

Computergestützte Rationsberechnung (Diet Check Munich©)
versus BARF-Blutprofil beim Hund

von Veronika Hajek

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

Computergestützte Rationsberechnung (Diet Check Munich©)
versus BARF-Blutprofil beim Hund

von Veronika Hajek
aus Klagenfurt am Wörthersee, Österreich

München, 2023

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Innere Medizin der Kleintiere

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Priv.-Doz. Dr. Petra Kölle

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Petra Kölle

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

Tag der Promotion: 11. Februar 2023

Für meine Familie

INHALTSVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG.....	1
II. LITERATURÜBERSICHT.....	3
1. BАРF - „Biologisch Artgerechtes Roh-Futter“.....	3
1.1. Allgemeines zu BARF	3
1.2. Typische BARF-Rationen.....	3
1.3. Vorteile beim BARFen.....	5
1.4. Nachteile beim BARFen	6
1.4.1. Nährstoffimbalancen der Ration	6
1.4.2. Übertragung von Infektionen	7
1.4.2.1. Bakterien	9
1.4.2.2. Viren.....	10
1.4.2.3. Parasiten	10
1.4.3. Fütterungshygiene bei Besitzer:innen	13
1.4.4. Kenntnisstand Diätetik bei Besitzer:innen.....	14
1.4.5. Fremdeiweiß-Kontaminationen.....	15
1.4.6. Knochenfütterung und deren Risiken.....	15
2. Computergestützte Rationsberechnung.....	16
2.1. National Research Council (NRC).....	16
2.2. Diet Check Munich [©]	18
3. BARF-Blutprofil.....	19
4. Parameter im BARF-Blutprofil.....	20
4.1. Parameter des kommerziell angebotenen BARF-Blutprofils.....	20
4.1.1. Kalzium (Ca).....	20
4.1.2. Phosphor (P).....	21
4.1.3. Ca/P-Verhältnis	22
4.1.4. Vitamin A (Retinol)	23
4.1.5. Vitamin D.....	24
4.1.6. Thyroxin (gesamt T4).....	25
4.1.7. Jod (I)	27
4.1.8. Kupfer (Cu)	27
4.1.9. Zink (Zn)	28

4.1.10.	Mangan (Mn).....	29
4.2.	Zusätzlich analysierte Blut-Parameter	30
4.2.1.	Kreatinin (Crea).....	30
4.2.2.	Harnstoff (Urea)	31
4.2.3.	Harnsäure (Hsre)	32
4.2.4.	Taurin (Tau)	32
5.	Evaluierte Werte in der Ration.....	34
5.1.	Energie (ME).....	34
5.2.	Rohprotein (Rp).....	35
5.3.	Kalzium (Ca).....	37
5.4.	Phosphor (P).....	38
5.5.	Ca/P-Verhältnis	40
5.6.	Vitamin A.....	41
5.7.	Vitamin D.....	42
5.8.	Jod (I)	43
5.9.	Kupfer (Cu)	45
5.10.	Zink (Zn)	47
5.11.	Mangan (Mn).....	49
6.	Ziele dieser Studie	51
6.1.	Korrelation errechneter Versorgungsstand und Analysewerte BARF- Blutprofil	51
6.2.	Erstellung eines 95 % Perzentils für Mangan	51
6.3.	Risikobewertung eines Taurinmangels beim geburften Hund	51
6.4.	Optimierung des BARF-Blutprofils	51
III.	PUBLIKATION	52
IV.	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	76
1.	Methodik	76
1.1.	Angaben der Besitzer:innen	76
1.2.	Labordiagnostik.....	77
1.3.	Rationsberechnung	77
1.4.	Auswahl der Tiere	78
2.	Ergebnisse	80
2.1.	Rationsüberprüfung.....	80

2.1.1.	Antinutritive Inhaltsstoffe	80
2.1.2.	Unterschiede zwischen BARF- und Kontrollgruppe	83
2.2.	Blutparameter	84
2.3.	Korrelation Futter und Blutparameter	88
2.3.1.	Kreatinin und Rohprotein.....	89
2.3.2.	Kalzium (Ca)	89
2.3.3.	Phosphor und Phosphat	90
2.3.4.	Vitamin A und Retinol	92
2.3.5.	Vitamin D und Calcidiol	92
2.3.6.	Thyroxin (T4).....	93
2.3.7.	Jod (I)	94
2.3.8.	Kupfer (Cu)	94
2.3.9.	Zink (Zn)	95
2.3.10.	Mangan (Mn).....	96
2.4.	Mögliche Optimierung durch Nierenparameter	98
2.4.1.	Harnsäure (Hsre)	98
2.4.2.	Harnstoff (Hst)	98
2.5.	Taurinmangel und DCM	98
3.	Schlussfolgerung.....	101
V.	ZUSAMMENFASSUNG.....	103
VI.	SUMMARY	105
VII.	LITERATURVERZEICHNIS.....	107
VIII.	ANHANG	152
1.	Fütterungsfragebogen BARF Gruppe.....	152
2.	Fütterungsfragebogen Kontrollgruppe.....	156
IX.	ABSTRACT	159
X.	DANKSAGUNG	160

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

µmol	Mikromol
AAFCO	Association of American Feed Control Officials
Abb.	Abbildung
AS	Aminosäure
BARF	Bone And Raw Food/ Biologisch artgerechte Rohfütterung
BCS	Body Condition Score
bzw.	Beziehungsweise
Ca	Kalzium
CLIA	Chemilumineszens-Immunoassay
CNI	Chronische Niereninsuffizienz
Cu	Kupfer
DCM	Dilatative Kardiomyopathie
DM	Dry matter/ Trockensubstanz
DNA	Desoxyribonukleinsäure
ECVCN	European College of Veterinary and Comparative Nutrition
etc.	Et cetera/ und so weiter
FEDIAF	Fédération européenne de l'industrie des aliments pour animaux familiers/ Europäischer Verband der Heimtierfutterindustrie
GFR	Glomeruläre Filtrationsrate
ggf.	Gegebenenfalls
ggr.	Geringgradig
hgr.	Hochgradig
HPLC	High Performance Liquid Chromatography/ Hochdruckflüssigkeitschromatographie
I	Jod

IE	Internationale Einheiten
idR.	In der Regel
ICP-MS	Inductively coupled plasma mass spectrometry/ Induktiv-gekoppelte Massenspektromie
KBE	Koloniebildende Einheiten
kcal	Kilokalorien
KM	Körpermasse
LBM	Lean body mass/ fettfreie Körpermasse
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
ME	Umsetzbare Energie
MJ	Megajoule
mmol	Millimol
Mn	Mangan
nmol	Nanomol
NRC	National Research Council
P	Phosphor
PTH	Parathormon
RA	Recommended daily allowance/ Versorgungsbedarf
RIA	Radio-Immuno-Assay
RMBD	Raw meat-based diet/ Rohfleischfütterung
RP	Rohprotein
SUL	Safe upper limit/ Maximalgrenze
T4	Thyroxin
TS	Trockensubstanz
vRP	Verdauliches Rohprotein
Zn	Zink

I. EINLEITUNG

Seit einiger Zeit erfreut sich eine Ernährung auf Rohfleischbasis, auch BARFen genannt (engl. raw meat-based diet, RMBD), bei Hundehalter:innen zunehmender Beliebtheit. Diese hat sich zu einer eigenen Fütterungsmethode mit vielen Anhänger:innen entwickelt. Im Jahr 2021 leben rund 10,3 Millionen Hunde in 21 % der Haushalte Deutschlands (INDUSTRIEVERBAND HEIMTIERBEDARF E.V. und ZENTRALVERBAND ZOOLOGISCHER FACHBETRIEBE DEUTSCHLANDS E.V., 2022). Laut einer bereits 2019 stattgefundenen Umfrage wurden damals schon rund 4 % aller Hunde gefarft (STATISTA, 2020). Bei dieser Art der Fütterung wird auf kommerzielle Futtermittel und Getreide ganz oder weitgehend verzichtet und stattdessen rohes Fleisch, Knochen, Öle/Fette, Obst und Gemüse gefüttert (DILLITZER et al., 2012; SIMON, 2012; KAMPHUES et al., 2014; KÖLLE und SCHMIDT, 2015).

Das Hauptargument für diese spezielle Form der Ernährung ist, dass nur rohes Fleisch und tierische Nebenprodukte für Hunde geeignet sind und folglich als gesund angesehen werden können (SIMON, 2012). Der Hund soll damit angelehnt an die natürliche Nahrung des Wolfes gefüttert werden (MORELLI et al., 2019). Weitere Vorteile von BARF gegenüber kommerzieller Nahrung sind nach Angaben von Hundehalter:innen:

1. verlängerte Fütterungszeiten und damit Befriedigung des Kaubedürfnisses,
2. genaue Kenntnis des Futters und
3. Verbesserung der Zahngesundheit durch regelmäßiges Kauen der Knochen (DILLITZER et al., 2012; VERVUERT und RÜCKERT, 2017).

Außerdem kann bei besonderen Ernährungsbedürfnissen, wie z.B. bei bestimmten Erkrankungen, Vorlieben, Abneigungen usw., eine individuelle und bedarfsgerechte Ernährung angeboten werden (DILLITZER et al., 2012; ZENTEK und MEYER, 2016a).

Ein kritischer Punkt beim BARFen ist allerdings das nicht zu unterschätzende Infektionsrisiko für Hund und Mensch. Zu diesem Thema existieren zahlreiche Übersichtsartikel und Fallbeschreibungen (JOFFE und SCHLESINGER, 2002; STROHMEYER et al., 2006; DILLITZER et al., 2012; NEMSER et al., 2014; KÖLLE und SCHMIDT, 2015; ZENTEK und MEYER, 2016a; VAN BREE et al.,

2018; VECCHIATO und DOBENECKER, 2018; HELLGREN et al., 2019; NÜESCH-INDERBINEN et al., 2019).

Eines der Hauptprobleme beim BARFen sind auftretende Nährstoffimbalancen, welche durch die von Hundehalter:innen individuell zusammengestellten Rationen entstehen können (STREIFF et al., 2002; LAUTEN et al., 2005; DILLITZER et al., 2010; DILLITZER et al., 2011; STOCKMAN et al., 2013; KÖLLE und SCHMIDT, 2015; MACK und KIENZLE, 2016; VERVUERT und RÜCKERT, 2017; PEDRINELLI et al., 2019).

Dahingegen können Nährstoffimbalancen in der Ration mittels einer computergestützte Rationsberechnung zuverlässig erkannt werden. Anschließend können diese durch einen Abgleich mit dem individuellen Nährstoffbedarf auf Basis der Werte des National Research Council (NRC, 2006) angepasst werden (THES und DILLITZER, 2014; KÖLLE und SCHMIDT, 2015).

Das Hauptziel dieser Studie bestand in der Evaluation, ob eine Analyse bestimmter Blutparameter gemäß eines kommerziell erhältlichen Screening-Profiles, in diesem Fall "*Barfer-Profil Hund*" von SYNLAB.vet GmbH, Augsburg, Deutschland (SYNLAB.VET, 2020), zur Überprüfung von Nährstoffimbalancen in der Ernährung gebarteter Hunde sinnvoll eingesetzt werden kann. Darüber hinaus sollte sie zeigen, inwieweit und in welchem Umfang eine klinische Relevanz solcher Screenings und deren Korrelation im Vergleich zur berechneten Rationskontrolle gegeben ist. Zudem wurde die Aussagefähigkeit zusätzlicher Parameter überprüft.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. BARF - „Biologisch Artgerechtes Roh-Futter“

1.1. Allgemeines zu BARF

Die Bezeichnung BARF leitet sich ursprünglich von dem Begriff „born again raw feeders“ (wiedergeborene Rohfütterer) ab. BARF wurde als „Biologisch Artgerechtes Rohfutter“ eingedeutscht und bezeichnet eine spezielle Methode der Ernährung karnivorer Haustiere (SIMON, 2012). Bei dieser Ernährungsform wird komplett oder weitestgehend auf kommerzielle Futtermittel und Getreide verzichtet und stattdessen rohes Fleisch, Knochen, Öle/Fette, Obst und Gemüse gefüttert (DILLITZER et al., 2012; SIMON, 2012; KAMPHUES et al., 2014; KÖLLE und SCHMIDT, 2015).

Hauptargumentation für rohes Futter ist, dass nur rohes Fleisch „artgerecht“ und „natürlich“ sei und im Folgeschluss nur dies für einen Hund als gesund gelten kann. Zusätzlich wird angenommen, dass der Getreideanteil in kommerziellem Hundefutter nachteilig für Hunde sei (SIMON, 2012; KAMPHUES et al., 2014; GROENEWOLD, 2020).

Die Anforderungen an eine BARF-Ration gleichen denen einer selbst hergestellten, bedarfsgerechten oder einem kommerziellen Alleinfuttermittel für Hunde. Mit einer korrekten Rezeptur können Bedarfsdeckung und adäquate Nährstoffversorgung ermöglicht werden und eine BARF-Ration als ausgewogen gelten (ZENTEK und MEYER, 2016a).

1.2. Typische BARF-Rationen

Die Rationen gebarfter Hunde orientieren sich an der Zusammensetzung der Nahrung eines Wolfes in freier Natur (SCHÄFER und MESSIKA, 2011; DILLITZER et al., 2012; SIMON, 2012; THES und DILLITZER, 2014). Demzufolge sollte die täglich aufgenommene Futtermenge alle essenziellen Nährstoffe ausreichend abdecken und weder Über- noch Unterversorgung verursacht werden. Idealerweise wird jede Ration individuell durch eine professionelle Rationsberechnung zusammengestellt und dabei Bedarf und Versorgungsstand kontrolliert (DILLITZER et al., 2012).

Unter den typischen BARF-Diäten kann unterschieden werden zwischen selbst zusammengestellten BARF-Rationen (FREEMAN et al., 2013), konventionellem Fertig-BARF, auch als CORF (Convenient Raw Food) begründet (GROENEWOLD, 2020), dem Preyen (FUCHS, 2019) etc.

