



## Open Access

DOI 10.2377/0023-2076-64-124

Institut für Tierernährung, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

# Hundefutter mit Insekten? Untersuchungen zu Mischfuttermitteln mit Larven der Schwarzen Soldatenfliege als Proteinquelle

Laura Friederike Meyer, Mareike Kölln, Josef Kamphues

Korrespondenzadresse: laura.meyer@tiho-hannover.de

**Zusammenfassung** Die vorliegende Studie zielte auf nähere Daten zur scheinbaren Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe sowie zur Kotbeschaffenheit und spontanen Akzeptanz bei plötzlicher Futterumstellung verschiedener Mischfuttermittel (MF) für Hunde ab. Außerdem wurden zwei Proteinträger im Rahmen von Differenzversuchen als Zulagen untersucht. Die MF-Varianten bestanden aus einem Alleinfuttermittel (AF) mit Geflügelprotein (Huhn) als Hauptproteinquelle sowie einem AF mit Insektenprotein (*Hermetia illucens*) als Hauptproteinquelle (beide Fa. Marsapet GmbH, Bornheim) und durchliefen entweder eine Extrusion oder eine Pelletierung. Die Differenzversuche waren auf die Effekte einer Zulage von Geflügelmehl oder *Hermetia illucens*-Mehl (HI-Mehl) zu einem vegetarischen AF fokussiert. Die sV der Rohnährstoffe variierte bei allen untersuchten Futtermitteln auf einem grundsätzlich ähnlichen Niveau. Die Rohprotein-(Rp-)Verdaulichkeit unterschied sich nicht – trotz unterschiedlicher Aufbereitung (Werte zwischen 78,2 und 80,5%). Die Rohfett-(Rfe-)Verdaulichkeit war allerdings bei Verwendung von HI-Mehl sowohl im MF als auch als zugelegte Einzelkomponente signifikant höher (95,2% vs. 96,8% im MF; 95,5% vs. 95,5% als Einzelkomponente). Eine mögliche Erklärung hierfür sind das Fettsäuremuster sowie die höheren Ca-Gehalte im Geflügelmehl. Das Insektenmehl hatte eine generell eher günstige Beeinflussung der Kotqualität zur Folge, nicht zuletzt infolge einer höheren Wasserbindung im Kot.

**Schlüsselwörter** *Hermetia illucens*, scheinbare Verdaulichkeit, Extrudieren vs. Pelletieren, Hundefütterung

## Dog food containing insects? Studies on compound feed with larvae of the black soldier fly as the main protein source

**Summary** The aim of the present study was to provide detailed data on the apparent digestibility (aD) of crude nutrients as well as the faecal parameters and the palatability of compound feeds for dogs. In addition, two protein sources were investigated as supplements in a series of comparative experiments. The compound feeds were based on either poultry protein (chicken) or insect protein (Black soldier fly, *Hermetia illucens*) as the main protein source (both produced by Marsapet GmbH, Bornheim, Germany), and were prepared either by extrusion or pelleting. The comparative experiments dealt with the effects of adding either poultry meal or *H. illucens* (HI) meal to a vegetarian compound feed. The aD of the raw nutrients varied at a substantially similar level for all of the compound feeds tested. The crude protein aD did not differ significantly (78.2–80.5%) between the two processing methods (extruding/pelleting). However, the aD of the raw fat was significantly higher when using HI meal either as part of the compound feed or when given with the individual feed components. One possible explanation for this could be the fatty acid pattern of poultry meal (which has not been characterised in detail) or its higher Ca content with respect to HI meal. The insect meal seemed also to cause a positive effect on faecal quality, presumably due to increased water binding in the faeces.

**Keywords** *Hermetia illucens*, apparent digestibility, extruding vs. pelleting, dog feed

## Einleitung

Das erwartete Wachstum der Weltbevölkerung auf bis zu neun Milliarden Menschen führt zu einem enormen Bedarf an Lebensmitteln, bei zunehmendem Lebensstandard in den jetzigen Entwicklungsländern insbesondere an tierischen Erzeugnissen (Steinfeld et al. 2006, Tan et al. 2015, Thornton 2010, Wang und Shelomi 2017). Insekten rücken deshalb als alternative Proteinquelle zunehmend

in den Fokus des wissenschaftlichen und öffentlichen Interesses (Dicke 2014). Insgesamt sind rund 1.900 essbare Insektenspezies bekannt (Van Huis et al. 2013), von denen bislang aber nur wenige kommerziell genutzt werden (Wang und Shelomi 2017). Die Larve der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) ist in besonderem Maße in der Lage, hochwertige Proteine aus unterschiedlichsten



Futtermitteln zu generieren (Wang und Shelomi 2017). Neben der Nutzung des Proteinanteils als Lebens-/Futtermittel erweist sich der Fettanteil dieser Larven als interessante Alternative für die Biokraftstoffproduktion (Leong et al. 2016, Li et al. 2011a, b).

In Bezug auf die Hundeernährung zeigten umfangreiche In-vitro-Untersuchungen von Bosch et al. (2016), dass die Rp-Verdaulichkeit von *Hermetia illucens* ein Niveau von knapp 90 % für Larven erreichte und die Verdaulichkeit der organischen Substanz um 84 % variierte. Heide (2017) untersuchte extrudierte Mischfuttermittel auf der Basis von Reismehl und Schlachtnebenprodukten von Schafen sowie auf der Basis von Reismehl und *Hermetia illucens*. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Verdaulichkeit sowohl des Rp als auch des Rfe für beide Mischfuttermittellösungen vergleichbare Ergebnisse, d. h. keine signifikanten Unterschiede, erzielte.

Obwohl bis zu 95 % der Gesamtmenge an Hundefutter im Extrusionsverfahren hergestellt werden (Tran et al. 2008), kommen auch pelletierte Futtermittel zum Einsatz. Diesbezügliche Studien ergaben, was die Effekte dieser beiden Herstellungsverfahren auf die Verdaulichkeit angeht, sehr unterschiedliche Ergebnisse (Hullar et al. 1998, Stroucken et al. 1996). Aus der Nutztierernährung ist die Beeinflussung der Verdaulichkeit durch die Extrusion an sich u. a. durch die Denaturierung von Proteinen, die Oxidation von Fetten sowie Maillard-Reaktionen bekannt (Tran et al. 2008). In der vorliegenden Studie wurden deshalb neben dem Fokus auf der Extrusion und Einzelkomponenten auch die Pelletierung und ihr möglicher Einfluss überprüft.

## Material und Methoden

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden drei unterschiedliche MF für Hunde hinsichtlich der sV ihrer Roh Nährstoffe sowie der Beeinflussung von Parametern der Kotqualität untersucht. Diese MF enthielten als tierische Proteinquelle entweder ein Geflügelmehl (PAPp, Processed Animal Protein Poultry) oder ein Mehl, hergestellt aus Larven der Schwarzen Soldatenfliegenlarve (*Hermetia illucens*, HI, Larven werden gefriergetrocknet, vermahlen und teilentfettet auf einen Rfe-Gehalt von 195 g/kg TM [Trockenmasse]). Zunächst erfolgte der Vergleich zweier AF, die im Extrusionsverfahren hergestellt wurden; anschließend erfolgte eine weitere Überprüfung eines MF, welches einer Pelletierung unterzogen wurde.

