 Material und Methoden

4.1 Versuchsplan

In der vorliegenden Studie sollte Probenmaterial aus einer bereits durchgeführten Untersuchung an Hunden (DOBENECKER 2002, KASBEITZER 2002, FLINSPACH 2003, DOBENECKER 2004) retrospektiv untersucht werden. Es handelte sich dabei um Aufzuchtversuche an Hundewelpen zweier Rassen (Beagles und FBIs). Die Tiere wurden so gefüttert, dass sie den Empfehlungen von MEYER und ZENTEK (1998, 2001) entsprechend wuchsen, bei abweichender Gewichtsentwicklung wurde die Futterzuteilung angepasst. Das Hauptaugenmerk dieser Aufzuchtversuche lag auf den Auswirkungen einer unterschiedlichen Calciumversorgung auf die Skelettentwicklung. Im Rahmen der Studie wurden unter anderem Bilanzuntersuchungen bzw. Verdauungsversuche durchgeführt. Die in diesem Kontext gesammelten Kotproben wurden in den eigenen Untersuchungen auf ihren Energie- und Nährstoffgehalt untersucht, so dass es möglich wurde, die DE in den Versuchsfuttern, einschließlich eventueller Einflüsse auf diese durch die variiernde Mineralstoffversorgung, direkt zu ermitteln und daraus anhand der Kenntnis des Gehaltes an vRp die ME abzuschätzen. Die eigenen Arbeiten zielten dabei auf den Vergleich der Energieaufnahme in Abhängigkeit von Alter und Rasse ab, bei Welpen, die sich entsprechend der idealen Wachstumskurve entwickelten. Darüber hinaus wurde der Effekt von Calcium auf die scheinbare Verdaulichkeit von Energie und Rohnährstoffen geprüft. Die erhobenen Daten ermöglichten weiterhin zu überprüfen, ob es einen über die Verdaulichkeitsbeeinflussung hinausgehenden Effekt der Calciumversorgung auf den Bedarf an Energie gibt.

4.2 Tiermaterial

Beagles

Für die Fütterungsversuche standen 30 Beagles (16 Hündinnen, 14 Rüden) aus fünf Würfen institutseigener Hündinnen zur Verfügung. Die Welpen kamen in der Tierhaltung des Instituts für Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung zur Welt und wurden hier aufgezogen. Nach dem Absetzen in der 6. Lebenswoche wurden die Welpen in die Versuchs- bzw. Kontrollgruppe eingeteilt. Die Angaben über Geburtsdatum, Gruppenzugehörigkeit, Name, Geburts- und Adultgewicht sowie Geschlecht jedes Hundes finden sich in **Tab. 6**.

Die Zuteilung zu den Gruppen NC und HC war relativ ausgeglichen (Beagle HC, n=20; Beagle NC n=10).

Tab. 6: Geburtsdatum, Versuchseinheit, Name, Geburtsgewicht, Adultgewicht und Geschlecht der Beagles

Geburtsdatum	Gruppe	Name	Geburtsgewicht [g]	Adultgewicht [kg]	Geschlecht männlich/ weiblich
	HC	**Andy**	391,5	15,8	m
	HC	**Bingo**	365,3	15,8	m
	NC	**Domino**	356,5	14,7	m
	HC	**Mara**	335,4	13,0	w
21.02.2005	HC	**Vroni**	305,1	13,0	w
	NC	**Blanco**	319,1	17,2	m
	NC	**Franka**	271,7	14,0	w
	HC	**Gina**	256,9	13,9	w
	HC	**Guilia**	272,8	13,9	w
	HC	**Isabella**	316,9	11,5	w
08.03.2005	HC	**Nero**	319,8	15,8	m
	NC	**Gonzo**	358,0	15,8	m
	HC	**Jerry**	359,0	15,8	m
	HC	**Lucky**	228,0	15,8	m
	NC	**Speedy**	278,0	13,5	w
	HC	**Tequila**	344,0	12,5	w
	NC	**Tom**	303,0	15,8	m
07.12.2003	HC	**Woodstock**	350,0	15,8	m
	HC	**Bully**	335,0	15,8	m
	NC	**Jack**	310,0	17,5	m
	HC	**Jana**	315,0	12,5	w
	NC	**Nemo**	335,0	15,8	m
	HC	**Snoopy**	345,0	13,7	m
19.11.2003	HC	**Tweety**	320,0	10,7	w
	HC	**Britney**	294,0	13,0	w
	HC	**Donna**	330,0	15,0	w
	HC	**Flossie**	325,0	14,0	w
	NC	**Lizzy**	328,0	14,0	w
	NC	**Maja**	188,0	14,0	w
02.12.2001	HC	**Vicky**	360,0	16,0	w

FBIs

Von den FBIs als Vertreter einer großen Rasse wurden 44 Hunde aus sieben verschiedenen Würfen aufgezogen (24 Hündinnen, 20 Rüden). Die Welpen kamen in der Tierhaltung des Instituts für Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung zur Welt. Nach dem Absetzen in der 6. Lebenswoche wurden die Tiere sofort in die einzelnen Gruppen eingeteilt. Das Wurfdatum, Gruppenzugehörigkeit, Name, Geburts- und Adultgewicht sowie Geschlecht der einzelnen Welpen sind in **Tab. 7** zusammengefasst.

Mit Ausnahme der Gruppe FBI LP (n=6) war die Gruppenzuteilung relativ ausgeglichen (FBI HC, n=23; FBI NC, n=20) und aufgrund des Umfangs der Proben statistisch gut auswertbar.

Tab. 7: Geburtsdatum, Versuchseinheit, Name, Geburtsgewicht, Adultgewicht und Geschlecht der FBIs

Geburtsdatum	Gruppe	Name	Geburtsgewicht [g]	Adultgewicht [kg]	Geschlecht männlich/ weiblich
	LP	**Henna**	543,0	28,6	w
	LP	**Jalapeno**	594,0	30,8	m
	LP	**Steve**	557,0	30,5	m
	LP	**Katie**	552,0	28,6	w
	LP	**Leela**	475,0	29,0	w
	LP	**Joschi**	661,0	33,3	m
	NC (NP)	**Kandis**	650,0	32,0	m
	NC (NP)	**Piri**	522,0	29,2	w
01.08.2005	NC (NP)	**Sascha**	557,0	33,3	m
	HC	**Elena**	619,0	28,0	w
	HC	**Sevilla**	595,0	29,3	w
	HC	**Django**	680,0	30,2	m
26.07.2004	NC	**Zorro**	642,0	28,3	m
	HC	**Ben**	343,0	34,0	m
	HC	**Cappuccino**	334,0	26,5	w
	NC	**Cream**	415,0	30,9	m
	NC	**Joyce**	312,0	28,5	w
	HC	**Kira**	352,0	30,6	w
	HC	**Samantha**	433,0	29,7	w
03.06.2004	HC	**Teddy**	463,0	33,0	m
	HC	**Anne**	420,0	31,0	w
	HC	**Bond**	450,0	34,2	m
	HC	**Harriet**	420,0	25,0	w
	HC	**James**	385,0	32,7	m
	NC	**Marlow**	322,0	29,0	m
	NC	**Martha**	375,0	30,0	w
11.11.2002	HC	**Sherlock**	380,0	34,0	m
	NC	**Patricia**	700,0	27,3	w
	HC	**Phil**	680,0	30,6	m
14.11.2002	NC	**Eddie**	680,0	30,9	m
	NC	**Frances**	541,0	29,0	w
	HC	**Holmes**	556,0	30,0	m
	HC	**Henry**	516,0	26,0	m
	HC	**Margery**	511,0	29,0	w
02.08.2002	HC	**Miss Sophie**	494,0	27,0	w

	HC	**Watson**	450,0	34,2	m
	HC	**Miss Marple**	450,0	29,6	w
	HC	**Lara**	400,0	31,0	w
	HC	**Agatha**	300,0	27,2	w
	HC	**Dana**	250,0	27,3	w
	NC	**Sarah**	450,0	31,5	w
	NC	**Minette**	400,0	28,4	w
	NC	**Bonnie**	350,0	29,6	w
27.10.2000	NC	**Fox**	300,0	25,5	m

Haltung

Die Tiere wurden in etwa 14 qm großen temperierten Innenställen (maximal 5 Hunde) mit Sicht- und Hörkontakt zu anderen Hunden gehalten. Für täglich ca. sieben Stunden bekamen die Hunde Auslauf in 30 qm großen betonierten und mit Holzhütten versehenen Außenzwingern, ebenfalls mit Sichtkontakt zueinander. Während der Bilanzphasen wurden die Hunde für fünf bis sieben Tage ganztägig einzeln in Bilanzkäfigen ohne Auslaufmöglichkeit gehalten.

Eine Ausnahme bei der Versuchsdurchführung waren aufgrund der Körpergröße der Tiere die dritten Bilanzen bei den FBIs. Aus Tierschutzgründen kam eine Unterbringung der relativ großen Junghunde in Bilanzkäfigen nicht in Frage. Die Hunde wurden daher einzeln in Innenboxen (Größe 2 x 3 m) gehalten, was die quantitative Sammlung von Kot ermöglichte.

Gesundheit der Tiere zum Versuchsbeginn

Ab der zweiten Lebenswoche wurden die Welpen mit Pyrantelembonat (Banminth®) in zweiwöchigem Abstand entwurmt, ab dem dritten Lebensmonat wurde regelmäßig alle vier Wochen (Banminth®, Drontal®) entwurmt. In der achten und in der zwölften Lebenswoche wurden die Welpen gegen Staupe, Hepatitis, Leptospirose und Parvovirose geimpft.

Die Welpen waren zu Beginn des Versuches klinisch gesund und wurden daraufhin in die Versuchsgruppen eingeteilt.

4.3 Zeitpunkt der Untersuchungen

Ein Fütterungsversuch wurde jeweils sechs Wochen lang durchgeführt, an die sich die fünf bis sieben Tage der Bilanzphase anschlossen. In dieser Zeit wurden die Tiere in den Bilanzkäfigen gehalten, die eine getrennte Sammlung von Kot und Harn ermöglichten.

Insgesamt flossen je drei aufeinander folgende Fütterungsphasen mit nachfolgender Bilanz bei einem Alter der Tiere von ca. 12, 18 und 24 Wochen in die Auswertung ein (**Abb. 2**).

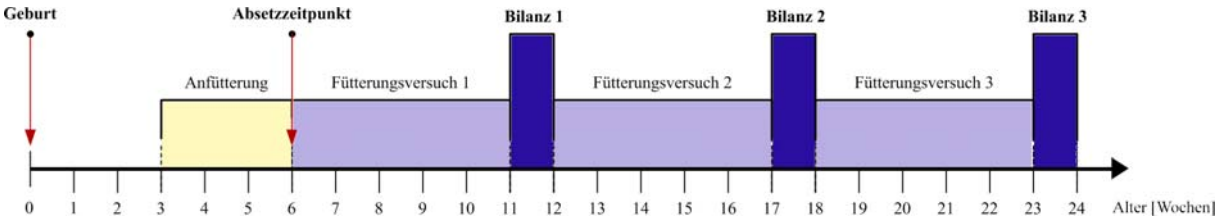

Abb. 2: Zeitlicher Ablauf der Fütterungsversuche und Bilanzen

4.4 Fütterungsregime

Die neugeborenen Welpen erhielten in den ersten drei Lebenswochen ausschließlich Muttermilch. Je nach Ernährungszustand wurden die Welpen ab der dritten bis fünften Lebenswoche mit Beifutter angefüttert, das aus der Grundration auf Pansen-Reis-Basis mit bedarfsdeckender Mineral- und Vitaminversorgung bestand. Mit der sechsten Lebenswoche konnten die Welpen vom Muttertier abgesetzt werden und wurden in die Versuchsgruppen eingeteilt.

Der tägliche Bedarf an Futter und damit an Energie wurde den einzelnen Tieren zunächst nach den Angaben von MEYER und ZENTEK (1990) entsprechend dem Alter und dem aktuellem Gewicht bedarfsdeckend zugeteilt. Das täglich ermittelte Körpergewicht wurde darüber hinaus mit den Empfehlungen von MEYER und ZENTEK (1998, 2001) verglichen. Bei Abweichungen der KM einzelner Tiere von den dort vorgeschlagenen Wachstumsempfehlungen wurde die Futterzuteilung individuell angepasst, um insgesamt ein Wachstum entsprechend den Vorgaben zu erreichen. Folglich war bei manchen Tieren eine Abweichung der Energiezufuhr von den Angaben für den durchschnittlichen Bedarf bei wachsenden Hunden entsprechenden Alters und Gewichtsklasse (MEYER 1998) um bis zu 20% möglich.

Entsprechend erfolgte grundsätzlich eine Einzeltierfütterung, die altersabhängig zunächst dreimal täglich und später zweimal täglich erfolgte. Bei Tieren die schlecht fraßen, wurde die dreimalige Fütterung auch noch nach dem vierten Lebensmonat beibehalten. Falls im

Einzelfall die zugeteilte Futtermenge nicht vollständig aufgenommen wurde, wurde die Rückwaage notiert und die tatsächlich aufgenommene Menge an Futter errechnet.

4.5 Versuchsfutter

Basisfutter

Während den drei Fütterungsversuchen erhielten die Hunde zunächst ein Basisfutter, das durch eine Mineralstoff-Vitaminmischung ergänzt wurde. Das Basisfutter bestand zu 60% aus gewaschenem und gekochtem Rinderpansen, zu 39% aus gekochtem Reis und zu 1% aus Futterzellulose (Fa. Phrikolat, Siegburg). Für eine Charge wurden jeweils ca. 200kg Pansen gekocht und anschließend fein gekuttert. Nach Zugabe des gekochten Reis und der Zellulose wurde die Charge im Kutter gleichmäßig zerkleinert, vermengt und in Tagesportionen eingefroren. Die Zusammensetzung des Versuchsfutters zeigt **Tab. 8**. Für die Fütterung wurde die benötigte Menge täglich neu aufgetaut.

Tab. 8: Durchschnittliche Zusammensetzung des in den Bilanzen verwendeten Versuchsfutters in uS und TS (n=19)

	Gehalt TS	**Gehalt uS**
TS [%]		32,0 ± 3,7
Energie [MJ GE/kg]	25,1 ± 1,7	8,1 ± 1,4
Rfe [%]	29,5 ± 8,7	9,6 ± 3,7
Rp [%]	29,5 ± 4,4	9,4 ± 1,6
Rfa [%]	4,5 ± 1,3	1,4 ± 0,4
Ra [%]	2,2 ± 0,6	0,7 ± 0,2
NfE [%]	34,3 ± 10,5	10,8 ± 2,9
Ca	3,8 ± 1,9 [g/kg]	126,3 ± 76,6 [mg/100g]
P	2,9 ± 0,5 [g/kg]	87,0 ± 27,4 [mg/100g]

Mineralstoff- und Vitaminzusätze

In den Versuchsgruppen wurden unterschiedliche, vom Bedarf während des Wachstums (MEYER und ZENTEK 1998, 2001) abweichende Ca- und P-Konzentrationen gefüttert, um die Auswirkungen einer dreifachen Ca-Überversorgung (HC, high calcium), einer Ca-Unterversorgung (LC, low calcium) sowie einer P-Unterversorgung (LP, low phosphorus) zu überprüfen. Zum Vergleich wurde in jedem Wurf eine Kontrollgruppe (NC, normal calcium bzw. NP, normal phosphorus) mit bedarfsgerechter Ca- und P-Versorgung (100%) mitgeführt.

Mit Ausnahme eines Wurfes (Scully 2001) wurde die in der ersten Bilanz verwendete Mineralstoffversorgung auch über die beiden anderen Bilanzen beibehalten. Die Höhe der Ca- und P-Zuteilung der Versuchsgruppen ist in **Tab. 9** dargestellt.

Tab. 9: Mineralstoffversorgung in Prozent des täglichen Bedarfs (MEYER und ZENTEK 1998, 2001) der Versuchs- und Kontrollgruppen während der drei Versuchsdurchgänge

Versuchsdurchgang [Alter ca. Wochen]	**HC (high calcium)**		**FBI (Scully 2001)**		**FBI LP (low phosphorus)**	
	Ca	**P**	**Ca**	**P**	**Ca**	**P**
1 [6-12]	300%	120%	300%	120%	100%	35%
2 [13-18]	300%	120%	10%	100%	100%	35%
3 [19-24]	300%	120%	100%	100%	100%	35%

Die Kontrolltiere des P-Mangel-Wurfs erhielten, genau wie die Kontrolltiere der Ca-Durchgänge, eine bedarfsgerechte Ca- und Phosphorzufuhr und wurden aus diesem Grund zu der Gruppe FBI NC gerechnet. Die Versuchsgruppe des Wurfs Scully 2001 erhielt bei jedem Versuchsdurchlauf eine unterschiedliche Ca-Menge zugeteilt (**Tab. 9**) und wurde bei den statistischen Berechnungen der jeweils zugehörigen Gruppe zugeteilt.
Die weiteren Mengen- und Spurenelemente sowie Vitamine wurden gut bedarfsdeckend über das Mineralfutter zugeführt. Besonders der Gehalt an Verbindungen der zweiwertigen Ionen wie Zink und Eisen wurden bei den HC-Durchgängen in Mengen zugeteilt, die etwas über dem Normalbedarf lagen, um eine verringerte Verwertung aufgrund der Ca-Überdosierung abzufangen. Der Calciumgehalt des Basisfutters wurde durch Flammenemissionsphotometrie, der Phosphorgehalt durch Photometrie nach Säurehydrolyse bestimmt.

Die für jeden einzelnen Hund benötigte Menge an Mineralfutter wurde abhängig von KM, Alter, Gruppenzugehörigkeit und Gehalt im Basisfutter berechnet, unter einen kleinen Teil der Tagesration gemischt und jedem Hund einzeln vor dem restlichen Teil der Ration verfüttert. So konnte die vollständige Aufnahme der Mineralstoff-Vitamin-Mischung gewährleistet werden. **Tab. 10** zeigt die über die gesamte Wachstumsphase pro kg KM täglich aufgenommene Menge an Ca.

Tab. 10: Calciumaufnahme mit MW ± s [mg/kg KM/d] der Versuchs- und Kontrollgruppen

Woche	Beagle NC	Beagle HC	FBI NC	FBI HC	FBI LP
6- 8	393,0 ± 54,1	1304,1 ± 21,5	505,4 ± 40,6	1531,4 ± 90,3	566,7 ± 9,0
8-10	380,4 ± 60,5	1303,9 ± 41,1	467,9 ± 41,1	1478,9 ± 57,0	531,1 ± 10,2
10-12	384,3 ± 85,9	1321,9 ± 40,6	463,4 ± 33,9	1477,1 ± 28,5	515,2 ± 4,5
12-14	437,9 ± 118,0	1219,6 ± 71,0	430,8 ± 47,4	1254,9 ± 120,5	433,6 ± 16,0
14-16	363,8 ± 39,4	1123,2 ± 40,7	379,5 ± 24,9	1111,6 ± 38,5	384,9 ± 1,8
16-18	322,1 ± 74,7	1018,8 ± 153,9	349,3 ± 47,6	1102,8 ± 18,9	381,6 ± 3,0
18-20	282,3 ± 82,2	908,9 ± 201,1	306,3 ± 63,6	929,4 ± 170,7	295,6 ± 1,7
20-22	267,0 ± 74,1	868,0 ± 187,2	257,6 ± 24,5	738,1 ± 31,6	258,2 ± 2,1
22-24	247,6 ± 51,3	795,6 ± 129,8	252,6 ± 25,0	731,9 ± 27,4	257,5 ± 1,3
24-26	241,6 ± 27,0	741,5 ± 26,3	250,0 ± 32,1	730,3 ± 27,0	258,2 ± 1,7
26-28	-	-	250,9 ± 24,5	736,3 ± 35,9	259,4 ± 1,8

4.6 Probenaufbereitung

Futter

Von jeder Futtercharge wurden ein bis drei Proben des frisch gekutterten Futters abgenommen und im Trockenschrank bei 105°C für 24 Stunden getrocknet. Durch Bestimmung der Gewichtsdifferenz vor und nach der Trocknung konnte die TS des Futters errechnet werden. Das Futter wurde daraufhin fein gemahlen, in Feinkostbecher luftdicht abgefüllt und in dieser Form für weitere Analysen aufbewahrt.

Kot

Während der Bilanzphasen wurde der Kot mehrmals täglich aus den Bilanzkäfigen abgesammelt und die Tageskotmenge jedes Hundes gewogen. Nach Einfrieren bei -24°C über Nacht folgte eine Trocknung über 72 Stunden im Lyophilisator. Durch Rückwaage ergab sich die TS.

Für die Aufbereitung wurden alle Tageskotmengen einer Bilanz zu einer Sammelkotprobe zusammengegeben und in einer Mühle fein gemahlen. Nach dem Mahlen folgte das Abfüllen und sorgfältige Verschließen der pulverförmigen Proben in Tüten. Eventuell enthaltene Verunreinigungen wie Steinchen oder Holzsplitter wurden vor der Analyse entfernt.

4.6.1 Bruttoenergiegehalt

Zur Bestimmung der GE einer Probe wurde diese unter genau definierten Bedingungen in einem Bombenkalorimeter verbrannt. Dazu wurden 250–350mg des Probenmaterials auf 0,1mg genau in ein Verbrennungstütchen eingewogen. Die Kotproben wurden mit 0,5ml Reinstwasser angefeuchtet, um eine starke Abnutzung von Verschleißteilen zu verhindern. Nach dem Einlegen der Probe in ein Quarzschälchen wurde dieses in das Aufschlussgefäß eingehängt und durch einen Baumwollfaden eine Verbindung der Probe mit dem Zünddraht hergestellt. Nach Einsetzen des Aufschlussgefäßes in das Kalorimeter folgte die Befüllung mit reinem Sauerstoff auf 30 bar Überdruck, um ein vollständiges Verbrennen der Probe zu gewährleisten. Der umgebende Innenkessels wurde mit auf 25°C temperiertem Wasser gefüllt. Während des Vorversuches wurde automatisch die Temperatur im Kalorimetersystem angeglichen. Erst wenn keine größeren Temperaturschwankungen mehr messbar waren, wurde die Probe automatisch zu Beginn des Hauptversuches über eine elektrische Zündvorrichtung gezündet. Die Probe gibt bei der Verbrennung ihre enthaltende chemische Energie in Form von Wärme an die Umgebung ab und erwärmt das Wasser des Innenkessels. Durch einen Rührer wurde die gleichmäßige Wärmeverteilung im Innenkessel gesichert.
Die Temperaturerhöhung des Wassers zeigte sich durch einen Temperaturfühler. Unter Berücksichtigung der Einwaage, der Verbrennungsenergie des Baumwollfadens und des Verbrennungstütchens sowie der Wärmekapazität des Kalorimetersystems wurde der Brennwert der Probe berechnet und der Wert ausgegeben.

Der Bruttoenergiegehalt bei unseren Untersuchungen wurde im Bombenkalorimeter IKA®-Kalorimetersystem C 2000 basic im dynamischen Arbeitsmodus bei 25 °C Wassertemperatur bestimmt. Von jeder Futter- und Kotprobe wurden jeweils drei Analysen nach obigem Verfahren durchgeführt und aus den Einzelwerten der Mittelwert bestimmt. Bei einer Abweichung der Ergebnisse vom Mittelwert um mehr als 4%, wurden zwei weitere Analysen durchgeführt.

4.6.2 Weender-Analyse

Die Weender Futtermittelanalyse basiert auf den von HENNEBERG und STOHMANN (1864) entwickelten Methoden und dient der Analyse von verschiedenen Stoffgruppen in Futtermitteln.

4.6.2.1 Rohprotein

Die Proteinbestimmung wurde in einem automatisierten Verfahren nach dem Kjeldahl-Prinzip durchgeführt. Von jeder Probe wurden zwei Werte bestimmt (Doppelbestimmung).

Bei der von Johan Kjeldahl entwickelten Methode zur Stickstoffbestimmung wird der organisch gebundene Stickstoff durch konzentrierte Schwefelsäure in Ammonium-Ionen überführt. Nach dem Erkalten der Reaktionslösung werden durch Zugabe von Lauge im Überschuss die Ammonium-Ionen in Ammoniak umgewandelt. Der Ammoniak wird daraufhin mit Hilfe von Wasserdampf abdestilliert und dessen Menge in der Destillationsflüssigkeit titrimetrisch bestimmt.

Für die Proteinbestimmung wurden 0,5-1,0g der Probe in Abwägeschiffchen eingewogen und in ein Analyseglas gegeben. Nach Zugabe von jeweils 15ml konzentrierter Schwefelsäure (98%) und 2 Kjeldahl-Tabletten als Katalysator folgte ein 50minütiger Aufschluss der Proben bei 410 °C im FOSS 2020 Digestor®.

Die Stickstoffbestimmung in der Reaktionslösung erfolgte in der FOSS Kjeltec™ 2400 Analyzer Unit. In der Analyseeinheit laufen zur Stickstoffbestimmung automatisch verschiedene Schritte in Folge ab. Zunächst wird in das Titrationsgefäß 30ml Vorlagelösung mit Indikator gefüllt. In das Analyseglas kommen daraufhin 60ml destilliertes Wasser sowie 60ml Natronlauge (32%) zu der Reaktionslösung hinzu. Durch Einleiten von Wasserdampf in die Probe wird der Ammoniak in Gasform überführt, kondensiert wiederum am gekühlten Kondensor und wird danach zum Titrationsgefäß geleitet. Hier erfolgt die Titration des Ammoniaks mit 0,2normaler Salzsäure bis zum stabilen Farbumschlag des Indikators.

Aus der benötigten Menge an Säure kann der Stickstoffgehalt der Probe errechnet werden. Der Proteingehalt ergibt sich durch Multiplikation der bestimmten Stickstoffmenge mit dem Faktor 6,25, dem reziproken Wert des typischen Stickstoffgehaltes des Proteins (16%).

4.6.2.2 Rohfett

Vor der Rohfettbestimmung wurde bei den Kotproben zunächst ein Säureaufschluß vorgenommen. Dieser wurde im FOSS Soxtex® System 2047 SoxCap nach einem automatischen Verfahren durchgeführt. Dafür wurden in die Probengefäße jeweils 2,5g der Probe auf 0,1g genau eingewogen und etwas Kieselgur (Celite) zugegeben. Nach Zugabe von 10%iger Salzsäure wurde das System abgedeckt und über die integrierte Kochplatte eine Stunde unter leichtem Sieden gehalten. Die verdunstende Säure wurde ersetzt. Nach dem

Kochvorgang folgte Spülung der Proben mit Wasser und daraufhin das Trocknen bei 103°C über Nacht.

Die eigentliche Fettbestimmung erfolgte nach dem Soxhlet-Prinzip. Hierbei wird das in einen Destillationskolben vorgelegte Extraktionsmittel bis zum Sieden erhitzt und steigt als Dampf auf. Am Kühler des Kolbens kondensiert dieses und tropft daraufhin in die Extraktionshülse, die die Probe enthält. Die im Extraktionsmittel gelösten Fette fließen gemeinsam mit diesem in den Kolben zurück und reichern sich hier an, während das Lösungsmittel erneut verdampft und der Probe weiter Fett entzieht.

Die Bestimmung des Rohfettgehalts der Probe erfolgte im Soxtec® Avanti 2050 Automatic Extraction System. Jede Probe wurde zweimal analysiert (Doppelbestimmung). Nach dem Trocknen der Aluminium-Extraktionstiegel wurden diese im Exsikkator abgekühlt und mit Siedesteinchen bestückt ausgewogen. Die Proben wurden im Aluminiumtiegel in die Extraktionseinheit eingebracht und zu jeder Probe 80ml Petrolether (Siedepunkt 40-60°) als Lösungsmittel gegeben.

Die Extraktion fand danach durch einen automatisierten Programmablauf statt. Zunächst wird die Probe 20 Minuten in das durch die Heizplatte erhitzte Lösungsmittel eingetaucht, wobei sich ein Teil des Fettes im Petrolether lösen kann. Nach Anheben der Proben fließt das am Kondensator kondensierende Lösungsmittel durch die Extraktionshülse und die Probe wird so 40 Minuten lang gewaschen. Anschließend erfolgt während 13 Minuten die Rückgewinnung des Petrolethers, indem das kondensierende Wasser abgeleitet und zuletzt durch eine Luftpumpe letzte Reste entfernt werden.

Die das extrahierte Fett enthaltenden Extraktionstiegel wurden anschließend im Trockenschrank bei 105°C getrocknet, im Exsikkator abgekühlt und auf der Analysenwaage ausgewogen.

4.6.2.3 Rohfaser

Als Rfa wird der asche- und fettfreie Rückstand nach Kochen in verdünnter Säure und Lauge bezeichnet. Dazu gehören unlösliche Anteile von Zellulose, Hemizellulose, Lignin und andere Zellwandbestandteile.

Die Rfa-Bestimmung erfolgte im Foss Fibertec 2010 Hot Extractor. Für die Analyse wurde 1g der Probe auf 0,1mg genau in eine Glasfritte eingewogen.

Die Probe wurde zunächst 30 Minuten mit 150ml 1,25%iger Schwefelsäure gekocht und danach mit heißem destilliertem Wasser dreimal gespült. Ein Überschäumen der Probe während des Kochvorgangs wurde durch Zugabe von Octanol verhindert. Darauf wurde 30 Minuten mit 150ml 1,25%iger Kalilauge gekocht und erneut mit heißem Wasser dreimal gespült.
Im Foss Tecator® 1021 Cold Extractor wurden die Proben im Anschluss an den Kochvorgang dreimal mit Aceton entfettet und daraufhin im Trockenschrank bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.
Nach Abkühlen im Exsikkator und Auswiegen wurden die Proben im Muffelofen bei 520°C 4,25 Stunden lang verascht. Von jeder Probe wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt und der Rfa-Gehalt der Probe aus der Differenz vor und nach der Veraschung errechnet.

4.6.2.4 2. Trockensubstanz

Da sich durch Lagerung der getrockneten Proben der Feuchtigkeitsgehalt erhöht hatte, wurde die zweite TS ermittelt.
Für die Bestimmung wurden zunächst Tiegel im Trockenschrank getrocknet und nach dem Abkühlen im Exsikkator deren Leergewicht bestimmt. Daraufhin wurden etwa 2g der Probe eingewogen und bei 103°C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach erneutem Abkühlen im Exsikkator und Auswiegen konnte aus der Gewichtsdifferenz der verflüchtigte Rohwasseranteil in Prozent berechnet werden. Die erhaltenen Werte der anderen Analysen wurden um diesen Prozentsatz auf 100% TS korrigiert.

4.6.2.5 Rohasche

Für die Bestimmung der Rohasche wurden Porzellantiegel im Trockenschrank getrocknet, im Exsikkator abgekühlt und nach Bestimmung des Leergewichtes etwa 1g der Probe eingewogen. Die Proben veraschten bei 650°C im Muffelofen über einen Zeitraum von 48 Stunden. Nach Abkühlen im Exsikkator wurden die Tiegel ausgewogen und der prozentuale Anteil der Asche an der Probe berechnet.

4.6.2.6 Stickstofffreie Extraktstoffe

Zur Gruppe der NfE gehören verschiedene Kohlenhydrate, wie beispielsweise niedrig- und hochmolekulare Zucker, Stärke und Polysaccharide. Die NfE im Futter wurde rein

rechnerisch aus den anderen Rohnährstoffen bestimmt. Dazu wurde der prozentuale Gehalt des Rp, des Rfe, der Rfa und der Rohasche von der TS abgezogen:

NfE = TS - %Rp - %Rfe - %Rfa - %Ra

4.6.3 Stärke

Von 12 Kotproben sowie 2 Futterproben wurden zudem die Stärkegehalte ermittelt. Von jeder Probe wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt. Vor der Analyse musste eine Vorbehandlung der Proben mit Dimethylsulfoxid (DMSO) und Salzsäure vorgenommen werden, um die Stärke in eine lösliche Form zu überführen.

Dazu wurden jeweils 1g der Kotproben bzw. etwa 150-200mg der Futterproben in einen 100ml Erlenmeyerkolben eingewogen. Daraufhin wurden jeweils 20ml DMSO und 5ml 8 molare Salzsäure dazugegeben, der Kolben verschlossen und 30 Minuten im Schüttelwasserbad bei 60°C inkubiert.

Danach wurde die Lösung rasch abgekühlt, 50ml Wasser zugegeben und mit 5 molarer Natronlauge auf pH 4-5 eingestellt. Über ein angefeuchtetes Filterpapier wurde die Mischung in einen 100 ml Erlenmeyerkolben überführt, mit Wasser nachgespült und auf genau 100ml Flüssigkeit aufgefüllt. Für die Bestimmung der Stärke im Futter wurden sofort 0,1ml, für die Kotproben 0,2ml der Lösung verwendet.

Die Stärkebestimmung erfolgt in drei Schritten. Zunächst wird Stärke durch das Enzym Amyloglucosidase bei pH 4,6 zu D-Glucose gespalten:

Stärke + x * H_2O → y * D-Glucose

Die gebildete Glucose wird bei pH 7,6 mit Adenosintriphosphat (ATP) in Gegenwart des Enzyms Hexokinase zu D-Glucose-6-Phosphat (G-6-P) phosphoryliert, wobei gleichzeitig Adenosindiphosphat (ADP) entsteht:

D-Glucose + ATP → G-6-P + ADP

D-Glucose-6-Phosphat wird von Nicotinamid-adenin-dinucleotidphosphat ($NADP^+$) in Gegenwart von Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase zu D-Gluconat-6-Phosphat oxidiert, wobei reduziertes Nicotinamid-adenin-dinucleotidphosphat (NADPH) entsteht:

$$G\text{-}6\text{-}P + NADP^+ \rightarrow D\text{-Gluconat-6-Phosphat} + NADPH + H^+$$

Die während der Reaktion gebildete NADPH-Menge ist der durch Hydrolyse der Stärke gebildeten D-Glucose-Menge proportional. NADPH ist die Messgröße und wird aufgrund seiner Absorption bei 340 Nanometer (nm) bestimmt.

Die Stärkebestimmung erfolgte nach dem oben genannten Prinzip mit Hilfe des Testkits zur Stärkebestimmung der Firma Boehringer Mannheim/R-Biopharm. Für die Berechnung wurden von jeder Probe ein Probe- und ein Probeleerwert bestimmt. Nach der vorschriftsmäßigen Zugabe der Reagentien wurden die Proben im Photometer Genesys 10 Thermo Spectronic bei 340nm gemessen. Die Berechnung erfolgte nach vorgegebener Formel unter Berücksichtigung des Verdünnungsfaktors und des Probeleerwertes.

4.6.4 Berechnung der Verdaulichkeiten

Die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe wurden nach folgender Formel berechnet:

$$\mathbf{sV = (V_F - V_K)/V_F * 100}$$

V_F: Menge des mit dem Futter aufgenommenen Rohnährstoffs
V_K: Menge des mit dem Kot ausgeschiedenen Rohnährstoffs

Die aufgenommene Menge eines Rohnährstoffs mit dem Futter errechnete sich aus dessen Konzentration im Futter [%], multipliziert mit der aufgenommenen Gesamtfuttermenge. In gleicher Weise wurde die ausgeschiedene Menge des Rohnährstoffs basierend auf den Ergebnissen der Weender Analyse im Kot bestimmt.

4.6.5 Statistische Methoden

Zur Auswertung wurden folgende statistische Methoden angewandt:

- Mittelwertbestimmung
- Bestimmung der Standardabweichung
- t-Test nach Student
- Einfaktorielle Varianzanalyse: Dunn’s Test, Holm-Sidak Test
- Zweifaktorielle Varianzanalyse: Tukey`s Test, Holm-Sidak Test

5 Ergebnisse

5.1 Gesundheit und Verhalten der Welpen

Die in den Versuchen verwendeten Welpen waren über den gesamten Verlauf des Versuches weitestgehend klinisch gesund. Bei einzelnen Tieren kam es vorübergehend zu Durchfall, der ohne medikamentöse Therapie verschwand und keine spezielle Diagnostik erforderte. Bei einigen Tieren aus Winterwürfen kam es ebenfalls transient zu leichten Erkältungserscheinungen wie Schnupfen und Husten, die allenfalls mit einem Immunstimulans (Baypamun© bzw. Zorexis©) behandelt wurden und ohne weiteres abheilten. Besonderes Augenmerk wurde auf Veränderungen des Bewegungsapparates gelegt. Klinisch ersichtliche Störungen des Skelettwachstums konnten nicht festgestellt werden. Neben einem ungestörten Sozialverhalten zeigten die Hunde sich Rasse und Alter entsprechend durchwegs aufmerksam und lebhaft.