Bei den kommerziellen BARF-Paketen handelt es sich meist um gewolfte und tiefgefrorene Rationen aus einer oder mehreren Fleisch- und/oder Innereiensorten, die über das Internet oder den Zoofachhandel bezogen werden. Ein kleiner Anteil der Hundehalter:innen verwendet selbst zusammengestellte Rationen, die sich meistens zusätzlich an gewissen BARF-Konzepten orientieren (FREEMAN et al., 2013), wie beispielsweise BARF nach SIMON (2012), VOLHARD (1995) oder BILLINGHURST (1993). (Siehe auch Tabelle 1)

Tabelle 1: Prozentuale Zusammensetzung typischer BARF-Rationen für erwachsene Hunde in populärwissenschaftlicher Literatur

Konzept	Zusammensetzung	
BARF (SCHÄFER und MESSIKA, 2011)	Ca. 70 % Fleisch, Innereien, fleischige Knochen (Verhältnis Fleisch zu fleischigen Knochen = 30/70)	Ca. 30 % pflanzlich
BARF (SIMON, 2012)	Ca. 75 - 90 % Fleisch, Innereien und fleischige Knochen (mind. 10 % Knochen am Gesamtfutter)	Ca. 10 - 25 % pflanzlich
BARF (BILLINGHURST, 1993)	Ca. 60 % Fleisch; Bis zu 40 % Innereien, Milchprodukte, Ei, usw.	Bis zu 40 % pflanzlich
Preyen (FUCHS, 2019)	100 % tierisch: ganze Tierkörper z.B. Kaninchen, Huhn oder Teile verschiedener Tiere gemischt	0 % pflanzlich

Unabhängig von der Art der BARF-Fütterung wird meistens von einer Gesamtfuttermenge pro Tag von 2 % des Körpergewichts des Hundes ausgegangen (WIMMER-KIECKBUSCH, 2011; SIMON, 2012; DREWES, 2017). Bei dieser

Methode wird allerdings die tatsächliche Energiedichte von Futtermitteln außer Acht gelassen und ebenso der Fakt, dass der Energiebedarf zweier gleich schwerer Hunde deutlich unterschiedlich sein kann. Aus tiermedizinischer Sicht wird, unter Anlehnung an die Werte des National Research Council (NRC, 2006), der individuelle tägliche Bedarf an Energie ermittelt und verwendet (KÖLLE und SCHMIDT, 2015).

1.3. Vorteile beim BARFen

Für Hunde, wie auch Besitzer:innen, bieten sich mehrere Vorteile gegenüber kommerziellem Trocken- oder Nassfutter, vorausgesetzt, dass die BARF-Ration nicht zu stark zerkleinert wurde und damit Nassfutter gleichen würde. Dazu zählen:

1. verlängerte Fresszeiten und damit ein befriedigendes Kaubedürfnis,
2. eine genaue Kenntnis davon, was gefüttert wird, vorausgesetzt es werden keine Fertig-Pakete gefüttert,
3. mögliche positive Beeinflussung der Zahngesundheit durch regelmäßiges Bekauen von Knochen (DILLITZER et al., 2012; VERVUERT und RÜCKERT, 2017).
4. Zusätzlich dazu kann bei speziellen Rationsbedürfnissen, wie bei gewissen Krankheitsfällen, Vorlieben, Abneigungen etc., eine individuelle und bedarfsgerechte Ration verfüttert werden (DILLITZER et al., 2012).

Die Fachwelt ist sich uneinig darüber, ob das Füttern von rohen Knochen, wie es beim BARFen der Fall ist, Zahnerkrankungen verhindern kann, beziehungsweise für die Zahngesundheit förderlicher ist, als die Fütterung kommerziellen Alleinfutters (KÖLLE und SCHMIDT, 2015). Vor allem populärwissenschaftliche Publizierende sind von den positiven Aspekten der Knochenfütterung überzeugt (SIMON, 2012), aber auch LONSDALE (1994) fand, dass das Benagen von Knochen zu den effektivsten Methoden zählt, um Periodontitiden zu verhindern: Konträr dazu stehen Untersuchungen von ILGAŽS und BIRGELE (2003) die zeigten, dass Hunde mit selbst zusammengestellten Rationen (roh und gekocht) eine schlechtere Zahngesundheit aufwiesen als kommerziell gefütterte Hunde. Auch eine Untersuchung von Afrikanischen Wildhunden (*Lycan pictus*) zeigte, dass bei 41 % der untersuchten Tiere Periodontitiden auffindbar waren, was gegen positive Effekte einer natürlichen Knochenfütterung spricht (STEENKAMP und GORREL, 1999).

In aktuellen Büchern zur Hundefütterung (ZENTEK und MEYER, 2016e; FRITZ, 2018) wird postuliert, dass das Benagen von Knochen jüngerer geschlechteter Tiere die Zahngesundheit positiv beeinflussen kann. Zähne erfahren dadurch einen gewissen reinigenden Effekt, der der Entstehung von Plaque oder Zahnstein vorbeugen kann, wenngleich es eine gründliche Sanierung und die regelmäßige manuelle Reinigung mit einer Bürste nicht ersetzen kann.

1.4. Nachteile beim BARFen

1.4.1. Nährstoffimbilanzen der Ration

Nährstoffimbilanzen gehören zu den häufigsten Problemen bei selbst zusammengestellten Rationen. Auch auf das BARFen trifft dies zu. Wird eine selbst zusammengestellte Ration mittel- oder langfristig gefüttert, ist eine rechnerische Rationsüberprüfung unabdingbar (DILLITZER et al., 2012; FREEMAN et al., 2013; KÖLLE und SCHMIDT, 2015; PEDRINELLI et al., 2019). Dies wird auch durch eine Studie von DILLITZER (2010) bestätigt, in der 76 % der getesteten BARF-Rationen mindestens eine oder mehrere Nährstoffimbilanzen aufwiesen.

Mitunter am häufigsten betroffen ist Kalzium (Ca), sowohl im Exzess, bei zu viel Knochenfütterung, als auch im Mangel, bei zu wenig oder fehlendem Knochen in der Ration (DILLITZER et al., 2012; PEDRINELLI et al., 2019). Auch andere Nährstoffe, vor allem Kupfer (Cu), Jod (I), Zink (Zn), Vitamin A und D sind häufig betroffen. Einerseits handelt es sich hierbei um sekundäre Mängel z.B. Kupfer/Zink-Mangel aufgrund von Kalzium-Exzess. Andererseits ist oft ein Fehlen von Supplementen, wie beispielsweise Vitamin-Mineralstoffgemischen, festzustellen (DILLITZER et al., 2012).

In einer Studie von DILLITZER et al. (2011) wurden BARF-Rationen mittels computergestützter Rationsberechnung auf Nährstoffimbilanzen untersucht. Bei 25 % aller Rationen wurde nur 70 % oder weniger der Recommended Allowance (RA) laut NRC (2006) für Vitamin A gefunden. Nur 25 % der RA für Kalzium wurde in 10 % der Rationen gefüttert. Zusätzlich dazu lag in diesen Rationen das Ca/P-Verhältnis unter 0,6 und es wurde deutlich zu wenig Vitamin D zugegeben. Bei rund der Hälfte aller untersuchten Rationen wurde der minimal vorgegebene Bedarf für Jod laut NRC (2006) unterschritten. Mehr als die Hälfte der Rationen lieferte weniger Zink und Kupfer als empfohlen. Insgesamt waren 60 % der Rationen mit mindestens einer oder mehrere Imbalanzen behaftet.

Eine Überprüfung von 200 Rezepten für selbst zubereitete BARF-Rationen für gesunde erwachsene Hunde von STOCKMAN et al. (2013) zeigte, dass diese sowohl sehr vage Formulierungen enthalten als auch zum größten Teil nicht ausgewogen sind. So enthielten 95 % mindestens einen oder mehrere essenzielle Nährstoffe unter dem Minimum laut Association of American Feed Control Officials (AAFCO). Rund 84 % wiesen sogar multiple Nährstoffimbalancen auf. Basierend auf dieser Untersuchung wurde gefordert, dass die Erstellung einer Ration ausschließlich einer veterinärmedizinischen Fachperson mit speziellen Kenntnissen der Diätetik vorbehalten sein sollte, um Fehler in der Zusammensetzung zu vermeiden.

1.4.2. Übertragung von Infektionen

Die Fütterung und Handhabung roher Komponenten bringt immer ein gesteigertes Risiko von Infektionen mit sich. Parasiten, Bakterien, multiresistente Keime oder Viren können sowohl das Tier als auch als Zoonoseerreger den Menschen infizieren (SAWITZ, 1939; HEYDORN und ROMMEL, 1972; BOER und HAHNÉ, 1990; THE LABORATORY CENTRE FOR DISEASE CONTROL, 2000; TSCHÄPE, 2000; LEJEUNE und HANCOCK, 2001; KERN et al., 2005; MACPHERSON, 2005; WEESE et al., 2005; FINLEY et al., 2006; STROHMEYER et al., 2006; ANTOLOVA et al., 2009; BAYERISCHES LANDESAMT FÜR GESUNDHEIT und RINDER, 2012; WENDEL et al., 2012; GRAS et al., 2013; NEMSER et al., 2014; VAN BREE et al., 2018; BACCI et al., 2019; HELLGREN et al., 2019; NÜESCH-INDERBINEN et al., 2019). Eine exemplarische Übersicht potenzieller Infektionserreger für Hunde und Menschen soll mit Tabelle 2 gegeben werden.

Gemäß der Verordnung (EU) 1069/2009 zu Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte fällt zur Fütterung an Hunde bestimmtes rohes Fleisch und Innereien unter die Kategorie III (EUROPÄISCHE UNION, 2009). Laut Kapitel 1, Abschnitt 4, Artikel 10 dieser Verordnung wären Produkte der Kategorie III für den menschlichen Verzehr geeignet. Sie sind aber aus verschiedenen Gründen nicht für diesen Zweck bestimmt. Des Weiteren ist es vorgesehen, dass jenes rohe Fleisch laut der Verordnung (EU) 142/2001 stichprobenmäßig mikrobiologischen Tests zu unterziehen ist (EUROPÄISCHE UNION, 2011). Hierbei wird mittels standardisierter Bestimmung der koloniebildenden Einheiten (KBE) von *Salmonella spp.* und *Enterobacteriaceae* getestet, ob das Fleisch den Kriterien

entspricht, noch akzeptabel ist oder nicht den Auflagen entspricht. Für Salmonellen gilt, dass in 5 Proben á 25 g kein Nachweis erfolgen darf. Bei *Enterobacteriaceae* gilt, dass von 5 Proben ($n = 5$) maximal 2 ($c = 2$) innerhalb der Schwellenwerte $m = 10$ und $M = 5\,000$ KBE/g liegen dürfen (EUROPÄISCHE UNION, 2011).

Entsprechend diesen oben beschriebenen strengen Kriterien für rohes Fleisch untersuchte eine aktuelle Studie von NÜSCH-INDERBINEN et al. (2019) in der Schweiz BARF-Pakete auf ihren mikrobiellen Status. Bei 72,5 % der untersuchten Proben wurden über 5 000 KBE/g für *Enterobacteriaceae* bestimmt. Sie sind damit laut EU-Hygienevorschriften für Tierfutter mikrobiologisch unzureichend. In 3,9 % aller untersuchten Proben konnten, trotz Nulltoleranz der EU für Salmonellen, diese nachgewiesen werden. Unter anderem wurden *Salmonella typhimurium*, aber auch exotische Stämme gefunden. NÜSCH-INDERBINEN et al. (2019) folgerten weiter in ihrer Studie, dass BARF-Rationen eine Gefahr für Menschen und Tiere darstellen. Durch diese könne man sich mit Salmonellen und multiresistenten Enterobakterien, wie Extended-Spectrum-Betalaktamasen (ESBL) bildenden Keimen, infizieren.

Im selben Jahr konnten auch HELLGREN et al. (2019) in Schweden bei 52 % der geprüften BARF-Fleisch-Proben mehr als 5 000 KBE/g feststellen. Zusätzlich dazu wurden *Salmonella spp.* und *Campylobacter* in 7 % bzw. 5 % der Fleisch-Proben gefunden. Auch einige Jahre davor konnten WENDEL et al. (2012) schon mikrobielle Kontaminationen in BARF-Fleisch nachweisen: In 14/15 der im Internet erworbenen BARF-Pakete wiesen sie bis zu $6,7 \times 10^5$ KBE *Enterobacteriaceae* pro Gramm nach.

Weiters gilt es zu beachten, dass diese strengen Kriterien auch Ausnahmen beinhalten. Laut EU VO 1069/2009 ist davon rohes Hundefutter aus Geschäften ausgenommen, welches auch dort gelagert und zuvor zerteilt wurde, um dann direkt an Endverbrauchende zu gehen. Ebenfalls davon ausgenommen ist jenes rohe Hundefutter, welches von Tieren stammt, die aus demselben landwirtschaftlichen Betrieb stammen, für welchen das Tier für den Verzehr gedacht war (EUROPÄISCHE UNION, 2009). Somit kann nicht davon ausgegangen werden, dass jedes Fleisch wirklich auf seine mikrobiologische Qualität überprüft wurde.

1.4.2.1. Bakterien

Unter den mit Rohfleischfütterung assoziierten Bakterien geht das höchste Risiko von Salmonellen (*Salmonella spp.*) und anderen Enterobakterien (*Enterobacteriaceae*) aus. Diese besiedeln typischerweise den Darm, werden über den Kot ausgeschieden und stellen bei dem teilweisen sehr engen Kontakt zwischen Mensch und Hund einen Infektionsquelle dar (JOFFE und SCHLESINGER, 2002; NEMSER et al., 2014; VAN BREE et al., 2018; HELLGREN et al., 2019). Insgesamt wurde gezeigt, dass es nach dem Verzehr roher tierischer Futtermittel zu einem vermehrten Auftreten von Salmonellen in den Faeces von Hunden kommt (LEFEBVRE et al., 2008; REIMSCHUESSEL et al., 2017). Vor allem Geflügelfleisch, prinzipiell jedoch jede rohe Fleischsorte und andere rohe tierische Produkte sind mit einem erhöhten Infektionsrisiko behaftet (LEONARD et al., 2011).