Darüber hinaus wurde die isolierte Zulage der beiden oben genannten Proteinträger im Rahmen von Differenzversuchen, d. h. als Zulage zu einem vegetarischen Basisfutter, geprüft und dabei jeweils 30 % der Trockensubstanz aus dem Basisfutters ersetzt. Die sV der jeweiligen Zulage wurde bestimmt, indem für jeden Roh Nährstoff die Differenz der sV des Alleinfuttermittels mit und ohne die Zulage gebildet wurde. Die sV des Basisfutters war aus parallel laufenden Untersuchungen von Ingenpass et al. (2018) bekannt und nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

## Tiere und ihre Haltung

Bei den Hunden für die Untersuchungen handelte es sich um sechs weibliche, unkastrierte Beagle. Diese waren adult (ein bis drei Jahre alt). Die Körpermasse wurde wöchentlich und zusätzlich zu Beginn und zum Ende jeder Adaptations- und Kollektionsphase erfasst. Die Hunde waren während des gesamten Versuchs im zentralen Tierhaus des Instituts für Tierernährung der Stiftung

Tierärztliche Hochschule Hannover untergebracht und befanden sich während der jeweiligen Versuche einzeln in Innenräumen.

Die Haltung der Hunde entsprach der Tierschutz-Versuchstier-Verordnung und wurde vom Niedersächsischen Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit genehmigt.

## Versuchsablauf

Die einzelnen Verdaulichkeits-Studien erstreckten sich jeweils über die Dauer von zehn Tagen. Die ersten fünf Tage dienten der Gewöhnung an das neue Mischfutter („Adaptationsphase“). Die darauffolgenden fünf Tage stellten die sog. „Kollektionsphase“ dar, in der Probenmaterial gesammelt und verschiedene Parameter erfasst wurden.

Die Fütterung der Hunde erfolgte einmal täglich mit einer Futtermenge entsprechend 0,5 MJ ME/kg Körpermasse<sup>0,75</sup>. Dabei wurde die spontane Akzeptanz der Ration überprüft, indem die Aufnahme bei erstem Angebot sowie ggf. die Masse des nicht aufgenommenen Futters beurteilt wurden (Zahn 2010). Die separat angebotenen Proteinfuttermittel im Differenzversuch wurden mit dem Basisfutter und jeweils 50 ml Leitungswasser (Hannoversche Stadtwerke) gemischt. Durch die entstehende Bindung des Mehls an das Basisfutter konnte die Aufnahme der gesamten Mischung gewährleistet werden. Für die Alleinfuttermittel war dies nicht notwendig.

Die Ausläufe der Hunde wurden während der Kollektionsphasen zwischen 7:00 Uhr und 21:00 Uhr in Abständen von 30 Minuten auf Kotabsatz hin kontrolliert. Abgesetzter Kot wurde sofort eingesammelt, um die Kotmasse verlustfrei zu erfassen und die Kotabsatzfrequenz zu bestimmen. Außerdem wurde der Kot umgehend sensorisch beurteilt (Score zur Bewertung der Kotkonsistenz nach Zahn [2010]: 1 = „Knochenkot“; 2 = Optimalwert, gut geformter Kot, der beim Aufnehmen keine Reste hinterlässt; 5 = Diarrhoe) und bei 6–7 °C gekühlt. Nach Ablauf eines Kollektionstages wurden – für jeden Hund separat – alle gesammelten Proben eines Tages zu einer Poolprobe zusammengeführt und dann der TM-Gehalt bis zu Gewichtskonstanz bestimmt. Die restliche Poolprobe wurde bis zur weiteren Verarbeitung bei –20 °C tiefgefroren. Die Studien erfolgten im „Cross-over-Design“. Hierzu wurden die Hunde in zwei Gruppen zu je drei Hunden aufgeteilt.

## Geprüfte AF-Varianten

Die zu testenden Alleinfuttermittel wurden von der Fa. Jonker Petfood (Waalwijk/Niederlande) in verschiedenen Produktionsverfahren hergestellt. Für das extrudierte AF mit Geflügelmehl als Hauptproteinträger wurden die Einzelkomponenten zunächst auf eine max. Partikelgröße von 1 mm vermahlen und homogen vermischt. Die Extrusion erfolgte bei 107 °C und einem Druck von ca. 30 bar für ca. 1 Minute. Die Düse, durch die das Futter gedrückt wurde, hatte einen Durchmesser von 8 mm. Anschließend wurde das Futter für die Dauer von 30 Minuten bei 120 °C getrocknet. Es folgte das Vakuum-Coating, wonach das Futter abkühlte und verpackt wurde. Das extrudierte Futter mit Insekten durchlief einen vergleichbaren Produktionsprozess.

Grundsätzlich anders verlief der Produktionsprozess für das pelletierte AF mit HI-Mehl. Die vermahlenen und gemischten Zutaten wurden in eine Pelletieranlage gegeben, die mit wesent-



lich weniger Druck und Temperatur arbeitete als der Extruder. Das Futter wurde unter Verwendung von Wasser für die Dauer von einer Minute bei 70 °C und einem Druck von 30 bar gepresst. Anschließend erfolgte auch bei diesem Futter das Coating vor dem Auskühlen.

Die verwendeten tierischen Proteinträger wurden im zweiten Teil der Studie im Rahmen von Differenzversuchen isoliert geprüft. Das PAPp bestand nicht ausschließlich aus Muskelfleisch, sondern enthielt, wie für Material der Kategorie 3 üblich, diverse Schlachtnenprodukte. Das Insektenmehl wurde aus kommerziell gezüchteten und gehaltenen Larven von *Hermetia illucens* gewonnen, teilentfettet und anschließend getrocknet. Dies ist auch bei sonstigen Anwendungen des Larvenmehls im Bereich der Tierernährung üblich.

## Laboranalysen

Die Analyse der Rohnährstoffe erfolgte mittels Weender Analyse im Doppelansatz. Das Verfahren basiert auf der amtlichen Methode des VDLUFA (Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten), Methodenbuch III (Naumann und Bassler 1983). Außerdem wurden die achte Ergänzung von 2012 und hauseigene Modifikationen angewandt. Zusätzlich wurden für die Alleinfuttermittel sowie die Proteinfuttermittel weitere Untersuchungen auf deren Gehalte an Mineralstoffen, Spurenelementen und Aminosäuren durchgeführt. Die Analytik erfolgte analog zu den von Klingenberg (2017) beschriebenen Verfahren, die sich ebenfalls an den Vorgaben des VDLUFA orientierten.

## Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte unter Verwendung des Computersystems SAS® Enterprise Guide 5.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Die Ergebnisse beziehen sich jeweils auf den Mittelwert sowie die Standardabweichung (SD). Zunächst wurden die Daten auf Normalverteilung geprüft und anschließend weitergehend mit gepaarten und ungepaarten t-Tests sowie Wilcoxon-Tests untersucht. Statistisch relevante Unterschiede sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet ( $p < 0,05$ ).

## Ergebnisse

Das Allgemeinbefinden der Hunde war und blieb während der Versuche jederzeit ungestört. Die mittlere Körpermasse variierte kaum zwischen den einzelnen Versuchsabschnitten und war insgesamt konstant (Daten nicht gezeigt). Die Akzeptanz aller verwendeten Futtermittel war jederzeit hoch und die Aufnahme der Ration stets vollständig. Dies gilt insbesondere für die Zulage der isolierten Proteinträger.