Einzelne Tiere der Versuchsgruppe FBI LP zeigten zeitweise mangelnden Appetit mit verminderter Futteraufnahme. In den anderen Versuchsgruppen wurde das Futter über die gesamte Versuchsdauer vollständig aufgenommen.

5.2 Energiegehalt des Futters

Für die verwendeten Futterchargen (n=19) errechnete sich ein mittlerer Bruttoenergiegehalt von 25,1 ± 5,1 MJ in der TS. Darüber hinaus wurde eine multifaktorielle Regressionsberechnung zur Bestimmung der GE aus den Rohnährstoffen Fett, Protein, Faser und NfE durchgeführt. Für die einzelnen Rohnährstoffe wurden folgende Bruttoenergiewerte bestimmt: Für Rfe 36,8 kJ/g, für Rp 24,6 kJ/g, für Rfa 16,2 kJ/g und für NfE 18,4 kJ/g.

Abb. 3 vergleicht die rechnerisch und experimentell ermittelten Werte der GE in MJ/kg TS im Futter.

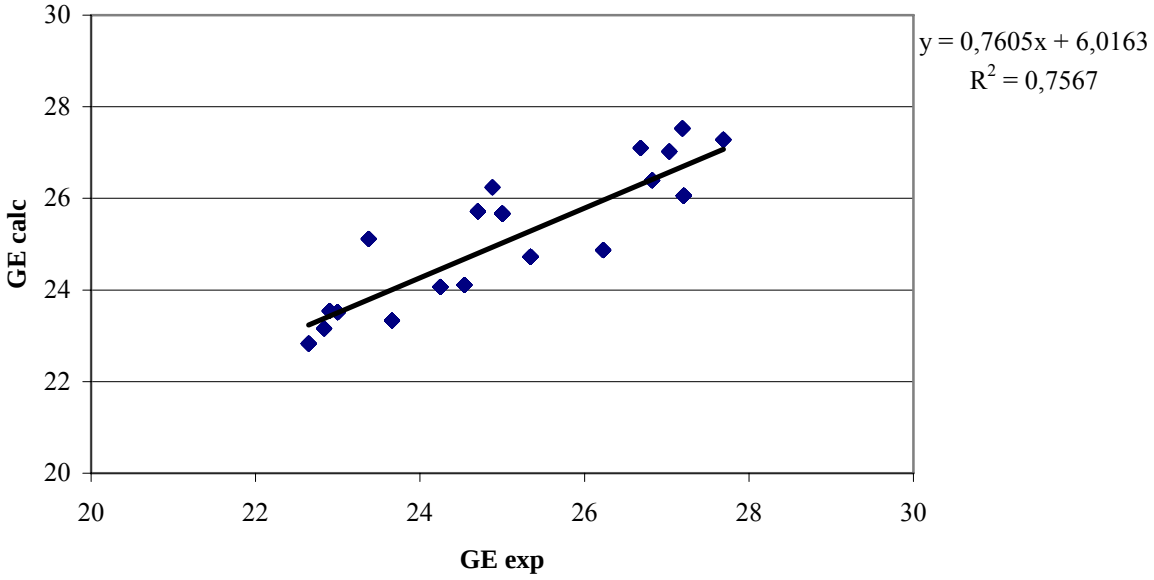

Abb. 3: Vergleich von experimentell und rechnerisch ermittelter GE [MJ/kg] im Futter; $y = 0{,}76x + 6{,}02$; $r^2 = 0{,}77$, n = 19

5.3 Energie- und Nährstoffgehalt des Kots

Die mittleren Rohnährstoff- und GE-Gehalte des Kots wurden getrennt nach den einzelnen Versuchs- und Kontrollgruppen ermittelt und sind zusammengefasst in **Tab. 11** dargestellt.

Tab. 11: Rohnährstoffgehalte [%] und Brennwerte des Kotes [MJ] vergleichend an Versuchs- (HC n=119; LP n=18; LC n=5) und Kontrollgruppen (NC n=80)

	NC	HC	LP	LC
Rp [%TS]	$25{,}0^{a} \pm 2{,}9$	$18{,}7^{b} \pm 3{,}4$	$25{,}3^{a} \pm 2{,}4$	$22{,}8^{a} \pm 3{,}6$
Rfe [%TS]	$12{,}4^{a} \pm 4{,}8$	$14{,}0^{b} \pm 5{,}1$	$15{,}3^{b} \pm 4{,}6$	$8{,}6^{a} \pm 3{,}3$
Rfa [%TS]	$19{,}9^{a} \pm 4{,}2$	$13{,}4^{b} \pm 3{,}1$	$16{,}6^{c} \pm 1{,}2$	$24{,}2^{d} \pm 3{,}9$
Ra [%TS]	$18{,}7^{a} \pm 4{,}9$	$27{,}6^{b} \pm 4{,}8$	$17{,}5^{ab} \pm 2{,}1$	$19{,}8^{ab} \pm 4{,}7$
NfE [%TS]	$24{,}1^{a} \pm 4{,}8$	$26{,}3^{b} \pm 3{,}7$	$25{,}2^{a} \pm 3{,}4$	$24{,}6^{a} \pm 3{,}9$
GE [MJ/kg]	$19{,}4^{a} \pm 1{,}5$	$16{,}1^{b} \pm 2{,}1$	$20{,}3^{c} \pm 1{,}1$	$18{,}0^{a} \pm 1{,}2$

Mittelwerte einer Zeile, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind unterscheiden sich signifikant

Die Ca-Zufuhr mit dem Futter hatte einen signifikanten Einfluss auf den Nährstoff- und Energiegehalt im Kot. So zeigte sich bei den HC-Tieren ein signifikant höherer Gehalt an Rfe, Ra und NfE im Kot, wohingegen der Rp-, Rfa- und GE-Gehalt niedriger lag ($P \leq 0{,}008$). Für die Tiere der Gruppe LP wurde ein höherer Rfe- und GE-Gehalt ermittelt, der Rfa-Gehalt war

signifikant niedriger (P≤0,005). Bei den LC-Tieren zeigte sich ein signifikant höherer Rfa-Gehalt im Kot.

Auch für die Rohnährstoffgehalte im Kot wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt und deren Brennwerte ermittelt. Wegen dem Einfluss der Ca-Zufuhr auf die Kotzusammensetzung wurden dabei die Gruppen NC und HC getrennt ausgewertet. Die ermittelten Brennwerte sind in **Tab. 12** dargestellt.

Tab. 12: Anhand der Regressionsanalyse aus eigenen Versuchsdaten ermittelte Brennwerte [kJ/g] der Rohnährstoffe, getrennt nach Versuchs- und Kontrollgruppe

	Rp	**Rfe**	**Rfa**	**NfE**
NC	26,0	38,3	19,3	12,7
HC	26,5	38,4	19,1	17,7

Im Gegensatz zu allen anderen Faktoren konnten zwischen Rfe und NfE in der Gruppe HC Co-Korrelationen festgestellt werden (r = 0,61).

Zwischen der Abweichung des errechneten vom experimentell bestimmten Energiegehalt im Kot und dem Gehalt an einzelnen Rohnährstoffen im Kot zeigte sich in beiden Gruppen zu keinem der Nährstoffe eine Beziehung.

5.4 Verdaulichkeiten

5.4.1 Verdaulichkeit des Rohproteins

Das Alter der Hunde in dem Zeitraum von der 1. Bilanz mit einem Alter der Tiere von 12 Wochen bis zur 3. Bilanz mit einem Alter von 24 Wochen hatten keinen Effekt auf die Verdaulichkeit des Rohproteins und weshalb die Werte der einzelnen Bilanzen daher im folgenden zusammen dargestellt werden.

Tab. 13: Scheinbare Verdaulichkeit des Rp [sV Rp %] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen

	Beagles		**FBI**	
	n	**MW**	**n**	**MW**
NC	30	88,2 ± 2,5	50	$87,3^{a}$ ± 3,2
HC	60	$86,8^{A}$ ± 2,8	59	$84,6^{Bb}$ ± 4,1
LP	-	-	18	$87,4^{a}$ ± 2,4
LC	-	-	5	$93,6^{c}$ ± 1,1

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind und Mittelwerte einer Zeile, die nicht mit demselben Großbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Die Rasse hatte bei den Tieren der Gruppe HC einen Einfluss auf die Rp-Verdaulichkeit, mit signifikant höheren Werten bei den Beagles im Vergleich zu den FBIs (P≤0,004). Bei der Gruppe NC konnte dagegen kein Einfluss der Rasse festgestellt werden. Die Proteinverdaulichkeit unter hoher Ca-Zufuhr lag bei den Tieren der Gruppe FBI HC signifikant niedriger als die Verdaulichkeiten aller anderen Gruppen der FBIs (P≤0,019). Die Tiere der Gruppe FBI LC wiesen dagegen im Vergleich zu den anderen Gruppen eine signifikant höhere Proteinverdaulichkeit auf (P≤0,001). Zwischen den Gruppen FBI NC und LP konnten keine signifikanten Unterschiede in der Verdaulichkeit festgestellt werden. Zur besseren Übersicht sind die Signifikanzen und Mittelwerte für die scheinbare Verdaulichkeit des Rp in **Tab. 13** dargestellt.

Ein Einfluss des Geschlechts auf die Verdaulichkeit des Rp konnte nicht festgestellt werden.

5.4.2 Verdaulichkeit des Rohfetts

Weder die Rasse noch das Alter hatten einen Einfluss auf die Höhe der Fettverdaulichkeit. Auch die Gruppen Beagle NC und Beagle HC unterschieden sich nicht signifikant. Die Gruppe FBI HC zeigte eine signifikant niedrigere Fettverdaulichkeit als die Tiere der anderen Gruppen der FBIs (P≤0,001).

Die Mittelwerte und Signifikanzen für die Verdaulichkeit des Rfe sind in **Tab. 14** dargestellt.

Tab. 14: Scheinbare Verdaulichkeit des Rfe [%] beider Rassen in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen

	Beagles		**FBI**	
	n	**MW**	**n**	**MW**
NC	30	93,7 ± 2,9	50	$93,3^{a}$ ± 3,2
HC	60	89,1 ± 5,3	59	$87,7^{b}$ ± 6,6
LP	-	-	18	$93,5^{a}$ ± 2,4
LC	-	-	5	$96,0^{a}$ ± 1,8

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Die Gruppen FBI NC, LP und LC waren nicht signifikant verschieden. Das Geschlecht hatte bei beiden Rassen keinen Einfluss auf die Fettverdaulichkeit.

5.4.3 Verdaulichkeit der Rohfaser

Das Alter der Tiere, das Geschlecht sowie die Höhe der Ca- bzw. P-Versorgung hatten keinen Einfluss auf die Verdaulichkeit der Rohfaser. Beim Vergleich beider Rassen lag bei den Beagles die Verdaulichkeit der Faser signifikant über derjenigen der FBIs ($P \leq 0,001$). Die Mittelwerte, Signifikanzen und Signifikanzlevels für die Rfa-Verdaulichkeit in den verschiedenen Gruppen sind zur besseren Übersicht in **Tab. 15** dargestellt.

Tab. 15: Scheinbare Verdaulichkeit der Rfa [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen

	Beagles		**FBI**	
	n	**MW**	**n**	**MW**
NC	30	$53,0^{***}$ ± 23,3	50	28,5 ± 23,9
HC	60	$50,4^{***}$ ± 24,9	59	21,8 ± 27,6
LP	-	-	18	36,2 ± 12,4
LC	-	-	5	25,9 ± 11,2

Mittelwerte einer Zeile, die mit Stern gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant, *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz an

5.4.4 Verdaulichkeit der Rohasche

Das Alter der Tiere hatte einen signifikanten Effekt auf die Ra-Verdaulichkeit. Mit Ausnahme der Gruppen FBI NC und FBI LP wurde bei allen anderen Gruppen eine signifikant höhere

Verdaulichkeit in der Bilanz 1 erreicht als in den beiden folgenden Bilanzen (P≤0,001). Die Verdaulichkeiten der Bilanz 2 und 3 waren nicht signifikant verschieden.
Ein Einfluss der Rasse konnte dagegen nur bei den NC-Tieren in Bilanz 1 mit einer höheren Verdaulichkeit bei den Beagles festgestellt werden (P≤0,001).

Tab. 16: Scheinbare Verdaulichkeit der Rohasche [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen

Beagles	**Bilanz 1**		**Bilanz 2**		**Bilanz 3**	
Gruppe	**n**	**MW**	**n**	**MW**	**n**	**MW**
Beagle NC	10	$79,9^{Aa} \pm 3,3$	10	$60,4^{Bab} \pm 6,6$	10	$55,3^{Bab} \pm 9,9$
Beagle HC	20	$70,1^{Aab} \pm 9,9$	20	$56,9^{Ba} \pm 6,8$	20	$56,9^{Bab} \pm 8,3$
FBI NC	15	$63,8^{b} \pm 7,9$	15	$59,5^{ab} \pm 5,1$	20	$55,3^{ab} \pm 15,2$
FBI HC	23	$61,0^{Ab} \pm 12,0$	18	$53,0^{Ba} \pm 12,0$	18	$50,4^{Ba} \pm 10,0$
FBI LP	6	$68,1^{ab} \pm 4,9$	6	$71,5^{b} \pm 8,2$	6	$65,2^{b} \pm 4,1$
FBI LC	-	-	5	$48,9^{a} \pm 17,0$	-	-

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind und Mittelwerte einer Zeile, die nicht mit demselben Großbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Die Mineralstoffversorgung beeinflusste bei den FBIs in der 2. Bilanz die Ra-Verdaulichkeit insofern, als dass bei den Tieren der Gruppe LP eine signifikant höhere Verdaulichkeit feststellbar war als bei den Tieren der Gruppen HC und LC (P≤0,002). Zwischen den restlichen Gruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. In Bilanz 3 waren nur die Gruppen FBI HC und FBI LP signifikant verschieden, mit einer höheren Verdaulichkeit bei den Tieren der LP-Gruppe (P≤0,035). Auch hier beeinflusste das Geschlecht der Tiere die Verdaulichkeit der Rohasche nicht.
Die Ergebnisse der Verdaulichkeit der Rohasche sind zur besseren Übersicht in **Tab. 16** aufgeführt.

5.4.5 Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe

Weder Alter noch Geschlecht oder Rasse beeinflussten die NfE-Verdaulichkeit signifikant, weshalb auf eine getrennte Darstellung verzichtet werden konnte.
Eine hohe Ca-Versorgung reduzierte dagegen, im Vergleich zu allen anderen Gruppen, die Verdaulichkeit signifikant (P≤0,001). Die Gruppe FBI LP war von der Versuchs- und Kontrollgruppe der FBIs nicht signifikant verschieden, die LC-Gruppe unterschied sich

dagegen signifikant von den HC-Tieren (P≤0,001). Zur besseren Übersicht sind die Signifikanzen mit den Mittelwerten der Verdaulichkeiten der FBIs in **Tab. 17** dargestellt.

Tab. 17: Scheinbare Verdaulichkeit der NfE [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen

	Beagles		**FBI**	
	n	**MW**	**n**	**MW**
NC	30	$90,0^{a} \pm 3,2$	50	$88,2^{a} \pm 4,4$
HC	60	$85,2^{b} \pm 4,4$	59	$84,0^{b} \pm 4,6$
LP	-	-	18	$86,7^{ab} \pm 3,4$
LC	-	-	5	$91,2^{a} \pm 2,6$

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

5.4.6 Stärkeverdaulichkeit

Die für die verschiedenen Rassen und Versuchsgruppen ermittelten Stärkeverdaulichkeiten sind in **Tab. 18** dargestellt. Ein Einfluss der Rasse zeigte sich lediglich bei den Tieren der Kontrollgruppe (NC), mit einer signifikant höheren Verdaulichkeit bei den Beagles (P≤0,01). Die Höhe der Ca-Zufuhr hatte keinen Effekt auf die Stärkeverdaulichkeit.

Tab. 18: Scheinbare Verdaulichkeit der Stärke [%] in Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen

	Beagles		**FBI**	
	n	**MW**	**n**	**MW**
NC	4	$99,7^{**} \pm 0,1$	2	$98,7 \pm 0,5$
HC	2	$99,3 \pm 0,3$	4	$98,8 \pm 0,5$

Mittelwerte einer Zeile, die mit einem Stern überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant; *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz wieder

5.4.7 Verdaulichkeit der organischen Substanz

Auch bei der Verdaulichkeit der oS zeigte sich kein Einfluss des Alters, weshalb die ermittelten Werte im folgendem zusammengefasst wurden. Die Mittelwerte mit Signifikanzen für die Verdaulichkeit der oS in den einzelnen Gruppen sind in **Tab. 19** dargestellt.

Bei den Tieren der Kontrollgruppen konnte kein Einfluss der Rasse auf die Verdaulichkeit der oS festgestellt werden, wohingegen bei den HC-Tieren eine signifikant höhere Verdaulichkeit bei den Beagles zu zeigen war (P≤0,003).

Tab. 19: Scheinbare Verdaulichkeit der oS [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen

	Beagles		**FBI**	
	n	**MW**	**n**	**MW**
NC	30	$88,3^{a} \pm 2,3$	50	$87,3^{a} \pm 2,5$
HC	60	$84,7^{Ab} \pm 3,3$	59	$82,7^{Bb} \pm 3,4$
LP	-	-	18	$87,6^{a} \pm 2,3$
LC	-	-	5	$90,7^{a} \pm 1,5$

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind und Mittelwerte einer Zeile, die nicht mit demselben Großbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Die Mineralstoffsupplementierung hatte einen Effekt auf die die oS-Verdaulichkeit mit im Vergleich zu allen anderen Gruppen signifikant niedrigeren Werten bei den HC-Tieren (P≤0,001).

Ein Einfluss des Geschlechts auf die Verdaulichkeit der oS konnte nicht festgestellt werden.

5.4.8 Energieverdaulichkeit

Die Mittelwerte für die Verdaulichkeiten der Energie sind in **Tab. 20** für die Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen dargestellt. Zwischen den einzelnen Bilanzen bestanden keine signifikanten Unterschiede in der Energieverdaulichkeit, weshalb diese nicht weiter getrennt aufgeführt wurden. Das Geschlecht der Versuchshunde hatte keinen Einfluss auf die Verdaulichkeit der GE.

Ein Einfluss der Rassezugehörigkeit mit einer niedrigeren Energieverdaulichkeit bei den FBIs konnte nur bei den HC-Tieren nachgewiesen werden (P≤0,016), wohingegen bei den Tieren der Kontrollgruppen kein Unterschied zwischen beiden Rassen festgestellt werden konnte.

Tab. 20: Verdaulichkeit der Energie [%] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen beider Rassen

	Beagles		**FBI**	
	n	**MW**	**n**	**MW**
NC	30	$89,0^{a} \pm 2,4$	50	$88,3^{a} \pm 2,6$
HC	60	$86,6^{Ab} \pm 3,4$	59	$84,7^{Bb} \pm 3,7$
LP	-	-	18	$88,8^{a} \pm 2,4$
LC	-	-	5	$92,2^{a} \pm 1,3$

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind und Mittelwerte einer Zeile, die nicht mit demselben Großbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Eine hohe Ca-Supplementierung beeinflusste die Energieverdaulichkeit im Vergleich zu allen anderen Gruppen signifikant ($P \leq 0,001$).

5.5 Aufnahme an verdaulichen Nährstoffe

Anhand der Kontrollgruppe wurden die mittleren Gehalte an verdaulichen Rohnährstoffen und verdaulicher Energie (DE) des Versuchsfutters ermittelt (**Tab. 21)**.

Tab. 21: Gehalte an verdaulichen Rohnährstoffen [% TS] und DE [MJ/kg] des Versuchsfutters mit MW ± s sowie Extremwerten (n = 80)

	NC	**min**	**max**
vRp	26,6 ± 4,3	18,6	37,3
vRfe	27,5 ± 7,3	14,7	42,6
vNfE	29,6 ± 9,8	14,3	48,8
vRfa	2,2 ± 1,8	- 0,9	5,7
vRa	1,4 ± 0,4	0,3	2,2
DE	22,3 ± 17,0	16,7	25,5

Bei der Durchführung einer Regressionsanalyse auf Basis der verdaulichen Rohnährstoffe und der DE innerhalb der Kontrollgruppe wurden folgende Energiegehalte pro g TS ermittelt: verdauliches Rohprotein (vRp) 26,1 kJ/g, verdauliches Rohfett (vRfe) 35,7 kJ/g, verdauliche Rohfaser (vRfa) 17,1 kJ/g und verdauliche NfE (vNfE) 17,6 kJ/g.

5.6 TS-Aufnahme

Die durchschnittliche TS-Aufnahme der Hundewelpen aus Versuchs- und Kontrollgruppe beider Rassen ist in **Abb. 4** dargestellt. Im Verlauf des Wachstums nahm die absolut

aufgenommene Menge an TS kontinuierlich zu. Die Rasse zeigte von der 6. bis 30. Lebenswoche einen signifikanten Effekt, mit einer signifikant höheren TS-Aufnahme bei den FBIs (P≤0,001).

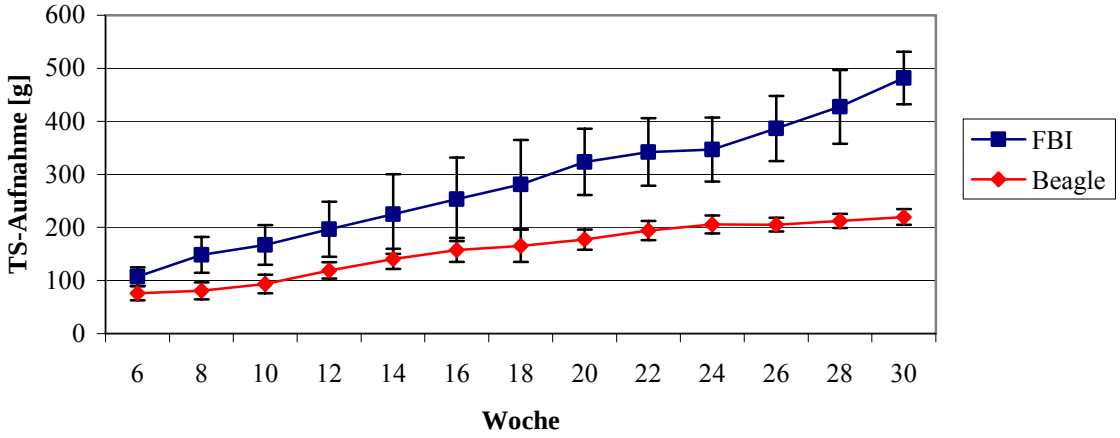

Abb. 4: Darstellung der TS-Aufnahme [g] im Verlauf des Wachstums, vergleichend an beiden Rassen

Bei Bezug der TS-Aufnahme auf das metabolische Körpergewicht des Tieres [g TS/kg $KM^{0,75}$] wurden die in **Tab. 22** zusammengefassten Werte ermittelt.

Die Höhe der Ca-Versorgung hatte über den gesamten Versuchszeitraum keinen Einfluss auf die TS-Aufnahme pro kg $KM^{0,75}$, wohingegen im Vergleich zur Kontrollgruppe bei niedriger P-Zufuhr in den Wochen 6-12, 16-20 und 24-28 eine signifikant geringere Menge an TS aufgenommen wurde.

Tab. 22: Tägliche durchschnittliche TS-Aufnahme pro kg metabolischer KM [g TS/kg $KM^{0,75}$]

	Beagles		**FBI**		
Woche	**NC**	**HC**	**NC**	**HC**	**LP**
6- 8	$42,2^{ab} \pm 5,9$	$38,0^{a} \pm 6,6$	$48,4^{b} \pm 5,8$	$48,2^{b} \pm 6,7$	$38,7^{a} \pm 2,5$
8-10	$41,1^{ab} \pm 4,7$	$37,9^{ac} \pm 5,5$	$46,3^{b} \pm 5,6$	$46,1^{b} \pm 6,2$	$30,7^{c} \pm 5,7$
10-12	$42,8^{a} \pm 4,9$	$42,8^{a} \pm 4,3$	$47,2^{a} \pm 6,8$	$47,0^{a} \pm 4,8$	$33,8^{b} \pm 3,2$
12-14	$44,6^{a} \pm 4,9$	$43,3^{a} \pm 3,9$	$47,0^{ab} \pm 9,1$	$46,9^{a} \pm 7,2$	$35,5^{b} \pm 0,5$
14-16	$44,1^{a} \pm 4,7$	$43,5^{a} \pm 4,5$	$45,6^{ab} \pm 7,2$	$46,4^{a} \pm 5,8$	$35,6^{b} \pm 0,9$
16-18	$41,4^{ab} \pm 4,8$	$41,2^{ab} \pm 5,0$	$45,2^{a} \pm 6,1$	$46,4^{a} \pm 4,6$	$34,9^{b} \pm 1,4$
18-20	$40,9^{ab} \pm 2,1$	$41,4^{ab} \pm 3,0$	$45,5^{a} \pm 6,2$	$47,7^{a} \pm 5,4$	$36,0^{a} \pm 0,4$
20-22	$41,6^{ab} \pm 3,4$	$42,1^{a} \pm 4,5$	$44,3^{ab} \pm 6,6$	$45,9^{a} \pm 6,4$	$35,7^{b} \pm 0,8$
22-24	$40,9^{a} \pm 3,3$	$41,3^{a} \pm 3,8$	$42,9^{ab} \pm 6,8$	$43,7^{a} \pm 6,4$	$34,7^{b} \pm 0,8$
24-26	$38,3^{ab} \pm 2,8$	$39,2^{a} \pm 3,0$	$45,5^{a} \pm 9,6$	$44,5^{a} \pm 9,1$	$34,6^{b} \pm 0,6$
26-28	$38,7^{ab} \pm 3,2$	$40,3^{ab} \pm 3,5$	$45,5^{a} \pm 10,7$	$46,6^{a} \pm 9,6$	$34,7^{b} \pm 0,7$

Mittelwerte einer Zeile, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Auf Basis einer zweifaktoriellen Varianzanalyse unter Ausschluss der Tiere der Gruppe FBI LP zeigte sich ein Einfluss der Rasse auf die TS-Aufnahme. So nahmen die Beagles in den Wochen 6-10, 18-20 sowie 24-28 signifikant weniger TS auf, als die FBIs ($P \leq 0,021$). Ein Einfluss des Geschlechts auf die Höhe der TS-Aufnahme konnte nicht festgestellt werden.

5.7 Calciumaufnahme

Die mittlere absolute Calciumaufnahme [g/Tier/d] der Gruppen Beagles HC und Beagles NC zeigt **Abb. 5.**

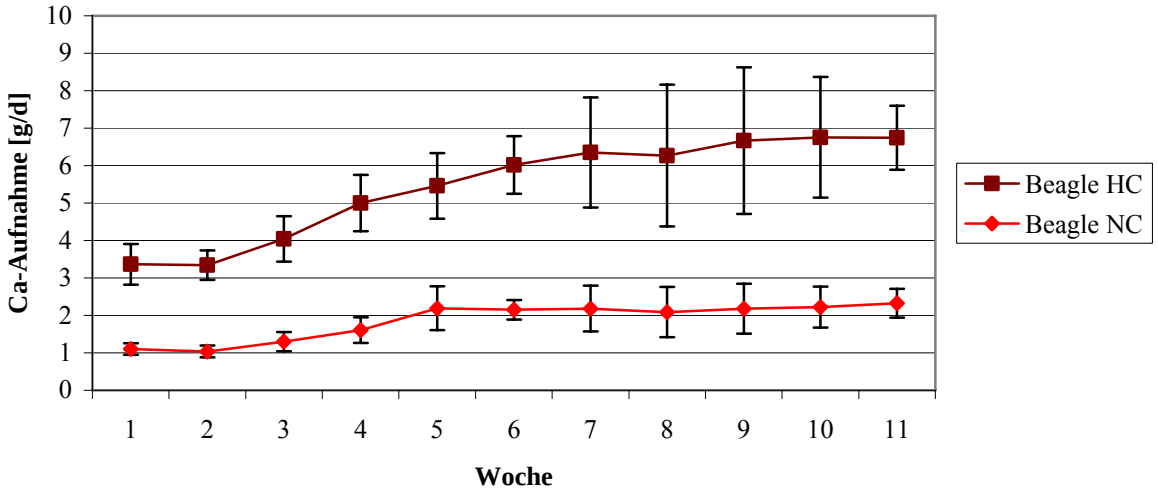

Abb. 5: Tägliche absolute Ca-Aufnahme [g/d] der Beagles in den Versuchs- und Kontrollgruppen

Die Welpen der Gruppe HC bekamen bei beiden Rassen durchschnittlich die dreifache Ca-Menge im Vergleich zu den NC- und LP-Tieren zugeteilt. Insgesamt stieg die aufgenommene Calciummenge mit zunehmendem Alter an. Die absoluten Ca-Aufnahmen der FBIs sind in **Abb. 6** dargestellt.

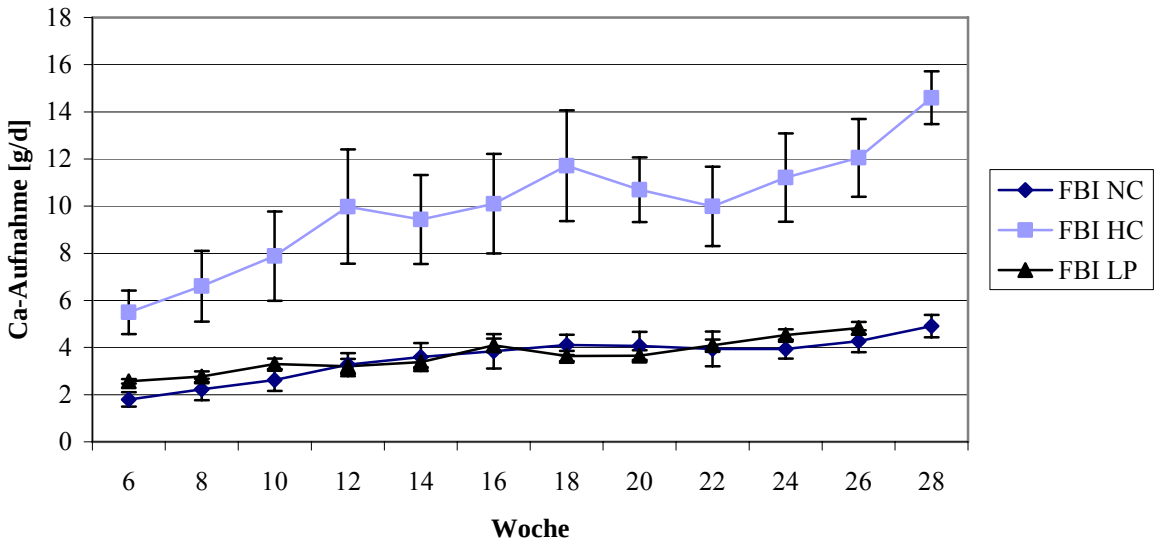

Abb. 6: Tägliche absolute Ca-Aufnahme [g/d] der FBIs in den Versuchs- und Kontrollgruppen

Bei Berechnung der täglichen Calciumaufnahme pro kg $KM^{0,75}$ wurden die in **Tab. 23** aufgeführten Werte ermittelt.

Tab. 23: Calciumaufnahme mit MW ± s [mg/kg $KM^{0,75}$] der Versuchs- und Kontrollgruppen der Rasse FBI

Woche	Beagle NC	Beagle HC	FBI NC	FBI HC	FBI LP
6- 8	500,8 ± 64,6	1650,2 ± 61,4	$738,9^{a}$ ± 65,2	2195,5 ± 178,2	826,6 ± 11,3
8-10	516,2 ± 82,6	1726,5 ± 92,6	$717,9^{a}$ ± 67,8	2233,1 ± 154,4	801,6 ± 27,1
10-12	$548,1^{a}$ ± 119,2	1837,5 ± 94,6	$752,4^{a}$ ± 59,0	2365,5 ± 144,3	818,6 ± 13,2
12-14	$654,0^{ab}$ ± 173,1	1171,0 ± 135,8	$731,0^{a}$ ± 69,3	2069,1 ± 154,8	714,2 ± 37,1
14-16	566,4 ± 56,1	1705,7 ± 81,0	$674,5^{a}$ ± 44,0	1918,9 ± 102,4	662,4 ± 11,1
16-18	518,4 ± 123,7	1606,7 ± 267,7	$644,7^{ab}$ ± 66,7	1983,5 ± 112,9	689,8 ± 14,6
18-20	464,9 ± 137,6	1470,5 ± 348,8	$582,9^{abc}$ ± 102,2	1706,1 ± 242,5	$553,5^{a}$ ± 8,7
20-22	450,8 ± 127,0	1443,3 ± 334,1	$508,1^{bc}$ ± 49,3	1411,7 ± 58,0	500,8 ± 9,9
22-24	$428,1^{bd}$ ± 91,4	1356,6 ± 242,1	$500,9^{c}$ ± 42,0	1442,6 ± 72,5	514,3 ± 8,4
24-26	$424,9^{cd}$ ± 50,4	1285,9 ± 66,9	$508,0^{c}$ ± 59,5	1469,6 ± 55,5	$528,4^{a}$ ± 7,7
26-28	-	-	$527,5^{ac}$ ± 47,3	1553,0 ± 76,5	$538,8^{b}$ ± 7,6

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Anhand der Ca-Aufnahmen pro kg $KM^{0,75}$ der Gruppen NC und HC beider Rassen wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Neben einem signifikanten Einfluss der Gruppe (NC>HC, $P \leq 0,001$) zeigten sich mit Ausnahme der Wochen 20-22 signifikant höhere Werte bei den FBIs ($P \leq 0,032$). Mit zunehmendem Alter der Tiere nahm die Ca-Aufnahme pro kg $KM^{0,75}$ geringfügig ab, wobei nur zum Teil signifikante Unterschiede festgestellt werden konnten (**Tab. 23**).

5.8 Energieaufnahme

In **Abb. 7** ist die tägliche, absolute ME-Aufnahme [MJ] der Beagles vergleichend an Versuchs- (HC) und Kontrollgruppe (NC) über die Zeit von der 8.-28. Lebenswoche dargestellt. Mit zunehmendem Alter ist ein Anstieg der Energieaufnahme festzustellen. Zwischen den beiden Gruppen konnten in den Wochen 6-10 sowie 12-16 signifikant niedrigere Energieaufnahmen bei den HC-Tieren festgestellt werden ($P \leq 0,03$).