Die Aufnahme von Salmonellen führt nicht zwingen zum Erkranken des Hundes. Häufig bleibt es bei einer subklinischen Infektion, wenn auch schwere Verläufe möglich sind. Ein jedoch nicht zu unterschätzender Umstand ist, dass infizierte Hunde diese mit den Exkrementen ausscheiden und sie auf diese Weise in der Umgebung verbreiten (DILLITZER et al., 2012; REIMSCHUESSEL et al., 2017). Vor allem junge, kranke, alte oder immunsupprimierte Menschen im selben Haushalt sind dadurch einer ernst zu nehmenden Gefahr ausgesetzt. Mögliche Bakterien im rohen Fleisch sind neben *Salmonella spp.* noch *Campylobacter spp.*, *Escherichia coli*, *Shigella spp.*, *Clostridium spp.*, *Listeria spp.*, *Bacillus cereus*, *Yersinia spp.*, und *Staphylococcus aureus* (STROHMEYER et al., 2006; DILLITZER et al., 2012; VAN BREE et al., 2018; HELLGREN et al., 2019; MORELLI et al., 2020; SCHMIDT et al., unpublished).

Salmonella spp., *E. Coli* und *Listeria Monozytogenes* werden, im Unterschied zu Trockenfutter, regelmäßig und gehäuft in BARF-Fleisch und getrocknetem Fleisch gefunden und stellen damit ein potenzielles Gesundheitsrisiko dar (NEMSER et al., 2014). Hunde, die gebarft werden, haben damit eine höhere Wahrscheinlichkeit Salmonellen mit dem Kot auszuschcheiden, als Hunde, die mit kommerziellem Futter gefüttert werden (JOFFE und SCHLESINGER, 2002; REIMSCHUESSEL et al., 2017). MORELLI et al. (2020) zeigten in einer Studie durch den Nachweis von *Y. enterocolitica*, *Cl. perfringens* und *difficile*, sowie *L. monocytogenes*, dass im

Internet erworbene, gefrorene BARF-Pakete eine unzureichende mikrobielle Qualität aufwiesen.

1.4.2.2. Viren

Eine weitere, stets tödlich endende Infektion für Hunde und Katzen besteht über die Aufnahme von Viren durch Fütterung von rohem Schweinefleisch, welches mit Aujeszky-Viren (*Suides Herpesvirus-1* / *SHV-1*) befallen sein kann (DENZIN et al., 2020). Der deutsche Schweinebestand gilt lt. Durchführungsbeschluss (EU) 2017/888 der Kommission vom 22. Mai 2017, Anhang I der Entscheidung 2008/185/EG als Aujeszky-frei (MÜLLER et al., 2003a). Für den Wildschweinbestand in Deutschland und auch für importiertes Schweinefleisch gilt dies allerdingst nicht. Regelmäßig wird die Infektion bei Wildschweinen nachgewiesen (PANNWITZ et al., 2012; DENZIN et al., 2020) und das Risiko ist damit bei der Fütterung nicht kalkulierbar (DILLITZER et al., 2012).

1.4.2.3. Parasiten

Rohes Fleisch kann immer Parasiten und deren Entwicklungsstadien enthalten und damit eine Gefahr für Hunde sein (DILLITZER et al., 2012; SILVA und MACHADO, 2016; VAN BREE et al., 2018). Der Hund kann sich mit unterschiedlichen infektiösen Parasiten aus rohem Fleisch verschiedener Tierarten infizieren. Als Zoonose können einige davon auch den Menschen befallen. Als Beispiel sei hier die durch den kleinen Hundebandwurm (*Echinococcus granulosus*) ausgelöste, unter Umständen letale, alveoläre Echinokokkose des Menschen genannt (KERN et al., 2005; ANTOLOVA et al., 2009). Typische Parasiten in rohem Fleisch/Fisch sind unter anderem *Taenia hydatigena*, *T. ovis*, *Neosporum caninum*, *Echinococcus granulosus*, *E. multilocularis*, *Sarcrocystis spezies*, *Diphyllobothrium latum*, *Trichnella spezies* und *Multiceps multiceps* (LEJEUNE und HANCOCK, 2001; MACPHERSON, 2005; SILVA und MACHADO, 2016).

Im Jahr 2017 wurden dazu in Schweden 35 verschiedene gefrorene und kommerziell erhältliche BARF-Pakete auf Parasiten DNA untersucht. In 29 % der Proben wurde DNA von *Sarcrocystis tenella* und *S. cruzi* nachgewiesen (VAN BREE et al., 2018).

Zur Vermeidung von Infektionen sollte rohes Fleisch deswegen für mehr als 2 Tage bei -20 °C gelagert werden, um die Parasitenzwischenformen zu inaktivieren

(GESTRICH und HEYDORN, 1974; KOTULA et al., 1991). Denn entgegen der weitläufigen Meinung von Halter:innen kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Magensäure von Hunden einen abtötenden Effekt auf Parasiten hat (BERBERIAN, 1936; HEYDORN und ROMMEL, 1972; DILLITZER et al., 2012).

Toxoplasma gondii wurde via quantitativer Polymerase Kettenreaktion (qPCR) in 6 % der untersuchten, gefrorenen BARF-Produkten durch VAN BREE et al. (2018) nachgewiesen. Um Infektiöse Zysten von Protozoen, wie *T. gondii*, Sarkosporidien (*Sarcocystis spp.*), *Trichinella spp.*, oder *N. caninum* unschädlich zu machen müssen diese bis zu 7 Tagen bei mindestens -20 °C gelagert werden (SALEQUE et al., 1990; LACOUR et al., 2013; ALIZADEH et al., 2018). Besonders Schwangere sollten sich dieser Gefahr in Bezug auf Toxoplasmose bewusst sein (MACPHERSON, 2005; DILLITZER et al., 2012). Hunde können nach Aufnahme infizierten Fleisches selbst erkranken, oder als Vektor für beispielsweise *N. caninum* dienen (SILVA und MACHADO, 2016). Zudem zählt *N. caninum* in Europa zu den wichtigsten Abortgründen bei Rindern. Es sollte aus epidemiologischer Sicht daher darauf geachtet werden Plazenten, Aborte und frisches Gewebe infizierter Rinder von Hunden fern zu halten. Des Weiteren sollte die Kontamination von Futter und Wasser von Rindern mit Hundekot vermieden werden (CONRATHS und SCHARES, 1999; HEMPHILL und GOTTSTEIN, 2000).

Tabelle 2: Übersicht potenziell krankheitserregender Bakterien, Viren und Parasiten für Hunde und Menschen

Erreger	Literaturübersicht
Bakterien	
<i>Salmonella spp.</i>	(EUROPÄISCHE UNION, 2011; NEMSER et al., 2014; REIMSCHUESSEL et al., 2017; VAN BREE et al., 2018; HELLGREN et al., 2019; NÜESCH-INDERBINEN et al., 2019)
<i>Escherichia coli inkl. EHEC</i>	(THAMM, 2000; WEESE et al., 2005; STROHMEYER et al., 2006)
<i>Campylobacter spp.</i>	(BOER und HAHNÉ, 1990; VARGA et al., 1990;

	GRAS et al., 2013; HELLGREN et al., 2019)
<i>Bacillus cereus</i>	(TSCHÄPE, 2000; LEJEUNE und HANCOCK, 2001)
<i>Clostridium botulinum</i>	(BORST et al., 1986; TSCHÄPE, 2000; BRUCHIM et al., 2006; SILVA et al., 2008)
<i>Clostridium difficile</i>	(SONGER, 1996; WEESE et al., 2001; WEESE et al., 2005; SCHLOTTMANN et al., 2007)
<i>Clostridium perfringens</i>	(SONGER, 1996; TSCHÄPE, 2000; WEESE et al., 2001; WEESE et al., 2005)
<i>Yersinia enterocolitica</i>	(ADESIYUN et al., 1990; FENWICK et al., 1994; FREDRIKSSON-AHOMAA et al., 2001)
<i>Listeria monocytogenes</i>	(WEBER und PLAGEMANN, 1991; SCHROEDER und VAN RENSBURG, 1993; TSCHÄPE, 2000)
<i>Staphylococcus aureus</i>	(TSCHÄPE, 2000; WEESE et al., 2005; CORRENTE et al., 2013)
<i>Mycobacterium bovis</i> , <i>M. tuberculosis</i>	(HUMMEL, 1966; SCHLIESSER, 1967; DEPPENMEIER et al., 2007)
Viren	
<i>Suides Herpesvirus 1</i>	(DILLITZER et al., 2012; PANNWITZ et al., 2012; DENZIN et al., 2020)
Parasiten	
<i>Echinococcus granulosus/multilocularis</i>	(JOSHI et al., 1997; MEHRABANI et al., 1999; KERN et al., 2005; ANTOLOVA et al., 2009)
<i>Trichinella spiralis</i>	(SAWITZ, 1939; ZIMMERMANN und SCHWARTE, 1958; MADSEN, 1961)
<i>Toxoplasma gondii</i>	(SMIELEWSKA-ŁOŚ et al., 2002; MACPHERSON, 2005; DUBEY et al., 2007; VAN BREE et al., 2018)
<i>Sarcocystis spp.</i>	(HEYDORN und ROMMEL, 1972; FAYER, 1974; DUBEY, 1976)
<i>Neospora caninum</i> ^a	(BARBER et al., 1996; PETERS et al., 2000; BAYERISCHES LANDESAMT FÜR GESUNDHEIT und RINDER, 2012; SILVA und

	MACHADO, 2016)
<i>Cryptosporidia spp.</i>	(WILSON et al., 1983; MORGAN et al., 2000; STROHMEYER et al., 2006)
<i>Diphyllobothrium latum</i>	(DESROCHERS und CURTIS, 1987; PULLOLA et al., 2006)
^a keine Humanpathogenität	

1.4.3. Fütterungshygiene bei Besitzer:innen

Wie schon oben behandelt unterliegt rohes Hundefutter strengen mikrobiologischen Kriterien, vorgegeben durch die EU VO 1069/2009 und 142/2011 (EUROPÄISCHE UNION, 2009, 2011). Bakterielle Kontaminationen können nicht ausgeschlossen werden. Damit birgt die Verwendung roher Komponenten beim BARFen ein erhöhtes hygienisches Risiko für Hunde und Menschen (LEJEUNE und HANCOCK, 2001; SCHMIDT et al., 2018; VECCHIATO und DOBENECKER, 2018; DAVIES et al., 2019; NÜESCH-INDERBINEN et al., 2019; MORELLI et al., 2020).

Mögliche Infektionsquellen für den Menschen wären etwa die Zunge (Abschlecken der Besitzer:innen) und Exkremete des Hundes, aber auch der Napf, Küchenutensilien und generell die Handhabung und Lagerung von BARF-Fleisch z.B. im Kühl- oder Gefrierschrank zusammen mit Lebensmitteln für den menschlichen Verzehr (JOFFE und SCHLESINGER, 2002; STROHMEYER et al., 2006; FREEMAN et al., 2013; FREDRIKSSON-AHOMAA et al., 2017; VAN BREE et al., 2018; HELLGREN et al., 2019).

Aufbauend auf ihren Untersuchungen erklären HELLGREN et al. (2019) die Wichtigkeit adäquater Fütterungshygiene, um das Infektionsrisiko zu minimieren. Dazu gehört, dass BARF-Fleisch immer gut gefroren bleibt und die Auftauphase bei maximal 10 °C erfolgen soll. Aufgetautes, wie gefrorenes Fleisch, sollte mit einem eigenen Küchenwerkzeug bearbeitet werden und stets separiert von den für den menschlichen Verzehr gedachten Lebensmitteln sein. Benutzte Küchenutensilien sollten gründlich gereinigt werden und es wird auf das unter Umständen kontaminierte Fleischwasser hingewiesen. MORELLI et al. (2020) konnten zudem zeigen, dass sogar Auftauphasen bei 2 - 7 °C binnen 24 - 72 Stunden signifikante Erhöhung der mikrobiellen Kontamination zur Folge hatten. Dies

erscheint insbesondere kritisch, wenn die Art der mikrobiellen Kontamination mit möglichen Krankheitserregern, wie auch Zoonoseerregern berücksichtigt wird. Auch der Gebrauch von Geschirrspülern kann einen signifikanten Übertragungsweg darstellen. Hierbei wurde durch ZUPANČIČ et al. (2019) nachgewiesen, dass eingebrachte Keime (über Küchenwerkzeuge, Geschirr, etc.) mitunter nicht effektiv abgetötet werden und als Biofilm im Geschirrspüler bestehen bleiben.

1.4.4. Kenntnisstand Diätetik bei Besitzer:innen

Eine mögliche Erklärung dafür, warum viele BARF-Rationen unzureichend sind, liegt in dem Missverständnis des Terminus „Fleischfresser“ für Hunde. Oftmals wird damit eine fälschlicherweise reine Fleischfütterung von Tierbesitzer:innen praktiziert. Die alleinige Fütterung von Fleisch und Knochen kann aber nicht als sinnvoll betrachtet werden und stellt vielmehr ein Gesundheitsrisiko für Hunde dar (DILLITZER et al., 2012).

Vielmehr gilt, dass eine sachkundige Zusammenstellung von Einzelkomponenten Voraussetzung ist, um eine für den Hund bedarfsdeckende BARF-Ration zu erstellen (PEDRINELLI et al., 2019). Nach europäischem Futtermittelrecht gilt dies auch für herstellende Unternehmen von BARF-Produkten, die als Alleinfuttermittel deklariert sind. Demnach muss ein Alleinfuttermittel den täglichen Bedarf des Tieres decken (EUROPÄISCHE UNION, 2013). Es kann aber auch hier vorkommen, dass kommerzielle Produkte von herstellenden Unternehmen nicht bedarfsdeckend sind (GOLTSCH et al., 2019). Eine Überprüfung der Bedarfsdeckung ist zudem schwierig, da nicht deklariert sein muss, wie eine Sicherstellung der Nährstoffgehalte im Produkt durch das Herstellerunternehmen stattfindet (EUROPÄISCHE UNION, 2013).

