

Einfluss von Rohfaser auf die Haarausscheidung mit dem Kot bei der  
Katze und auf die Kotmenge beim Hund

Aline Ludolph

München 2006

Aus dem Institut für  
Physiologie, Physiologische Chemie und Tierernährung  
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München  
Geschäftsführender Vorstand

Univ.-Prof. Dr. H.-J. Gabius

Arbeit angefertigt unter der Leitung von  
Prof. Dr. W. A. Rambeck

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

Dekan:	Univ. – Prof. Dr. E. P. Märtlbauer
Referent:	Prof. Dr. Rambeck
Korreferent(en):	Prof. Dr. Müller

Tag der Promotion: 9. Februar 2007

## Verzeichnis der in der Arbeit verwendeten Abkürzungen:

Abb.	Abbildung
ADF	Acid Detergent Fiber
ADL	Acid Detergent Lignin
AG & Co.	Aktien und Commanditgesellschaft
AOAC	Association of Analytical Chemists
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CF	Crude Fiber
et al.	und Mitarbeiter
FK	Faserkonzentratfutter
g	Gramm
Gruppe K	spätere Kontrollgruppe
Gruppe V	spätere Versuchsgruppe
IF	Insoluble Fiber
K	Kontrollfutter
kg	Kilogramm
KM	Körpermasse
max.	maximal
MW	Mittelwert
NfE	Stickstofffreie Extraktstoffe
NSP	Nicht-Stärke-Polysaccharide
oS	organische Substanz
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
Ra	Rohasche
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
s	Standardabweichung
SF	Soluble Fiber
sV	scheinbare Verdaulichkeit
Tab.	Tabelle
TF	Total Fiber
TS	Trockensubstanz
u.a.	unter anderem
uS	ursprüngliche Substanz
V	Versuchsfutter
v.a.	vor allem
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

## Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Einleitung und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>Schrifttum</b>	<b>2</b>
<b>1.</b>	<b>Faser</b>	<b>2</b>
1.1.	Definition	2
1.2.	Vorkommen und Zusammensetzung	2
1.3.	Einteilung und Anwendung	2
<b>2.</b>	<b>Cellulose</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Weizenkleie</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>Faseranalytik</b>	<b>4</b>
<b>5.</b>	<b>Unterschiedliche Wirkung von Faserstoffen</b>	<b>5</b>
5.1.	Wasserbindungskapazität	5
5.2.	Fermentation	6
5.3.	Magenentleerung und Darmpassage	6
5.4.	Kotmenge	7
5.5.	Kotqualität	8
5.6.	Kot-TS-Gehalt	8
5.7.	Futteraufnahme	9
<b>6.</b>	<b>Einfluss von Faser auf die Nährstoffverdaulichkeit</b>	<b>10</b>
6.1.	Protein	10
6.2.	Fett	10
6.3.	NfE	11
6.4.	Rohfaser	11
6.5.	Organische Substanz	12
<b>7.</b>	<b>Bezoare</b>	<b>13</b>
7.1.	Phytobezoar	13
7.2.	Trichobezoar	13
7.2.1.	Entstehung	13
7.2.2.	Ursachen	13
7.2.3.	Klinik	14
7.2.4.	Diagnostik	14
7.2.5.	Therapie	14
<b>8.</b>	<b>Trichobezoare beim Menschen</b>	<b>14</b>

8.1.	Trichotillomanie und Trichophagie	15
8.2.	Das „Rapunzel-Syndrom“	15
<b>9.</b>	<b>Trichobezoare beim Tier</b>	<b>16</b>
9.1.	Trichobezoare beim Rind	16
9.2.	Trichobezoare beim Kaninchen	16
9.3.	Trichobezoare bei der Katze	17
<b>10.</b>	<b>Ernährung zur Prävention von Trichobezoaren</b>	<b>18</b>
<b>11.</b>	<b>Rohfaser in der Hundeernährung</b>	<b>19</b>
<b>III.</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>21</b>
<b>12.</b>	<b>Spezieller Teil</b>	<b>21</b>
12.1.	Versuch Faser Katze Teil I	21
12.1.1.	Versuchsziel	21
12.1.2.	Versuchsplan	21
12.1.3.	Versuchstechnik	22
12.1.4.	Versuchstiere	22
12.1.5.	Versuchsfutter	23
12.1.6.	Probennahme und Probenvorbereitung	24
12.2.	Versuch Faser Katze Teil II	24
12.2.1.	Versuchsziel	24
12.2.2.	Versuchsplan	24
12.2.3.	Versuchstechnik	25
12.2.4.	Versuchstiere	26
12.2.5.	Versuchsfutter	26
12.2.6.	Probennahme und Probenvorbereitung	27
12.3.	Versuch Faser Hund	27
12.3.1.	Versuchsziel	27
12.3.2.	Versuchsplan	27
12.3.3.	Versuchstechnik	28
12.3.4.	Versuchstiere	31
12.3.5.	Versuchsfutter	31
12.3.6.	Probennahme und Probenvorbereitung	33
<b>13.</b>	<b>Allgemeiner Teil</b>	<b>33</b>
13.1.	Prüfparameter	33

13.2. Untersuchungsmethoden	33
13.2.1. Kotqualität	33
13.2.2. Kotmenge	33
13.2.3. Trockensubstanz	34
13.2.4. pH Wert	34
13.2.5. Ausgeschiedene Haare	34
13.2.6. Rohasche	35
13.2.7. Rohprotein	35
13.2.8. Rohfett	35
13.2.9. Rohfaser	35
13.2.10. NfE	35
13.3. Statistische Methoden	35
<b>IV. Ergebnisse</b>	<b>36</b>
<b>14. Versuch Faser Katze Teil I</b>	<b>36</b>
14.1. Allgemeinbefinden	36
14.2. Futterakzeptanz und Futteraufnahme	36
14.3. Futteranalyse	36
14.4. Kot	36
14.4.1. Kotmenge	36
14.4.2. Kotparameter	37
14.5. Gewicht	38
14.6. Haarausscheidung	38
<b>15. Versuch Faser Katze Teil II</b>	<b>39</b>
15.1. Allgemeinbefinden	39
15.2. Futterakzeptanz und Futteraufnahme	40
15.3. Futteranalyse	40
15.4. Kot	40
15.4.1. Vorversuch	40

15.4.1.1.	Kotmenge	40
15.4.1.2.	Kotparameter	41
15.4.2.	Hauptversuch	41
15.4.2.1.	Kotmenge	41
15.4.2.2.	Kotparameter	42
15.5.	Gewicht	43
15.5.1.	Vorversuch	43
15.5.2.	Hauptversuch	44
15.6.	Haarauscheidung	44
15.6.1.	Vorversuch	44
15.6.2.	Hauptversuch	46
<b>16.</b>	<b>Versuch Faser Hund</b>	<b>47</b>
16.1.	Allgemeinbefinden	47
16.2.	Futterakzeptanz und Futteraufnahme	48
16.3.	Futteranalyse	48
16.4.	Gewicht	48
16.5.	Kot	49
16.5.1.	Kotmenge	49
16.5.2.	Kotparameter	50
<b>V.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>52</b>
<b>17.</b>	<b>Kritik der Methode</b>	<b>52</b>
17.1.	Versuch Faser Katze Teil I + Teil II	52
17.1.1.	Versuchsplan	52
17.1.2.	Versuchsablauf	53
17.1.3.	Futteranalyse	53
17.2.	Versuch Faser Hund	54
17.2.1.	Versuchsplan	54
17.2.2.	Versuchsablauf	54
17.2.3.	Futteranalyse	54
<b>18.</b>	<b>Fasereffekte</b>	<b>54</b>
18.1.	Versuch Faser Katze Teil I + Teil II	54

18.1.1.	Kotqualität	55
18.1.2.	Kotmenge (uS und TS)	55
18.1.3.	Menge der ausgeschiedenen Haare	56
18.1.4.	Abhängigkeit der ausgeschiedenen Haarmengen vom Geschlecht der Tiere	61
18.2.	Versuch Faser Hund	61
18.2.1.	Kotqualität	62
18.2.2.	Kot-pH-Wert	62
18.2.3.	Futterakzeptanz	62
18.2.4.	Kotmenge (uS)	62
18.2.5.	Kotmenge (TS)	64
<b>VI.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>67</b>
<b>VII.</b>	<b>Summary</b>	<b>68</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	

## I. Einleitung und Aufgabenstellung

Effekte von Faserstoffen auf Verdauungsvorgänge bei Monogastriern werden in der Literatur ausführlich beschrieben. Speziell beim Hund wird dabei überwiegend von einem positiven Einfluss wenig fermentierbarer Faser auf Kotqualität (*Fekete et al., 2004*), Passagerate und Absatzfrequenz (*Sunvold et al., 1995a*) sowie Nährstoffverdaulichkeit (*Silvio et al., 2000*) und Energieverdaulichkeit (*Kienzle et al., 2001*) berichtet. Auch die Steigerung des Kotvolumens beim Zusatz von unfermentierbarer Faser wird einheitlich beschrieben (*Bednar et al., 2000; Burkhalter et al., 2001*). Eine große Kotmenge ist jedoch ein vom Hundebesitzer nicht erwünschter Effekt und kann besonders bei Stadthaltung Probleme verursachen. Der deutlich ansteigende Einsatz von faserreichen Diäten z.B. zur Gewichtsreduktion (steigende Zahl übergewichtiger Tiere) rückt die damit verbundenen Probleme in den Vordergrund. Die Bemühungen gehen dahin, eine Faser mit den positiven Einflüssen auf Verdauung und Kotqualität aber möglichst geringer Steigerung des Kotvolumens zu finden.

Ein anderer Einsatzbereich von Faserstoffen in der Kleintierernährung ist die Verwendung bestimmter Fasern zur Prophylaxe von Haarballenbildung im Magen-Darm-Trakt bei Katzen, welche im Extremfall zum Tod führen können. Futtermittelhersteller postulieren den positiven Einfluss von Rohfaser auf die fäkale Haarausscheidung bei Katzen. Überwiegend handelt es sich hierbei jedoch um Angaben, die aus Besitzerbefragungen und nicht aus systematischen Tierversuchen stammen. Zum Einfluss von Faserstoffen auf die Ausscheidung von Haaren mit dem Kot existiert kaum Literatur. Den Publikationen ist in der Regel nicht zu entnehmen, welche Faserquelle bei den jeweiligen Untersuchungen eingesetzt wurde.

In den eigenen Versuchen bei Hunden und Katzen sollten als Faserquellen zwei Cellulosearten sowie Weizenkleie eingesetzt werden. Cellulose kann in vielfältiger Form von mikrokristallin bis langfaserig vorliegen (*Wichert et al., 2002*). Ihre Verdaulichkeit und der Grad der Effekte auf den Magen-Darm-Trakt sind unterschiedlich. Weizenkleie mit seiner geringen Affinität für Wasser ist sehr träge im wasserhaltigen Medium des Darms und damit im Vergleich zu anderen Faserquellen weniger durch bakterielle Enzyme fermentierbar (*Robertson & Eastwood, 1981b*). Unterschiedliche Studien belegen, dass Weizenkleie einen signifikanten Anstieg der ausgeschiedenen Kotmenge bei Mensch und Tier bewirkt (*Monro, 2002*).

In zwei Fütterungsversuchen mit Katzen sollte die Wirkung einer unterschiedlich dosierten, langfaserigen Cellulose auf die fäkale Ausscheidung abgeschluckter Haare untersucht werden. In der Kontrollration wurde statt der Cellulose die gleiche Menge Weizenmehl zusätzlich zu der Grundmischung zugesetzt. Der Kot der Tiere wurde täglich quantitativ gesammelt, beurteilt, getrocknet und die Haarmengen mithilfe einer Siebmaschine getrennt nach Geschlecht und Fütterungsgruppe separiert und quantifiziert.

Ziel des Fütterungsversuches mit sechzehn weiblichen Beagles war die Ermittlung des Einflusses zweier verschiedener Faserquellen auf Kotmenge, Kotqualität und Kot-pH-Wert. Bei der Faserquelle der Kontrollgruppe handelte es sich um Weizenkleie, eine häufig eingesetzte natürliche Faserquelle in kommerziellen Produkten. In der Versuchsration wurde ein Faserkonzentrat aus Lignocellulose eingesetzt, bei dem ein geringerer Effekt auf die Erhöhung der Kotmenge erwartet wurde. Der Kot der Hunde wurde dazu täglich quantitativ gesammelt, getrocknet sowie Qualität und pH-Wert ermittelt.

## II. Schrifttum

### 1. Faser

#### 1.1. Definition

Im wissenschaftlichen Sinne beschreibt der Begriff Faser die komplexe und wenig definierte Komponente der Nahrung pflanzlichen Ursprungs.

Im chemischen Sinne gehören Fasern bis auf das Lignin zu den Kohlenhydraten. Sie bestehen aus chemisch komplexen Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP), wohingegen Lignin ein komplexes Polymer aus Phenylpropaneinheiten ist und nicht zu den Kohlenhydraten gezählt wird (*Asp et al., 1988*). Die NSP können weiterhin funktionell in Strukturpolysaccharide (Cellulose, Hemicellulose, einige Pektine), Nicht-Strukturpolysaccharide (Zucker, Stärke, Pektine, gummiartige Stoffe, Schleimstoffe) sowie strukturelle Nichtpolysaccharide (Lignin) eingeteilt werden.

#### 1.2. Vorkommen und Zusammensetzung

Cellulose ist ein Gerüstpolysaccharid in Pflanzen und einigen Tierarten. Hemicellulose kommt in Pflanzenzellwänden und Pflanzenschleim vor. Sie ist ein Heteropolysaccharid aus Galacturonsäure, Arabinose, Xylose, Mannose und einigen anderen Zuckern. Pektine kommen in fast allen wachstumsfähigen Pflanzenteilen vor und sind hochmolekulare Polysaccharide. Sie bestehen überwiegend aus Galacturonsäure, Arabinose und Galaktose. Lignin wird überwiegend als das eigentliche Nichtpolysaccharid in Pflanzenzellwänden und als resistent gegenüber mikrobiellem Abbau betrachtet (*Van Soest & McQueen, 1973*). Die chemische Zusammensetzung von Pflanzenfasern kann durch den Reifegrad der Faser zum Erntezeitpunkt, die Menge des während der Reifung zur Verfügung stehenden Sonnenlichts oder die Temperatur beeinflusst werden (*Fahey et al., 1992*).

#### 1.3. Einteilung und Anwendung

Generell können Faserstoffe in zwei Klassen unterteilt werden: Lösliche, visköse und fermentierbare und unlösliche, nicht-visköse und nicht-fermentierbare Fasern (*Burkhalter et al., 2001*). Zu den löslichen Fasern gehören Pektine, Guar Gum, Inulin, Oligofructose und andere Schleim- und Gummistoffe. Zu den unlöslichen Fasern zählen Cellulose, Hemicellulose und Lignin.

Der Abbau von Faserstoffen erfolgt durch Mikroorganismen im Dickdarm oder bei Wiederkäuern im Vormagensystem. Der Grad der Fermentation hängt von der Faserquelle ab und ist innerhalb der Tierarten sehr unterschiedlichen.

Lösliche und gut fermentierbare Fasern werden in verschiedenen Teilen des Magen-Darm-Trakts zu Wasserstoff, Methan, Kohlenstoffdioxid und kurzkettige Fettsäuren abgebaut (*Fahey et al., 1990a; Bednar et al., 2000*). Die Abbauprodukte können einen positiven Einfluss auf das Wachstum und die Regeneration des Darmepithels haben (*Sunvold et al., 1995*) und dienen den Zellen als Energielieferanten (*Case & Case, 2000*). Lösliche Fasern (z. B. Oligofructose, Inulin) werden zudem häufig als Präbiotika eingesetzt, da ihre Fermentationsprodukte Substrate für die Darmflora darstellen.

Unlösliche Fasern sind gegenüber körpereigenen Enzymen nahezu unangreifbar und somit nicht oder nur gering fermentierbar (Kay, 1982; Lee & Prosky, 1995).

Sie werden unverdaut wieder ausgeschieden, besitzen jedoch einen positiven Einfluss auf die Magenentleerung, Kotqualität und Magen-Darm-Motilität (Bueno et al., 1981; Burkhalter et al., 2001). Durch erhöhte Wasserbindung im Kot steigt das Kotvolumen und unterstützt somit den Auslösemechanismus zum Entleeren (Bulking Effekt). Die Magen-Darm-Passage wird beschleunigt (Cole et al., 1999) und die Konzentration an fäkalen Gallensäuren durch das höhere Kotvolumen reduziert (Ta et al., 1999).

Die Behandlung von Faser, z.B. durch Konzentrieren der gewünschten Bestandteile, kann zu Änderungen in ihren chemischen oder physikalischen Eigenschaften führen. Folglich ist es entscheidend, ob eine Faser frisch und unbehandelt oder als Konzentrat eingesetzt wird (Eastwood et al., 1983).

## 2. Cellulose

Cellulose ist der Hauptbestandteil von pflanzlichen Zellwänden (Massenanteil 50%) und damit die häufigste organische Verbindung der Erde. Sie ist in Pflanzenzellwänden eng mit Hemicellulose und variablen Mengen von Lignin verknüpft (Van Soest & McQueen, 1973).

Sie ist ein unverzweigtes Polysaccharid, das aus mehreren hundert bis zehntausend  $\beta$ -Glucose-Molekülen ((1-4) $\beta$ -glykosidische Bindung) besteht. Sie wird in der Plasmamembran gebildet und vernetzt sich untereinander zu fibrillären Strukturen. Die räumliche Anordnung der Cellulosefibrillen wird durch die Mikrotubuli gesteuert.

Cellulose in Wasser und den meisten organischen Lösungsmitteln unlöslich und sehr widerstandsfähig gegenüber chemischen Reaktionen (Rinaudo, 1980).

Technisch wird Cellulose als so genannter Zellstoff aus Holz gewonnen und dient als Grundstoff in der Papierindustrie. In der Bekleidungsindustrie wird Cellulose als Regenerat-cellulosefaser (Viskose), Baumwollfaser und Leinen eingesetzt. Ein weiteres wichtiges Anwendungsfeld ist die Baustoffindustrie, wo Cellulosederivate wie Methylcellulose als Fließverbesserer eingesetzt werden (Klemm et al., 2005). Darüber hinaus wird Cellulose als diätetische Faserkomponente in der menschlichen und tierischen Ernährung angewendet.

Monogastrier besitzen kein Verdauungsenzym für Cellulose (Trowell, 1976; Bueno et al., 1981). Deshalb bildet sie zusammen mit Hemicellulose (kurzkettiger Cellulose), Pektin und Lignin den Hauptbestandteil der Ballaststoffe in Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft. Bei ihnen findet die Fermentation durch Mikroorganismen in unterschiedlichem Umfang postileal statt. Beim Hund ist Cellulose präcaecal unverdaulich, weist jedoch eine gewisse Gesamtverdaulichkeit (Möslinger, 1983) aufgrund gewisser mikrobieller Fermentation auf (Southgate & Durnin, 1970).

Wiederkäuer können Cellulose und andere Polysaccharide im Pansen verdauen. Sie sind im Gegensatz zu Monogastriern in der Lage  $\alpha$ -1,4 oder  $\alpha$ -1,6-Bindung durch die Pansenmikroorganismen aufzuschließen (Van Soest et al., 1991).

Cellulose kann in vielfältiger Art vorliegen, von mikrokristalliner bis zu langfaseriger Cellulose (Wichert et al., 2002). Ihre Verdaulichkeit und der Grad der Auswirkung auf den Magen-Darm-Trakt sind demnach unterschiedlich. Die Cellulosefraktionen in Weizenkleie sind

weniger verdaulich und weniger wertvoll für die Ernährung als die Cellulosebestandteile in Früchten und Gemüse (*Van Soest & McQueen, 1973*).

Allgemein hat Cellulose einen Einfluss auf die Verdauung und den Stoffwechsel bei Menschen und Tieren. Durch ihre hohe Wasserbindungskapazität bewirkt sie eine Volumenerhöhung des Chymus und die Colonmotilität wird gesteigert. Kotvolumen und Kotgewicht nehmen zu - der sogenannte „Bulking Effekt“ (*Diez et al., 1998*) tritt ein. Die Verdaulichkeit kann ebenfalls durch Cellulosegaben beeinflusst werden. Cellulosegaben senken die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz (oS), von Rohprotein (Rp), bestimmten Mineralstoffen und N-freien Extraktstoffen (NfE). Auf die Rohfett (Rfe)-Verdauung konnte überwiegend kein Einfluss festgestellt werden (*Castrillo et al., 2001; Schuster, 2003*).

*Kienzle et al. (2001)* beschreiben in einer Studie an acht adulten Hunden den Einfluss von Cellulosezugaben auf die scheinbare Verdaulichkeit der Energie. Der Rückgang der scheinbaren Energieverdaulichkeit war bei stärkereichen Rationen deutlicher als bei fettreichen. Die Auswertung anderer Studien bestätigte ebenfalls, dass Cellulose die scheinbare Energieverdaulichkeit in kohlenhydratreichen Rationen stärker beeinträchtigt als in weniger kohlenhydratreichen.

### 3. Weizenkleie

Weizenkleie ist ein Rückstand des ausgemahlene Weizenkorns und enthält Teile der äußeren Hülle des Weizengetreidekorns sowie unterschiedliche Anteile des Endosperms. Weizenkleie ist grobkörnig, korpuskulär, überwiegend unlöslich und besteht aus Cellulose, Hemicellulose und Lignin (*Brown et al., 1994*).

Unterschiedliche Studien belegen, dass Weizenkleie einen signifikanten Anstieg der ausgeschiedenen Kotmenge bei Mensch und Tier bewirkt (*Heller et al., 1980; Monro, 2002*). Sie ist relativ resistent gegenüber dem Abbau durch Mikroorganismen und behält ihre voluminöse zelluläre Struktur auch nach anhaltender Fermentation im Dickdarm. So stehen weiterhin Zwischenräume und Freiräume innerhalb der fermentationsresistenten Zellwände zur Wassereinlagerung zur Verfügung. Die Ingesta wird aufgelockert und es kommt schließlich zu einer höheren Kotausscheidung.

Die Partikelgröße hat einen Einfluss auf die Wasserbindungskapazität. Fein gemahlene Weizenkleie bindet weniger effektiv Wasser im Kot als grob gemahlene (*Wrick et al., 1983*), jedoch behält Weizenkleie auch nach Extrusion und der damit verbundenen Reduktion der Partikelgröße seine Eigenschaft als Bulking-Effektor.

### 4. Faseranalytik

Die Rohfaseranalytik geht zurück auf die Untersuchungen von Henneberg und Stohmann (1860) in Göttingen, die in den Vorgaben der Weender-Analyse Zellwandbestandteile als „Rohfaser“ erfassten. In der aktuellen Fassung nach *Naumann & Bassler (2004)* ist die Rohfaser der in 1,25 molarer Schwefelsäure und Natronlauge unlösliche Rückstand.

**Tab. 1:** Der Grad der Erfassung verschiedener Nahrungsfaser nach unterschiedlichen Methoden bestimmt (nach *Opitz et al., 1998*)

	Weender Analyse	Detergenzfaser				Nicht-Stärke-Polysaccharide			
	CF	ADF	ADL	TF <sup>E</sup>	SF <sup>E</sup>	IF <sup>E</sup>	TF <sup>P</sup>	SF <sup>P</sup>	IF <sup>P</sup>
Lignin	H	H	H	H	N	H	H	N	H
Cellulose	H	H	N	H	N	H	H	N	H
Hemicellulose	H	N	N	P	N	P	H	N	H
Pektin	P	N	N	P	P	N	H	H	N
Schleim- und Gummistoffe	P	N	N	N	H	N	H	H	N

H = größter Anteil erfasst P = teilweise erfasst N = nicht erfasst

ADF = acid detergent fiber ADL = acid detergent lignin nach der Methode von *van Soest* (1963)

CF = crude fiber TF = total fiber SF = soluble fiber IF = insoluble fiber

<sup>E</sup> = nach der Methode von *Englyst und Cummings* (1988)

<sup>P</sup> = nach der Methode von *Prosky et al.* (1985)

## 5. Unterschiedliche Wirkung von Faserstoffen

### 5.1. Wasserbindungskapazität

Die Wasserbindungskapazität wird als ein Maß für den Einfluss von Faserstoffen auf die Kotmenge herangezogen. Die Menge an gebundenem Wasser hängt jedoch von Faserquelle, Art der Präparation und Messmethode der Wasserbindungskapazität ab (*Robertson & Eastwood, 1981a + 1981b*).

*Robertson & Eastwood* (1981a) gehen davon aus, dass die Wasserbindungskapazität einer Faser mehr auf ihre Struktur als auf ihre chemische Zusammensetzung zurückzuführen ist. Untersuchungen beim Menschen belegten, dass auch die Partikelgröße der Faserstoffe Einfluss auf die Wasserbindungskapazität und Passagezeit der Ingesta nimmt (*Wrick, 1983*). Mit zunehmender Partikelgröße kann eine ansteigende Wasserbindungskapazität beobachtet werden.

Lösliche Fasern haben eine hohe Wasserbindungskapazität, bewirken eine Gelbildung im Magen-Darm-Trakt und erhöhen dadurch die luminale Viskosität. Im Gegensatz dazu haben unlösliche Fasern eine geringere Wasserbindungskapazität (*Swanson et al., 2001*). Obwohl lösliche, fermentierbare Fasern eine höhere Wasserbindungskapazität besitzen als unlösliche, unfermentierbare Fasern, beeinflussen sie das Kotvolumen weniger stark. Generell wird durch den Fermentationsvorgang die Struktur einer Faser aufgehoben und damit größtenteils die Fähigkeit zur Wassereinlagerung. Nicht fermentierbare Fasern behalten bei der Darmpassage ihre Zellstruktur bei. Das Wasser bleibt gebunden, wird mit dem Kot ausgeschieden (*Burkhalter et al., 2001*) und erhöht dadurch das Kotvolumen. Aus diesem Grund beeinflussen Getreidefasern wie Weizenkleie die Kotmenge hinsichtlich der Kotvolumenzunahme stärker als Pflanzenfasern, obwohl sie im Vergleich zu Pflanzenfasern die Tendenz zu einer geringeren Wasserbindungskapazität besitzen (*Robertson & Eastwood, 1981a*).

Cellulose als weitgehend unlösliche und unfermentierbare Faser hat eine überdurchschnittliche Wasserbindung im Kot und wird daher gerne zur Verbesserung der Kotqualität eingesetzt (*Wichert et al., 2002*).

## 5.2. Fermentation

Faser, die durch körpereigene Enzyme nicht angreifbar ist, kann durch bakterielle Enzyme im Dickdarm oder im Pansen zu kurzkettigen Fettsäuren abgebaut werden.

Die Fermentierbarkeit der Faserstoffe ist sehr unterschiedlich, da die verschiedenen Fasern unterschiedliche Mengen an löslichen und unlöslichen Anteilen enthalten. Lösliche Fasern sind besser fermentierbar als unlösliche, da sie im wasserhaltigen Milieu des Dickdarms den Mikroorganismen besser zum Abbau zur Verfügung stehen. Der Grad der Fermentation ist aber nicht allein von der Aktivität der Mikrobepopulation im Dickdarm abhängig. Verschiedene Studien belegen eine Korrelation von Fermentationszeit und Produktion von kurzkettigen Fettsäuren (*Vickers et al., 2001*). Die Produktion der kurzkettigen Fettsäuren steigt bis zu dem Zeitpunkt an, an dem eine Anpassung der bakteriellen Mikroflora an die entsprechende Faser erreicht ist (*Sunvold et al., 1995b*). Dies bestätigt eine in-vitro-Untersuchung an Bakterienkulturen aus Hundekot durch *Sunvold et al.* (1995b). In einem Zeitraum von 6-24 h wurde ein 5facher Anstieg der Fermentationsrate beobachtet. Ein Maximum war nach 24 Stunden erreicht. Eine weitere in-vitro-Untersuchung an Stuhlproben von Menschen zeigte nach einer 48-stündigen Cellulose-Inkubation keine nennenswerte Produktion von kurzkettigen Fettsäuren. Nach 14 Tagen wurde die Cellulose jedoch anscheinend teilweise abgebaut, denn es wurde eine Produktion von kurzkettigen Fettsäuren verzeichnet (*Vince et al., 1990*).

Als Folge der Fermentation und dem Anstieg an kurzkettigen Fettsäuren kann eine Abnahme des Kot-pH-Werts beobachtet werden. Je weniger fermentierbar eine Faser ist, desto geringer sind die Auswirkungen auf den Kot-pH-Wert (*Bueno et al., 1981*).

Eine Behandlung von Faserstoffen durch Extrusion kann den Anteil an löslichen Faserkomponenten und damit den besser fermentierbaren Anteil erhöhen. Dieser Effekt bestätigt sich für Hemicellulose und verschiedene Arten von Kleie (*Burkhalter et al., 2001*).

## 5.3. Magenentleerung und Darmpassage

Frühe Untersuchungen zeigten, dass die Magenentleerungsrate und die Darmpassagezeit stark von der Konsistenz des Futters beeinflusst werden (*Ehrlein & Prove, 1982*).

Der Zusatz von verschiedenen Rohfasern verursacht verschiedene Veränderungen der postprandialen Motilität des Magen-Darm-Trakts und der Passagezeit (*Brown et al., 1994*).

Die Angaben in der Literatur zur Magenentleerung sind sehr unterschiedlich. *Ehrlein & Prove* (1982) fanden per Markermethode heraus, dass Flüssigkeiten den Magen schneller verlassen als feste Bestandteile. Feste Bestandteile müssen zuerst in ihrer Größe reduziert werden, bevor sie in das Duodenum gelangen. Diäten mit niedriger Viskositätseigenschaft verlassen den Magen deutlich schneller als hochvisköse Diäten. Cellulose, Hemicellulose und Lignin gehören zu den nicht-viskösen Anteilen der Pflanzenfasern, Pektine und Gummistoffe bilden die viskösen Anteile (*Fahey et al., 1990b*). Beim Einsatz von Guar als visköse Faser und beim Einsatz von Weizenkleie mit vergleichsweise großem Anteil an wenig fermentierbarer Cellulose konnte jedoch keine Beeinflussung der Magenentleerung

festgestellt werden (*Papasouliotis et al., 1993*). Nach *Brown et al. (1994)* hingegen wird die Magenentleerung durch Weizenkleie verzögert.

Die Ergebnisse zur Dünndarmpassagezeit sind ebenfalls widersprüchlich. Wenig Beeinträchtigung durch visköse und unlösliche Faser beobachteten *Bueno et al. (1981)*. *Brown et al. (1994)* hingegen postulierten eine Beschleunigung der Dünndarm-Passagezeit durch Cellulose- und Weizenkleiezugaben, wobei Cellulose deutlich wirksamer war.