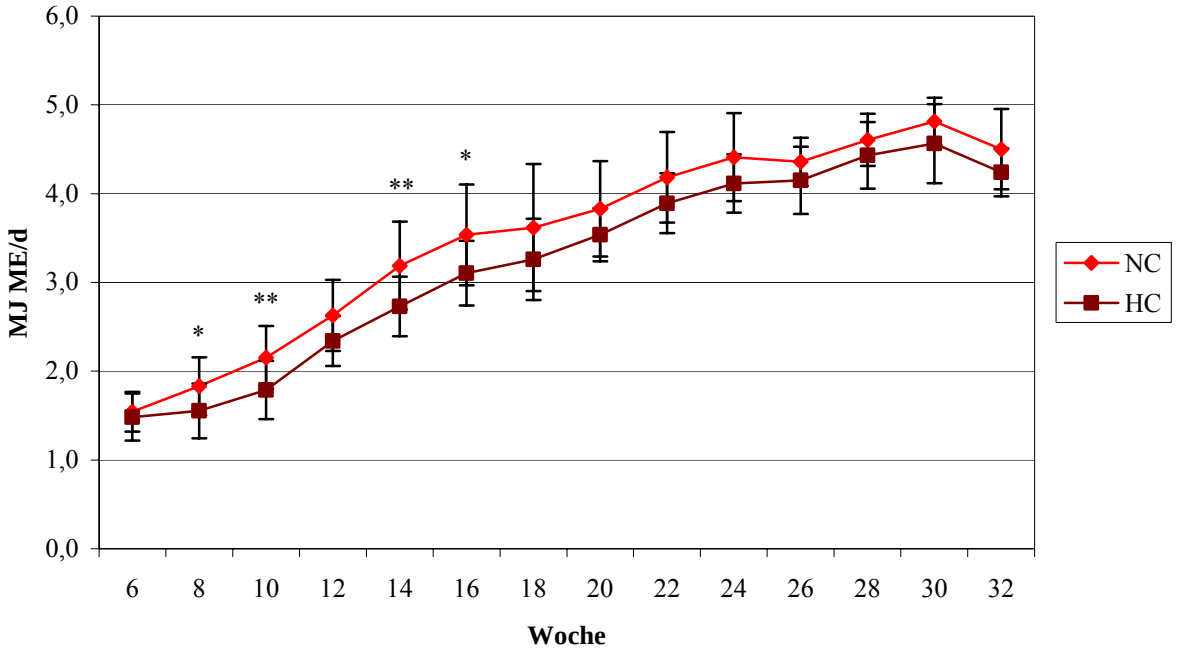

Abb. 7: Tägliche ME-Aufnahme [MJ/Tier/d] der Beagles vergleichend an Versuchs- und Kontrollgruppe

Abb. 8 zeigt den Verlauf der absoluten Energieaufnahmen der Welpen der Rasse FBI [MJ ME] pro Tier und Tag von der achten bis zur 28. Lebenswoche. Auch bei den FBIs zeigt sich eine Zunahme der täglichen Aufnahme an ME im Verlauf des Wachstums. Die Energieaufnahme der Welpen der Gruppe LP war mit Ausnahme der Wochen 10-12 signifikant niedriger als diejenige der Kontrollgruppe ($P \leq 0{,}02$).

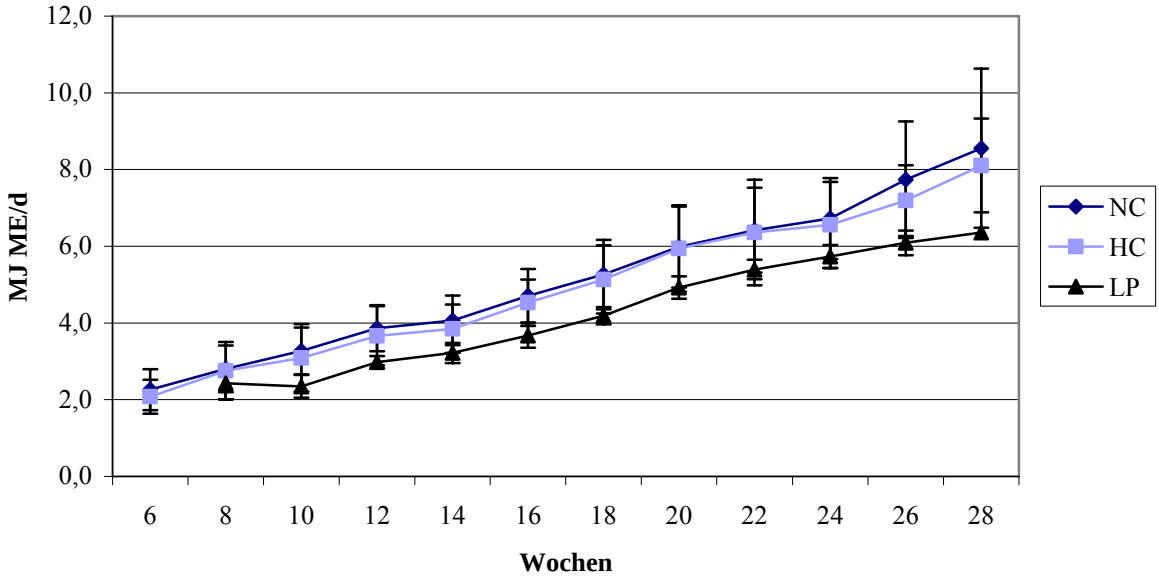

Abb. 8: Tägliche ME-Aufnahme [MJ/Tier/d] der FBIs, vergleichend an Versuchs- und Kontrollgruppe

Im Vergleich der Tiere beider Rassen nahmen die FBIs pro Tier und Tag während der gesamten Wachstumsphase signifikant mehr Energie auf als die Beagles ($P \leq 0{,}001$).

Die ermittelten Werte der mittleren Energieaufnahmen bezogen auf die metabolische KM [MJ ME/kg $KM^{0,75}$] im Zeitraum von der sechsten bis 28. Lebenswoche sind in **Tab. 24** dargestellt.

Ein Einfluss der Höhe der Ca-Zufuhr auf die Energieaufnahme konnte nur in den Wochen 6-8 festgestellt werden, mit einem höheren Wert bei den Tieren der Kontrollgruppe ($P \leq 0{,}001$). Mit Ausnahme der Woche 6-8 bei den Tieren der Gruppe HC hatte die Rasse keinen Effekt auf die ME-Aufnahme.

Tab. 24: Aufnahme der Welpen an ME [MJ/kg $KM^{0,75}$/d] in den unterschiedlichen Fütterungsgruppen von der sechsten bis zur 28. Lebenswoche

Woche	Beagle NC	Beagle HC	FBI NC	FBI HC	FBI LP
6- 8	$0,88^{ac} \pm 0,14$	$0,77^{b} \pm 0,14$	$1,02^{c} \pm 0,16$	$0,90^{a} \pm 0,15$	$0,78^{bc} \pm 0,06$
8-10	$0,86^{ab} \pm 0,12$	$0,77^{ac} \pm 0,12$	$0,96^{b} \pm 0,11$	$0,87^{ab} \pm 0,14$	$0,68^{c} \pm 0,10$
10-12	$0,90^{a} \pm 0,13$	$0,87^{a} \pm 0,11$	$0,97^{a} \pm 0,14$	$0,87^{a} \pm 0,07$	$0,74^{b} \pm 0,04$
12-14	$0,93^{a} \pm 0,11$	$0,88^{a} \pm 0,10$	$0,96^{a} \pm 0,19$	$0,84^{ab} \pm 0,05$	$0,72^{b} \pm 0,01$
14-16	$0,91^{a} \pm 0,11$	$0,88^{a} \pm 0,10$	$0,95^{a} \pm 0,16$	$0,88^{a} \pm 0,10$	$0,72^{b} \pm 0,02$
16-18	$0,85^{a} \pm 0,10$	$0,83^{ab} \pm 0,10$	$0,92^{a} \pm 0,13$	$0,87^{a} \pm 0,08$	$0,71^{b} \pm 0,03$
18-20	$0,84 \pm 0,05$	$0,83 \pm 0,06$	$0,93^{a} \pm 0,13$	$0,93^{a} \pm 0,13$	$0,75^{b} \pm 0,01$
20-22	$0,85 \pm 0,07$	$0,85 \pm 0,09$	$0,90^{a} \pm 0,13$	$0,90^{a} \pm 0,15$	$0,74^{b} \pm 0,02$
22-24	$0,84 \pm 0,07$	$0,83 \pm 0,08$	$0,87 \pm 0,13$	$0,86 \pm 0,14$	$0,72 \pm 0,02$
24-26	$0,79 \pm 0,05$	$0,79 \pm 0,07$	$0,91^{a} \pm 0,18$	$0,89^{a} \pm 0,16$	$0,71^{b} \pm 0,01$
26-28	$0,80 \pm 0,04$	$0,82 \pm 0,07$	$0,92^{a} \pm 0,21$	$0,93^{a} \pm 0,20$	$0,71^{b} \pm 0,01$

Mittelwerte in einer Zeile, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Die Welpen der Gruppe FBI LP nahmen im Vergleich zu der Kontrollgruppe in den Wochen 8-22 sowie 24-28 signifikant weniger Energie pro kg $KM^{0,75}$ auf ($P \leq 0,001$). Wegen der zum Teil niedrigeren Energieaufnahmen der LP-Gruppe wurde diese zum weiteren Vergleich der Energieaufnahmen bei den folgenden Berechnungen ausgenommen.

5.8.1 Energieaufnahme als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs

Bei Annahme des Erhaltungsbedarfs ausgewachsener Tiere kann aus den täglich von den Welpen aufgenommenen Energiemengen ein Faktor für die Energieaufnahme als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs errechnet werden. Für die eigenen Berechnungen wurde ein mittlerer ME-Bedarf adulter Hunde von 0,544 MJ ME/kg $KM^{0,75}$/d angenommen (NRC 2006).

Ein Einfluss der Rasse auf die Energieaufnahme zeigte sich in den Wochen 6-12, 16-20, 24-26 und 28-30, mit einer signifikant höheren Energieaufnahme bei den FBIs ($P \leq 0,038$).

Das Alter der Tiere hatte bei den FBIs keinen Effekt auf die Höhe des Energiebedarfs. Bei den Beagles zeigten sich zum Teil signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Wochen, die zur besseren Übersicht in **Tab. 25** dargestellt sind ($P \leq 0,001$).

Tab. 25: ME-Aufnahme [MJ] als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs vergleichend an den Rassen Beagle und FBI

	Beagles		FBI	
Woche	**n**	**MW**	**n**	**MW**
6- 8	30	1,45 ± 0,27	38	$1,77^{***}$ ± 0,30
8-10	30	$1,44^{ac}$ ± 0,23	38	$1,66^{***}$ ± 0,24
10-12	30	1,58 ± 0,21	37	$1,69^{*}$ ± 0,22
12-14	30	$1,62^{bd}$ ± 0,19	37	1,70 ± 0,33
14-16	30	$1,61^{cd}$ ± 0,19	37	1,70 ± 0,27
16-18	30	1,51 ± 0,17	37	$1,67^{***}$ ± 0,23
18-20	30	1,51 ± 0,11	38	$1,70^{***}$ ± 0,22
20-22	30	1,53 ± 0,15	38	1,63 ± 0,24
22-24	30	1,50 ± 0,14	37	1,57 ± 0,22
24-26	30	$1,42^{a}$ ± 0,11	38	$1,62^{**}$ ± 0,28
26-28	13	1,47 ± 0,11	31	1,65 ± 0,34
28-30	13	1,48 ± 0,14	19	$1,77^{**}$ ± 0,29

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind, und Mittelwerte einer Zeile, die mit einem Stern überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant; *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz wieder.

Mithilfe des aktuellen Gewichts der Welpen wurde daraufhin der prozentuale Anteil am Endgewicht des Tieres errechnet und die Welpen in Gruppen nach Prozent erreichtem Endgewicht eingeteilt.

Die Rasse hatte hierbei einen durchgehenden Effekt auf die Energieaufnahmen als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs mit signifikant höheren Werten bei den FBIs ($P \leq 0{,}033$).

Die MW ± s sowie die Signifikanzen zwischen den einzelnen Gewichtsklassen sind zur besseren Übersicht in **Tab. 26** dargestellt.

Tab. 26: ME-Aufnahme als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs nach Einteilung in prozentual erreichtem Endgewichte vergleichend für Beagles und FBIs

KG in Prozent des Endgewichts	Beagles	FBIs
< **10 %**	-	$1,45^{a} \pm 0,19$
> **10–20 %**	$1,45^{acd} \pm 0,24$	$1,68^{b} \pm 0,26$
> **20-30 %**	$1,54^{bc} \pm 0,24$	$1,69^{b} \pm 0,21$
> **30-40 %**	$1,55^{ab} \pm 0,17$	$1,70^{b} \pm 0,28$
> **40-50 %**	$1,55^{ab} \pm 0,17$	$1,68 \pm 0,29$
> **50-60%**	$1,50^{abc} \pm 0,13$	$1,72^{b} \pm 0,31$
> **60-70%**	$1,44^{cd} \pm 0,13$	$1,68 \pm 0,30$
> **70 %**	$1,39^{d} \pm 0,10$	$1,61 \pm 0,22$

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant.

5.9 Calcium-Energierelation

Aus der täglichen Energie- und Ca-Aufnahme wurde die Ca/ME-Relation [g Ca/MJ] im Futter berechnet (**Tab. 27**). Entsprechend der Versuchsanordnung unterschieden sich die Ca/ME-Relationen der Gruppen NC und HC über die gesamte Zeit signifikant ($P \leq 0,001$). Für die Gruppe FBI LP wurden in den Wochen 6-10 signifikant höhere Ca/ME-Relationen ermittelt als für die Kontrollgruppe.

Tab. 27: Ca/ME-Relation [g Ca/MJ/d] im Futter, vergleichend bei Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen

	Beagle		FBI		
Woche	**NC**	**HC**	**NC**	**HC**	**LP**
6- 8	$0{,}61^{a} \pm 0{,}23$	$2{,}49^{b} \pm 0{,}65$	$0{,}75^{a} \pm 0{,}15$	$2{,}71^{b} \pm 0{,}89$	$1{,}06^{ADc} \pm 0{,}11$
8-10	$0{,}63^{a} \pm 0{,}18$	$2{,}62^{b} \pm 0{,}73$	$0{,}77^{Ada} \pm 0{,}17$	$2{,}70^{b} \pm 0{,}51$	$1{,}47^{ABc} \pm 0{,}28$
10-12	$0{,}64^{a} \pm 0{,}21$	$2{,}20^{bc} \pm 0{,}38$	$0{,}80^{ABa} \pm 0{,}17$	$3{,}18^{b} \pm 1{,}93$	$1{,}16^{ABac} \pm 0{,}09$
12-14	$0{,}71^{a} \pm 0{,}29$	$2{,}12^{bc} \pm 0{,}51$	$0{,}78^{ABa} \pm 0{,}14$	$2{,}85^{b} \pm 1{,}22$	$1{,}00^{ac} \pm 0{,}05$
14-16	$0{,}62^{a} \pm 0{,}14$	$1{,}96^{bc} \pm 0{,}33$	$0{,}72^{a} \pm 0{,}10$	$2{,}22^{b} \pm 0{,}30$	$0{,}94^{ac} \pm 0{,}02$
16-18	$0{,}61^{a} \pm 0{,}18$	$1{,}95^{bc} \pm 0{,}41$	$0{,}72^{a} \pm 0{,}16$	$2{,}55^{b} \pm 1{,}09$	$0{,}99^{ac} \pm 0{,}06$
18-20	$0{,}55^{a} \pm 0{,}20$	$1{,}78^{b} \pm 0{,}53$	$0{,}63^{a} \pm 0{,}11$	$1{,}99^{b} \pm 0{,}62$	$0{,}74^{Ca} \pm 0{,}02$
20-22	$0{,}53^{a} \pm 0{,}19$	$1{,}73^{b} \pm 0{,}54$	$0{,}57^{Ca} \pm 0{,}07$	$1{,}60^{bc} \pm 0{,}25$	$0{,}68^{Ca} \pm 0{,}02$
22-24	$0{,}51^{a} \pm 0{,}15$	$1{,}66^{bc} \pm 0{,}43$	$0{,}60^{CDa} \pm 0{,}09$	$1{,}73^{b} \pm 0{,}27$	$0{,}71^{CDa} \pm 0{,}02$
24-26	$0{,}52^{a} \pm 0{,}11$	$1{,}62^{bc} \pm 0{,}22$	$0{,}57^{CDa} \pm 0{,}12$	$1{,}72^{b} \pm 0{,}32$	$0{,}74^{CDac} \pm 0{,}02$

Mittelwerte einer Zeile, die nicht mit demselben Kleinbuchstaben überschrieben sind und Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Großbuchstaben überschrieben, unterscheiden sich signifikant

5.10 Aufnahme an verdaulichem Rohprotein

Abb. 9 zeigt die absoluten Mengen an aufgenommenem vRp der Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen. Insgesamt stieg die Proteinaufnahme im Verlauf des Wachstums an.

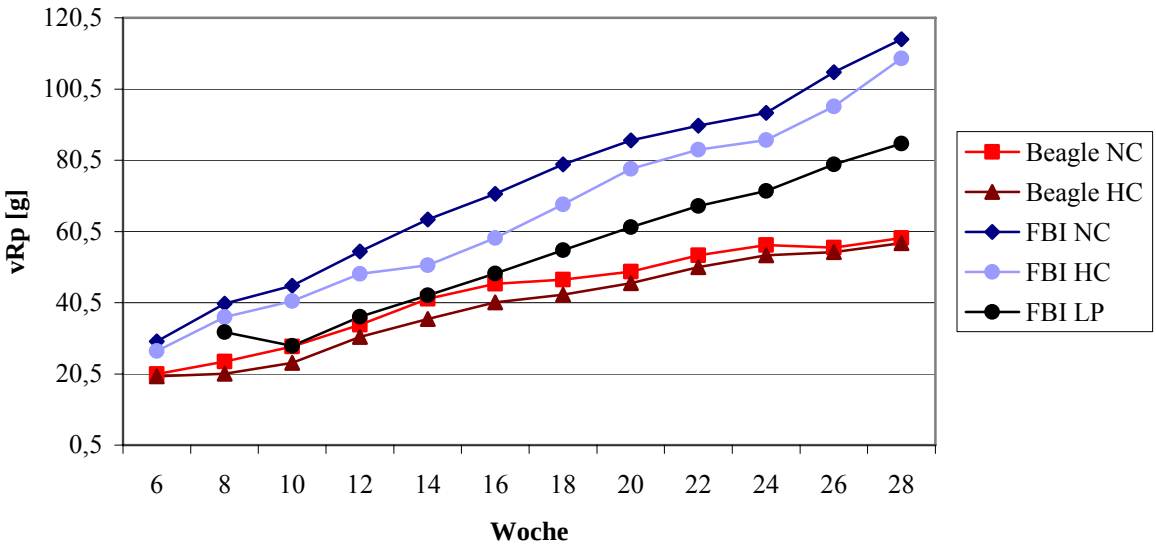

Abb. 9: Tägliche Aufnahme an vRp [g] der Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen

Nach Bezug der aufgenommenen Menge an vRp auf die metabolische KM der Tiere ergeben sich die in **Tab. 28** aufgeführten Werte. Die Höhe der Ca-Zufuhr zeigte nur bei den Beagles in Woche 6-8 einen signifikanten Effekt mit einer höheren Aufnahme an vRp der NC-Tiere. Dagegen nahmen bei den FBIs die Tiere mit P-Unterversorgung in den Wochen 6-14, 16-22 und 24-26 signifikant weniger vRp pro kg $KM^{0,75}$ als die Kontrollgruppe.

Tab. 28: Aufnahme an vRp pro kg metabolischer KM der Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen [g vRp/kg KM^0,75]

	Beagle		FBI		
Woche	**NC**	**HC**	**NC**	**HC**	**LP**
6- 8	$11,5^{ac} \pm 1,7$	$10,2^{b} \pm 1,8$	$13,0^{a} \pm 1,8$	$11,9^{a} \pm 2,1$	$10,4^{bc} \pm 0,6$
8-10	$11,2^{a} \pm 1,4$	$10,1 \pm 1,6$	$12,4^{a} \pm 1,5$	$11,4^{a} \pm 2,0$	$8,2^{b} \pm 1,6$
10-12	$11,7^{a} \pm 1,5$	$11,4^{a} \pm 1,3$	$12,6^{a} \pm 1,8$	$11,5^{a} \pm 1,1$	$9,0^{b} \pm 0,9$
12-14	$12,3^{a} \pm 1,5$	$11,7^{a} \pm 1,3$	$12,7^{a} \pm 2,7$	$11,1^{a} \pm 0,6$	$9,5^{b} \pm 0,1$
14-16	$12,0^{a} \pm 1,4$	$11,6^{a} \pm 1,4$	$12,3 \pm 2,1$	$11,3^{a} \pm 0,9$	$9,5^{b} \pm 0,3$
16-18	$11,2^{a} \pm 1,3$	$10,9^{a} \pm 1,4$	$12,2^{a} \pm 1,8$	$11,5^{a} \pm 1,0$	$9,3^{b} \pm 0,4$
18-20	$11,0 \pm 0,7$	$10,9 \pm 0,9$	$12,1^{a} \pm 1,7$	$12,2^{a} \pm 1,4$	$9,3^{b} \pm 0,1$
20-22	$11,2 \pm 1,0$	$11,1 \pm 1,3$	$11,7^{a} \pm 1,7$	$11,8^{a} \pm 1,7$	$9,3^{b} \pm 0,2$
22-24	$11,0^{a} \pm 1,0$	$10,9^{a} \pm 1,1$	$11,3 \pm 1,7$	$11,3^{a} \pm 1,6$	$9,0^{b} \pm 0,2$
24-26	$10,3 \pm 0,7$	$10,5 \pm 0,9$	$12,0^{a} \pm 2,4$	$11,8^{a} \pm 2,1$	$9,3^{b} \pm 0,2$
26-28	$10,5 \pm 0,7$	$11,0 \pm 1,0$	$12,1 \pm 2,8$	$12,6 \pm 2,9$	$9,5 \pm 0,2$

Mittelwerte einer Zeile, die nicht mit demselben Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

5.11 Körpermasseentwicklung

5.11.1 Geburtsgewicht

Die Geburtsgewichte der einzelnen Welpen sind in **Tab. 6** und **Tab. 7** aufgelistet. Beim Vergleich beider Rassen kamen die Welpen der Rasse FBI mit einem signifikant höheren Geburtsgewicht zur Welt ($P \leq 0,001$). Innerhalb der Rasse Beagle bestehen zwischen den Geburtsgewichten signifikante Unterschiede mit einem höheren Gewicht bei den männlichen Welpen im Vergleich zu den weiblichen ($P \leq 0,043$). Bei den FBIs lag kein signifikanter Unterschied zwischen den Geburtsgewichten der männlichen und weiblichen Welpen vor (**Tab. 29**).

Tab. 29: Mittlere Geburtsgewichte [g] der Welpen der Rasse Beagle und FBI

Rasse	**Beagle**		**FBI**	
Geschlecht	**m**	**w**	**m**	**w**
Gewicht [g]	$333,9^{*} \pm 38,8$	$302,6 \pm 41,9$	$509,6 \pm 127,8$	$451,2 \pm 112,3$

Mittelwerte einer Rasse, die mit einem Stern überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant; *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz wieder.

5.11.2 Wachstumsverlauf

Die Körpermasseentwicklung der Beagles ist in **Tab. 30** vergleichend für die Versuchs- und Kontrollgruppe dargestellt. In den Wochen 0-4 erreichten die Tiere der Gruppe HC eine signifikant höhere KM als die Welpen der Gruppe NC (P≤0,034). In den Wochen 12-14 wurde für die Gruppe HC ein signifikant niedrigeres Körpergewicht im Vergleich zu den NC-Tieren ermittelt (P≤0,021).

Der Vergleich des Wachstumsverlaufs beider Geschlechter erbrachte bis zur Woche 20 bei den männlichen Tieren eine signifikant höhere KM als bei den weiblichen Tieren (P≤0,033).

Tab. 30: Körpermasseentwicklung (MW ± Stabw) [kg] der Beagles, Versuchs- und Kontrollgruppe vergleichend

Woche	NC	HC
0- 2	0,62* ± 0,08	0,65 ± 0,04
2- 4	1,33* ± 0,17	1,42 ± 0,14
4- 6	1,98 ± 0,22	2,05 ± 0,23
6- 8	2,66 ± 0,37	2,56 ± 0,32
8-10	3,42 ± 0,44	3,10 ± 0,44
10-12	4,19 ± 0,51	3,77 ± 0,56
12-14	5,06* ± 0,59	4,48 ± 0,57
14-16	5,93 ± 0,73	5,35 ± 0,68
16-18	6,71 ± 0,88	6,17 ± 0,80
18-20	7,38 ± 1,08	6,82 ± 0,94
20-22	8,16 ± 1,12	7,60 ± 0,92
22-24	8,95 ± 1,14	8,43 ± 0,96
24-26	9,65 ± 1,15	9,14 ± 1,01
26-28	9,97 ± 1,62	9,10 ± 0,63

Mittelwerte einer Zeile, die mit einem Stern überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant; *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz wieder

Tab. 31 zeigt die Gewichtsentwicklung der FBIs in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe. Weder zwischen den einzelnen Gruppen noch beim Vergleich der Körpermasseentwicklung der Geschlechter konnten signifikante Unterschiede ermittelt werden.

Tab. 31: Körpermasseentwicklung (MW ± Stabw) [kg] der FBIs, Versuchs- und Kontrollgruppe vergleichend

Woche	NC	HC	LP
0- 2	1,02 ± 0,27	0,97 ± 0,25	0,94 ± 0,08
2- 4	2,03 ± 0,40	2,03 ± 0,40	1,95 ± 0,11
4- 6	3,03 ± 0,55	3,16 ± 0,60	2,95 ± 0,11
6- 8	4,21 ± 0,74	4,23 ± 0,83	4,19 ± 0,15
8-10	5,61 ± 0,92	5,44 ± 1,21	5,01 ± 0,24
10-12	7,02 ± 1,06	6,78 ± 1,53	6,10 ± 0,27
12-14	8,50 ± 1,54	8,09 ± 1,97	7,10 ± 0,33
14-16	10,19 ± 2,07	9,73 ± 2,47	8,41 ± 0,33
16-18	12,01 ± 2,31	11,42 ± 2,71	10,28 ± 0,43
18-20	13,64 ± 2,49	12,97 ± 3,02	12,01 ± 0,56
20-22	15,30 ± 2,74	14,70 ± 3,30	13,82 ± 0,70
22-24	16,85 ± 2,84	16,42 ± 3,27	15,56 ± 0,82
24-26	18,42 ± 2,59	17,80 ± 3,16	17,17 ± 0,84
26-28	20,26 ± 2,56	19,72 ± 3,27	18,34 ± 0,84

IV. DISKUSSION

6 Kritik der Methode

6.1 Versuchsaufbau

Die Hunde wurden bei den Versuchen, auf denen die eigenen Auswertungen beruhen nach dem Absetzen mit 6 Wochen bis zu einem Alter von etwa 27 Wochen einer Mangel- bzw. Überversorgung mit Ca oder P ausgesetzt, wobei jeweils eine Gruppe als ausgewogen versorgte Kontrollgruppe diente. Die Verdaulichkeiten der Nährstoffe und Energie wurde zu drei Zeitpunkten innerhalb des Wachstums während fünf- bzw. siebentägigen Bilanzphasen ermittelt, was nach Angaben aus der Literatur für die Durchführung von Verdaulichkeitsuntersuchungen als ausreichende Zeit angesehen werden kann (NOTT et al. 1994). Da die Verdaulichkeiten nur für das Alter von 12, 18 und 24 Wochen ermittelt wurden, kann folglich nur eine eingeschränkte Aussage über den Wert zwischen den Bilanzphasen gemacht werden kann. Weil sich die Tiere für die Bilanzierungen einzeln in Stoffwechselkäfigen aufhalten mussten um eine getrennte Sammlung von Kot und Harn zu ermöglichen, wäre eine Ausdehnung der Bilanzphasen aus Gründen des Tierschutzes nicht akzeptabel gewesen. Da mit Ausnahme der Ra zwischen den drei Bilanzen keine Unterschiede in der Höhe der Nährstoffverdaulichkeit feststellbar waren, ist anzunehmen, dass im Verlauf des Wachstums keine Veränderungen der Verdaulichkeit der übrigen Rohnährstoffe stattgefunden haben.

In den vorliegenden Untersuchungen wurde zur Bestimmung der Verdaulichkeiten die Sammelmethode verwendet, eine Alternative wäre die Markermethode gewesen. Die Vorteile des praktizierten Systems lagen in der einfacheren Durchführbarkeit. Eine mögliche Fehlerquelle bei der Sammelmethode stellen Kotverluste durch unbeobachtete Koprophagie der Tiere oder Verschmutzung von Käfig bzw. Box und Tier dar. Bei der Beobachtung der Hunde konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Darüber hinaus bekamen die Welpen regelmäßig Auslauf, sodass Koprophagie aus Langeweile weitgehend auszuschließen war. Durch täglich mehrmaliges Absammeln des Kotes aus den Käfigen wurde die Möglichkeit des Kotfressens und des Verschmutzens relativ gering gehalten. Bei der Sammlung von Kotproben wurde auf eine vollständige quantitative Erfassung geachtet. Eine aus Kotverlusten resultierende Überschätzung der Verdaulichkeiten kann zwar nicht

ausgeschlossen werden, sollte jedoch aufgrund der Versuchsdurchführung möglichst gering gehalten worden sein.

Die Haltung der Tiere in Stoffwechselkäfigen mit eingeschränkter Bewegungsfreiheit während der Bilanzphasen hatte zum Teil Stress durch Trennung von den Wurfgeschwistern und die neue Umgebung zur Folge. Aufgrund der veränderten äußeren Bedingungen nahmen die Welpen während dieser Zeit häufig weniger Futter und folglich Energie auf. Um den tatsächlichen Energiebedarf von Hunden im Wachstum zu bestimmen, wurden daher auch zwischen den Bilanzphasen anhand der täglich aufgenommenen Menge an Futter die Energie- und Calciumaufnahme ermittelt.
Im Gegensatz zu vielen anderen Studien wurde die täglich benötigte Futtermenge in den vorliegenden Untersuchungen unter Berücksichtigung des Wachstums zugeteilt. So wurde der Energiebedarf zunächst gemäß den Bedarfszahlen (MEYER und ZENTEK 1998, 2001) errechnet und bei Abweichung der KM des Welpen von der rassespezifischen Wachstumskurve die zugeteilte Futtermenge angepasst. Dazu wurde täglich das Körpergewicht bestimmt und alle zwei bis maximal vier Tage die benötigte Futter- und Mineralstoffzuteilung anhand der aktuellen KM neu errechnet. Folglich kam es bewusst zu individuell unterschiedlichen Energieaufnahmen. Die Vergleichbarkeit mit Arbeiten aus der Literatur ist somit nur eingeschränkt möglich. Der große Vorteil dieser Vorgehensweise ist jedoch die Aufzucht der Hunde entsprechend den Empfehlungen zur Gewichtsentwicklung bei parallel durchgeführter Gesundheitskontrolle. Die Futter- und damit Energiezuteilung entspricht somit viel mehr den tatsächlichen Anforderungen und Gegebenheiten und lässt Rückschlüsse auf Empfehlungen zur gesunden Aufzucht von Hunden zu.

6.2 Tierzahlen und Gruppeneinteilung

Für die Untersuchungen wurden 30 Beagles und 44 FBIs aus 12 verschiedenen Würfen herangezogen. Da bei jedem Hund drei Versuchsdurchgänge durchgeführt wurden, flossen insgesamt 222 Proben aus drei verschiedenen Altersklassen in die Untersuchungen ein. Die Versuche erstreckten sich über einen Zeitraum von fünf Jahren und fanden zu unterschiedlichen Jahreszeiten statt. Ein Einfluss der Umwelt (Temperatur, Jahreszeit) auf den Energiebedarf ist somit nicht ausgeschlossen, was jedoch bei der Anzahl der Hunde und der

relativ gleichmäßigen Verteilung der Versuchszeitpunkte im Jahr für eine praxisbezogene Ermittlung der Verdaulichkeiten und Bedarfszahlen nicht relevant sein dürfte.
Die Tiere wurden nach dem Absetzen in die Fütterungsgruppen eingeteilt, wobei in jedem Wurf jeweils eine Versuchs- und eine Kontrollgruppe vorhanden war. Durch die gleichmäßige Verteilung in die Versuchs- und Kontrolltiere wurde ein Einfluss des Wurfes (Genetik, Umwelt) auf Daten einzelner Gruppen minimiert.

6.3 Untersuchungsmethoden

Bestimmung der GE

Die Bestimmung der GE erfolgte im Bombenkalorimeter. Verschiedene Fehlerquellen können bei diesem Verfahren zu abweichenden Ergebnissen führen.
Bei der Zündung der Probe im Kalorimeter kann es vorkommen, dass durch heftige Reaktionen Partikel der Probe aus dem Verbrennungstiegel herausgeschleudert werden. Durch die folglich unvollständige Verbrennung werden verfälschte Werte ermittelt und das Ergebnis kann nicht gewertet werden. Nach Öffnen des Druckbehälters sollte der Untersucher sich daher vergewissern, dass eine vollständige Verbrennung der Proben stattgefunden hat. Bei Zeichen einer unvollständigen Verbrennung wurde daher der Messwert verworfen und die Untersuchung wiederholt.
Die Brennwerte der Verbrennungshilfsmittel wie Baumwollfaden und Verbrennungstütchen werden vom Hersteller angegeben. Geringe Schwankungen sind jedoch auch hier nicht auszuschließen. Folglich können auch diese zu einer Verfälschung von Einzelergebnissen führen. Um eine genaue Messung durch das Gerät zu gewährleisten, wurde das Bombenkalorimetersystem vor Beginn der Messungen gewartet und neu kalibriert.
In manchen Kotproben fand sich eine unterschiedliche Menge an Steinen, Haaren und Holzspänen. Um verfälschte Ergebnisse zu vermeiden, wurden diese Proben vor der Analyse gesiebt und die Fremdstoffe so entfernt. Da während des Mahlvorgangs der Proben vermutlich auch Anteile der Holzpartikel zerkleinert wurden, war jedoch eine vollständige Abtrennung vermutlich nicht möglich.
Darüber hinaus kann eine Inhomogenität der Probe bei mehreren Messungen abweichende Ergebnisse hervorbringen. Die Futter- und Kotproben wurden daher nach ihrer Trocknung möglichst fein gemahlen um so eine homogene Mischung zu erreichen. Aufgrund des hohen Fettgehaltes einzelner Futterproben führte der Mahlvorgang jedoch nicht immer zu der

gewünschten Zerkleinerung des Materials. Bei der geringen Einwaage von 300mg bestanden bei der eher bröckeligen Beschaffenheit der Futterprobe folglich Schwierigkeiten bei der homogenen Probeneinwaage in die Verbrennungstütchen.
Um Messfehler auf ein Minimum zu reduzieren, wurden deshalb von jeder Probe Dreifachmessungen durchgeführt. Sowohl bei den Futter- als auch bei den Kotproben fand sich in der Regel eine gute Übereinstimmung zwischen den drei bestimmten Werten. Bei Abweichung der Messwerte um über 10% wurde der abweichende Wert verworfen und zwei weitere Messungen durchgeführt. Insgesamt betrug die durchschnittliche Abweichung bei den Kotproben 0,7% und maximal 3,7%, bei den Futterproben 0,8% mit einer maximalen Abweichung von 3,3%.

Faserbestimmung

In unseren Untersuchungen wurde die Rfa-Bestimmung nach der Weender Analyse durchgeführt. Schon SCHRAG (1999) zeigte, dass bei dieser Methode die Cellulose nur zu 60-85% erfasst wird, die nicht ermittelten Anteile tauchen folglich in der NfE-Fraktion auf. Auch bei Ligninen zeigt sich eine nur unvollständige Erfassung der Faser durch die Rfa-Bestimmung der Weender Analyse. Genauere Werte werden durch die Bestimmung der Gesamtfaser nach PROSKY et al. (1985) ermittelt, wodurch 80-100% der Faseranteile erfasst werden (SCHRAG 1999).
Aufgrund der hohen Anzahl der Proben und der gleichmäßigen Futterzusammensetzung wurde die einfachere und kostengünstigere Bestimmung der Rfa nach der Weender Analyse durchgeführt. Da der größte Teil der in den Futter- und Kotproben auftauchenden Faser aus der zugelegten Cellulose stammt, sind Unterschätzungen des Rfa-Anteils und Überschätzungen der NfE in unseren Untersuchungen folglich nicht auszuschließen.

Berechnung der täglichen Energieaufnahmen

Von jedem Tier wurde zwischen dem Absetzen und der 28. Lebenswoche die täglich tatsächlich aufgenommene Futtermenge notiert und daraus die von jedem Tier pro Tag aufgenommene Energiemenge berechnet. Zur Bestimmung des Energiegehalts des Futters wurden von den über die gesamte Zeit verwendeten Futterchargen Mittelwerte für die Gehalte an Rohnährstoffen und Mineralstoffen berechnet (**Tab. 8**) und mittels der Faktoren 23,85 kJ/g für Rp, 39,34 kJ/g für Rfe und jeweils 17,17 kJ/g für NfE und Rfa (NRC 2006) der mittlere

GE-Gehalt des Futters berechnet. Aus der zugeteilten Futtermenge und dem Energiegehalt des Futters wurde daraufhin die tägliche Bruttoenergieaufnahme jedes Tieres berechnet.