Ein weiterer Punkt ist, dass Rohfütternde eher weniger Vertrauen gegenüber Tiermediziner:innen zeigen. Vielmehr wird im Internet nach Informationen bezüglich dem Wie und Was zur Fütterung gesucht. Zusätzlich wenden sich diese Rohfütternde an nicht adäquat ausgebildete Tierheilpraktiker:innen oder Ernährungsberater:innen, anstelle von spezialisierten Tiermediziner:innen für Ernährung. Zudem wird von 20 % der untersuchten BARFer das Internet als primäre Informationsquelle zur Ernährung des Tieres genutzt (MORGAN et al., 2017).

MORELLI et al. (2019) beschreiben dazu, dass die meisten Rohfütterer ihre Rezepte modifiziert nach Rezepten anderer Gleichgesinnter, Richtlinien aus dem Internet oder Büchern und Zeitschriften zusammenstellen. Hingegen wenden sich nur 13 % von den insgesamt 218 befragten Rohfütterer an Tiermediziner:innen oder speziell ausgebildeten Ernährungsberater:innen.

1.4.5. Fremdeiweiß-Kontaminationen

Das weit verbreitete Argument, dass Rohfütterer beim BARFen alle Einzelkomponenten kennen und dadurch auf Erkrankungen wie Futtermittelallergien eingehen können, indem bestimmte Fleischsorten nicht gefüttert werden (DILLITZER et al., 2012) trifft nicht immer zu. Rein makroskopisch kann bei gewolfen Produkten die Fleischsorte und die Art der verwendeten Teile nicht mehr identifiziert werden. DILLITZER et al. (2018) konnten zeigen, dass in 2/10 kommerziell erhältlichen BARF-Fleisch-Paketen, die alle bis auf eine Ausnahme als sortenrein Rind deklariert waren, je 3 % Schweine-DNA nachgewiesen werden konnte.

Neuere Untersuchungen von COX et al. (2020) zeigten sogar, dass bei 89 % von 18 getesteten BARF-Produkte für Hunde mindestens eine bis mehrere Fremdeiweißkontaminationen vorlagen. Gefunden wurden durchschnittlich 4,4 Fremdeiweise pro untersuchtem BARF-Paket, davon Schwein, Huhn, Ente, Lachs, Kaninchen, Lamm und Rind.

1.4.6. Knochenfütterung und deren Risiken

Tierbesitzer:innen die, wie beim BARFen üblich, regelmäßig Knochen füttern, müssen über die damit verbundenen möglichen Risiken aufgeklärt sein (DILLITZER et al., 2012). Je nach Art des gefütterten Knochens sind dabei verschiedene Probleme zu erwarten. Am häufigsten kommt es durch zu viel Knochen in der Gesamtration pro Tag zu einem Kalziumexzess und in weiterer Folge kann sich daraus Knochenkot bis zu lebensbedrohlichen Obstipationen entwickeln. Sehr harte Knochen wie Röhrenknochen, Wildtierknochen oder Knochen älterer Tiere können splintern und den Magen-Darm-Trakt verletzen, den Schlund verlegen oder beim Fressen zu Zahnschädigungen, wie beispielsweise Zahnfrakturen führen (VAN VALKENBURGH, 1988; ROUSSEAU et al., 2007; GIANELLA et al., 2009; DILLITZER et al., 2012; THOMPSON et al., 2012; LOSEY et al., 2014).

In der Regel ist 1 g Knochen pro kg Körpergewicht pro Tag ausreichend, um die Kalziumversorgung zu gewährleisten. Risikoärmer ist es Knochen von Jungtieren wie Kalbsrippen, Kalbsbrustbein oder fleischige Hühnerhäse zu verwenden. Nichtsdestoweniger ersetzt das nicht eine Rationsberechnung, um adäquate Nährstoffgehalte zu sichern (DILLITZER et al., 2012). Gerade Welpen und Jungtiere brauchen ein angemessenes Ca/P-Verhältnis und definierte, bedarfsdeckende Nährstoffmengen, um Skeletterkrankungen vorzubeugen (HAZEWINKEL et al., 1991; NRC, 2006; FEDIAF, 2020).

2. Computergestützte Rationsberechnung

Für selbst zubereitete Rationen ist in jedem Fall eine computergestützte Rationsberechnung empfehlenswert. Nur diese kann zuverlässig den Versorgungsstand durch die erstellte Ration widerspiegeln. Nachteilige Effekte wegen fehlerhaft zusammengestellter Rationen können somit vermieden werden (KÖLLE und SCHMIDT, 2015). Bei der Überprüfung oder Erstellung einer Ration mithilfe eines Computerprogramms werden alle verfütterten Komponenten in entsprechender Menge einbezogen, die jeweilig enthaltenen Nährstoffe summiert und dann mit dem individuellen Bedarf des Hundes abhängig von Körpergewicht, Alter, Geschlecht und Aktivität verglichen (DILLITZER und FRITZ, 2009).

Mängel oder Exzesse können mithilfe einer Rationsberechnung zuverlässig durch den aktuellen Versorgungsstand erkennbar gemacht und durch den Vergleich mit den individuellen Versorgungszahlen auf Basis des NRC (2006) angepasst werden (THES und DILLITZER, 2014; KÖLLE und SCHMIDT, 2015).

2.1. National Research Council (NRC)

Als Goldstandard gelten die in der Tiermedizin empfohlenen Bedarfswerte des NRC (2006). Diese werden durch ein Gremium unabhängiger Wissenschaftler:innen auf Basis aller vorhandenen wissenschaftlichen Untersuchungen formuliert und gelten wiederum als Grundlage für die empfohlenen Versorgungsempfehlungen des europäischen Verbands der Heimtierfutterindustrie (FEDIAF), welche fortlaufend aktualisiert werden (FEDIAF, 2020). Die Versorgungsempfehlungen sollen Richtwerte sein, mit welchen das Tier unter seinen momentanen Umweltbedingungen und

Leistungsanforderungen gesund erhalten bleibt. Mit einbezogene Sicherheitsspannen sollen natürliche Schwankungen von Futtermitteln und Bioverfügbarkeit der Nährstoffe berücksichtigen (FRITZ, 2018).

Die tägliche empfohlene Menge an Nährstoffen wird als Versorgungsempfehlungen bzw. als „recommended allowance“ (RA) angegeben. Diese Werte sind abgeleitet vom Minimalbedarf bzw. „minimal requirement“ (MR) und, wenn verfügbar, der Bioverfügbarkeit der einzelnen Nährstoffe. Im Falle des nicht Vorhandenseins eines „minimal requirement“ gelten die Werte des „adequate intake“ (AI) als Grundlage. Die Maximalwerte „save upper limit“ (SUL), soweit vorhanden, geben die maximale Menge an, bei der kein negativer Effekt beobachtet werden konnte (NRC, 2006).

Diese Versorgungsempfehlungen der Nährstoffe werden in jeweils drei Bezugssystemen angegeben:

1. bezogen auf das metabolische Körpergewicht des Tieres ($\text{kg KM}^{0,75}$),
2. pro 1 000 Kilokalorien umsetzbarer Energie (1 000 kcal ME)
3. und pro kg Trockenmasse des Futters (kg DM), mit einer angenommenen enthaltenen Energiedichte von 4 000 kcal/kg DM.

Um den individuellen Bedarf zu berechnen, empfiehlt es sich die Angaben in Bezug auf $\text{kg KM}^{0,75}$ zu nutzen. Abweichend davon werden Bedarfswerte für den Energiebedarf eines erwachsenen Hundes in der Erhaltung in kcal ME pro $\text{kg KM}^{0,75}$ angegeben (NRC, 2006). Tabelle 3 gibt einen Überblick über die wichtigsten Bedarfswerte bzw. die Versorgungsempfehlung eines beispielhaften, 20 kg schweren, adulten Hundes lt. NRC und FEDIAF.

Tabelle 3: Empfohlene Versorgung bzw. Bedarf wichtiger Nährstoffe nach NRC und FEDIAF pro $\text{kg KM}^{0,75}$ und berechneter Bedarf eines beispielhaften, adulten und 20 kg schweren Hundes mit normalem Aktivitätslevel.

Nährstoff	Empfohlener Bedarf bzw. Versorgung		Bedarf Hund (20 kg, adult)	
	NRC (2006)	FEDIAF (2020)	NRC (2006)	FEDIAF (2020)
Rohprotein	3,28	4,95	31,03	46,83

(g/kg^{0,75})				
Rohfett (g/kg^{0,75})	1,3	1,51	12,30	14,28
Kalzium (g/kg^{0,75})	0,13	0,14	1,23	1,32
Phosphor (g/kg^{0,75})	0,10	0,11	0,95	1,04
Ca/P Verhältnis	1,30	1,27 [†]	1,30	1,27
Magnesium (mg/kg^{0,75})	19,7	20,0	186,36	189,2
Jod (µg/kg^{0,75})	29,60	30,00	280,02	283,80
Kupfer (mg/kg^{0,75})	0,20		1,89	
Zink (mg/kg^{0,75})	2,00		18,92	
Mangan (mg/kg^{0,75})	0,003	0,16	0,028	1,51
Vitamin A (IU/kg^{0,75})	167,00		1 579,82	
Vitamin D (IU/kg^{0,75})	18,00	15,20	170,28	143,79
† Errechneter Wert auf Grundlage der Versorgungsempfehlung von Kalzium und Phosphor pro kg ^{0,75} (FEDIAF, 2020)				

2.2. Diet Check Munich[©]

Die ausschließlich für Tiermediziner:innen konzipierte Software Diet Check Munich[©] zur Rationsüberprüfung von Hunden und Katzen wurde von Dr. Britta Dobenecker und Prof. Dr. Ellen Kienzle vom Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik der LMU München entwickelt (SOFTWARE, 2017).

Das Programm arbeitet nach dem Prinzip der Tabellenkalkulation. Es verwendet neueste Forschungsdaten betreffend der Bedarfszahlen von Hund und Katze in Abhängigkeit von Körpergewicht, Alter, Leistung (Arbeit, Gravidität, Laktation,

o.ä.), Krankheit und speziellen Ernährungsbedürfnissen. Aktuell gültige Bedarfszahlen orientieren sich an den Vorgaben des NRC (2006) und den Nutritional Guidelines der FEDIAF bestehend aus Mitgliedern aus 18 verschiedenen Ländern und fünf Tierfutterunternehmen (FEDIAF, 2020).

Dazu besitzt das Programm eine ständig erweiterbare Datenbank gängiger Einzelkomponenten, die in der Fütterung von Hund und Katze eingesetzt werden können. Es ermöglicht so die Überprüfung einer individuellen Ration anhand der jeweiligen Inhaltsstoffe der Futterkomponenten in Gegenüberstellung mit dem individuellen Bedarfszahlen (SOFTWARE, 2017), sowie die Erstellung bedarfsgerechter Rationen.

Die enthaltenen Daten über Fleisch und tierische Nebenprodukte in diesem Programm basieren auf Fütterungsversuchen und Analysen lt. MEYER et al. (1981). Weitere Werte wurden Fachliteratur der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie entnommen (SOUCI et al., 2008).

3. BARF-Blutprofil

Verschiedene tiermedizinische Labore bieten seit einigen Jahren ein Blutprofil für gefarbte Hunde an. Es werden Parameter wie Vitamine, Mengen- und Spurenelemente, sowie Schilddrüsenhormone analysiert. Das BARF-Profil soll über das Blut eine vorhandene oder nicht vorhandene Fehlversorgung in der BARF-Ration anzeigen (FRITZ, 2018). Allerdings weisen FRITZ (2018), VERVUERT und RÜCKERT (2017) klar darauf hin, dass es zu Missverständnissen bei Hundebesitzer:innen kommen kann, weil der Anschein vermittelt wird, dass damit eine Rationsüberprüfung ersetzt werden könne. Zusätzlich ist eine alleinige Blutuntersuchung nur eine Momentaufnahme und zudem nicht aussagefähig, da viele Parameter durch die körpereigene Homöostase und Speicherung in Organen keine verwertbare Aussage zulassen (THES und DILLITZER, 2014; VERVUERT und RÜCKERT, 2017; FRITZ, 2018).

Vielmehr dient es, laut den Laboren (LABOKLIN, 2018; SYNLAB.VET, 2020), den Hundehalter:innen als Möglichkeit, vor einer Futterumstellung auf etwaige krankhafte Geschehen, die eine spezielle Ernährung fordern würden, einen Hinweis zu bekommen (FRITZ, 2018).

Auch das veterinärmedizinische Labor SYNLAB.vet GmbH, Augsburg, Deutschland, bietet ein solches „Barfer-Profil Hund“ an. Es soll der Überprüfung der generellen Versorgungslage dienen. Außerdem soll es frühzeitige Hinweise auf eine Mangelversorgung in der BARF-Ration sowie auf eine nutritiv bedingte Hyperthyreose durch Fütterung schilddrüsenhaltigen Gewebes geben (SYNLAB.VET, 2020).

4. Parameter im BARF-Blutprofil

SYNLAB.vet. Augsburg bietet in seinem kommerziellen „Barfer-Profil Hund“ folgende Parameter zur Untersuchung an: Die fettlöslichen Vitamine A und D, die Mengenelemente Kalzium und Phosphat, die Spurenelemente Kupfer, Zink, Mangan und Jod sowie das Schilddrüsenhormon Thyroxin (T4). Diese werden in 2,5 ml gekühltem und lichtgeschützten Serum analysiert (SYNLAB.VET, 2020).

4.1. Parameter des kommerziell angebotenen BARF-Blutprofils

4.1.1. Kalzium (Ca)

Kalzium kommt zu rund 98 % gebunden im Knochen, der als Speicherorgan dient, vor. Nur etwa 2 % des Kalziums befinden sich im extrazellulären Raum und etwa 0,0001 % dieser Menge im intrazellulären Raum. Kalzium aus dem Extrazellulärraum ist unabdingbar für die Kontraktion der glatten und Skelettmuskulatur, zur Blutkoagulation, für die Weiterleitung nervaler Impulse und als Bestandteil der Milch. Intrazelluläres Kalzium hingegen fungiert als Second Messenger bei der Signalweiterleitung in der Zelle und ist Bestandteil einer Vielzahl von Enzymen (REECE et al., 2015).