Für die gesamte Darmassage konnte beim Einsatz von Rübenschnitzeln und Weizenfasern kein nennenswerter Einfluss festgestellt werden (*Fahey et al., 1990a + 1990b; Fahey et al., 1992*). *Burrows & Merritt (1983)* beobachteten bei der Fütterung von Cellulose eine Abnahme der Passagezeit. Die unterschiedliche Faserlänge von Cellulose zeigte keinen Einfluss (*Lewis et al., 1994*).

Wie die Ergebnisse der verschiedenen Studien verdeutlichen, können die einzelnen Abschnitte des Verdauungstrakts unterschiedlich durch Faser beeinflusst werden. Eine Verzögerung oder Beschleunigung in einem Teil sagt nicht zwingend etwas über die Gesamttransitzeit aus. So kann bei einer Verzögerung der Magenentleerung die Gesamttransitzeit verringert sein, wenn gleichzeitig die Darmassage beschleunigt wird.

#### 5.4. Kotmenge

Bei zahlreichen Untersuchungen besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Fasergehalt in einer Ration und der Menge an ausgeschiedenem Kot (*Burrows et al., 1982; Kienzle et al., 2001*). Die Kotmenge in faserhaltigen Diäten ist deutlich höher im Vergleich zu faserfreien (*Cole et al., 1999*), wobei besonders beim Einsatz weitgehend unfermentierbarer Fasern ein deutlicher Anstieg zu beobachten ist (Cellulose, ligninreicher Holzrohstoff) (*Burrows & Merritt, 1983*). Allerdings erfolgte auch bei der Verwendung fermentierbarer Faserstoffe ein signifikanter Anstieg der Kotmenge (*Flickinger, 2000*).

Nach Untersuchungen von *Diez et al. (1998)* ist die Erhöhung des Kotvolumens eng mit Faserquellen verbunden, die unlöslich und gering fermentierbar sind und eine gute Wasserbindungskapazität besitzen. Das Kotvolumen steigt, der Füllungsdruck im Verdauungskanal erhöht sich und fördert über Mechanorezeptoren die Peristaltik und Nahrungspassage („bulking effect of fibres“). Verschiedene Studien mit bestimmten Anteilen chemisch löslicher und unlöslicher Faserkomponenten als potentielle Faserlieferanten in Futterrationen für Hunde zeigten in Abhängigkeit eines zunehmenden Anteils unlöslicher Bestandteile eine Zunahme der Kotmenge sowohl absolut als auch beim Vergleich der ausgeschiedenen Trockensubstanzmengen (*Cole et al., 1999; Fahey et al., 1992; Bednar et al., 2000; Burkhalter et al., 2001*). Die abschleifende Wirkung auf das Magen-Darm-Epithel der nicht-fermentierbaren Fasern kann zusätzlich das Kotgewicht erhöhen (*Bueno, 2000*). Lösliche und gut fermentierbare Fasern bewirken im Gegensatz dazu eine geringere Steigung der ausgeschiedenen Kotmenge (*Slavin, 1987*).

In einem Fütterungsversuch an Hunden mit steigenden Cellulosemengen (7, 15 und 20% Rfa in der TS) konnten *Kienzle et al. (2001)* einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Cellulosegehalt in der Ration und der abgesetzten Kotmenge beobachten.

Weizenkleie hat ebenfalls einen deutlichen Einfluss auf die Höhe der ausgeschiedenen Kotmenge (*Muller-Lissner, 1988*). Beim Menschen führt schon eine täglich aufgenommene Menge von weniger als 20g Kleie zu einer signifikanten Erhöhung der Stuhlmenge (*Eastwood et al., 1983*). Bei Untersuchungen an Ratten stieg das Kotvolumen um das vier- bis fünffache an im Vergleich zu einer weizenkleiefreien Kontrolldiät (*Mongeau et al., 1995*).

Die Kotmenge stieg in dem Maße wie die Menge an zugesetzter Weizenkleie in der Ration anstieg (*Munakata et al., 1995*).

Letztlich basiert das Kot-Gewicht auf bakterieller Biomasse, unverdauter und unfermentierter Futterrückstände (inklusive der Faserkomponenten) und dem Wassergehalt der gesamten Kotmasse (*Monro, 2002*).

### 5.5. Kotqualität

Fermentierbare und nicht fermentierbare Faserstoffe beeinflussen die Kotqualität in unterschiedlicher Weise.

Lösliche und fermentierbare Fasern können zu einer unerwünschten Verschlechterung der Stuhlqualität führen (*Sunvold et al., 1995a; Silvio et al., 2000*). In einem Fütterungsversuch mit Hunden von *Schuster* (2003) war der Kot nach Guar-Zulagen von mäßiger, schleimiger Konsistenz. Nach Fütterung von hohen Pektinzulagen in einer Ration bei Hunden konnte im Vergleich zu einer cellulosehaltigen Ration eine ungeformte Kotqualität so wie ein häufigerer Kotabsatz beobachtet werden (*Silvio et al., 2000*).

In einer Studie von *Kienzle et al.* (2001) an acht adulten Hunden konnte bei einer Cellulosezulage von 7% in der Ration eine deutliche Verbesserung der Kotqualität von pastös zu fest beobachtet werden. Bei höheren Cellulosezulagen blieb der Kot geformt, war aber weniger fest.

Im Vergleich zu Weizenkleie führen Cellulosezusätze in einer Ration zu einer besseren Kotqualität. Der Kot-Wasser-Gehalt in der Cellulose-Ration ist etwas geringer als der Kot-Wasser-Gehalt bei Weizenkleiezusatz und führt dadurch zu einem wohlgeformteren Kot. Die Faserlänge der Cellulose hat ebenfalls einen Einfluss auf die Kotqualität. In Untersuchungen bei Hunden hatte mikrokristalline Cellulose kaum Auswirkung auf die Kotqualität wohingegen sich die Stuhlqualität mit steigender Faserlänge verbesserte (*Wichert et al., 2002; Schuster, 2003*).

Im Allgemeinen wird die Kotqualität mit der Fütterung von Faser in der Ration erheblich verbessert. Die Faser sollte jedoch nur moderat fermentierbar sein, da hochfermentierbare Fasern zu einer breiigen und inakzeptablen Kotqualität für den Besitzer und zu einem unerwünscht häufigeren Kotabsatz führen können (*Sunvold et al., 1995a; Silvio et al., 2000; Fekete et al., 2004*).

### 5.6. Kot-TS-Gehalt

Der Einfluss verschiedener Faserquellen auf den Kot-TS-Gehalt wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben.

*Fekete et al.* (2004) untersuchten den Einfluss verschiedener Fasern auf den Kot-TS-Gehalt bei Katzen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass gering fermentierbare Fasern den Kot-TS-Gehalt erhöhen und hoch fermentierbare Faser zu einer Verringerung des Kot-TS-Gehalts führen. Andere Studien postulierten ebenfalls einen Anstieg des Kot-TS-Gehalts und geringere Kot-Wasser-Gehalte beim Einsatz von überwiegend unfermentierbarer Faser (*Drochner, 1977a; Nijboer et al., 2001*).

Fermentierbare Fasern bewirken eine Absenkung des Kot-TS-Gehalts. *Fahey et al.* (1990b), die den Einsatz von Rübenschnitzeln als Rationszulage bei Hunden im Vergleich zu einer Kontrolldiät untersuchten, konnten eine Verringerung des Kot-TS-Gehalts von 40,5 auf 30,3% feststellen. Der Vergleich von Cellulose mit den Fasern Guar und Pektin zeigte TS-Gehalte von 37,9% für Cellulose, 29,5% für Pektin und 25,9% für Guar (*Zentek, 1996*).

*Kienzle et al.*, (2001) postulieren eine signifikante Korrelation zwischen dem Rohfasergehalt in einer Ration und der Kottrockensubstanz sowie dem Kot-Wasser-Gehalt. Je höher die Cellulosezulagen in einer Ration verfüttert an Hunde waren, desto höher war der Kot-TS-Gehalt ( $y = g \text{ Kot pro kg KM}; x = \text{Rfa in \% der TS}$ ):

$$y = 5,87 + 0,63 * x$$

*Wichert et al.* (2002) stellten einen Einfluss der Faserlänge auf den Kot-TS-Gehalt fest. Der Zusatz von Cellulose zu einer Ration bei Hunden führte zu einem Anstieg des Kot-TS-Gehalts im Vergleich zu einer cellulosefreien Basaldiät, dieser Effekt war bei Einsatz langfaseriger Cellulose nicht feststellbar. Ab einer Faserlänge von 300µm bestand kein Unterschied mehr zwischen der cellulosesupplementierten Ration und der Basaldiät. *Lewis et al.* (1994) hingegen konnten unabhängig von der Faserlänge einer eingesetzten Cellulose einen signifikanten Anstieg des Kot-TS-Gehalts zeigen.

### 5.7. Futteraufnahme

Hunde sind sehr tolerant gegenüber rohfaserreicher Fütterung. *Fahey et al.* (1990a) postulierten bei Untersuchungen an 30 weiblichen Englischen Settern, dass bis zu Rohfasergehalten (Rübenschnitzel) von 7,5% in der TS keinerlei Akzeptanzprobleme auftraten. *Dobenecker & Kienzle* (1998) untersuchten die Beeinflussung der Futteraufnahme und damit Energieaufnahme durch steigende Rohfaserkonzentration bis zu der höchsten Konzentration von 41,8% in der TS bei insgesamt acht Beagles durch Fütterung von drei Diäten mit unterschiedlichem Rohfettgehalt. Sie stellten fest, dass bei Diäten mit höherem Fettgehalt ein höherer Faseranteil toleriert wird. Wurde nach der faserreichen Ration ein faserfreies Mahl angeboten, konnte bei allen Hunden eine zusätzliche TS-Aufnahme beobachtet werden. Die Energieaufnahme lag damit bei etwa dem Doppelten des Bedarfs. Ein limitierender Effekt auf die TS-Aufnahme hinsichtlich eines Fülleffektes der faserreichen Ration war nicht zu beobachten. Das Limit in der TS-Aufnahme bei den faserreichen Rationen lag eindeutig an der geringeren Akzeptanz der faserreichen Ration. In einer ähnlich angelegten Studie untersuchten *Prola et al.* (2006) den Einfluss von steigenden Cellulosezusätzen in einem herkömmlichen Katzenfutter an sechs adulten Katzen. Die Cellulose wurde in Konzentrationen von 2, 4 und 6% zugesetzt. Die Trockensubstanzaufnahme blieb bei allen Rationen, einschließlich der cellulosefreien Basaldiät, gleich. Die Energieaufnahme verringerte sich jedoch, da mit steigenden Cellulosezusätzen geringere Energiedichten in den Rationen vorlagen. Wurde nach Fütterung des cellulosesupplementierten Futters eine cellulosefreie Ration angeboten, nahmen alle Katzen eine zusätzliche Menge über ihren TS- und Energiebedarf hinaus an Futter auf. Die zusätzliche Energieaufnahme war mit 25% über dem Bedarf jedoch weitaus geringer als bei den Hunden aus der Studie von *Dobenecker & Kienzle* (1998). Folglich scheint die Magenfüllung durch rohfaserreiches Futter die Futteraufnahme bei Katzen stärker zu limitieren als bei Hunden, was in gutem Einklang mit den physiologischen Gegebenheiten bei beiden Spezies steht.

## 6. Einfluss von Faser auf die Nährstoffverdaulichkeit

### 6.1. Protein

Die Verdaulichkeit der Proteine ist von der Herkunft des Eiweißes und der Zusammensetzung der Ration abhängig (Lewis et al. 1994; Zentek, 1996; Diez et al., 1997; Burkhalter et al., 2001; Castrillo et al., 2001).

Bei Protein tierischer Herkunft wurden scheinbare Verdaulichkeiten im Bereich von 86,3 - 97,9% erreicht (Diez et al., 1997; Hill et al., 2001) Bei der Fütterung einer Ration mit überwiegendem Anteil von Eiweiß aus Milch- und Eiprodukten wurden ähnliche Proteinverdaulichkeiten (83,5 und 94,5%) wie mit Fleischprotein erreicht (Riklin, 1973; Meyer et al., 1989b). Bei Eiweiß überwiegend pflanzlicher Herkunft (Sojaproteinisolat, Sojaextraktionsschrot, Kleberproteine aus Weizen, Mais und Kartoffel) variierten die Verdaulichkeiten stärker zwischen 71,3 und 93,1% (Meyer et al., 1989b). Der Kohlenhydratgehalt in der Ration hatte einen deutlichen Einfluss auf die Proteinverdauung (Kienzle et al., 2001). Rohe Stärke verringerte im Vergleich zu aufgeschlossener Stärke die Proteinverdaulichkeit einer Ration deutlich.

Eine Zulage von Faser unabhängig ihres Fermentierverhaltens zeigte ebenfalls einen Einfluß auf die Proteinverdaulichkeit. Bei der Verwendung von Holzschliff beobachtete Riklin (1973) (62,8% Rfa in der TS) in Verdauungsversuchen mit Hunden eine Steigerung der scheinbaren Verdaulichkeit des Rohproteins von 79 auf 85,2% bei einem Rfa-Gehalt in der Ration von 10,2%.

In Fütterungsstudien mit Beagles lag die scheinbare Proteinverdaulichkeit mit Cellulosezulagen bei 73,3 - 73,9% (Lewis et al., 1994).

Diez et al. (1997) beobachteten bei einer deutlich geringeren Cellulose- Supplementierung von 3,5% Rohfaser aus Cellulose eine Senkung der Proteinverdaulichkeit von 91,7 auf 89,6% Mit Cellulose-Zulagen unterschiedlicher Höhe arbeiteten Kienzle et al. (2001). Sie untersuchten den Einfluss der Cellulose (7, 15 und 20% Rohfaser aus Cellulose) auf verschiedene Rationen. Je nach Ration erzielten sie Proteinverdaulichkeiten von 95,1 bis 98,1% ohne Faser-Zulage, mit 7% Cellulose Werte von 94,6 - 97,9, mit 15% 93,2 - 97,8% und mit 20% Rohfaser aus Cellulose Werte in Höhe von 93,8 - 98,3%.

### 6.2. Fett

Die Verdaulichkeit der Fette ist zum einen von ihrem Anteil an der Ration und deren Zusammensetzung und der Qualität des Fettes abhängig (Riklin, 1973; Drochner, 1977a; Koch-Erhorn, 1987; Burkhalter et al. 2001; Kienzle et al. 2001). Rationen mit weicheren Fetten (Fettsäuremuster ungesättigt: gesättigt > 1) erreichten bessere Fettverdaulichkeiten als Rationen mit härteren Fetten (Freudenthal, 1990).

In der Literatur findet man widersprüchliche Angaben über den Einfluss von Rohfaser auf die Fettverdaulichkeit. Einige Autoren postulieren eine Senkung der Fettverdaulichkeit durch Rohfaserzusätze (Meyer & Schünemann, 1989; Cole et al., 1999), andere konnten keine Effekt auf die Fettverdaulichkeit feststellen (Sunvold et al., 1995). Auch bei Untersuchungen von Fahey et al. (1992), die Rübenschnitzel und Faser aus Hafer auf ihre Eignung als Diät-komponenten bei Hunden testeten, ließ sich kein Einfluss auf die Fettverdaulichkeit feststellen.

*Burkhalter et al.* (2001) untersuchten das wechselnde Verhältnisses zwischen unlöslicher und löslicher Fasern und stellten keinen Einfluss auf die Gesamtverdaulichkeit des Rohfetts fest. Gegenüber der Kontrolldiät ohne Faserzusatz lagen die Verdaulichkeiten jedoch niedriger.

*Kienzle et al.* (2001) konnten bei steigenden Rohfaserzulagen in drei unterschiedlichen Rationen (7, 15 und 20% Rohfaser aus Cellulose) ebenfalls nur einen geringen Einfluss auf die Fettverdaulichkeit feststellen. Der Effekt war abhängig von der Zusammensetzung der Ration. Bei der fettreichen Ration gab es keinen Effekt, bei der Ration mit roher Stärke ebenfalls nicht. Bei der Ration mit gekochter Stärke ging die Fettverdaulichkeit von 95,1% (Grundration) auf 93,8% (maximale Zulage von Cellulose) zurück.

### 6.3. NfE

Zu den NfE gehören Zucker aller Art wie Stärke, Glycogen und Inulin, aber auch lösliche Anteile von Cellulose werden in der NfE-Fraktion mitefassen.

Aufgeschlossene Stärke führt in Futterrationen für Hunde zu hohen NfE-Verdaulichkeiten (82-100%) (*Riklin, 1973; Möslinger, 1983*). Der Aufschlussgrad der Stärke entscheidet über deren praecaecale Verdaulichkeit. Für rohe Stärke wurden praecaecale Verdaulichkeiten zwischen 62,2 und 80,5% gemessen (*Schünemann et al., 1989; Hill et al., 2001*). Aufgeschlossene Stärke ist praecaecal laut Angaben aus der Literatur mit Werten zwischen 93 und fast 100% sV hoch verdaulich (*Flickinger et al., 2000, Kienzle et al., 2001*).

Die Gesamtverdaulichkeiten lagen sowohl bei roher wie auch aufgeschlossener Stärke bei nahezu 100% (*Kienzle et al., 2001*) woraus zu schließen ist, dass die Stärkefraktion, die im Dünndarm nicht abgebaut wurde, fast vollständig im Dickdarm bakteriell fermentiert wurde.

Einen negativen Einfluss des Rohfasergehalts auf die scheinbare Verdaulichkeit der Kohlenhydrate beobachtete *Koch-Erhorn* (1987) bei der Prüfung schwerverdaulicher Futtermittel auf ihre Eignung als Komponenten in Adipositasdiäten.

*Kienzle et al.* (2001) konnten ebenfalls ab einem Faserzusatz von 15% (13,2 – 15% Rfa/TS) eine signifikante Abnahme der NfE-Verdaulichkeit von 93,9% auf 90,5% bzw. 87,2% (gekochte bzw. rohe Stärke) in Fütterungsversuchen mit unterschiedlich großen Zulagen an Cellulose beobachten.

Mit Pektin wurde eine signifikante Reduktion der sV der NfE bis auf 67,6% erzielt (*Lewis et al., 1984*).

### 6.4. Rohfaser

In diese Gruppe zählen all jene Kohlenhydrate, die nicht im Dünndarm enzymatisch abgebaut werden (Cellulose, Hemicellulose, Lignin). Obwohl Rohfaser zum größten Teil unverdaulich ist, kann sie im Dickdarm einem mehr oder weniger starken Fermentationsprozess unterliegen. Je nach dem Grad der Gärung können entsprechende scheinbare Verdaulichkeiten beobachtet werden.

*Möslinger* (1983) und *Zentek* (1996) ermittelten Werte von 42,4 - 45,5% für die Verdaulichkeit von Cellulose. *Burrows et al.* (1982) und *Sunvold et al.* (1995) hingegen konnten beim Einsatz von Cellulose geringere Rohfaserverdaulichkeiten zwischen 4,8 – 11% feststellen.

Im Vergleich zweier Cellulosen unterschiedlicher Faserlänge (20 und 120  $\mu\text{m}$ ) ermittelte *Lewis et al.* (1994) Werte, die von 1,9% bis in den negativen Bereich gingen.

*Sunvold et al.* (1995) untersuchten die Faserverdaulichkeit in Studien mit verschiedenen Faserzulagen (Cellulose, Rübenschnitzel, Citrusschnitzel) und verschiedene Mischungen mit unterschiedlichen Anteilen an kaum bzw. stark gärfähigen Faserstoffen. Mit Cellulose wurden Faserverdaulichkeiten um 11% erreicht, bei den Rübenschnitzeln lag die Faserverdaulichkeit bei 29%. Mit dem Einsatz stärker fermentierbarer Fasern wie Citrusschnitzeln, Gum Arabicum, Guar Gum und weiteren gummiartigen Stoffen stieg die Faserverdaulichkeit auf 60,8%.

### 6.5. Organische Substanz

Zu dieser Fraktion zählen Rohfett, Rohprotein, NfE und Rohfaser. Die Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe sind von verschiedenen Faktoren wie u.a. Herkunft und Anteil sowie Zusammensetzung der Ration abhängig (s. Kap. 6.1., 6.2., 6.3., 6.4.).

*Silvio et al.* (2000) fanden in Fütterungsversuchen mit steigenden Pektingehalten in der Ration (a. 100% Cellulose, b. 66% Cellulose und 33% Pektin, c. 66% Pektin und 33% Cellulose) bei Hunden heraus, dass die Verdaulichkeit einer Ration ansteigt, je höher die Zulage an fermentierbarer Faser ist.

*Meyer et al.* (1981) ermittelten in Abhängigkeit des Rohfasergehalts ( $x$ ; %TS) eine Regression für die Verdaulichkeit der organischen Substanz ( $y$ ; %):

$$y = 94,9 - 2,7 x$$

*Opitz* (1996) überarbeitete diese Schätzung und stellte fest, dass dabei die scheinbare Verdaulichkeit der oS v.a. für faserreiche Futtermittel zu niedrig beurteilt wurde. Sie konnte für die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz in Abhängigkeit des ADF- und ADL-Gehalts eine ähnliche, signifikante Beziehung ermitteln.

$$y = 95,03 - 3,98 x \quad y = \text{sV oS}; x = \text{ADF (\%TS)}$$

$$y = 92,18 - 14,88 x \quad y = \text{sV oS}; x = \text{ADL (\%TS)}$$

*Earle et al.* (1998) untersuchten in einer Studie den Einfluss von Faser auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz. Sie fanden heraus, dass der Fasergehalt negativ mit der scheinbaren Verdaulichkeit der oS korreliert. Sie berücksichtigten in ihren Studien nicht allein den Rohfasergehalt sondern den Gesamtfasergehalt einschließlich der NSP-Gehalts in der TS.

Der Einfluss der Faserfraktionen nach *Englyst & Cummings* (1988) zeigte ebenfalls eine sehr straffe Beziehung zwischen dem Gesamtfasergehalt und dem Gehalt an unlöslicher Faser zur Verdaulichkeit der organischen Substanz, wohingegen die lösliche Faser keinen bedeutenden Effekt aufwies (*Opitz, 1996*):

$$y = 91,86 - 1,47 x \quad y = \text{sV oS}$$

$$x = \text{Gehalt an unlöslicher Faser (\%TS)}$$

## 7. Bezoare

Das Wort Bezoar ist ursprünglich eine Übersetzung des arabischen Wortes „badzehr“ oder des türkischen Wortes „panzehr“ und bedeutet Antidot (Gegenmittel). Bezoare wurden bis ins 18. Jahrhundert für eine Vielzahl von Krankheiten verantwortlich gemacht, aber auch als ein Mysterium verehrt, als Bestattungsbeigaben benutzt und in Schmuckstücke eingearbeitet (*Zamir et al., 2004*).

Heutzutage steht der Begriff Bezoar für abgeschlucktes Material verschiedenster Art, das sich aus unterschiedlichen Gründen im Magen zu Konkrement zusammenlagert.

Bezoare werden in vier Kategorien unterteilt: Bezoare aus Pflanzenfasern (Phytobezoare), aus Haaren (Trichobezoare), aus Milch (Lactobezoar) und aus verschiedenem Material (Miscellaneous) (*Memon et al., 2003*).

Fremdkörper im Magen von Menschen und Tieren sind für gewöhnlich ein selbst limitierendes Problem, da bei Individuen mit normaler Magenfunktion mehr als 90% ohne Symptome wieder ausgeschieden werden. Eine Prädisposition zur Entstehung von Bezoaren besteht bei veränderter Magenanatomie oder -physiologie oder bei fortlaufendem Abschlucken von Fremdmaterial (*Lee, 1996; Coulter et al., 2005*).

### 7.1. Phytobezoar

Phytobezoare sind die häufigste Art von Bezoaren, die bei Menschen und Tieren zu finden sind. Es sind Konkremente aus abgeschluckter und unverdauter Nahrung und faserigem Material, die überwiegend im Magen, aber auch in allen anderen Arealen des Magen-Darm-Trakts vorkommen (*Lynch et al., 2003*). Phytobezoare beim Menschen werden in der Literatur oft mit der Aufnahme bestimmter Früchte wie Kaki und Orange assoziiert. Daher kann eine saisonale Häufung und ein vermehrtes Vorkommen von Phytobezoaren in Gebieten, in denen diese Früchte reichlich verzehrt werden (Israel), auftreten (*Zamir et al., 2004*). Phytobezoare entstehen überwiegend aus unverdauten Fasern verschiedenster Art und werden in Zusammenhang mit eingeschränkter Magen-Darm-Motilität oder anderen physiologisch (diabetischer Gastroparese) oder anatomisch abnormalen Magen-Darm-Funktionen beschrieben sowie nach Magenoperationen (Vagotomie) (*Barrs et al., 1999; Coulter et al., 2005*).

### 7.2. Trichobezoar

#### 7.2.1. Entstehung

Trichobezoare entstehen sowohl beim Menschen als auch beim Tier durch vermehrte Haaraufnahme in den Magen-Darm-Trakt. Die Haare bilden Konkremente unterschiedlicher Größe und können vom Körper nicht mehr aus eigener Kraft eliminiert werden.

#### 7.2.2. Ursachen

Beim Menschen entstehen Trichobezoare infolge von Trichotillomanie und Trichophagie. Bei Tieren kommen ebenfalls psychische Ursachen wie nicht-artgerechte Haltung und Langeweile in Betracht, aber auch Hauterkrankungen (Räude, Pedikulose, Flöhe), die zu Juckreiz und exzessivem Belecken und damit zu vermehrter Aufnahme von Haaren führen sind häufig ein Auslöser. Prädisponierend sind langes Fell, Darmentzündungen oder auch anderweitige Motilitätsdysfunktionen (*Barrs et al., 1999; Abutarbush & Radostits, 2004*).

Faktoren, die zu einer verminderten Magen-Darm-Motilität durch Aktivierung des sympathischen Systems führen können sind Schmerz, Stress, Hypokaliämie, Urämie, Gastritis und anti-cholinerge Medikamente (*Twedt, 1994*).

### 7.2.3. Klinik

Trichobezoare können symptomlos oder mit einer unterschiedlichen Anzahl von klinischen Anzeichen als Begleiterscheinungen auftreten, je nachdem, ob es sich um partielle oder vollständige, einen Teil des Dün- oder Dickdarms umfassend und um abschnürende oder nicht-abschnürende Verschlüsse handelt.

Als klinische Symptome werden unklarer abdominaler Schmerz, Unwohlsein, Übelkeit, Erbrechen, Mattigkeit, Appetitlosigkeit, Gewichtsverlust, Haarauscheidung mit dem Kot, intermittierende Kolik und Alopezie beschrieben (*Gockel et al., 2003; Coulter et al., 2005*). Komplikationen im Zusammenhang mit Trichobezoaren sind Ulzerationen, Blutungen, Verstopfung, Perforation, Anämie, Peritonitis und Invagination (*Cavusoglu et al., 1990; Dalshaug et al., 1999; Schweizer et al., 2005*). Darüber hinaus können durch exzessives Ausreißen von Haaren (bzw. Fell) Infektionen der Haut, Störungen des Nachwachsens der Haare und Veränderungen der Haare in Farbe und Beschaffenheit verursacht werden.

### 7.2.4. Diagnostik

Bei Verdacht auf einen Trichobezoar stehen verschiedene Diagnosemittel zur Verfügung. Im Röntgenbild präsentieren sich Trichobezoare häufig als charakteristische abdominale Masse. Unterstützend bei der Darstellung im Röntgen kann die Gabe von Bariumsulfat wirken. Ultraschalluntersuchung ist hilfreich, kann aber durch vermehrte Gasansammlung im Magen-Darm-Trakt gestört sein (*Barrs et al., 1999*). Sehr gute Ergebnisse werden mit der Computertomographie und dem Endoskop erzielt.

### 7.2.5. Therapie

Kleine Bezoare können mit nicht-chirurgischen Methoden behandelt werden, große Bezoare erfordern gewöhnlich eine operative Entfernung (*Baskonus et al., 2002*). Endoskopische Entfernung von Trichobezoaren ist in frühen Stadien möglich (*Bouwer & Stein, 1998*).

Trichobezoare sind im Allgemeinen resistent gegenüber enzymatischem Abbau (*Hoover et al., 2006*), trotzdem kann ein Abbau mit proteolytischen Enzymen wie Papain oder Cellulas versucht werden (*Cavusoglu et al., 1990*). Neuste Untersuchungen beim Menschen berichten über Magenspülungen mit Coca Cola (*Wai et al., 2005*), Behandlungen mit Lasertherapie, Acetylsteinen und Ernährung mit Flüssignahrung (*Zamir et al., 2004; Coulter et al., 2005*). Bei Motilitätsstörungen kann eine Therapie mit motilitätssteigernden Medikamenten wie Metoclopramiden und Cisapriden indiziert sein (*Crystal, 1998*).

## **8. Trichobezoare beim Menschen**

Trichobezoare beim Menschen sind weitaus seltener als Phytobezoare. Sie finden sich überwiegend bei Kindern und jungen Frauen, die unter psychischen Störungen leiden (*Coulter et al., 2005; Jensen et al., 2005; Larsson et al., 2004*). Sie werden am häufigsten im Magen, aber auch im Duodenum, Ileum, Jejunum, Colon und im Meckelschen Divertikulum gefunden (*Bouwer & Stein, 1998*).

Neuere Studien belegen, dass Trichobezoare extrem selten in der klinischen Praxis auftreten. Trichotillomanie und Trichophagie tritt bei weniger als 0,3% der Bevölkerung auf und nur 1% dieser Individuen müssen chirurgisch aufgrund von Trichobezoaren behandelt werden (*Hoover et al., 2006*).

Bei Erwachsenen wird von einer Sterbewahrscheinlichkeit von bis zu 30% berichtet (*Lynch et al., 2003*).

### 8.1. Trichotillomanie und Trichophagie

Der Begriff Trichotillomanie wurde im späten 19. Jahrhundert ins Leben gerufen, um das periodisch auftretende Ausreißen des eigenen Haars zu beschreiben. Die Krankheit wurde formal im Jahre 1987 durch die "American Psychiatric Association" anerkannt.

Heutige Diagnosekriterien für Trichotillomanie beinhalten verschiedene zusätzliche Merkmale wie klinisch signifikantes Leiden oder Beeinträchtigung. Sie wird gegenwärtig als impulsive Kontroll-Funktionsstörung klassifiziert bzw. als obsessive Zwangsstörung. Trichotillomanie betrifft weitaus mehr Frauen als Männer. Oft wird sie als ungewöhnliche harmlose Störung betrachtet und in der Tat ist bei vielen Kindern das Symptom des Haarausreißen bis zur klinischen Relevanz schon wieder verschwunden. Allerdings mehren sich die Anzeichen dafür, dass Trichotillomanie weiter verbreitet ist als angenommen (klinisch Signifikanz variiert von 1 bis 4%) und häufig mit anderen psychischen und physischen Leiden zusammen auftritt.

In der Literatur gibt es zahlreiche Quellen über die Trichotillomanie und Trichophagie beim Menschen, die ein behandlungsbedürftiges psychisches Leiden darstellen und überwiegend bei jungen Frauen auftreten (*Cavusoglu et al., 1990*).