Da zur Berechnung der täglichen Energieaufnahmen die mittleren Rohnährstoff- und TS-Gehalte der verfütterten Chargen verwendet wurden, sind gewisse Abweichungen zwischen den angenommenen Gehalten an einzelnen Nährstoffen zu der tatsächlich verwendeten Charge möglich. Trotz einer höheren Varianz der Gehalte an Rohnährstoffen in den verschiedenen Futterchargen, zeigte sich bei der Berechnung der GE aus den Rohnährstoffen mit 7,7 ± 1,0 MJ/kg uS eine insgesamt geringe Abweichung des berechneten vom experimentell ermittelten Energiegehalts von lediglich 3,1 ± 2,7%.
Da zwischen den Bilanzen aus nahe liegenden Gründen keine Werte für die Energieverdaulichkeit vorlagen, wurde zur Ermittlung der DE aus der GE die mittlere Energieverdaulichkeit der einzelnen Gruppen aus der darauf folgenden Bilanz verwendet. Beim Vergleich der Energieverdaulichkeiten zeigten sich zwar signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Fütterungsgruppen, jedoch nicht zwischen den Bilanzen. Es ist daher anzunehmen, dass kein Einfluss des Alters auf die Absorption der Energie vorliegt. Folglich sollte die Verwendung der für die jeweilige Gruppe in der folgenden Bilanz ermittelten Verdaulichkeit hinreichend genaue Ergebnisse liefern.
Die ME wurde daraufhin aus der DE durch Abzug von 5,2 kJ/g mit dem Futter aufgenommenem vRp ermittelt. Auch hier wurde anhand der täglichen Futteraufnahme und dem mittleren Rp-Gehalt des Futters die Proteinaufnahme errechnet und die Energiekorrektur vorgenommen. Geringe Abweichungen von der tatsächlich aufgenommenen Proteinmenge könnten folglich den Wert der ermittelten ME beeinflussen. Bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Proteingehalte im Futter beträgt der Fehler jedoch unter 1% und ist daher vernachlässigbar gering.

7 Besprechung der Ergebnisse

7.1.1 Vergleich der Gewichtsentwicklung zwischen Versuchs- und Kontrolltieren

In der Literatur wird bei calciumüberversorgten Tieren ein mangelnder Appetit sowie ein vermindertes Wachstum beschrieben (JENKINS und PHILLIPS 1960b, HAZEWINKEL et al. 1985, NAP et al. 1993a, SCHOENMAKERS et al. 1999).

Zwar konnte in unseren Untersuchungen bei beiden Rassen eine Tendenz zu einer niedrigeren Futteraufnahme der HC-Tiere festgestellt werden, eine signifikant beeinträchtigte Energieaufnahme zeigte sich jedoch nur bei den HC-Tieren der Beagles sowie den LP-Tieren der FBIs (**Abb. 10**, **Abb. 11**). Ein vermindertes Wachstum unter hoher Ca-Zufuhr konnte dagegen bei unseren Untersuchungen nicht bestätigt werden. So wurden mit Ausnahme einzelner Welpen in den ersten Wochen nach dem Absetzen die in unseren Untersuchungen verfütterten Rationen komplett und bereitwillig aufgenommen. Die Höhe der Calciumsupplementierung hatte keinen Einfluss auf die TS-Aufnahme (**Tab. 22**).

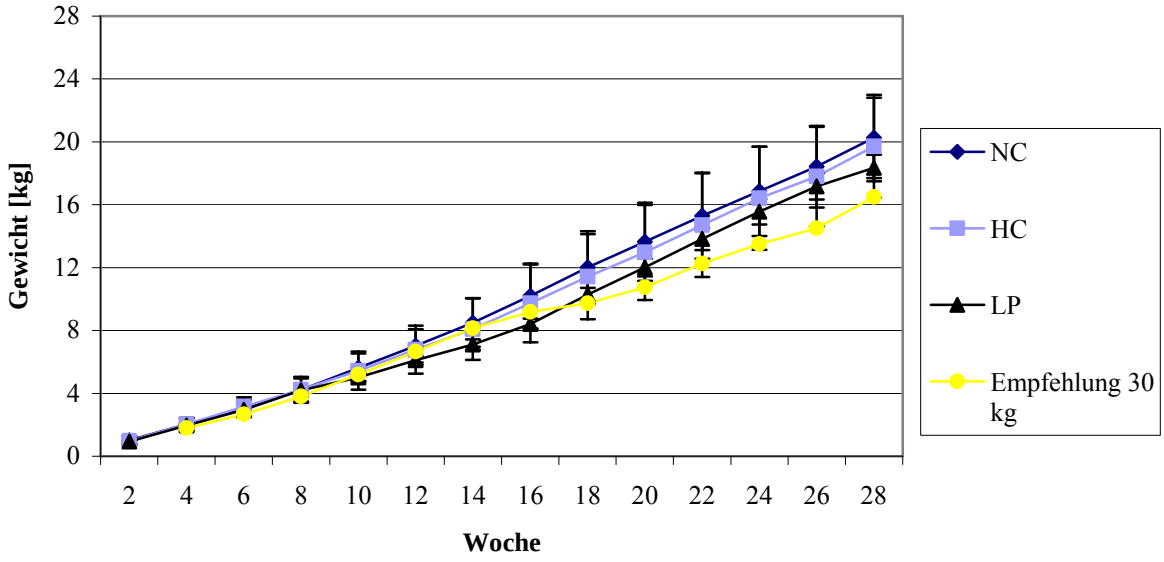

Abb. 10: Vergleich der Gewichtsentwicklung zwischen Versuchs- und Kontrolltieren der FBIs mit den Empfehlungen für die Gewichtsentwicklung nach MEYER und ZENTEK (2001)

Auch in der Literatur kann übereinstimmend nicht immer ein signifikanter Einfluss der Ca-Zufuhr auf das Wachstum festgestellt werden (WILL und UDALL 1960, KASBEITZER 2002, FLINSPACH 2003, DOBENECKER et al. 2006).

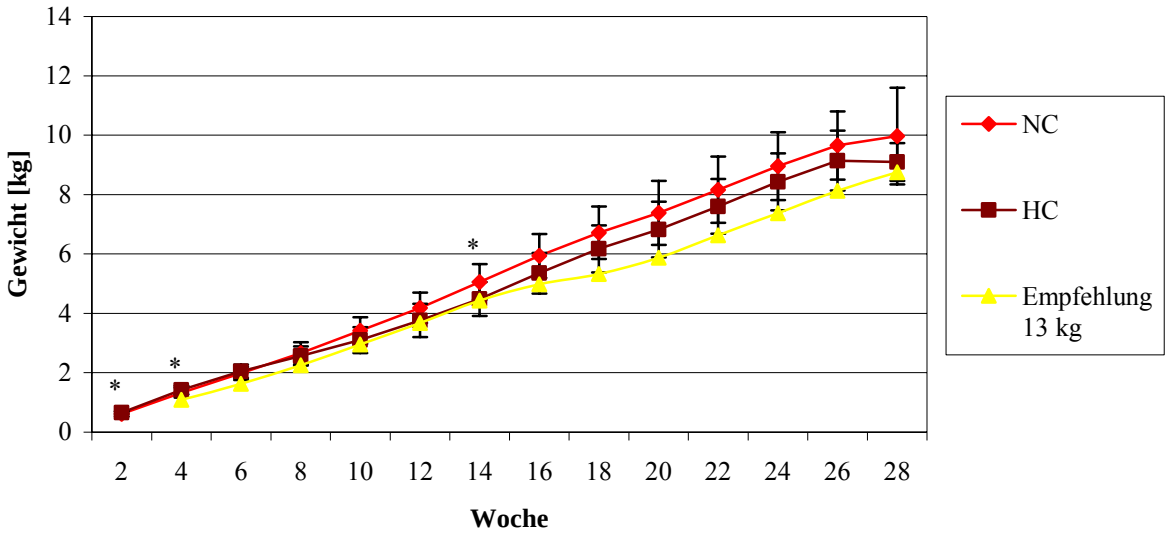

Abb. 11: Vergleich der Gewichtsentwicklung zwischen Versuchs- und Kontrolltieren der Beagles mit den Empfehlungen für die Gewichtsentwicklung nach MEYER und ZENTEK (2005); Mittelwerte einer Zeile, die mit einem Stern überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant; *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz wieder

HAZEWINKEL et al. (1985) sahen die Ursache für die in ihrer Studie beobachtete signifikant niedrigere Futteraufnahme mit einem Alter von 30 Tagen und das langsamere Wachstum in einer Hypercalcämie im Blut. Eine verringerte Futteraufnahme durch eine verminderte Schmackhaftigkeit des Futters infolge hoher Calciummengen schließen sie jedoch nicht aus.

Die wahrscheinlichste Ursache für die fehlenden Auswirkungen der Ca-Zufuhr auf das Wachstum unserer Beobachtungen liegt vermutlich in der unterschiedlichen Art der Futterzuteilung. So fütterten HAZEWINKEL et al. (1985) die Welpen ad libitum, lediglich mit Zeitrestriktion. Ungeklärt bleibt folglich, ob die Kontrolltiere unserer Studie bei ad libitum Zuteilung mit Zeitrestriktion eine höhere, als die in unserer Studie zugeteilte Menge an Futter aufgenommen hätten und dadurch ein forcierteres Wachstum gezeigt hätten.

Entgegen der Aussage von HAZEWINKEL et al. (1985) stellten MEYER und MUNDT (1983) anhand von Untersuchungen an ausgewachsenen Hunden bei Calciumgehalten von bis zu 11,7% der TS keine Beeinträchtigung der Futteraufnahme infolge reduzierter Schmackhaftigkeit fest. Auch LAUTEN et al. (2002) ermittelte gleiche Futteraufnahmen bei unterschiedlicher Ca-Zufuhr mit dem Futter. Da ein hoher Fettgehalt in der Ration die Schmackhaftigkeit und Akzeptanz des Futters erhöht, könnte sich eine reduzierte Futteraufnahme durch einen geringeren Fettgehalt in der Ration ausgewirkt haben. Ein

Einfluss der Ca-Menge auf die Schmackhaftigkeit des Futters wäre somit weiterhin denkbar. Da die Mineralstoffmischung als Bolus vor der eigentlichen Fütterung verabreicht wurde, kann eine Beeinflussung der Schmackhaftigkeit der Ration durch Ca in unserer Studie nicht bewertet werden.

Darüber hinaus kann eine hohe Calciumzufuhr mit dem Futter ohne gleichzeitige Erhöhung der Phosphormenge einen sekundären Phosphormangel auslösen, der bekanntermaßen einen eingeschränkten Appetit zur Folge hat (LIPSCHÜTZ 1910, JENKINS und PHILLIPS 1960a, b, FLINSPACH 2003). Auch in unserer Untersuchung konnte ein mangelnder Appetit durch einen P-Mangel im Futter nachgewiesen werden. So lag die TS-Aufnahme der Tiere der Gruppe FBI LP signifikant niedriger als diejenige der Gruppe FBI HC und mit Ausnahme der Wochen 12-16 und 20-24 auch signifikant unter der von der Gruppe FBI NC aufgenommenen TS-Menge.

Eine P-Mangelsituation kann darüber hinaus auch durch eine Erhöhung des Ca-Gehalts mit gleich bleibendem P-Gehalt im Futter ausgelöst werden (sekundärer P-Mangel). Wie schon JENKINS und PHILLIPS (1960b) zeigen konnten, vermindert ein niedriger P-Gehalt bei weitem Ca/P-Verhältnis im Futter das Wachstum. SCHOENMAKERS et al. (1999) fand ein signifikant langsameres Wachstum sowohl bei einer weiten als auch einer optimalen Ca/P-Relation im Futter, wohingegen die signifikant reduzierte Futteraufnahme selbst nur bei dem unausgeglichenen Ca/P-Verhältnis festgestellt wurde. In der Studie von NAP et al. (1993a) sowie HAZEWINKEL et al. (1985) wurde teilweise allein der Ca-Gehalt im Futter erhöht, woraus ein weites Ca/P-Verhältnis resultierte. Bei Analyse des P-Gehaltes im Blut konnte bei beiden Studien eine Hypophosphatämie bei den Welpen festgestellt werden. Ein Appetitmangel aufgrund eines sekundären P-Mangels in deren Studien wäre folglich nicht ausgeschlossen.

In den eigenen Untersuchungen war die P-Versorgung in den HC-Gruppen mit etwa 120% des Bedarfs derart reichlich bemessen, dass ein P-Mangel ausgeschlossen werden kann. Das bestätigen auch die Berechnungen der P-Bilanzen aus den Untersuchungen von DOBENECKER (2004), deren Tiermaterial einen Teil der in den eigenen Untersuchungen verwendeten Hunde darstellt.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass der Einfluss einer fehlerhaften Ca-Zufuhr auf die Futteraufnahme und das Wachstum bei weitem Ca/P-Verhältnis stärker ausgeprägt ist. Eine unterschiedliche Empfindlichkeit verschiedener Rassen wäre weiterhin denkbar. Dennoch

bleibt unklar, ob das verminderte Wachstum ein Effekt einer geringeren Futteraufnahme oder ein direkter Einfluss des Ca ist.

Zuletzt muss auch bedacht werden, dass in den meisten Versuchen über die Auswirkungen einer fehlerhaften Ca-Zufuhr Deutsche Doggen verwendet werden, die generell einen höheren Energiebedarf haben als Hunde anderer Rassen (KIENZLE und RAINBIRD 1991). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass sich eine fehlerhafte Ca-Zufuhr bei verschiedenen Hunderassen unterschiedlich auf die Skelettentwicklung auswirkt (DOBENECKER et al. 2006). Folglich könnten die unterschiedlichen Auswirkungen hoher Ca-Zufuhr mit dem Futter auch aufgrund der in den Studien verwendeten Rassen zustande gekommen sein.

7.2 Bruttoenergie im Futter

Für Rfe errechnete sich in unseren Untersuchungen ein Bruttoenergiewert von 36,8 kJ/g, für Rp 24,6 kJ/g, für Rfa 16,2 kJ/g und für NfE ein Wert von 18,4 kJ/g.

SCHRAG (1999) berechnete aus insgesamt 690 kommerziellen Hunde- und Katzenfuttermitteln für Rp einen Energiegehalt von 24,4 kJ/g, für Rfe einen Brennwert von 36,3 kJ/g und für Kohlenhydrate inklusive Faser einen Wert von 17,1 kJ/g was eine erstaunlich gute Übereinstimmung mit den von uns ermittelten Brennwerten zeigt. Ähnliche Werte finden sich auch bei SCHÖNMEIER (2003) mit 23,3 kJ/g für Rp, 38,8 kJ/g für Rfe und 17,6 kJ/g für Gesamtkohlenhydrate. KIENZLE et al. (1998b) schlagen für die Berechnung der GE aus den Rohnährstoffen für Rp einen Wert von 24 kJ/g, für Rfe 38 kJ/g, für NfE und Rfa 17,2 kJ/g vor. Auf der Grundlage der Angaben aus der Literatur empfiehlt das NRC (2006) zur Berechnung der GE im Futter die Verwendung folgender Brennwerte: Rp 23,8 kJ/g, Rfe 39,3 kJ/g und Rfa und NfE jeweils 17,2 kJ/g.

Beim Vergleich mit den in der Literatur angegebenen Energiegehalten zeigt sich in unserer Studie ein etwas niedrigerer Brennwert für Rfe und eine relativ gute Übereinstimmung bei Rp, Rfa und NfE.

Der Energiewert des Fettes lag in unseren Untersuchungen deutlich unter den in der Literatur für isolierten Rindertalg angegebenen Brennwerten von 39,2-39,5 kJ/g (GRÖNER 1991, SCHRAG 1999). Rindertalg besteht zu einem großen Teil aus gesättigten und langkettigen Fetten und besitzt folglich einen höheren Energiegehalt als andere Fette (PRABUCKI und SCHÜRCH 1967, KIENZLE et al. 1998b, NRC 2006). Dennoch kann je nach Zusammensetzung des Futters beim Wiederkäuer das Fettsäuremuster (Kettenlänge,

Sättigunggrad) in gewissem Rahmen variieren (NRC 2006, KAMPHUES et al. 2004). So könnte beispielsweise ein höherer Gehalt an mittelkettigen Fetten einen unterschiedlichen Energiegehalt des Fettes verursacht haben.

Mit den anhand der eigenen Regression ermittelten Faktoren wurde die GE berechnet und mit den experimentell bestimmten GE-Gehalten des Futters verglichen. Dabei traten Abweichungen von maximal 6,9% mit einem mittleren Wert von 2,5 ± 1,7% auf (n=24). Auch bei Verwendung der vom NRC (2006) angegebenen Faktoren ergibt sich eine maximale Abweichung von 7,2% mit einem durchschnittlichen Wert von 2,7 ± 1,9%. Folglich ist die Übereinstimmung der eigenen Daten mit den vom NRC (2006) angegebenen Faktoren akzeptabel.
Bei der Berechnung der GE anhand der Rohnährstoffgehalte ist im ungünstigsten Fall einer Addition aller möglichen Abweichungen ein maximaler Fehler von 8% zu erwarten (SCHRAG 1999, KIENZLE et al. 1998b). SCHRAG (1999) ermittelte maximale Abweichungen des rechnerisch vom experimentell bestimmten Wert von 11%. Nach ihren Angaben sollte die GE neben der experimentellen Bestimmung die GE immer auch berechnet werden. Bei Abweichung beider Werte von mehr als 8% sollte daher die Brennwertbestimmung wiederholt werden. Eine solche Abweichung konnte in unseren Untersuchungen nicht festgestellt werden.

7.3 Bruttoenergie im Kot

Für die faktorielle Berechnung des Energiegehalts im Futter gibt das NRC (2006) für Rp einen Wert von 23,8 kJ/g, für Rfe 39,3 kJ/g und für Rfa und NfE jeweils 17,2 kJ/g an. Die Berechnung der GE des Kotes unter Verwendung der Brennwerte der Rohnährstoffe für Futter unterschätzt nach Angaben aus der Literatur den wahren Energiegehalt des Kotes regelmäßig um 5-10%, mit einer mittleren Abweichung von 7,9% (SCHRAG 1999, SCHÖNMEIER 2003). In unserer Studie zeigten sich beim Vergleich der im Bombenkalorimeter bestimmten mit der anhand der Faktoren für Futter (NRC 2006) berechneten GE ähnlich hohe mittlere Abweichungen von 5,5 ± 3,7% mit einem maximalen Fehler von 20%.

Anhand der in der eigenen Regression ermittelten Faktoren wurde die GE berechnet und mit dem im Bombenkalorimeter ermittelten Wert verglichen. Die mittlere Abweichung beider Werte betrug bei den Tieren der Gruppe NC 2,4 ± 2,5%. In der HC-Gruppe lag der Fehler dagegen etwas höher mit durchschnittlich 3,9 ± 3,7% (**Abb. 12**).

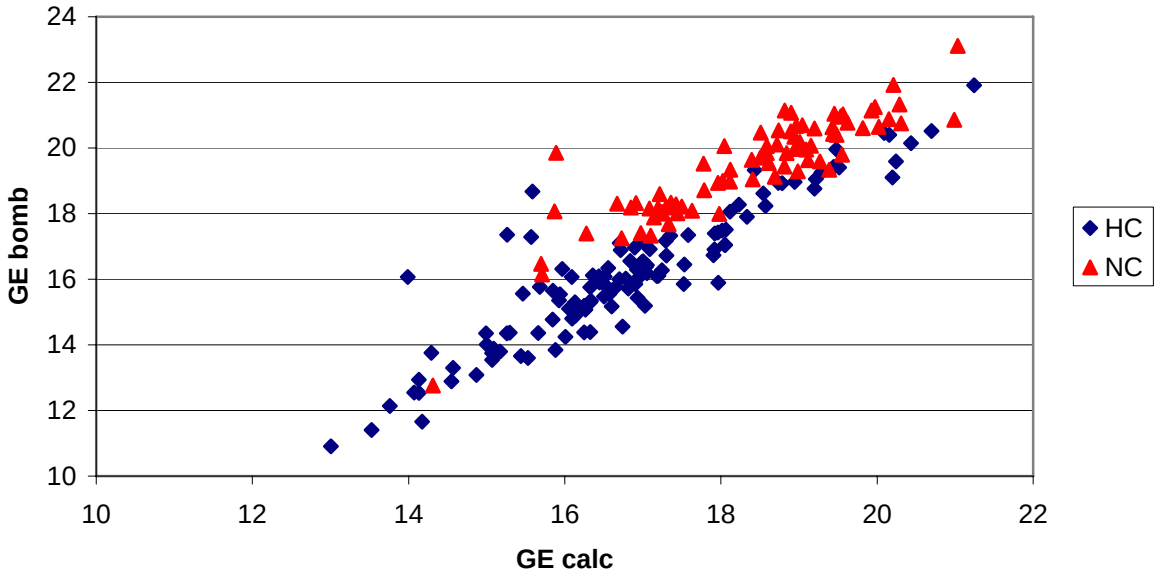

Abb. 12: Vergleich der experimentell bestimmten GEexp [MJ/kg TS] mit der anhand eigener Regression ermittelten Brennwerte der Rohnährstoffe berechneten GEcalc des Kotes; $y = 0{,}77x + 4{,}0$; $r^2 = 0{,}87$; $n = 222$.

Der Berechnung liegen 80 (NC) bzw. 119 (HC) Proben zugrunde, wodurch statistisch gesicherte Ergebnisse anzunehmen sind. Für optimale Ergebnisse der Regressionsanalyse wird darüber hinaus eine relativ große Spannweite der einzelnen Rohnährstoffe im Kot gewünscht, was bei unseren Untersuchungen der Fall war.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass der Energiegehalt des Rp mit 26,0-26,5 kJ/g im Kot deutlich höher liegt als derjenige im Futter mit 23,8 kJ/g (NRC 2006). Vermutlich resultieren diese Abweichungen aus einer unterschiedlichen Zusammensetzung des Rp im Kot mit einem hohen Gehalt an energiereichen Proteinverbindungen beispielsweise aus bakteriellen Proteinen, Lipoproteinen oder bestimmten Aminosäuren (SCHÖNMEIER 2003). Darüber hinaus konnte in unseren Untersuchungen trotz regelmäßigem Absammeln des Kotes eine gewisse Kontamination mit Haaren nicht vermieden werden, die auch durch Sieben nicht

entfernt werden konnten. Ein höherer Brennwert des Proteins aus Haaren wäre als Ursache für den abweichenden Energiewert des Kots folglich ebenso denkbar.

Auch der anhand der eigenen Regression ermittelte Energiegehalt des Rfe im Kot mit ca. 38 kJ/g ist demnach niedriger als der Energiewert aus Rfe im Futter mit 39,3 kJ/g. Eine mögliche Erklärung für die unterschiedlichen Werte könnte eine abweichende Fettzusammensetzung im Futter und Kot sein. So steigt mit zunehmender Kettenlänge der Brennwert an. Darüber hinaus spielt auch die Anzahl an Doppelbindungen eine gewisse Rolle, wobei ungesättigte Fette einen niedrigeren Brennwert besitzen als gesättigte Fette. Folglich könnte ein höherer Anteil an mittel- bis kurzkettigen Fettsäuren im Kot und/oder eine höhere Anzahl an Doppelbindungen einen niedrigeren Brennwert verursacht haben (PRABUCKI und SCHÜRCH 1967, KIENZLE et al. 1998b, BEYNEN et al. 2002, NRC 2006).

Die im Kot ausgeschiedene Rfa stellt zum größten Teil die kaum verdauliche Cellulose aus dem Futter dar. Darüber hinaus konnte bei der Aufbereitung der Kotproben mancher Tiere auch ein gewisser Anteil an Holzspänen festgestellt werden. Da die Welpen mit Ausnahme der dritten Bilanz bei den FBIs während der Bilanzphasen in Käfigen mit Gummimatten gehalten wurden, können die Verunreinigungen des Kots mit Holz hier nicht nachträglich stattgefunden haben. Zwischen den einzelnen Bilanzen wurden die Liegebereiche der Innenboxen mit Holz- bzw. Hanfspänen eingestreut. Neben dem Fressen von Einstreu konnte auch ein Benagen der Holzhütten durch die Welpen beobachtet werden. Da eine Darmpassage durchschnittlich 1-2 Tage dauert, fanden sich aufgenommene Holzstückchen vor allem zu Beginn der Bilanzphasen im Kot. In der an der Sammelkotprobe durchgeführten Analyse dürfte die Rfa-Fraktion daher zu einem gewissen Anteil auch aus Lignin bestanden haben. Lignin besitzt mit 25,5 kJ/g einen deutlich höheren Energiegehalt als die Rfa aus der Cellulose (SCHRAG 1999, KIENZLE et al. 2001b). Folglich erklärt sich so der höhere Brennwert der Rfa im Kot von ca. 19 kJ/g im Vergleich zu dem für Futter verwendeten Wert (17,2 kJ/g, NRC 2006).

Der in der Gruppe NC ermittelte Brennwert der NfE stimmt gut mit dem für Kohlenhydrate angegebenen Energiegehalt von 17,2 kJ/g überein. Dagegen lag der bei den HC-Tieren bestimmte Brennwert mit 12,7 kJ/g deutlich niedriger. Da die NfE aus den übrigen Rohnährstoffen errechnet wird, können sich Analysefehler auf diese Fraktion auswirken. Zwischen dem Gehalt an Rfe und NfE konnte bei den HC-Tieren Co-Korrelationen festgestellt werden (**Abb. 13**).

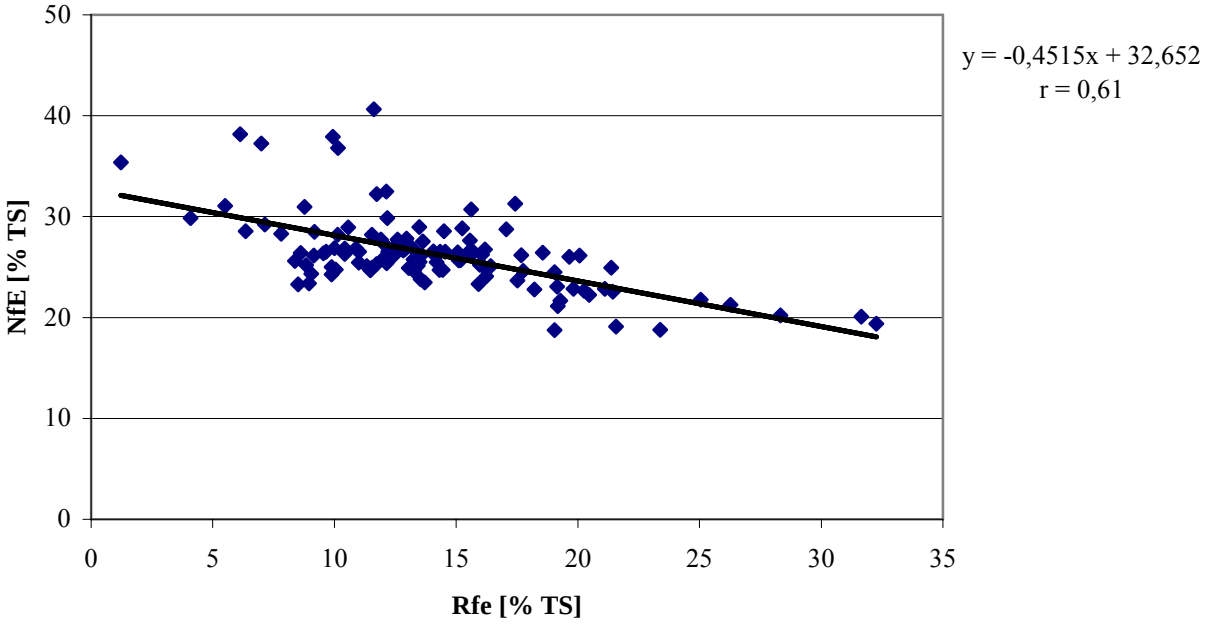

Abb. 13: Beziehung zwischen dem Gehalt an Rfe und NfE [% TS] im Kot der HC-Tiere

Trotz Säureaufschluss wäre es möglich, dass bei manchen Proben der Fettgehalt der Proben bei der Analyse unterschätzt wurde. Die daraus resultierende rechnerische Erhöhung des Gehaltes an NfE im Kot könnte folglich bei der Regressionsanalyse in einem niedrigeren Brennwert resultiert haben. Da bei den HC-Tieren im Vergleich zu den Tieren der Gruppe NC eine insgesamt höhere Fettmenge im Kot feststellbar war, könnten sich Analysefehler in dieser Gruppe unter Umständen eher ausgewirkt haben.

SCHÖNMEIER (2003) berechnete durch Regression auf Basis der Gehalte an Rp, Rfe und Gesamtkohlenhydraten (GKH) die Brennwerte der Rohnährstoffe im Kot von Hunden. Um einen Vergleich mit ihren Werten anstellen zu können, wurde auch in unseren Untersuchungen eine Regressionsberechnung auf Basis dieser Nährstoffgruppen durchgeführt. Die dabei ermittelten Ergebnisse sind in **Tab. 32** dargestellt.

Tab. 32: Anhand der eigenen Regression für die Gruppen NC und HC ermittelte Brennwerte [kJ/g] für Rp, Rfe und GKH im Kot im Vergleich mit den Angaben nach SCHÖNMEIER (2003)

	Rp	**Rfe**	**GKH**
NC	26,6	38,3	18,3
HC	26,7	38,2	14,6
SCHÖNMEIER (2003)	24,5	38,1	18,5

Beim Vergleich der in unserer Regression ermittelten Brennwerte mit den Angaben von SCHÖNMEIER (2003) findet sich bei den NC-Tieren eine erstaunlich gute Übereinstimmung. Bei den Kotproben aus der Gruppe HC liegt dagegen auch hier ein niedrigerer Brennwert der GKH vor.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Verwendung der für Futter angegebenen Brennwerte der einzelnen Rohnährstoffe zu ungenaue GE-Gehalte im Kot liefern. Auch ein hoher Ca-Gehalt im Futter scheint einen gewissen Einfluss auf die Genauigkeit der Berechnung des Brennwertes aus den Rohnährstoffen zu haben. Dies zeigt, dass bei der Berechnung der GE des Kotes mit neuem Versuchsfutter zunächst immer eine Überprüfung der Faktoren mittels bombenkalorimetrischer Energiebestimmung erfolgen sollte.

7.4 Abschätzung der Verdaulichen Energie anhand der verdaulichen Rohnährstoffe

Aus den verdaulichen Rohnährstoffen und den nach dem NRC (2006) angegebenen Brennwerten für Fett (39,3 kJ/g), Protein (23,8 kJ/g), Faser und NfE (17,2 kJ/g) wurde die DE im Futter abgeschätzt. Insgesamt ergab sich eine gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und experimentell bestimmten Werten (**Abb. 14**).

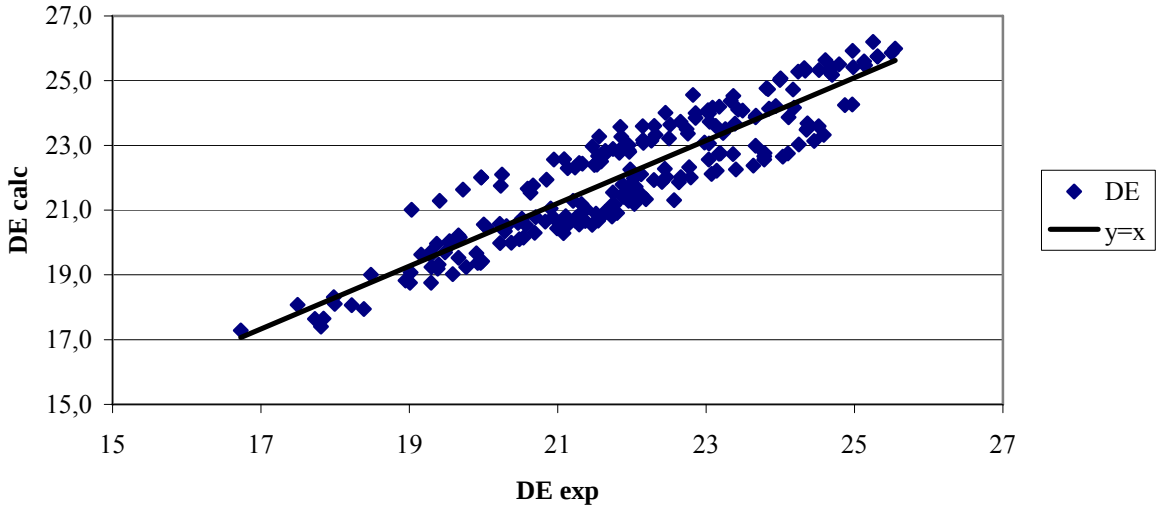

Abb. 14: Vergleich der experimentell bestimmten DE_{exp} [MJ/kg] mit der rechnerisch bestimmten DE_{calc}; $y = 0{,}97x + 0{,}82$; $r^2 = 0{,}83$, $n = 222$

Bei Kenntnis der Verdaulichkeit der einzelnen Rohnährstoffe, beispielsweise durch deren Ermittlung in Fütterungsversuchen, kann somit die DE durchaus anhand der verdaulichen Rohnährstoffe abgeschätzt werden.

Anhand der durchgeführten multiplen Regressionsanalyse mit vRp, vRfe, vRfa und vNfE als unabhängige Variablen und der DE als abhängiger Variable ergaben sich folgende Brennwerte: vRp 24,3 kJ/g, vRfe 36,0 kJ/g, vRfa und für verdauliche NfE (vNfE) 18,7 kJ/g.
GRÖNER (1991) errechnete anhand von Trockenfuttermitteln für Hunde einen Energiegehalt des vRp von 22,8 kJ/g, für vRfe von 39,7 kJ/g und für vNfE einen Energiewert von 16,8 kJ/g. Da durch die zusätzliche Berücksichtigung der verdaulichen Rfa die Schätzgenauigkeit nicht verbessert werden konnte, verzichtete GRÖNER (1991) auf ihre Einbeziehung.
SCHÖNMEIER (2003) kam zu ähnlichen Ergebnissen mit 23,1 kJ/g vRp, 38,8 kJ/g vRfe und 17,5 kJ/g vGKH, wobei auch in ihren Untersuchungen verschiedene Trockenfutter als Grundlage der Berechnung dienten.
KENDALL et al. (1982) bestimmte dagegen anhand von Feucht- und halbfeuchtem Futter die Faktoren 25,2-27,6 kJ/g für vRp, 32,9-34,4 kJ/g für vRfe und 16,1-19,2 kJ/g für vNfE zur Berechnung der DE. Für Trockenfutter konnten die Autoren dagegen keine zufrieden stellenden Faktoren zur Berechnung der DE bestimmen. Insgesamt lagen die anhand von

Trockenfutter ermittelten Energiegehalte deutlich unter den für Feucht- und halbfeuchtem Futter bestimmten Werten.

Bei Regressionsberechnung ohne Faser ergeben sich nach unseren Untersuchungen folgende Werte: vRp 27,5 kJ/g, vRfe 36,0 kJ/g und vNfE 17,5 kJ/g. Diese zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den von KENDALL et al. (1982) ermittelten Werten, wohingegen im Vergleich mit GRÖNER (1991) und SCHÖNMEIER (2003) höhere Energiewerte für das vRp, und ein niedrigerer Wert für vRfe ermittelt wurden. Da die leicht abweichenden Brennwerte der verdaulichen Rohnährstoffe zur Abschätzung der DE in den Studien von GRÖNER (1991) und SCHÖNMEIER (2003) auf Untersuchungen auf Basis von Trockenfuttern beruhen, scheinen bei unterschiedlichem TS-Gehalt des Futters andere Brennwerte für vRp, vRfe und vNfE zu resultieren.