Das im Plasma enthaltene totale Kalzium liegt zu ca. 40 - 45 % gebunden an Plasmaproteine, meist Albumin, vor. Weitere 2 % kommen gebunden an anorganische Stoffe oder Citrat vor. Fast die Hälfte des Plasma-Kalzium kommt mit rund 45 - 50 % als ionisiertes, lösliches Kalzium vor. Ionisiertes Kalzium wird streng reguliert und kommt in relativ konstanten Mengen vor (REECE et al., 2015).

Normale Blut-Plasma Werte adulter Säugetiere reichen von 2,20 - 2,50 mmol/l, wobei ionisiertes Kalzium bei 1,00 - 1,25 mmol/l liegt (REECE et al., 2015). SYNLAB.vet (2020) analysiert Kalzium im Serum mittels Photometrie bei 20 %

Fehlerquote. Der laborinterne Referenzbereich für Hunde liegt bei 2,30 - 3,00 mmol/l.

Zur Messung des Kalziumspiegels eignen sich Serum, Plasma und Urin, welche entweder potentiometrisch, spektrophotometrisch oder kolorimetrisch untersucht werden können (NELSON et al., 2006). Häufige Indikationen für eine Bestimmung sind unter anderem Symptome wie Lethargie, Anorexie, diffuse Knochenerkrankungen, Vomitus, Polyurie und Polydipsie, Muskelzittern, Krämpfe der Hintergliedmaßen, Tetanie, selektive Veränderungen des Elektrokardiogramms und Anfallsleiden (KRAFT, 2005; NELSON et al., 2006).

Basierend auf den Indikationen erschließt sich die häufigste Ursache einer Erhöhung des Blut-Kalzium-Spiegels beim Hund, die tumorassoziierte Hyperkalzämie, vor allem bei einem malignen Lymphom. Weitaus seltener möglich sind chronisches Nierenversagen, Hypervitaminose D, primärer Hyperparathyreoidismus und Hypoadrenokortizismus. Die häufigsten Ursachen einer Erniedrigung des Blut-Kalzium-Spiegels sind das Milchfieber der Hündin im Puerperium, akutes und chronisches Nierenversagen, intestinale Malassimilation und primärer Hypoparathyreoidismus (KRAFT, 2005; NELSON et al., 2006; ETTINGER et al., 2017).

FRITZ (2018) beschreibt den diagnostischen Nutzen einer Kalzium Messung in Bezug auf adäquate Fütterung als nicht aussagekräftig. Durch die sehr streng regulierte Kalziumhomöostase im Blut wird weder eine starke Über- noch Unterversorgung mit Kalzium über das Futter den Blutspiegel verändern. Erst nach sehr lang andauernder Kalziumunterversorgung kann ein Abfall nachweisbar sein, wenn schon Knochen abgebaut wird. Auch BECKER et al. (2012) beschreiben in einem Fallbericht, dass selbst bei klinisch manifester Mangelsituation der Serumspiegel in der Referenz liegt und nur in seltenen Fällen abweicht. Dies bestärken auch SCHMITT et al. (2018) mit ihren Ergebnissen. Diese zeigen, dass selbst nach 28 Wochen Fütterung einer Diät mit wenig Kalzium (60 mg/kg $KM^{0,75}$) und negativer scheinbarer Verdaulichkeit für Kalzium die Werte von Serum Kalzium und ionisiertem Kalzium innerhalb der Referenz blieben.

4.1.2. Phosphor (P)

Nach Kalzium ist Phosphor mengenmäßig das zweithäufigste Mineral im Skelettknochen. Phosphat (PO_4^{3-}), die biologisch aktive Form des Phosphors, ist

Bestandteil von Protein, Nukleinsäuren und Phospholipiden. Es ist maßgeblich am Säuren-Basen-Haushalt beteiligt und wirkt in Form von Adenosintriphosphat (ATP) in jedem großen metabolischen Prozess mit (REECE et al., 2015).

Im Blut kommt Phosphor zu rund 30 % anorganisch als PO_4^{3-} vor. Das restliche Phosphor liegt organisch gebunden in Form von beispielweise Phosphorlipiden vor (REECE et al., 2015). Die normale Plasmakonzentration von Phosphor liegt zwischen 1,30 - 2,60 mmol/l, wobei das intrazelluläre Phosphor bei 25,00 mmol/l liegt (REECE et al., 2015).

Phosphor kann photospektrometrisch in Form des anorganischen Phosphats sowohl im Serum, Plasma als auch im Urin untersucht werden. Die Indikationen dazu sind dabei analog denen des Kalziums und zusätzlich dazu Krampfanfälle und Hämolyse unklarer Ursache (NELSON et al., 2006). SYNLAB.vet (2020) analysiert Phosphat im Serum mittels Photometrie bei 20 % Fehlerquote. Der laborinterne Referenzbereich für Hunde liegt bei 0,87 - 1,74 mmol/l.

Nierenversagen resultiert am häufigsten in einer Hyperphosphatämie ausgelöst durch reduzierte renale Exkretion von Phosphor. Weitere häufige Ursachen können prä- und postrenale Azotämie und die Aufnahme von Vitamin D-Rhodentizide sein. Physiologischer Weise kommt eine Hyperphosphatämie bei Jungtieren im Wachstum vor. Zu den häufigen Ursachen einer Absenkung des Serumspiegels zählen tumorassoziierte Hyperkalzämie, phosphatbindende Antazida, primärer Hyperparathyreoidismus und die Bicarbonatverabreichung (NELSON et al., 2006; ETTINGER et al., 2017).

Der Nutzen einer Phosphoranalyse in Bezug auf die Fütterung wird von FRITZ (2018) als fraglich eingestuft, da der Phosphor-Spiegel im Blut, im Gegensatz zu Kalzium, nicht so stark reguliert wird und auch viele Einflussfaktoren diesen verändern können. Das Alter, Fütterung, Erkrankungen oder Medikamente wie Antazida, Anästhetika, Diuretika, Vitamin D, anabole Steroide oder Tetracykline haben Einfluss auf die Phosphatkonzentrationen im Blut (NELSON et al., 2006).

4.1.3. Ca/P-Verhältnis

Hierbei handelt es sich um eine rein rechnerische Größe, d.h. dem Verhältnis des gemessenen Gesamt-Kalziums zum gemessenem Gesamt-Phosphat (SYNLAB.VET, 2020). Veränderungen des Ca/P-Verhältnisses zeigen Veränderungen des Serum Kalzium-Spiegels zum Serum Phosphat-Spiegel,

beispielsweise, wenn eine Hyperphosphatämie vorliegt. Es liegt kein Referenzbereich vor.

4.1.4. Vitamin A (Retinol)

Umgangssprachlich als Vitamin A bezeichnet handelt es sich dabei um verschiedene Verbindungen oder Vorstufen von Verbindungen, welche dieselbe biologische Aktivität wie Retinol aufweisen. Retinol selbst wiederum ist ein zentraler, aber biologisch wenig aktiver Vorläufer der Retinsäuren (REECE et al., 2015).

Durch seine Beteiligung an Genexpressionen ist es unverzichtbar für den Sehvorgang, die Synthese von Eiweiß und das Wachstum von Knochen. Der Begriff „Hautschutzvitamin“ kommt von der Tatsache, dass Mucopolysaccharide, die für die Integrität von Epithelien der Haut und Schleimhaut essenziell sind, in ihrer Synthese Vitamin A abhängig sind. Diesem Umstand geschuldet ist Vitamin A für die Infektionsabwehr an Haut und Schleimhautoberflächen nötig (WOLF und JOHNSON, 1961; NRC, 2006; REECE et al., 2015).

Bei Säugetieren liegt Vitamin A im Blut üblicherweise als Retinol vor, gebunden an Retinol-bindende-Proteine (RBP) (REECE et al., 2015). Als Besonderheit beim Hund kommt es im Blut vorwiegend als Retinylester gebunden an Lipoproteine und nur in geringeren Mengen als RBP-Retinol vor (SCHWEIGERT, 1988; RAILA et al., 2000). Gleichzeitig wird der Blutspiegel im Gegensatz zu anderen Tierarten nicht so straff reguliert, was große Schwankungen ermöglicht (SCHWEIGERT, 1988; SCHWEIGERT und BOK, 2000). Primärer Speicherort von Vitamin A sind die Ito- bzw. Sternzellen der Leber, wo es in Form von Retinylester eingelagert wird (REECE et al., 2015).

Säugetiere haben üblicherweise einen relativ ernährungsunabhängigen Plasma Retinol Spiegel von mehr als 0,714 $\mu\text{mol/l}$ (200 ng/ml), der kaum Aussage über den Speicherstand in der Leber zulässt. Falsch niedrige Werte sind möglich, wenn ein Protein- oder Kaloriendefizit vorliegt und damit auch RBP erniedrigt ist (REECE et al., 2015). Wie auch in früheren Studien zur Evaluation von Vitamin A und Fütterung (TRAN et al., 2007; BARKO und WILLIAMS, 2018) wird typischerweise der Serum Retinol- oder Retinylester-Spiegel mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) gemessen.

Der laborinterne Referenzwert von SYNLAB.vet (2020) liegt für Hunde bei 2,90 -

10,70 µmol/l. Dieser wird mittels HPLC bei 10 % Fehlerquote ermittelt.

Welche Vitamin A Verbindung im Blut gemessen werden soll und wie aussagekräftig dieses Ergebnis ist, darüber wird in der Fachwelt noch diskutiert. Durch die Speicherung in der Leber und den Nieren scheint die Aussagekraft des Retinol-Spiegels alleine nicht gesichert, allenfalls um den Langzeitstatus der Versorgung mit Vitamin A abzuschätzen in Abhängigkeit von den Reserven der Leber (TRAN et al., 2007; REECE et al., 2015; BARKO und WILLIAMS, 2018; FRITZ, 2018).

4.1.5. Vitamin D

Zusammengefasst als Vitamin D gelten verschiedene Metabolite. Die größte Bedeutung besitzen das alimentär aufgenommene Cholekalziferol-Vitamin D₃ und Ergokalziferol-Vitamin D₂. Umgewandelt durch zweifache Hydroxylierung in der Leber und der Niere entsteht über die Zwischenform 25-Hydroxycholekalziferol das biologisch aktive Steroidhormon 1,25-Dihydroxycholekalziferol (ROJANASATHIT und HADDAD, 1976; GASCON-BARRE und HUET, 1982; REECE et al., 2015). Hauptaufgaben des 1,25-Dihydroxycholekalziferol sind, zusammen mit dem aus der Nebenschilddrüse sezernierten Parathormon, die Steuerung der Aufnahme von alimentären Kalzium, Freisetzung von Kalzium aus dem Knochen und renale Kalzium-Reabsorption bzw. -Ausscheidung (PUSCHETT et al., 1972; BRICKMAN et al., 1973; REECE et al., 2015).

Vitamin D gilt als Hormon, welches normalerweise unter Beteiligung von UV-Strahlung in der Haut aus der Vorstufe 7-Dehydrocholesterin gebildet werden kann. Bei Fleischfressern, d.h. auch Hunden (HAZEWINKEL et al., 1987; HOW et al., 1994), sowie nachtaktiven oder unterirdisch lebenden Tieren ist die Eigensynthese über die Haut unzureichend. Der Großteil an Vitamin D muss über die Nahrung zugeführt werden (ERBEN, 2015a).

Im Blut finden sich vor allem seine Speicherform, 25-Hydroxycholekalziferol und in geringem Anteil das streng regulierte 1,25-Dihydroxycholekalziferol (BREVES et al., 2015c). Eine Analyse mittels Chemilumineszens-Immunoassay (CLIA) oder vergleichbarer HPLC (YOUNG und BACKUS, 2016) erlaubt die Messung des biologisch aktiven 1,25-Dihydroxycholekalziferol und der Reserveform 25-Hydroxycholekalziferol im Serum (YOUNG und BACKUS, 2016). Bei SYNLAB.vet (2020) wird 25-Hydroxycholekalziferol mittels CLIA bei 10 %

Fehlerquote bestimmt.

Der Serumspiegel von 25-Hydroxycholekalziferol liegt bei den meisten Säugetieren zwischen 37,50 - 175,00 nmol/l (REECE et al., 2015). Der laborinterne Referenzwert von SYNLAB.vet (2020) liegt für Hunde bei 50 - 365 nmol/l.

Zur Beurteilung des Versorgungsstandes in Hinblick auf eine Vitamin-D-Mangelsituation wird in der Regel das gleichmäßig im Fettgewebe gespeicherte 25-Hydroxycholekalziferol bestimmt. Denn die biologisch aktive Form 1,25-Dihydroxycholekalziferol wird ähnlich dem Kalzium sehr streng reguliert. Ein Verdacht auf einen Vitamin D Mangel wird i.d.R. durch normale oder hohe Werte ausgeschlossen (PRELAUD et al., 2005). Bei der Interpretation der Werte müssen allerdings Einflüsse auf den Serumlevel beachtet werden. YOUNG und BACKUS (2016) zeigten, dass erst 9 - 10 Wochen tägl. Supplementation von Vitamin D₃ nahe des SUL eine Erhöhung des Serumspiegels von 25-Hydroxycholekalziferol zur Folge hatte. SHARP et al. (2015) beschreiben, dass bei gesunden, erwachsenen Hunden deutlich unterschiedliche 25-Hydroxycholekalziferol Werte im Serum gemessen werden, vor allem wenn diese mit selbst erstellten Rationen gefüttert wurden. Gleichzeitig geht aus anderen Studien hervor, dass 25-Hydroxycholekalziferol ein negatives Reagens der akuten Phase ist und damit eine Hypovitaminose D eine Konsequenz auf chronische Entzündungen sein kann (WALDRON et al., 2013). Andererseits kann eine Hypovitaminose D auf eine chronische Nierenerkrankung zurückzuführen sein (GERBER et al., 2003). YOUNG et al. (2017) beschreiben sogar, dass die orale Aufnahme von 25-Hydroxycholekalziferol im Gegensatz zu Vitamin D₃ einen signifikant schnelleren und effektiveren Anstieg der Serumspiegel von 25-Hydroxycholekalziferol und 24R,25-dihydroxycholekalziferol zeigte.