## Chemische Zusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung der verwendeten MF sowie der beiden Einzelfuttermittel (PAPp und HI-Mehl) ist ▶ Tabelle 1 zu entnehmen. Die Rp-Gehalte der MF unterschieden sich teils deutlich. Beide MF-Varianten mit Insektenmehl waren allerdings mit einem identischen Proteingehalt deklariert. Außerdem differierten die Rfe-Gehalte. Das extrudierte Futter mit HI zeigte hier den höchsten Wert und das pelletierte den geringsten. Der Rohasche (Ra)-Anteil war bei dem pelletierten MF im Verhältnis zu den anderen MF am geringsten, während dieses Futter den höchsten Gehalt an NfE (N-freie Extraktionsstoffe, Kohlenhydrate) aufwies. Das extrudierte MF mit HI enthielt den größten Anteil an Rohfaser (Rfa).

Im Vergleich der drei MF-Varianten wies das pelletierte Futter mit Insekten den größten Anteil an Stärke auf und gleichzeitig die geringste Menge an Zucker. In Bezug auf die Mineralstoffe hatte die MF-Variante mit PAPp den größten Anteil an Ca, wohingegen die P-Gehalte zwischen dieser Sorte und der extrudierten MF-Variante mit HI vergleichbar waren und das pelletierte Futter den geringsten Anteil aufwies.

Die in den Differenzversuchen verwendeten Zulagen wiesen erwartungsgemäß einen besonders hohen Proteinanteil auf. Das PAPp enthielt noch mehr Rp als das HI-Mehl (733 g/kg TM vs. 570 g/kg TM). Gleichzeitig enthielt das PAPp wesentlich mehr Ra, während sich das HI-Mehl durch einen mehr als doppelt so hohen Anteil an Rfe auszeichnete. Das PAPp hatte darüber hinaus deutlich höhere Gehalte an Ca und P.

**Tab. 1: Chemische Zusammensetzung der Mischfuttermittel bzw. der beiden Proteinträger**

Parameter		MF mit PAPp, extrudiert	MF mit HI, extrudiert	MF mit HI, pelletiert	PAPp	HI-Mehl
TM	g/kg FM	917	922	909	962	909
Ra	g/kg TM	70,7	74,3	58,3	147	68,2
Rp		282	275	227	733	570
Rfe		141	183	112	83,7	195
Rfa		25,3	30,5	25,6	10,4	93,0
NfE		481	438	578	26,5	74,3
oS		929	926	942	853	932
Stärke	g/kg TM	366	327	482	n. b.	n. b.
Zucker		26,2	33,7	19,9	n. b.	n. b.
Ca	g/kg TM	14,8	8,59	8,88	35,2	11,9
P		9,30	9,88	4,17	23,0	8,36

MF = Mischfuttermittel, PAPp = Geflügelmehl, HI-Mehl = *Hermetia illucens*-Mehl, TM = Trockenmasse, Ra = Rohasche, Rp = Rohprotein, Rfe = Rohfett, Rfa = Rohfaser, NfE = N-freie Extraktionsstoffe, oS = organische Substanz, n. b. = nicht bestimmt





Bei der Auswertung der Gesamtration der Verdaulichkeits-Studie im Differenzverfahren, die sich durch den Ersatz von 30 % des Basisfutters durch den jeweiligen Proteinträger ergab, waren die beschriebenen Unterschiede deutlich weniger prominent (► Tab. 2). Trotzdem ergaben sich höhere Gehalte an Ra und Rp bei der Zulage von PAPp sowie höhere Gehalte an Rfe und Rfa bei der Zulage von HI-Mehl.

Die Aminosäuregehalte und -muster waren bei allen MF-Varianten vergleichbar. Die schwefelhaltigen Aminosäuren (AS) Methionin (1,83–2,14 g/100 g Rp) und Cystein (0,70–1,12 g/100 g Rp) machten den jeweils geringsten Anteil aus und der Methionin-Gehalt war bei den MF-Varianten mit HI-Mehl sogar geringfügig höher als bei der MF-Variante mit PAPp. Verhältnismäßig groß war der Anteil an Glutaminsäure (14,64–15,31 g/100 g Rp), Asparaginsäure (9,42–10,48 g/100 g Rp) und Glycin (8,36–9,30 g/100 g Rp) in allen MF-Varianten.

Bei den Aminosäuregehalten und -mustern der beiden separat verwendeten Protein-FM waren ebenfalls die hohen Gehalte an Glutaminsäure (11,56–13,12 g/100 g Rp) und Glycin (5,50–10,23 g/100 g Rp) auffällig. Außerdem enthielten beide Zulagen relativ viel Asparaginsäure (8,70–10,60 g/100 g Rp) und Leucin (6,91–7,59 g/100 g Rp).

In Bezug auf die schwefelhaltigen Aminosäuren und Lysin waren sich die beiden Zulagen sehr ähnlich. Das HI-Mehl wies zwar geringfügig mehr Lysin auf (6,43 g/100 g Rp vs. 6,87 g/100 g Rp), wohingegen das PAPp etwas höhere Gehalte an Methionin und Cystein hatte. Die Summe der schwefelhaltigen AS ergab für das PAPp 2,71 g/100 g Rp und für das HI-Mehl 2,45 g/100 g Rp. Im Vergleich dazu enthält Sojaextraktionsschrot, das wichtigste Eiweißfuttermittel der Welt, 3,0 g/100 g Rp als Summe der schwefelhaltigen AS (Kamphues et al. 2014). Es weist einen Lysingehalt von 6,0 g/100 g Rp auf (Kamphues et al. 2014) und beide Protein-futtermittel der vorliegenden Studie überstiegen diesen Wert.

**Kotabsatzfrequenz, Kotmasse, TM-Gehalt, Kotqualität sowie tägliche Wasseraufnahme**

In ► Tabelle 3 sind allgemeine Beobachtungen, Befunde und Daten zusammengestellt, die mit dem Einsatz der verschiedenen MF ver-

**Tab. 2: Chemische Zusammensetzung der Gesamtrationen im Differenzversuch**

Versuch	Basis-futter	Zulage PAPp	Zulage HI-Mehl
Basisfutter (% der TM)	100	70	70
PAPp (% der TM)	–	30	–
HI-Mehl (% der TM)	–	–	30
TM (g/kg FM)	915	929	913
Ra (g/kg TM)	55,1	375	326
Rp (g/kg TM)	222	99,5	133
Rfe (g/kg TM)	106	14,7	39,4
Rfa (g/kg TM)	16,5	82,5	59,0
NfE (g/kg TM)	600	428	443
oS (g/kg TM)	945	917	941

PAPp = Geflügelmehl, HI-Mehl = *Hermetia illucens*-Mehl, TM = Trockenmasse, Ra = Roh-asche, Rp = Rohprotein, Rfe = Rohfett, Rfa = Rohfaser, NfE = N-freie Extraktionsstoffe, oS = organische Substanz

bunden waren. Die Fütterung des MF mit PAPp beeinflusste die Kotabsatzfrequenz pro Tag nicht. Die Kotmasse (sowohl in FM [Frischmasse] als auch in TM) war bei dieser Fütterungsvariante tendenziell geringer als bei der MF-Variante mit HI. Der TM-Gehalt im Kot variierte auf sehr ähnlichem Niveau. Deutliche Unterschiede zwischen den beiden MF zeigten sich in der Kotqualität. Das MF mit PAPp führte zu einem signifikant höheren Score-Wert in der Kotkonsistenz (2,56 vs. 2,34) und einem tendenziell höheren Score-Wert in der Kotformung (2,57 vs. 2,43). Dies entspricht einer ungünstigeren Kotqualität, da der Optimalwert bei einem Score-Wert von zwei liegt.