7.5 Berechnung der ME

In der Literatur finden sich verschiedene Angaben zur direkten Abschätzung der ME aus den Rohnährstoffen (RUBNER 1901, ATWATER 1902, AAFCO 1997, SCHÖNMEIER 2003, NRC 2006). Für die Berechnung der ME in selbstgemachten Rationen empfiehlt das NRC (2006) die Verwendung der ursprünglich von ATWATER (1902) ermittelten Faktoren von 16,7 kJ/g für Rp, 37,3 kJ/g für Rfe und 16,7 kJ/g für NfE. Diese Werte zeigen auch heute noch eine erstaunlich gute Übereinstimmung bei hochverdaulichen Rationen. Innerhalb der Kontrollgruppe wurde die ME anhand dieser Faktoren berechnet und mit der analytisch bestimmten ME verglichen. Dabei zeigte sich eine relativ gute Übereinstimmung der Werte mit einer mittleren Abweichung von 4,7 ± 4,1% (**Abb. 15**).

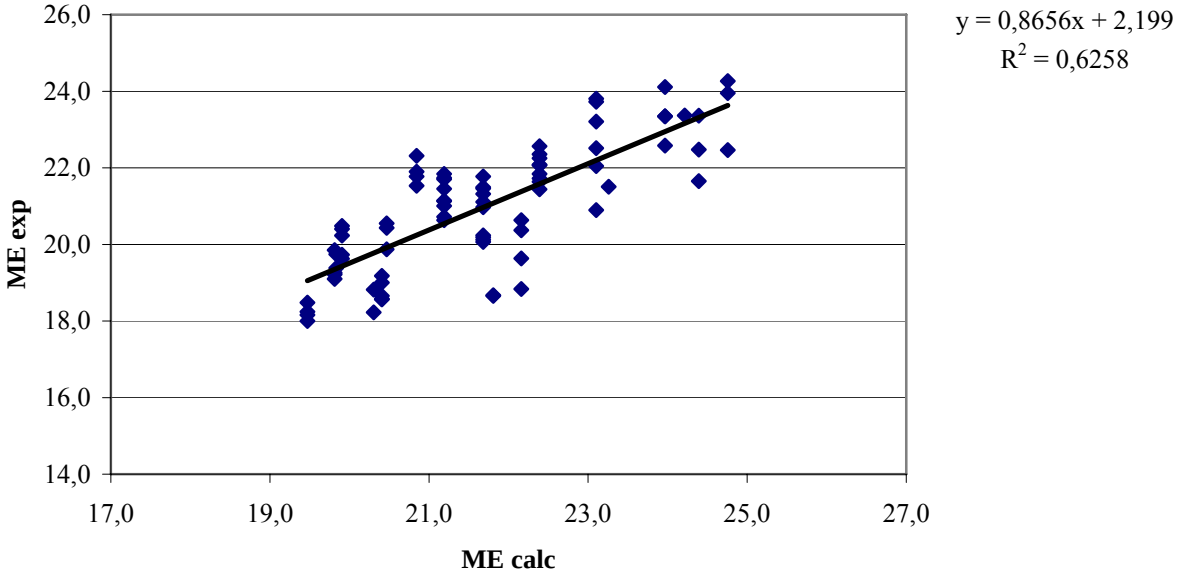

Abb. 15: Vergleich der experimentell bestimmten ME_{bomb} [MJ/kg] mit der durch Verwendung der ATWATER (1902)-Faktoren berechneten ME_{calc} (n = 81)

Aufgrund unterschiedlicher Einflussfaktoren auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe sind bei einer faktoriellen Berechnung der ME aus den einzelnen Rohnährstoffe Abweichungen von der wahren ME möglich. Folglich bleibt festzustellen, dass für eine genaue ME-Bestimmung die Verdaulichkeitsuntersuchung unerlässlich bleibt (LAFLAMME 2001).

7.6 Verdaulichkeit der Rohnährstoffe

Rohprotein

Die Proteinverdaulichkeit der Tiere der Kontrollgruppen lag in unseren Untersuchungen bei 88,2 ± 2,5% für die Beagles und 87,3 ± 3,2% für die FBIs. Die Werte schwankten zwischen 80,1-94,0%. In der Literatur finden sich Angaben über die Verdaulichkeit des Rp aus Pansen von 90,0-95,2% (GÖCKE 1970, DROCHNER 1975, ARNDT 1986, MEYER et al. 1989, MEYER und ZENTEK 2005), die geringfügig höher als die ermittelten Werte unserer Verdaulichkeitsversuche liegen.

Kohlenhydrate in der Ration können die Proteinverdaulichkeit im Futter beeinträchtigen, wobei aufgeschlossene Stärke einen geringeren Effekt als schwer verdauliche Stärke hat. Die Proteinverdaulichkeit kann durch Zulage von gekochtem Reis um bis zu 5% reduziert werden (MÜHLUM 1987, MEYER et al. 1989, MEYER und ZENTEK 2005), was etwa der von uns

beobachteten Abweichung zu den in der Literatur angegebenen Verdaulichkeiten entspricht. Da unsere Ration neben Pansen zu 39% aus gekochtem Reis bestand, ist ein Einfluss der Stärke als Ursache für die niedrigeren Werte zu vermuten.

Rohfett

Für die Verdaulichkeit des Rfe wurden für die Kontrollgruppen beider Rassen einheitliche Werte ermittelt. So ergaben sich 93,7 ± 2,9% bei den Beagles und 93,3 ± 3,2% bei den FBIs. Diese Verdaulichkeiten zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Angaben aus der Literatur bei Fütterung von Rindertalg oder Schlachtabfällen (Magen-Darm-Trakt) mit Werten von 93,5-95,7% (THOMÉE 1978, MEYER et al. 1980, MEYER und MUNDT 1983, MEYER und ZENTEK 2005).

Rohfaser

Für die Verdaulichkeit der Rfa wurde bei den Beagles ein mittlerer Wert von 53,0 ± 23,3% ermittelt, mit Schwankungen im Bereich von -4 bis 75%. Bei den FBIs lag die mittlere Rfa-Verdaulichkeit bei 28,5 ± 23,9%, mit Werten von -27 bis 60%.

In der Literatur (GRÖNER 1991, LEWIS et al. 1994, ZENTEK und MEYER 1995, WEBER et al. 2003, MEYER et al. 1999) findet sich eine ähnlich hohe Varianz der Werte mit Angaben über die durchschnittliche Faserverdaulichkeit in einem Bereich von negativen Verdaulichkeiten bis zu 71,9%. Die hohe Streuung der Werte ist vermutlich ein mathematischer Effekt aufgrund der nahezu fehlenden Verdaulichkeit der Cellulose, dem geringen Gehalt von Rfa in Futter und Kot sowie dem analytischen Standardfehler (KIENZLE et al. 2001a).

Darüber hinaus zeigte sich in unseren Untersuchungen ein Einfluss der Rasse auf die Höhe der Rfa-Verdaulichkeit, mit höheren Werten bei den Beagles. Die in unserer Studie zwischen beiden Rassen auftretende signifikant unterschiedliche Verdaulichkeit der Rfa ist schwierig zu erklären. Ähnliche Ergebnisse mit einer höheren Faserverdaulichkeit bei Beagles im Vergleich zu Deutschen Doggen fanden ZENTEK und MEYER (1995). Diese Unterschiede wurden aber nur bei zwei der vier verwendeten Futter festgestellt, bei den beiden anderen untersuchten Futtern war die Rfa-Verdaulichkeit dagegen nicht signifikant verschieden. MEYER et al. (1999) sowie JAMES und MC CAY (1950) konnten dagegen keinen Einfluss der Rasse auf die Verdaulichkeit der Rfa feststellen.

Aufgrund des im Vergleich zu den Beagles vermehrten Auftretens von negativen Werten für die Faserverdaulichkeit bei den FBIs, könnten die aus unseren Berechnungen hervorgehenden niedrigeren Werte möglicherweise durch eine Kontamination der Proben mit Holzspänen zustande gekommen sein. Wie weiter oben schon ausführlich dargestellt wurde, nahmen manche Welpen durch Fressen der Einstreu und Benagen der Hütten eine gewisse Menge an Holzspänen auf. Diese erhöhen im Kot den Rfa-Anteil, wodurch sich insgesamt eine niedrigere bis negative Verdaulichkeit errechnet. Darüber hinaus kam aus Tierschutzgründen bei den FBIs in der dritten Bilanz eine Unterbringung der relativ großen Junghunde in Bilanzkäfigen nicht in Frage. Die Hunde wurden daher einzeln in Innenboxen gehalten, wobei zunächst die Liegebereiche der Hunde wie gewohnt mit Holz- bzw. Hanfspänen versehen. Dies führte allerdings während der Bilanzuntersuchungen zu Verunreinigungen der Kotproben. Nachdem diese Probleme offensichtlich wurden, wurden großflächig Gummimatten ausgelegt und die Einstreu der Schlafplätze durch Decken oder andere Materialien ersetzt.

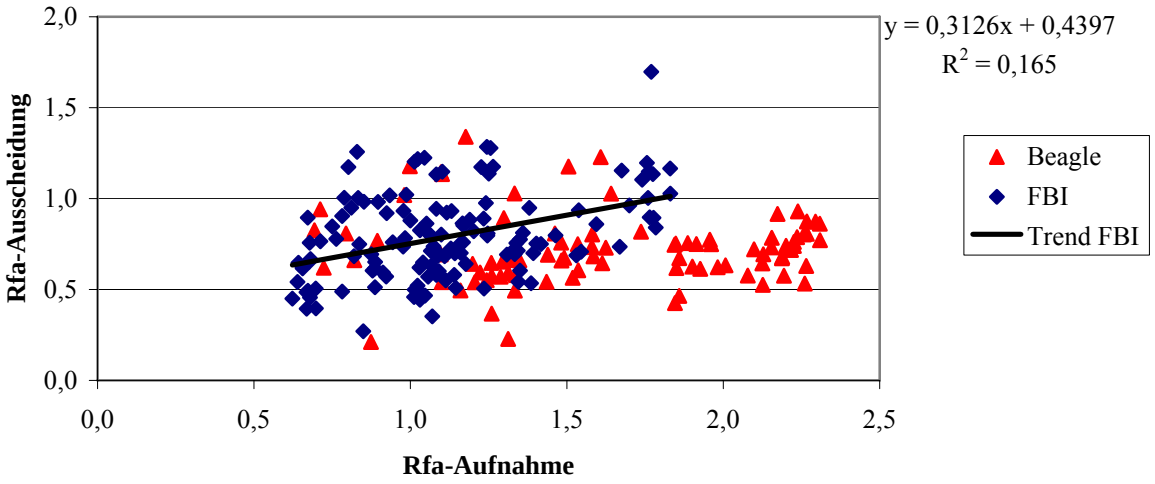

Abb. 16: Vergleich der täglichen Rfa-Aufnahme und Rfa-Ausscheidung [g/kg KM/d] der Beagles und FBIs

Der Vergleich der Rfa-Aufnahme und Ausscheidung zeigt, dass die FBIs bei einer im Vergleich zu den Beagles niedrigeren Rfa-Aufnahme höhere Mengen an Rfa wieder ausschieden, was auf einen Einfluss der oben genannten Faktoren hinweist.

NFE

Die NfE-Verdaulichkeit erreichte bei der Gruppe Beagle NC einen Wert von 90,0 ± 3,2%, bei der Gruppe FBI NC wurden 88,2 ± 4,4% verdaut. Literaturangaben über die NfE-Verdaulichkeiten bei Fütterung von aufgeschlossener Stärke im Bereich von 88,2-97,3% bestätigen diese Werte (DROCHNER 1977, ARNDT 1986, MÜHLUM 1987, INGWERSEN 1988).

Rohasche

Die Ra-Verdaulichkeit der NC-Tiere lag bei den Beagles bei 65,2 ± 12,8%, bei den FBIs bei 59,1 ± 11,3. Angaben aus der Literatur bei Welpen liegen bei 41,2-68,6% und stimmen folglich gut mit den von uns ermittelten Werten überein (THOMÉE 1978, WEBER et al. 2003). Die Ra-Verdaulichkeit unterschied sich zwischen beiden Rassen, wobei signifikante Unterschiede mit einem höheren Wert bei den Beagles jedoch nur bei der Gruppe NC im Alter von 12 Wochen festzustellen waren (**Abb. 17**). Vor allem bei den HC-Tieren zeigte sich eine tendenziell niedrigere Verdaulichkeit bei den FBIs, wobei vermutlich aufgrund einer hohen Standardabweichung keine signifikanten Unterschiede erreicht wurden.

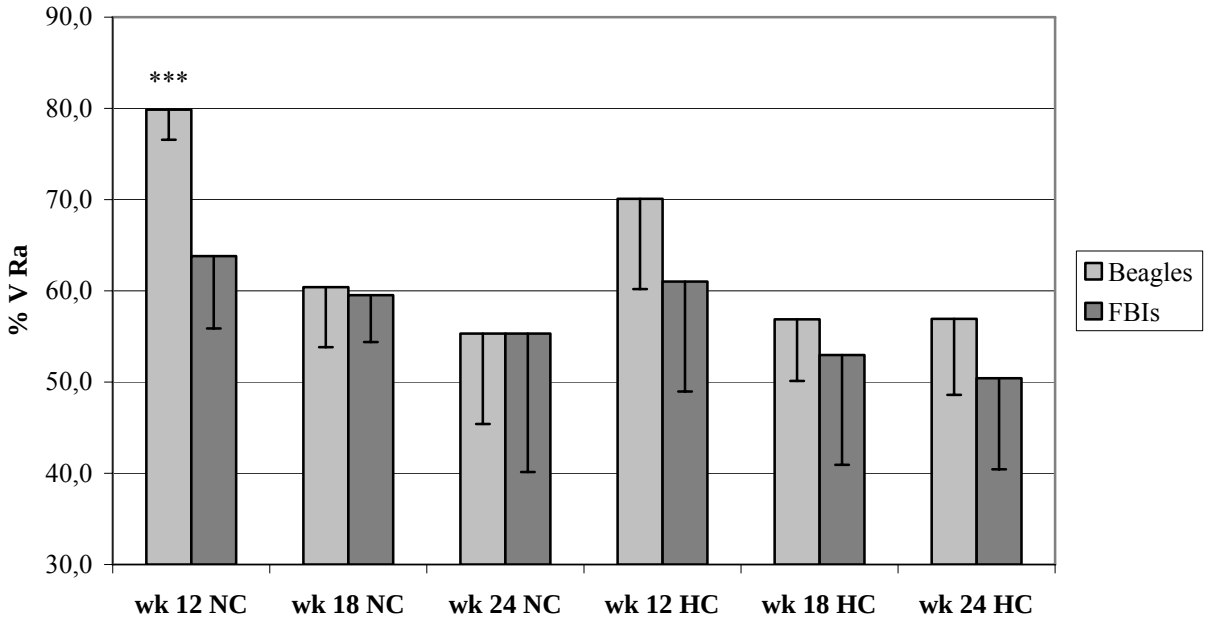

Abb. 17: Vergleich der Ra-Verdaulichkeiten (%V Ra) der Welpen im Alter von 12, 18 und 24 Monaten beider Rassen; mit einem Stern überschriebene Balken unterscheiden sich signifikant, *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz wieder

Darüber hinaus zeigte sich mit zunehmendem Alter eine Abnahme der Ra-Verdaulichkeit, wobei die Unterschiede bei den Tieren der Gruppe HC stärker ausgeprägt waren.
Da die Ra zum größten Teil aus Mineralstoffen besteht, wirken sich die Ca- und P-Absorptionsraten der Tiere auf die Ra-Verdaulichkeit aus. Über den nachgewiesenen Einfluss der Rasse, des Alters und der Ca-Zufuhr mit dem Futter auf die Höhe der Ca-Verdaulichkeit wurde an anderer Stelle ausführlich berichtet (DOBENECKER 2002, DOBENECKER 2004).

Organische Substanz

Beim Vergleich zu Angaben in der Literatur über die oS-Verdaulichkeit von Rationen aus Innereien 87,8-93,2% (ARNDT 1986, MEYER et al. 1980, MEYER und MUNDT 1983) mit den anhand unserer Versuche ermittelten Verdaulichkeiten von 88,3 ± 2,3% (Beagle NC) bzw. 87,3 ± 2,5% (FBI NC) wurden vergleichbare Ergebnisse ermittelt.

7.7 Einfluss des Calciums auf die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe

Eine Ca-Überversorgung hatte bei beiden Rassen einen signifikanten Einfluss auf die Verdaulichkeit des Rp, des Rfe, der NfE, der Ra und der oS. Sowohl bei den Beagles als auch den FBIs zeigten sich signifikant höhere Verdaulichkeiten bei den NC-Tieren als bei den HC-Tieren (**Abb. 18**). In der Literatur finden sich ähnliche Beobachtungen bei Hunden (MEYER und MUNDT 1983) und Kälbern (XU et al. 1999).
Hohe Aschegehalte im Futter, wie sie beispielsweise aus einer übermäßigen Ca-Zufuhr mit dem Futter resultieren können beeinträchtigen die Verdaulichkeit des Futters. Als Ursache werden eine Abpufferung von Säuren im Magensaft und eine daraus resultierende geringere Pepsinaktivität vermutet (MEYER und ZENTEK 2005). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass durch eine Hypercalcämie die Höhe und Konzentration der durch Gastrin stimulierten Magensäuresekretion gehemmt wird (KOWALEWSKI und KOLODEJ 1976).

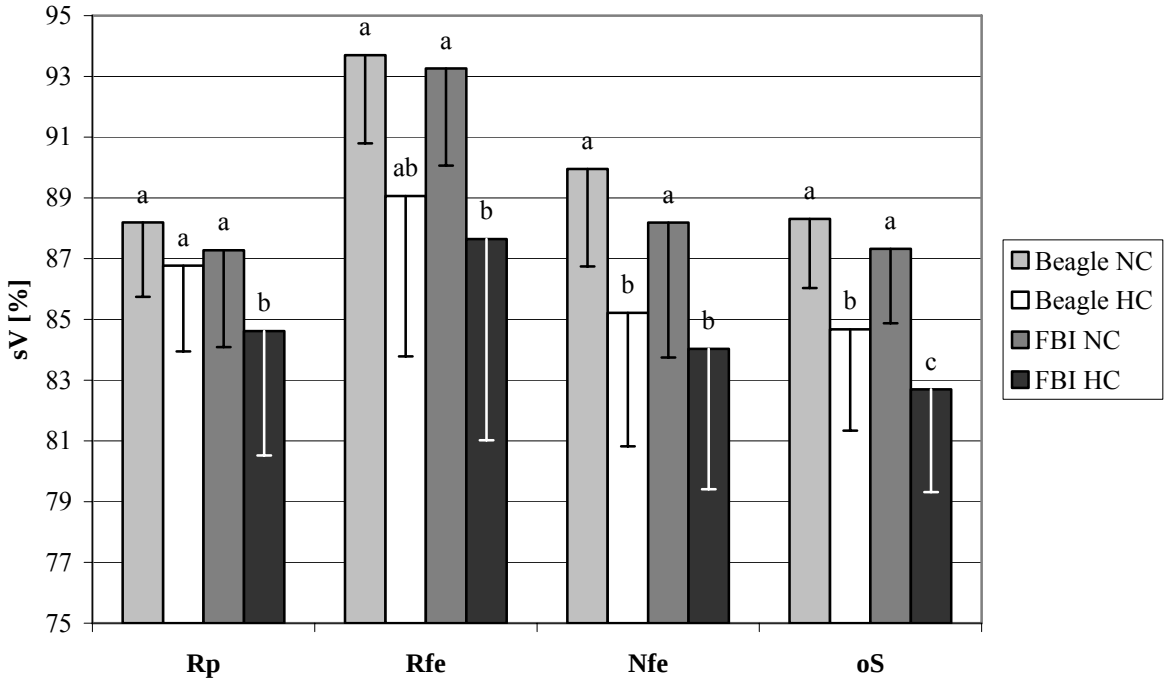

Abb. 18: Einfluss der Gruppe (NC, HC) auf die Verdaulichkeit [%] des Rp, des Rfe, der NfE und der oS; Balken, die nicht mit denselben Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Ca hat eine wichtige Funktion bei der Entstehung von Muskelkontraktionen (ENGELHARDT und BREVES 2000). Folglich wäre eine direkte Wirkung von Ca auf die Magen-Darmmotilität mit beschleunigter Passage des Chymus als Ursache einer verminderten Verdaulichkeit durchaus denkbar (MEYER und ZENTEK 2005). Dass Ca einen wichtigen Faktor für die Darmmotilität darstellt, beweist die Hemmung der postprandialen Darmmotorik (bis hin zur spasmolytischen Wirkung) durch Ca-Kanal-Blocker (DE PONTI et al. 1992, SARNA 1998, LÖSCHER et al. 2006). Vermutlich wird an den Zellen der glatten Muskulatur der Ca-Influx über spannungsgesteuerte Ionenkanäle reguliert (DE PONTI et al. 1992, SARNA 1998). Bei einer induzierten Hypercalcämie konnte bei Hunden eine gesteigerte Magenmotilität gezeigt werden, wobei die genauen Mechanismen der Beeinflussung der Magenmotorik nicht dargestellt wurden (KOWALEWSKI und KOLODEJ 1976).

Ein weiterer möglicher Erklärungsansatz für die Beeinflussung der Nährstoffverdaulichkeit durch Ca ergibt sich aus den Angaben in der Literatur über den Einfluss von CT auf die Magen- und Pankreassekretion. Bei Untersuchungen an Katzen zeigte sich bei hoher Ca-

Zufuhr eine verminderte Gastrin- und folglich Magensäure-Sekretion (KONTUREK et al. 1974, HEIDBREDER et al. 1975).
Das bei Ca-Überschuss und Hypercalcämie ausgeschüttete CT hemmt lang andauernd die Protein-, Enzym- und Bicarbonatsekretion des Pankreas, wodurch eine direkte Beeinflussung der Verdauungsfunktion des Magen-Darmtraktes aufgrund eines geringeren Anteils an Verdauungsenzymen denkbar wäre (TISCORNIA et al. 1976, NAKASHIMA et al. 1977, FUNOVICS et al. 1981). Da trotz hoher Ca-Konzentrationen im Darmtrakt keine Änderung des Serumcalciumspiegels festzustellen ist, scheint eine lokale Stimulation der CT-Ausschüttung durch Ca mit direkter Wirkung des CT auf das Pankreas stattzufinden (TISCORNIA et al. 1976).
Die Pankreasenzyme Trypsin, Chymotrypsin, Amylase und Lipase werden gemeinsam aus dem Pankreas in den Darm sezerniert und stellen wichtige Faktoren für die Verdauung der Nahrungsbestandteile dar. Folglich könnte eine verminderte Enzymausschüttung des Pankreas die kombinierte Hemmung der Verdaulichkeit von Protein, Fett, NfE sowie der oS erklären. Warum beim Vergleich der Rassen bei den Tieren der Gruppe FBI HC eine stärkere Beeinflussung der Verdaulichkeit stattgefunden hat, ließe sich durch eine rassespezifische Sensitivität der Drüsenzellen gegenüber CT erklären. Hinweise darauf finden sich in der Literatur bei Untersuchungen an Menschen (TANAKA et al. 1989), bei der verschiedene Individuen eine unterschiedlich starke Beeinflussung der Pankreasausschüttung auf Calcitoninzufuhr zeigten.

Über die oben aufgeführten Überlegungen hinaus, hat Ca auch einen direkten Einfluss auf die Verdaulichkeit einzelner Rohnährstoffe. Im Folgenden sollen daher die Auswirkungen einer bedarfsüberschreitenden Calciumzufuhr auf die Verdaulichkeit einzelner Rohnährstoffe besprochen werden.

Fettverdaulichkeit

Die Futterproben unserer Untersuchungen wiesen insgesamt einen hohen Fettgehalt von 27,7 ± 5,7% TS mit Extremwerten von bis zu 44,1% TS auf. Um eine Beeinträchtigung der Fettverdaulichkeit durch eine die Verdauungskapazität im Darmkanal überschreitenden Menge an Fett auszuschließen, wurde zunächst ein Einfluss der aufgenommenen Fettmenge auf die Fettverdaulichkeit überprüft. MEYER und ZENTEK (2005) schließen eine

Beeinflussung der Fettverdaulichkeit bei Fütterung von bis zu 10g Fett/kg KM/d aus. In unseren Versuchen erhielten die Tiere durchschnittlich 7,8 ± 2,6 g Fett/kg KM/d, mit Schwankungen von 3,7-15,7 g Fett/kg KM/d. Manche der Tiere erhielten somit deutlich mehr als die von MEYER und ZENTEK (2005) angegebenen Mengen. Eine reduzierte Fettverdaulichkeit durch sehr hohe Fettmengen im Futter konnte bei unseren Untersuchungen jedoch auch bei Werten bis zu 15 g Fett/kg KM/d nicht festgestellt werden (**Abb. 19**).

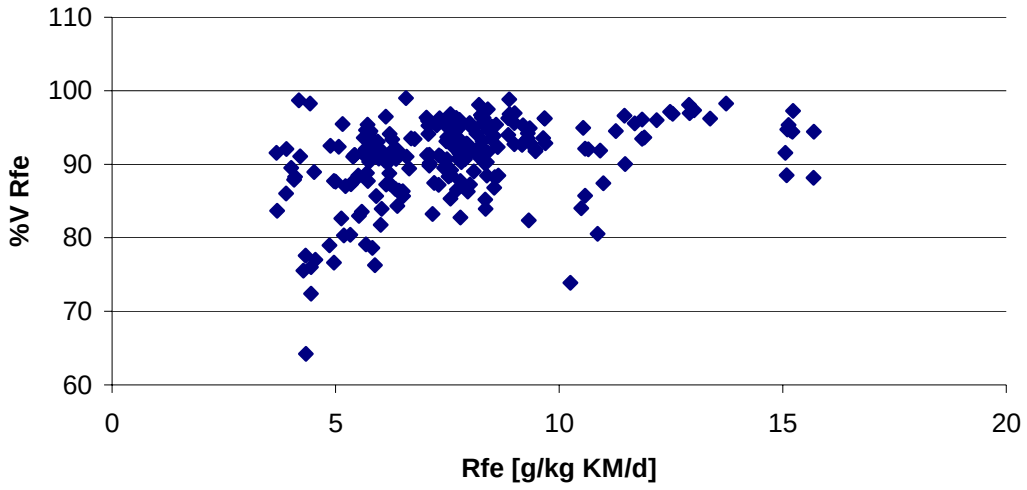

Abb. 19: Vergleich der Fettverdaulichkeiten [%] bei variierendem Fettgehalt im Futter [g/kg KM/d]

Ein Fehler durch sehr hohe Fettgehalte im Futter ist daher als Ursache niedriger Rfe-Verdaulichkeiten letztendlich auszuschließen.

Dagegen konnte bei den Tieren unter hoher Ca-Zufuhr mit dem Futter eine deutliche Beeinflussung der Fettverdaulichkeit festgestellt werden. Übereinstimmende Ergebnisse fanden sich auch bei Untersuchungen an Hunden (MEYER und MUNDT 1983), Ratten (PAPAKONSTANTINOU et al. 2003) und Kälbern (XU et al. 1999).
Der Vergleich der täglich im Kot absolut ausgeschiedenen Rfe-Menge pro kg KM zeigt eine fast doppelt so hohe Fettausscheidung bei den HC-Tieren im Vergleich zur Gruppe NC (**Abb. 20**). Auch APPLETON et al. (1992) kamen bei Untersuchungen an Ratten zu übereinstimmenden Ergebnissen, einer Verdopplung der Fettausscheidung bei Verdreifachung des Ca-Gehalts im Futter.

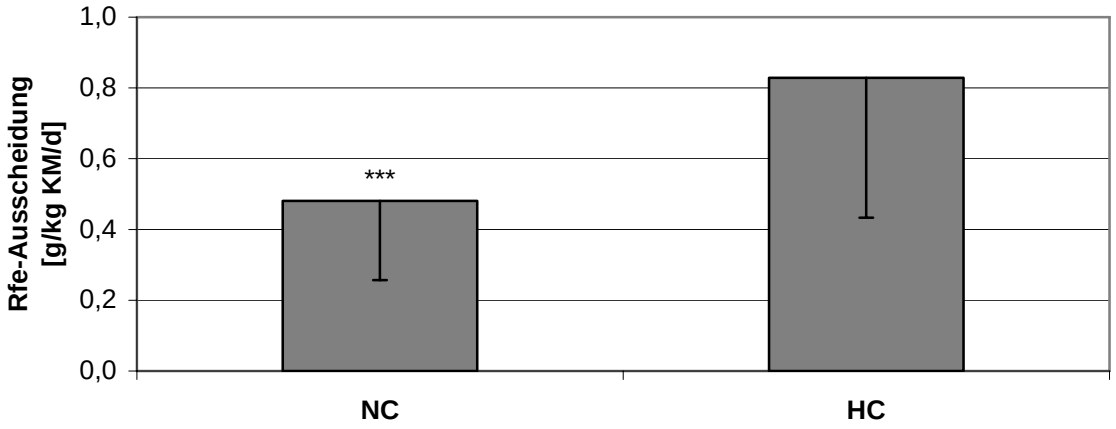

Abb. 20: Vergleich der Höhe der Fettausscheidung [g/kg KM/d] zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe; Balken, die mit einem Stern überschrieben sind unterscheiden sich signifikant; *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz wieder

Ursächlich scheint eine Bildung von schwer löslichen und schlecht resorbierbaren Ca-Seifen aus langkettigen Fettsäuren und Calcium im Darmtrakt für die vermehrte Fettausscheidung verantwortlich zu sein (CHENG et al. 1949, APPLETON et al. 1992, HALLEBEEK und HAZEWINKEL 1998, MEYER und ZENTEK 2005). Die Fettverluste mit dem Kot sind umso ausgeprägter ist, je höher der Fett- und Ca-Gehalt im Futter ist (MEYER und MUNDT 1983). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die erhöhte Konzentration der aus den langkettigen Fettsäuren gebildeten Micellen im Darm über eine negative Rückkopplung die Gallensäureproduktion hemmt. Folglich konnte bei hoher Ca-Zufuhr mit dem Futter gleichzeitig eine geringere Gallensäurekonzentration im Kot festgestellt werden (APPLETON et al. 1992). Eine geringere Rfe-Verdaulichkeit im Dünndarm aufgrund einer niedrigeren Gallensäureausschüttung wäre weiterhin denkbar.

Die Ursache der im Gegensatz dazu von XU et al. (1998) bei Kälbern festgestellten höheren Gallensäureausscheidung bei Zulage von Ca im Futter liegt vermutlich in den unterschiedlichen Verdauungsvorgängen ruminierender Tiere. In den Vormägen werden die langkettigen Fette zu einem großen Teil durch mikrobielle Umsetzungen abgebaut, wodurch sich unter Umständen eine höhere Affinität des Ca zu Gallensäuren ergibt.

Proteinverdaulichkeit

Übereinstimmend mit früheren Verdaulichkeitsuntersuchungen an Hunden (GRÖNER 1991), wiesen auch bei unseren Ergebnissen die Proteinverdaulichkeiten innerhalb der einzelnen

Gruppen nur eine geringe Streuung auf. Dagegen konnte auch beim Rp eine deutlich beeinträchtigte Proteinverdaulichkeit unter hoher Calciumzufuhr festgestellt werden.
In der Literatur finden sich übereinstimmende Ergebnisse bei Untersuchungen an Hunden (MEYER und MUNDT 1983), Ratten (LEE et al. 1972) und Kälbern (XU et al. 1999). In der Studie von MEYER und MUNDT (1983) mit Zulage von Knochenschrot fand jedoch hauptsächlich eine Beeinträchtigung der Verdaulichkeit des im Knochenschrot enthaltenen Proteins statt. Die in der Grundration enthaltene Proteinmenge wurde durch die Calciummenge weniger beeinträchtigt. MEYER und MUNDT (1983) vermuteten daher, dass die Salzsäureproduktion bei sehr hohen Knochenschrotzulagen nicht ausreichend ist, um die bindegewebige Knochengrundsubstanz für die Verdauungsenzyme im Dünndarm freizulegen.

GRÖNER (1991) fand, dass durch Trocknung von Kotproben ein Stickstoffverlust in Höhe von 5% und folglich ein verminderter Proteingehalt im Kot auftritt. Ein Einfluss der Lagerung konnte in seinen Untersuchungen über die Dauer von vier Tagen nicht festgestellt werden. Da die Kotproben unserer Studie getrocknet und über eine Dauer von bis zu sechs Jahren gelagert wurden, wäre ein Stickstoffverlust im Kot und daraus resultierende höhere Werte für die Verdaulichkeit nicht auszuschließen. Die Auswertung der Daten in Bezug auf die Zeit und somit das Alter der Proben zeigt jedoch keine systematische Abweichung zwischen Lagerungsdauer und dem Rp-Gehalt im Kot (**Abb. 21**).

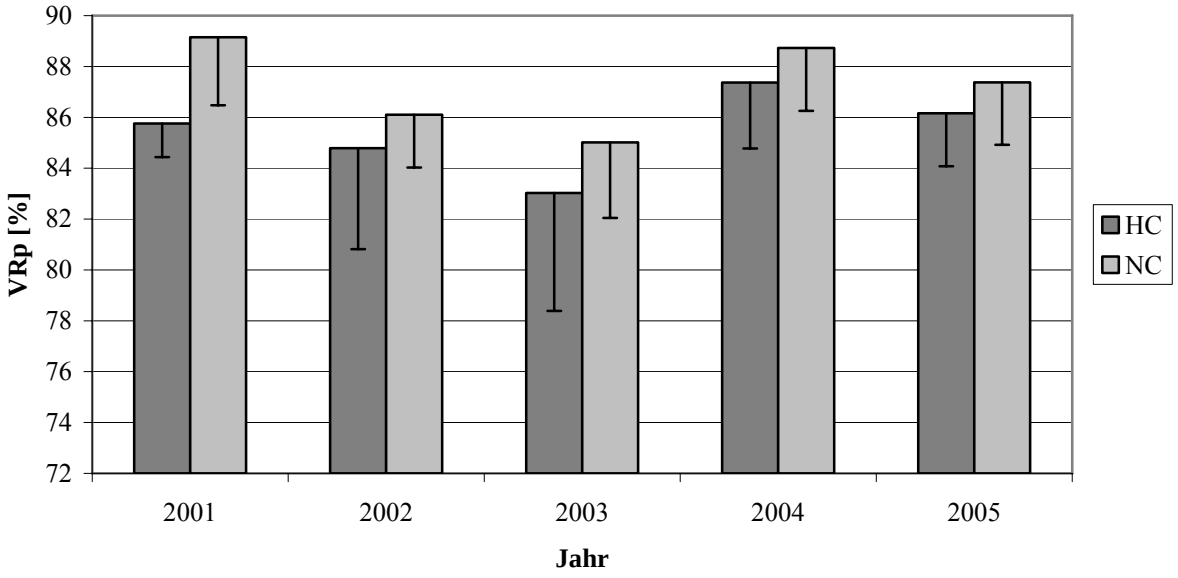

Abb. 21: Vergleich der ermittelten Proteinverdaulichkeiten in Versuchs- und Kontrollgruppen, sortiert nach dem Geburtsjahr der Welpen

Bei Ca-Überversorgung wurde eine niedrigere Proteinkonzentration im Kot im Vergleich zu den Tieren der Gruppe NC ermittelt. Da der Anteil der Ra im Kot bei den HC-Tieren um ca. 10% höher lag als bei den NC-Tieren, erklärt sich der folglich niedrigere Anteil der anderen Rohnährstoffe im Kot. Deshalb wurde darüber hinaus die pro kg KM ausgeschiedene absolute Rp-Menge berechnet. Dabei konnte bei den HC-Tieren mit 1,08 ± 0,28 g Rp/kg KM insgesamt eine etwas höhere Proteinausscheidung im Vergleich zur Gruppe NC mit einem mittleren Wert von 0,96 ± 0,20 g Rp/kg KM festgestellt werden. Der Einfluss von Ca auf die Proteinverdaulichkeit könnte folglich entweder über eine direkte Hemmung der Proteinresorption beispielsweise über eine veränderte Pankreasenzymsekretion in den Darm und/oder durch eine vermehrte Bildung von bakteriellem Protein unter dem Einfluss von Ca zustande gekommen sein (XU et al. 1999).