*Bhatia et al.* (1991) untersuchten über einen Zeitraum von zwei Jahren 24 Fälle von Trichotillomanie. Mädchen übertrafen mit fast 67% die Jungen deutlich. Die Mehrheit der Patienten in dieser Studie stammte aus der Altersgruppe 6-10 Jahre. Fingernägelkauen und Bettnässen waren die häufigsten Begleiterscheinungen. In 33% der Fälle war bei einem Elternteil ebenfalls eine Neurose diagnostiziert worden. Ein Viertel der Patienten litt unter Trichobezoaren.

Trichophagie und die Bildung von Trichobezoaren als Folgeerscheinung wurde kurioserweise ein Jahrhundert vor der Trichotillomanie beschrieben. Die Betroffenen nehmen nicht nur ihre eigenen Haare zu sich, sondern auch Haare anderer Personen, von Tieren, Teppichen oder andere Fasern (*Gockel et al., 2003*).

In den meisten Fällen von Trichobezoaren beim Menschen muß eine chirurgische Entfernung erfolgen. Psychiatrische Betreuung zur Behandlung des Grundleidens ist essentiell, um die Gefahr von Rezidiven zu verringern (*Pul & Pul, 1996*).

### 8.2. Das "Rapunzel Syndrom"

Der Begriff "Rapunzel Syndrom" wurde durch die extrem selten auftretenden Trichobezoare geprägt die sich "zopfartig" bis in den Dünndarm oder im Extremfall bis in das Colon ausdehnen (*Bouwer & Stein, 1998; Dalshaug et al., 1999; Gockel et al., 2003; Coulter et al., 2005*). Der erste Fall wurde im Jahr 1968 in der Literatur beschrieben (*Vaughan et al., 1968*) bis zum Jahr 2003 kamen dreizehn Fallberichte dazu (*Memon et al., 2003*).

## 9. Trichobezoare beim Tier

Trichobezoare treten beim Tier bei verschiedenen Spezies aus unterschiedlichsten Gründen auf. Bei Katzen und Kaninchen bilden sich immer wieder Haarkonglomerate im Magen-Darm-Trakt durch die reguläre Fellpflege. Aber auch bei Pferden, Kälbern und anderen Tierarten findet man Trichobezoare.

In Gefangenschaft gehaltene Primaten wie Paviane, Schimpansen und Tamarine sind anfällig für Trichophagie und Trichobezoare (*Gozalo et al., 1990; Bouwer & Stein, 1998*). Schon 1987 beschrieben *Butler & Haines* den Fall eines Trichobezoars im Magen eines Pavians. Synonym ist das Federrupfen bei Vögeln zu betrachten.

### 9.1. Trichobezoare beim Rind

Trichobezoare im Pansen von Kühen werden in der Literatur beschrieben (*Cockrill et al., 1978*), jedoch sind sie weitaus häufiger bei Kälbern. Die meisten Trichobezoare bei erwachsenen Kühen werden erst als zufälliger Befund postmortem entdeckt, obwohl Tod durch Pansentympanie in Fleischkälbern mit Trichobezoaren assoziiert wird. Die Trichobezoare können durch Regurgitation in den Oesophagus gelangen und zu Verstopfungen der Speiseröhre führen. In einem Fall wurde berichtet, dass die Kuh in der Lage war, den Trichobezoar auszuhusten (*Schweizer et al., 2005*).

Kälber neigen bei nicht artgerechter Haltung zu exzessivem Belecken von Nachbartieren oder sich selbst. *Abutarbush & Radostits (2004)* berichteten von einer Dünndarmobstruktion bei zwei Kälbern durch Haarkonglomerate. Die vermehrt abgeleckten Haare lagern sich durch Bewegung im Rumen und Abomasum zu kugelförmigen oder ovalen Konglomeraten zusammen. In den meisten Fällen verursachen diese Haarkonglomerate keine Probleme und werden häufig erst bei der Schlachtung entdeckt, da sie bis zu einer bestimmten Größe klinisch nicht signifikant sind. Nur selten verursachen sie Obstruktionen oder Erstickungsanfälle durch Regurgitation des Futters.

Darmverschlingung, Drehung der Gekrösewurzel, Mageninvagination und Darmatresie können ähnliche klinische Erscheinungsbilder wie Trichobezoare hervorrufen. Bei Kälbern besteht das Problem, dass eine rektale Untersuchung aufgrund der Größe nicht möglich ist und damit eine wichtige Diagnosemöglichkeit entfällt. Bei Abmagerung, fehlendem Kotabsatz für mehr als 24 Std., Unterleibsschmerzen oder -spannung, ungewöhnlichen Darmgeräuschen, veränderter Peritonealflüssigkeit und der Unwirksamkeit von Infusionstherapien sollte das Vorliegen eines Trichobezoars in Betracht gezogen werden.

### 9.2. Trichobezoare beim Kaninchen

Beim Kaninchen treten Trichobezoare im Vergleich zu anderen Tierarten sehr häufig auf. Bei der künstlicher Erzeugung von Bezoaren durch eine Latexmasse im Magen von 14 Kaninchen überlebten 12 Stück die sechs Monate später erfolgte operative Entfernung, bei der bei 8 Tieren neben den Latexbezoaren ebenfalls Trichobezoare gefunden wurden. Zwei Kaninchen verstarben an postoperativen respiratorischen Komplikationen, alle anderen erholten sich vollständig. Einen Monat nach der Operation wurden 10 Kaninchen geschlachtet. Bei 5 Tieren wurden Trichobezoare gefunden, obwohl sie sich post-OP völlig symptomlos gezeigt hatten. Dies deckt sich mit einer Datenerhebung, in der bei 23,1% von 208 getöteten gesunden Kaninchen Trichobezoare vorgefunden wurden (*Leary et al., 1984*) sowie einer Studie von *Lee et al. (1978)*, die veranschaulicht, dass Trichobezoare bei

Kaninchen wahrscheinlich weit häufiger vorkommen als bisher angenommen, da sie oft symptomlos auftreten. Es wird aber auch von spontanem Tod durch Magenruptur und anschließende Peritonitis berichtet (*Wagner et al., 1974; Williams, 1975*).

Bei Kaninchen entstehen Trichobezoare gewöhnlich im Magen durch Abfall der Magenmotilität infolge von Stress oder Hungerphasen sowie bei Schmerz, Langeweile, unnatürlichem gesteigerten Putzverhalten, vermehrtem Haarausfall und einem Mangel an diätetischer Faser. Darüber hinaus neigen Kaninchen zur Bildung von Trichobezoaren, da sie nicht Regurgitieren können und somit eine Möglichkeit zur Trichobezoar-Ausscheidung fehlt (*Gillett et al., 1983*). Im Dünndarm entstehen sie ideopathisch oder als Folge von medikamentellen Behandlungsversuchen von Trichobezoaren im Magen (*Sebesteny, 1977*).

### 9.3. Trichobezoare bei der Katze

Die Bildung von Trichobezoaren bei Katzen wird üblicherweise als eine Folgeerscheinung von routinemäßiger Fellpflege betrachtet (*Barrs et al., 1999*). Einzelne Haare können durch peristaltische Kontraktionen nicht ausgeschieden werden, bleiben an der Schleimhaut haften und können zu Konglomeraten aus solider Masse im Magen oder Verdauungstrakt anwachsen. Normalerweise können Katzen dieses Problem durch Auswürgen der Trichobezoare vermeiden (*Wilkinson, 1984*), gelegentlich können die Trichobezoare jedoch auf ein lebensbedrohliches Ausmaß anwachsen (*Dann et al., 2004*). Aufnahme von Gras kann hilfreich beim Erbrechen der Trichobezoaren sein. Besonders reinen Wohnungskatzen, die keine Möglichkeit der Faseraufnahme bei Freigängen haben, sollte stets Katzengras ad libitum zur Verfügung stehen (*Barrs et al., 1999; Dann et al., 2004*). Beobachtungen in der Katzenhaltung am Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik der Ludwig Maximilians Universität München belegen die Aufnahme von langfaserigen Blättern oder Gras durch die Katzen, um Erbrechen herbeizuführen. Sehr häufig werden jedoch nur kleine Haarknäule mit etwas Magensaft erbrochen, was vermuten lässt, dass alleiniges Erbrechen in einigen Fällen nicht ausreicht, um die Entstehung von Trichobezoaren zu verhindern. Durch wiederholtes Auswürgen kann es jedoch auch zu Verstopfungen der Speiseröhre oder zu Verstopfungen verschiedenster Areale im Magen-Darm-Trakt kommen (*Van Stee et al., 1980*). Die Folgen sind Kotabsatzprobleme, Darmverschluss, Darmentzündung und Erstickungstod.

*Barrs et al.* (1999) berichten von fünf klinischen Fällen mit Obstruktionen durch Trichobezoare zwischen 1997 und 1999. Vier der fünf Katzen waren Langhaarzüchtungen und drei waren älter als 10 Jahre. Alle fünf Tiere präsentierten sich mit einer palpierbaren, abdominalen Masse und klinischen Anzeichen wie Abmagerung, Aufgasung des Darms, Untertemperatur, Veränderungen im Blutbild und Elektrolythaushalt, blassen Schleimhäuten, verzögerter kapillärer Rückfüllung und gehäuften Erbrechen. Vier Tiere hatten einen einfachen Darmverschluss, ein Tier einen abschnürenden. Auf den Röntgenaufnahmen stellte sich die Trichobezoare als röntgendichtes Material dar. Magen und Darm waren gas- und flüssigkeitsgefüllt. Bei den drei älteren Katzen wurden abdominale Neoplasien vermutet und bei zweien wurde eine Therapie aufgrund schlechter Prognose von den Besitzern abgelehnt. Bei den anderen drei Katzen wurden die Trichobezoare chirurgisch entfernt. Es trat bei allen drei Katzen eine vollständige Genesung ein.

Im Fall einer Devon Rex Katze wird von einem zeitweise symptomlosen Trichobezoar berichtet. Das Tier zeigte überwiegend normalen Appetit, geringgradiger Mattigkeit und intermittierende Koliken. Die Elimination des Trichobezoars erfolgte durch Erbrechen und nach kurzer Zeit war das Tier vollständig genesen (*Malik & Hunt, 2005*).

Insgesamt sind wenige Fälle von Trichobezoaren bei Katzen in der Literatur beschrieben (Ryan & Wolfer, 1978; Worwood & Jones, 1979) und bei unklaren abdominalen Befunden wird das Vorhandensein eines Trichobezoars in den seltensten Fällen in Betracht gezogen. Darmverschlüsse, Tumore (Lymphosarkome, Adenokarzinome, Mastzelltumore), Fremdkörper, Invagination, Darmverschlingung- und -drehung, intramurale Abszesse und angeborene Missbildungen können ähnliche Symptome hervorrufen und treten in der Klinik insgesamt weitaus häufiger auf (Sherding, 1994). Bemühungen zur Trichobezoarprophylaxe verstärken jedoch den Eindruck, dass diese Erkrankung weitaus häufiger ist als bisher angenommen.

Präventive Maßnahmen erstrecken sich auf die regelmäßige Fellpflege, besonders von langhaarigen Katzen. Gelegentliches Scheren sollte in Betracht gezogen werden.

Zugang zu Gras mag hilfreich sein, seitdem das Erbrechen von Trichobezoaren mit nichtverdaulichen Pflanzenfasern in Verbindung gebracht wird (Barrs et al., 1999). Die Gabe von Laxantien wie Paraffinöl kann eventuell angesammelten Haaren die Passage durch den Magen-Darm-Trakt erleichtern. Vitaminsupplementierung, regelmäßige Floh- und Ungezieferkontrollen sowie milchinduziertes Erbrechen wird ebenfalls beschrieben (Barrs et al., 1999). Zusätzlich sollte ein spezielles Futter zur Vermeidung von Trichobezoaren gefüttert werden.

## 10. Ernährung zur Prävention von Trichobezoaren

Vereinzelt haben wissenschaftliche Studien den positiven Einfluss von diätetischer Rohfaser zur Vermeidung der Bildung von Trichobezoaren postuliert (Fisher, 2003). Es werden jedoch keine detaillierten Angaben über die jeweilige verwendete Rohfaser gemacht. Einige Veröffentlichungen beschreiben Zusätze von Flohsamenschalen und Ulmenrinde, überwiegend wird jedoch von Rohfaserzusätzen oder „Feline-Fiber-Systems“ ohne genauere Klassifizierung berichtet. Eine wissenschaftliche Untersuchung mit genauer Angabe der verwendeten Faserart, Faserlänge und Fasergewicht ist bis dato nicht publiziert.

Überwiegend sind es Veröffentlichungen von Futtermittelherstellern, die den positiven Effekt der Rohfaser auf die Haarausscheidung mit dem Kot bei Katzen beschreiben, wobei die Daten zum größten Teil auf Besitzerangaben basieren. Hohe Gehalte an pflanzlicher Faser sollen unterstützend auf den Abtransport der aufgenommenen Haare durch den Verdauungstrakt wirken und so die Zusammenlagerung von Haaren zu Trichobezoaren sowie das anschließende Hochwürgen oder Erbrechen reduzieren. Die Zusammensetzung der verschiedenen „Anti-Hairball-Formeln“ basiert überwiegend auf hohen Rohfasergehalten ohne genauere Deklaration sowie verschiedenen Pflanzen- und Fischölen zur Förderung der Verdauung.

Dann et al. (2004) untersuchten in einer Placebostudie an 24 Katzen mit erhöhter Trichobezoar-Problematik die Wirkung eines Trichobezoar-Präventivums mit aktiven Komponenten aus Flohsamenschalen und glatter Ulmenrinde. Der Rohfasergehalt lag sowohl im Placebo als auch im Präventivum bei 2%. Die klinischen Anzeichen für Trichobezoar-Symptomatik (Brechen, Würgen, Husten) sanken betrachtet über einen Zeitraum von 14 Tagen um 29%.

Bei Kaninchen, Schafen, Ratten und Rindern wird ebenfalls die Entstehung von Trichobezoaren durch eine rohfaserarmer Fütterung beschrieben (Dann et al., 2004).

## 11. Rohfaser in der Hundeernährung

Rohfaser ist zu geringen Anteilen von 1 bis 5% / TS in den meisten Alleinfuttermitteln für Hunde enthalten. Grundsätzlich gehört Rohfaser nicht zu den essentiellen Nahrungsbestandteilen und wird von Hunden nur zu sehr geringen Anteilen verdaut. Es besteht keine allgemeine Empfehlung seitens der Association of American Feed Control (*AFFCO*, 2004) hinsichtlich Rohfasergehalte in der Hundeernährung.

Der *National Research Council, Ad Hoc Committee on Dog and Cat Nutrition* (2006) empfiehlt Rohfasergehalte nicht über 5% in der TS. *Meyer & Zentek* (2005) postulieren einen Rohfasergehalt von 1-1,5% in der Futtertrockensubstanz bei adulten Hunden. Rohfasergehalte von über 3% sind, außer aus diätetischen Gründen, zu vermeiden, da dadurch die Verdaulichkeit des Futters insgesamt zurückgeht und die Kotmenge erheblich ansteigt.

Zu diätetischen Zwecken wird Rohfaser in der Hundeernährung aus verschiedensten Gründen eingesetzt. Rohfaserreiche Diäten werden speziell zur Gewichtsreduktion bei Hunden und Katzen eingesetzt. Ein Anteil an wenig verdaulicher Rohfaser verringert den Energiegehalt in der Ration und bietet eine Möglichkeit die Gewichtszunahme bei Hunden zu verhindern obwohl der Effekt in der Literatur nicht einheitlich beschrieben ist (*NRC*, 2006). *Jewell & Toll* (1996) fanden in einem Fütterungsversuch mit Hunden heraus, dass ein Rohfasergehalt von 21% in der Ration die Energieaufnahme der Hunde im Vergleich zu einer Ration mit einem Rohfasergehalt von unter 2% deutlich reduzierte. *Dobenecker & Kienzle* (1998) konnten jedoch keinen Effekt auf die Futteraufnahme bei Hunden, die eine cellulose-reiche Diät erhielten, feststellen. Im Gegensatz dazu postulierten *Jewell & Toll* (1995) eine reduzierte Energie- und TS-Aufnahme bei Hunden, nachdem sie eine faserreiche Diät erhalten hatten.

Faserreiche Diäten werden zur unterstützenden Behandlung bei Diabetes Mellitus eingesetzt. Besonders ältere Tiere bekommen oft Schwierigkeiten die Blutglucosekonzentration zu regulieren (*Mosier*, 1989). Lösliche Fasern und zu einem geringen Anteil auch unlösliche Faser sollen die Stärkehydrolyse und damit die Glucoseabsorption aus dem Dünndarm verlangsamen. Daraus folgt eine abgeschwächte Verlaufskurve der postprandialen Glucoseantwort und eine Verbesserung der Insulinaktivität im Blut (*Dimski & Buffington*, 1991). Auch wenn dieser Mechanismus bis heute nicht vollständig geklärt ist, kann Rohfaser hilfreich bei der Behandlung von milder Hyperglycämie sein (*NRC*, 2006).

Die Effekte auf den Verdauungstrakt bzw. die Verdauungsphysiologie werden in der Literatur weitgehend einheitlich beschrieben (*Diez et al.*, 1998; *Sunvold et al.*, 1995b).

Beim Einsatz von unlöslicher und unfermentierbarer Faser in einer Ration steigt das Kotvolumen und der Füllungsdruck im Verdauungskanal an, besonders im Dickdarm und fördert so über Mechanorezeptoren die Peristaltik und Chymuspassage (*Diez et al.*, 1998). Zudem werden mikrobielle Umsetzungen im Gleichgewicht gehalten und eine optimale Kotkonsistenz wird gefördert. Problematisch ist dabei, dass das große Kotvolumen und der häufigere Kotabsatz von vielen Hundebesitzern als sehr unangenehm empfunden wird und besonders in einer Stadthaltung zu Konflikten (Nachbarn, nicht genügend Grünflächen vorhanden) führen kann (*Fahey et al.*, 1992).

Beim Einsatz von fermentierbaren Fasern entstehen kurzkettige Fettsäuren, denen ein positiver Effekt auf die Darmschleimhaut zugeschrieben wird (*Reinhart et al.*, 1994). Allerdings kann es zu einer gesteigerten Colonaktivität kommen mit vermehrter Flatulenz und Absatz von dünnbreiigem Kot (*Nelson et al.*, 1991). Diese für den Hundebesitzer nicht akzeptablen Nebeneffekte limitieren den Einsatz von löslichen, fermentierbaren Fasern in der Hundeernährung.

Ebenfalls problematisch ist die Beeinträchtigung der Gesamtverdaulichkeit der Ration durch Rohfaseranteile im Futter (*Meyer & Zentek, 2005*). In der Literatur werden negative Effekte auf die Verdaulichkeit einiger Nährstoffe durch Rohfaser, abhängig von der eingesetzten Faserquelle, beschrieben (*Diez et al., 1998; Dobenecker & Kienzle, 1998*). Zum einen ist die Rohfaser an sich kaum verdaulich, zum anderen bewirkt sie durch zusätzliche Effekte wie Umschließen der übrigen Nährstoffe, Viskositätserhöhungen oder Beschleunigung der Futterpassage eine Herabsetzung der Gesamtverdaulichkeit (*Meyer & Zentek, 2005*). Durch die Herabsetzung der Verdaulichkeit einiger Nährstoffe wie Mineralstoffe oder Proteine ist es für eine ausgewogene Ernährung erforderlich, den Anteil dieser Nährstoffe im Futter so zu erhöhen, dass der jeweilige Bedarf gedeckt wird (*Diez et al., 1998*).

Für eine optimale Gesundheit sollte eine zu einem Futtermittel zugesetzte Faser moderat fermentierbar sein, um kurzkettige Fettsäuren zu produzieren, jedoch ebenso eine nicht-fermentierbare Komponente besitzen, um einen verbessernden Einfluss auf die Kotqualität zu bewirken. Der alleinige Zusatz einer gut fermentierbaren Faser wie Pektin ist in der modernen Hundeernährung nicht indiziert, da die Verschlechterung der Kotqualität für den Hundebesitzer kaum akzeptabel ist (*Swanson et al., 2001; Schuster 2003*).

### III. Material und Methoden

#### 12. Spezieller Teil

##### 12.1 Versuch Faser Katze Teil I:

###### 12.1.1. Versuchsziel

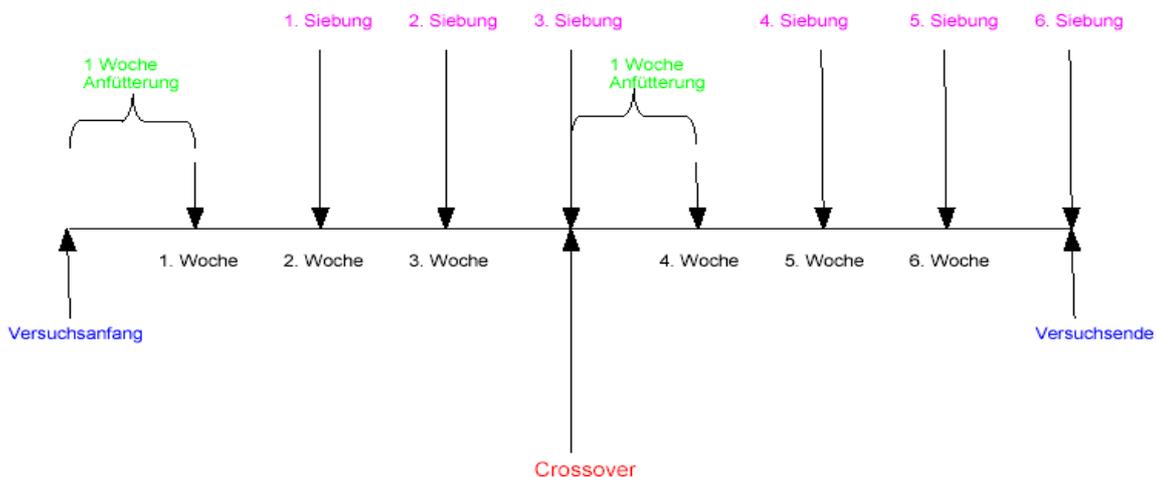
Ziel dieser Studie war es, den Einfluss einer zusätzlich zugesetzten Cellulosefaser zu einem herkömmlichen Trockenalleinfutter für Katzen auf die fäkale Haarausscheidung und ausgewählte Kotparameter zu untersuchen.

###### 12.1.2. Versuchsplan

Ein Futter mit der zusätzlich zugesetzten Faser wurde an acht Katzen über insgesamt drei Wochen getestet. Der Versuch fand während der Wintermonate Anfang Dezember bis Ende Januar statt.

Die Katzen wurden in zwei Gruppen mit jeweils vier männlichen und vier weiblichen Tieren unterteilt. Auf eine Woche Anfütterung folgte eine dreiwöchige Kotsammelperiode. Nach einem Crossover erfolgte wiederum eine einwöchige Anfütterung des jeweils anderen Futters und eine sich anschließende dreiwöchige Kotsammelperiode. Eine Kotsiebung mit einer Nasssiebanlage zur Separierung und Quantifizierung der ausgeschiedenen Haare erfolgte jeweils am Ende einer Versuchswoche.

Der zeitliche Ablauf des Versuchsdurchganges ist in Abb. 1 dargestellt.



**Abb. 1:** Zeitlicher Ablauf des Versuchsdurchganges Faser Katze Teil I

### 12.1.3. Versuchstechnik

Die Tiere wurden in zwei Vierergruppen gehalten, deren Zusammensetzung sich während des gesamten Versuchs nicht änderte.

Die eine Vierergruppe bestand aus vier weiblichen Tieren, die in einem 5 x 6 m großen Innenkäfig gehalten wurden. Den weiblichen Tieren standen zwei Katzent Toiletten zur Verfügung. Die männlichen Tiere wurden in einem 4 x 2 m großen Innenkäfig mit einem unbeschränkten Zugang zu einem 2 x 2 m großen Aussengehege gehalten. Den männlichen Tieren standen drei Katzent Toiletten zur Verfügung. Zu Versuchsbeginn wurden beiden Gruppen Handtücher und Flockatiteppiche als Unterlagen angeboten. Nach der ersten Siebanalyse zeigten sich Fasern dieser Teppiche im Kot, sodass sie am Tag 8 aus beiden Käfigen entfernt wurden. Es wurden ab diesem Zeitpunkt nur noch Handtücher als Unterlage zur Verfügung gestellt.

Gefüttert wurde zweimal täglich zwischen 8:00 Uhr und 8:15 Uhr sowie zwischen 13:00 Uhr und 14:00 Uhr. Die weiblichen Tiere erhielten jeweils morgens und mittags 100 g Trockenfutter, die männlichen morgens 150 g und abends 100 g Trockenfutter. Es erfolgte eine Gruppenfütterung gemäß der fixen Haltungsbedingungen.

Der Kot wurde täglich quantitativ gesammelt und zu Sammelproben von je einer Woche zusammengefasst. Am Ende jeder Woche in der gesammelt wurde, erfolgte eine abschließende Kotsiebung mit einer Nasssiebanlage, um die ausgeschiedenen Haare separieren und quantifizieren zu können.

Um eine Kotsammlung ohne anhaftendes Feuchtmaterial zu gewährleisten wurden die Katzent Toiletten mit Polyethylen-Kügelchen (PE) gefüllt, da sich diese nach Trocknung im Trockenschrank nahezu vollständig entfernen ließen. An den Wochenenden wurden die Toiletten mit herkömmlicher Katzenstreu gefüllt und die Kotsammlung unterbrochen.

In der ersten Versuchswoche erfolgte aus technischen Gründen nur an 4 Tagen eine Kotsammlung. Der fehlende Tag der ersten Woche wurde in die zweite Woche integriert, hier wurde sechs Tage gesammelt.

Die Kotqualität wurde täglich bestimmt. Vor dem Versuchsdurchgang und nach Abschluss wurden die Gewichte der Tiere ermittelt.

### 12.1.4. Versuchstiere

Als Versuchstiere standen vier Katzen und vier Kater zur Verfügung, die in Tab. 2 mit der jeweiligen Gruppe, mit Geburtsdatum, Geschlecht, Gewicht zu Versuchsbeginn [kg] und der Haltungsform aufgeführt sind.

Vor dem Versuch wurde der Gesundheitszustand der Tiere überprüft und routinemäßig entwurmt. Nur klinisch gesunde Tiere wurden in die Studie aufgenommen.

**Tab. 2:** Versuchstiere mit Gruppe, Name, Geburtsdatum, Geschlecht, Anfangsgewicht [kg] und Gruppenzusammensetzung in den Boxen

Gruppe	Name	Geburtsdatum	Geschlecht	Gewicht Versuchsbeginn [kg] 06.12.05	Gruppenzusammensetzung / Box
1	Jazz	09.04.05	m	2,89	I mit A.Ausl.
1	Micky	09.04.05	m	4,53	
1	Freddy	28.03.04	m	5,27	
1	Tobi	09.04.05	m	3,76	
2	Paula	09.04.05	w	3,16	I
2	Josy	09.04.05	w	3,07	
2	Tatoo	18.04.05	w	2,44	
2	Mary	09.04.04	w	3,12	

I mit A.Ausl. = Innenhaltung mit Außenauslauf

I = Innenhaltung

#### 12.1.5. Versuchsfutter

Als Versuchsfutter wurde ein Trockenfutter mit einem Gesamtrohfasergehalt von 2,5 % gefüttert, wovon 1% der langfaserigen Cellulose entsprach. Dem Kontrollfutter wurde statt der Faser Weizenmehl zugesetzt, woraus sich ein Gesamtrohfasergehalt von 1,5 % ergab. Die Pelletgröße war bei beiden Futtern gleich. Die Tab. 3 gibt Inhaltstoffe, Zusatzstoffe und Zusammensetzung des Kontroll- und Versuchsfutters an.

**Tab. 3:** Inhaltsstoffe, Zusatzstoffe und Zusammensetzung des Kontroll- und Versuchsfutters

Inhaltsstoffe [%]	Zusatzstoffe / kg	Zusammensetzung (in absteigender Reihenfolge der Gewichtsanteile)
Wasser: 10,0	Vitamin A: 15.000 IE	Fleischmehl
Rohprotein: 30,0	Vitamin D3: 1.500 IE	Weizenmehl
Rohfett: 10,0		Mais
Rohfaser:	Vitamin E: 125 mg	Weizen
Versuchsfutter: 2,5	Kupfer: 10 mg	Gerste
(davon 1% Versuchsfaser)		Tierfett
Kontrollfutter: 1,5		Maiskleber
Rohasche: 6,5		Cellulose
		Natriumchlorid
		Premix

### 12.1.6. Probennahme und Probenvorbereitung

Gesammelt wurde der Kot in verschließbare Mehrzweckbecher aus Polypropylen (PP) von der Firma Sarstedt AG & Co. Vor Benutzung wurden die Mehrzweckbecher 48 Stunden bei 100 °C in einem Trockenschrank aufbewahrt, anschließend in einem Exsikkator abgekühlt und danach gewogen, um das Leergewicht zu ermitteln.

Nach der Kotsammlung und Ermittlung der Kot-uS wurden die kotgefüllten Becher für 48 Stunden in einen Trockenschrank verbracht.

## 12.2. Versuch Faser Katze Teil II

### 12.2.1. Versuchsziel

Ziel dieser Studie war es, den Effekt einer höheren Cellulosekonzentration von 3,5% Rfa (2,5% im Teil I) im Vergleich zu einem Kontrollfutter auf die fäkale Haarausscheidung und ausgewählte Kotparameter zu untersuchen.