Der Vergleich der beiden MF-Varianten mit HI (extrudiert vs. pel-letiert) zeigte sehr ähnliche Werte bezüglich der Kotabsatzfre-quenz. Darüber hinaus führte das extrudierte MF zu einer tenden-ziiell größeren Kotmasse in g FM sowie auch in g TM, während der TM-Gehalt sich nicht unterschied. Es kam bei der Verwendung des extrudierten MF zu einem signifikant geringeren Score-Wert für die Kotkonsistenz, während sich in der Kotformung keine Unterschiede ergaben. Die tägliche Wasseraufnahme war durch das pelletierte MF tendenziell höher.

**Tab. 3: Vergleich der Auswirkungen der MF mit PAPp sowie HI-Mehl in Bezug auf die Kotabsatzfrequenz (n/Tag), Kotmasse (g FM in 5 Tagen und g TM in 5 Tagen), Kot TM (%), Kotkonsistenz sowie die tägliche Wasseraufnahme (ml)**

Parameter	MF mit PAPp, extrudiert	MF mit HI-Mehl, extrudiert	MF mit HI-Mehl, extrudiert	MF mit HI-Mehl, pelletiert
Kotabsatzfrequenz	2,40 ± 0,62	2,53 ± 0,78	2,27 ± 0,83	2,33 ± 0,80
Kotmasse (g FM/5 Tage)	496 ± 85,9	570 ± 28,9	606 ± 74,8	541 ± 65,9
Kotmasse (g TM/5 Tage)	136 ± 12,3	144 ± 6,99	149 ± 11,0	134 ± 20,9
Kot TM (%)	26,8 ± 2,43	25,8 ± 1,96	24,9 ± 2,59	25,9 ± 2,12
Kotkonsistenz	2,56 <sup>a</sup> ± 0,42	2,34 <sup>b</sup> ± 0,42	2,29 <sup>a</sup> ± 0,38	2,50 <sup>b</sup> ± 0,47
Wasseraufnahme/Tag (ml)	458 ± 122	432 ± 122	449 ± 167	551 ± 191

MF = Mischfuttermittel, PAPp = Geflügelmehl, HI-Mehl = *Hermetia illucens*-Mehl, FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse  
signifikante Unterschiede werden durch unterschiedliche hochgestellte Buchstaben gekennzeichnet, Signifikanzniveau: p < 0,05







**Tab. 4: Vergleich der Auswirkungen der unterschiedlichen Zulagen an PAPP sowie HI-Mehl in Bezug auf die Kotabsatzfrequenz (n/Tag), Kotmasse (g FM in 5 Tagen und g TM in 5 Tagen), Kot TM (%), Kotkonsistenz sowie die tägliche Wasseraufnahme (ml), ermittelt im Differenzversuch**

Parameter	Zulage PAPP	Zulage HI-Mehl
Kotabsatzfrequenz	2,07 ± 0,64	2,40 ± 0,77
Kotmasse in g FM in 5 Tagen	492 <sup>a</sup> ± 34,0	569 <sup>b</sup> ± 37,8
Kotmasse in g TM in 5 Tagen	160 ± 14,1	158 ± 9,40
Kot TM (%)	33,0 <sup>a</sup> ± 2,62	28,0 <sup>b</sup> ± 2,50
Kotkonsistenz	2,71 <sup>a</sup> ± 0,58	2,25 <sup>b</sup> ± 0,38
Wasseraufnahme/Tag (ml)	508 ± 167	515 ± 153

PAPP = Geflügelmehl, HI-Mehl = *Hermetia illucens*-Mehl  
 signifikante Unterschiede innerhalb einer Zeile werden durch unterschiedliche hochgestellte Großbuchstaben gekennzeichnet, Signifikanzniveau: p < 0,01

Der Vergleich der angesprochenen Aspekte bei der Verwendung der beiden Protein-Futtermittel im Differenzversuch ist ► Tabelle 4 zu entnehmen. Die Zulage von PAPP im Vergleich zu der Zulage von HI-Mehl führte zu einer tendenziell niedrigeren Kotabsatzfrequenz pro Tag. Dieser Unterschied war allerdings nicht statistisch abzusichern (p = 0,067). Die Kotmasse in g FM unterschied sich deutlich. Erhielten die Hunde die Zulage von PAPP, ergaben sich wesentlich geringere Kotmassen (492 g vs. 569 g FM). Der TM-Gehalt der Kotproben war ebenfalls hochsignifikant unterschiedlich und wesentlich geringer bei der Zulage des HI-Mehls. Insgesamt glich sich die Kotmasse in g TM an und war nicht signifikant abweichend. Die Kotformung und die Kotkonsistenz waren durch die Fütterung der Zulage an HI-Mehl hochsignifikant niedriger als bei der Fütterung der Zulage an PAPP und dichter am Optimalwert (Score-Wert von 2).

**Scheinbare Verdaulichkeit (sV) der Rohnährstoffe**

Die Rp-Verdaulichkeit zeigte tendenziell höhere Werte bei dem MF mit HI-Mehl im Vergleich zum MF mit PAPP (78,2 % vs. 80,5 %) sowie eine signifikant höhere Rfe-Verdaulichkeit. Im Gegensatz dazu war die sV des MF mit PAPP signifikant höher für die NfE-Verdaulichkeit (87,1 % vs. 83,3 %). Die Verdaulichkeit der organischen Substanz (oS) zeigte keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Untersuchungen (► Tab. 5).

Bei dem Vergleich der extrudierten mit der pelletierten MF-Variante (beide HI-Mehl) ergab sich eine tendenziell höhere sV des Rp für das extrudierte Futter. Das Rfe zeigte eine signifikant höhere sV bei der extrudierten MF-Variante (96,8 % und 95,4 %). Während sich die Verdaulichkeit der oS nicht signifikant unterschied, war die Verdaulichkeit der NfE-Fraktion bei der Untersuchung des pelletierten Futters signifikant höher (82,1 % vs. 85,8 %) (► Tab. 5).

Die sV der Rohnährstoffe der Proteinträger im Differenzversuch zeigte keine nennenswerten Unterschiede zwischen den beiden Proteinkomponenten (► Tab. 5). Die sV des Rp befand sich unabhängig von der Mischfuttergestaltung auf einem sehr ähnlichen Niveau und signifikante Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden. Allerdings war die sV des Rfe beim HI-Mehl signifikant höher. Die sV der oS unterschied sich nicht (► Tab. 5).

**Diskussion**

**Versuchsaufbau**

Die Haltung der Hunde in der vorliegenden Studie erfolgte nicht in Stoffwechsellkäfigen. Somit konnte zwar einerseits ein verändertes (reduziertes) Kotabsatzverhalten durch Bewegungsmangel ausgeschlossen werden. Andererseits ist ein Risiko für Verluste an Kot durch Koprophagie der Hunde nicht gänzlich auszuschließen, auch wenn dies zu keinem Zeitpunkt beobachtet werden konnte. Das Cross-over-Design der Studie führte zu einer Minimalisierung der äußeren Einflüsse und sollte immer gleiche Bedingungen gewährleisten. Trotzdem können gewisse äußere Störfaktoren nie gänzlich ausgeschlossen werden (Jahreszeit, Temperatur, Licht usw.).

Die Fütterungsfrequenz hat kaum Einfluss auf die sV der oS (Zentek 2016), aber im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden alle Hunde stets zur selben Uhrzeit und immer einmal täglich gefüttert. Eine mögliche Beeinflussung betrifft folglich sämtliche Ergebnisse. Die Futteraufnahme der Hunde erfolgte stets vollständig und schnell, aber auch hastig und von Futterneid geprägt. Dieses Verhalten kann laut Childrey et al. (1930) zu leicht niedrigeren Werten für die sV führen, aber auch hiervon wären alle Ergebnisse gleichermaßen tangiert.