Im Fall gebarfter Hunde ist ein Mangel an Vitamin D bei Abwesenheit von Leber, Fisch oder Lebertran in der Ration typisch lt. FRITZ (2018). Ihre Schlussfolgerung ist, dass eine Überprüfung des Serum-25-Hydroxycholekalziferol-Levels möglich sei, um den Verdacht einer Unterversorgung zu erhärten.

4.1.6. Thyroxin (gesamt T4)

Im Blut finden sich mehrere Schilddrüsenhormone unterschiedlicher biologischer Qualität und Menge. Die weitaus größte Fraktion wird von dem als Reserve fungierendem gesamt Thyroxin (T4) gestellt. Dieses ist zu 99 % an Plasmaproteine

gebunden, gefolgt von weitaus weniger, aber biologisch aktivem Trijodthyronin (T3) und in minimaler Menge reverses, biologisch inaktives Trijodthyronin (rT3) (REECE et al., 2015; ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019).

Normale Serumwerte für T4 liegen beim Hund lt. NELSON (2006) zwischen 12 - 54 nmol/l. Der laborinterne Referenzbereich von SYNLAB.vet (2020) liegt für Hunde bei 19,3 - 57,9 nmol/l.

Am häufigsten wird bei Verdacht auf canine Hypothyreose gesamtes T4 als Screening-Test genutzt. Hierbei gibt eine erniedrigte T4-Konzentration allein lediglich einen Hinweis und keine Diagnose, da viele Faktoren eine Absenkung bewirken können (ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019). Dazu zählen:

1. verschiedene Krankheiten (z.B. Staupe, bakterielle Bronchopneumonie, akute Niereninsuffizienz/Hepatitis/Pankreatitis, Diabetes mellitus, Adipositas Kardiomyopathie, und weitere) (FELDMAN und NELSON, 1996),
2. Medikamente (z.B. Carprofen, Phenobarbital, Glukokortikoide, Sulfonamide, und weitere),
3. Fastenzeiten (NELSON et al., 2006),
4. exzessive Jodaufnahme (MARKOU et al., 2001) und
5. Rassenunterschiede (z.B. Windhunde und nordische Rassen mit typischerweise niedrigeren Werten, kleine Rassen mit proportional höheren Werten als große Rassen) (NELSON et al., 2006; SHIEL et al., 2007).

Ein normaler Wert schließt im Prinzip eine Hypothyreose aus, mit Ausnahme von falsch hohen Werten durch Autoantikörper mit einer Wahrscheinlichkeit von < 2 % (ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019).

Bei Hunden kann eine nutritiv bedingte Hyperthyreose auftreten. Grund ist die Verfütterung von Schlund mit anheftendem Schilddrüsengewebe. Nach Wechsel des Futters normalisieren sich diese Werte wieder (KÖHLER et al., 2012; ZEUGSWETTER et al., 2013; CORNELISSEN et al., 2014; BROOME et al., 2015; KEMPKER et al., 2017).

Die Analyse mittels Radio-Immuno-Assay (RIA) gilt laut ETTINGER (2017) als Standard-Methode zur Bestimmung von Schilddrüsenhormonen. Auch

Chemilumineszenz, Enzymbindung oder Fluoreszenz werden zur Analyse eingesetzt. Trotz Variationen der Ergebnisse sind die verschiedenen Methoden durchaus miteinander vergleich- und anwendbar (KEMPPAINEN und BIRCHFIELD, 2006). Das Labor SYNLAB.vet (2020) misst T4 im Serum mittels CLIA bei 10 % Fehlerquote.

4.1.7. Jod (I)

Jod steht in essenziellem Zusammenhang mit der Produktion der Schilddrüsenhormone T4 und T3. Diese wiederum regulieren den Energiehaushalt des Körpers. Die Jodaufnahme in die Schilddrüse wird dabei vom Jod-Angebot in der Nahrung bestimmt und reicht von ca. 20 - 65 % des alimentären Jods. Restliches Jod wird vor allem über den Urin und die Milch wieder ausgeschieden (HETZEL und MABERLY, 1986; REECE et al., 2015).

Der gesamt Jod Gehalt im Serum von Hunden liegt lt. KANEKO und MEYER (1983; 1989) zwischen 0,50 - 0,60 $\mu\text{mol/l}$. Der laborinterne Referenzbereich von SYNLAB.vet liegt für Hunde bei 0,40 - 1,60 $\mu\text{mol/l}$. Dieser wird mittels Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) bei 5 % Fehlerquote ermittelt (SYNLAB.VET, 2020).

Sowohl ein Exzess als auch eine Mangel an Jod kann zur subklinischen oder klinisch manifesten Schilddrüsenunterfunktion des Hundes führen (CASTILLO et al., 2001; MARKOU et al., 2001). Die Beurteilung von Jod im Blut wird dadurch erschwert, dass nur eine sehr langsame, über Monate bis Jahre andauernde Adaptation an veränderten Jodmengen im Futter stattfindet (NORRIS et al., 1970; HAND, 2002; FRITZ, 2018). Der Jod-Serumspiegel sollte zudem immer in Zusammenhang mit Schilddrüsenhormonen betrachtet werden, beispielsweise T4 (REECE et al., 2015; FRITZ, 2018). Eine genauere Möglichkeit wäre es, Jod im Urin zu bestimmen, was in gewissen kommerziellen Laboren schon möglich ist (NATH et al., 1992; RASMUSSEN et al., 1999; LANGE, 2017; FRITZ, 2018).

4.1.8. Kupfer (Cu)

Das Spurenelement Kupfer ist Bestandteil vieler wichtiger Enzyme. Dazu zählen die Lysin Oxidase, die Superoxid Dismutase, die Cytochrom Oxidase, die Tyrosinase und das Ceruloplasmin (REECE et al., 2015). Letzteres bildet die größte Kupfer-Fraktion im Blut. In weitaus geringerer Menge findet es sich auch gebunden an Albumin (HAND, 2002) oder andere Proteine wie Transcuprein (REECE et al.,

2015). Diese sind die vorrangige Transportproteine zur Leber, dem primären Speicherort (GORESKY et al., 1968), wo Kupfer auch in Ceruloplasmin eingebaut wird (LINDER, 1991; HAND, 2002).

Obwohl 40 - 70 % des Kupfers an Ceruloplasmin gebunden sind, legen neuere Untersuchungen nahe, dass den vielen kleineren Kupfer-Transportern wie Transcuprein oder Gerinnungsfaktoren eine größere Rolle als bisher angenommen zugeschrieben werden könnte (LINDER, 2016).

Normale Kupfer-Serum-Werte liegen für den Hund lt. KANEKO und MEYER (1983; 1989) zwischen 15,70 - 31,50 $\mu\text{mol/l}$. Der laborinterne Referenzbereich für Hunde von SYNLAB.vet liegt bei 6,90 - 18,70 $\mu\text{mol/l}$. Dieser wird mittels Photometrie bei 20 % Fehlerquote ermittelt (SYNLAB.VET, 2020).

Um mittels Bluts die Versorgungslage von Kupfer zu analysieren, können verschiedene photo- oder colormetrische Verfahren in herkömmlichen Labors angewendet werden. Allerdings ist dies schwierig, da einerseits die notwendige Sensibilität einer Atomabsorptionsphotometrie nicht erreicht wird und andererseits die Bestimmung von Kupfer im Plasma nicht geeignet ist, um einen Überschuss oder eine Intoxikation zu erkennen (KRAFT und DÜRR, 2013d). Eine Studie von FIETEN et al. (2012) postuliert dazu weiters, dass der Kupfer-Gehalt im Serum von Hunden keinerlei Aussage über den Leber-Kupfer-Status geben kann.

Einigkeit herrscht in der Fachwelt bei der Bestimmung des Leber-Kupfer-Spiegels. Dieser ist momentan am besten geeignet, um eine Überversorgung mit Kupfer anzuzeigen (HAND, 2002; FIETEN et al., 2012; KRAFT und DÜRR, 2013d), wenn auch die Leberbiopsie in keiner Relation zu einer Routineuntersuchung auf den Versorgungsstand von Kupfer steht (FRITZ, 2018).

4.1.9. Zink (Zn)

Zink wirkt als Bestandteil vieler Metalloenzyme. Dazu zählen die Alkohol Dehydrogenase, Carboxypeptidase, Alpakine Phosphatase und die RNA Polymerase, welche den Kohlehydrat-, Protein-, Fett und Nukleinsäuren Metabolismus beeinflusst (REECE et al., 2015).

Im Plasma findet sich das Spurenelement Zink zum Großteil lose gebunden an Albumin (COUSINS, 1986) und fest gebunden an Globulin (PRASAD und OBERLEAS, 1970). Im übrigen Körper wird es vor allem im Knochen gespeichert,

was auch als Referenz für die Zinkversorgung gilt. Dahingegen wird die Bestimmung im Plasma nur unter experimentellen Situationen als aussagekräftig angesehen (HAND, 2002).

Auch Serumanalysen besitzen eine nur sehr geringe Aussagekraft und sind für die Versorgungslage nicht informativ, da Normalwerte eine Unterversorgung nicht ausschließen können und verminderte Werte auch infolge einer hormonellen Störung, Infektion oder Lebererkrankung vorkommen können (VAN DEN BROEK und STAFFORD, 1988; KRAFT und DÜRR, 2013d; FRITZ, 2018). Das bestätigen Ergebnisse älterer Studien. Diese zeigten, dass kaum Korrelation zwischen dem Serumzinkspiegel und dem Zinkstatus lt. Fütterung bei Hunden herrscht. Weiterhin wurde gezeigt, dass kein Unterschied zwischen dem Serumzinkspiegel gesunder, systemisch kranker oder Hunden mit Hautkrankheiten gefunden werden konnte (BOOLES et al., 1991; HUBER et al., 1991; LOGAS et al., 1993).

Für Hunde liegen die normalen Zinkwerte im Serum lt. KANEKO und MEYER (1983; 1989) zwischen 9,00 - 20,00 $\mu\text{mol/l}$. SYNLAB.vet bietet eine Analyse für Zink im Serum mittels Photometrie bei 20 % Fehlerquote an. Der laborinterne Referenzbereich für Hunde liegt bei 5,40 - 23,00 $\mu\text{mol/l}$ (SYNLAB.VET, 2020).

4.1.10. Mangan (Mn)

Mangan ist ein wichtiger Co-Faktor zur Synthese von Knochenkollagen und Knorpel. Zusätzlich dazu ist es in Form von Mangan-Superoxid-Dismutase mit anderen Radikalfängern daran beteiligt, Zellen vor der Oxidation zu schützen. Die höchsten Konzentrationen finden sich dabei in den Mitochondrien (HURLEY und KEEN, 1987; UNDERWOOD, 2012; REECE et al., 2015).

Im Blut befindet sich nur wenig Mangan, gebunden an α 2-Makroglobulin und Albumin. Das meiste wird entweder in der Leber gespeichert, an Transferrin gebunden und in das Gewebe weitertransportiert oder über die Galle wieder ausgeschieden (HURLEY und KEEN, 1987; REECE et al., 2015). Aktuell sind keine Referenzwerte für Mangan im Serum von Hunden validiert bzw. vorhanden.

Zur Überprüfung des aktuellen Versorgungsstandes soll Blut wenig aussagekräftig sein. Analysen von Mangan im Serum sind aufgrund der geringen Konzentration nicht zuverlässig und auch heparinisierte Vollblutproben bringen nur bedingt verwertbare Ergebnisse (KRAFT und DÜRR, 2013d). Frühere Studien beim Menschen konnten zeigen, dass auch die Manganwerte in Urin, Blut oder Plasma

nur wenig Korrelation zur Manganexposition zeigten (SMITH et al., 2007).

SYNLAB.vet bietet eine Analyse für Mangan im Serum mittels Atomabsorptionsspektrometrie bei 3 % Fehlerquote an. Die Ergebnisse werden in nmol/l angegeben. Es gibt keinen laborinternen Referenzbereich (SYNLAB.VET, 2020).

4.2. Zusätzlich analysierte Blut-Parameter

4.2.1. Kreatinin (Crea)

Die Messung des harnpflichtigen Kreatinins, einem Abbauprodukt aus dem endogenen Muskelstoffwechsel, wird zum Abschätzen der glomerulären Filtrationsrate (GRF) herangezogen. Dies ist möglich, da Kreatinin im Glomerulum frei filtriert wird und zusätzlich während der Passage durch das Nephron keine nennenswerte Sekretion oder Reabsorption stattfindet (KRAFT und DÜRR, 2013c; BREVES et al., 2015a; REECE et al., 2015; ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019). Außerdem kann Kreatinin nicht durch die Ernährung beeinflusst werden (BREVES et al., 2015a; NELSON und COUTO, 2019) und ein Fasten lässt keinen falsch niedrigen Wert zu (KRAFT und DÜRR, 2013c).

Eine Verminderung der GFR geht mit einer Erhöhung der Serum - Kreatininkonzentration einher (BREVES et al., 2015a; PELANDER et al., 2019). Aufgrund des Zusammenhangs zum Muskelstoffwechsel muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden, dass Serumkreatininkonzentrationen in Abhängigkeit von Muskelmasse und Größe schwanken können (ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019). HALL et al. (2015) stellten dazu einen signifikanten Zusammenhang zwischen der fettfreien Körpermasse (lean body mass/LBM) in Bezug auf Kreatininkonzentrationen im Serum her. Vor allem bei geringer LBM werden normalerweise höhere Konzentrationen maskiert. Dies spielt vor allem bei Windhunden eine Rolle und führt zu unterschiedlichen Referenzintervallen (STEISS et al., 2000; DUNLOP et al., 2011; ZALDÍVAR-LÓPEZ et al., 2011; NELSON und COUTO, 2019). Zusätzlich dazu steigt der Serumkreatininwert eines Hundes mit zunehmendem Alter physiologisch an (HALL et al., 2015; ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019).