Ascheverdaulichkeit

Bei Vergleich der Tiere aus der HC- und NC-Gruppe konnte eine niedrigere Ra-Verdaulichkeit bei hoher Calciumzufuhr festgestellt werden, wobei diese Unterschiede jedoch nicht statistisch signifikant waren (**Abb. 17**). Da ein Großteil der Rohasche aus Mineralstoffen besteht, wirkt sich die Höhe der Ca-Absorptionsrate auf die Verdaulichkeit der

Rohasche aus. Über den Einfluss der mit dem Futter zugeführten Mineralstoffmenge auf die Ca-Verdaulichkeit wurde an anderer Stelle ausführlich berichtet (DOBENECKER 2002, DOBENECKER 2004).

NfE-Verdaulichkeit

Auch bei Vergleich der Verdaulichkeiten der stickstofffreien Extraktstoffe fallen deutlich niedrigere Werte bei hoher Calciumzufuhr mit der Nahrung auf.

Da ein hoher Anteil der NfE im Futter aus Stärke besteht, läge eine Beeinflussung der Stärkeverdaulichkeit durch Ca als Ursache unterschiedlicher NfE-Verdaulichkeiten nahe. Deswegen wurde bei 12 Kot- und 2 Futterproben enzymatisch der Stärkegehalt bestimmt, die Stärkeverdaulichkeit berechnet und ein Effekt der Gruppenzugehörigkeit geprüft.

Tab. 33: Vergleich der Stärke- und NfE-Verdaulichkeiten zwischen Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen

		n	**%V NfE**	**%V Stärke**
Beagles	**NC**	4	88,1 ± 1,6	$99,67^{a}$ ± 0,14
	HC	2	72,3 ± 0,7	$99,30^{ab}$ ± 0,33
FBI	**NC**	2	85,4 ± 3,5	$98,72^{b}$ ± 0,48
	HC	4	64,5 ± 2,3	$98,83^{b}$ ± 0,48

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Bei einer nahezu vollständigen Verdaulichkeit der Stärke von 98-99% konnte kein Einfluss der zugeführten Ca-Menge festgestellt werden (**Tab. 33**). Dennoch ist die Beeinflussung der Stärkeverdaulichkeit im Dünndarm durch Ca, beispielsweise über einen verminderten enzymatischen Aufschluss nicht ausgeschlossen. Unverdaute Stärke aus dem Dünndarm wird im Dickdarm über mikrobielle Fermentationsvorgänge abgebaut und resorbiert (HILL et al. 2001, HENDRIKS und SRITHARAN 2002). Folglich kann in einem gewissen Rahmen eine verminderte Verdaulichkeit im Dünndarm durch Fermentationsvorgänge im Dickdarm kompensiert werden, ohne dass eine Auswirkung auf die Gesamtverdaulichkeit festzustellen ist. Die praecaecale Beeinflussung der NfE-Verdaulichkeit durch Ca könnte sich jedoch auch auf andere NfE-Fraktionen ausgewirkt haben.

Da die NfE sich rechnerisch aus den experimentell ermittelten Faktoren für Rfe, Rfa, Rp und Rohasche ergibt, wäre eine Beeinflussung durch Messfehler in den anderen

Nährstofffraktionen möglich. Eine aufgrund von analytischen Fehlern geringere NfE-Verdaulichkeit käme durch erhöhten NfE-Gehalt im Kot und/oder einem niedrigeren Wert im Futter zustande. Folglich würden fehlerhaft niedrige Messwerte eines oder mehrerer Rohnährstoffe im Kot einen Anstieg des NfE-Gehaltes im Kot implizieren, jedoch gleichzeitig auch die errechnete Verdaulichkeit der betroffenen Rohnährstoffe erhöhen. Da in unseren Untersuchungen bei hoher Calciumzufuhr jedoch tendenziell bis zu signifikant niedrigere Verdaulichkeiten bei Rfe, Rp und Ra ermittelt wurden, sind Veränderungen aufgrund von Messfehlern in diesen Fraktionen eher auszuschließen.

Dagegen wäre eine Beeinflussung des NfE-Wertes durch die Höhe der in den Kotproben bestimmten Rfa durchaus denkbar. Die nach der WEENDER Analyse bestimmte Rfa dient zur Ermittlung unverdaulichen Materials im Futter und bestimmt u.a. unlösliche Anteile von Zellulose und Lignin. Nach Angaben von SCHRAG (1999) tauchen bei Bestimmung der in unseren Versuchen verwendeten pulverförmigen Cellulose nur etwa 70-80% wieder in der Rfa-Fraktion auf, 20-30% finden sich folglich in der NfE wieder. Wenn in der Rfa-Analyse Anteile der Cellulose nicht mit erfasst werden, ergibt sich bei der Berechnung der NfE folglich ein höherer Wert und die Gesamtverdaulichkeit der NfE-Fraktion sinkt. Da insgesamt 95% der aufgenommenen Cellulose wieder im Kot ausgeschieden werden, schließt KIENZLE et al. (2001a) jedoch extreme Auswirkungen auf die NfE-Verdaulichkeit aus. Dagegen tauchen 40-60% des Lignins in der NfE-Fraktion auf, weshalb auch durch höhere Gehalte an Holzspänen im Kot eine niedrigere Verdaulichkeit ausgelöst werden könnte.

Da jedoch die NfE-Verdaulichkeit vor allem in der HC-Gruppe beeinträchtigt wurde, lassen sich diese Beobachtungen nicht allein aufgrund von Messfehlern erklären. Vielmehr ist ein direkter Einfluss des Ca auf die Verdaulichkeit, beispielsweise über eine Beeinträchtigung der Pankreasenzymausschüttung zu vermuten.

7.8 Energieverdaulichkeit

Für die Energieverdaulichkeit der NC-Tiere wurden Werte von 89,0 ± 2,4% bei den Beagles und 88,3 ± 2,6% bei den FBIs bestimmt, die mit den Angaben aus der Literatur übereinstimmen (u.a. ZENTEK und MEYER 1995, WEBER et al. 2003, KIENZLE et al. 2001a). Aus den oben aufgeführten Auswirkungen der Ca-Zufuhr auf die Rohnährstoffverdaulichkeiten ist die festgestellte signifikant niedrigere Energieverdaulichkeit bei den Tieren der HC-Gruppe nicht überraschend ($P \leq 0,01$). Eine Beeinflussung der

Absorption einzelner Rohnährstoffe, insbesondere der Fette, wirkt sich gezwungenermaßen auf die gesamte Energieverdaulichkeit aus. Dennoch lassen sich nur 75% der Energie-Mehrausscheidung im Kot durch Verluste über Ca-Seifen erklären (XU et al. 1999). Darüber hinaus scheint sich die Beeinflussung der Verdaulichkeiten anderer Rohnährstoffe auszuwirken. Beim Vergleich beider Rassen fällt auf, dass auch hier die hohe Calciumzufuhr die Verdaulichkeit bei den FBIs stärker beeinflusst, als bei den Beagles (**Abb. 22**).

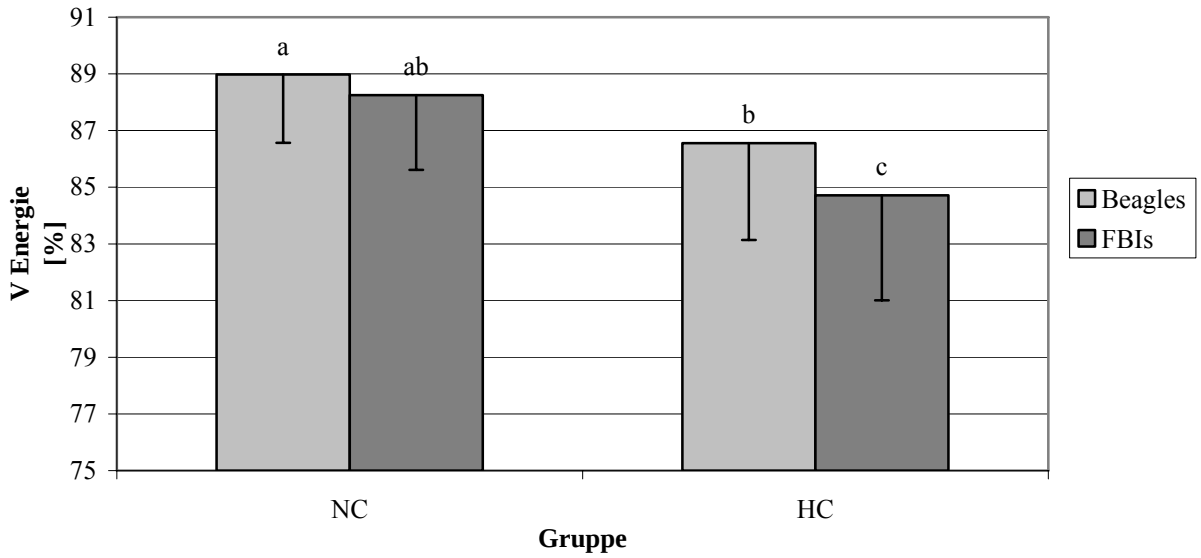

Abb. 22: Vergleich der Energieverdaulichkeiten [%] beider Rassen in Versuchs- und Kontrollgruppe; Balken, die nicht mit denselben Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Der trotz niedrigerer Energieverdaulichkeit festgestellte geringere Brennwert des Kotes der HC-Tiere erklärt sich durch den um 10% höheren Anteil der Rohasche in der TS. Folglich erhöht sich insgesamt die TS-Ausscheidung mit gleichzeitig niedrigeren Gehalten an einzelnen Rohnährstoffen.

7.9 Energieaufnahme und Energiebedarf

7.9.1 Energieaufnahme in Bezug auf die Körpermasse

Für ein Wachstum entsprechend der Wachstumskurve benötigten die Beagles deutlich weniger Energie, als nach den Angaben von MEYER und ZENTEK (2005) für diese Gewichtsklasse empfohlenen Bedarf (MJ ME/Tier/d; **Abb. 23**). Die von den Empfehlungen abweichenden Futteraufnahmen resultieren aus der Futter- und somit Energiezuteilung nach

dem individuellen Wachstum. Bei einer Abweichung der Gewichtsentwicklung von der für die jeweilige Rasse empfohlenen Wachstumskurve wurde die Futtermenge korrigiert, um eine entsprechend langsamere oder schnellere Körpermassezunahme zu erreichen.

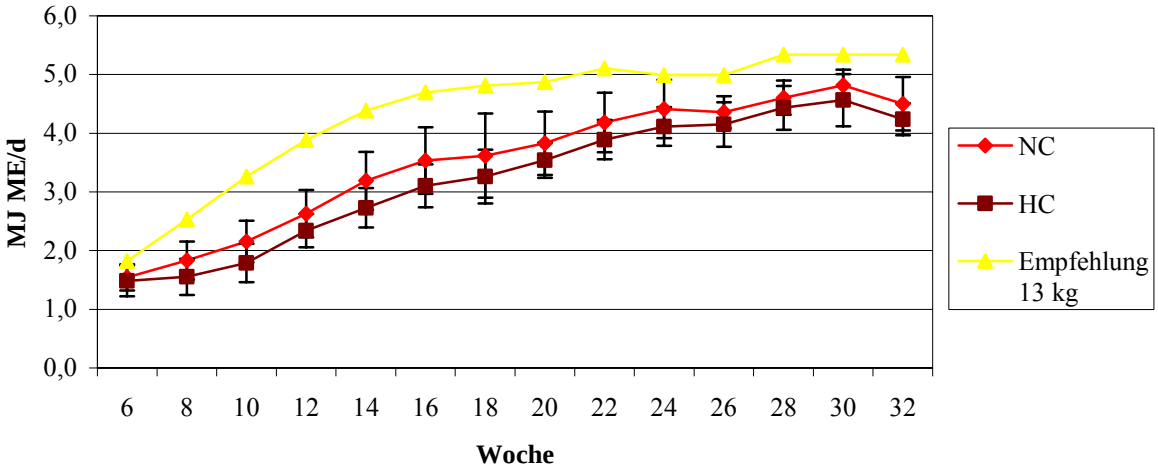

Abb. 23: Vergleich der Empfehlungen nach MEYER und ZENTEK (2005) mit der absolut aufgenommenen Menge an Energie der Beagles [MJ ME/d]

Bei den FBIs zeigte sich eine relativ gute Übereinstimmung mit den empfohlenen Werten. Die Tiere der Gruppen FBI NC und FBI HC nahmen nur bis zum 4. Lebensmonat etwas weniger Energie auf, als für ihre Gewichtsklasse vorgeschlagen wird.

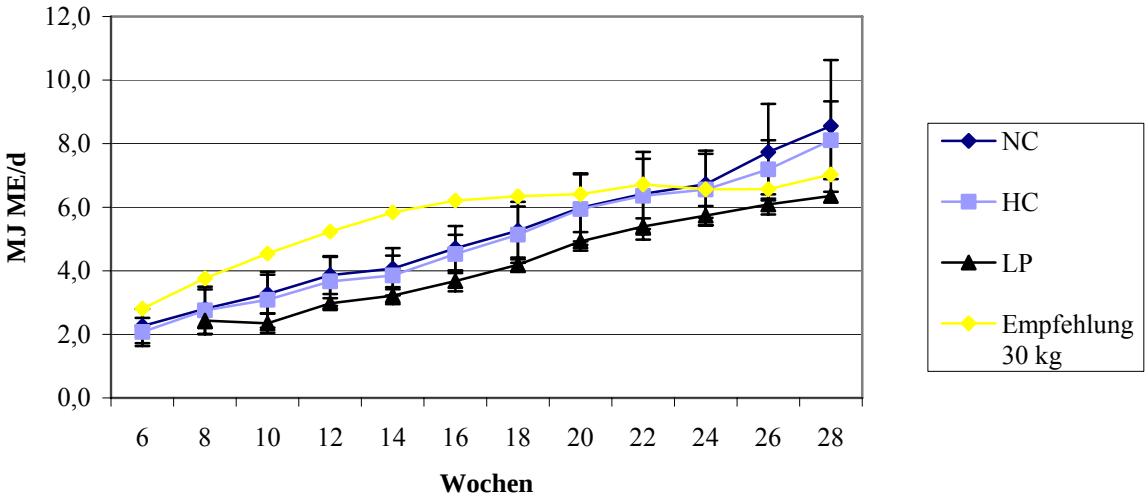

Abb. 24: Vergleich der Empfehlungen nach MEYER und ZENTEK (2005) mit der absolut aufgenommenen Menge an Energie der FBIs [MJ ME/d]

Die Tiere der Gruppe FBI LP zeigten darüber hinaus eine signifikant niedrigere Energieaufnahme im Vergleich zu den Tieren der Kontrollgruppe. Übereinstimmend zu den Angaben aus der Literatur (LIPSCHÜTZ 1910, JENKINS und PHILLIPS 1960a/b, FLINSPACH 2003) konnte in den eigenen Untersuchungen ein verminderter Appetit der Tiere unter P-Mangel festgestellt werden. Trotz Handfütterung wurden folglich nicht die gleichen Energieaufnahmen erreicht, wie bei den Tieren der Kontrollgruppe.

WEBER et al. (2003) bestimmten anhand von vier verschiedenen Hunderassen (Zwergpudel, Mittelschnauzer, Riesenschnauzer, Deutsche Doggen) mit einem Adultgewicht von 4-50 kg die Menge an aufgenommener ME. Die Verdaulichkeitsuntersuchungen wurden mit einem Alter von 3, 5, 9 und 15 Monaten durchgeführt. Auch hierbei wurde das Futter so zugeteilt, dass ein optimales Wachstum gewährleistet wurde. Die dort für die Energieaufnahme pro kg KM und Tag ermittelten Werte liegen, mit Ausnahme der Zwergpudel, übereinstimmend zu unseren Ergebnissen deutlich unter den von MEYER und ZENTEK (2005) empfohlenem Energiebedarf. Die Zwergpudel nahmen dagegen mehr als die dort angegebene Energie auf. Dies bestärkt einmal mehr die Aussage, dass Bedarfsempfehlungen zur Energieversorgung von Welpen und Junghunden den tatsächlichen Energiebedarf nur in grober Näherung beschreiben (RAINBIRD und KIENZLE 1990, WEBER et al. 2003). Folglich ist es wichtig, die Futterzuteilung wachsender Hunde anhand der Gewichtsentwicklung zu überprüfen.

7.9.2 Energiebedarf als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs

Bei der Berechnung des Energiebedarfs als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs wurde der vom NRC (2006) angegebene Erhaltungsbedarf von 130 kcal bzw. 0,544 MJ ME/kg $KM^{0,75}$ herangezogen. Ähnliche Angaben für den Energiebedarf ausgewachsener Hunde finden sich bei MEYER und ZENTEK (2005) mit 0,5 MJ ME/kg $KM^{0,75}$. Darüber hinaus werden in der Literatur zum Teil auch Angaben über einen geringeren Erhaltungsbedarf erwachsener Hunde von 0,42-0,53 MJ ME/kg $KM^{0,75}$ gemacht (FINKE 1991, BURGER 1996), wobei jedoch bei jungen und aktiveren Hunden der höhere Wert für den Energiebedarf herangezogen werden sollte.

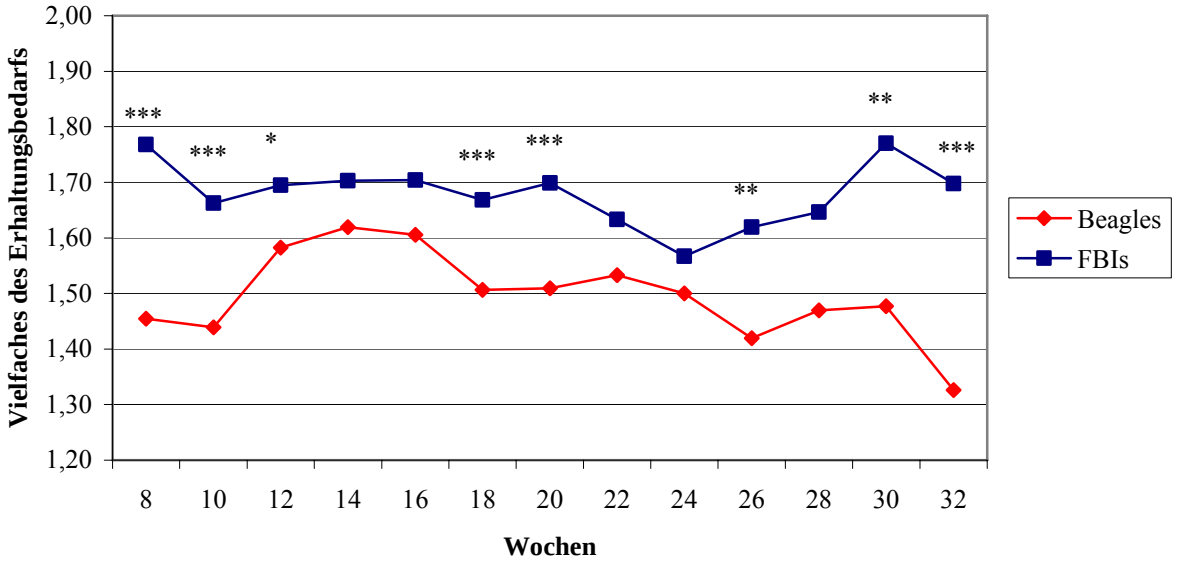

Abb. 25: Energieaufnahme [MJ ME/kg $KM^{0,75}$] als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs der Beagles und FBIs; Datenpunkte, die mit einem Stern gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant; *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz wieder

Abb. 25 zeigt den für die einzelnen Wochen im Verlauf des Wachstums errechneten Faktor für den Energiebedarf als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs der Beagles und FBIs. Dieser liegt bei den FBIs mit einem mittleren Wert von 1,66 ± 0,27 deutlich höher als derjenige der Beagles mit 1,49 ± 0,19. Signifikante Unterschiede lagen fast durchgehend vor. Die hohe Variation der Energieaufnahme der einzelnen Tiere könnte eine Ursache der teilweise fehlenden Signifikanz sein.

Das NRC (2006) gibt an, dass neugeborene Welpen den doppelten Erhaltungsbedarf ausgewachsener Hunde benötigen. Nachdem 50% des Adultgewichts erreicht sind, reduziert sich der Bedarf auf das 1,6-fache des Erhaltungsbedarfs, bei 80% des Endgewichts auf den 1,2-fachen Wert. BURGER (1994) spricht sogar zu Beginn von einem dreifachen Erhaltungsbedarf, wobei über das gesamte Wachstum ein durchschnittlich zweifacher Bedarf benötigt wird.

Um eine kontinuierliche Berechnung des Energiebedarfs möglich zu machen, entwickelten BLANCHARD et al. (1998) daraufhin eine Formel zur Berechnung eines Faktors aus dem aktuellen und dem Endgewichts des Tieres (**Abb. 26**).

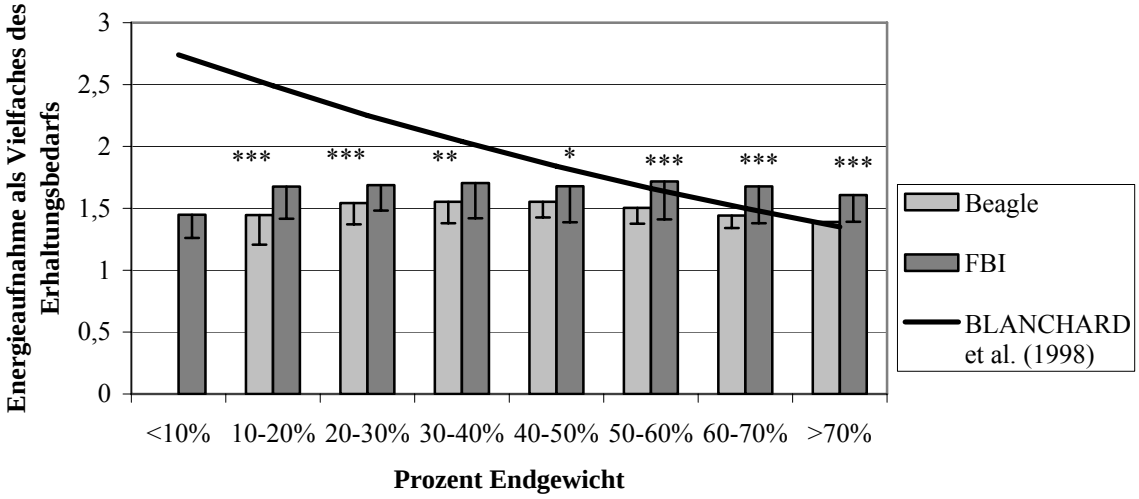

Abb. 26: ME-Aufnahme als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs von 0,54 MJ ME/kg $KM^{0,75}$ in Bezug auf das prozentual erreichte Endgewicht der Welpen im Vergleich mit den Angaben von BLANCHARD et al. (1998); Datenpunkte, die mit einem Stern gekennzeichnet sind, unterscheiden sich signifikant; *, **, *** gibt den Grad der Signifikanz wieder

Der anhand unserer Daten ermittelte Faktor lag entgegen den Angaben aus der Literatur in unserer Untersuchung unabhängig von der erreichten KM bei durchschnittlich 1,7 ± 0,3 bei den FBIs und bei 1,5 ± 0,2 bei den Beagles. Auch mit zunehmender KM und erreichten 60-90% des Adultgewichts in der 32. Lebenswoche konnte bei den FBIs keine und bei den Beagles eine nur geringfügige Reduktion dieses Faktors festgestellt werden.

Anhand der Angaben über die Energieaufnahmen der Hundewelpen von WEBER et al. (2003) konnten diese Faktoren in dessen Studie rechnerisch ermittelt und ein Vergleich mit unseren Werten durchgeführt werden. Bei einem erreichten Körpergewicht von ca. 30-40%

des Endgewichtes ergeben sich in dessen Studie Faktoren von 1,6-1,7, bei 50-65% des Endgewichts Werte von 1,3-1,5 um bis zum Erreichen des Adultgewichts nur noch gering auf 1,3-1,4 abzufallen.

Die anhand der Daten von WEBER et al. (2003) ermittelten geringeren Faktoren resultieren vermutlich aus den verschiedenen Haltungssystemen als Grundlage für die Berechnung der aufgenommenen Energie. Die Tiere unserer Untersuchungen wurden nur innerhalb der Bilanzphasen jeweils für eine Woche in den Bilanzkäfigen gehalten, in den Phasen dazwischen hatten die Tiere dagegen freie Bewegungsmöglichkeit mit täglich mehrstündigem Auslauf im Freien und somit auch einen höheren Energieverbrauch. WEBER et al. (2003) gibt dagegen die Energieaufnahmen während der Haltung in den Bilanzkäfigen an. Während den Bilanzphasen konnten schon in den eigenen Untersuchungen aufgrund der Einzelhaltung und Trennung von den Wurfgeschwistern geringere Futteraufnahmen festgestellt werden. Vermutlich verursacht die im Vergleich zu kleinen Rassen längere Wachstumsphase der größeren Hunderassen (u.a. SALOMON 1999, SCHULZE et al. 2003, HAWTHORNE 2004), dass der Energiebedarf und folglich der Faktor bei den FBIs langsamer abfällt, als bei den Beagles. Darüber hinaus wurden die Beobachtungen in unserer Studie nicht bis zum Erreichen des Adultgewichtes durchgeführt. Folglich kann keine Aussage darüber gemacht werden, ab welchem Alter Jungtiere den Energiebedarf adulter Tiere benötigen.

Die rassespezifisch unterschiedliche Höhe der Faktoren spiegelt den von verschiedenen Autoren (RAINBIRD und KIENZLE 1990, KIENZLE und RAINBIRD 1991, ZENTEK und MEYER 1992, WEBER et al. 2003) festgestellten unterschiedlichen Energiebedarf bei verschiedenen Hunderassen wider.
Die Rasse der FBIs stellt einen agilen, schlanken und hochbeinigen Hund mit hoher Bewegungsfreude dar. Der Beagle dagegen hat im Vergleich dazu ein eher ruhiges Wesen und eine kompaktere Statur. Bei der gleichen Haltung beider Hunderassen resultiert der etwas höhere Energiebedarf der FBIs daher vermutlich aus dem unterschiedlichen Aktivitätslevel beider Rassen (JAMES und MC CAY 1950, RAINBIRD und KIENZLE 1990, FINKE 1991, SCHROEDER und SMITH 1994, NRC 2006).

7.10 Calcium-Energierelation

Wie aus unseren Untersuchungen hervorging, variiert die täglich mit dem Futter aufgenommene Energiemenge zwischen einzelnen Individuen stark. Folglich resultiert daraus auch eine hohe Spannweite der berechneten Ca/ME-Relationen. NRC (2006) gibt für die Ca-Versorgung von Hundewelpen aller Rassen über das gesamte Wachstum einen Wert von 0,7g Ca/MJ ME an, wobei der Wert von 1,1g Ca/MJ ME aufgrund der Gefahr von Skelettentwicklungsstörungen nicht überschritten werden sollte. Nach LAFLAMME (2000) gewährleistet ein Gehalt von 0,93-1,36g Ca/MJ ME bei mittleren bis großen Hunderassen eine ausreichend hohe Ca-Zufuhr mit dem Futter.

Mit Ausnahme der Wochen 12-14 errechneten sich für die Beagles in unseren Untersuchungen im Vergleich zu den Angaben des NRC (2006) durchgehend niedrigere Werte mit einer mittleren Ca/ME-Relation von 0,60 ± 0,23 g Ca/MJ ME. Bei den FBIs stimmt der mittlere Wert von 0,73 ± 0,18 g Ca/MJ ME zwar gut mit den Angaben überein, beim Vergleich der Werte im Verlauf des Wachstums lagen die ermittelten Werte bei den jungen Tieren jedoch über den vorgeschlagenen Werten, ab der 18. Woche dagegen deutlich niedriger. Auch bei den Beagles konnte nur eine geringfügige Abnahme der aufgenommenen Ca/ME-Relation festgestellt werden.

MEYER und ZENTEK (2005) empfehlen daher eine Anpassung der Ca/ME-Relation an das Alter und das Adultgewicht des Tieres (**Abb. 27**).

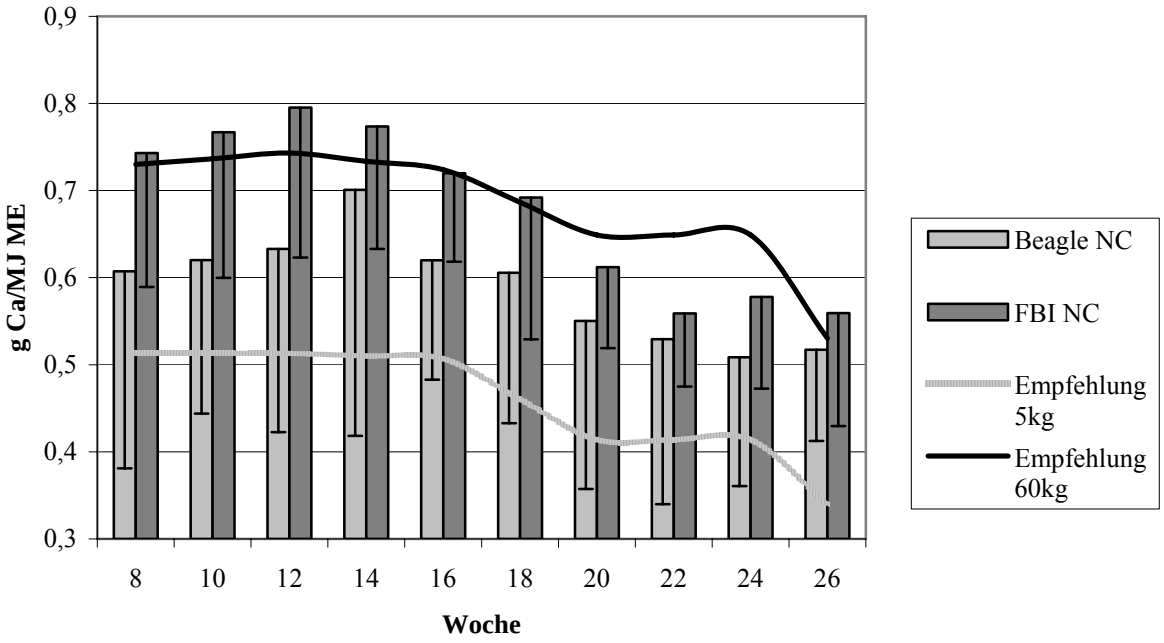

Abb. 27: Vergleich der berechneten Ca/ME-Relationen [g/MJ] im Verlauf des Wachstums bei den Beagles und FBIs mit den Empfehlungen von MEYER und ZENTEK (2005) für Tiere mit einem Adultgewicht von 5 und 60 kg

Kleinere Hunderassen benötigen niedrigere Ca/ME-Relationen als großwüchsigere Rassen (NAP et al 1993a, MEYER und ZENTEK 2005). Beim Vergleich der von uns ermittelten Werte mit den Empfehlungen von MEYER und ZENTEK (2005), zeigte sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gewichtsklassen eine gute Übereinstimmung.

Bei Interpretation der vorliegenden Daten muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Werte anhand von Zwingerhunden ermittelt wurden, die infolge der Gruppenhaltung und größeren Auslaufmöglichkeit insgesamt agiler als die in privaten Haushalten aufgezogenen Welpen sind (NRC 2006). Erfahrungen aus der Ernährungsberatung zeigten, dass der Energiebedarf von Haushunden in der Regel um etwa 70% niedriger liegt, als der vom NRC (2006) angegebene Bedarf (KIENZLE et al. 2006b). Folglich kann bei Verwendung der vom NRC angegebenen Ca/ME-Relation insbesondere bei großwüchsigen Hunden mit niedrigerem Energiebedarf (z.B. Neufundländer) und Zuteilung nach Energie eine Ca-Unterversorgung resultieren.

V. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden Futter- und Kotproben aus einem Aufzuchtversuch mit insgesamt 30 Beagles und 44 Foxhound-Boxer-Labrador(FBI)-Kreuzungen von der 6. bis zur 28. Lebenswoche auf ihren Bruttoenergie- und Nährstoffgehalt (Bombenkalorimetrie, Weender Analyse) analysiert und ausgewertet. Das Wachstum der Welpen war in dem Fütterungsversuch durch Anpassung der Futtermenge so gesteuert worden, dass alle Welpen nahezu entsprechend der Empfehlungen (MEYER und ZENTEK 1998, 2001) für die jeweiligen Rassen an Gewicht zunahmen, wobei die Futteraufnahme registriert wurde. Das Futter bestand zu 60% aus Pansen, 39% aus Reis und 1% aus Cellulose, wobei jede Charge auf ihren Nährstoffgehalt analysiert wurde. Die Welpen erhielten Calcium (Ca) entweder entsprechend der Empfehlungen (MEYER und ZENTEK 1998, 2001) oder aber das Dreifache des empfohlenen Bedarfs pro kg KM. Alle anderen Nährstoffe wurden bedarfsdeckend zugeführt. Die Kotproben entstammten Verdauungsversuchen (5-7 Tage vollständige Kotsammlung) in den Wochen 12, 18 und 24. Berechnet wurde die scheinbare Verdaulichkeit der Energie und der Rohnährstoffe, der Gehalt an Umsetzbarer Energie (ME) im Futter (Stickstoff-korrigierte Verdauliche Energie) und die ME-Aufnahme der Welpen.

Die scheinbare Verdaulichkeit der Energie und der Rohnährstoffe Protein, Fett sowie N-Freie Extraktstoffe zeigte keinen Alterseffekt (**Tab. 34**). Hohe Calciumaufnahmen reduzierten dagegen die Verdaulichkeiten. Dieser Effekt war bei den FBIs besonders ausgeprägt.

Tab. 34: Scheinbare Verdaulichkeit (sV%) der Energie und der Rohnährstoffe in den Versuchs- und Kontrollgruppen beider Rassen

	Beagles Ca bedarfsdeckend	**Beagles Ca erhöht**	**FBI Ca bedarfsdeckend**	**FBI Ca erhöht**
%sV Energie	$89.0^{a} \pm 2.4$	$86.6^{b} \pm 3.4$	$88.3^{ab} \pm 2.6$	$84.7^{c} \pm 3.7$
%sV Protein	$88.2^{a} \pm 2.5$	$86.8^{a} \pm 2.8$	$87.3^{a} \pm 3.2$	$84.6^{b} \pm 4.1$
%sV Fat	$93.7^{a} \pm 2.9$	$89.1^{ab} \pm 5.3$	$93.3^{a} \pm 3.2$	$87.7^{b} \pm 6.6$
%sV NfE	$90.0^{a} \pm 3.2$	$85.2^{b} \pm 4.4$	$88.2^{a} \pm 4.4$	$84.0^{b} \pm 4.6$
%sV oS	$88.3^{a} \pm 2.3$	$84.7^{b} \pm 3.3$	$87.3^{a} \pm 2,5$	$82.7^{c} \pm 3.4$

Mittelwerte einer Spalte, die nicht mit demselben Buchstaben überschrieben sind, unterscheiden sich signifikant

Die Energieaufnahme lag bei den Beagles während der gesamten Versuchsdauer zwischen 0,77 ± 0,14 MJ ME/kg $KM^{0,75}$ (Ca-Überversorgung, 6.-8. Woche; n = 20) und 0,93 ± 0,11 MJ ME/kg $KM^{0,75}$ (bedarfsdeckende Ca-Versorgung, 12.-14. Woche, n = 10). Von der 6. bis zur 16. Lebenswoche war ein leichter Anstieg zu verzeichnen, danach zeigte sich ein geringfügiger Abfall. Die Energieaufnahme bei den FBIs war signifikant höher als bei den Beagles. Sie betrug zwischen 0,84 ± 0,05 MJ ME/kg $KM^{0,75}$ (Ca-Überversorgung, 12.-14. Woche, n = 23) und 1,02 ± 0,16 MJ ME/kg $KM^{0,75}$ (bedarfsdeckende Ca-Versorgung, 6.-8. Woche, n = 15). Ein Effekt des Lebensalters war während dieses Zeitraumes nicht feststellbar. Ausgedrückt als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs von 0,55 MJ ME/kg $KM^{0,75}$ benötigten die Beagles im Mittel etwa das 1,5-fache und die FBIs das 1,7fache des Erhaltungsbedarfs. Dies steht im Widerspruch zu den Bedarfsberechnungen des NRC (2006) wonach der Energiebedarf wachsender Welpen ausgedrückt als Vielfaches des Erhaltungsbedarfs von etwa dem Doppelten in einer nicht-linearen Funktion bis zum Ende des Wachstums allmählich auf den einfachen Erhaltungsbedarf absinkt. Die Empfehlungen zur Energieversorgung müssen daher vor allem zu Beginn des Wachstums nach unten korrigiert werden.