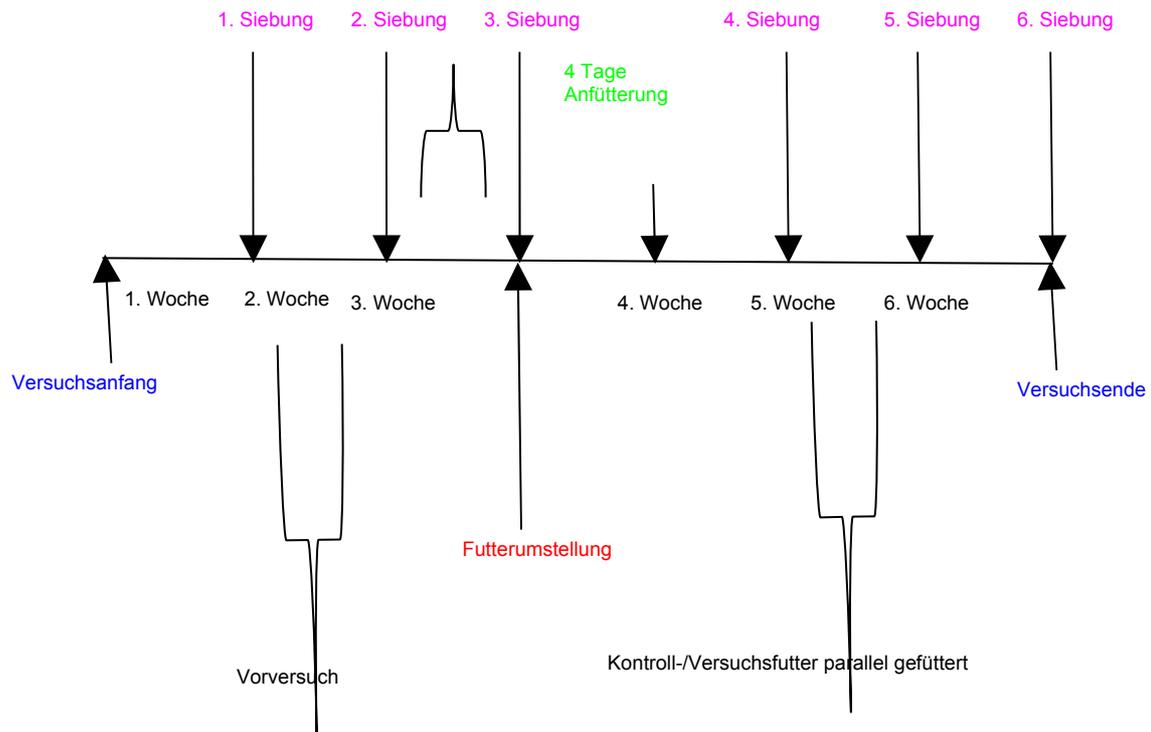
### 12.2.2. Versuchsplan

Über einen Zeitraum von 3 Wochen wurde die Wirkung der Cellulose auf die fäkale Ausscheidung abgeschluckter Haare bei Katzen untersucht. Die Faser wurde hierfür in einer Menge von 2% einem herkömmlichen Trockenalleinfuttermittel mit einem Rohfasergehalt von 1,5% in der uS zugesetzt. Als Kontrollration diente das gleiche Ausgangsprodukt, bei dem statt der Cellulose 2% Weizenmehl zugesetzt wurden.

Die für den Versuch zur Verfügung stehenden Katzen wurden in zwei gleichstarke Gruppen beiderlei Geschlechts unterteilt. Aufgrund der Haltungsbedingungen in Einzelräumen bzw. Großkäfigen sowie der Gruppenzusammensetzung unterteilten sich beide Gruppen in jeweils 3 Haltungsgruppen.

Vor dem eigentlichen Versuchsbeginn wurde ein ebenfalls dreiwöchiger Vorversuch durchgeführt (Abb. 2). Der Vorversuch fand während der letzten Aprilwoche und der ersten beiden Maiwochen statt. In diesem Vorversuch erfolgte eine Kotsammlung und -analyse, um Vergleichswerte für die Messparameter unter identischen Versuchsbedingungen und gewohntem Futter zu erhalten. Entsprechend erhielten während des Vorversuchs alle Tiere ihr gewohntes Futter. Während des Vorversuchs wurde der neben der Toilette abgesetzte Kot nicht gesammelt.

Im Anschluss an den dreiwöchigen Vorversuch erfolgte aus technischen Gründen eine zweiwöchige Pause. Durch eine viertägige Futterumstellung auf das Kontroll- bzw. Versuchsfutter wurde die Gefahr von Verdauungsstörungen verringert. Der Adaptationsphase folgte der dreiwöchige Hauptversuch im Juni in dem parallel Kontroll- und Versuchsfuttereinflüsse auf ausgewählte Parameter der Verdauung gemessen wurden.



**Abb. 2:** Schematische Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Versuchsdurchgangs Faser Katze Teil II

### 12.2.3. Versuchstechnik

Die Tiere wurden ausschließlich in Innenausläufen ohne Zugangsmöglichkeiten zum Außenbereich gehalten. Alle Gruppen hatten eine Katzentoylette dauerhaft zur Verfügung, die Dreier- und die Vierergruppe hatten zwei Toiletten im Käfig. Bereits Wochen vor Beginn des Vorversuchs wurden sämtliche Inneneinrichtungen mit bzw. aus Teppich und Woldecken entfernt und ausschließlich Handtücher für die Liegebereiche zur Verfügung gestellt. Durch diese Maßnahme sollte die Aufnahme unverdaulicher Fremdfasern ausgeschlossen werden. Ebenso wurden sämtliche Behälter mit Katzengras entfernt, die ansonsten zur freien Aufnahme bereit standen.

Die Fütterungszeit lag zwischen 8:00 Uhr und 8:15 Uhr bzw. 13:00 Uhr und 14:00 Uhr. Die Futtermenge richtete sich nach dem individuellen Energiebedarf und der Gruppenstruktur. Pro Tier und Tag wurden 50 – 70g Trockenfutter gefüttert. Während des Vorversuchs wurden 50g Feuchttalleinfutter pro Tier und Tag zusätzlich gefüttert. Nach Beendigung des Vorversuchs wurde das Feuchtfutter aufgrund gehäuftem Auftreten von Durchfall bei allen Tieren abgesetzt.

Den Katzen standen gewohnte Katzentoyletten zur Verfügung, die wie in Teil I mit inertem Polyethylengranulat gefüllt wurden. An den Wochenenden wurde die Kotsammlung unterbrochen. Die Toiletten blieben mit den PE-Kügelchen eingestreut.

Die Kotsammlung, -beurteilung und -analyse erfolgte wie für Faser Katze Teil I beschrieben.

Vor dem Versuchsdurchgang und nach Abschluss wurden die Gewichte der Tiere ermittelt.

#### 12.2.4. Versuchstiere

Als Versuchstiere standen insgesamt 14 Tiere (neun weibliche Tiere, fünf männliche Tiere) zur Verfügung, die in Tab. 4 mit Geburtsdatum, Geschlecht, der jeweiligen Gruppe, Tagesfuttermenge, Anfangsgewicht und der Haltungsform aufgeführt sind.

Vor dem Versuch wurde der Gesundheitszustand der Tiere überprüft und routinemäßig entwurmt. Nur klinisch gesunde Tiere wurden in die Studie aufgenommen.

**Tab. 4:** Versuchstiere mit Geburtsdatum, Geschlecht, Gruppe, tägl. Futtermenge [g], Anfangsgewicht [kg] und Haltungsform

Name	Geburtsdatum	Geschlecht	Gruppe	Futter/d [g]	Anfangsgewicht [kg]	Haltungsform [Auslaufgröße m]
Josy	09.04.05	w	K	50	2,5	4,0 x 3,0
Tatoo	18.04.05	w	K	50	2,2	
Paula	09.04.05	w	K	50	2,8	
Leni	05.03.99	w	K	60	4,1	2,5 x 2,0
Lucille	05.03.99	w	K	60	4,7	
Jean-Claude	16.07.01	m	K	70	4,6	2,5 x 2,0
Garfield	02.04.01	m	K	70	4,6	
Micky	09.04.05	m	V	60	4,8	1,5 x 1,5
Tobi	09.04.05	m	V	60	3,7	
Freddy	28.03.04	m	V	60	4,8	1,5 x 1,5
Sushi	23.06.00	w	V	50	2,7	5,0 x 6,0
Maggy	09.04.04	w	V	50	2,6	
Mary	09.04.04	w	V	50	2,4	
Sissi	16.08.05	w	V	50	2,4	

Gruppe K = erhielt im Hauptversuch Kontrollfutter

Gruppe V = erhielt im Hauptversuch Versuchsfutter

#### 12.2.5. Versuchsfutter

Während des Vorversuchs wurde ein Trockenalleinfuttermittel für Katzen (Premiumqualität) mit einem Rohfasergehalt von 1,1% / uS sowie eine geringe Menge Feuchttalleinfuttermittel für Katzen eingesetzt.

Nach einer viertägigen Futterumstellung mit langsam sinkenden Mengen des bisherigen Futters wurde das Versuchsfutter mit 3,5% Rfa an die eine Gruppe und parallel das Kontrollfutter mit 1,5 % Rfa an die andere Gruppe verfüttert.

**Tab. 5:** Inhaltsstoffe des Trockenalleinfuttermittels [%TS] des 3wöchigen Vorversuchs

<b>Inhaltsstoff</b>	<b>%TS</b>
TS	94,0
Rohprotein	34,0
Rohfett	22,0
NfE	37,5 – 37,9
Rohfaser	1,0 – 1,2
Calcium	0,84 – 0,90
Phosphor	0,73 – 0,75
Natrium	0,25
Kalium	0,70
Magnesium	0,07

#### 12.2.6. Probennahme und Probenvorbereitung

P. und P. wurden wieder wie im Versuch Faser Katze Teil I durchgeführt.

#### 12.3. Versuch Faser Hund:

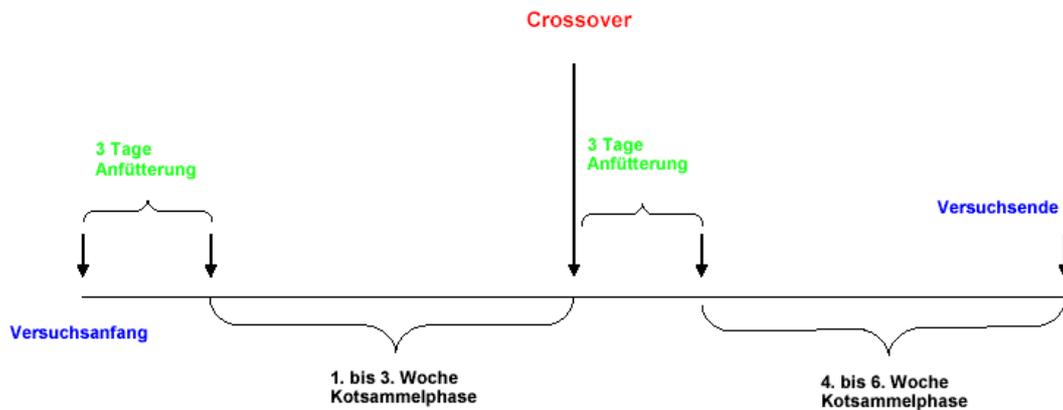
##### 12.3.1. Versuchsziel

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss eines speziellen Cellulosefaserkonzentrats im Vergleich zu einer herkömmlichen Faserquelle (Weizenkleie) auf das Kotvolumen und ausgewählte Parameter der Verdauung zu untersuchen.

##### 12.3.2. Versuchsplan

Ein Futter mit dem zu testenden Faserkonzentrat wurde an sechzehn weiblichen Beagles getestet. Jeder Hund erhielt über drei Wochen das Faserkonzentrat. Die Studie wurde im Crossoverdesign angelegt. Einer dreitägigen Anfütterungsphase folgte eine dreiwöchige Kotsammelphase. Nach der dreiwöchigen Kotsammelphase erfolgte ein Crossover mit wiederum dreitägiger Anfütterung des jeweiligen anderen Futters und anschließender dreiwöchiger Bilanzphase.

Der zeitliche Ablauf eines Versuchsdurchganges ist in Abb. 3 dargestellt.



**Abb. 3:** Zeitlicher Ablauf eines Versuchsdurchgangs Faser Hund

### 12.3.3. Versuchstechnik

Die sechzehn Hunde wurden in zwei Gruppen, zu je acht Tieren, unterteilt. Innerhalb dieser beiden Achtergruppen wurden die Hunde aufgrund der Haltungsbedingungen in fünf Haltungsgruppen unterteilt, deren Zusammensetzungen sich während des gesamten Versuchsdurchganges nicht änderten.

Lediglich in der Gruppe 1 wurde in der ersten Woche aus technischen Gründen am Tag 7 der Hund Donna gegen den neuen Probanden Milka ausgetauscht. Durch den Austausch entstand aus der anfänglichen Sechsergruppe eine Fünfergruppe und eine Einzelhaltung.

Tagsüber waren die Hunde in 5 x 6 m großen Boxen im Innenbereich untergebracht. Während der Nacht und zur Fütterung befanden sich die Tiere in kleineren Boxen mit den Größen 2 x 3 m und 1,50 x 2 m. Während der Anfütterungsphase und des Crossovers, sowie am Wochenende konnten sich die Tiere tagsüber in 8 x 7 m großen Außenzwingern bewegen.

**Tab. 6:** Name, Gruppe, tägliche Futtermenge der einzelnen Versuchstiere sowie die Gruppenzusammensetzung in den Boxen nachts und tagsüber

Name	Gruppe	Futtermenge [g] Kontrollfutter	Futtermenge [g] Faserkonzentratfutter	Haltungsgruppe / Box nachts- und tagsüber	
Maja	1	260	240	nachts	tags
Lizzy	1	260	240		
Vicky	1	260	240		
Flossie	1	260	240	nachts	
Britney	1	260	240	nachts	
Milka	1	260	240	nachts	
Laura	1	300	270	nachts	tags
Swenja	1	350	320		
Jeanny	2	260	240	nachts	tags
Puzzle	2	260	240		
Alice	2	260	240		
Marie	2	260	240		
Chess	2	260	240	nachts	tags
Tequila	2	350	320		
Jana	2	350	320		
Speedy	2	350	320		

Gruppe 1: erhielt vor dem Crossover das Kontrollfutter

Gruppe 2: erhielt vor dem Crossover das Faserkonzentratfutter

Gefüttert wurde morgens zwischen 8:00 Uhr und 8:15 Uhr. Es erfolgte eine Gruppenfütterung entsprechend der fixen Haltungsgruppen. Je nach Alter und Gewicht wurden pro Hund 240g bis 350g von dem jeweiligen Futter gegeben. Die Körpermasse wurde zu Versuchsbeginn und dann regelmäßig 1x wöchentlich vor der Fütterung kontrolliert.

Der Kot wurde mehrmals täglich zwischen 8:00 Uhr und 13:00 Uhr und zwischen 14:00 Uhr und 15:30 Uhr aus den Zwingern der Tiere quantitativ entnommen. Die Hauptmenge konnte morgens nach der Nachtruhe und kurz nach dem Füttern gesammelt werden.

Täglich wurden Kotqualität und pH-Wert des frischen Kots bestimmt.

Vor Versuchsbeginn wurde eine einwöchige Kotvorsammlung durchgeführt. Während dieses Vorversuchs wurden die Hunde mit der sonst üblichen 50/50 Mischung aus zwei kommerziell erhältlichen Trockenfuttern (Futter a + Futter b) gefüttert (Tab. 7).

**Tab. 7:** Zusammensetzung der vor Versuchsbeginn verwendeten Trockenalleinfuttermittel für Hunde pro 100g uS

	<b>Futter a</b>	<b>Futter b</b>
ME [MJ]	1,4	1,5
TS [g]	90	90
Ra [g]	8	7
Rp [g]	25	25
Rfe [g]	9	12
Nfe [g]	46	43
Rfa [g]	3	3
Ca [mg]	1500	1300
P [mg]	900	1000
Mg [mg]	120	120
K [mg]	-	-
Na [mg]	500	400
Fe [mg]	16	16
Cu [mg]	1,2	1,2
Zn [mg]	14	14
Mn [mg]	1	1
J [µg]	300	300
Vit. A [IE]	1500	1500
Vit. D [IE]	150	150
Vit. E [IE]	10	10
Vit. B1 [IE]	1	1
Vit. B2 [IE]	1,5	1,5
Vit. B6 [IE]	1,5	1,5
Vit. B12 [µg]	10	10
Biotin [µg]	50	50
Niacin [mg]	4	4
Panθοthen [mg]	3	3
Cholin [mg]	150	150

#### 12.3.4. Versuchstiere

Als Versuchstiere standen insgesamt sechzehn weiblich intakte Beaglehündinnen zwischen drei und zwölf Jahren zur Verfügung, die in jeweils zwei Achtergruppen aufgeteilt wurden (Tab. 8). Die Einteilung in unterschiedliche Haltungsgruppen tags und nachstüber (siehe Tab. 6) war notwendig, um Rangordnungskämpfe unter den Tieren zu vermeiden.

**Tab. 8:** Gruppe, Namen, Geburtsdatum und Anfangsgewicht [kg] der Versuchshunde

Gruppe	Name	Geburtsdatum	Anfangsgewicht
1	Maja	02.12.01	12,5
1	Milka	02.12.01	11,4
1	Vicky	02.12.01	13,4
1	Flossie	02.12.01	12,1
1	Britney	02.12.01	11,4
1	Lizzy	02.12.01	11,6
1	Laura	16.10.94	11,8
1	Swenja	16.10.94	13,1
2	Jeanny	22.09.02	11,2
2	Puzzle	22.09.02	12,2
2	Alice	22.09.02	12,8
2	Marie	22.09.02	12,2
2	Chess	27.07.98	12,3
2	Tequila	07.12.03	12,3
2	Jana	19.11.03	11,5
2	Speedy	07.12.03	13,5

#### 12.3.5. Versuchsfutter

Bei dem Kontroll- und Faserkonzentratfutter handelte es sich jeweils um Trockenalleinfutter für Hunde. Das Kontrollfutter und das Faserkonzentratfutter enthielten jeweils 4,5% Zuckerrübenschnitzel als Faserquelle. Das Faserkonzentratfutter enthielt zusätzlich 2,7% Faserkonzentrat das Kontrollfutter enthielt stattdessen die gleiche Menge Weizenkleie. Geplant war hierbei ein nahezu identischer Rohfasergehalt in beiden Rationen (6,8% Rfa im Kontrollfutter und 7,0% Rfa im Faserkonzentratfutter).

Die genaue Zusammensetzung der beiden Futtermittel ist aus Tab. 9 zu entnehmen.

**Tab. 9:** Zusammensetzung des Kontrollfutters und des Faserkonzentratfutters laut Deklaration des Herstellers

	<b>Kontrollfutter</b>	<b>Faserkonzentratfutter</b>
ME [MJ]	13,05	13,65
TS [%]	87,14	88,16
Asche [%]	5,24	4,82
Rp [%]	20,76	20,92
Rfe [%]	8,24	7,83
Rfa [%]	6,8 (davon 2,7% Weizenkleie)	7,01 (davon 2,7% Faserkonzentrat)
Ca [%]	0,75	0,75
P [%]	0,61	0,61
Mg [%]	0,12	0,05
K [%]	0,34	0,21
Na [%]	0,31	0,32
Fe [mg]	20,04	20,01
Cu [mg]	7,5	7,5
Zn [mg]	25,02	25,01
Mn [mg]	10,02	10,00
I [mg]	0,45	0,38
Vit. A [IE/Kg]	33096	33057
Vit. D3 [IE/Kg]	-	-
Vit. E [mg]	200,03	200,02
Vit. C [mg]	-	-
Vit. B1 [mg]	10,00	10,00
Vit. B2 [mg]	10,00	10,00
Vit. B6 [mg]	8,00	8,00
Vit. B12 [mg]	40,00	40,00
Vit. K3 [mg]	10,00	10,00
Cholin [mg]	1200,00	1200,00
Nikotinsäure [mg]	70,00	70,00
Ca-Panthothe [mg]	30,00	30,00
Folsäure [mg]	1,00	1,00
Biotin [mg]	300,00	300,00
Taurin [mg]	1000	1000
dl Methionin [%]	0,0075	0,0075

### 12.3.6. Probenahme und Probenvorbereitung

Der Kot wurde aus den Hundezwingern in 163 x 163 mm große Aluschalen mit Hilfe eines Spachtels gesammelt. Nach Ermittlung der uS wurden die kotgefüllten Aluschalen für 48 Stunden in einen Trockenschrank verbracht.

## **13. Allgemeiner Teil**

### 13.1. Prüfparameter

- Kotqualität und Menge an frischem Kot
- Trockensubstanz des Kots
- Menge an ausgeschiedenen Haaren im Kot (Versuch Faser Katze)
- pH – Wert (Versuch Faser Hund)

### 13.2. Untersuchungsmethoden

#### 13.2.1. Kotqualität

Die Kotqualität wurde mit Hilfe eines am Lehrstuhl verwendeten Schlüssels beschrieben, der von 1 (fest) bis 4 (flüssig) reichte. Die nachfolgende Tab. 10 zeigt die Verteilung der Schlüssel, wobei auch Zwischenschritte erlaubt waren.

**Tab. 10:** Beurteilung der Kotqualität

<b>Schlüssel</b>	<b>Kotqualität</b>
1	fest
2	optimal geformt
3	pastös
4	flüssig

#### 13.2.2. Kotmenge

Der frische Kot wurde nach dem Sammeln gewogen. Durch Wägung nach Tara und Bereinigung dieses Ergebnisses um das später ermittelte Gewicht der noch anhaftenden PE-Kügelchen wurde die uS ermittelt.

Gewicht des frischen Kots – Leergewicht des Sammelgefäßes – PE-Kügelchen = uS

### 13.2.3. Trockensubstanz

Zur Bestimmung der TS wurde der Kot 48 Stunden bei 100°C bis zur Gewichtskonstanz im Trockenschrank getrocknet. Danach wurden die Sammelbecher im Exsikkator abgekühlt und gewogen. Das Ergebnis wurde um das Leergewicht des Entnahmegefäßes und um das später ermittelte Gewicht der noch anhaftenden PE-Kügelchen bereinigt.

Gewicht des getrockneten Kots – Leergewicht des Sammelgefäßes – PE-Kügelchen = TS

### 13.2.4. pH Wert

Zur Bestimmung des pH Wertes wurden die gesamten Kotproben der jeweiligen Gruppe gepoolt und 5 g Kot aus dieser Gesamtprobe entnommen. Dieses Aliquot wurde mit 20 g destilliertem Wasser vermischt und der pH Wert aus der Kotsammelprobe der jeweiligen Gruppe mit einem pH-Meter bestimmt.

### 13.2.5. Ausgeschiedene Haare

Nach dem Wiegen des bis zur Gewichtskonstanz getrockneten Kots, wurden die noch anhaftenden PE-Kügelchen so weit wie möglich entfernt. Die Kügelchen wurden nach Kontroll- und Versuchsgruppe getrennt zur späteren Wiegung gesammelt. Danach wurde der getrocknete Kot in großen Bechergläsern wiederum nach Kontroll- und Versuchsgruppe getrennt gesammelt und in heißem Wasser bis zum folgenden Tag eingeweicht.

Vor der Siebung wurden die restlichen PE-Kügelchen von der Wasseroberfläche abgefischt, nach Kontroll- und Versuchsgruppe getrennt und für 48 Stunden bis zur Gewichtskonstanz im Trockenschrank bei 100°C getrocknet. Dann wurden sie im Exsikkator abgekühlt und zusammen mit den schon vorher gesammelten PE-Kügelchen gewogen.

In der Nasssiebanlage wurde jeweils zuerst der Kontrollgruppenkot gesiebt und anschließend nach gründlichem Reinigen der Nasssiebanlage der Versuchsgruppenkot.

Der Kot wurde mithilfe eines Teigkratzers in das erste zuoberst liegende Sieb gestrichen und mit heißem Wasser weitestgehend gelöst. Dann erfolgte die Siebung für 10 Minuten.

Die komplette Anlage bestand aus vier Sieben mit unterschiedlichem Siebgitterdurchmesser, von oben nach unten absteigend plus einem Luftring, der in der Mitte eingebaut wurde. Nach dem Ende der automatischen Siebung wurde jedes Sieb auf Haare untersucht und der Restkot in den jeweiligen Sieben mit der Hand gewaschen. Alle gefundenen Haare, bzw. Haarkonglomerate wurden in Petrischalen, bei denen das Leergewicht vorher bestimmt wurde, nach Kontroll- und Versuchsgruppe getrennt gesammelt und vor der Wiegung 48 Stunden in einem Trockenschrank bei 100°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Abschließend wurde die Menge der ausgeschiedenen Haare in Gramm bezogen auf die TS bestimmt.

Gewicht der Petrischale mit Haaren – Leergewicht der Petrischale = ausgeschiedene Haare

Die Untersuchung des Futters auf sein Gehalt an Rohasche, Rohprotein, Rohfett und Rohfaser erfolgte bei dem Versuch Faser Katze nach der Weender-Analyse.

### 13.2.6. Rohasche

Die Veraschung erfolgte durch mindestens 8stündiges Verbleiben des Untersuchungsmaterials im Muffelofen bei 550 °C.

### 13.2.7. Rohprotein

Die Probenanalytik erfolgte nach dem Kjeldahl-Verfahren, automatisch mit dem 2400 Kjeltec Auto Sapler System®.

Das Probenmaterial wurde mit konzentrierter Schwefelsäure oxidiert, wodurch der Stickstoff in die Ammoniumform überführt wurde. Durch Zugabe von Natronlauge wurde Ammoniak freigesetzt, der in vorgelegter Schwefelsäure überdestilliert und titrimetrisch erfasst werden konnte.

Zur Bestimmung des Rohproteingehaltes in % erfolgte die Umrechnung des Stickstoffgehaltes mit dem Faktor 6,25.

### 13.2.8. Rohfett

Die Rohfettanalyse erfolgte im 2050 Soxtec Avanti Automatic Extraction System®. Mit jeweils ca. 5 g Probenmaterial wurde durch dreißigminütiges Kochen ein Säureaufschluß durchgeführt, woraufhin eine vierzigminütige Extraktion mit Petroläther folgte. Nach Trocknung wurde durch Wiegen des extrahierten Fettes der Rohfettgehalt bezogen auf die ursprüngliche Einwaage bestimmt.

### 13.2.9. Rohfaser

Die Rohfaserbestimmung erfolgte im Foss Fibertec® System. Hierzu wurde ca. 1 g Probenmaterial in Filtertiegel eingewogen. Anschließend erfolgte ein jeweils dreißigminütiges Kochen mit 1,25 molarer Schwefelsäure und Kalilauge im Fibertec 2010 Hot Extractor®. Zwischen den Kochungen und danach mußten die Proben mit heißem Wasser gespült werden. Vor der Trocknung wurde mit Aceton im Fibertec 1021 Cold Extractor® entfettet. Die Tiegel wurden trocken gewogen und danach über ein spezielles Programm mit einer dreistündigen Kerntemperatur von 580°C im Muffelofen verascht. Durch erneutes Wiegen nach dem Abkühlen konnte aus dem Glühverlust der Rohfaser-Gehalt ermittelt werden.

### 13.2.10. NfE

Der NfE-Anteil wurde rechnerisch bestimmt:

$$\text{NfE} = \text{TS} - (\text{Ra} + \text{Rp} + \text{Rfe} + \text{Rfa})$$

## 13.3. Statistische Methoden

Die Auswertung der Daten erfolgte nach Überprüfung der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov) mit verschiedenen Varianten der Mittelwert-Vergleiche (t-Test nach Student; Kruskal-Wallis). Die Ergebnisse der Analysen werden als arithmetischer Mittelwert und der dazugehörigen Standardabweichung als Maß der Streuung angegeben.

## IV. Ergebnisse

### 14. Versuch Faser Katze Teil I:

#### 14.1. Allgemeinbefinden

Das Allgemeinbefinden der Tiere war während der gesamten Studie ungestört.

#### 14.2. Futterakzeptanz und Futteraufnahme

Die Akzeptanz des Kontroll- sowie des Versuchsfutters war bei beiden Gruppen und Versuchsdurchgängen gut. Es konnten diesbezüglich keine Unterschiede zwischen den beiden Rationen festgestellt werden. Die Vormittags- und Nachmittagsrationen wurden komplett aufgefressen, wobei die Aufnahmedauer von zwei Stunde bis zu fünf Stunden variierte. Die weiblichen Tiere fraßen deutlich langsamer als die männlichen.

#### 14.3. Futteranalyse

Zur Überprüfung der Herstellerangaben wurde im institutseigenen Labor eine Weender Analyse des Kontroll- und Versuchsfutters durchgeführt. Es wurde der TS-, Ra-, Rp-, Rfe- und Rfa-Gehalt ermittelt (Tab. 11).

**Tab. 11:** Eigene Analyse und Herstelleranalyse im Vergleich [% TS]

<b>Futter</b>	<b>TS</b>	<b>Ra</b>	<b>Rp</b>	<b>Rfe</b>	<b>Rfa</b>	<b>NfE</b>
Eigene Analyse K	92,4	5,5	32,4	7,1	1,7	45,7
Herstelleranalyse K	90,0	6,5	30,0	10,0	1,5	42,0
Eigene Analyse V	92,9	5,7	31,6	7,4	2,6	45,6
Herstelleranalyse V	90,0	6,5	30,0	10,0	2,5	41,0

K = Kontrollfutter    V = Versuchsfutter

#### 14.4. Kot

##### 14.4.1. Kotmenge

Bei dem Vergleich der Menge an ausgeschiedener Kot-uS und Kot-TS zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe fiel eine Tendenz zu einer höheren Kotmenge bei den Katzen der Versuchsgruppe auf (633 vs. 758guS; 190 vs. 244gTS). Lediglich während der dritten und sechsten Versuchswoche schieden diese Tiere etwas geringere Kotmengen (uS) als die

Kontrolltiere aus (Tab. 12). Über die gesamte Versuchsdauer gemittelte Werte der Kotmengen ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede (Tab. 13).

**Tab. 12:** Wöchentliche Kot uS- und TS-Mengen [g] der Kontroll- und Versuchsgruppe plus Gesamtmittelwert sowie die errechneten Differenzen vor (1.-3. Woche) und nach dem Crossover (4.-6. Woche)

Woche	1.	2.	3.	4.	5.	6.	MW ± s
<b>K [uS]</b>	169	664	670	630	830	832	633 ± 243
<b>V [uS]</b>	344	878	632	783	1161	749	758 ± 270
<b>Δ V vs. K</b>	+ 175	+ 214	- 38	+ 153	+ 331	- 83	+ 125
<b>K [gTS]</b>	52	240	224	200	179	242	190 ± 72
<b>V [gTS]</b>	124	275	211	257	347	252	244 ± 74
<b>Δ V vs. K</b>	+ 72	+ 35	- 13	+ 57	+ 168	+ 9	+ 54

K = Kontrollfutter V = Versuchsfutter

**Tab. 13:** Gesamtmenge an Kot- uS und TS [g] der Kontroll- und Versuchsgruppe über den Fütterungszeitraum von sechs Wochen

	Kontrollfutter	Versuchsfutter	Δ V vs. K
<b>uS [g]</b>	3795	4547	+ 752
<b>TS [g]</b>	1137	1466	+ 329

#### 14.4.2. Kotparameter

Wie aus Tab. 14 ersichtlich gab es Schwankungen im wöchentlichen prozentualen Kot-TS-Gehalt zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe. Im Mittel konnten jedoch keine statistisch signifikanten Abweichungen festgestellt werden. Gering und ebenfalls nicht signifikant waren die Unterschiede der wöchentlich gemittelten Kotqualitäten zwischen den beiden Gruppen.