Für Hunde normale Kreatininkonzentrationen im Blut liegen lt. REECE und

SWENSON (2004) bei 88 - 176 $\mu\text{mol/l}$ (1 - 2 mg/dl). SYNLAB.vet bietet eine Analyse für Kreatinin im Serum mittels Photometrie bei 20 % Fehlerquote an. Der laborinterne Referenzbereich für Hunde liegt bei $< 150 \mu\text{mol/l}$ (SYNLAB.VET, 2020).

Limitiert wird die Beurteilung des Serumkreatininwerts einerseits durch den Umstand, dass eine Erhöhung über den Referenzbereich erst mit ca. 75 % Schädigung der Nephronen einhergeht (BRAUN et al., 2003; ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019) und damit erst spät eine Nierenerkrankung anzeigt. Andererseits wird die Beurteilung dadurch ungenauer, dass zur richtigen Interpretation des aktuellen Serumlevels ein früherer Wert des Individuums, idealerweise noch ohne Krankheitsverdacht, vorliegen sollte, um einen Trend zu erkennen (ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019).

4.2.2. Harnstoff (Urea)

Im Harnstoffzyklus der Leber entsteht das ungiftige Stoffwechselendprodukt Harnstoff aus toxischem Ammoniak, welcher im Proteinstoffwechsel anfällt. Die harnpflichtige Substanz wird anschließend fast ausschließlich über die Niere ausgeschieden (KRAFT und DÜRR, 2013b; BREVES et al., 2015e; REECE et al., 2015; NELSON und COUTO, 2019).

Zusammen mit Kreatinin wird die Bestimmung von Harnstoff typischerweise zur Diagnostik von Nierenerkrankungen herangezogen (ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019). Ein gemeinsamer Anstieg dieser zwei Biomarker über den Referenzbereich wird als Azotämie bezeichnet und ist einer verminderten GFR geschuldet. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass auch ein geringer Anstieg schon pathologischen Geschehen zugrunde liegen kann, da im Falle einer Azotämie durch Nierenschädigung schon ca. 75 % der Niere betroffen sind (ETTINGER et al., 2017).

Ein großer Unterschied zwischen diesen zwei Biomarkern besteht darin, dass Harnstoff eine deutliche Abhängigkeit zur Nahrungsaufnahme, vor allem der Proteinaufnahme zeigt (KRAFT und DÜRR, 2013b; BREVES et al., 2015e; ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019). Durch den vor allem postprandialen Anstieg von Harnstoff im Blut sollte zur Vermeidung von falschen Werten ein Hund mindestens 8 - 12 Stunden lang nüchtern sein, bevor eine Bestimmung erfolgt. Im Gegenzug dazu kann ein niedriger Harnstoffwert durch

eine proteinarme Diät oder Hungerzustände verursacht sein. Auch bei schwerwiegender Leberproblematik oder einem portosystemischen Shunt würde der Harnstoffspiegel abfallen (BREVES et al., 2015e; ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019).

Für Hunde liegen normale Harnstoffkonzentrationen im Blut lt. REECE und SWENSON (2004) bei 3,57 - 10,71 mmol/l (10 - 30 mg/dl). SYNLAB.vet bietet eine Analyse für Harnstoff im Serum mittels Photometrie bei 20 % Fehlerquote an. Der laborinterne Referenzbereich für Hunde liegt bei 3,20 - 8,20 mmol/l (SYNLAB.VET, 2020).

4.2.3. Harnsäure (Hsre)

Typischerweise ist Harnsäure bei Hunden nur sehr wenig bis gar nicht im Blut nachweisbar. Die beim Purinabbau gebildete Harnsäure wird zum größten Teil in der Leber mithilfe der Uricase zu Allantoin umgewandelt. Vor allem in dieser Form wird sie über den Urin ausgeschieden und nur zu sehr geringen Mengen als Harnsäure direkt (ROSE, 1923; BREVES et al., 2015d).

Beim Dalmatiner, bei welchem am häufigsten genetisch bedingt die endogene Umwandlung von Harnsäure zu Allantoin gestört ist (BANNASCH et al., 2008), sind keine Erhöhungen von Harnsäure im Blut zu erwarten, da der Überschuss über die Niere ausgeschieden wird (BREVES et al., 2015d; ETTINGER et al., 2017). Eine Folge davon kann die Bildung von Uratsteinen sein (OSBORNE et al., 2010).

Für Hunde liegen normale Harnsäurekonzentrationen im Blut lt. REECE und SWENSON (2004) bei 5,95 - 89,23 µmol/l (0,5 - 1,5 mg/dl). SYNLAB.vet bietet eine Analyse für Harnsäure im Serum mittels Photometrie bei 20 % Fehlerquote an. Der laborinterne Referenzbereich für Hunde liegt bei < 59,00 µmol/l (SYNLAB.VET, 2020).

4.2.4. Taurin (Tau)

Die Aminosulfonsäure Taurin wird bei Hunden als nicht essenziell gewertet. Hunde scheinen in der Lage zu sein endogen aus schwefelhaltigen Aminosäuren, wie Methionin und Cystein, ausreichend Taurin zu synthetisieren (READ und WELTY, 1962; JACOBSEN und SMITH, 1968). Nichtsdestoweniger muss man davon ausgehen, dass trotzdem ein Mangel auftreten kann, der eine dilatative Kardiomyopathie (DCM) mit sich ziehen kann (TÓRRES et al., 2003; KAPLAN et

al., 2018; ADIN et al., 2021).

Zusammenhänge zwischen einem niedrigen Blut Taurin Level und DCM konnten bei Neufundländern, Amerikanischen Cocker Spaniels, Golden Retrievern, Bernersennen und anderen Hunden mit DCM gefunden werden (KITTLESON et al., 1997; FASCETTI et al., 2003; BACKUS et al., 2006; KAPLAN et al., 2018; NELSON und COUTO, 2019). Ein wesentlicher Faktor, der dazu mitwirkt, ist der von TORRES et al. (2003) vermutete nicht proportionale Zusammenhang zwischen der Größe des Hundes und dem Taurinbedarf. Die endogene Taurinsynthese bei großen Rassen ist laut KO et al. (2007) um bis zu 50 % geringer, als im Vergleich zu der kleiner Rassen. Es scheint so, als hätten vor allem große Hunde Probleme adäquat Taurin zu synthetisieren.

Abgesehen von etwaigen Rasseinflüssen können auch diätetische Risikofaktoren zu einer unzureichenden Versorgung mit Taurin führen:

1. Proteinrestriktion bzw. marginale Versorgung mit schwefelhaltigen Aminosäuren (z.B. Cystein, Methionin) und/oder geringe Bioverfügbarkeit dieser (JOHNSON et al., 1998; SANDERSON et al., 2001; KO et al., 2007),
2. Futtermischungen/Trockenfutter mit höheren Gehalten Lammfleisch oder Soja bzw. mit Lamm und Reis als Hauptkomponenten (BACKUS et al., 2003; FASCETTI et al., 2003),
3. Rationen/Futter mit verschiedenen Leguminsosen, Linsen, Erbsen, Reis oder Kartoffel als Hauptzutaten (FDA, 2018; ADIN et al., 2021), sowie
4. selbst zusammengestellte Rationen oder exklusive Rationen mit exotischen Inhalten und/oder ohne Getreide (BEGH-Rationen: boutique, exotic, grain-free, home-made) (FREEMAN et al., 2018; ADIN et al., 2021).

Im Fall von Lammfleisch wurde schon von JOHNSON et al. (1998) gezeigt, dass Cystin in Lammfleischmehl eine besonders geringe Bioverfügbarkeit von gerade 29 % aufweist. Zudem konnte gezeigt werden, dass ein höherer Gehalt an Fasern im Futter zu höheren Mengen an Kot und damit des mit Galle konjugiertem Taurin führt (STORY und KRITCHEVSKY, 1978), was auch bei kommerziellen, getreidefreien Rationen gezeigt wurde (DONADELLI et al., 2020). Dies wiederum bestätigt die Vermutung, dass gewisse Futterkomponenten in Zusammenhang mit

einem verminderten Taurinstatus beim Hund zu stehen scheinen (DELANEY et al., 2003; FDA, 2018; ADIN et al., 2021). Trotz zahlreicher Studien ist es immer noch nicht ganz geklärt, wie genau verschiedene Futterkomponenten, Taurin und DCM zusammenspielen. Aktuelle Studien untersuchten dazu Zusammenhänge und Effekte verschiedener Futterkomponenten und Rationen auf Taurin und andere Aminosäuren beim Hund (PEZZALI et al., 2020; DONADELLI et al., 2020 ; QUILLIAM et al., 2021; REIS et al., 2021). Außerdem finden sich auf der Seite der U.S. Food and Drug Administration Warnungen und Hinweise zu potenziellen Verbindungen zwischen Futterkomponenten und DCM bei Hunden (FDA, 2018, 2019).

Zur Evaluation des Tauringehaltes kann sowohl Vollblut als auch Plasma untersucht werden. Dabei sollte das Augenmerk vor allem auf Hunden ohne DCM, oder mit Verdacht auf unzureichende Taurin-Zufuhr durch die Nahrung liegen (NELSON und COUTO, 2019). Werte unter 40 nmol/ml Plasma bzw. unter 150 nmol/ml Vollblut werden als defizitär betrachtet (ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019).

SYNLAB.vet bietet eine Analyse für Taurin im Plasma mittels Ionenaustauschchromatographie an. Der laborinterne Referenzbereich für Hunde liegt bei 46 - 116 $\mu\text{mol/l}$ (SYNLAB.VET, 2020).

5. Evaluierte Werte in der Ration

5.1. Energie (ME)

Der Energiegehalt von Futtermitteln und der Bedarf an Energie für Hunde wird in Form von umsetzbarer Energie (uE oder ME) angegeben. Hierbei werden von der Bruttoenergie bereits Verluste über Kotenergie und Harnenergie berücksichtigt und sie gilt als Bewertungsmaßstab für Energie aus dem Futter beim Hund (MCDONALD et al., 2011; KAMPHUES et al., 2014).

Die gebräuchliche Formel zur Errechnung des Erhaltungsbedarfes an Energie eines Hundes ergibt sich aus dem Fakt, dass kein direkt proportionales Verhältnis zwischen der Körpergröße und dem Energiebedarf eines Tieres besteht. Geschuldet ist dies der im Verhältnis geringeren Körperoberfläche zur Körpermasse eines großen Hundes und vice versa. Um diesen Faktor miteinzubeziehen wird mit der

metabolischen Körpermasse ($\text{kg KM}^{0,75}$) gerechnet. Es muss trotzdem betont werden, dass durch Alter, Rasse oder individuelle Einflüsse große Abweichungen möglich sind (NRC, 2006; ZENTEK und MEYER, 2016d). Typischerweise wird bei einem normalgewichtigen Haushund von einem Durchschnittswert von 0,4 MJ ME pro $\text{kg KM}^{0,75}$ pro Tag ausgegangen (THES et al., 2016).

Ein Überschuss an Energie resultiert bei adulten Hunden in Fettleibigkeit und den daraus entstehenden Problemen. Bei Jungtieren resultiert es durch zu schnelles Wachstum vor allem in Erkrankungen des Skelettsystems (KEALY et al., 1992; ZENTEK et al., 1995; DEMKO und MCLAUGHLIN, 2005).

Bei Hunden soll ein Erhaltungsbedarf angestrebt werden, bei dem dauerhaft ein Body Condition Score (BCS) (LAFLAMME, 1997) von 4 - 5 von 9 gehalten wird, um optimale Bedingungen für Gesundheit und Lebensdauer zu erhalten (KEALY et al., 2002; SALT et al., 2019).

5.2. Rohprotein (Rp)

Protein besteht aus räumlich aneinander geordneten Ketten von verschiedenen Aminosäuren (AS). Die Reihenfolge der bis zu einigen tausend AS ist genetisch festgelegt (PETRIDES und KALBITZER, 2003). Die biologische Wertigkeit eines Futterproteins ist neben dem Gehalt an essenziellen AS (PETRIDES und WOLFRAM, 2003) auch stark von der praecaecalen Verdaulichkeit abhängig, die die Menge an im Dünndarm verdaulichem Protein widerspiegelt (KIES, 1981). Eine hohe praecaecale Verdaulichkeit spricht demnach für eine hochwertige Proteinquelle, wenngleich hier aufgrund der dafür nötigen Anlegung von Fisteln nur wenig Daten zur Verfügung stehen. Um verschiedene Futtermittel miteinander zu vergleichen, wird daher im Allgemeinen eine Bewertung auf Basis des verdaulichen Rohproteins bzw. des Rohproteins vorgenommen. Dazu wird die scheinbare Verdaulichkeit im Tierversuch an der Zieltierart (NOTT et al., 1994; HENDRIKS und SRITHARAN, 2002; FEDIAF, 2020), oder die Verdaulichkeit in verschiedenen in vitro Modellen gemessen (GAUTHIER et al., 1982; ASP et al., 1983; PEDERSEN und EGGUM, 1983; DUFOUR-ETIENNE et al., 1992).

Das durch die Nahrung zugeführte Protein versorgt den Hund mit Stickstoff (N) aus stickstoffhaltigen AS und essenziellen AS. Für die Synthese von nicht-essenziellen AS wird der Amino-Stickstoff benötigt, wie auch für Purine, Pyrimidine, Häm und weitere. Aus essenziellen und nicht-essenziellen AS entstehen in weiterer Folge

durch endogene Proteinsynthese Vorläufer für eine Vielzahl von Neurotransmittern und Hormonen. Somit spiegelt der Rohproteinbedarf des Hundes eigentlich den Bedarf an Amino-Stickstoff und den an essenziellen AS wider. Die Aufnahme an Aminosäuren an sich kann in der Regel nicht berechnet werden. Folglich wird eine übliche Proteinqualität unterstellt und stattdessen Rohprotein definiert als N mal 6,25. Für gesunde Hunde wurde dieser Wert anhand endogener Stickstoffausscheidung und der Stickstoffbilanz bestimmt (NRC, 2006).