Bei Zuteilung des Ca pro kg KM entsprechend der Vorgaben von MEYER und ZENTEK (2001) (NC-Gruppen) und einer Steuerung des Wachstums durch angepasste Energiezuteilung bewegte sich die Ca-/ME-Relation bei den Beagles zwischen 0,51 ± 0,15 g/MJ ME (22.-24. Woche, n = 10) und 0,71 ± 0,29 g/MJ ME (12.-14. Woche), bei den FBIs zwischen 0,57 ± 0,07 g/MJ ME (20.-22. Woche, n = 15) und 0,80 ± 0,17 g/MJ ME (10.-12. Woche).

Frank, Viktoria: Enquiries about the energy digestibility and energy requirements of growing dogs subject to breed and calcium supply

VI. SUMMARY

This study was designed as part of a larger investigation (DOBENECKER 2002). Samples of feed and faeces originating from a trial with growing Beagles (n=30) and Foxhound-crossbreds (FBI, n=44) between 6 and 28 weeks of age were analysed and evaluated for Gross Energy and crude nutrients. The daily amount of feed and therefore energy was apportioned to result in a development of body weight as recommended by MEYER and ZENTEK (1998, 2001), the supply being registered for every individual. All charges of feed consisting of 60% rumen, 39% rice and 1% cellulose were analysed for crude nutrients. The puppies received a calcium supply meeting (NC) or exceeding (300%, HC) the requirements per kg body weight. All other nutrients were supplied to meet or exceed the requirements for their respective age and body weight. Faeces samples originated from balancing trials at week 12, 18 and 24. The apparent digestibility of energy and crude nutrients was calculated as well as the amount of Metabolizable Energy (ME) of the feed (N-corrected Digestible Energy) and the ME intake of the puppies.

For the apparent digestibility of energy, protein, fat and N-free-extracts (**Tab. 35**) no effect of age was seen. In contrast, significant effects of the calcium supply with reduced values in the Calcium excess groups especially of the FBIs were detected.

Tab. 35: Apparent digestibility (aD%) of energy , crude nutrients and organic matter in the different feeding groups and breeds

	Beagles NC	**Beagles HC**	**FBI NC**	**FBI HC**
%aD Energy	$89.0^{a} \pm 2.4$	$86.6^{b} \pm 3.4$	$88.3^{ab} \pm 2.6$	$84.7^{c} \pm 3.7$
%aD Protein	$88.2^{a} \pm 2.5$	$86.8^{a} \pm 2.8$	$87.3^{a} \pm 3.2$	$84.6^{b} \pm 4.1$
%aD Fat	$93.7^{a} \pm 2.9$	$89.1^{ab} \pm 5.3$	$93.3^{a} \pm 3.2$	$87.7^{b} \pm 6.6$
%aD NfE	$90.0^{a} \pm 3.2$	$85.2^{b} \pm 4.4$	$88.2^{a} \pm 4.4$	$84.0^{b} \pm 4.6$
%aD OM	$88.3^{a} \pm 2.3$	$84.7^{b} \pm 3.3$	$87.3^{a} \pm 2,5$	$82.7^{c} \pm 3.4$

Letters identify differences between more than two groups; means not sharing a superscript letter are significantly different

The Beagles consumed between 0.77 ± 0.14 MJ ME/kg $bw^{0.75}$ (Ca excess, week 6-8, n=20) and 0.93 ± 0.11 MJ ME/kg $bw^{0.75}$ (control, week 12-14, n=10). From week 6 to week 16 an increase of energy intake was visible, afterwards the values declined. The energy intake of the FBIs was significantly higher with an average of 0.84 ± 0.05 MJ ME/kg $bw^{0.75}$ (Ca excess, week 12-14, n=23) to 1.02 ± 0.16 MJ ME/kg $bw^{0.75}$ (control, week 6-8, n=15). No age effect was noticeable.

Expressing the energy requirements as multiple of maintenance (0.55 MJ ME/kg $bw^{0.75}$) the Beagles needed the 1.5fold compared to 1.7fold the requirements in the FBI. Inconsistent with these results the NRC (2006) gives the energy requirements of growing dogs expressed as a multiple of the maintenance starting with the 2fold amount and declining to maintenance requirements at the end of the growth period in a non-linear function. The recommendations should therefore be adjusted downwards especially in the young puppies.

In the control dogs (NC) with a Ca supply according to the requirements given by MEYER and ZENTEK (2001) and an energy supply guaranteeing a growth curve according to the recommendations, the Ca/ME-relation varied between 0.51 ± 0.15g/MJ ME (week 22-24) and 0.71 ± 0.29 g/MJ ME (week 12-14, n=10) in the Beagles and in the FBIs between 0.57 ± 0.07 g/MJ ME (week 20-22) and 0.80 ± 0.17g/MJ ME (week 10-12, n=15).

VII. LITERATURVERZEICHNIS

ALLARD, R. L.; DOUGLAS, G. M.; KERR, W. W. (1988)
The effects of breed and sex on dog growth
Comp. Anim. Pract. 2, 15-19

ALLEN, L. H. (1982)
Calcium bioavailability and absorption: a review
Am. J. Clin. Nutr. 35, 783-808

APPLETON, G. V. N.; OWEN, R. W.; WILLIAMSON, R. C. N. (1992)
The effect of dietary calcium supplementation on intestinal lipid metabolism
J. Steroid Biochem. Molec. Biol. 42, 383-387

ARNDT, J. (1986)
Prae- und postileale Verdaulichkeit verschiedener Proteine beim Hund in Abhängigkeit vom Erhitzungsgrad
Diss. med. vet. Hannover

ARNOLD, A.; ELVEHJEM, C. A. (1939)
Nutritional requirements of dogs
J. Am. Vet. Med. Assoc. 95, 187-194

ATWATER, W. O. (1902)
Principles of nutrition and nutritive value of food
Farmer´s Bulletin 142

BEYNEN, A. C.; KAPPERT, H. J.; LEMMENS, A. G.; VAN DONGEN, A. M. (2002)
Plasma lipid concentrations, macronutrient digestibility and mineral absorption in dogs fed a dry food containing medium-chain triglycerides
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 86, 306-312

BLANCHARD, G.; GRANJEAN, D.; PARAGON, B.- M. (1998)
Calculation of a dietary plan for puppies
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 80, 54-59

BLUM, J. W.; ZENTEK, J.; MEYER, H. (1992)
Untersuchungen zum Einfluß einer unterschiedlichen Energieversorgung auf die Wachstumsintensität und Skelettentwicklung bei wachsenden Doggen. 2. Mitteilung: Einfluß auf den insulinähnlichen Wachstumsfaktor I und auf Schilddrüsenhormone
J. Vet. Med. A. 39, 568-574

BURGER, I. H. (1994)
Energy needs of companion animals: matching food intakes to requirements throughout the life cycle
J. Nutr. 124, 2584-2593

BURGER, I. H.; JOHNSON, J. V. (1991)
Dogs large ans small: the allometry of energy requirements within a single species
J. Nutr. 121, 18-21

CAPEN, C. C. (1985)
Calcium-regulating hormones and metabolic bone disease
In: NEWTON, C. D.; NUNAMAKER, D. M.: Textbook of small animal orthopaedics
Lippincott Company, Lippincott, 673-724

CASE, L. P.; CAREY, D. P.; HIRAKAWA, D. A. (1997)
Ernährung von Hund und Katze
Schattauer Verlag, Stuttgart

CHENG, A. L. S.; MOREHOUSE, M. G.; DEUEL, H. J. (1949)
The effect of the level of dietary calcium and magnesium on the digestibility of fatty acids, simple triglycerides, and some natural and hydrogenated fats
J. Nutr. 37, 237-250

DÄMMRICH, K. (1991)
Relationship between nutrition and bone growth in large and giant dogs
J. Nutr. 121, 114-121

DE PONTI, F.; EINAUDI, A.; CONSENTINO, M.; D`ANGELO, L.; FRIGO, G. M.; CREMA, A. (1992)
Effect of calcium channel blockers on postprandial gastrointestinal motility in the dog
J. Pharm. Pharmacol. 44, 227-230

DOBENECKER, B. (2002)
Influence of calcium and phosphorus intake on the apparent digestibility of these minerals in growing dogs
J. Nutr. 132, 1665-1667

DOBENECKER, B. (2004)
Apparent calcium absorption in growing dogs of two different sizes
J. Nutr. 134, 2151-2153

DOBENECKER, B.; KASBEITZER, N.; FLINSBACH, S.; KÖSTLIN, R.; MATIS, U.; KIENZLE, E. (2006)
Calcium-excess causes subclinical changes of bone growth in beagles but not in Foxhound-crossbred dogs, as measured in X-ray
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 90, 394-401

DOBENECKER, B.; KIENZLE, E. (1998)
Interactions of cellulose content and diet composition with food intake and digestibility in dogs
J. Nutr. 128, 2674-2675

DOBENECKER, B.; KIENZLE, E.; KÖSTLIN, R.; MATIS, U. (1998)
Mal- and overnutrition in puppies with or without clinical disorders of skeletal development
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 80, 76-81

DONOGHUE, S. (1991)
A quantitative summary of nutrition support services in a veterinary teaching hospital
Cornell Veterinarian 8, 109-128

DONOGHUE, S.; KHOO, L.; LAWRENCE, T.; GLICKMAN, L. T.; KRONFELD, D. S. (1991)
Body condition and diet of relatively healthy older dogs
J. Nutr. 121, 58-59

DROCHNER, W. (1975)
Verdauungsversuche zum Einsatz von Rinderschlachtabfällen (Vormägen) in der Hundefütterung
Kleintierpraxis 20, 218-221

EARLE, K. E.; KIENZLE, E.; OPITZ, B.; SMITH, P. M.; MASKELL, I. E. (1998)
Fiber affects digestibility of organic matter and energy in pet foods
J. Nutr. 128, 2798-2800

ECKERT, R. (1993)
Tierphysiologie
Thieme Verlag, Stuttgart-New York

ENGELHARDT, BREVES (2000)
Physiologie der Haustiere
Enke Verlag, Stuttgart

FAVIER, R. P.; MOL, J. A.; KOOISTRA, H. S.; RIJNBERK, A. (2001)
Large body size in the dog is associated with transient GH excess at a young age
Jounal of Endocrinology 170, 479-484

FINKE, M. D. (1991)
Evaluation of the energy requirements of adult kennel dogs
J. Nutr. 121, 22-28

FLINSPACH, S. (2003)
Röntgenologische und sonographische Überprüfung ausgewählter Parameter des Knochenwachstums an mit Kalzium, Phosphor oder Vitamin A fehlversorgten Beagles und Foxhound-Boxer-Labrador-Mischlingen
Vet. Diss. München

FUNOVICS, J.; HÖLBLING, N.; RAUHS, R.; POINTER, H.; NIEBAUER, G.; WALDE, I.; KOPF, N. (1981)
The effect of SST, glucagon, calcitonin and PGE1 on exocrine pancreatic secretion in the unrestrained dog in long-term experiments
Eur. Surg. Res. 13, 213-226

GÖCKE, A. (1970)
Über die Zusammensetzung und Verdaulichkeit von Hundefertigfuttermitteln
Diss. med. vet. Hannover

GOEDEGEBUURE, S. A.; HAZEWINKEL, H. A. W. (1986)
Morphological findings in young dogs chronically fed a diet containing excess calcium
Vet. Pathol. 23, 593-605

GRÖNER, T. (1991)
Bewertung von Einzelfuttermitteln und Möglichkeiten zur Beurteilung von Mischfuttern für Hunde
Agr. Diss. Bonn

GRUßENDORF, C.; GRUßENDORF H.; BRUNNBERG L. (2001)
Erhebungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Junghunden mit Skelettanomalien unter Zuhilfenahme der computergestützten Rationsberechnung
Kleintierpraxis 46 , 411-425

HALLEBEEK, J. M.; HAZEWINKEL, H. A. W. (1998)
Effect of isoenergetic substitution of dietary fat (beef tallow) for carbohydrates (wheat starch) on the calcium absorption in the dog
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 78, 60-66

HAWTHORNE, A. J.; BOOLES, D.; NUGENT, P. A.; GETTINBY, G.; WILKINSON, J. (2004)
Body- weight changes during growth in puppies of different breeds
J. Nutr. 134, 2027-2030

HAZEWINKEL, H. A. W.; GOEDEGEBUURE, S. A.; POULOS, P. W.; WOLVEKAMP, W. TH. C. (1985)
Influences of chronic calcium excess on the skeletal development of growing great danes
J. Am. Anim. Hosp. Ass. 21, 377-391

HAZEWINKEL, H. A. W.; HACKENG, W. H. L.; BOSCH, R.; GOEDEGEBUURE, S. A.; VOORHOUT, G.; VAN DEN BROM, W. E.; BEVERS, M. M. (1987)
Influences of different calcium intakes on calciotropic hormones and skeletal development in young growing dogs
Front. Horm. Res. 17, 221-232

HAZEWINKEL, H. A. W.; SCHOENMAKERS, I.; NAP, R. C.; MOL, J. A. (1996)
Plasma concentrations of GH and IGF-I in great danes raised on food with different protein or mineral content
Comp. Haematol. Int. 6, 182-185

HEDHAMMAR, A. (1996)
Nutrition related orthopaedic diseases
In: KELLY, N.; WILLS, J.: BSAVA Manual of companion animal nutrition and feeding
Iowa State Univ. Press, Ames, 198-206

HEDHAMMAR, A.; WU, F.- W.; KROOK, L.; SCHRYVER, H. F.; DE LAHUNTA, A.; WHALEN, J. P.; KALLFELZ, F. A.; NUNEZ, E. A.; HINTZ, H. F.; SHEFFY, B. E.; RYAN, G. D. (1974)
Overnutrition and skeletal disease
Cornell Veterinarian 64 (Suppl. 5), 9-160

HEIDBREDER, E.; SIEBER, P.; HEIDLAND, A. (1975)
Exokrine Pankreasfunktion und Calciumhomöostase, Vergleichende tierexperimentelle Untersuchungen zur Wirkung von Parathormon, Vitamin D3, 25-Hydroxycholocalciferol, Dihydrotachysterin und Thyreocalcitonin
Res. Exp. Med. 166, 147-163

HELMINK, S. K.; SHANKS, R. D.; LEIGHTON, E. A. (2000)
Breed and sex differences in growth curves for two breeds of dog guides
J. Anim. Sci. 78, 27-32

HENDRIKS, W. H.; SRITHARAN, K. (2002)
Apparent ileal and fecal digestibility of dietary protein is different in dogs
J. Nutr. 132, 1692-1694

HILL, R. C.; BURROWS, C. F.; ELLISON, G. W.; BAUER, J. E. (2001)
The effect of textured vegetable protein from soy on nutrient digestibility compared to beef in cannulated dogs
J. Anim. Sci. 79, 2162-2171

INGWERSEN, M. (1988)
Praecaecale und postileale Verdaulichkeit von Reis- und Tapiokastärke beim Hund unter Berücksichtigung intratestinaler mikrobieller Umsetzungen
Diss. med. vet. Hannover

JAMES, W. T.; MCCAY, C. M. (1950)
A study of food intake, activity, and digestive efficiency in different type dogs
Am. J. Vet. Res. 11 (41), 412-413

JENKINS, K.; PHILLIPS, P. (1960A)
The mineral requirements of the dog. 1. Phosphorus requirement and availability
J. Nutr. 70, 235-240

JENKINS, K.; PHILLIPS, P. (1960B)
The mineral requirements of the dog. 2. The relation of calcium, phosphorus and fat levels to minimal calcium and phosphorus requirements
J. Nutr. 70, 241-246

KALLFELZ, F. A.; WENTWORTH, R. A. (1969)
Evaluation of bone calcium accretion rate as a function of age in beagle dogs
J. Nutr. 99, 459-464

KAMPHUES, J.; COENEN, M.; KIENZLE, E.; PALLAUF, J.; SIMON, O.; ZENTEK J. (2004)
Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung
Schaper Verlag, Hannover

KASBEITZER, N. (2002)
Röntgenologische Überprüfung ausgewählter Parameter des Knochenwachstums an Calcium und Vitamin A fehlversorgten Beagles
Vet. Diss. München

KEALY, R. D.; OLSSON, S. E.; MONTI, K. L.; LAWLER, D. F.; BIERY, D. N.; HELMS, R. W.; LUST, G.; SMITH, G. K. (1992)
Effects of limited food consumption on the incidence of hip dysplasia in growing dogs
J. Am. Vet. Med. Assoc. 210 (6), 857-863

KENDALL, P. T.; HOLME, D. W.; SMITH, P. M. (1982)
Methods of prediction of the digestible energy content of dog foods from gross energy value proximate analysis and digestive nutrient content
J.Sci. Food .Agric. 33(9), 823-831

KIENZLE, E. (2002)
Further developments in the prediction of metabolizable energy (ME) in pet food
J. Nutr. 132, 1796-1798

KIENZLE, E.; BIOURGE, V.; SCHÖNMEIER, A. (2006)
Prediction of energy digestibility in complete dry foods for dogs and cats by total dietary fiber
J. Nutr. 136, 2041-2044

KIENZLE, E.; DOBENECKER, B.; EBER, S. (2001A)
Effect of cellulose on the digestibility of high starch versus high fat diets in dogs
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 85, 174-185

KIENZLE, E.; OPITZ, B.; EARLE, K. E.; SMITH, P. M.; MASKELL, I. E.; IBEN, C. (1998B)
An improved method for the estimation of energy in pet foods
J. Nutr. 128, 2806-2808

KIENZLE, E.; RAINBIRD, A. (1991)
Maintenance energy requirement of dogs: what is the correct value for the calculation of metabolic body weight in dogs?
J. Nutr. 121, 39-40

KIENZLE, E.; SCHRAG, I.; BUTTERWICK, R.; OPITZ, B. (2001B)
Calculation of gross energy in pet foods: new data on heat combustion and fibre analysis in a selection of foods for dogs and cats
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 85, 148-157

KIENZLE, E.; ZENTEK, J.; MEYER, H. (1998A)
Body composition of puppies and young dogs
J. Nutr. 128, 2680-2683

KIENZLE, E.; ZORN, N.; KÖLLE, P.; DOBENECKER, B. (2006B)
First experiences with the new requirements of the NRC in nutrition consultation practise
ESVCN Conference Nantes

KONTUREK, S. J.; RADECKI, T.; KONTUREK, D.; DIMITRESCU, T. (1974)
Effect of calcitonin on gastric and pancreatic secretion and peptic ulcer formation in cats
Digestive Diseases 19 (3), 235-240

KOWALEWSKI, K.; KOLODEJ, A. (1976)
Effects of calcium infusion on secretion and motor activity of totally isolated canine stomach perfused with homologous blood
Pharmacology 14, 537-549

KRONFELD, D. S. (1985)
Nutrition in orthopaedics
In: NEWTON, C. D.; NUNAMAKER, D. M.: Textbook of small animal orthopaedics
Lippincott Company, Lippincott, 655-672

LAFLAMME, D. P. (2000)
Effect of breed size on calcium requirements for puppies
Proceedings, Purina Nutrition Forum 23, 66-69

LAFLAMME, D. P. (2001)
Determining metabolizable energy content in commercial pet foods
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 85, 222-230

LAUTEN, S. D.; COX, N. R.; BRAWNER JR., W. R.; GOODMAN, S. A.; HATHCOCK, J. T.; MONTGOMERY, R. D.; KINCAID, S. A.; MORRISON, N. E.; SPANO, J. S.; LEPINE, A. J.; REINHART, G. A.; BAKER, H. J. (2002)
Influence of dietary calcium and phosphorus content in a fixed ration on growth and development in great danes
Am. J. Vet. Res. 63, 1036-1047

LAVELLE, R. B. (1989)
The effects of the overfeeding of a balanced complete commercial diet to a group of growing Great Danes
In: BURGER, I. H.; RIVERS, J. P.; (editors): Nutrition of the Dog and Cat
Cambridge University Press, Cambridge, 303-315

LEE, C. J.; CHEANEY, O. M.; SMITH, C. A.; MARLATT, A. L.; SKERSKI, G. M.; PACKETT, L. V. (1972)
Effects of dietary levels of protein and calcium on utilization of milk protein and minerals in rats
Nutrition-Reports-International 6 (5), 267-274

LENEHAN, T. M.; FETTER A. W. (1986)
Hypertrophic osteodystrophy
In: NEWTON, C. D.; NUNAMAKER, D. M.: Textbook of small animal orthopaedics
Lippincott Company, Lippincott, 597-601

LEPINE, A. J. (1998)
Nutritional influences on skeletal growth of the large breed puppy
Proceedings from al Symposium at the North American Veterinary Conference , 16-19

LEWIS, L. D.; MAGERKURTH, J. H.; ROUDEBUSH, M. P.; MORRIS, M. L.; EMMETTE, M.; TEETER, M. S. (1994)
Stool characteristics, gastrointestinal transit time and nutritive digestibility in dogs fes different fiber sources
Waltham Symp. Nutr. Comp. Anim. Proc., 2716-2718

LIPSCHÜTZ A. (1910)
Untersuchungen über den Phosphorhaushalt wachsender Hunde
Arch. Exp. Path. Pharm. 62, 210-243

LÖSCHER, W.; UNGEMACH, F. R.; KROKER, R. (2006)
Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren
Parey Verlag, Stuttgart,

MEIER, S.; WILD, P. (1975)
Sekundärer nutritiver Hyperparathyreoidismus bei jungen Hunden II.Experimentelle Fälle
Schweiz. Arch. Tierheilkunde 117, 569-575

MEYER, H. (1990)
Ernährung des Hundes
Ulmer Verlag, Stuttgart

MEYER, H.; ARNDT, H.; BEHEFELD, T.; ELBERS, H.; SCHÜNEMANN, C. (1989)
Praecaecale und postileale Verdaulichkeit verschiedener Eiweiße
Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr. 19, 59-77

MEYER, H.; MUNDT, H.- C. (1983)
Untersuchungen zum Einsatz von Knochenschrot in Futterrationen für Hunde
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 90, 81-120

MEYER, H.; MUNDT, H.- C.; THOMÉE, A. (1980)
Untersuchungen über den Einfluss der Fütterungsfrequenz auf Futteraufnahme und Verdaulichkeit bei wachsenden und adulten Hunden
Kleintierpraxis 25, 267-274

MEYER, H.; ZENTEK, J. (1992)
Über den Einfluß einer unterschiedlichen Energieversorgung wachsender Doggen auf Körpermasse und Skelettentwicklung 1. Mitteilung: Körpermasseentwicklung und Energiebedarf
J. Vet. Med. Ass. 39, 130-141

MEYER, H.; ZENTEK, J. (1998)
Ernährung des Hundes
Parey Verlag, Berlin

MEYER, H.; ZENTEK, J. (2001)
Ernährung des Hundes
Parey Verlag, Berlin

MEYER, H.; ZENTEK, J. (2005)
Ernährung des Hundes
Parey Verlag, Stuttgart

MEYER, H.; ZENTEK, J.; HABERNOLL, H.; MASKELL, I. (1999)
Digestibility and compatibility of mixed diets and faecal consistency in different breeds of dog
J. Vet. Med. Ass. 46, 155-165

MÜHLUM, A. (1987)
Untersuchungen über die praecaecale und postileale Verdaulichkeit verschiedener Kohlenhydrate beim Hund
Diss. med. vet. Hannover

NAKASHIMA, Y.; APPERT, H. E.; HOWARD, J. M. (1977)
The effects of calcitonin on pancreatic exocrine secretion in dogs
Surgery, Gynecology and Obstetrics 144, 71-76

NAP, R. C.; HAZEWINKEL, H. A. W. (1997)
A new look at calcium and energy requirements in small and large breed dogs
ESVCN Conference Munich

NAP, R. C.; HAZEWINKEL, H. A. W.; VAN DEN BROM, W. E. (1993A)
Ca kinetics in growing miniature poodles challenged by four different dietary levels of calcium
J. Nutr. 123, 1826-1833

NAP, R. C.; MOL, J. A.; HAZEWINKEL, H. A. W. (1993B)
Age-related plasma concentrations of growth hormone (GH) and insulin-like growth factor I (IGF-I) in great dane pups fed different dietary levels of protein
Domestic Animal Endocrinology 10 (3), 237-247

NOTT, H. M. R.; RIGBY, S. I.; JOHNSON, J. V.; BAILEY, S. J.; BURGER, I. H. (1994)
Design of digestibility trials for dogs and cats
J. Nutr. 124, 2582-2583

NRC (2006)
Nutrient requirements of dogs and cats, National Science
National Research Council of the USA

PAPAKONSTANTINOU, E.; FLATT, W. P.; HUTH, P. J.; HARRIS, R. B. S. (2003)
High dietary calcium reduces body fat content, digestibility of fat, and serum vitamin D in rats
Obesity Research 11 (3), 387-394

PRABUCKI, A. L.; SCHÜRCH, A. (1967)
Zur energetischen Bewertung des Futterfettes
Landw. Forschung Sonderheft 21, 109-113

PROSKY, L.; ASP, N.- G.; FURDA, I.; DE VRIES, J. W.; SCHWEIZER, T. F.; HARLAND, B. (1985)
The determination of total dietary fiber in foods and food products: collaboratory study
J. Assoc. Off. Anal. Chem. 68 (4), 677-679

RAINBIRD, A.; KIENZLE, E. (1990)
Untersuchungen zum Energiebedarf des Hundes in Abhängigkeit von Rassezugehörigkeit und Alter
Kleintierpraxis 35 (4), 145-196

RISER, W. H.; COHEN, D.; LINDQVIST, S.; MANSSON, J.; CHEN, S. (1964)
Influence of early rapid growth and weight gain on hip dysplasia in the german shepherd dog
J. A. Vet. Med. Assoc. 145 (7), 661-668

RUBNER, M. (1901)
Der Energiewert der Kost des Menschen
Z. Biol. 42, 261-308

SALOMON, F.- V.; SCHULZE, A.; BÖHME, U.; ARNOLD, U.; GERICKE, A.; GILLE, U. (1999)
Das postnatale Wachstum des Skeletts und der Körpermasse beim Beagle
Anat. Histol. Embryol. 28, 221-228

SARNA, S. K. (1998)
In vivo signal-transduction pathways to stimulate phasic contractions in normal and inflamed ileum
Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. 274 (4), 618-625

SCHOENMAKERS, I.; HAZEWINKEL, H.; VAN DE BROM, W. (1999)
Excessive Ca and P intake during early maturation in dogs alters Ca an P balance without long-term effects after dietary normalization
J. Nutr. 129, 1068-1074

SCHOENMAKERS, I.; HAZEWINKEL, H.; VOORHOUT, G.; CARLSON, C. S.; RICHARDSON, D. (2000)
Effect of diets with different calcium and phosphorus contents on the skeletal development and blood chemistry of growing great danes
Veterinary Record 147, 652-660

SCHÖNMEIER, A. (2003)
Ein Beitrag zur Entwicklung von Schätzgleichungen für die umsetzbare Energie in Hunde- und Katzenalleinfuttern
Vet. Diss. München

SCHRAG, I. (1999)
Untersuchungen zur Bruttoenergiebestimmung an isolierten Einzelfuttermitteln sowie an kommerziellen Futtermitteln für Hund und Katze
Vet. Diss. München

SCHROEDER, G. E.; SMITH, G. A. (1994)
Food intake and growth of german shepherd puppies
J. Small Anim. Pract. 35, 587-591

SCHULZE, A.; KAISER, M.; GILLE, U.; SALOMON, F.- V. (2003)
Vergleichende Untersuchung zum postnatalen Wachstum der Vordergliedmaße verschiedener Hunderassen
Tierärztliche Praxis 31 (K), 219-224

SCHULZE, A.; RITSCHER, F.- V.; SALOMON, R. A. (1997)
Das Körpermassewachstum der Deutschen Dogge
Kleintierpraxis 42, 967-972

SCHUSTER, S. (2003)
Wirkung verschiedener Cellulosen im Vergleich zu Guarmehl auf Nährstoff- und Bruttoenergieverdaulichkeiten sowie Kotqualität beim Hund
Vet. Diss. München

SHENG, H.- P.; HUGGINS, R. A. (1971)
Growth of the beagle: changes in chemical composition
Growth 35, 369-376

SLATER, M. R.; SCARLETT, J. M.; DONOGHUE, S.; KADERLY, R. E.; BONNETT, B. N.; COCKSHUTT, J.; ERB, H. N. (1992)
Diet and exercise as potential risk factors for osteochondritis dissecans in dogs
Am. J. Vet. Res. 53 (11), 2119-2124

SWANSON, K. S.; KUZMUK, K. N.; SCHOOK, L. B.; FAHEY JR., G. C. (2004)
Diet affects nutrient digestibility, hematology, and serum chemistry of senior and weanling dogs
J. Anim. Sci. 82, 1713-1724

TANAKA, J.; HARADA, H.; OCHI, K.; MIYAKE, H.; KOCHI, F.; KIMURA, I. (1989)
Inhibitory effect of calcitonin on pure human pancreatic secretion
Acta Med. Okayama 43 (3), 169-174

TEUTE, H.- W.; LENZ, R. (1976)
Eignungsprüfung verschiedener Futterarten für die Zucht und Aufzucht von Beagle-Hunden
Arzneim.-Forschung (Drug Res) 26 (10), 1875-1884

THOMÉE, A. (1978)
Zusammensetzung, Verdaulich- und Verträglichkeit von Hundemilch und Mischfutter bei Welpen unter besonderer Berücksichtigung der Fettkomponente
Vet. Diss. München

TISCORNIA, O. M.; LEVESQUE, D.; SARLES, H.; VOIROL, M.; BRETHOLZ, A.; LAUGIER, R.; PAULI, A. (1976)
Canine exocrine pancreatic secretory changes induced by calcium or ethanol plus calcium intraduodenal infusion
Am. J. Gastroenterology 66 (5), 452-459

TRYFONIDOU, M. A.; HOLL, M. S.; VASTENBURG, M.; OOSTERLAKEN-DIJKSTERHUIS, M. A.; BIRKENHÄGER-FRENKEL, D. H.; VAN DEN BROM, W. E.; HAZEWINKEL, H. A. W. (2003)
Hormonal regulation of calcium homeostasis in two breeds of dog during growth at different rates
J. Anim. Sci. 81, 1568-1580

TRYFONIDOU, M. A.; VAN DEN BROEK, J.; VAN DEN BROM, W. E.; HAZEWINKEL, H. A. W. (2002)
Intestinal calcium absorption in growing dogs is influenced by calcium intake and age but not by growth rate
J. Nutr. 132, 3363-3368

WEBER, M.; MARTIN, L.; BIOURGE, V.; NGUYEN, P.; DUMON, H. (2003)
Influence of age and body size on the digestibility of a dry expanded diet in dogs
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 87, 21-31

WILL, D. H.; UDALL, R. H. (1960)
Calcium and Phosphorus absorption and growth in dogs
Am. J. Vet. Res. May, 360-363

XU, C.; WENSING, T.; BEYNEN, A. C. (1998)
Effects of high calcium intake on fat digestion and bile acid excetion in feces of veal calves
J. Dairy Sci. 81, 2173-2177

XU, C.; WENSING, T.; BEYNEN, A. C. (2000)
High intake of calcium formiate depresses macronutrient digestibility in veal calves fed milk replacers containing either dairy proteins or whey protein plus soya protein concentrate
J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr. 83, 49-54

XU, C.; WENSING, T.; KOCSIS, S.; BEYNEN, A. C. (1999)
High calcium intake lowers apparent digestibility of energy in veal calves
Arch. Anim. Nutr. 52, 67-73

ZENTEK, J.; MEYER, H. (1992)
Energieaufnahme adulter Deutscher Doggen
Berl. Münchn. Tierärztl. Wochenschr. 105, 325-327

ZENTEK, J.; MEYER, H. (1995)
Normal handling of diets - are all dogs created equal?
J. Small Anim. Pract. 36, 354-359

ZENTEK, J.; MEYER, H.; DÄMMRICH, K. (1995)
Über den Einfluß einer unterschiedlichen Energieversorgung wachsender Doggen auf Körpermasse und Skelettentwicklung 3. Mitteilung: Klinisches Bild und chemische Skelettuntersuchungen
J. Vet. Med. Ass. 42, 69-80

VIII. ANHANG

Im Anhang finden sich Tabellen mit Einzelmessergebnissen.