**Tab. 5: Scheinbare Verdaulichkeit der Alleinfuttermittel und der Zulagen im Differenzversuch (sV von Rp, Rfe, oS und NfE in %)**

sV (%)	MF mit PAPP, extrudiert	MF mit HI-Mehl, extrudiert	MF mit HI-Mehl, extrudiert	MF mit HI-Mehl, pelletiert	Zulage PAPP <sup>1</sup>	Zulage HI-Mehl <sup>1</sup>
oS	83,3 ± 1,86	82,0 ± 0,88	81,1 ± 1,62	82,9 ± 3,27	86,8 ± 4,91	82,5 ± 3,00
Rp	78,2 ± 3,19	80,5 ± 2,06	80,5 ± 1,38	78,2 ± 5,15	83,1 ± 3,11	83,4 ± 2,17
Rfe	95,2 <sup>a</sup> ± 0,70	96,8 <sup>b</sup> ± 0,91	96,8 <sup>a</sup> ± 0,18	95,4 <sup>b</sup> ± 1,26	89,1 <sup>a</sup> ± 3,24	95,5 <sup>b</sup> ± 2,24
NfE	87,1 <sup>a</sup> ± 1,61	83,2 <sup>b</sup> ± 1,16	82,1 <sup>a</sup> ± 2,11	85,8 <sup>b</sup> ± 2,94	n. b.	n. b.

MF = Mischfuttermittel, PAPP = Geflügelmehl, HI-Mehl = *Hermetia illucens*-Mehl, Rp = Rohprotein, Rfe = Rohfett, NfE = N-freie Extraktionsstoffe, oS = organische Substanz, n. b. = nicht bestimmt  
 signifikante Unterschiede werden durch unterschiedliche hochgestellte Buchstaben gekennzeichnet, Signifikanzniveau: p < 0,05  
<sup>1</sup>Ersatz von 30 % des Basisfutters (rein pflanzliche Komponenten)



## Spontane Akzeptanz, Kotmasse, TM-Gehalt und Kotqualität

Die spontane Akzeptanz eines Futtermittels wird durch verschiedene Faktoren, wie die Nährstoffzusammensetzung oder die Herstellungsweise, beeinflusst (Hullar et al. 1998). Dabei wird konträr diskutiert, ob die Extrusion zu einer Verbesserung der Akzeptanz führt oder nicht (Tran et al. 2008). Die spontane Akzeptanz sämtlicher MF-Varianten und auch der zugelegten Proteinträger war in der vorliegenden Untersuchung ausnahmslos hoch und es konnten keine Unterschiede festgestellt werden.

Die Bewertung der Kotqualität erfolgte makroskopisch mittels des Score von Zahn (2010). Dieser Parameter stellt laut Watson (2012) für über 75 % der Hundebesitzer ein wesentliches Qualitätsmerkmal dar. Das extrudierte MF mit HI-Mehl führte zu einer Bewertung, die signifikant dichter am Optimalwert (Score-Wert 2) variierte als die Vergleichsration auf Basis von PAPP. Die isolierte Zulage des PAPP im Differenzversuch ergab ebenfalls eine deutlich weichere Kotqualität als die Zulage des HI-Mehls. Im Vergleich zum PAPP konnte also ein positiver Einfluss des HI-Mehls auf die Kotqualität nachgewiesen werden – sowohl im extrudierten MF als auch nach Zulage ohne weitere Bearbeitung. Das pelletierte Futter hingegen führte zu einer weniger festen Kotkonsistenz im Vergleich zur extrudierten Variante.

Grundsätzlich muss die Qualität der Zulagen bei der Bewertung der Kotqualität berücksichtigt werden. Das „Geflügelmehl“ der vorliegenden Studie bestand aus Material der Kategorie 3 und enthielt dementsprechend nicht nur Muskelfleisch, sondern auch Knochen und andere schwer verdauliche Anteile (Bindegewebe). Zeiger (2015) untersuchte die Effekte von unterschiedlich fein vermahlenden Federmehlen auf die Kotqualität. Die Autorin konnte nachweisen, dass die Zulage von 20 % grobem bzw. feinem Federmehl im Differenzversuch zu einer deutlich weicheren Kotkonsistenz führte (Score-Werte 3,63–3,86). In der vorliegenden Studie ist die Zusammensetzung des „Geflügelmehls“ nicht bekannt und somit kann ein gewisser Anteil an schwer verdaulichen Bestandteilen unterstellt werden, der einen negativen Einfluss auf die Kotkonsistenz ausgeübt haben könnte. Für das Insektenmehl sind vergleichbare Effekte einzelner Bestandteile nicht bekannt, allerdings beschrieben Kamphues et al. (2014) in Bezug auf Vögel, dass MF für Weichfresser oft einen gewissen Insektenanteil enthalten. Dieser führt aufgrund des Chitins zu einer festeren Fäzesqualität.

Laut Marquart (1999) führen schwer verdauliche Kohlenhydrat-Anteile einer Ration zu einer weicheren Kotkonsistenz, da diese im Dickdarm anfluten und mikrobiell fermentiert werden. Die NfE-Gehalte in den vorliegenden Gesamtrationen waren bei den beiden extrudierten MF fast identisch und nur bei der pelletierten MF-Variante geringfügig höher. Diese MF-Variante führte auch zu der weichsten Kotkonsistenz, obwohl die NfE-Quellen identisch waren. Bei den Zulagen der Proteinträger stammte der überwiegende Anteil der NfE-Fraktion aus dem Basisfutter, welches in beiden Versuchsteilen zu gleichen Anteilen eingesetzt wurde.

Zeiger (2015) beschrieb zudem, dass bei zunehmendem Ra-Gehalt im Futter auch der Ra-Gehalt im Kot stieg und sich die Fäzes dadurch zunehmend verfestigte. In der vorliegenden Studie überstieg der Ra-Anteil im „Geflügelmehl“ (ungünstigerer Score-Wert)

allerdings den des Insektenmehls (günstigerer Score-Wert). Offensichtlich überlagerten andere Einflussfaktoren diesen Effekt. Das pelletierte MF mit HI-Mehl enthielt weniger Ra als die extrudierte Sorte mit HI-Mehl und in diesem Vergleich bestätigten die Score-Werte die These der Autorin.

Nery et al. (2012) konnten eine weichere Kotkonsistenz durch höhere Proteingehalte im MF hervorrufen und begründeten dies mit dem vermehrten fermentativen Abbau im Dickdarm. Auch Fricke (2002) wies eine positive Korrelation zwischen fäkaler Wasserabgabe und fäkaler Rp-Abgabe nach. Zentek et al. (2002) beschrieben eine Beeinflussung der Kotqualität durch die Menge und Art der Proteinquelle. Eine weichere Kotkonsistenz konnte durch einen höheren Kollagenanteil in der Proteinfraction des Futters hervorgerufen werden. Dies wurde einerseits durch die geringere präzäkale Verdaulichkeit erklärt und andererseits durch die gleichzeitig hohe Wasserbindungskapazität.