**Tab. 14:** Wöchentlich gemittelter Kot-TS-Gehalt [%], Kotqualität nach Bewertungsschema je Versuchswoche sowie Gesamtmittelwert vor (1.-3. Woche) und nach dem Crossover (4.-6. Woche)

Woche	1.	2.	3.	4.	5.	6.	MW ± s
<b>Kot-TS-Gehalt</b>							
<b>K</b>	30,7	36,2	33,5	31,7	21,6	29,1	30,5 ± 5,0
<b>V</b>	36,2	31,4	33,3	32,7	29,9	33,5	32,9 ± 2,1
<b>Kotqualität</b>							
<b>K</b>	2,1	2,3	2,4	2,0	2,4	2,4	2,3 ± 0,2
<b>MW +/- s</b>	± 0,7	± 0,7	± 0,6	± 0,5	± 0,5	± 0,5	
<b>V</b>	1,8	2,0	2,0	1,9	2,4	2,3	2,1 ± 0,2
<b>MW +/- s</b>	± 0,7	± 0,6	± 0,5	± 0,6	± 0,7	± 0,5	

K = Kontrollfutter V = Versuchsfutter

#### 14.5. Gewicht

Das Gewicht der Versuchstiere blieb während der gesamten Versuchsdauer konstant. Die Differenzen zwischen Anfangs- und Endgewicht lagen bei maximal 5,3% (Tab. 15).

**Tab. 15:** Gewichtsentwicklung der Versuchstiere über den Gesamtversuchszeitraum von sechs Wochen [kg]

Name	06.12.05 [kg]	15.12.05 [kg]	27.12.05 [kg]	11.01.06 [kg]	20.01.06 [kg]	27.01.06 [kg]	$\Delta$ Anfangs- vs. Endgewicht [%]
Jazz	2,9	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	+ 3,4
Micky	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	0,0
Freddy	5,0	5,1	5,0	4,9	5,0	5,0	0,0
Tobi	3,8	3,6	3,6	3,5	3,5	3,6	- 5,3
Paula	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	- 3,1
Josy	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	- 3,2
Tatoo	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4	0,0
Mary	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	3,2	+ 3,2

#### 14.6. Haarausscheidung

Um einen Einfluss der absolut abgesetzten Kotmenge auf die Haarausscheidung der Katzen auszuschließen, wurde zusätzlich die Menge der ausgeschiedenen Haare in Relation zur Kot-TS ermittelt. Im ersten Versuchsdurchgang wurde in der Versuchsgruppe (weibliche Tiere) die Tendenz zu einer höheren Haarausscheidung, sowohl bezogen auf Haare absolut als auch Haare relativ [% TS] beobachtet (0,54 vs. 0,31g bzw. 0,23 vs. 0,17%), die jedoch statistisch nicht abzusichern war.

Nach erfolgtem Crossover und einer Anfütterungsperiode von einer Woche wurde in der 4. Woche ebenfalls eine höhere Haarausscheidung der Versuchsgruppe beobachtet, jedoch wiederum nicht statistisch signifikant. In der 5. und 6. Woche kehrten sich die Mengenverhältnisse um (Tab. 16) und die Kontrollgruppe schied mehr Haare aus als die Versuchsgruppe.

Über die gesamte Versuchsdauer von sechs Wochen betrachtet war die Differenz zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe weder hinsichtlich absoluter noch relativer Haarausscheidung statistisch signifikant.

**Tab. 16:** Wöchentliche absolute [g] und relative [% TS] Haarausscheidung sowie Gesamtmittelwert vor (1.-3. Woche) und nach dem Crossover (4.-6. Woche)

Woche	1.		2.		3.		4.		5.		6.		MW ± s	
	K	V	K	V	K	V	K	V	K	V	K	V	K	V
<b>Haare absolut [g]</b>	0,08	0,66	0,15	0,64	0,13	0,31	0,27	0,54	0,60	0,46	0,65	0,64	0,31 ± 0,25	0,54 ± 0,14
<b>Haare / TS [%]</b>	0,15	0,53	0,06	0,11	0,06	0,15	0,14	0,21	0,34	0,13	0,27	0,25	0,17 ± 0,11	0,23 ± 0,16

K = Kontrollfutter    V = Versuchsfutter

Bei einem gruppenunabhängigen Vergleich zwischen weiblichen und männlichen Tieren hinsichtlich der absoluten und relativen Haarausscheidung, ergaben sich ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede (Tab. 17).

**Tab. 17:** Wöchentliche absolute [g] und relative [%] Haarausscheidung der weiblichen und männlichen Tiere plus Gesamtmittelwert vor (1.-3. Woche) und nach dem Crossover (4.-6. Woche)

Woche	1.	2.	3.	4.	5.	6.	MW ± s
<b>weibliche Tiere</b>							
<b>Haare absolut [g]</b>	0,66	0,64	0,31	0,27	0,6	0,65	0,52 ± 0,18
<b>Haare/TS[%]</b>	0,53	0,23	0,15	0,14	0,34	0,27	0,28 ± 0,15
<b>männliche Tiere</b>							
<b>Haare absolut [g]</b>	0,08	0,15	0,13	0,54	0,46	0,64	0,33 ± 0,24
<b>Haare/TS[%]</b>	0,15	0,06	0,06	0,21	0,13	0,25	0,14 ± 0,08

## 15. Versuch Faser Katze Teil II

Der Versuch Faser Katze Teil II unterschied sich von Teil I durch einen um 1% höheren Anteil an Faser im Versuchsfutter (2 vs. 1%).

### 15.1. Allgemeinbefinden

Das Allgemeinbefinden der Tiere während des dreiwöchigen Vorversuchs war ungestört. In der dreiwöchigen Phase des Hauptversuches kam es bei zwei weiblichen Tieren der Kontrollgruppe zu geringgradigem, intermittierendem, blutigem Stuhlgang. Dabei war das Allgemeinbefinden nicht beeinträchtigt.

## 15.2. Futterakzeptanz und Futteraufnahme

Die Akzeptanz des Premium-Trockenalleinfuttermittels für Katzen, welches im dreiwöchigen Vorversuch angewendet wurde, war bei allen Tieren gut. Das Futter wurde von allen Tieren innerhalb einer halben Stunde aufgefressen.

Die Akzeptanz des Kontrollfutters sowie auch des Versuchsfutters war gering bis schlecht. Lediglich eine Gruppe, die weibliche Vierergruppe der Versuchsgruppe, hat das Versuchsfutter mäßig gut angenommen. Bei den restlichen Tieren war eine deutliche Abneigung sowohl gegen Kontroll- als auch Versuchsfutter feststellbar. Wiederholt wurde das Futter nicht komplett aufgefressen.

## 15.3. Futteranalyse

Zur Überprüfung der Herstellerangaben des Kontroll- und Versuchsfutters wurde im instituts-eigenen Labor eine Weender Analyse durchgeführt. Es wurde der TS-, der Ra-, der Rp-, der Rfe- und der Rfa-Gehalt bestimmt (Tab. 18).

**Tab. 18:** Weender Analyse und Herstellerangabe im Vergleich [% TS]

	<b>TS</b>	<b>Ra</b>	<b>Rp</b>	<b>Rfe</b>	<b>Rfa</b>	<b>NfE</b>
Eigene Analyse K	93,4	5,7	31,5	6,6	2,3	47,3
Herstelleranalyse K	90,0	6,5	30,0	10,0	1,5	42,0
Eigene Analyse V	93,4	5,5	31,3	6,8	3,7	46,1
Herstelleranalyse V	90,0	6,5	30,0	10,0	3,5	40,0

K = Kontrollfutter    V = Versuchsfutter

## 15.4. Kot

### 15.4.1. Vorversuch

#### 15.4.1.1. Kotmenge

Obwohl im Vorversuch das identische Futter verabreicht wurde, zeigten sich Unterschiede in den Kotmengen zwischen den Tieren, die im Hauptversuch in die Kontrollgruppe gingen und denen, die in die Versuchsgruppe gingen. Dieser Unterschied war bei der uS signifikant. Auch der Unterschied zwischen den männlichen Tieren der späteren Kontrollgruppe und Versuchsgruppe war signifikant (uS und TS), bei den weiblichen Tieren zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (Tab. 19).

**Tab. 19:** Gesamtmengen an Kot-uS und Kot-TS [g] der Gruppe K und V während des 3wöchigen Vorversuchs sowie die errechneten Differenzen zwischen den beiden Gruppen

	uS [g]					
	w	MW ± s	m	MW ± s	m+w	MW ± s
<b>Gruppe K</b>	1594	531 ± 136	1079	360 ± 60	2673	891 ± 187
<b>Gruppe V</b>	926	309 ± 39	719	240 ± 14	1645	548 ± 26
<b>Δ V vs. K</b>	- 668		- 360 *		- 1028 *	
	TS [g]					
	w	MW ± s	m	MW ± s	m+w	MW ± s
<b>Gruppe K</b>	476	159 ± 50	370	123 ± 20	846	282 ± 69
<b>Gruppe V</b>	314	105 ± 7	224	75 ± 11	538	179 ± 17
<b>Δ V vs. K</b>	- 162		- 146 *		- 308	

Gruppe K = spätere Kontrollgruppe    Gruppe V = spätere Versuchsgruppe

\* p<0,05

#### 15.4.1.2. Kotparameter

Während des Vorversuchs konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich des prozentualen Kot-TS-Gehalts und der Kotqualität zwischen der späteren Kontroll- und Versuchsgruppe festgestellt werden. Auch zwischen weiblichen und männlichen Tieren zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (Tab. 20).

**Tab. 20:** Pro Versuchswoche gemittelter Kot-TS-Gehalt [%] und Kotqualität sowie Gesamtmittelwert während des 3wöchigen Vorversuchs

Woche	1.	2.	3.	MW ± s
	<b>Kot-TS-Gehalt</b>			
<b>Gruppe K</b>	33,1	30,1	31,2	31,5 ± 1,6
<b>Gruppe V</b>	29,8	34,1	34,1	32,7 ± 2,5
	<b>Kotqualität</b>			
<b>Gruppe K (MW ± s)</b>	2,2 ± 0,27	2,1 ± 0,30	2,2 ± 0,42	2,2 ± 0,06
<b>Gruppe V (MW ± s)</b>	2,0 ± 0,30	2,2 ± 0,42	1,8 ± 0,35	2,0 ± 0,20

Gruppe K = spätere Kontrollgruppe    Gruppe V = spätere Versuchsgruppe

#### 15.4.2. Hauptversuch

##### 15.4.2.1. Kotmenge

Es waren hinsichtlich der Kot-uS- und -TS-Ausscheidung weder zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe noch zwischen weiblichen und männlichen Tieren statistisch signifikante Unterschiede erkennbar (Tab. 21).

**Tab. 21:** Gesamtmenge an Kot-uS und TS [g] der Kontroll- und Versuchsgruppe während des 3wöchigen Hauptversuchs sowie die errechneten Differenzen zwischen den beiden Gruppen

uS [g]						
	w	MW ± s	m	MW ± s	m+w	MW ± s
<b>K</b>	1845	615 ± 31	1050	350 ± 75	2895	965 ± 45
<b>V</b>	2059	686 ± 70	854	285 ± 86	2913	971 ± 53
<b>Δ V vs. K</b>	+ 214		- 196		+ 18	
TS [g]						
	w	MW ± s	m	MW ± s	m+w	MW ± s
<b>K</b>	533	178 ± 19	351	117 ± 22	884	295 ± 11
<b>V</b>	586	195 ± 30	268	89 ± 15	854	285 ± 15
<b>Δ V vs. K</b>	+ 53		- 83		- 30	

K = Kontrollfutter V = Versuchsfutter

#### 15.4.2.2. Kotparameter

Es zeigten sich ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Kot-TS-Gehalts, weder zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe noch zwischen weiblichen und männlichen Tieren (Tab. 22).

**Tab. 22:** Wöchentlich gemittelter Kot-TS-Gehalt [%] plus Gesamtmittelwert während des 3wöchigen Hauptversuchs

Woche	Kontrollfutter			Versuchsfutter		
	w	m	m+w	w	m	m+w
<b>4.</b>	29,5	31,8	30,5	24,8	36,1	27,8
<b>5.</b>	31,0	33,6	31,8	32,5	34,6	33,0
<b>6.</b>	26,1	35,5	29,4	28,2	26,1	27,4
<b>MW ± s</b>	28,9 ± 2,6	33,6 ± 1,9	30,6 ± 1,2	28,5 ± 3,8	32,3 ± 5,4	29,4 ± 3,1

Auch die Kotqualität unterschied sich weder zwischen den beiden Gruppen noch zwischen weiblichen und männlichen Tieren der Kontroll- und Versuchsgruppe signifikant (Tab. 23). Jedoch fiel in der weiblichen Vierergruppe der Versuchsgruppe eine deutlich schlechtere Kotqualität von 2,5 bis 3 (breiig) während des gesamten Hauptversuches auf.

**Tab. 23:** Wöchentlich gemittelte Kotqualität sowie Gesamtmittelwert während des 3wöchigen Hauptversuchs

Woche	Kontrollfutter			Versuchsfutter		
	w	m	m+w	w	m	m+w
4.	2,1 ± 0,31	1,9 ± 0,30	2,0 ± 0,31	2,5 ± 0,20	1,7 ± 0,26	2,1 ± 0,42
5.	2,2 ± 0,25	2,1 ± 0,22	2,2 ± 0,23	2,3 ± 0,24	1,8 ± 0,26	2,1 ± 0,33
6.	2,3 ± 0,31	2,0 ± 0,45	2,2 ± 0,35	2,6 ± 0,21	2,1 ± 0,32	2,4 ± 0,29
<b>MW ± s</b>	2,2 ± 0,10	2,0 ± 0,10	2,1 ± 0,12	2,5 ± 0,15	1,9 ± 0,21	2,2 ± 0,17

Im gruppenunabhängigen Vergleich war die Kotqualität aller männlichen Tiere gemeinsam während des dreiwöchigen Hauptversuchs signifikant ( $p < 0,5$ ) besser als die Kotqualität der weiblichen Tiere (2,3 vs. 1,9).

## 15.5. Gewicht

### 15.5.1. Vorversuch

Die Körpermasse blieb bei fast allen Tieren unverändert. Die Gewichtsschwankungen lagen bei maximal 4% (Tab. 24).

**Tab. 24:** Gewichtsentwicklung der Versuchstiere [kg] sowie Differenz [%] zwischen dem Anfangs- und dem Endgewicht während des Vorversuchs

Gruppe	Name	Anfangsgewicht 24.04.06 [kg]	Endgewicht 12.05.06 [kg]	$\Delta$ [%]
Gruppe K	Josy	2,5	2,6	+ 4,0
Gruppe K	Tattoo	2,2	2,2	0,0
Gruppe K	Paula	2,8	2,8	0,0
Gruppe K	Leni	4,1	4,2	+ 2,4
Gruppe K	Lucille	4,7	4,7	0,0
Gruppe K	Jean-Claude	4,5	4,5	0,0
Gruppe K	Garfield	4,6	4,5	- 2,2
Gruppe V	Micky	4,8	4,8	0,0
Gruppe V	Tobi	3,7	3,7	0,0
Gruppe V	Freddy	4,6	4,6	0,0
Gruppe V	Sushi	2,7	2,7	0,0
Gruppe V	Maggy	2,6	2,5	- 3,8
Gruppe V	Mary	2,4	2,4	0,0
Gruppe V	Sissi	2,4	2,4	0,0

Gruppe K = spätere Kontrollgruppe    Gruppe V = spätere Versuchsgruppe

### 15.5.2. Hauptversuch

Während des Hauptversuchs verloren 11 der 14 Versuchstiere sowohl in der Kontrollgruppe als auch in der Versuchsgruppe an Körpermasse. Gewichtsabnahmen von bis zu 10,7% des Körpergewichtes ließen sich trotz wöchentlicher Gewichtskontrollen nicht vermeiden. Lediglich bei drei Versuchstieren blieb das Gewicht, das die Tiere zu Beginn des Hauptversuchs hatten, unverändert (Tab. 25).

**Tab. 25:** Gewichtsentwicklung der Versuchstiere [kg] während des Hauptversuchs

Gruppe	Name	Anfangsgewicht 05.06.06 [kg]	Endgewicht 23.06.06 [kg]	$\Delta$ [%]
K	Josy	2,5	2,3	- 8,0
K	Tattoo	2,2	2,1	- 4,5
K	Paula	2,8	2,5	- 10,7
K	Leni	4,1	4,0	- 2,4
K	Lucille	4,6	4,4	- 4,3
K	Jean-Claude	4,4	4,2	- 4,5
K	Garfield	4,6	4,6	0,0
V	Micky	4,7	4,5	- 4,3
V	Tobi	3,6	3,5	- 2,8
V	Freddy	4,6	4,2	- 8,7
V	Sushi	2,6	2,5	- 3,8
V	Maggy	2,5	2,4	- 4,0
V	Mary	2,4	2,4	0,0
V	Sissi	2,4	2,4	0,0

K = Kontrollfutter    V = Versuchsfutter

### 15.6. Haarausscheidung

Im Teil II des Versuchs Faser Katze wurde der Kot nicht nur nach Versuchsgruppen, sondern auch nach Geschlecht getrennt gesammelt, um einen geschlechtsspezifischen Einfluss auf die Haarausscheidung auszuschließen. Um einen Einfluss der absolut abgesetzten Kotmenge auf die Haarausscheidung der Katzen auszuschließen, wurde zusätzlich die Menge der ausgeschiedenen Haarmenge auf die Kot-TS ermittelt.

#### 15.6.1. Vorversuch

Die Werte für die absolute Haarausscheidung unterschieden sich im Vorversuch, in dem beide Gruppen das identische Futter erhielten, sowohl zwischen den beiden Gruppen, als auch zwischen weiblichen und männlichen Tieren (Tab. 26).

**Tab. 26:** Wöchentliche absolute [g] und relative [%] Haarausscheidung während des 3wöchigen Vorversuchs nach Gruppen und Geschlecht getrennt

Woche	1.				2.				3.			
	Gruppe K		Gruppe V		Gruppe K		Gruppe V		Gruppe K		Gruppe V	
	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m
Haare absolut [g]	1,37	2,25	0,99	1,43	1,23	0,86	2,03	1,80	0,66	1,87	1,73	1,55
Summe w+m [g]	3,62		2,42		2,09		3,83		2,53		3,28	
Haare/TS [%]	0,71	1,59	0,99	2,27	1,22	0,84	1,99	2,32	0,39	1,48	1,53	1,85
Summe w+m [%]	1,09		1,49		1,03		2,13		0,82		1,67	

Gruppe K = spätere Kontrollgruppe    Gruppe V = spätere Versuchsgruppe

Die Gesamthaarausscheidung über den Zeitraum des dreiwöchigen Vorversuchs ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede in der absoluten Menge der ausgeschiedenen Haare zwischen der Gruppe K und der Gruppe V (Tab. 27).

Bei Umrechnung der ausgeschiedenen Haare auf die Kot-TS war die relative Haarausscheidung der weiblichen und männlichen Tiere der Gruppe V signifikant ( $p < 0,05$ ) höher als die der Gruppe K obwohl die Tiere der zukünftigen Kontrollgruppe und Versuchsgruppe ein identisches Futter erhielten.

Die relative Haarausscheidung der männlichen Tiere der Gruppe V war zunächst ebenfalls signifikant ( $p < 0,05$ ) höher als die der Gruppe K. Nach Umrechnung der Menge der ausgeschiedenen Haare auf die Anzahl der weiblichen und männlichen Versuchstiere (Gruppe K = 4 Weibchen; 3 Männchen; Gruppe V = 5 Weibchen; 2 Männchen) ergab sich jedoch eine nahezu identische Haarausscheidung der männlichen Tiere zwischen den beiden Gruppen.

**Tab. 27:** Gesamtmengen an absolut [g] und relativ [%TS] ausgeschiedenen Haaren während des 3wöchigen Vorversuchs sowie die berechneten Gesamtmengen pro Tier

	Gruppe K			Gruppe V		
	w	m	m+w	w	m	m+w
Haare absolut [g]	3,26	4,98	8,24	4,75	4,78	9,53
Haare absolut [g] /Tier	0,65	2,49	1,18	1,19	1,59	1,36
Haare/TS[%] /Gruppe	0,76 ± 0,43	1,31 ± 0,41	0,98 ± 0,14	1,51 ± 0,50	2,15 ± 0,26 *	1,77 ± 0,33 *
[%]/Tier	0,15	0,66	0,14	0,38	0,72	0,25

Gruppe K = spätere Kontrollgruppe    Gruppe V = spätere Versuchsgruppe

\* ( $p < 0,05$ )

Im gruppenunabhängigen Vergleich der absoluten und relativen Haarausscheidung zwischen weiblichen und männlichen Tieren war die Menge der ausgeschiedenen Haare bei den männlichen Tiere statistisch signifikant ( $p < 0,01$ ) höher als bei den weiblichen Tieren (Tab. 28).

**Tab. 28:** Wöchentliche absolute [g] und relative Menge [%TS] an ausgeschiedenen Haaren, gruppenunabhängig nach Geschlecht getrennt, während des Vorversuchs sowie Gesamtmittelwert und Umrechnung auf die Anzahl der Tiere

Woche	1.	2.	3.	MW ± s
<b>weibliche Tiere</b>				
<b>Haare [g]</b>	2,36	3,26	2,39	2,67 ± 0,51
<b>pro Tier</b>	0,26	0,36	0,27	0,30 ± 0,06
<b>Haare/TS [%]</b>	0,81	1,61	0,81	1,08 ± 0,46
<b>pro Tier</b>	0,09	0,18	0,09	0,12 ± 0,05
<b>männliche Tiere</b>				
<b>Haare [g]</b>	3,68	2,66	3,42	3,25 ± 0,53
<b>pro Tier</b>	0,74	0,53	0,68	0,65 ± 0,11 **
<b>Haare/TS [%]</b>	1,80	1,48	1,63	1,64 ± 0,16
<b>pro Tier</b>	0,36	0,30	0,33	0,33 ± 0,03 **

\*\* (p<0,01)

#### 15.6.2. Hauptversuch

Die Werte für die absolute und relative Haarausscheidung unterschieden sich sowohl zwischen den Gruppen, als auch zwischen weiblichen und männlichen Tieren nicht signifikant (Tab. 29).

**Tab. 29:** Wöchentliche absolute [g] und relative [%] Haarausscheidung während des Hauptversuchs nach Gruppen und Geschlecht getrennt

Woche	4.				5.				6.			
	K		V		K		V		K		V	
	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m
<b>Haare absolut [g]</b>	0,61	1,01	1,08	0,18	0,87	0,50	1,70	0,18	2,30	0,89	1,73	1,28
<b>Summe w+m [g]</b>	1,62		1,26		1,37		1,88		3,19		3,01	
<b>Haare/TS [%]</b>	0,35	0,75	0,58	0,18	0,44	0,54	0,74	0,25	1,42	0,72	1,01	1,31
<b>Summe w+m [%]</b>	0,53		0,45		0,47		0,63		1,12		1,11	

K = Kontrollfutter V = Versuchsfutter

Bezogen auf die Gesamthaarausscheidung während des dreiwöchigen Hauptversuchs relativierten sich die Unterschiede. Der Prozentanteil der ausgeschiedenen Haare im Kot betrug in der Kontrollgruppe 0,71% und in der Versuchsgruppe 0,73% (weibliche + männliche Tiere aufaddiert). Bei Umrechnung der absoluten und relativen Haarausscheidung auf die Anzahl der Tiere war sie in Kontroll- und Versuchsgruppe sogar identisch (0,88g und 0,10%). Auch zwischen weiblichen und männlichen Tieren gab es keine statistisch abzusi-chernden Unterschiede, weder in der absoluten noch in der relativen Haarausscheidung (Tab. 30).

**Tab. 30:** Gesamtmengen an absolut [g] und relativ [%TS] ausgeschiedenen Haaren während des Hauptversuchs sowie die Gesamtmengen auf die Anzahl der Versuchstiere umgerechnet

	Kontrollfutter			Versuchsfutter		
	w	m	m+w	w	m	m+w
<b>Haare absolut [g]</b>	3,78	2,4	6,19	4,51	1,64	6,15
<b>Haare absolut [g] /Tier</b>	0,76	1,2	0,88	1,13	0,55	0,88
<b>Haare/TS [%] /Gruppe</b>	0,74 ± 0,59	0,67 ± 0,11	0,71 ± 0,36	0,78 ± 0,21	0,58 ± 0,63	0,73 ± 0,35
<b>[%]/Tier</b>	0,15	0,34	0,10	0,20	0,19	0,10

Im gruppenunabhängigen Vergleich der weiblichen und männlichen Tiere untereinander ergab sich hinsichtlich der absoluten und relativen Haarausscheidung keine statistische Signifikanz (Tab. 31).

**Tab. 31:** Wöchentliche absolute [g] und relative Menge [%TS] an ausgeschiedenen Haaren, gruppenunabhängig nach Geschlecht getrennt, während des Hauptversuchs sowie Gesamtmittelwert und Umrechnung auf die Anzahl der Tiere

Woche	4.	5.	6.	MW ± s
	<b>weibliche Tiere</b>			
<b>Haare absolut [g]</b>	1,68	2,57	4,03	2,76 ± 1,19
<b>pro Tier</b>	0,19	0,29	0,45	0,31 ± 0,13
<b>Haare/TS[%]</b>	0,47	0,60	1,21	0,76 ± 0,39
<b>pro Tier</b>	0,05	0,07	0,13	0,08 ± 0,04
	<b>männliche Tiere</b>			
<b>Haare absolut [g]</b>	1,19	0,68	2,17	1,35 ± 0,76
<b>pro Tier</b>	0,24	0,14	0,43	0,27 ± 0,15
<b>Haare/TS[%]</b>	0,51	0,41	0,98	0,64 ± 0,30
<b>pro Tier</b>	0,10	0,08	0,20	0,13 ± 0,06

## 16. Versuch Faser Hund:

Der Einfluss einer speziellen Cellulosefaser als Futterkonzentratzusatz im Vergleich zu herkömmlicher Weizenkleie auf das Kotvolumen und ausgewählte Parameter der Verdauung wurde untersucht.

### 16.1. Allgemeinbefinden

Das Allgemeinbefinden der Versuchshunde war während der gesamten Studie ungestört.

## 16.2. Futterakzeptanz und Futteraufnahme

Es bestanden keine Unterschiede hinsichtlich Akzeptanz und Futteraufnahme zwischen Kontroll- und Faserkonzentratfutter. Die Akzeptanz war bei beiden Gruppen und Versuchsdurchgängen sehr gut. Die Tagesration wurde prompt aufgefressen, wobei die Aufnahmezeit deutlich unter fünf Minuten lag.

## 16.3. Futteranalyse

Bei der Kontroll- und Faserkonzentration handelte es sich um Trockenalleinfutter für Hunde, die für diesen Versuch hergestellt wurden.

An die LUFA-ITL Kiel zur Untersuchung eingesandte Futterproben zeigten deutliche Abweichungen von den Herstellerangaben. Beim Rfa-Gehalt ermittelte die LUFA deutlich niedrigere Werte verglichen mit den Herstellerwerten (3,5 vs. 7,0% im Kontrollfutter bzw. 3,4 vs. 6,8% im Faserkonzentratfutter) Der Rp-Gehalt war deutlich höher als vom Hersteller angestrebt (27,8 vs. 20,7% im Kontrollfutter bzw. 27,2 vs. 20,9% im Faserkonzentratfutter) (Tab. 32).

**Tab. 32:** LUFA Futteranalyse und Herstellerangabe im Vergleich [% TS]

<b>Futter</b>	<b>TS</b>	<b>Ra</b>	<b>Rp</b>	<b>Rfe</b>	<b>Rfa</b>	<b>NfE</b>
LUFA Analyse K	91,8	6,5	27,8	8,3	3,4	45,8
Herstelleranalyse K	87,1	5,2	20,7	8,2	6,8	46,2
LUFA Analyse FK	91,0	5,7	27,2	8,1	3,5	46,5
Herstelleranalyse FK	88,2	4,8	20,9	7,8	7,0	47,7

K = Kontrollfutter    FK = Faserkonzentratfutter

## 16.4. Gewicht

Die Differenz zwischen dem Anfangs- und Endgewicht lag bei keinem Tier höher als 200 g (Tab. 33).

**Tab. 33:** Gewichtsentwicklung der Versuchstiere [kg], plus Differenz zwischen dem Anfangs- und Endgewicht [g]

Gruppe	Name	6.2.	17.2.	24.2.	3.3.	10.3.	17.3.	24.3.	$\Delta$ Anfangs- vs. Endgewicht [%]
1	Maja	12,5	12,7	12,7	12,6	12,8	12,8	12,7	+ 200
1	Milka	11,4	11,6	11,4	11,6	11,5	11,6	11,6	+ 200
1	Vicky	13,4	13,6	13,5	13,7	13,7	13,7	13,6	+ 200
1	Flossie	12,1	12,1	12,2	12,3	12,3	12,3	12,3	+ 200
1	Britney	11,4	11,6	11,5	11,5	11,6	11,6	11,6	+ 200
1	Lizzy	11,6	11,7	11,6	11,7	11,8	11,7	11,7	+ 100
1	Laura	11,8	11,9	11,6	11,6	11,6	11,8	11,7	- 100
1	Swenja	13,1	13,3	13,4	13,4	13,4	13,4	13,3	+ 200
2	Jeanny	11,2	11,2	11,1	10,9	10,9	11,0	11,0	- 200
2	Puzzle	12,2	12	12,2	12,2	12,0	12,0	12,0	- 200
2	Alice	12,8	12,8	12,7	12,7	12,5	12,5	12,6	- 200
2	Marie	12,2	12,2	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	- 200
2	Chess	12,3	12,3	12,3	12,0	12,1	12,3	12,2	- 100
2	Tequila	12,3	12,5	12,5	12,4	12,5	12,5	12,5	+ 200
2	Jana	11,5	11,3	11,4	11,3	11,4	11,5	11,5	0
2	Speedy	13,5	13,7	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	0

## 16.5. Kot

### 16.5.1. Kotmenge

Im einwöchigen Vorversuch, in der an beide Gruppen das gleiche kommerziell erhältliche Trockenfutter verfüttert wurde, war die Kotmenge (uS und TS) bei beiden Gruppen identisch. Bereits eine Woche nach Versuchsbeginn zeigte sich Unterschiede in der Kotmenge zwischen den beiden Gruppen, die im zweiten Versuchsdurchgang nach dem Crossover (4.-6. Woche) signifikant wurden (Tab.34).

**Tab. 34:** Wöchentliche Kot-uS und -TS [g] der Kontroll- und Faserkonzentratgruppe sowie die errechneten Differenzen zwischen den beiden Gruppen vor (1.-3. Woche) und nach dem Crossover (4.-6. Woche)

Woche	1.	2.	3.	4.	5.	6.	MW $\pm$ s
	<b>uS [g]</b>						
<b>K</b>	5968	7032	6955	7120	8938	8346	7393 $\pm$ 1070
<b>FK</b>	5279	5993	6320	4523	6176	5103	5566 $\pm$ 708
<b><math>\Delta</math> FK vs. K</b>	- 689	- 1039	- 635	- 2597 **	- 2762 *	- 3243 ***	1827 $\pm$ 362
	<b>TS [g]</b>						
<b>K</b>	1604	1872	1911	2000	2537	2336	
<b>FK</b>	1514	1785	1871	1292	1738	1470	
<b><math>\Delta</math> FK vs. K</b>	- 90	- 87	- 40	- 708 **	- 799 **	- 866 **	431 $\pm$ 116

K = Kontrollfutter    FK = Faserkonzentratfutter

\* ( $p < 0,05$ )    \*\* ( $p < 0,01$ )    \*\*\* ( $p < 0,001$ )

Bezogen auf die Gesamtmenge an Kot in beiden Versuchsdurchgängen wurde von den Hunden, die das Kontrollfutter erhielten, signifikant mehr Kot abgesetzt als von denen, die mit dem Faserkonzentratfutter gefüttert wurden (44359 vs. 33395 g uS bzw. 12260 vs. 9670 g TS). Besonders nach dem Crossover, also im zweiten Versuchsdurchgang (4.-6. Woche), zeigten sich diese Unterschiede in der Kotmasse (Tab. 35).