Tab. I: Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe [%], oS und Energie in den verschiedenen Bilanzen der Gruppe Beagle NC

Name	Bilanz	Gewicht	%V Rp	%V Rfa	%V Rfe	%V Ra	%V Nfe	%V Energie	% VoS
Jack	1	5,7	88,2	68,6	93,4	79,7	86,4	87,5	86,5
Nemo	1	5,2	89,0	72,2	91,3	83,8	86,2	87,9	86,5
Gonzo	1	4,8	91,8	69,0	93,1	78,5	90,3	90,2	89,5
Speedy	1	4,9	92,0	69,7	95,3	79,2	92,1	91,3	90,8
Tom	1	4,6	90,8	67,6	96,8	80,4	89,7	90,8	89,6
Lizzy	1	4,2	89,3	36,9	95,4	84,7	95,9	91,6	91,1
Maja	1	3,1	87,0	23,6	95,6	83,6	94,6	89,8	89,4
Blanco	1	5,0	89,4	63,0	99,0	76,3	90,8	90,9	89,5
Franka	1	4,3	88,1	62,9	90,7	75,4	94,5	88,6	88,8
Domino	1	4,0	85,1	54,8	91,0	76,8	90,6	86,8	85,6
Jack	2	9,3	90,1	66,0	95,6	61,3	89,5	90,6	89,8
Nemo	2	8,4	89,5	63,6	96,9	57,2	90,2	91,4	90,0
Gonzo	2	6,1	86,1	63,8	91,5	52,3	85,0	86,2	85,8
Speedy	2	6,1	92,9	75,0	96,0	64,6	90,6	92,3	91,9
Tom	2	6,4	84,7	59,3	94,8	47,4	83,1	86,6	85,5
Lizzy	2	6,0	85,0	-4,0	93,7	64,0	87,9	85,4	85,1
Maja	2	5,6	84,0	-3,1	94,6	61,9	87,4	85,4	84,9
Blanco	2	6,6	89,2	62,2	95,2	70,4	92,7	91,4	90,5
Franka	2	5,7	88,4	56,9	90,3	63,6	91,4	88,6	88,1
Domino	2	7,2	86,8	55,7	90,7	61,4	91,3	88,0	87,6
Jack	3	9,3	91,1	67,4	96,8	55,2	92,0	92,1	91,4
Nemo	3	8,4	90,8	75,3	98,8	69,4	91,1	93,3	92,2
Gonzo	3	8,0	87,9	61,8	92,2	51,1	85,2	87,0	86,5
Speedy	3	8,8	90,1	68,1	95,0	56,6	88,7	90,1	89,6
Tom	3	8,9	85,3	59,6	93,1	34,4	83,8	86,4	85,4
Lizzy	3	9,0	87,1	14,4	88,9	60,7	93,6	87,4	88,1
Maja	3	8,6	84,1	-1,7	87,7	49,2	91,1	84,6	85,3
Blanco	3	10,0	87,1	57,3	95,4	62,0	92,7	90,9	89,7
Franka	3	9,4	88,6	55,3	93,1	64,7	91,5	89,8	89,0
Domino	3	9,2	86,2	48,7	88,8	49,8	88,6	86,5	85,6

Tab. II: Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe [%], oS und Energie in den verschiedenen Bilanzen der Gruppe Beagle HC

Name	Bilanz	Gewicht	%V Rp	%V Rfa	%V Rfe	%V Ra	%V Nfe	%V Energie	% VoS
Bully	1	5,1	86,5	65,6	83,2	72,1	82,4	83,4	82,2
Jana	1	4,2	87,9	72,2	90,8	75,1	85,4	88,1	86,1
Snoopy	1	3,8	85,7	61,9	87,0	66,7	73,1	82,1	79,1
Tweety	1	4,0	88,1	64,5	86,5	77,1	86,6	85,9	85,2
Jerry	1	4,7	89,1	57,9	89,5	67,5	84,9	87,1	85,1
Lucky	1	4,1	89,1	66,6	90,7	65,9	87,5	89,6	87,0
Tequila	1	3,8	92,7	76,4	93,7	75,5	85,7	90,9	88,9
Woodstock	1	4,4	90,5	69,3	95,2	69,0	82,5	90,2	86,7
Britney	1	3,3	87,1	21,9	94,1	86,0	94,5	89,6	89,4
Donna	1	4,0	87,3	31,2	90,4	83,9	93,8	88,8	88,8
Flossie	1	3,7	87,9	22,9	93,4	85,0	93,7	90,1	89,1
Vicky	1	3,7	84,8	82,6	90,2	87,5	96,6	90,7	91,7
Gina	1	3,5	86,6	49,2	82,7	62,7	84,0	84,7	81,7
Giulia	1	4,2	87,8	60,6	88,5	67,6	85,8	87,3	85,1
Isabella	1	4,0	87,9	53,6	87,7	65,9	86,9	87,0	84,9
Nero	1	5,4	86,9	52,0	89,8	59,2	83,6	87,0	83,7
Andy	1	4,5	83,1	44,7	87,4	54,5	76,1	81,6	78,4
Bingo	1	4,5	84,2	48,8	87,2	58,8	80,9	85,0	80,9
Mara	1	3,1	84,2	37,4	89,0	62,6	83,0	84,9	81,7
Vroni	1	4,0	83,6	51,2	85,3	59,2	80,7	82,8	80,2
Bully	2	7,7	88,7	65,8	94,2	56,7	82,8	89,0	86,5
Jana	2	6,8	88,3	64,8	94,9	55,0	83,3	90,0	86,7
Snoopy	2	6,9	88,3	58,5	92,8	51,8	80,2	86,6	84,6
Tweety	2	6,6	88,3	64,4	92,0	59,4	83,5	87,8	85,8
Jerry	2	6,0	87,9	66,6	92,3	51,1	81,7	87,9	85,5
Lucky	2	5,6	85,0	60,5	91,8	47,9	80,8	86,0	83,7
Tequila	2	5,1	86,4	68,5	90,3	57,1	81,8	86,1	84,6
Woodstock	2	5,8	86,8	60,8	91,7	42,1	80,2	86,3	84,1
Britney	2	5,0	81,5	-13,9	92,7	64,2	83,1	83,0	81,1

Tab. II (Fortsetzung): Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe [%], oS und Energie in den verschiedenen Bilanzen der Gruppe Beagle HC

Name	Bilanz	Gewicht	%V Rp	%V Rfa	%V Rfe	%V Ra	%V Nfe	%V Energie	% VoS
Donna	2	5,6	81,1	-18,0	92,4	65,1	80,1	81,4	79,4
Flossie	2	5,2	84,6	-4,3	91,6	62,4	86,2	84,4	83,3
Vicky	2	5,8	91,1	75,8	93,5	64,0	88,5	91,8	89,7
Gina	2	5,1	87,9	52,9	88,3	58,5	86,0	87,0	84,7
Giulia	2	5,6	86,3	60,1	86,3	61,7	87,1	86,9	84,5
Isabella	2	5,4	86,9	55,1	87,2	56,9	86,9	86,6	84,6
Nero	2	7,1	87,9	55,5	91,2	71,1	88,2	88,4	86,5
Andy	2	7,9	85,6	55,7	87,2	52,5	82,2	86,0	82,2
Bingo	2	7,8	84,4	54,5	87,4	56,3	83,8	85,4	82,5
Mara	2	6,3	82,6	49,5	84,3	52,0	81,4	83,2	79,9
Vroni	2	6,5	85,8	49,2	86,3	51,8	82,7	85,7	81,9
Bully	3	7,7	86,5	66,8	93,5	56,7	83,4	87,4	85,9
Jana	3	6,8	90,1	66,3	95,3	53,3	85,2	90,9	88,2
Snoopy	3	6,9	89,6	62,7	93,5	54,8	84,6	88,6	87,0
Tweety	3	6,6	87,9	61,5	91,8	54,3	84,0	87,3	85,6
Jerry	3	8,5	92,4	77,0	95,3	72,5	89,0	92,2	90,9
Lucky	3	8,3	88,9	67,1	92,7	60,2	84,7	88,6	86,9
Tequila	3	7,7	89,2	73,7	92,7	69,1	87,8	89,3	88,5
Woodstock	3	8,7	86,9	60,0	91,3	46,5	79,1	86,1	83,6
Britney	3	8,0	86,7	14,2	83,5	62,2	92,0	85,4	85,9
Donna	3	8,7	78,9	-19,2	64,2	47,6	87,1	73,0	75,9
Flossie	3	8,0	88,0	19,5	82,6	68,9	94,2	85,9	87,3
Vicky	3	8,4	78,5	-32,2	72,4	48,8	89,9	76,4	78,5
Gina	3	8,6	85,7	51,0	89,4	45,0	85,8	87,5	84,3
Giulia	3	8,9	91,4	70,9	94,1	68,8	90,8	92,2	90,4
Isabella	3	8,7	87,2	55,0	86,2	55,8	88,8	86,9	85,3
Nero	3	11,5	86,3	50,9	87,8	54,2	85,2	85,9	83,8
Andy	3	10,1	84,0	46,6	85,7	49,3	84,1	84,3	81,8
Bingo	3	9,9	85,2	51,5	83,9	53,6	85,2	83,8	82,3
Mara	3	8,1	87,0	49,9	85,7	51,7	84,6	85,4	83,1
Vroni	3	8,4	89,5	56,7	91,0	65,2	89,0	89,4	87,5

Tab. III: Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe [%], oS und Energie in den verschiedenen Bilanzen der Gruppe FBI NC

Name	Bilanz	Gewicht	%V Rp	%V Rfa	%V Rfe	%V Ra	%V Nfe	%V Energie	% VoS
Zorro	1	9,5	88,5	46,3	87,4	51,1	90,5	87,0	86,8
Cream	1	7,9	88,1	59,7	94,9	74,5	92,7	91,4	90,8
Joyce	1	7,4	88,7	49,7	91,8	65,0	91,1	89,6	88,8
Marlow	1	6,4	82,7	-3,4	92,1	61,3	91,1	85,5	85,6
Martha	1	6,1	85,6	22,5	91,4	65,7	92,0	87,9	87,7
Eddy	1	6,9	80,4	-4,6	91,6	55,7	91,2	85,0	85,0
Patricia	1	7,0	85,3	12,0	90,3	62,8	92,9	87,1	87,4
Frances	1	8,5	90,8	38,1	96,2	71,6	91,2	91,7	91,1
Sarah	1	5,8	90,5	49,2	95,3	69,8	91,1	91,3	90,7
Minette	1	4,9	84,6	36,1	94,4	58,8	90,5	88,2	87,7
Bonnie	1	4,7	93,6	49,7	97,3	46,8	89,2	94,3	91,9
Fox	1	4,5	90,1	43,9	94,4	67,7	91,6	91,3	90,0
Piri	1	6,7	88,1	56,9	87,7	72,5	88,8	86,9	86,9
Kandis	1	7,3	89,6	49,1	94,6	65,5	88,7	89,8	88,7
Sascha	1	6,6	87,6	50,7	93,6	68,5	89,5	89,2	88,2
Zorro	2	14,9	89,6	45,6	95,7	50,0	87,9	89,7	88,9
Cream	2	13,7	89,4	52,8	94,9	59,4	92,8	91,8	90,8
Joyce	2	12,5	88,2	45,0	86,8	55,7	88,4	85,3	85,7
Marlow	2	8,6	81,8	-27,4	91,1	63,1	91,8	85,2	85,1
Martha	2	9,2	84,9	-12,9	89,5	56,4	93,0	86,8	86,8
Eddy	2	9,5	82,7	-2,0	87,9	53,8	92,9	85,7	86,2
Patricia	2	9,0	83,3	-15,7	98,7	59,1	88,7	84,6	85,6
Frances	2	13,0	88,3	46,0	98,1	65,3	87,1	92,2	90,2
Sarah	2	11,7	90,6	4,3	94,2	57,9	89,9	89,2	88,0
Minette	2	9,7	91,5	-3,2	96,3	58,0	91,3	90,7	89,1
Bonnie	2	9,3	90,3	-1,7	95,5	57,3	91,0	90,1	88,4
Fox	2	8,8	94,0	7,1	97,5	68,0	92,3	92,5	91,1
Piri	2	11,0	80,1	12,8	93,5	56,6	77,2	84,6	82,5

Tab. III (Fortsetzung): Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe [%], oS und Energie in den verschiedenen Bilanzen der Gruppe FBI NC

Name	Bilanz	Gewicht	%V Rp	%V Rfa	%V Rfe	%V Ra	%V Nfe	%V Energie	% VoS
Kandis	2	12,5	86,7	55,4	96,6	66,1	87,3	91,4	90,0
Sascha	2	11,0	85,4	40,9	95,6	66,1	87,7	90,2	88,7
Zorro	3	20,4	85,8	30,5	92,3	54,0	84,4	85,4	84,7
Cream	3	17,4	88,1	19,5	96,5	53,6	86,0	88,5	86,8
Joyce	3	16,3	82,7	-9,5	92,4	35,1	79,0	81,9	80,1
Marlow	3	16,9	88,6	38,8	91,0	57,1	92,8	89,4	89,0
Martha	3	18,2	85,9	24,0	87,6	48,8	93,6	86,6	87,2
Eddy	3	17,1	87,0	26,0	88,4	50,7	92,3	86,8	87,2
Patricia	3	16,5	86,6	17,6	87,3	47,2	92,5	86,1	86,6
Frances	3	20,8	81,5	-11,6	92,1	17,8	89,6	85,1	84,2
Watson	3	20,8	88,7	54,2	90,2	49,6	84,8	86,6	85,7
Miss Marple	3	17,7	88,4	43,4	95,3	71,8	83,4	88,3	86,3
Lara	3	17,8	86,0	39,2	95,9	69,0	82,6	87,2	85,2
Agatha	3	16,6	85,4	31,1	96,3	67,6	80,9	86,7	84,1
Dana	3	15,1	85,6	52,9	91,0	29,2	81,0	85,7	84,0
Sarah	3	20,3	88,1	55,1	96,4	65,4	85,4	89,3	87,9
Minette	3	17,1	88,8	46,1	96,3	74,8	85,2	88,9	87,4
Bonnie	3	16,4	90,0	56,0	94,4	53,0	86,9	90,2	88,3
Fox	3	16,1	89,3	36,6	95,6	71,6	84,0	88,3	86,3
Piri	3	16,6	87,0	5,9	90,2	57,1	76,6	85,2	83,6
Kandis	3	18,7	92,1	41,0	95,1	73,0	86,8	91,8	90,6
Sascha	3	16,6	87,4	27,6	94,0	59,8	80,2	88,3	86,8

Tab. IV: Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe [%], oS und Energie in den verschiedenen Bilanzen der Gruppe FBI HC

Name	Bilanz	Gewicht	%V Rp	%V Rfa	%V Rfe	%V Ra	%V Nfe	%V Energie	% VoS
Elena	1	8,0	84,3	47,1	73,9	60,8	85,2	78,2	78,3
Sevilla	1	8,7	88,4	61,5	80,5	67,8	88,3	83,8	83,7
Django	1	10,4	89,7	59,1	96,2	69,3	81,2	88,6	86,8
Ben	1	7,4	86,8	55,2	92,1	73,1	88,2	89,5	87,2
Cappuccino	1	6,5	84,4	45,5	90,0	62,9	84,4	87,4	83,9
Kira	1	7,4	86,1	42,6	85,7	64,1	84,2	85,1	82,5
Samantha	1	7,7	84,9	43,6	84,0	73,5	87,8	84,8	83,0
Teddy	1	7,7	83,0	40,3	92,0	57,5	72,6	80,8	79,5
Sherlock	1	4,9	70,3	68,1	92,5	21,5	81,2	84,3	80,6
James	1	4,5	84,0	17,3	86,4	65,2	88,2	84,7	83,4
Bond	1	4,6	75,7	-17,2	81,7	56,8	84,8	78,2	77,1
Harriet	1	5,0	78,0	-18,7	78,6	53,1	84,1	78,2	76,6
Anne	1	4,6	78,3	-4,1	86,7	60,3	85,2	80,4	79,7
Phil	1	7,3	77,6	-19,0	76,3	60,2	81,3	77,1	74,4
Holmes	1	8,2	89,6	16,7	95,4	69,8	87,1	90,2	87,6
Margery	1	7,6	87,3	20,7	92,6	76,4	88,3	87,8	86,6
Henry	1	8,1	86,1	0,5	92,9	72,6	86,0	86,7	84,8
Miss Sophie	1	6,9	83,6	-33,2	91,3	72,6	83,5	84,2	81,1
Watson	1	6,0	86,3	43,0	88,5	56,2	81,3	85,6	83,0
Miss Marple	1	5,0	87,8	34,8	94,7	56,8	78,6	86,4	84,9
Lara	1	4,5	85,2	4,1	94,6	41,1	78,5	86,9	82,6
Agatha	1	4,5	85,0	31,9	91,6	53,4	76,8	85,3	82,1
Dana	1	4,1	84,5	36,3	88,2	58,2	81,1	84,2	82,0
Elena	2	12,6	86,5	35,2	88,3	53,3	79,6	84,4	81,6
Sevilla	2	13,7	88,8	35,0	89,2	47,6	81,0	85,6	83,2
Django	2	15,1	89,5	39,7	93,3	54,4	83,2	88,9	85,7
Ben	2	12,7	88,8	54,6	92,8	62,3	86,3	90,1	87,1
Cappuccino	2	11,2	81,3	25,7	82,4	43,6	81,7	81,0	78,4
Kira	2	12,2	82,1	25,5	83,9	36,9	79,0	82,9	78,0

Tab. IV (Fortsetzung): Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe [%], oS und Energie in den verschiedenen Bilanzen der Gruppe FBI HC

Name	Bilanz	Gewicht	%V Rp	%V Rfa	%V Rfe	%V Ra	%V Nfe	%V Energie	% VoS
Samantha	2	12,3	90,6	67,1	88,5	78,6	92,2	89,6	88,9
Teddy	2	12,8	86,5	33,1	85,2	45,7	80,1	83,2	80,4
Sherlock	2	7,9	79,3	4,7	87,0	24,6	90,0	83,7	83,7
James	2	7,6	78,7	-46,3	75,6	50,8	85,9	78,7	77,4
Bond	2	6,8	79,9	-20,4	76,0	56,8	85,9	78,8	78,6
Harriet	2	7,3	79,9	-17,2	77,6	55,0	88,0	81,2	80,2
Anne	2	6,7	82,2	-15,3	77,0	56,3	87,9	80,5	80,8
Phil	2	9,0	78,1	-51,5	98,3	73,8	85,1	83,9	80,4
Holmes	2	12,1	89,1	47,1	98,3	52,9	82,2	92,9	88,7
Margery	2	11,8	90,3	47,9	96,9	51,0	82,2	92,5	88,5
Henry	2	12,3	88,1	46,8	97,3	56,8	83,1	91,9	88,3
Miss Sophie	2	11,4	85,8	31,3	96,2	53,0	80,4	89,2	85,7
Elena	3	18,3	84,1	35,0	91,7	46,7	78,0	82,0	81,6
Sevilla	3	19,0	84,9	31,3	88,8	47,9	77,9	83,7	80,7
Django	3	21,0	86,3	37,5	92,4	53,9	79,0	86,4	82,9
Ben	3	17,3	84,0	10,5	91,2	35,3	74,3	83,4	78,8
Cappuccino	3	15,5	83,5	-9,0	91,2	26,8	76,1	83,5	78,4
Kira	3	16,0	87,9	26,5	91,4	46,2	78,6	86,0	82,5
Samantha	3	16,0	87,5	20,3	92,0	54,5	81,7	86,2	83,3
Teddy	3	17,1	92,9	42,3	94,2	70,9	87,2	90,3	88,6
Sherlock	3	16,9	84,9	19,8	79,0	46,8	89,5	82,8	82,8
James	3	15,8	85,8	27,0	80,3	50,2	91,3	84,2	84,5
Bond	3	14,9	87,3	35,8	80,4	58,7	89,7	84,5	84,6
Harriet	3	12,9	86,8	31,8	79,1	55,0	91,1	84,4	84,8
Anne	3	14,4	83,8	27,2	83,0	55,1	88,6	83,5	83,3
Phil	3	17,7	84,8	17,9	76,6	42,7	88,7	81,6	81,9
Holmes	3	18,8	86,1	15,3	91,6	63,8	91,3	88,3	86,8
Margery	3	19,8	83,9	-7,4	88,3	52,6	88,1	83,8	82,9
Henry	3	21,6	83,1	3,6	86,0	55,2	89,3	83,9	83,3
Miss Sophie	3	17,9	82,2	-0,8	83,7	45,0	86,2	82,7	80,6

Tab. V: Absolute Energieaufnahmen [MJ ME/d] der Versuchs- und Kontrollgruppen in den verschiedenen Lebenswochen der Beagles

Name	Gruppe	Geschlecht	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28
Blanco	NC	m	1,68	1,98	2,30	2,67	3,01	3,31	3,74	3,94	4,16	4,39
Nero	HC	m	1,71	2,04	2,52	2,91	3,30	3,57	3,98	4,19	4,39	4,68
Isabella	HC	w	1,32	1,72	2,08	2,38	2,68	2,93	3,35	3,63	3,96	4,23
Gina	HC	w	1,22	1,51	1,98	2,23	2,60	2,99	3,36	3,65	4,02	4,31
Giulia	HC	w	1,39	1,70	2,10	2,47	2,77	3,07	3,39	3,61	3,93	4,12
Franka	NC	w	1,45	1,69	2,09	2,50	2,77	3,03	3,41	3,65	3,93	4,18
Bingo	HC	m	1,21	1,59	2,25	2,68	2,98	3,33	3,66	4,02	4,21	4,40
Andy	HC	m	1,52	1,77	2,23	2,71	3,00	3,33	3,67	4,04	4,19	4,31
Domino	NC	m	1,22	1,54	2,09	2,54	2,80	3,22	3,57	3,97	4,18	4,21
Mara	HC	w	0,73	1,08	1,71	2,16	2,46	2,75	3,09	3,47	3,67	3,86
Vroni	HC	w	1,45	1,55	2,08	2,41	2,65	2,89	3,21	3,60	3,88	4,04
Jack	NC	m	2,28	2,63	3,10	3,86	4,50	5,18	5,07	5,31	5,48	4,91
Jana	HC	w	1,94	2,28	2,57	2,73	3,48	3,91	3,69	3,86	4,17	3,91
Tweety	HC	w	1,65	1,77	2,43	2,40	3,36	3,83	3,54	3,85	4,40	3,85
Snoopy	HC	m	1,64	1,72	2,17	2,59	3,37	3,87	3,85	4,07	4,35	3,95
Bully	HC	m	2,03	2,44	2,96	3,37	3,92	4,44	4,33	4,44	4,64	4,48
Nemo	NC	m	2,02	2,47	2,98	3,66	4,12	4,71	4,55	4,78	5,00	4,37
Gonzo	NC	m	2,02	2,45	3,07	3,58	3,85	3,30	3,59	4,19	4,29	4,17
Tequila	HC	w	1,46	1,66	2,38	2,93	3,02	2,64	3,42	4,34	4,52	4,80
Woodstock	HC	m	1,36	1,82	2,62	3,22	3,44	3,05	3,81	4,57	4,48	4,66
Speedy	NC	w	1,90	2,35	2,98	3,51	3,77	3,28	3,60	4,25	4,59	4,67
Lucky	HC	m	1,66	2,05	2,40	3,11	3,22	2,87	3,36	3,96	4,19	4,36
Tom	NC	m	1,83	2,03	2,78	3,46	3,76	3,33	3,70	4,19	4,44	4,51
Jerry	HC	m	1,93	2,02	2,72	3,24	3,50	3,09	3,45	4,03	4,37	4,36
Maja	NC	w	1,71	2,09	2,53	3,01	3,41	3,46	3,54	3,80	4,10	4,19
Lizzy	NC	w	2,19	2,31	2,37	3,10	3,38	3,36	3,54	3,77	3,93	3,99
Vicky	HC	w	1,51	1,30	2,33	2,83	2,89	2,90	3,16	3,33	3,48	3,43
Donna	HC	w	1,93	2,16	2,55	2,78	3,10	3,17	3,36	3,48	3,51	3,46
Flossie	HC	w	1,79	2,03	2,34	2,72	3,12	3,22	3,44	3,72	3,81	3,75
Britney	HC	w	1,60	1,54	2,36	2,72	3,23	3,36	3,67	3,97	4,13	4,05

Tab. VI: Absolute Energieaufnahmen [MJ ME/d] der Versuchs- und Kontrollgruppen in den verschiedenen Lebenswochen der FBIs

Name	Gruppe	Geschlecht	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28
Piri	NC (NP)	w	2,40	2,51	2,98	3,26	3,70	4,23	4,73	5,13	5,35	5,68
Henna	LP	w	2,38	1,83	2,86	3,14	3,53	4,15	4,77	4,92	5,54	5,86
Leela	LP	w	2,22	1,95	2,56	3,07	3,43	3,70	4,73	5,23	5,52	5,81
Katie	LP	w	2,43	2,59	3,06	3,11	3,57	4,05	4,82	5,32	5,68	5,99
Kandis	NC (NP)	m	2,56	2,80	3,27	3,51	4,18	4,72	5,30	5,78	6,09	6,53
Steve	LP	m	2,05	2,20	2,55	3,11	3,54	4,16	4,85	5,34	5,72	6,12
Jalapeno	LP	m	2,52	1,59	2,84	3,20	3,56	4,29	5,04	5,49	5,83	6,14
Sascha	NC (NP)	m	2,44	2,81	3,15	3,20	3,65	4,19	4,72	5,15	5,54	5,96
Joschi	LP	m	2,50	2,22	2,39	3,17	3,48	4,15	4,88	5,36	5,75	6,21
Zorro	NC	m	3,48	4,16	4,70	5,28	5,62	6,60	7,06	7,04	6,97	7,40
Django	HC	m	3,54	4,19	4,70	4,91	5,22	6,08	6,98	6,84	6,61	6,77
Elena	HC	w	2,81	3,41	3,85	3,97	4,28	5,15	5,64	5,83	6,23	6,85
Sevilla	HC	w	3,01	3,44	4,07	4,58	4,93	5,78	6,21	6,12	6,23	6,71
Teddy	HC	m	2,88	3,30	3,95	4,07	4,33	5,19	5,43	5,44	5,64	6,47
Ben	HC	m	2,75	3,27	3,77	3,88	4,32	5,01	5,17	5,31	5,55	6,25
Samantha	HC	w	2,94	3,42	3,91	4,00	4,25	5,00	5,52	5,68	5,87	6,74
Kira	HC	w	2,82	3,32	3,79	3,88	4,40	5,18	5,18	5,20	5,39	6,12
Joyce	NC	w	3,16	3,61	4,14	4,20	4,60	5,44	5,83	5,95	5,95	6,30
Cappuccino	HC	w	2,51	2,80	3,58	3,70	4,26	5,05	5,30	5,31	5,44	6,26
Cream	NC	m	3,18	3,75	4,28	4,38	4,96	5,72	5,82	5,82	6,07	6,99
Sherlock	HC	m	1,61	1,54	-	-	-	-	5,61	5,97	6,49	7,95
James	HC	m	1,63	1,78	2,38	2,95	3,91	4,09	5,14	5,68	6,22	7,95
Bond	HC	m	1,85	1,81	2,07	2,82	3,68	3,57	4,62	5,27	6,02	7,65
Harriet	HC	m	1,87	2,18	2,75	2,95	3,80	3,97	4,87	5,42	5,95	7,45
Anne	HC	w	2,02	1,93	2,58	2,89	3,68	3,73	4,62	5,23	6,01	7,65
Phil	HC	m	2,51	3,24	4,06	4,20	4,88	5,03	5,73	6,30	6,81	7,95
Marlow	NC	m	2,17	2,74	3,59	3,83	4,67	4,84	5,92	6,62	7,19	9,29
Martha	NC	w	2,14	2,74	3,45	3,64	4,48	4,89	5,92	6,66	7,19	9,29

Tab. VI (Fortsetzung): Absolute Energieaufnahmen [MJ ME/d] der Versuchs- und Kontrollgruppen in den verschiedenen Lebenswochen der FBIs

Name	Gruppe	Geschlecht	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28
Eddy	NC	m	2,57	3,14	4,27	4,49	5,20	5,17	6,14	6,76	7,39	9,60
Patricia	NC	w	2,65	3,49	4,09	4,22	4,96	5,03	5,87	6,58	7,19	9,00
Henry	HC	m	3,49	4,34	4,62	4,54	5,51	6,51	7,95	9,30	9,30	9,30
Margery	HC	w	3,60	3,76	4,03	4,17	5,11	6,17	7,67	8,73	8,64	8,64
Holmes	HC	m	4,18	4,12	4,47	4,27	5,49	5,62	7,52	8,68	7,63	6,49
Miss Sophie	HC	w	3,55	3,74	3,74	3,67	4,94	6,19	7,76	8,18	8,01	6,22
Frances	NC	w	4,12	4,22	4,59	4,72	5,80	7,06	8,48	9,13	9,03	9,03
Fox	NC	m	3,51	3,61	4,65	6,25	6,91	7,63	8,04	8,26	8,60	9,09
Sarah	NC	w	4,27	4,72	6,07	8,08	8,81	9,09	9,13	9,10	9,18	9,24
Bonnie	NC	w	3,52	3,93	5,00	6,56	7,21	7,66	7,94	8,01	8,21	8,47
Minette	NC	w	3,63	4,07	5,10	7,04	7,34	7,81	7,97	8,00	8,22	8,51
Miss Marple	HC/LC/NC	w	3,52	3,99	4,98	7,13	7,89	8,58	8,89	8,84	9,00	9,16
Lara	HC/LC/NC	w	3,16	3,57	4,54	6,61	7,32	7,95	8,06	8,02	8,13	8,33
Watson	HC/LC/NC	m	4,15	4,64	5,79	8,49	9,13	9,51	9,55	9,48	9,66	9,82
Dana	HC/LC/NC	w	3,09	3,11	3,96	5,93	6,68	7,49	7,88	7,91	7,86	8,10
Agatha	HC/LC/NC	w	3,11	3,54	4,51	6,59	7,18	7,89	8,19	8,15	8,30	8,63

Tab. VII: Absolute Calciumaufnahmen [mg/kg KM] der Versuchs- und Kontrollgruppen in den verschiedenen Lebenswochen der Beagles

Name	Gruppe	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28
Blanco	**NC**	441	442	456	636	398	397	395	356	269	272
Nero	**HC**	1286	1327	1341	1260	1139	1151	1151	1022	768	773
Isabella	**HC**	1308	1292	1348	1229	1163	1158	1151	1012	764	774
Gina	**HC**	1297	1329	1350	1230	1111	1139	1137	1017	770	773
Giulia	**HC**	1290	1290	1333	1237	1135	1132	1159	1020	771	775
Franka	**NC**	438	416	460	631	392	400	397	349	266	270
Bingo	**HC**	1317	1290	1331	1369	1149	1134	1132	1157	1050	773
Andy	**HC**	1315	1316	1328	1315	1155	1134	1146	1152	1051	758
Domino	**NC**	428	444	453	454	398	396	397	395	364	270
Mara	**HC**	1273	1287	1300	1318	1186	1156	1153	1143	1045	764
Vroni	**HC**	1313	1321	1347	1338	1169	1151	1149	1148	1028	771
Jack	**NC**	348	348	322	388	330	327	229	211	214	214
Jana	**HC**	1334	1370	1308	1176	1066	1067	777	720	717	700
Tweety	**HC**	1322	1314	1323	1184	1077	1078	776	718	716	727
Snoopy	**HC**	1319	1260	1272	1090	1070	1062	771	712	712	703
Bully	**HC**	1325	1435	1346	1186	1080	1078	770	715	718	714
Nemo	**NC**	342	349	322	385	326	327	230	211	212	212
Gonzo	**NC**	339	310	292	321	325	222	212	204	200	218
Tequila	**HC**	1310	1267	1250	1163	1067	735	714	690	684	731
Woodstock	**HC**	1334	1290	1281	1175	1096	747	696	694	708	715
Speedy	**NC**	341	309	292	323	328	220	207	202	204	218
Lucky	**HC**	1309	1289	1256	1168	1085	740	708	696	699	746
Tom	**NC**	341	309	291	315	325	220	209	204	206	219
Jerry	**HC**	1324	1282	1253	1189	1089	743	713	708	707	732
Maja	**NC**	459	436	475	465	411	358	276	271	270	262
Lizzy	**NC**	452	441	478	459	406	355	273	267	271	261
Vicky	**HC**	1274	1277	1376	1218	1149	1001	763	772	745	721
Donna	**HC**	1293	1263	1372	1127	1174	972	767	754	762	737
Flossie	**HC**	1263	1267	1375	1203	1151	995	773	762	747	720
Britney	**HC**	1274	1312	1349	1216	1155	1004	772	748	748	726

Tab. VIII: Absolute Calciumaufnahmen [mg/kg KM] der Versuchs- und Kontrollgruppen in den verschiedenen Lebenswochen der FBIs

Name	Gruppe	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28
Piri	NC (NP)	569	546	512	423	384	386	299	256	256	261
Henna	LP	568	521	512	427	388	382	295	254	256	260
Leela	LP	588	525	519	420	383	379	295	259	259	258
Katie	LP	572	540	522	424	385	381	296	258	257	259
Kandis	NC (NP)	561	542	517	462	385	383	296	259	258	259
Steve	LP	566	526	524	422	384	378	296	259	256	259
Jalapeno	LP	542	515	501	436	385	381	294	256	258	259
Sascha	NC (NP)	571	535	517	425	386	384	297	258	256	256
Joschi	LP	581	524	523	424	384	379	294	259	259	261
Zorro	NC	500	453	456	378	335	329	240	211	215	190
Django	HC	1638	1436	1448	1236	1071	1084	810	701	710	707
Elena	HC	1578	1449	1441	1225	1085	1081	818	698	699	701
Sevilla	HC	1613	1446	1444	1234	1071	1081	817	702	714	700
Teddy	HC	1620	1441	1460	1079	1070	1097	735	713	710	703
Ben	HC	1606	1444	1457	1099	1073	1101	739	712	711	709
Samantha	HC	1609	1446	1479	1103	1077	1106	740	707	704	701
Kira	HC	1595	1401	1459	1104	1075	1107	739	710	713	703
Joyce	NC	499	446	460	339	335	346	223	209	213	209
Cappuccino	HC	1632	1448	1446	1089	1067	1091	726	706	704	695
Cream	NC	495	447	455	341	334	345	226	217	219	207
Sherlock	HC	1550	1535	-	-	-	-	1145	768	725	760
James	HC	1516	1503	1506	1448	1119	1095	1133	771	730	762
Bond	HC	1485	1468	1467	1367	1136	1096	1145	765	789	764
Harriet	HC	1491	1475	1486	1372	1158	1085	1155	799	-	760
Anne	HC	1561	1485	1483	1372	1133	1104	1146	761	741	752
Phil	HC	1506	1476	1483	1355	1139	1132	1116	748	740	759
Marlow	NC	488	445	450	485	399	378	396	275	274	278
Martha	NC	490	452	447	477	383	380	392	276	269	275
Eddy	NC	514	451	469	478	407	399	401	280	274	276
Patricia	NC	490	455	456	489	403	396	401	274	282	278
Henry	HC	1403	1667	1482	1287	1163	1089	922	751	759	749

Tab. VIII (Fortsetzung): Absolute Calciumaufnahmen [mg/kg KM] der Versuchs- und Kontrollgruppen in den verschiedenen Lebenswochen der FBIs

Name	Gruppe	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28
Margery	HC	1391	1501	1509	1319	1151	1126	938	756	764	753
Holmes	HC	1385	1486	1534	1317	1147	1138	949	753	763	729
Miss Sophie	HC	1385	1511	1526	1327	1162	1135	955	766	767	735
Frances	NC	558	503	506	453	405	393	331	278	263	258
Fox	NC	459	442	424	427	395	284	278	272	271	-
Sarah	NC	459	442	432	426	392	276	269	264	259	-
Bonnie	NC	467	442	424	427	396	281	275	269	265	-
Minette	NC	464	440	424	432	394	280	272	267	263	-
Miss Marple	HC/LC/NC	1446	510	107	149	389	284	278	271	268	-
Lara	HC/LC/NC	1461	508	106	149	390	278	270	265	261	-
Watson	HC/LC/NC	1447	511	103	148	389	277	270	265	263	-
Dana	HC/LC/NC	1443	503	103	148	388	286	281	273	271	-
Agatha	HC/LC/NC	1429	510	107	149	391	282	276	270	267	-

IX. DANKSAGUNG

Zunächst möchte ich mich ganz herzlich bei Frau Prof. Dr. Ellen Kienzle für die Überlassung des Themas und die gute sowie überaus nette Betreuung meiner Arbeit bedanken.

Dr. Britta Dobenecker danke ich für die gute Betreuung während der Versuche und dem Schreiben der Arbeit und dafür, dass sie sich besonders in der letzten Phase immer Zeit für mich und meine Arbeit genommen hat

Den Mitarbeitern des Instituts auf dem Oberwiesenfeld möchte ich für das stets freundliche Klima danken, wodurch mir die Arbeit dort sehr viel Spaß gemacht hat. Insbesondere bei Frau Stadler bedanke ich mich für das stets offene Ohr und die immer freundliche und kompetente Hilfe im Labor. Auch Gabi, die mir immer Auskunft bei meinen Fragen geben konnte sowie Nadja danke ich für die Hilfe beim Raussuchen der Daten aus den Büchern.

Werner Hesselbach danke ich für die stets freundliche Hilfe bei kleinen oder größeren Problemen im Labor. Darüber hinaus waren mir Marina, Stephan, Amon und Benjamin eine große Hilfe bei der Weender Analyse.

Darüber hinaus danke ich Julia, Beate und Angelika für das eifrige Korrekturlesen meiner Arbeit.

Michael möchte ich Danke für den überaus erfolgreichen Behördengang und die Bleibe in München sagen.

Nicht zuletzt möchte ich auch meinen Eltern dafür danken, dass sie mich immer unterstützt und mir Mut zugesprochen haben. Nicht zu vergessen danke ich auch meiner Schwester Franziska, die sich während meiner Abwesenheit immer gut um Estella gekümmert hat.

Mein größter Dank gilt jedoch Timo, der die wichtigste Person in meinem Leben ist und der einfach immer für mich da war, wenn ich ihn gebraucht habe.

X. LEBENSLAUF

Persönliche Angaben	Name:	**Frank, Viktoria**
	Geburtsdatum:	**26.01.1981**
	Geburtsort:	**Radebeul**
	Eltern:	**Wolfgang Frank, 19.10.1951**
		Dipl.-Ing. (FH) Maschinenbau
		Ingrid Frank, geb. Doktor, 12.08.1955
		Sekretärin
	Geschwister:	**zwei Schwestern (geb. 1978 und 1988)**
	Familienstand:	**ledig**
Schulbesuch	September 1987 bis Juli 1991	
	Grundschule	
	Pater- Alois- Grimm- Schule, Külsheim	
	September 1991 bis Juni 2000	
	Gymnasium	
	Matthias- Grünewald- Gymnasium, Tauberbischofsheim	
Studium	Oktober 2000 bis Februar 2006	
	Studium der Tiermedizin	
	Ludwig- Maximilians- Universität München	
Approbation	8. März 2006	
	Approbation als Tierärztin	
Promotion	März 2006 bis Oktober 2007	
	Anfertigung vorliegender Dissertation	
	Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung	
	Ludwig- Maximilians- Universität München	
Berufstätigkeit	seit März 2007	
	Assistentin in der Tierarztpraxis Dr. Christof Wenz	
	Tauberbischofsheim	