Von besonderer Bedeutung für die Kotqualität ist der Einfluss der Wasserbindung von Futterinhaltsstoffen (Hang et al. 2013, Zentek 1993). Der Wassergehalt der Fäzes hängt außerdem von der





Wasserresorption im Dickdarm ab, die sehr stark differieren kann (5–227 ml/kg KM/Tag; Meyer et al. 1989). Abhängig ist diese von der Menge der präzäkal unverdauten Futterbestandteile und deren Wasserbindungskapazität, dem postilealen mikrobiellen Abbau und der Absorptionsfähigkeit der Darmwand (Meyer et al. 1999). Insbesondere bestimmten pflanzlichen Kohlenhydraten wird eine hohe Wasserbindungskapazität zugesprochen (Lewis et al. 1994, Robertson und Eastwood 1981), aber diese waren allenfalls in der Basisdiät enthalten und in keinem der Proteinfuttermittel.

Bei den vorliegenden Untersuchungen unterschied sich der fäkale TM-Gehalt hochsignifikant zwischen beiden Zulagen im Differenzversuch (Zulage Hühnermehl:  $33,0 \pm 2,62$  % TM; Zulage Insektenmehl:  $28,0 \pm 2,50$  % TM). Gleichzeitig war auch die Kotmasse in g FM pro fünf Tage Kollektionsphase hochsignifikant verschieden, während sich die Kotmasse in g TM nicht unterschied. Darüber hinaus nahmen die Hunde während beider Versuchsabschnitte eine fast identische Menge an Wasser auf. Es war also bei Einsatz des Insektenmehls mehr Wasser in der Kotmasse vorhanden, obgleich die Kotkonsistenz dadurch – zumindest adspektorisch – nicht beeinträchtigt wurde. Von besonderem Interesse für weitere Untersuchungen könnten hier zum einen die Wasserbindungskapazitäten der Proteinfuttermittel im Allgemeinen sein, zum anderen aber auch die Wasserbindungskapazitäten der Bestandteile, die tatsächlich im Dickdarm des Hundes ankamen. Zu berücksichtigen ist des Weiteren, dass sich die Passagegeschwindigkeit der Ingesta auf den TM-Gehalt der Fäzes auswirkt, indem die Verweildauer im Dickdarm vermindert wird, wo der überwiegende Teil der Wasserresorption stattfindet (Fricke 2002, Meyer et al. 1989). Hinweise auf die Passagegeschwindigkeit gibt evtl. die Kotabsatzfrequenz. Diese war im Differenzversuch aber nur tendenziell bei der Fütterung des HI-Mehls höher und ist evtl. eine gewisse Erklärung.

Der Einfluss der Herstellungsweise von Hundefutter wurde von Stroucken et al. (1996) in Bezug auf den TM-Gehalt der Fäzes untersucht. Dabei wurde durch das Extrudieren einer Ration der TM-Gehalt signifikant auf 25,1 % gesenkt, während das Pelletieren zu einem TM-Gehalt von 26,3 % führte. In der vorliegenden Studie konnte dieser Effekt nicht bestätigt werden und die TM-Gehalte unterschieden sich hier nicht, wenn das MF als Extrudat oder als Pellet gefüttert wurde. Unerwünschte Effekte der Extrusion wie die Gelatinisierung von Stärke oder eine Denaturierung von Proteinen (Tran et al. 2008) konnten in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden.

## Scheinbare Verdaulichkeit

Die vorliegende Arbeit bezog sich auf die sV der Rohnährstoffe, wodurch bestimmte endogene Verluste Diskrepanzen zur wahren Verdaulichkeit, besonders von Rfe und Rp, hervorgerufen haben können (Kamphues et al. 2014). Laut Faber et al. (2010) ist jedoch bei der Verwendung hochwertiger Proteinquellen kein Unterschied zwischen der Gesamtverdaulichkeit und der präzäkalen Verdaulichkeit Ileum-fistulierter Hunde von Rp und Rfe festzustellen.

Eine Schwierigkeit beim Vergleich und der Bewertung der Ergebnisse diverser Studien zur sV bei Hunden ist die Zusammensetzung der Rationen. Hunde werden zu einem überwiegenden Großteil mit kommerziellen MF versorgt, die mehrere Proteinquellen enthalten (Lund et al. 1999). Deshalb ist stets zu

unterscheiden, ob ein solches MF untersucht wird und Aussagen zu der sV dieser Mischung aus mehreren Komponenten getroffen werden oder ob tatsächlich nur die zu prüfende Proteinquelle untersucht wird. In der vorliegenden Arbeit ist durch den Versuchsaufbau sichergestellt, dass sowohl die sV der Rohnährstoffe verschiedener MF als auch die der Proteinträger selbst berücksichtigt werden konnten.

Diverse Einflussfaktoren können Auswirkungen auf die sV der jeweiligen Rohnährstoffe haben, die Rohnährstoffe beeinflussen sich u. a. gegenseitig in ihrer Verdaulichkeit. So beschrieb Zentek (2016), dass der besonders geringe Rp-Gehalt einer Ration zu einer veränderten sV der Fraktion an NfE und an Rfe führen kann. Dies war in den eigenen Untersuchungen aber nicht der Fall; sämtliche MF und auch die Zulagen der proteinreichen Mehle führten zu einem Gesamt-Rp-Gehalt der Rationen, der teilweise sogar als hoch zu bezeichnen war.

Nach Meyer und Mundt (1983) führt ein höherer Ra-Anteil im Futter außerdem zu einer verminderten Salzsäure-Bildung im Magen und unzureichender Azidierung des Chymus, woraus sich eine geringere sV des Rp ergeben kann. Siebert (2014) führte darüber hinaus aus, dass das dadurch nicht vollständige Lösen der Mineralien aus der bindegewebigen Knochengrundsubstanz zu einer erschwerten Proteolyse führte. Hohe Ra-Anteile im PAPP der MF-Varianten dürften zum Beispiel aus Knochenanteilen stammen, allerdings war dieser Gehalt für das Mehl der vorliegenden Untersuchungen nicht bekannt. Die sV des Rp unterschied sich in keinem Abschnitt der vorliegenden Studie signifikant.

In den Untersuchungen von Stroucken et al. (1996) zum Herstellungsverfahren unterschied sich die sV der TM nicht, während die sV des Rp beim Extrudieren 72,4 % und beim Pelletieren signifikant höhere 78,4 % betrug. Die Autoren vermuteten ursächlich eine verstärkte intestinale Fermentation beim Extrudat. In den eigenen Untersuchungen wies das pelletierte Futter eine tendenziell niedrigere sV des Rp auf.

Schaepe (2011) hingegen wies bei steigendem Ra-Gehalt im MF eine rückläufige sV der oS nach, indem die Autorin unterschiedliche Kombinationen aus Separatorenfleisch und Knochenmus untersuchte. Im Rahmen ihrer Studie konnte gezeigt werden, wie der Ra-Gehalt von 51,3 g/kg TM zu einer sV der oS von 94,6 % führte. Bei einem Ra-Gehalt von 317 g/kg TM fiel die sV der oS schließlich auf 81,8 %. In der vorliegenden Untersuchung entsprach der Ra-Gehalt bei den Alleinfuttermitteln 58,3–74,3 g/kg TM und bei den Zulagen der Proteinträger 59,0–82,5 g/kg TM. Gewisse Auswirkungen auf die sV der oS sind nicht auszuschließen, aber aufgrund der geringen Differenzen eher zu vernachlässigen.

Telfer (1922, 1924) wies darüber hinaus einen Abfall der sV des Rfe bei einem hohen Ra-Anteil der Ration nach. Ebenso wie Zentek (2016) und Meyer und Mundt (1983) begründete er dies mit einer möglichen Seifenbildung unter Einbezug von Kalzium, die schließlich zu einer forcierten Fettausscheidung führte. Zeiger (2015) hingegen stellte tendenziell gegensätzliche Effekte fest und die sV des Rfe stieg bei zunehmendem Ra-Gehalt an. Die Autorin begründete dies mit dem für eine Seifenbildung noch nicht ausreichenden Gehalt an Ra von 141 g/kg TM. Die vermehrte Fettausscheidung konnte laut Zentek (2016) außerdem auch durch Einflüsse des Mischfuttermittels auf die mikrobielle Zusammensetzung der Darmflora entstehen.