**Tab. 35:** Zusammenfassung der Mengen an Kotfrisch- und -trockensubstanz [g] beider Versuchsdurchgänge

	Kotmenge [g uS]			Kotmenge [g TS]		
	K	FK	Differenz	K	FK	Differenz
<b>1. Durchgang</b>	19955	17592	2363	5387	5170	217
<b>2. Durchgang</b>	24404	15803	8601	6873	4500	2373
<b>Gesamt</b>	44359	33395	10964 **	12260	9670	2590 *

K = Kontrollfutter    FK = Faserkonzentratfutter

\* ( $p < 0,05$ )

### 16.5.2 Kotparameter

Der Kot-TS-Gehalt war nach Verfütterung des Faserkonzentratfutters über den gesamten Versuchszeitraum statistisch signifikant ( $p < 0,01$ ) höher als in der Kontrollgruppe.

Die Kotqualität wurde überwiegend optimal mit 2 beurteilt. Zu keinem Zeitpunkt war eine flüssige Kotqualität zu beobachten. Die wöchentlich gemittelte Kotqualität nach Verfütterung des Kontroll- und Faserkonzentratfutters war zusammengefasst über den Versuchszeitraum von sechs Wochen bei beiden Gruppen identisch.

Die wöchentlichen pH-Wert Schwankungen waren gering und es war kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Kot-pH-Werten der Kontroll- und Faserkonzentratgruppe erkennbar. In der Woche der Vorsammlung war der pH-Wert beider Gruppen nahezu identisch (Tab. 36).

**Tab. 36:** Wöchentlicher Kot-TS-Gehalt [%], Kotqualität und pH-Werte vor (1.-3. Woche) und nach (4.-6. Woche) dem Crossover sowie dazugehörige Gesamtmittelwerte

Wochen	1.	2.	3.	4.	5.	6.	MW ± s
	<b>Kot-TS-Gehalt</b>						
<b>K</b>	26,9	26,6	27,5	27,9	28,4	28,0	27,5 ± 0,7
<b>FK</b>	28,5	29,3	29,6	28,1	28,1	28,8	28,8 ± 0,6 **
	<b>Kotqualität</b>						
<b>K</b>	2,2 ± 0,35	2,3 ± 0,28	2,3 ± 0,37	2,2 ± 0,25	2,3 ± 0,25	2,2 ± 0,24	2,3 ± 0,1
<b>FK</b>	2,1 ± 0,21	2,1 ± 0,17	2,2 ± 0,23	2,2 ± 0,25	2,4 ± 0,31	2,4 ± 0,26	2,3 ± 0,1
	<b>pH-Wert</b>						
<b>K</b>	6,7	6,6	6,5	6,7	6,6	6,3	6,6 ± 0,2
<b>FK</b>	6,3	6,4	6,4	6,7	6,7	6,4	6,5 ± 0,2

K = Kontrollfutter    FK = Faserkonzentratfutter

\*\* (p<0,01)

## V. Diskussion

### 17. Kritik der Methode

#### 17. 1. Versuch Faser Katze Teil I + II

##### 17.1.1. Versuchsplan

Im Teil I des Versuchs Faser Katze wurde bei der Methodik ein Crossoverdesign mit dreitägiger Anfütterungsphase gewählt. Dieser Versuchsaufbau hat den Vorteil, dass Effekte aufgrund individueller Unterschiede der Katzen bezüglich der Haaraufnahme und Haarausscheidung minimiert werden. Jede Katze befindet sich somit einmal in der Kontroll- und einmal in der Versuchsgruppe. Jahreszeitliche Einflüsse auf den Fellwechsel sind bekannt (Scott, 1990). Somit konnte auch ein zeitlicher Einfluss auf die ausgeschiedene Haarmenge vermutet werden. Im ersten Teil des Versuchs sollte ein größerer Einfluss der Jahreszeit und Temperaturen durch einen schnellen Wechsel bei dem Crossover minimiert werden. Außerdem wurden immer Kontrolltiere parallel zur Versuchsgruppe geführt. Ein Nachteil dieser Versuchsanstellung ist die mögliche Verschleppung eines Fasereffektes bei den Tieren, die im ersten Abschnitt die Versuchsration und im zweiten Abschnitt die Kontrollration erhielten. Aus der Literatur sind keine Informationen über die Dauer von Fasereffekten bekannt, die einen solchen Versuchsaufbau von vornherein ausgeschlossen hätten.

Trotzdem wurde aufgrund unklarer Ergebnisse im Teil I im darauf folgenden Teil II des Versuchs eine Aufteilung der zur Verfügung stehenden Tiere in Kontroll- und Versuchsgruppe durchgeführt und beide Gruppen parallel untersucht.

Die Vorbedingung für eine Versuchsauswertung ist die Beschränkung der Aufnahme an Fremdfaser, wie z.B. Gras oder Teppichfasern. Während des Versuchsdurchganges Teil I hatte eine Versuchsgruppe (die männlichen Tiere) während der gesamten Versuchsdauer Zugang zu einem Außenzwinger. Aufgrund der Jahreszeit (Winter) wurde die Möglichkeit der unkontrollierten Faseraufnahme allerdings weitestgehend ausgeschlossen. Alle Tiere haben grundsätzlich in der Tierhaltung des Institutes auf den Liegeflächen Handtücher oder Fluschdecken (Fa. Buster). Diese wurden vor Versuchsbeginn nicht entfernt, da keine Notwendigkeit dazu gesehen wurde. Erst nach der Siebanalyse der ersten Versuchswochen am Tag 8 wurde klar, dass sich Fasern dieser Unterlagen im Kot wiederfinden. Daraufhin wurden sämtliche Unterlagen aus den Zwingern entfernt; ebenso wurden schon einige Wochen vor Beginn des Teil II alle faserhaltigen Utensilien heraus genommen. Vorsichtshalber und auch aufgrund der Jahreszeit (Frühsommer) erhielt während Teil II des Versuchs sowie bereits Wochen vor Versuchsbeginn kein Tier Auslauf. Trotzdem kann eine Aufnahme von Fremdfasern aus der Einrichtung nicht hundertprozentig ausgeschlossen werden.

Einzige Möglichkeit für eine noch striktere Vermeidung von Möglichkeiten des Beleckens von faserhaltiger Einrichtung wäre gewesen, die Tiere in Stoffwechselkäfigen aus Metall zu halten. Allerdings ist die Haltung in derart kleinen Käfigen über einen Zeitraum von ca. 2,5 Monaten (Vorversuch, Anfütterung jeweils 2 mal 3 Wochen Versuch) von Seiten des Tiereschutzes aus für die hier angestrebten Zwecke nicht vertretbar.

Ein Anhaften von Haaren am Kot, die nicht über den Verdauungstrakt ausgeschieden wurden, wäre hier sogar noch viel wahrscheinlicher gewesen. Diese Kontamination mit Haaren von außen hätte die Versuchsergebnisse sicherlich noch stärker verfälscht, als die Effekte möglicherweise akzidentell aufgenommener Fremdfasern.

Mögliche Einflussfaktoren wie Temperatur, Jahreszeit, Sexualzyklus, Fellwechsel etc. konnten bei beiden Modellen nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Hinsichtlich des Versuchsdesigns ist zu spekulieren, ob eine deutliche Verlängerung der Versuchsdauer eindeutiger Ergebnisse erbracht hätte. Durch eine massive zeitliche Ausdehnung könnten wahrscheinlich verzögerte Effekte minimiert und individuelle Einflüsse deutlicher sichtbar gemacht werden. Ein solcher Aufwand stand bei diesem Versuch nicht zur Debatte; weitere modulierende Einflüsse wären hinzugekommen. So stand die schlechte Akzeptanz des Versuchsfutters (v.a. Teil II) einer Verlängerung über den Zeitraum von 3 Wochen eindeutig entgegen. Akzeptanzprobleme von rohfaserreichen Futtermitteln sind aus der Literatur bekannt (*Prola et al. 2006*). Allerdings lagen die Rohfaserzusätze deutlich über denen im eigenen Versuch.

Eine Möglichkeit wäre, bei einem länger andauernden Versuch die Faser in ein Feuchtfutter mit einer hohen Akzeptanz einzumischen. Eine deutlich höhere Anzahl an Versuchstieren könnte statistisch die individuelle und gruppeninterne Variabilität bezüglich der Haarausscheidung senken. Besonders in dem Modell des Parallelversuchs hätte eine größere Anzahl an Versuchstieren die Gefahr von physiologischen und verhaltensspezifischen Unterschieden, z.B. Putzfrequenz, minimiert. Die Praxisrelevanz der Ergebnisse wäre hierbei allerdings nicht eindeutig gewesen.

#### 17.1.2. Versuchsablauf

Im Teil I wurde die Kotsammlung aus technischen Gründen an den Wochenenden unterbrochen und die Katzen erhielten ihre gewohnten Toiletten mit Katzenstreu. Es kam in diesem Versuchsdurchgang zu relativ häufigem Kotabsatz außerhalb der Katzentoiletten. Im Teil II wurden die Toiletten über den gesamten Versuchszeitraum mit PE-Kügelchen ausgestreut in der Annahme, dass die Tiere sich ohne Pause an den Wochenenden besser an die Kügelchen gewöhnen würden. Die Tendenz zur Unsauberkeit stieg aber bei ununterbrochener Einstreu der Toiletten mit PE-Kugeln.

Der neben die Toiletten abgesetzte Kot wurde im Teil I ebenfalls gesammelt und gesiebt. Durch die oft starke oberflächliche Verklebung dieses Kots mit Haaren wäre es zu Ergebnisverfälschungen kommen. Aus diesem Grund wurde der Kot im Teil II des Hauptversuchs zwar mitgesammelt, aber keine Siebanalyse durchgeführt. Er diente lediglich zur Kot-TS Bestimmung. Im Vorversuch wurde dieser außerhalb der Toiletten abgesetzte Kot nicht gesammelt.

#### 17.1.3. Futteranalyse

In der eigenen Analyse wichen die Werte für Kontroll- und Versuchsfutter sowohl bei Versuch Faser Katze Teil I als auch Teil II, außer beim Rohfett, nur geringfügig von den Herstellerangaben ab. Laut aktueller Futtermittelverordnung 2006 ist beim Rohfett eine 12%ige relative Abweichung des angegebenen Wertes zulässig. Die angegebenen Werte sind im Kontroll- und Versuchsfutter des Teil I um ca. 26% zu niedrig und im Kontroll- und Versuchsfutter des Teil II um ca. 32% zu niedrig. Die Werte liegen somit eindeutig außerhalb der verfahrenstechnischen bedingten und tolerierbaren Schwankungen.

Da Kontroll- und Versuchsfutter in gleicher Richtung Abweichungen aufweisen, ist eine Auswertung der Ergebnisse möglich.

## 17.2. Versuch Faser Hund:

### 17.2.1. Versuchsplan

Ebenso wie bei den Katzen bestand auch bei den Hunden eine gewisse Restgefahr für die Aufnahme an Fremdfasern aus der Umgebung, die aufgrund der Einflussnahme auf die Haltung (Herausnahme von Decken, Kauartikeln und Spielholz) aber gering war.

Eine gewisse Menge an Kot geht bei der Gruppenhaltung und der Unterbringung in größeren Zwingern (auch bei Einzelhaltung) verloren. Dies geschieht einmal durch Zertreten der Haufen, Verteilen auf dem Boden besonders bei ungeformtem Stuhl und durch Kotfressen innerhalb der Meute. Eine Haltung der Hunde in Bilanzkäfigen hätte diese Fehlerquellen zumindest zu einem gewissen Grad reduziert. Da jedoch der Aufwand und der Stress für die Tiere nicht im Verhältnis zu den Ergebnissen gestanden hätten, wurde bewusst das Crossoverdesign gewählt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Crossovermodell für den Nachweis der entsprechenden Effekte geeignet war.

### 17.2.2. Versuchsablauf

Ein vollständiges quantitatives Kotsammeln war nicht möglich. Kotfressen und Zertreten des Kots, besonders über Nacht, ließ sich nicht gänzlich vermeiden. Eine 24stündige Beobachtung über den gesamten Versuchszeitraum mit mehreren Beobachtern pro Käfig und einer sofortigen Probenentnahme war praktisch nicht durchführbar.

### 17.2.3. Futteranalyse

Die Rohnährstoffanalytik ergab eine große Diskrepanz zwischen Herstellerangaben und tatsächlichen Gehalten. Besonders der versuchsrelevante Rfa-Wert ist mehr als 100 % niedriger als vom Hersteller angegeben.

Ziel des Versuchs war es ursprünglich, die Einflüsse der beiden Faserquellen bei rohfaserreichen Rationen zu überprüfen. Aufgrund der viel zu geringen Rohfasergehalten in den Rationen können allerdings sämtliche Aussagen entsprechend nur für den Bereich von ca. 3 bis 3,5% Rfa in der TS getroffen werden. Hierbei handelt es sich um eine Rohfaserkonzentration, die deutlich unterhalb von Restriktionsdiäten und anderen faserreichen Diäten lag, allerdings im Bereich bis leicht oberhalb durchschnittlicher Alleinfuttermittel für Hunde. Laut aktueller Futtermittelverordnung 2006 gibt es keine Toleranzangaben bezüglich Unterschreitung des Rohfasergehalts.

Der Rohproteingehalt liegt im Kontroll- und Faserkonzentratfutter um durchschnittlich sieben Prozentpunkte höher als vom Hersteller angegeben. Laut Futtermittelverordnung gibt es keine Toleranzgrenzen hinsichtlich der Überschreitung des angegebenen Proteinwertes.

## **18. Fasereffekte**

### 18.1. Versuch Faser Katzen Teil I + II

Die im Versuch Faser Katze Teil I + II eingesetzte Faser besteht aus einer hochreinen, weißen, langfaserigen Cellulose mit einer durchschnittlichen Faserlänge von 700µm und einer durchschnittlichen Faserdicke von 20µm. Der Einsatz dieser Faser erfolgte in dem vorliegenden Versuch zusätzlich zur normalerweise in dem kommerziell erhältlichen Futter

vorhandenen Faserquelle. In der Kontrollgruppe wurde diese Cellulosefaser durch den gleichen Anteil Weizenmehl ersetzt. Weizenmehl besteht aus mehr oder weniger großen Anteilen von Mehlkörper, Keimling sowie Resten der Schalenanteile und somit aus variierenden Anteilen an Faser, Stärke, Protein, Vitaminen und Mineralstoffen. So existieren unterschiedliche Typen von Mehlen entsprechend ihrem Stärkegehalt sowie Nach- und Futtermehle mit deutlich höherem Rfa-Gehalt. Genauere Zusammensetzungen des hier verwendeten Weizenmehls liegen nicht vor.

#### 18.1.1. Kotqualität

Während des gesamten Versuchs Faser Katze war die Kotqualität zwischen der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe nur geringgradig unterschiedlich. Sie lag gemittelt über den Zeitraum beider Teile des Versuchs während der Fütterung des Kontrollfutters bei 2,2 und bei Fütterung des Versuchsfutters bei 2,1 Beurteilungseinheiten. Auch im geschlechterabhängigen Vergleich zeigten sich im Teil I und im Vorversuch Teil II keine signifikanten Unterschiede. Einzig im Hauptversuch Teil II war die gemittelte Kotqualität über die dreiwöchige Versuchsdauer bei den männlichen Tieren signifikant besser als bei den weiblichen (1,9 vs. 2,3). Bei den weiblichen Tieren kam es in dieser Endphase des Versuchs gehäuft zu breiigem Kot. Die weiblichen Tiere reagierten wesentlich empfindlicher auf die Versuchsbedingungen, z.B. PE-Kügelchen als Einstreu, als die männlichen Tiere. Dies spiegelte sich nicht nur in Unsauberkeit, d.h. Kotabsatz außerhalb der Toilette, sondern vermutlich auch in schlechterer Kotqualität wider. Stress und damit verbundener Adrenalinausstoß können zu Durchfall führen. Da die Tiere gemeinsam gehalten wurden, können aber auch andere Einflüsse wie Infektionen ohne weitere klinische Symptomatik nicht ausgeschlossen werden.

#### 18.1.2. Kotmenge (uS und TS)

Im Versuch Faser Katze Teil I scheidet die Versuchsgruppe über die gesamte Versuchsdauer betrachtet 752g uS (16,5% der Gesamtmenge) bzw. 329g TS (22,4% der Gesamtmenge) mehr aus als die Kontrollgruppe, diese Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant. Im Versuch Faser Katze Teil II zeigt sich im Vorversuch ein signifikanter Unterschied in der Kot-uS-Ausscheidung (Tab. 19, 1028g,  $p < 0,05$ ) zwischen der späteren Kontroll- und Versuchsgruppe. Auch zwischen den männlichen Tieren beider Gruppen besteht im Gegensatz zu den weiblichen Katzen ein signifikanter Unterschied (360g uS bzw. 146g TS). Da die Struktur der beiden Gruppen (Geschlecht, Größe, Alter, Gewicht, tägliche Futtermenge) recht ausgeglichen war und beide Gruppen während des Vorversuchs das gleiche Trockenfutter erhielten, waren große Unterschiede zwischen den Kotmengen nicht zu erwarten gewesen. Die Unterschiede bei den erfassten Kotmengen sind damit zu erklären, dass während des Vorversuchs der neben die Toiletten abgesetzte Kot nicht mitgesammelt wurde und somit mengenmäßig nicht erfasst wurde. Die Werte spiegeln somit nur eine Teilmenge des abgesetzten Kots wieder und sind nur bedingt aussagekräftig. Im Hauptversuch des Versuchs Faser Katze Teil II traten hingegen wie im Teil I keine statistischen Unterschiede hinsichtlich der Kotmenge (uS und TS) zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe auf, da der neben die Toiletten abgesetzte Kot wieder mitgesammelt und somit mengenmäßig erfasst wurde. Die Relevanz der abgesetzten Kotmenge hat für die Fragestellung im vorliegenden Versuch nur eine untergeordnete Rolle, da die Haarausscheidung auch in Relation zur Kotmenge beurteilt wurde.

### 18.1.3 Menge der ausgeschiedenen Haare

Fremdkörper wie Trichobezoare sind im Magen von Menschen und Tieren für gewöhnlich ein selbst limitierendes Problem, da bei Individuen mit normaler Magenfunktion mehr als 90% ohne Symptome wieder ausgeschieden werden (*Coulter et al., 2005*). Im Allgemeinen entledigen sich Katzen der abgeschluckten Haare zu einem gewissen Anteil durch Erbrechen (*Dann et al., 2004*). Zur Unterstützung dieses Vorgangs wird den Tieren üblicherweise Rohfaser in Form von Katzengras angeboten, Freigänger versorgen sich selbst mit geeignetem Pflanzenmaterial. Jedoch ist besonders für Besitzer von reinen Wohnungskatzen das Erbrechen der Haarkonglomerate mit der dadurch verbundenen Verunreinigung der Wohnung ein nicht zu unterschätzendes Problem. Bei nicht ausreichender Faserzufuhr kann es aber zur Anhäufung der Haare z.B. im Magen kommen und es besteht die Gefahr von mechanischen Obstruktionen, die nur chirurgisch behandelt werden können. Die Intention für den Einsatz von „Anti-Haarball“-Faser wie im vorliegenden Versuch ist die Haarausscheidung mit dem Kot um das vom Katzenbesitzer unerwünschte Erbrechen der Tiere zu verhindern und gleichzeitig die Entstehung von klinisch relevanten Trichobezoaren zu vermeiden.

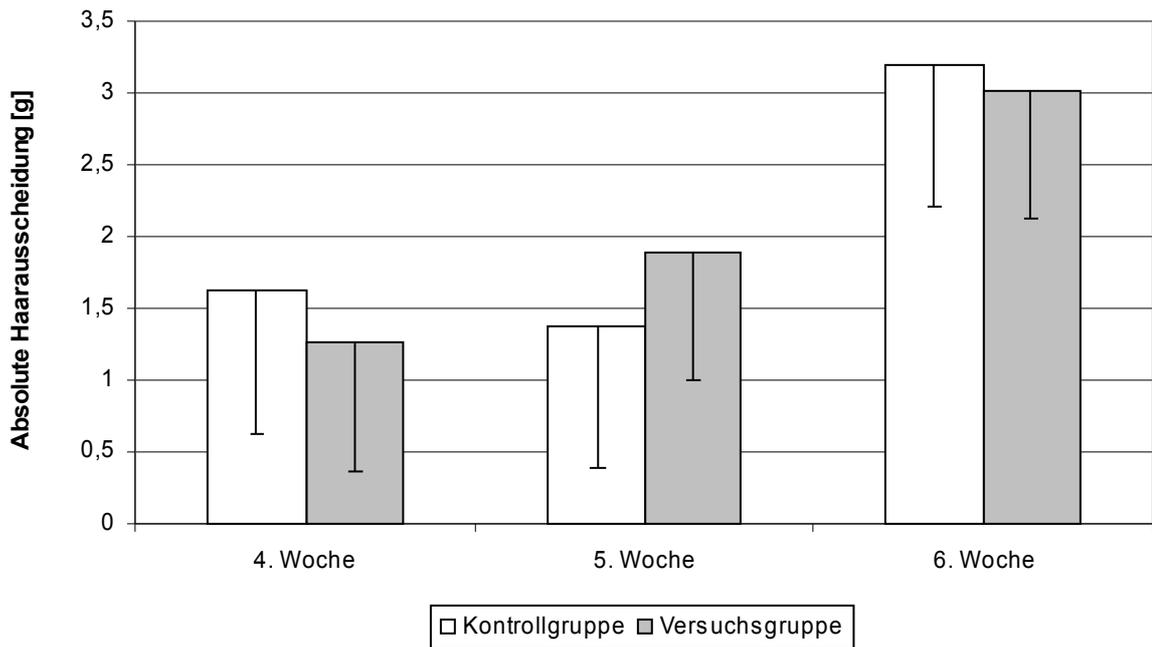
Es existiert kaum Literatur, die den Einfluss diätetischer Rohfaser auf die fäkale Haarausscheidung bei Katzen beschreibt. Gelegentlich wird im Zusammenhang mit anderen Tierarten (Kaninchen, Schaf, Ratte, Rind) ein Zusammenhang von Haarkonglomeraten im Magen-Darm-Trakt und rohfaserarmer Fütterung beschrieben (*Dann et al., 2004*). Detaillierte Angaben über verwendete Faserquellen sind nicht zu finden.

In beiden Teilen des Versuchs Faser Katze sind beträchtliche Unterschiede bei den ausgeschiedenen Haarmengen (absolut und relativ) mit hohen Standardabweichungen zu beobachten, jedoch ohne erkennbare Systematik.

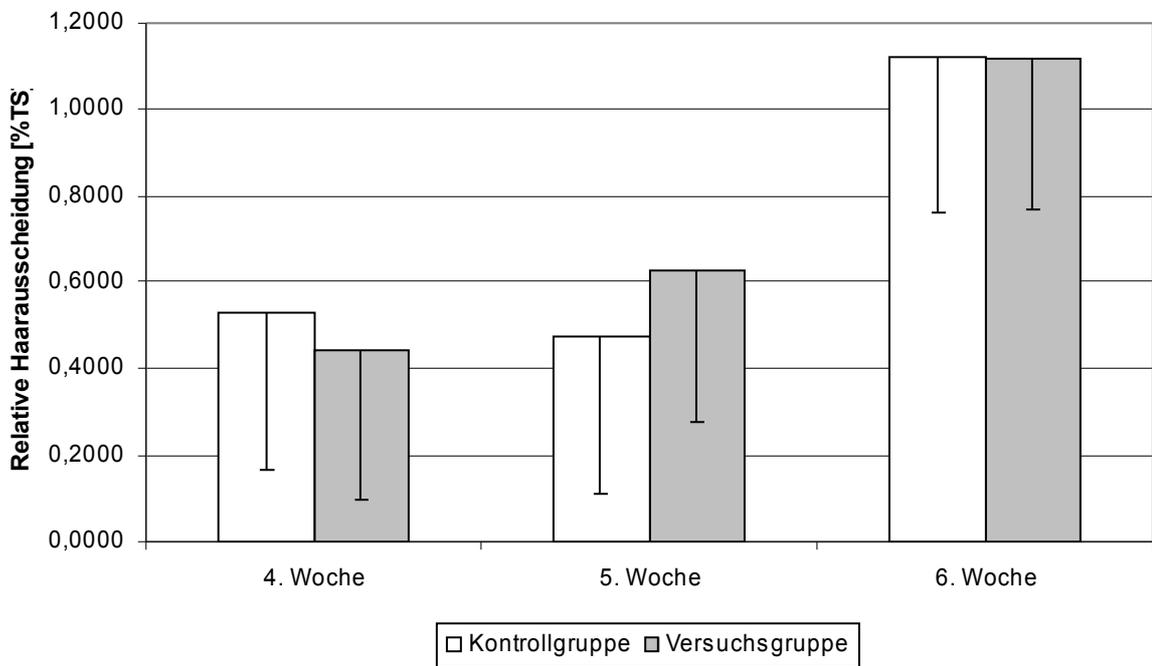
Im Teil I des Versuchs Faser Katze traten deutliche Veränderungen der ausgeschiedenen Haarmengen (absolut und relativ) sowohl innerhalb der Gruppen als auch zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe auf, die allerdings nicht statistisch abgesichert werden konnten.

Im Vorversuch des Versuchs Faser Katze Teil II war kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der absolut ausgeschiedenen Haarmenge zwischen der späteren Kontroll- und Versuchsgruppe feststellbar. Bei Umrechnung der ausgeschiedenen Haare auf die Kot-TS ergab sich eine signifikant höhere Haarausscheidung bei den Tieren der späteren Versuchsgruppe im Vergleich zu denen der späteren Kontrollgruppe. Da beide Gruppen während des Vorversuchs das gleiche Futter erhielten, lässt sich dieses Ergebnis nur durch individuelle Unterschiede wie z.B. unterschiedlichem Putzverhalten und Haarwechsel und damit unterschiedlicher Haaraufnahme erklären. Offensichtlich ist die Varianz bei der fäkalen Haarausscheidung selbst bei einheitlicher Haltung, Fütterung und Tiermaterial derart groß, dass solche statistischen Artefakte entstehen.

Im Hauptversuch waren jedoch die Kontroll- und die Versuchsgruppe in ihrer Haarausscheidung nahezu identisch, es war also kein Effekt des Futters zu verifizieren (Abb. 4, 5). Ob die im Vorversuch ermittelten, statistisch abgesicherten Unterschiede der Gruppen einen möglichen Fasereffekt im Hauptversuch maskiert haben, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden.



**Abb. 4:** Wöchentliche absolute Haarauscheidung [g] aller Tiere der Kontroll- und Versuchsgruppe während des Hauptversuchs Faser Katze Teil II



**Abb. 5:** Wöchentliche relative Haarauscheidung [%TS] aller Tiere der Kontroll- und Versuchsgruppe während des Hauptversuchs Faser Katze Teil II

Die Ergebnisse der beiden Katzenversuche zur fäkalen Haarausscheidung lassen an der Aussagekraft des vorliegenden Versuchsaufbaus Zweifel aufkommen. Ob eine höhere Tierzahl oder eine längere Versuchsdauer zu klareren Ergebnissen geführt hätte, muss bei diesem Kenntnisstand bezweifelt werden.

Da Daten in der Literatur faktisch kaum vorliegen, ist eine Absicherung bzw. Einordnung eigener Ergebnisse nicht möglich. Eventuell ist die hohe Variabilität und entsprechend schlechte Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ein Grund für die wenigen, vorliegenden Daten. Eine andere Überlegung ist, dass firmenpolitische Gründe wie Geheimhaltung spezieller Faserformulierungen aus Wettbewerbsgründen hierbei auch eine Rolle spielen könnten.



**Abb. 6:** Menge an ausgeschiedenen Haaren der Gruppe K in der 2. Woche des Vorversuchs Faser Katze Teil II



**Abb. 7:** Menge an ausgeschiedenen Haaren der Gruppe V in der 2. Woche des Vorversuchs Faser Katze Teil II



**Abb. 8:** Menge an ausgeschiedenen Haaren der Kontrollgruppe in der 6. Woche des Hauptversuchs Faser Katze Teil II



**Abb. 9:** Menge an ausgeschiedenen Haaren der Versuchsgruppe in der 6. Woche des Hauptversuchs Faser Katze Teil II

Im Vergleich zu dem im Winter durchgeführten ersten Versuchsteil sind die durchschnittlichen Haarmengen [%TS] im Vor- und Hauptversuch Teil II in Kontroll- und Versuchsgruppe deutlich höher. Hierbei dürfte es sich um einen jahreszeitlichen Effekt handeln. Eine Studie zum saisonalen Haarverlust bei Katzen zeigte die höchsten Haarverluste im Frühling und Sommer und die niedrigsten Haarverluste im Winter (*Hendriks et al., 1998*). Die jahreszeitlichen Schwankungen des Haarverlusts gewährleisteten einen weniger dichten Haarkleid während der hohen Temperaturen im Sommer und das dichteste Haarkleid im Winter (*Baker, 1994; Hendriks et al., 1998*). Laut *Hendriks et al. (1998)* ist die Ausscheidung von

Haaren mit dem Kot vom jahreszeitlich bedingten Fellwechsel abhängig. Er untersuchte über einen Zeitraum von einem Jahr die Haarverluste von verdauten und nicht verdauten Haaren an 16 adulten Katzen (acht weiblichen und acht männlichen Tieren). Die Haarverluste zeigten über das Jahr einen einer Sinusfunktion folgenden Verlauf mit einem Maximum im Sommer und einem Minimum im Winter. Erwachsene Katzen wiesen einen Haarverlust von 28,1 g/kg KM pro Jahr auf, wobei sich zwei Drittel dieses Verlusts im Kot wieder fanden. Diese Studie macht deutlich, dass die Jahreszeit, in der der Versuch stattfindet, entscheidend für das Ergebnis ist. Der Versuch Faser Katze Teil I mit den geringsten Mengen an ausgeschiedenen Haaren fand im Winter statt. Der Vorversuch Faser Katze Teil II fand im Frühsommer statt, in der Zeit, in der ein deutlich höherer Haarverlust zu verzeichnen ist als im Winter. Der Hauptversuch Teil II liegt laut Einschätzung von *Hendriks et al.* (1998) genau in der Mitte, was sich auch in unseren Werten an ausgeschiedenen Haaren widerspiegelt. Die gemessenen Werte sind niedriger als im Vorversuch, aber deutlich höher als im Teil I im Winter.