In den eigenen Untersuchungen war keine gerichtete Veränderung erkennbar. Bei dem Vergleich der kommerziellen AF enthielt die extrudierte MF-Partie mit HI-Mehl den größten Anteil an Ra und wies gleichzeitig eine höhere sV des Rfe auf als die Vergleichsfuttermittel. In Bezug auf die isolierten Proteinträger enthielt die MF-Variante mit PAPP mehr Ra und zeigte eine signifikant niedrigere sV des Rfe im Vergleich zu der MF-Variante mit HI-Mehl.

Nach Zentek (2016) sowie Long et al. (1963) hat ein höherer Fettanteil in der Ration keine negative Beeinflussung der sV zur Folge, kann aber durchaus günstigere Verdauungsbedingungen für andere Komponenten schaffen, wie Rp durch eine verlängerte Verweildauer des Chymus im Magen. In der vorliegenden Studie war der Rfe-Anteil bei der extrudierten AF-Variante mit HI am höchsten, hier war auch die sV des Rp tendenziell höher als bei den anderen beiden AF. Somit deutet sich auch hier eine Beeinflussung dessen durch den Rfe-Anteil an. Ebenso war bei der Zulage der einzelnen Proteinträger der Rfe-Gehalt im MF mit HI rund 30 % höher als bei der Zulage des PAPP, auch wenn hier keine Unterschiede in Bezug auf die sV des Rp nachgewiesen werden konnten. Freudenthal (1990) beschrieb außerdem am Beispiel von Rinderfett, dass das Fettsäurenmuster die Rfe-Verdaulichkeit beeinflusst. Fette mit einem hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren waren in den Untersuchungen der Autorin höher verdaulich. Nach Kamphues et al. (2014) sind weiche Fette mit einem niedrigen Schmelzpunkt allgemein höher verdaulich als die mit einem höheren Schmelzpunkt. Für die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Futtermittel wurden keine Untersuchungen der Fettsäurenmuster durchgeführt, da aus der Literatur hinreichend die wesentlichen Anteile der gesättigten und mittelkettigen Fettsäuren bekannt sind (Spranghers et al. 2017).

Zentek (2016), Monti et al. (2015) sowie auch Opitz (1996) beschrieben, dass die Zunahme der Rfa um 1 % in der TM der Ration mit einer um 1,6 % verminderten sV der oS einhergeht. Zusätzlich wurde die sV der NfE am stärksten beeinträchtigt und die des Rfe am wenigsten. Die Autoren begründeten dies mit der geringeren mikrobiellen Zerlegung im Dickdarm infolge einer beschleunigten Futterpassage, hervorgerufen durch die Rfa. Diese beeinflussten darüber hinaus die Gesamtverdaulichkeit, indem andere Nährstoffe „eingeschlossen“ wurden und evtl. auch die Viskosität des Chymus und damit die Futterpassagezeit erhöhten. Siebert (2014) konnte in ihren Untersuchungen zu steigenden Fasergehalten durch den Zusatz von Lignozellulose außerdem negative Auswirkung eines noch größeren Faseranteils auf die sV des Rp und des Rfe zeigen. Außerdem war die Rfa-Fraktion selbst oft schlecht verdaulich (Zentek 2016).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte also nachgewiesen werden, dass die Verwendung von Insektenmehl als Proteinträger im Vergleich zu einem „Geflügelmehl“ zu einer tendenziell geringeren sV der oS führte, während gleichzeitig der Faseranteil der Ration höher war und die Kotabsatzfrequenz anstieg. Diese Tendenz konnte in den Untersuchungen zu den MF nicht bestätigt werden. Es ist demnach nicht geklärt, woher der Rfa-Gehalt im HI-Mehl stammt und ob es sich hierbei um Mess- Ungenauigkeiten handelte. Auffällig waren Übereinstimmungen zu den Chitingehalten, welche Kriesten et al. (2016) sowie Kroeckel et al. (2012) publizierten (9,82 g Chitin/kg TM; 9,60 g Chitin/kg TM; eigene Untersuchung 9,30 g Rfa/kg TM).

## Fazit

Das HI-Mehl konnte mit allen MF-Varianten (Extrudat, Pellet sowie isolierte Zulage des Proteinträgers) das Niveau der sV von Vergleichsfuttermitteln auf Basis von PAPP erreichen. Der Rfe-Anteil war in allen Untersuchungsabschnitten zu einem höheren Anteil verdaulich als jener der Vergleichsfuttermittel. Insgesamt verdienen die hohe spontane Akzeptanz sämtlicher MF sowie der positive Einfluss des Insektenproteins auf die Kotqualität besondere Erwähnung. Es konnten keinerlei nachteilige Auswirkungen beim Einsatz von HI in den MF-Varianten festgestellt werden, wobei diese Einzelkomponente bis zu 30 % in der Gesamtmi- schung ausmachte.

## Conflict of interest

Hiermit erklären die Autoren, dass sie keine geschützten, finanziellen, beruflichen oder anderen persönlichen Interessen an einem Produkt, Service und/oder einer Firma haben, welche die im Manuskript dargestellten Inhalte oder Meinungen beeinflussen könnten.

Die verwendeten Futtermittel wurden von der Firma Marsapet GmbH bereitgestellt. ■

## Literatur

- Bosch G, Vervoort J, Hendriks W (2016): In vitro digestibility and fermentability of selected insects for dog foods. *Anim Feed Sci Technol* 221: 174–184.
- Childrey JH, Alvarez WC, Mann FC (1930): Digestion: efficiency with various foods and under various conditions. *Arch Intern Med* 46: 361–374.
- Dicke M (2014): The protein of the future walks on six legs. *Proceedings of the 18<sup>th</sup> ESVCN congress, Utrecht 2014*.
- Faber T, Bechtel P, Hernot D, Parsons C, Swanson K, Smiley S, Fahey G (2010): Protein digestibility evaluations of meat and fish substrates using laboratory, avian, and ileally cannulated dog assays 1. *J Anim Sci* 88: 1421–1432.
- Freudenthal U (1990): Untersuchungen zur Verdaulichkeit von Rinderfett unterschiedlicher Zusammensetzung beim Hund. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Fricke S (2002): Verträglichkeit, Verdaulichkeit und intestinale Effekte von Feucht- oder Trockenfutter auf der Basis von Rind- oder Geflügelfleisch beim Hund. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Hang I, Heilmann RM, Grützner N, Suchodolski JS, Steiner JM, Atroshi F, Sankari S, Kettunen A, De Vos WM, Zentek J (2013): Impact of diets with a high content of greaves-meal protein or carbohydrates on faecal characteristics, volatile fatty acids and faecal calprotectin concentrations in healthy dogs. *BMC Vet Res* 9: 201.
- Heide C (2017): Larvenmehl von *Hermetia illucens* als Proteinträger im Futter für Hunde. Berlin, FU, veterinärmed. Fak., Diss.
- Hullar I, Fekete S, Szöcs Z (1998): Effect of extrusion on the quality of soybean-based catfood. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 80: 201–206.
- Ingenpass L, Kölln M, Mandel S, Kamphues J (2018): Digestibility rates of two canine diets based on animal or plant protein sources. *Proceedings of the 22th ESVCN congress, München 2018*, 125.
- Kamphues J, Wolf P, Eder K, Iben C, Kienzle E, Coenen M, Liesegang A, Männer K, Zebeli Q, Zentek J (2014): Supplemente zur Tierernährung. 12. Aufl. Schaper, Hannover.
- Klingenberg L (2017): *Campylobacter jejuni*-Infektionen bei Broilern: Zusammenwirken von Aminosäurenversorgung, Futteraufnahmeverhalten und Infektionsdynamik unter Berücksichtigung des Mikrobioms. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.