Die durchschnittlich ausgeschiedenen Haarmengen [%TS] sind im Vorversuch Teil II signifikant höher als im Hauptversuch Teil II. Klammert man den möglichen jahreszeitlichen Einfluss aus, ist dieses Ergebnis unerwartet, da im Vorversuch beiden Gruppen ein kommerziell erhältliches Trockenalleinfutter für Katzen ohne Angabe über speziell auf diese Wirkung zielende Faserzusätze schon Wochen vor dem eigentlichen Vorversuch gefüttert wurde. Die Versuchsbedingungen zwischen Vor- und Hauptversuch Teil II waren identisch. Eine Differenz in der Haarausscheidung aufgrund unterschiedlicher Bedingungen, z.B. Zugang zu anderen Rohfaserquellen oder anderem Futter, kann daher ausgeschlossen werden.

Es wäre auch möglich, dass die Faserquelle in dem Trockenfutter aus dem Vorversuch Teil II trotz fehlender Bewerbung bzw. Deklaration wirksamer hinsichtlich der Haarausscheidung ist als die Cellulosefaser im Versuch. Darüber hinaus ist die Rohfaserkonzentration in den bisher kommerziell erhältlichen „Anti-Haarball“ Futtermitteln mit durchschnittlich über 7,0% in der TS deutlich höher als in diesem Versuch. Die geringe Faserkonzentration von max. 3,5% im Versuch Faser Katze Teil II könnte einer der Gründe dafür sein, dass sich im Vergleich zum Futter der Vorversuchsphase keine zusätzlichen Effekte hinsichtlich der Haarausscheidung mit dem Kot gezeigt haben.

Neben dem Fasergehalt könnte die Struktur der eingesetzten Faser eine entscheidende Rolle spielen. Damit eine Faser die Haarausscheidung mit dem Kot erhöhen kann, muss sie vermutlich die Fähigkeit zur mechanischen Separation der im Chymus enthaltenen Strukturen haben, das Zusammenballen von Haaren verhindern und über Vernetzung und Quellen Verbindungen bilden, die den Pylorus und andere anatomische Engpässe passieren können und damit aus dem Magen in den Darm transportiert würden. Eventuell ist die eingesetzte Cellulosefaser im Versuch nicht ausreichend wirksam hinsichtlich der Fähigkeit Quervernetzungen und eine „Ummantelung“ der Haare zu bewirken, um sie dann mit dem Kot auszuschleiden. Fasern anderer Quellen mit deutlich längeren Einzelfasern hätten möglicherweise bessere Ergebnisse erzielen können. Es könnten sich jedoch bei dem Einsatz von sehr langfaserigen, quervernetzenden Fasern, die sich watteartig zusammenlagern, verfahrenstechnische Probleme bei der Herstellung von Trockenalleinfuttern ergeben. Ebenso ist die Sicherung einer hohen Akzeptanz durch Zusatz solcher Fasern in Futtermitteln für Katzen fraglich. Möglich ist auch, dass sich ein gewisser Anteil gelbildender Fasern in dem Futter befinden muss, damit es zu der gewünschten Funktionalität kommt. Zu den Gummi- und schleimartigen Substanzen gehören Alginat, Carrageene, Agar agar, Gum Arabicum, Gum Tragant und Xanthan (*Schrag, 1999*). Kommerziell erhältliche Produkte wie das sogenannte „Cat Malt“ oder andere malzhaltige Produkte bewerben ebenfalls die Wirkung auf die Haarausscheidung mit dem Kot. Als Inhaltsstoffe werden Malz-Extrakt, Frukt-

Oligosaccharide und nicht genauer deklarierte Rohfaser angegeben. Wissenschaftliche Veröffentlichungen über die Wirksamkeit dieser Produkte liegen nicht vor.

Das eigentliche Problem der Akkumulation abgeschluckter Haare zu Konglomeraten bzw. die Wirkung einer eingesetzten Faser auf die Bekämpfung dieser Haarkonglomerate ließe sich vermutlich nur durch einen abgewandelten Versuchsaufbau klären. Den Tieren hätte weit im Vorfeld, evtl. über Monate, der Zugang zu strukturierter Faser verwehrt werden müssen sowie ein faserfreies oder faserarmes Futter verwendet werden müssen. Den Versuchstieren aus diesem Versuch stand jedoch unter normalen Haltungsbedingungen Katzengras ad libitum zur Verfügung. Somit ist von einer Akkumulation der Haare über einen längeren Zeitraum nicht auszugehen. Bei einem entsprechenden Versuchsaufbau müssten optimalerweise Kontroll- und Versuchsrationen parallel untersucht werden, um einen saisonalen Einfluss auszuschließen. Die günstigste Zeit für einen solchen Versuch dürfte die Zeit während bzw. kurz nach den höchsten Haarverlusten sein, also im Spätsommer oder Frühherbst.

Darüber hinaus ist es möglich, dass die Methode des Haaresammelns nicht sensitiv genug war, um geringe Unterschiede in der Haarausscheidung festzustellen.

#### 18.1.4. Abhängigkeit der ausgeschiedenen Haarmenge vom Geschlecht der Tiere

Im Teil I findet sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen weiblichen und männlichen Tieren bei der Menge an ausgeschiedenen Haaren während der Gesamtversuchsdauer von sechs Wochen. Jedoch liegt die Tendenz zu geringeren Haarmengen (absolut und relativ) bei den männlichen Tieren (0,33 vs. 0,52g bzw. 0,14 vs. 0,28%).

Genau umgekehrt scheiden die männlichen Tiere im dreiwöchigen Vorversuch Teil II signifikant mehr Haare (absolut und relativ) pro Tier aus als die weiblichen Tiere (0,65 vs. 0,30g bzw. 0,33 vs. 0,12%). In den drei Wochen des Hauptversuchs zeigt sich kein signifikanter Unterschied mehr (0,27 vs. 0,31g bzw. 0,13 vs. 0,08%).

Die Haarausscheidung pro Tier (absolut und relativ) unterscheidet sich bei den weiblichen Tieren im Vorversuch und im Hauptversuch Teil II nur gering (0,30 vs. 0,31g bzw. 0,12 vs. 0,08%). Die männlichen Tiere scheiden im Vorversuch mehr als doppelt so viel Haare pro Tier (absolut und relativ) aus als im Hauptversuch (0,65 vs. 0,27g bzw. 0,33 vs. 0,13%).

Eine systematische, geschlechtsabhängige Beeinflussung der fäkalen Haarausscheidung ist also nicht erkennbar. Dieses Ergebnis deckt sich mit einer einjährigen Studie von *Hendriks et al.* (1998), die keinen Einfluss des Geschlechts der Katzen auf den generellen Haarverlust und auf die Haarausscheidung mit dem Kot feststellen konnten.

#### 18.2. Versuch Faser Hund

Das im Versuch eingesetzte Faserkonzentrat besteht aus einer granulatförmigen, gelblichen, reinen Lignocellulose, wobei die Granulatgröße unter 8mm und die Faserlänge zwischen 200-300µm liegt. Im Kontrollfutter wurde das Faserkonzentrat durch den gleichen Anteil an Weizenkleie ersetzt. Mögliche Unterschiede, die aus dem Ersatz der Cellulose durch Weizenkleie resultieren, können Fermentation sowie Wasserbindung und damit Veränderungen der Kotmenge betreffen.

### 18.2.1. Kotqualität

Es besteht kein Unterschied in der Kotqualität zwischen den Hunden der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe. Sie ist bei beiden Gruppen während der gesamten Versuchsdauer von sechs Wochen durchschnittlich mit 2,3 beurteilt, wobei der Parameter 2 der optimalen Kotqualität entspricht.

In der Literatur finden sich zahlreiche Angaben über den positiven Einfluss von Zusätzen an unfermentierbarer Faser auf die Kotqualität bei Hunden (*Kienzle et al., 2001; Wichert et al., 2002; Fekete et al., 2004*).

### 18.2.2. Kot-pH-Wert

Der Unterschied im Kot-pH-Wert zwischen der Kontroll- und Faserkonzentratgruppe ist über die gesamte Versuchsdauer von sechs Wochen betrachtet minimal. Dieses Ergebnis deckt sich mit Angaben aus der Literatur (*Wichert et al., 2002*), wonach Zusätze an Faserquellen unterschiedlicher Fermentierbarkeit im Bereich der hier eingesetzten Mengen keinen Einfluss auf den pH-Wert des Kotes nehmen. Sowohl die Lignocellulose als auch die Weizenkleie gehören zu der Gruppe der unlöslichen, wenig fermentierbaren Fasern und damit war ein Einfluss auf den Kot-pH-Wert nicht zu erwarten. Im Gegensatz dazu hätte eine lösliche, leicht fermentierbare Faser wie beispielsweise Guar Gum zum Absinken des Kot-pH-Werts führen können (*Bueno et al., 1981*).

### 18.2.3. Futterakzeptanz

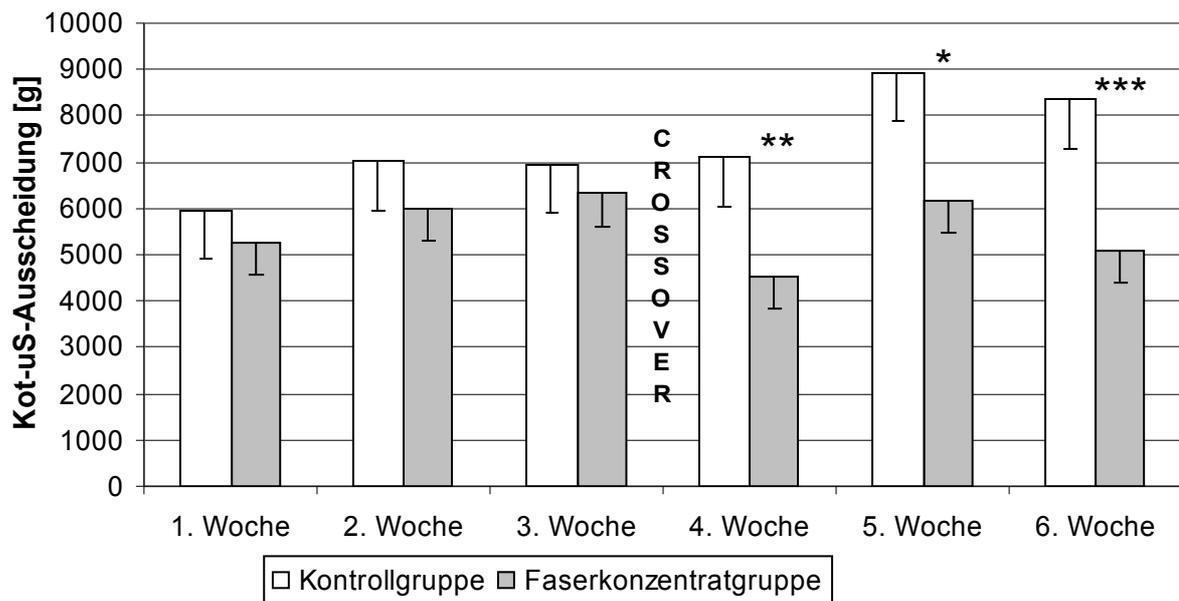
Es traten keinerlei Akzeptanzprobleme weder des Kontroll- noch des Faserkonzentratfutters auf. Dies deckt sich mit Angaben aus der Literatur, die sogar bei deutlich höheren Faserzusätzen als in diesem Versuch keine Aufnahmeschwierigkeiten bei den Versuchstieren verzeichnen konnten (*Fahey et al., 1990a; Dobenecker & Kienzle, 1998*).

Aufgrund der dargestellten Versuchsergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass das Faserkonzentrat die Futterakzeptanz, die Kotqualität und den Kot-pH-Wert nicht beeinflusst.

### 18.2.4. Kotmenge (uS)

Die durch diesen Versuch zu beantwortende Frage war, ob das Rohfaserkonzentrat aus Lignocellulose im Vergleich zu der herkömmlichen Faserquelle Weizenkleie mit fermentierbaren Anteilen bei gleicher Konzentration (d.h. bei gleichem Rfa-Gehalt/TS) zu einem geringeren Kotvolumen führen würde.

Bereits nach 1wöchiger Fütterung konnte beobachtet werden, dass die Hunde der Faserkonzentratgruppe deutlich weniger Kot absetzten als die Hunde der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied setzte sich in der zweiten und dritten Woche fort. Besonders deutlich wird der Unterschied zwischen den beiden Gruppen nach dem Crossover. Die wöchentlichen Ergebnisse der quantitativen Kotsammlung und -wägung zeigen nach dem Crossover eine auch statistisch abzusichernde, höhere Kotausscheidung an uS bei den Hunden der Kontrollgruppe (Abb. 10).



**Abb. 10:** Gemittelte wöchentliche Kotausscheidung [g uS] aller Tiere einer Gruppe im Versuch Faser Hund

\* ( $p < 0,05$ ) \*\* ( $p < 0,01$ ) \*\*\* ( $p < 0,001$ )

Die Gesamtdifferenz zwischen Kontroll- und Faserkonzentratgruppe beträgt im ersten Versuchsdurchgang vor dem Crossover 2.363g uS. Nach dem Crossover im zweiten Versuchsdurchgang wird der Unterschied mit einer Differenz der Kotmenge von 8.601g uS noch deutlicher. Die Hunde in der Faserkonzentratgruppe scheiden damit während der gesamten Versuchsdauer von sechs Wochen fast 25% weniger an Kot uS aus als die Hunde in der Kontrollgruppe. Umgerechnet auf die Anzahl der Hunde ( $n=8$ ) entspricht dies einer gemittelten Differenz von 228g uS an Kot pro Versuchswoche, die die Hunde der Faserkonzentratgruppe weniger ausschieden.

Im statistischen Vergleich konnte kein Einfluss der Gruppenzugehörigkeit der Hunde auf die Menge an ausgeschiedenem Kot festgestellt werden. Dies verdeutlicht den Effekt der eingesetzten Faserquelle.

In zahlreichen Studien wird ein Anstieg der Kotmenge nach Verfütterung insbesondere von unfermentierbaren Faserzusätzen im Vergleich zu faserfreien Rationen beschrieben (Cole et al., 1999; Bednar et al., 2000; Burkhalter et al., 2001). Nach Untersuchungen von Diez et al. (1998) ist der so genannte „bulking effect“ eng mit Faserquellen verbunden, die unlöslich und gering fermentierbar sind und eine gute Wasserbindungskapazität besitzen. In der vorliegenden Studie dürften also beide eingesetzten Fasern die Kotmenge im Vergleich zu einer faserfreien Diät erhöht haben (Burrows et al., 1982; Kienzle et al., 2001). Eine solche faserfreie Ration wurde allerdings nicht mitgeführt. Sowohl Cellulose als auch Weizenkleie sind gering verdaulich und bewirken durch zusätzliche Effekte wie Umschließen der Nährstoffe, Verdünnungseffekte, Viskositäts erhöhungen und Beschleunigung der Futterpassage eine Herabsetzung der Gesamtverdaulichkeit und schließlich einen Anstieg des Kotvolumens (Meyer & Zentek, 2005). Weizenkleie ist zudem besonders formstabil in der Zellstruktur, hat dadurch eine hervorragende Wasserbindungskapazität und ist weitgehend resistent gegenüber mechanischen Prozessen wie z.B. kochen (Monro, 2002). Dies führt zu einer erhöhten Wasserbindung im Kot und folglich zu einem Anstieg der Kotmenge. Letztlich basiert das Kotgewicht auf bakterieller Biomasse, unverdauter und

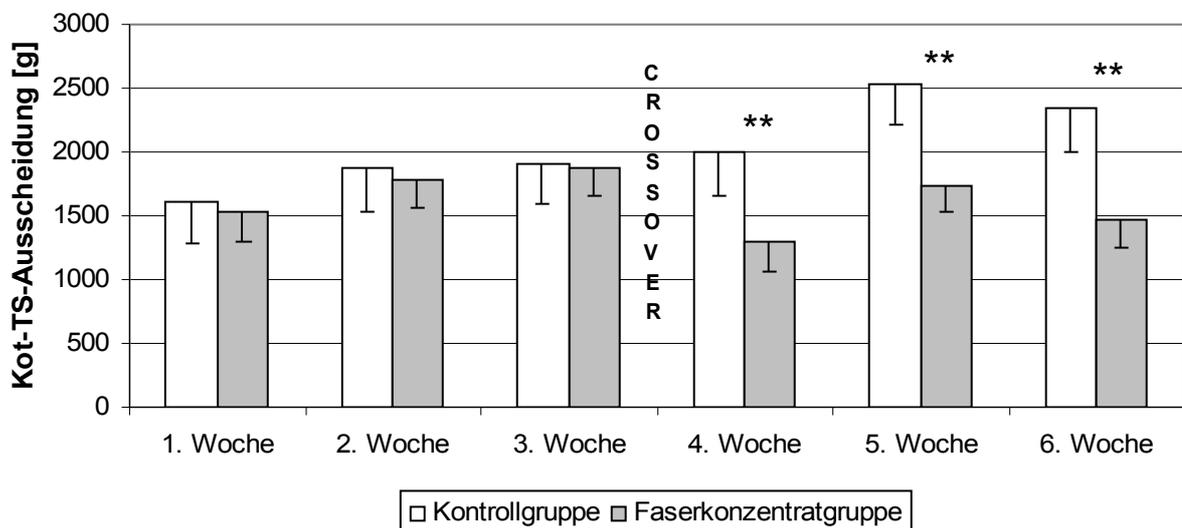
unfermentierter Futterrückstände (inklusive der Faserkomponenten) und dem Wassergehalt der gesamten Kotmasse (Monro, 2002).

Grundsätzlich besteht für Hunde kein Bedarf an Rohfaser (AAFCO, 2004; Meyer & Zentek, 2005). Sie wird jedoch aus den verschiedensten diätetischen Zwecken zugesetzt, z.B. zur Gewichtsreduktion, bei Hyperglycämie, zur Verbesserung der Kotqualität und zur Unterstützung der physiologischen Verdauungsvorgänge, sollte jedoch nicht über 5% in der TS betragen (NRC, 2006).

Durch die Erhöhung des Kotvolumens wird über Mechanorezeptoren im Verdauungstrakt die Magen-Darm-Motorik angeregt (Diez et al., 1998). Dadurch können z.B. Obstipationen vermieden und die Kotqualität verbessert werden. Andererseits können die höheren Kotmengen und das häufigere Absetzen von Kot besonders bei der Hundehaltung in der Stadt zu einem größeren Problem werden (Nachbarn, zu wenig Grünflächen). Daher zielen die Bemühungen dahin, eine Faser mit den positiven Einflüssen auf die Verdauungsphysiologie, aber mit geringen Effekten auf die Erhöhung der Kotmenge in der Hundefütterung einzusetzen. Wichtig wäre hierbei noch die Überprüfung des Fasereinflusses auf die Verdaulichkeit der Rohnährstoffe. Gewünscht wäre in diesem Zusammenhang eine geringe Depression der scheinbaren Verdaulichkeit.

#### 18.2.5. Kotmenge (TS)

Auch wenn die Kotmenge auf TS umgerechnet wird, zeigen die Ergebnisse der wöchentlichen quantitativen Kotsammlung und -wägung eine signifikant höhere Kotausscheidung bei den Hunden der Kontrollgruppe (Abb. 11).



**Abb.11:** Gemittelte wöchentliche Kotausscheidung [g TS] aller Tiere einer Gruppe im Versuch Faser Hund

\*\* (p<0,01)

Die Differenz zwischen Kontroll- und Faserkonzentratgruppe beträgt im ersten Versuchsdurchgang vor dem Crossover 217g TS. Nach dem Crossover im zweiten Versuchsdurch-

gang wird der Unterschied mit einer Differenz von 2.373g TS noch deutlicher. Die Hunde in der Faserkonzentratgruppe scheiden während der gesamten Versuchsdauer von sechs Wochen ca. 21% weniger an TS aus als die Hunde in der Kontrollgruppe. Umgerechnet auf die Anzahl der Hunde (n=8) entspricht dies einer gemittelten Differenz von 54g TS an Kot pro Versuchswoche, die die Hunde der Faserkonzentratgruppe weniger ausscheiden.

Der Unterschied von 2.590 g weniger Kot-TS bei den Hunden der Faserkonzentratgruppe lässt sich durch ein Zusammenspiel verschiedener Faktoren erklären:

Erstens liegt der prozentuale TS-Gehalt im Kot nach Fütterung des Faserkonzentratfutters gemittelt über die sechswöchige Versuchsdauer signifikant höher als nach Fütterung des Kontrollfutters (28,9 vs. 27,6 %). D.h., bei gleicher Menge an Kot-TS wird weniger Kot-uS ausgeschieden. Dieses Ergebnis deckt sich mit Studien, in denen bei Gabe von Cellulose eine signifikante Zunahme des Kot-TS-Gehalts verzeichnet wurde (*Lewis et al., 1994; Silvio et al., 2000*). *Wichert et al.* (2002) konnten ebenfalls einen Anstieg des Kot-TS-Gehalts bei Cellulosezulagen verzeichnen, jedoch wurde der Effekt mit zunehmender Faserlänge der Cellulose schwächer.

Zweitens ist bekannt, dass ein Zusatz an Faser die Verdaulichkeit der organischen Substanz (oS) herabsetzt (*Earle et al. 1998; Kienzle et al. 2006*). Der Rfa-Gehalt in Weizenkleie wird mit 24,4% angegeben (*Souci et al., 2006*), der Rfa-Gehalt in einem Faserkonzentrat liegt nach *Schrag (1999)* zwischen 61,9 bis 84,7%. Der Rfa-Gehalt bei dem im vorliegenden Versuch eingesetzten Konzentrates liegt vermutlich ebenfalls in diesem Bereich. Die Differenzen zum Gesamtfasergehalt entsprechen näherungsweise den nicht mit der Rohfaseranalytik erfassten Nicht-Stärke-Polysacchariden (NSP). Der Gesamtfasergehalt bei Weizenkleie beträgt 45,1% (*Souci et al., 2006*) wodurch ein zusätzlicher negativer Effekt auf die Verdaulichkeit der oS durch den hohen Anteil an NSP anzunehmen ist. Aus der Literatur ist bekannt, dass NSP die Verdauung und Resorption von Nährstoffen (Fett, Protein, NfE) herabsetzen (*Choct & Annison, 1992*). Besonders aus der Schweine- und Geflügelmast ist ein antinutritiver Effekt der NSP durch eine Erhöhung der Digestaviskosität bekannt. Die Erhöhung der Digestaviskosität bedingt eine verlangsamte Passage der Digesta durch den Verdauungstrakt, eine schlechtere Durchmischung des Chymus mit Verdauungsenzymen sowie eine Verminderung der Aktivität dieser Enzyme (*Choct et al., 1996*). Ein Einfluss löslicher NSP auf die mikrobielle Population im Verdauungstrakt wird ebenfalls als Erklärungsansatz für die antinutritiven Effekte der löslichen NSP gesehen (*Simon, 1998*). Im vorliegenden Versuch wurde der Anteil der NSP in Cellulose und Weizenkleie nicht analytisch bestimmt. Wie aus der Tab. 1 ersichtlich, wird bei der Weender Analyse nur ein Teil der NSP in der Rohfaserfraktion erfasst, der Rest wird der NfE-Fraktion zugeschlagen. Zur genaueren Bestimmung der NSP (gesamte und unlösliche NSP) hätte eine Faseranalytik nach *Englyst & Cummings (1988)* erfolgen müssen.

Zudem enthält Weizenkleie ca. 36% Hemicellulose, die die Verdaulichkeit von Protein zusätzlich herabsetzt sowie 3% Lignin. Lignin hat einen noch über den der Cellulose hinausgehenden Einfluss auf die Herabsetzung der Verdaulichkeit der oS (*Opitz, 1996*).

Drittens hat Weizenkleie einen hohen Anteil an Phytat, dem Anion der Phytinsäure. Phytat hat einen antinutritiven Effekt, da es eine Chelatbildung mit Mengen- und Spurenelementen bewirkt (*Kleist, 2002*). Phytat bindet mit der Nahrung aufgenommenes Calcium, Magnesium, Eisen und Zink unlöslich. Diese Komplexe stehen somit nicht zur Absorption aus dem Magen-Darm-Trakt zur Verfügung (*Fretzdorff & Weipert, 1986*) sondern werden mit dem Kot

ausgeschieden (*Sandberg & Andersson, 1988*). Der hohe Gehalt an Mineralstoffen mit geringer Bioverfügbarkeit (Ra-Gehalt in der Weizenkleie von 6,4%, *Wöhlbier & Kling, 1983*) in Verbindung mit der Herabsetzung der Mineralstoffverwertbarkeit in der Gesamtration erhöhen den Rohaschegehalt in der Kot-TS. Zudem hat ein hoher Phytatgehalt einen negativen Einfluss auf die Verdaulichkeit von Protein und Aminosäuren. Studien an Schweinen und Geflügel haben eine Reduktion um bis zu 10% nachgewiesen (*Gilani et al., 2005*).

Der genaue Anteil an Asche und entsprechend oS im Kot wurde bei der vorliegenden Studie nicht ermittelt. Die Verdaulichkeit der TS ist jedoch deutlich höher bei Verfütterung des Faserkonzentratfutters. Sie liegt beim Faserkonzentratfutter bei 44,9% und beim Kontrollfutter bei 32,8%.

Viertens kam es durch verstärktes Kotfressen der Hunde der Gruppe 2 zu einer gewissen Verfälschung bei der absolut gemessenen Kotmenge. Die Hunde der Gruppe 2 erhielten vor dem Crossover das Kontrollfutter und nach dem Crossover das Faserkonzentratfutter. Berücksichtigt man die Unart des Kotfressens der Gruppe 2, dann würden sich die Werte der ausgeschiedenen Kotmengen in beiden Versuchsdurchgängen annähern und schließlich würde die Differenz an ausgeschiedenem Kot zwischen Kontroll- und Faserkonzentratgruppe weniger groß sein. Der Effekt des Faserkonzentrats wäre jedoch weiterhin sichtbar.

Die Formel von *Kienzle et al. (2001)* zur Vorhersage der Kotausscheidung bei Hunden nach Verfütterung rohfaserreicher Rationen ist auch in dieser Studie grundsätzlich zur Abschätzung der Kotmenge geeignet ( $y = g$  Kot pro kg KM;  $x = Rfa$  in % der TS):

$$y = 5,87 + 0,63 * x$$

Bei einem Rfa-Gehalt im Kontroll- und Faserkonzentratfutter von 3,5% in der TS ergibt sich rechnerisch eine Kotmenge von 8,1 g / kg KM. Das entspräche einer täglichen Kotmenge von ca. 790 kg pro Versuchsgruppe. Da die in diesem Versuch ermittelten Kotmengen (gemittelt über den 6wöchigen Versuchszeitraum) höher lagen (Kontrollgruppe: 1479 kg; Faserkonzentratgruppe 1113 kg) lässt sich dadurch erklären, dass in der Studie von *Kienzle et al. (2001)* einzig Cellulose als Faserquelle verwendet wurde. Im vorliegenden Versuch liegt sowohl bei dem Kontroll- als auch dem Faserkonzentratfutter ein Gemisch aus verschiedenen Faserquellen vor (u.a. Zuckerrübenschnitzel, Haferfaser, Faser aus Mais- und Reisanteilen). Ein mehr oder weniger großer Teil dieser Faserstoffe wird nicht bei der Rfa-Analytik erfasst, sondern findet sich in der NfE-Fraktion wieder. Wie bereits dargelegt, hat auch der Anteil dieser Fasern einen deutlichen Einfluss auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe und somit auf die Kotmenge. Dieser Aspekt muß bei nicht rein cellulosehaltigen Rationen beachtet werden, da es sonst bei der Abschätzung zu einer Unterschätzung der Kotmenge kommen kann. Der Anteil der NSP ist im Kontrollfutter höher als im Faserkonzentratfutter, dies spiegelt sich in einer höheren Kotmenge wieder.

Aufgrund des Versuchsaufbaus in der vorliegenden Studie kann abschließend nicht geklärt werden zu welchen Anteilen die verschiedenen Faktoren am Endergebnis ursächlich beteiligt waren.

## VI. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde in zwei Fütterungsversuchen an Katzen der Einfluss einer Zulage von Faser auf die fäkale Haarausscheidung und ausgewählte Kotparameter untersucht. Die eingesetzte Faser bestand aus einer hochreinen, weißen, langfaserigen Cellulose mit einer durchschnittlichen Faserlänge von 700µm und einer durchschnittlichen Faserdicke von 20µm.

Im ersten Versuch wurde die Zulage von 1% Faser zu einem bestehenden Trockenalleinfutter für Katzen an acht Tieren getestet. Die Katzen wurden in zwei Gruppen mit jeweils vier männlichen und vier weiblichen Tieren unterteilt, der Kot nach einer einwöchigen Anfütterungsperiode über einen Zeitraum von drei Wochen quantitativ gesammelt und die fäkal ausgeschiedenen Haare über eine Nasssiebanlage separiert und quantifiziert. Nach einem Crossover der Gruppen erfolgten wiederum eine einwöchige Anfütterung des jeweils anderen Futters und eine sich anschließende dreiwöchige Kotsammelperiode.

Im zweiten Versuch wurde die Faserzulage auf 2% erhöht. Hierbei standen sechzehn Katzen zur Verfügung, die in zwei gleich starke Gruppen beiderlei Geschlechts unterteilt wurden. Kontroll- und Faserkonzentratfutter wurden über einen Zeitraum von drei Wochen parallel an beide Gruppen verfüttert. Während dieses Zeitraumes wurden in beiden Gruppen wieder die fäkale Haarausscheidung und die Kotqualität bestimmt.

Weder im ersten noch im zweiten Versuch beeinflusste die zugesetzte Faser die Haarausscheidung über den Kot systematisch, sodass kein positiver Effekt der verwendeten Faser auf die Reduktion der Trichobezoare zu postulieren ist.

Im Rahmen eines Fütterungsversuchs an 16 weiblichen Beagles wurde der Einfluss eines Faserkonzentrats als Zusatz zu einem Trockenalleinfutter auf die Kotmenge untersucht. Das eingesetzte Faserkonzentrat bestand aus einer granulatformigen, reinen Lignocellulose mit einer Faserlänge zwischen 200-300µm. Die Kontrollration enthielt im direkten Volumenaustausch die entsprechende Menge Weizenkleie zusätzlich zur Basismischung.

Die ebenfalls im Crossover angelegte Studie begann mit einer dreitägigen Anfütterungsphase gefolgt von einer dreiwöchigen Kotsammelphase. Dem anschließenden Crossover folgte eine dreitägige Anfütterung des jeweils anderen Futters, dann einer dreiwöchigen Bilanzphase. Der Kot wurde mehrmals täglich quantitativ gesammelt und Menge, Qualität sowie pH-Wert bestimmt.

Die Versuchsergebnisse zeigten keinen Effekt des Faserkonzentrats auf Futterakzeptanz, Kotqualität oder Kot-pH-Wert. Die Hunde, die das Faserkonzentratfutter erhielten, setzten über die gesamte Versuchsdauer von zweimal drei Wochen signifikant weniger Kot ab (25% uS) als die Hunde, die das Kontrollfutter erhielten. Der Kot-TS-Gehalt war nach Verfütterung des Faserkonzentratfutters gemittelt über die gesamte Versuchsdauer statistisch signifikant höher als bei der Kontrollgruppe. Dies dürfte neben der unterschiedlichen Beeinflussung der Verdaulichkeit der TS einer der Gründe für die Unterschiede beim Kotvolumen zwischen beiden Gruppen gewesen sein.

Damit konnte gezeigt werden, dass der Zusatz des Faserkonzentrats im Vergleich zu einer Ration mit Weizenkleie bei einheitlichem Rohfasergehalt im Bereich von <5% Rfa/TS die von den Hunden ausgeschiedene Kotmenge signifikant reduziert.

## VII. Summary

Aline Ludolph

Influence of dietary fiber on fecal hair excretion rate in cats and on fecal mass excretion in dogs.

The main objective of the study was the evaluation of the influence of a particular dietary fiber in a digestive trial with adult cats on the fecal hair excretion rate and selected parameters of stool quality. The evaluated fiber was pure, white cellulose with a fiber length of 700µm and an average thickness of 20µm.

In the first trial, cellulose was added in an amount of 1%/dry matter to a complete dry diet for cats in a study group of eight adult cats which was further sub-divided into two groups of four male and four female cats each, one being the control group. The feces were quantitatively collected over a period of three weeks and the fecal hair excretion rate was subsequently determined by separating the hair with the aid of a sifting plant. In a crossover design the two groups were then switched and the fecal matter was again collected for three weeks.

In the second trial, the amount of dietary fiber was increased to 2%, this time in a study group of sixteen cats randomized for gender. The control group received the regular dry cat diet while the other group was fed with the fiber containing trial diet for three weeks. Again, feces were collected quantitatively in both groups and fecal hair excretion rate as well as stool quality was determined.

In none of the trials a systemic effect of the added fiber was seen. Therefore no positive influence of the used fiber on the reduction of hairballs (bezoares) in cats can be postulated.

In a second study, the influence of a dietary fiber concentrate in addition to a complete dry diet for dogs on the quantity of fecal matter excretion was evaluated in 16 female Beagles.

The dietary fiber concentrate utilized in this study was a granulated, pure ligno-cellulose with a fiber length of 200-300 µm. The control diet contained a comparable volume of wheat bran in addition to the basic diet.

This study was again conducted in a crossover design. In the first trial, a three day initial feeding period was followed by a three week period of quantitative fecal matter collection. The groups were then crossed and phase two of the study was again initiated with a three day feeding period followed by three weeks of fecal matter collection. The quantity, quality and pH of the feces were assessed several times daily during the study period.

There was no measurable effect throughout the study period on food palatability, fecal quality or fecal pH. The dogs fed the added dietary fiber concentrate produced significantly less fecal matter (25% original matter) over the entire study period of six weeks than the control group. The dry matter content of the feces in the group receiving the dietary fiber concentrate was significantly higher compared to the control group. Besides the different influence of the fiber sources on the digestibility of dry matter, this was probably one of the reasons for the significant difference of fecal excretion.

It was demonstrated in this study that the addition of a special dietary fiber concentrate to a dry diet for dogs in comparison to wheat bran leads to a significant reduction in quantity of fecal excretion in dogs despite a similar amount of fiber in the range of <5% crude fiber / dry matter.

## Literaturverzeichnis

- Abutarbush, S. M.; Radostits, O. M. (2004)  
Obstruction of the small intestine caused by a hairball in 2 young beef calves  
The Canadian Veterinary Journal, 45(4), 324–325
- Asp, N. G.; Furda, I.; DeVries, J. W.; Schweizer, T. F.; Prosky, L. (1988)  
Dietary fiber definition and analysis  
The American Journal of Clinical Nutrition, 48(3), 688–691
- Association of American Feed Control Officials. (Hg.) (2004)  
AAFCO pet food and specialty pet food labeling guide  
S.I.: Association of American Feed Control Officials
- Baker, K.P. (1974)  
British Veterinary Journal, 130, 327
- Barrs, V. R.; Beatty, J. A.; Tisdall, P. L.; Hunt, G. B.; Gunew, M.; Nicoll, R. G.; Malik, R. (1999)  
Intestinal obstruction by trichobezoars in five cats  
Journal of Feline Medicine and Surgery, 1(4), 199–207
- Baskonus, I.; Gokalp, A.; Maralcan, G.; Sanal, I. (2002)  
Giant gastric trichobezoar  
International Journal of Clinical Practice, 56(5), 399–400
- Bednar, G. E.; Murray, S. M.; Patil, A. R.; Flickinger, E. A.; Merchen, N. R.; Fahey, G. rC.J. (2000)  
Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal characteristics of ileally cannulated dogs  
Archiv für Tierernährung, 53(2), 127–140
- Bhatia, M. S.; Singhal, P. K.; Rastogi, V.; Dhar, N. K.; Nigam, V. R.; Taneja, S. B. (1991)  
Clinical profile of trichotillomania  
Journal of the Indian Medical Association, 89(5), 137–139
- Bouwer, C.; Stein, D. J. (1998)  
Trichobezoars in trichotillomania: case report and literature overview  
Psychosomatic Medicine, 60(5), 658–660
- Brown, N. J.; Greenburgh, A.; Tomlin, J. (1994)  
The effects of pectin and wheat bran on the distribution of a meal in the gastrointestinal tract of the rat  
The British Journal of Nutrition, 72(2), 289–297
- Bueno, L.; Praddaude, F.; Fioramonti, J.; Ruckebusch, Y. (1981)  
Effect of dietary fiber on gastrointestinal motility and jejunal transit time in dogs  
Gastroenterology, 80(4), 701–707

- Bueno, A. R. (2000)  
Feline colonic microbes and fatty acid transport effects of feeding cellulose, beet pulp and pectin gum arabic fibers  
Nutrition Research, 20(9), 1319-1328
- Burkhalter, T. M.; Merchen, N. R.; Bauer, L. L.; Murray, S. M.; Patil, A. R.; Brent, J. rL.J.; Fahey, G. rC.J. (2001)  
The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs  
The Journal of Nutrition, 131(7), 1978–1985
- Burrows, C. F.; Kronfeld, D. S.; Banta, C. A.; Merritt, A. M. (1982)  
Effects of fiber on digestibility and transit time in dogs  
The Journal of Nutrition, 112(9), 1726–1732
- Burrows, C. F.; Merritt, A. M. (1983)  
Influence of alpha-cellulose on myoelectric activity of proximal canine colon  
The American Journal of Physiology, 245(2), G301-306
- Butler, T. M.; Haines, R. J. (1987)  
Gastric trichobezoar in a baboon  
Laboratory Animal Science, 37(2), 232–233
- Case, Linda P.; Case, Linda P. (2000)  
Canine and feline nutrition. A resource for companion animal professionals  
2nd ed, St. Louis Mo, Mosby
- Castrillo, C.; Vicente, F.; Guada, J. A. (2001)  
The effect of crude fibre on apparent digestibility and digestible energy content of extruded dog foods  
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 85(7-8), 231–236
- Cavusoglu, Z.; Olcay, E.; Dagoglu, T.; Akgun, E.; Vural, S.; Ates, R. (1990)  
Occlusion of the gastric outlet caused by a trichobezoar  
Kinderarztliche Praxis, 58(10), 531–534
- Choct, M.; Annison, G. (1992)  
The inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans  
The British Journal of Nutrition, 67(1), 123–132
- Choct, M.; Hughes, R. J.; Wang, J.; Bedford, M. R.; Morgan, A. J.; Annison, G. (1996)  
Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens  
British Poultry Science, 37(3), 609–621
- Cockrill, J. M.; Beasley, J. N.; Selph, R. A. (1978)  
Trichobezoars in four angus cows  
Veterinary Medicine, Small Animal Clinician, 73(11), 1441–1442
- Cole, J. T.; Fahey, G. rC.J.; Merchen, N. R.; Patil, A. R.; Murray, S. M.; Hussein, H. S.; Brent, J. rL. J. (1999)  
Soybean hulls as a dietary fiber source for dogs  
Journal of Animal Science, 77(4), 917–924

- Coulter, R.; Antony, M. T.; Bhuta, P.; Memon, M. A. (2005)  
Large gastric trichobezoar in a normal healthy woman: case report and review of pertinent literature  
Southern Medical Journal, 98( 10), 1042–1044
- Crystal, M.A. (1998)  
Trichobezoars  
The Feline Patient, Baltimore, Maryland, 435-437
- Dann, J. R.; Adler, M. A.; Duffy, K. L.; Giffard, C. J. (2004)  
A potential nutritional prophylactic for the reduction of feline hairball symptoms  
The Journal of Nutrition, 134(8), 2124S-2125S
- Dalshaug, G. B.; Wainer, S.; Hollaar, G. L. (1999)  
The rapunzel syndrome (trichobezoar) causing atypical intussusception in a child: a case report  
Journal of Pediatric Surgery, 34(3), 479–480
- Dimsky, D. S.; Buffington, C. A. (1991)  
Dietary fibre in small animal therapeutics  
Journal of the American Veterinary Medical Association, 199(9), 1142-1146
- Diez, M.; Eenaeme van, C.; Hornick, J. L.; Baldwin, P.; Istasse, L. (1997)  
Dietary fibre in dogs diet: comparison between cellulose, pectin, guar gum and between two incorporation rates of guar gum  
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 78, 220-229
- Diez, M.; Hornick, J. L.; Baldwin, P.; van Eenaeme, C.; Istasse, L. (1998)  
The influence of sugar-beet fibre, guar gum and inulin on nutrient digestibility, water consumption and plasma metabolites in healthy beagle dogs  
Research in Veterinary Science, 64(2), 91–96
- Dobenecker, B.; Kienzle, E. (1998)  
Interactions of cellulose content and diet composition with food intake and digestibility in dogs  
The Journal of Nutrition, 128(12), 2674S-2675S
- Drochner, W. (1977a)  
Verdauungsversuche zum Einsatz von Rinderschlachtabfällen (Vormägen) in der Hundefütterung (Kurzmittteilung)  
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  
The Journal of nNutrition, 128(12), 2798S-2800S
- Eastwood, M. A.; Robertson, J. A.; Brydon, W. G.; MacDonald, D. (1983)  
Measurement of water-holding properties of fibre and their faecal bulking ability in man  
The British Journal of Nutrition, 50(3), 539–547
- Ehrlein, H. J.; Prove, J. (1982)  
Effect of viscosity of test meals on gastric emptying in dogs  
Quarterly Journal of Experimental Physiology, 67(3), 419–425

- Englyst, H. N.; Cummings, J. H. (1988)  
Improved method for measurement of dietary fiber as non-starch polysaccharides in plant foods  
Journal-Association of Official Analytical Chemists, 71(4), 808–814
- Fahey, G. rC.J.; Merchen, N. R.; Corbin, J. E.; Hamilton, A. K.; Serbe, K. A.; Hirakawa, D. A. (1990a)  
Dietary fiber for dogs: II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time  
Journal of Animal Science, 68(12), 4229–4235
- Fahey, G. rC.J.; Merchen, N. R.; Corbin, J. E.; Hamilton, A. K.; Serbe, K. A.; Lewis, S. M.; Hirakawa, D. A. (1990b)  
Dietary fiber for dogs: I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time  
Journal of Animal Science, 68(12), 4221–4228
- Fahey, G. rC.J.; Merchen, N. R.; Corbin, J. E.; Hamilton, A. K.; Bauer, L. L.; Titgemeyer, E. C.; Hirakawa, D. A. (1992)  
Dietary fiber for dogs: III. Effects of beet pulp and oat fiber additions to dog diets on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy, and digesta mean retention time  
Journal of Animal Science, 70(4), 1169–1174
- Fekete, S. G.; Hullar, I.; Andrasofszky, E.; Kelemen, F. (2004)  
Effect of different fibre types on the digestibility of nutrients in cats  
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 88(3-4), 138–142
- Fisher, M. (2003)  
Scientists devise new nutritional solution for cat hairballs  
News of the University of Wisconsin-Madison
- Flickinger, E. A. (2000)  
Glucose-based oligosaccharides exhibit different in vitro fermentation patterns and affect in vivo apparent nutrient digestibility and microbial populations in dogs  
The Journal of Nutrition, 130(5), 1267-1273
- Fretzdorff, B.; Weipert, D. (1986)  
Phytic acid and cereals and cereal products. I: Phytic acid and phytase in rye and rye products  
Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung, 182(4), 287–293
- Freudenthal, U. (1990)  
Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Rinderfett unterschiedlicher Zusammensetzung beim Hund  
Dissertation der Tierärztlichen Hochschule Hannover
- Gilani, G. S.; Cockell, K. A.; Sepehr, E. (2005)  
Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods  
Journal of AOAC International, 88(3), 967–987

- Gillett, N. A.; Brooks, D. L.; Tillman, P. C. (1983)  
Medical and surgical management of gastric obstruction from a hairball in the rabbit  
*Journal of the American Veterinary Medical Association*, 183(11), 1176–1178
- Gockel, I.; Gaedertz, C.; Hain, H. J.; Winckelmann, U.; Albani, M.; Lorenz, D. (2003)  
The rapunzel syndrome: Rare manifestation of a trichobezoar of the upper gastrointestinal tract  
*Der Chirurg*, 74(8), 753–756
- Gozaló, A. S.; Montoya, E.; Nolan, T. E. (1990)  
Trichobezoars in two saddleback tamarins (*Saguinus fuscicollis*)  
*Journal of Medical Primatology*, 19(2), 151–153
- Heller, S. N.; Hackler, L. R.; Rivers, J. M.; Van, Soest P. J.; Roe, D. A.; Lewis, B. A.; Robertson, J. (1980)  
Dietary fiber: The effect of particle size of wheat bran on colonic function in young adult men  
*The American Journal of Clinical Nutrition*, 33(8), 1734–1744
- Hendriks, W. H.; Tarttelin, M. F.; Moughan, P. J. (1998)  
Seasonal hair loss in adult domestic cats  
*Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98(71), 92-101
- Hill, R. C.; Burrows, C. F.; Ellison, G. W.; Bauer, J. E. (2001)  
The effect of texturized vegetable protein from soy on nutrient digestibility compared to beef in cannulated dogs  
*Journal of Animal Science*, 79(8), 2162–2171
- Hoover, K.; Piotrowski, J.; St, Pierre K.; Katz, A.; Goldstein, A. M. (2006)  
Simultaneous gastric and small intestinal trichobezoars-a hairy problem  
*Journal of Pediatric Surgery*, 41(8), 1495–1497
- Jensen, A. R.; Trankiem, C. T.; Lebovitch, S.; Grewal, H. (2005)  
Gastric outlet obstruction secondary to a large trichobezoar  
*Journal of Pediatric Surgery*, 40(8), 1364–1365
- Jewell, D. E.; Toll, P. (1995)  
Die Auswirkung von Fasern auf die Futteraufnahme beim Hund  
41. Jahrestagung der DVG Fachgruppe Kleintierkrankheiten
- Kay, R. M. (1982)  
Dietary fiber  
*Journal of Lipid Research*, 23(2), 221–242
- Kienzle, E.; Dobenecker, B.; Eber, S. (2001)  
Effect of cellulose on the digestibility of high starch versus high fat diets in dogs  
*Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 85(5-6), 174–185
- Kienzle, E.; Biourge, V.; Schonmeier, A. (2006)  
Prediction of energy digestibility in complete dry foods for dogs and cats by total dietary fiber  
*The Journal of Nutrition*, 136(7), 2041S-2044S

- Kleist, Sophia (2002)  
Optimierung eines fermentativen Verfahrens zur Herstellung einer bakteriellen Phytase  
Dissertation der FU, Bielefeld
- Klemm, D.; Heublein, B.; Fink, H. P.; Bohn, A. (2005)  
Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material  
*Angewandte Chemie*, 44(22), 3358–3393
- Koch-Erhorn, Burkhard (1987)  
Prüfung schwerverdaulicher Futtermittel auf ihre Eignung als Komponenten in Adipositas-Diäten für Hunde  
Dissertation der Tierärztlichen Hochschule Hannover
- Larsson, L. T.; Nivenius, K.; Wettrell, G. (2004)  
Trichobezoar in a child with concomitant coeliac disease: a case report  
*Acta Paediatrica*, 93(2), 278–280
- Leary, S. L.; Manning, P. J.; Anderson, L. C. (1984)  
Experimental and naturally-occurring gastric foreign bodies in laboratory rabbits  
*Laboratory Animal Science*, 34(1), 58–61
- Lee, K. J.; Johnson, W. D.; Lang, C. M. (1978)  
Acute peritonitis in the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) resulting from a gastric trichobezoar  
*Laboratory Animal Science*, 28(2), 202–204
- Lee, S. C.; Prosky, L. (1995)  
International survey on dietary fiber: definition, analysis, and reference materials  
*Journal of AOAC International*, 78(1), 22–36
- Lee, J. (1996)  
Bezoars and foreign bodies of the stomach  
*Gastrointestinal Endoscopy Clinics of North America*, 6(3), 605–619
- Lewis, L. D.; Magerkurth, J. H.; Roudebush, P.; Morris, M. rL.J.; Mitchell, E. E.; Teeter, S. M. (1994)  
Stool characteristics, gastrointestinal transit time and nutrient digestibility in dogs fed different fiber sources  
*The Journal of Nutrition*, 124(12), 2716S-2718S
- Lynch, K. A.; Feola, P. G.; Guenther, E. (2003)  
Gastric trichobezoar: an important cause of abdominal pain presenting to the pediatric emergency department  
*Pediatric Emergency Care*, 19(5), 343–347
- Malik, R.; Hunt, G. B. (2005)  
Letter to the editor  
*Journal of Feline Medicine and Surgery*, 7(3), 209–210
- Meyer, H.; Schmitt, P. J.; Heckötter, E. (1981)  
Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Futtermitteln für Hunde  
*Übersichtliche Tierernährung*, 9, 71-104

Meyer, H.; Arndt, J.; Behfeld, Th.; Elbers, H.; Schünemann, C. (1989b)  
Praecaecale und postileale Verdaulichkeit verschiedener Eiweiße  
Animal Physiology and Animal Nutrition, 19, 59-77

Meyer, H.; Schünemann, C. (1989)  
Rationsgestaltung und praecaecale bzw. postileale Verdaulichkeiten der organischen  
Substanz  
Fortschritte in der Tierphysiology und Tierernährung, 19, 14-23

Meyer, H.; Zentek, J. (2005)  
Ernährung des Hundes. Grundlagen - Fütterung - Diätetik  
Parey Verlag, Stuttgart

Memon, S. A.; Mandhan, P.; Qureshi, J. N.; Shairani, A. J. (2003)  
Recurrent rapunzel syndrome - a case report  
Medical Science Monitor, 9(9), CS92-C94

Möslinger, W. (1983)  
Auswirkungen von Ballaststoffen auf die Verdaulichkeit von Hunde- und Katzenfutter  
Dissertation an der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Mongeau, R.; Sarwar, G.; Brassard, R.; Botting, H. G. (1995)  
Effects of amylose and wheat bran on the levels of blood serum urea nitrogen (BUN), other  
blood parameters, growth and fecal characteristics in rats  
Plant Foods for Human Nutrition, 48(2), 95–105

Monro, J. A. (2002)  
Faecal bulking efficacy of Australasian breakfast cereals  
Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 11(3), 176–185

Mosier, J. E. (1989)  
Effect of aging on body systems of the dog  
The Veterinary Clinics of North America, 19(1), 1–12

Muller-Lissner, S. A. (1988)  
Effect of wheat bran on weight of stool and gastrointestinal transit time: a meta analysis  
British Medical Journal, 296(6622), 615–617

Munakata, A.; Iwane, S.; Todate, M.; Nakaji, S.; Sugawara, K. (1995)  
Effects of dietary fiber on gastrointestinal transit time, fecal properties and fat absorption in  
rats  
The Tohoku Journal of Experimental Medicine, 176(4), 227–238

Naumann, Curt; Bassler, Rolf (2004)  
Die chemische Untersuchung von Futtermitteln  
5. Ergänzungslieferung. Herausgegeben von Verband Deutscher Landwirtschaftlicher  
Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Darmstadt

Nelson, R. W.; Ihle, S. L.; Lewis, L. D.; Salisbury, S. K.; Miller, T.; Bergdall, V.;  
Bottoms, G. D. (1991)  
Effects of dietary fiber supplementation on glycemic control in dogs with alloxan-induced  
diabetes mellitus  
American Journal of Veterinary Research, 52, 2060-2066

National Research Council; Ad Hoc Committee on Dog and Cat Nutrition (2006)  
Nutrient requirements of dogs and cats  
National Academies Press, Washington D.C

Nijboer, J.; Becher, F.; van der Kuilen, J.; Beynen, A. C. (2001)  
Chemical analysis and consistency of faeces produced by captive monkeys (*Francois langurs*, *Trachypithecus francoisi*) fed supplemental fibre  
*The Veterinary Quarterly*, 23(2), 76–80

Opitz, Birgit (1996)  
Untersuchungen zur Energiebewertung von Futtermitteln für Hund und Katze  
Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität, München

Papasouliotis, K.; Muir, P.; Gruffydd-Jones, T. J.; Cripps, P. J.; Blaxter, A. C. (1993)  
The effect of short-term dietary fibre administration on oro-caecal transit time in dogs  
*Diabetologia*, 36(3), 207–211

Pul, N.; Pul, M. (1996)  
The rapunzel syndrome (trichobezoar) causing gastric perforation in a child: a case report  
*European Journal of Pediatrics*, 155(1), 18–19

Prola, L.; Dobenecker, B.; Kienzle, E. (2006)  
Interaction between dietary cellulose content and food intake in cats  
*The Journal of Nutrition*, 136(7), 1988S-1990S

Prosky, L.; Asp, N. G.; Furda, I.; DeVries, J. W.; Schweizer, T. F.; Harland, B. F. (1985)  
Determination of total dietary fiber in foods and food products: collaborative study  
*Journal-Association of Official Analytical Chemists*, 68(4), 677–679

Reinhart, G. A.; Moxley, R.A.; Clemens, E.T. (1994)  
Source of dietary fiber and its effects on colonic microstructure, function and histopathology of beagle dogs  
*The Journal of Nutrition*, 124, 2701S-2703S

Riklin, M. (1973)  
Untersuchungen über den Einfluß von Strukturelementen im Futter auf Verdauung, Peristaltik und Kotkonsistenz beim Hund  
Dissertation an der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Rinaudo, M. (1980)  
Structure and characterization of the principal constituents of dietary fiber  
*Annales de la Nutrition et de l'Alimentation*, 34(1), 57–75

Robertson, J. A.; Eastwood, M. A. (1981a)  
An examination of factors which may affect the water holding capacity of dietary fibre  
*The British Journal of Nutrition*, 45(1), 83–88

Robertson, J. A.; Eastwood, M. A. (1981b)  
A method to measure the water-holding properties of dietary fibre using suction pressure  
*The British Journal of Nutrition*, 46(2), 247–255

- Ryan, C. P.; Wolfer, J. J. (1978)  
Recurrent trichophytobezoar in a cat  
*Veterinary Medicine, Small Animal Clinician*, 73(7), 891–893
- Schrag, Irene (1999)  
Untersuchungen zur Bruttoenergiebestimmung an isolierten Einzelfuttermitteln sowie an kommerziellen Futtermitteln für Hund und Katze  
Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität, München
- Schünemann, C.; Mühlum, A.; Junker, S.; Wilfarth, H.; Meyer, H. (1989)  
Praecaecale und postileale Verdaulichkeit verschiedener Stärken sowie pH-Werte und Gehalte an organischen Säuren in Darmchymus und Faeces  
*Animal Physiology and Animal Nutrition*, 19, 44-58
- Schuster, Simone (2003)  
Wirkung verschiedener Cellulosen im Vergleich zu Guarmehl auf Nährstoff- und Bruttoenergieverdaulichkeiten sowie Kotqualität beim Hund  
Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität, München
- Schweizer, G.; Fluckiger, M.; Metzger, L.; Braun, U. (2005)  
Ruminal tympany due to a trichobezoar in a heifer  
*Veterinary Radiology & Ultrasound*, 46(6), 500–501
- Sandberg, A. S.; Andersson, H. (1988)  
Effect of dietary phytase on the digestion of phytate in the stomach and small intestine of humans  
*The Journal of Nutrition*, 118(4), 469–473
- Scott, D. W. (1990)  
Seasonal flank alopecia in ovariohysterectomized dogs  
*The Cornell Veterinarian*, 80(2), 187–195
- Sebesteny, A. (1977)  
Acute obstruction of the duodenum of a rabbit following the apparently successful treatment of a hairball  
*Laboratory Animals*, 11(2), 135
- Sherding, Robert G. (1994)  
The cat: Diseases and clinical management
- Silvio, J.; Harmon, D. L.; Gross, K. L.; McLeod, K. R. (2000)  
Influence of fiber fermentability on nutrient digestion in the dog  
*Nutrition*, 16(4), 289–295
- Simon, O. (1998)  
Auf dem Weg zu neuen Erkenntnissen über die Wirkungsweise NSP-hydrolysierter Enzyme  
*Lohmann Information*, 98(1), 9-14
- Slavin, J. L. (1987)  
Dietary fiber: classification, chemical analyses, and food sources  
*Journal of the American Dietetic Association*, 87(9)1164–1171

Souci, S. W.; Fachmann, W.; Kraut, H. (2006)  
Food composition and nutrition tables. Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Nährwert-  
Tabellen. La composition des aliments tableaux des valeurs nutritives  
Medpharm

Southgate D. A.T.; J.V.G. Durnin (1970)  
Caloric inversion factors: An experimental measurement of the factors used in the calculation  
of the energy value of human diets  
British Journal of Nutrition, 24, 517-535

Sunvold, G. D.; Fahey, G. rC.J.; Merchen, N. R.; Bourquin, L. D.; Titgemeyer, E. C.; Bauer,  
L. L.; Reinhart, G. A. (1995a)  
Dietary fiber for cats: in vitro fermentation of selected fiber sources by cat fecal inoculum and  
in vivo utilization of diets containing selected fiber sources and their blends  
Journal of Animal Science, 73(8), 2329–2339

Sunvold, G. D.; Fahey, G. rC.J.; Merchen, N. R.; Titgemeyer, E. C.; Bourquin, L. D.; Bauer,  
L. L.; Reinhart, G. A. (1995b)  
Dietary fiber for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal  
inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets  
Journal of Animal Science, 73(4), 1099–1109

Sunvold, G. D.; Hussein, H. S.; Fahey, G. rC.J.; Merchen, N. R.; Reinhart, G. A. (1995)  
In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal inoculum  
from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle  
Journal of Animal Science, 73(12), 3639–3648

Swanson, K. S.; Grieshop, C. M.; Clapper, G. M.; Shields, R. rG.J.; Belay, T.; Merchen, N.  
R.; Fahey, G. rC.J. (2001)  
Fruit and vegetable fiber fermentation by gut microflora from canines  
Journal of Animal Science, 79(4), 919–926

Ta, C. A.; Zee, J. A.; Desrosiers, T.; Marin, J.; Levallois, P.; Ayotte, P.; Poirier, G. (1999)  
Binding capacity of various fibre to pesticide residues under simulated gastrointestinal  
conditions  
Food and Chemical Toxicology, 37(12), 1147–1151

Trowell, H. (1976)  
Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases  
The American Journal of Clinical Nutrition, 29(4), 417–427

Twedt, D. C. (1994)  
Diseases of the stomach  
The Cat: Diseases and Clinical Management, 1193-1195

Van, SoestP J. (1963)  
Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of  
fiber and lignin  
Journal of the Association of Official Analytic Chemists, 46, 829-835

Van, SoestP J.; McQueen, R. W. (1973)  
The chemistry and estimation of fibre  
The Proceedings of the Nutrition Society, 32(3), 123–130

- Van, Soest P J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. (1991)  
Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition  
*Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597
- Van, Stee E W.; Ward, C. L.; Duffy, M. L. (1980)  
Recurrent esophageal hairballs in a cat (a case report)  
*Veterinary Medicine, Small Animal Clinician*, 75(12), 1873–1878
- Vaughan, E. D.J.; Sawyers, J. L.; Scott, H. W. J. (1968)  
The rapunzel syndrome. an unusual complication of intestinal bezoar  
*Surgery*, 63(2), 339–343
- Vickers, R. J.; Sunvold, G. D.; Kelley, R. L.; Reinhart, G. A. (2001)  
Comparison of fermentation of selected fructooligosaccharides and other fiber substrates by canine colonic microflora  
*American Journal of Veterinary Research*, 62(4), 609–615
- Vince, A. J.; McNeil, N. I.; Wager, J. D.; Wrong, O. M. (1990)  
The effect of lactulose, pectin, arabinogalactan and cellulose on the production of organic acids and metabolism of ammonia by intestinal bacteria in a faecal incubation system  
*The British Journal of Nutrition*, 63(1), 17–26
- Wagner, J. L.; Hackel, D. B.; Samsell, A. G. (1974)  
Spontaneous deaths in rabbits resulting from gastric trichobezoars  
*Laboratory Animal Science*, 24(5), 826–830
- Wai, C. T.; Lau, G.; Sutedja, D. S. (2005)  
Clinics in diagnostic imaging (104): Gastric trichobezoar (or hairball)  
*Singapore Medical Journal*, 46(7), 359–61
- Wichert, B.; Schuster, S.; Hofmann, M.; Dobenecker, B.; Kienzle, E. (2002)  
Influence of different cellulose types on feces quality of dogs  
*The Journal of Nutrition*, 132(6), 1728S–1729S
- Wilkinson, G.T. (1984)  
The alimentary system  
Diseases of the cat and their management  
Blackwell Scientific, 32
- Williams, C. S. (1975)  
Letter: outbreak of gastric trichobezoars in New Zealand white rabbits  
*Laboratory animal science*, 25(1), 114
- Wöhlbier, Werner; Kling, Max (1983)  
Handelsfuttermittel. Bd. 2, T. A, Futtermittel pflanzlicher Herkunft  
Ulmer, Stuttgart
- Worwood, L. E.; Jones, R. M. (1979)  
Recurrent fur ball in a cat  
*The Veterinary Record*, 104(10), 222

Wrick, K. L.; Robertson, J. B.; Van, Soest P. J.; Lewis, B. A.; Rivers, J. M.; Roe, D. A.; Hackler, L. R. (1983)  
The influence of dietary fiber source on human intestinal transit and stool output  
The Journal of Nutrition, 113(8), 1464–1479

Zamir, D.; Goldblum, C.; Linova, L.; Polychuck, I.; Reitblat, T.; Yoffe, B. (2004)  
Phytobezoars and trichobezoars: A 10-year experience  
Journal of Clinical Gastroenterology, 38(10), 873–876

Zentek, J. (1996)  
Dietary fibre in dog food: comparison of cellulose, pectin and guar  
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 75, 36-45