- Kriesten A, Heide C, Kröger S, Zentek J (2016): Analysis of chitin from *Hermetia illucens* larvae by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD). Proceedings of the 20th ESVCN congress, Berlin 2016, 193.
- Kroeckel S, Harjes AGE, Roth I, Katz H, Wuertz S, Susenbeth A, Schulz C (2012): When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute – Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 364/365: 345–352.
- Leong SY, Kuty SRM, Malakahmad A, Tan CK (2016): Feasibility study of biodiesel production using lipids of *Hermetia illucens* larva fed with organic waste. *Waste Manag* 47: 84–90.
- Lewis LD, Magerkurth JH, Roudebush P, Morris ML Jr, Mitchell EE, Teeter SM (1994): Stool characteristics, gastrointestinal transit time and nutrient digestibility in dogs fed different fiber sources. *J Nutr* 124: 2716.
- Li Q, Zheng L, Cai H, Garza E, Yu Z, Zhou S (2011a): From organic waste to biodiesel: Black soldier fly, *Hermetia illucens*, makes it feasible. *Fuel* 90: 1545–1548.
- Li Q, Zheng L, Hou Y, Yang S, Yu Z (2011b): Insect fat, a promising resource for biodiesel. *J Pet Environ Biotechnol* 2: 2.
- Long J, Brooks F, Sandweiss D (1963): A comparison of fats of varying saturation as inhibitors of canine gastric secretion. *Gastroenterology* 45: 638–643.
- Lund EM, Armstrong PJ, Kirk CA, Kolar LM, Klausnor J (1999): Health status and population characteristics of dogs and cats examined at private veterinary practices in the United States. *J Am Vet Med Assoc* 214: 1336–1341.
- Marquart B (1999): Untersuchungen zum Einsatz mikrobiell fermentierbarer Kohlenhydrate in der Fütterung von Hunden. Hannover, Tierärztl. Hochschule. Diss.
- Meyer H, Mundt H (1983): Untersuchungen zum Einsatz von Knochenschrot in Futtermitteln für Hunde. *Dtsch Tierärztl Wochenschr* 1: 6–81.
- Meyer H, Behfeld T, Schuenemann C, Muehlum A (1989): Intestinal metabolism of water, sodium and potassium. *Fortschr Tierphysiol Tierernähr* 19: 109–119.
- Meyer H, Zentek J, Habernoll H, Maskell I (1999): Digestibility and compatibility of mixed diets and faecal consistency in different breeds of dog. *Transbound Emerg Dis* 46: 155–166.
- Monti M, Loureiro B, Mendonca F, Pedreira R, Goloni C, Avante M, Villaverde C, Carciofi A (2015): Fiber particles size on nutrient digestibility, fermentation products, diet palatability, and gastrointestinal retention time of dogs. 19<sup>th</sup> European Society of Veterinary and Comparative Nutrition Congress, Toulouse 2015, 91.
- Naumann C, Bassler R (1983): VDLUFA-Methodenbuch. Vol. III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln mit Ergänzungen. 3. Aufl., VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Nery J, Goudez R, Biourge V, Tournier C, Leray V, Martin L, Thorin C, Nguyen P, Dumon H (2012): Influence of dietary protein content and source on colonic fermentative activity in dogs differing in body size and digestive tolerance. *J Anim Sci* 90: 2570–2580.
- Opitz B (1996): Untersuchungen zur Energiebewertung von Futtermitteln für Hund und Katze. Ludwig-Maximilians-Universität München, Diss.
- Robertson J, Eastwood M (1981): An examination of factors which may affect the water holding capacity of dietary fibre. *British J Nutr* 45: 83–88.
- Schaepe K (2011): Untersuchungen an Hunden zur Rohrnährstoffverdaulichkeit sowie Kot- und Harnzusammensetzung bei Variation der Rohaschegehalte im Futter durch unterschiedliche knochenreiche Schlachtnebenprodukte. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Siebert DC (2014): Zur Bedeutung besonderer Komponenten (Lignocellulose, Federmehl, Karkassenmaterial) und ihrer Struktur für die Nährstoffverdaulichkeit und Kotbeschaffenheit bei Hunden. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Spranghers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Olyn A, Deboosere S, De Meulenaer B, Michiels J, Eeckhout M, De Clercq P, De Smet S (2017): Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J Sci Food Agric* 97: 2594–2600.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, De Haan C (2006): *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. FAO 2006.
- Stroucken WP, Van Der Poel AF, Kappert HJ, Beynen AC (1996): Extruding vs. pelleting of a feed mixture lowers apparent nitrogen digestibility in dogs. *J Sci Food Agric* 71: 520–522.
- Tan HSG, Fischer AR, Tinchan P, Stieger M, Steenbekkers L, Van Trijp HC (2015): Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance. *Food Qual Prefer* 42: 78–89.
- Telfer S (1922): Studies on Calcium and Phosphorus Metabolism: Part I. The Excretion of Calcium and Phosphorus. *QJ Med* 61: 45–62.
- Telfer S (1924): Studies in Calcium and Phosphorus Metabolism: Part III. The Absorption of Calcium and Phosphorus and Their Fixation in the Skeleton. *QJ Med* 67: 245–259.
- Thornton PK (2010): Livestock production: recent trends, future prospects. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 365: 2853–2867.
- Tran QD, Hendriks WH, Van der Poel AF (2008): Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. *J Sci Food Agric* 88: 1487–1493.
- Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P (2013): *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom 2013, 171.
- Wang YS, Shelomi M (2017): Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods* 6: 91.
- Watson T (2012): Qualität von Hundenahrung – Relevanz der Verdaulichkeit. *Kleintier Konkret* 15: 6–12.
- Zahn S (2010): Untersuchungen zum Futterwert (Zusammensetzung, Akzeptanz, Verdaulichkeit) und zur Verträglichkeit (Kotbeschaffenheit) von Nebenprodukten der Putenschlachtung bei Hunden. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Zeiger AL (2015): Untersuchungen zum Einsatz und Futterwert asche- und protein- bzw. keratinreicher Nebenprodukte der Geflügelschlachtung in der Fütterung von Hunden. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- Zentek J (1993): Untersuchungen zum Einfluss der Fütterung auf den mikrobiellen Stoffwechsel im Intestinaltrakt des Hundes. Hannover, Tierärztl. Hochschule, Hab.
- Zentek J (2016): Ernährung des Hundes: Grundlagen – Fütterung – Diätetik. Begründet von Helmut Meyer. 8. Aufl. Enke, Stuttgart.
- Zentek J, Kaufmann D, Pietrzak T (2002): Digestibility and effects on fecal quality of mixed diets with various hydrocolloid and water contents in three breeds of dogs. *J Nutr* 132: 1679–1681.

## Korrespondenzadresse

Laura Meyer  
Institut für Tierernährung  
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover  
Bischofsholer Damm 15  
30173 Hannover  
laura.meyer@tiho-hannover.de