Die empfohlene Menge für Rohprotein laut NRC wird in Tabelle 4 dargestellt. Dabei bestehen geringe Unterschiede zwischen dem Standardwerk des NRC und Versorgungsempfehlungen aus aktuelleren Werken (KAMPHUES et al., 2014; ZENTEK und MEYER, 2016a; FEDIAF, 2020).

Tabelle 4: Versorgungsempfehlungen für Protein in Gramm (g) adulter Hunde in der Erhaltung bezogen auf Kilokalorien (kcal) oder metabolisches Körpergewicht (kg $KM^{0,75}$); RP = Rohprotein; vRP = verdauliches Rohprotein

Literatur	g RP pro 1 000 kcal	g RP pro kg $KM^{0,75}$
(FEDIAF, 2020)	52,10 - 45,00	4,95
(KAMPHUES et al., 2014)	k.A.	5,00 - 6,00 4,30 - 5,00 g vRP
(NRC, 2006)	20,00 - 25,00	2,62 - 3,28
(ZENTEK und MEYER, 2016b)	k.A.	ca. 2,00 - 2,50 g vRP

Es sollte beachtet werden, dass die Versorgungsempfehlungen zu Protein unter der Bestimmung gelten, dass ein ausgeglichenes Verhältnis von verdaulichem Rohprotein zu ME vorliegt. Dies gewährleistet, dass AS nicht in übermäßiger Weise zur Energiebereitstellung verwendet werden müssen (WOOLFSON, 1983).

Im Erhaltungsbedarf wird eine Relation von Protein zu Energie von rund 10:1 (g vRP zu MJ ME) bzw. rund 12:1 (g RP zu MJ ME) als akzeptabel betrachtet (KAMPHUES et al., 2014).

5.3. Kalzium (Ca)

Laut dem Standardwerk für Bedarfszahlen des NRC (2006) liegt die tägliche Versorgungsempfehlung für Kalzium eines adulten, gesunden Hundes bei 0,13 g pro kg $KM^{0,75}$. Die europäische Referenz laut FEDIAF (2020) gibt 0,14 g pro kg $KM^{0,75}$ dafür an. Voraussetzung dafür ist ein passendes Ca/P-Verhältnis von 1,2 bis 2 und eine ausreichende Versorgung mit Vitamin D.

Für einen beispielhaften, 20 kg schweren und adulten Hund ergibt sich damit, je nach Referenz, ein Wert von rund 1,23 - 1,32 g Kalzium pro Tag.

Frühere Untersuchungen legten nahe, dass die Verwertung von Kalzium bei steigender nutritiver Zufuhr sinkt (NRC, 2006). Die aktive Aufnahme sei regulierbar, die passive Aufnahme nur saturierbar (PANSU et al., 1979; HAND, 2002) und bei Hunden würde vor allem der aktive Transport bei alimentären Ca-Mangel, gesteuert durch 1,25-Dihydroxyvitamin D, erhöht und bei alimentären Exzess vermindert (PANSU et al., 1979; BRONNER et al., 1986; BRONNER, 1987; PANSU et al., 1993). Eine Metaanalyse von MACK et al. (2015), bestehend aus 34 Untersuchungen, veranschaulichte aber, dass ein hoch signifikanter und streng linearer Zusammenhang zwischen der Ca-Zufuhr und der Ca-Aufnahme besteht, unabhängig der Kalziumquelle und des Ca/P-Verhältnisses. Dies spricht gegen regulative Mechanismen der Ca-Aufnahme bei von dem Bedarf abweichender Ca-Zufuhr. Damit muss davon ausgegangen werden, dass bei stark abweichender Ca-Zufuhr die Ca-Aufnahme vom Organismus nicht effektiv reguliert werden kann und damit potenziell gesundheitsschädigend für den Hund ist. Auch (BÖSWALD et al., 2018b) zeigten in einer weiteren Metaanalyse einen positiven, linearen Zusammenhang zwischen Ca-Aufnahme und Ca-Ausscheidung bei Carnivoren. Sie stellten die Hypothese auf, dass bei diesen zur Aufrechterhaltung der Ca-Homöostase mehr Gewichtung dem Knochenstoffwechsel als einer Regulation der Ca-Aufnahme im Darm zuzuschreiben sei.

Eine bedarfsdeckende Versorgung mit Kalzium erscheint unter diesen Aspekten und der Bedeutung des Minerals für den Körper als besonders wichtig.

Sollte die Versorgung mit Kalzium unter dem individuellen Bedarf liegen, so kann einen bestimmten Zeitraum lang über die adaptiven, hormonellen Mechanismen Kalzium aus den Knochen bereitgestellt werden. Sind diese Knochenspeicher

erschöpft, muss jedoch mit Erkrankungen des Bewegungsapparates und des Skeletts gerechnet werden (DIQUÉLOU et al., 2005; DE FORNEL-THIBAUD et al., 2007; BECKER et al., 2012; REECE et al., 2015; ETTINGER et al., 2017). Dazu zählt auch der nutritiv bedingte, sekundäre Hyperparathyreoidismus durch langanhaltenden Kalzium-Mangel (HAND, 2002; DIQUÉLOU et al., 2005; NRC, 2006; NELSON und COUTO, 2019). Gefährdet sind vor allem Tiere, die eine selbst zusammengestellte Ration bekommen, die vorwiegend aus Fleisch, tierischen Nebenerzeugnissen (excl. Knochen), Getreide, Getreidenebenprodukten oder Kartoffeln besteht. Aus der Praxis hat sich gezeigt, dass daher solche Rationen in der Regel mit Kalzium angereichert werden müssen (DILLITZER et al., 2012; KAMPHUES et al., 2014; FRITZ, 2018).

Auch ein Überschuss an Kalzium birgt Risiken einer erheblichen Störung der Knochenentwicklung bei Jungtieren (HEDHAMMAR et al., 1974; HAZEWINKEL, 1985a, 1985b; NRC, 2006) und sekundärer Mängel von Phosphor, Zink, Magnesium und Kupfer durch deren verminderte Verwertung (BOOLES et al., 1991; MEYER und ZENTEK, 1991; REECE et al., 2015). Diesem Umstand geschuldet legt FEDIAF einen Maximalwert für die tägliche Aufnahme von 6,25 g Kalzium pro 1 000 kcal ME für erwachsene Hunde fest (FEDIAF, 2020).

5.4. Phosphor (P)

Laut dem Standardwerk für Bedarfszahlen des NRC (2006) liegt die täglicher Versorgungsempfehlung für Phosphor eines adulten, gesunden Hundes bei 0,10 g pro kg $KM^{0,75}$. FEDIAF (2020) als europäische Referenz, setzt die Versorgungsempfehlung etwas höher bei 0,11 g pro kg $KM^{0,75}$ an. Diese gelten wiederum vorausgesetzt, es liegt ein adäquates Ca/P-Verhältnis und eine ausreichende Versorgung mit Vitamin D vor (ZENTEK und MEYER, 2016c).

Für einen beispielhaften, 20 kg schweren und adulten Hund ergibt sich damit, je nach Referenz, ein Wert von rund 0,95 - 1,04 g Phosphor pro Tag.

Ein Mangel an Phosphor kommt bei Hunden eher selten vor. Auch bei selbst zusammengestellten Rationen ist eher das Gegenteil der Fall, da Fleisch und tierische Nebenprodukte (COBOS und DÍAZ, 2015) reich an Phosphor sind und mehr Phosphor als Kalzium aufweisen. Entsteht dennoch ein Phosphormangel, so wird dieser temporär mittels metabolischem Phosphor aus dem Knochenspeicher kompensiert (REECE et al., 2015) und die Resorption Vitamin-D abhängig

gesteigert (BREVES et al., 2015b; REECE et al., 2015; ETTINGER et al., 2017). Sind die Reserven erschöpft kommt es zu beeinträchtigter Futteraufnahme, geringer Wachstumsleistung, Skelettveränderungen und allgemeinem Körperverfall (REECE et al., 2015). Weiters wurde bei Hunden eine reversible Verschlechterung der Myokardfunktion bei induziertem Phosphormangel beschrieben (FULLER et al., 1978).

Häufiger kommt es zu einer Überversorgung, die bei adulten Tieren schon ab dem Doppelten der empfohlenen Mengen an Phosphor beginnt. Primär beeinträchtigt ein Überangebot an Phosphor im Darm die Absorption von Kalzium, Eisen (Fe), Magnesium und Zink. Dem Umstand geschuldet, dass die Aufnahme von Phosphor im Darm nicht bedarfsabhängig vom Organismus reguliert wird, gelangt die gesamte aufgenommene Menge an Phosphor in den Körper. Jener Überschuss muss anschließend wieder über die Niere ausgeschieden werden (PITTS und ALEXANDER, 1944; CHANG und ANDERSON, 2017).

Vor allem in den letzten Jahren wird der Verdacht erhärtet, dass eine allgemeine, nennenswerte Überversorgung Nierenschäden provozieren kann (DOBENECKER und SIEDLER, 2016; DOBENECKER, 2018, 2019). In einer Studie konnte dazu gezeigt werden, dass fast die Hälfte aller untersuchten, nierenkranken Hunde mindestens $\geq 1,5$ mal den Bedarf (RA laut NRC) an Phosphor bekamen (BÖSWALD et al., 2018a).

Noch viel interessanter hierbei ist, dass unterschiedliche Phosphorquellen, genauer „organisch“ und schwer löslich oder anorganisch und leicht löslich, in unterschiedlich starker Weise auf die Nierengesundheit einwirken (DOBENECKER und SIEDLER, 2016, 2017; SIEDLER, 2018) und damit schwer lösliches Phosphor aus Geflügelmehl, demnach „organisch“, deutlich weniger Auswirkungen auf den postprandialen Serum Phosphor und Parathormon Level hatte, als anorganische, hoch lösliche Phosphor-Quellen. In einer weiteren Studie von HERBST und DOBENECKER (2019) wird dazu postuliert, dass exzessive Mengen an vor allem leicht löslichen Phosphor, welches häufig in kommerziellem Futter eingesetzt wird um Geschmack und Konsistenz zu verbessern, ein Risiko für die Nierengesundheit von Hunden darstellt.

Auch für Phosphor legt FEDIAF (2020) einen Maximalwert in Hundefutter fest. Für adulte, gesunde Hunde gelten 4 g Phosphor pro 1 000 kcal ME als Grenzwert.

5.5. Ca/P-Verhältnis

Das Verhältnis von Kalzium zu Phosphor im Futter sollte für adulte Hunde idealerweise bei 1,4 (KAMPHUES et al., 2014) oder 1,3 (NRC, 2006; DILLITZER et al., 2012) liegen, wobei mindestens 1 bis maximal 2 nicht unter- bzw. überschritten werden sollten (DILLITZER et al., 2012; KAMPHUES et al., 2014; FEDIAF, 2020). Geringgradige Abweichungen vom Ideal werden vom Organismus toleriert, sofern die absolut notwendigen Mengen an Kalzium und Phosphor zur Verfügung stehen (NRC, 2006), was auch für ein ideales Verhältnis gilt (KAMPHUES et al., 2014; ZENTEK und MEYER, 2016c).

Durch die gegenseitige Beeinflussung von Kalzium und Phosphor im Intermediärstoffwechsel, wie auch bei der Absorption, müssen starke Abweichungen, insbesondere Verhältnisse deutlich unter 1, unbedingt vermieden werden (SCHOENMAKERS et al., 2000; KAMPHUES et al., 2014). Als Beispiel dient der nutritiv bedingte, sekundäre Hyperparathyreoidismus, ausgelöst durch ein inadäquates Ca/P-Verhältnis von < 1 (DE FORNEL-THIBAUD et al., 2007; ASHWIN et al., 2010). Vor allem große Rassen, die Rationen aus Fleisch mit kohlehydratreichen Futtermitteln und/oder Gemüse ohne Supplementierung von Mineralstoffen bekommen sind durch absoluten Mangel an Kalzium und ein rationsbedingtes Ca/P-Verhältnis von unter 1 gefährdet (BECKER et al., 2012).

Besonders gefährdet durch inadäquate Ca/P-Verhältnisse und dadurch signifikante Störungen der Skelettentwicklung und -gesundheit sind vor allem Junghunde (DILLITZER et al., 2012; KAMPHUES et al., 2014), weswegen das Ca/P-Verhältnis noch enger bei 1,2 bis 1,4 gehalten werden sollte (NRC, 2006; FEDIAF, 2020).

PEDRINELLI et al. (2019) zeigten bei einer Überprüfung von 75 selbst zusammengestellten Rationen für gesunde, erwachsene Hunde, dass davon 76 % ein inverses Ca/P-Verhältnis von < 1 und damit weniger als das festgelegte Minimum laut FEDIAF und NRC aufwiesen. 14,2 % der Rationen für Hunde hingegen zeigten ein Verhältnis von mehr als 2. Zusätzlich wurde bei 82,67 % ein deutlicher, absoluter Mangel (FEDIAF) an Kalzium festgestellt, was das Risiko für nutritiv bedingten, sekundären Hyperparathyreoidismus deutlich macht. Auch davor schon wurde bei rund 22 % der in einer Studie untersuchten BARF-Rationen ein inverses Ca/P-Verhältnis oder ein Verhältnis über 2 festgestellt (VECCHIATO und DOBENECKER, 2018).

5.6. Vitamin A

Das fettlösliche Vitamin A wird nach Aufnahme mit der Nahrung hauptsächlich in der Leber gespeichert und Überschuss über die Niere ausgeschieden. Magen-Darm-Problematis, Pankreaserkrankungen und Störungen des Gallenflusses beeinträchtigen die Absorption im Darm und chronische Nierenproblematik führt zu erhöhten Verlusten (REECE et al., 2015; BLANER et al., 2016).

Die tägliche Versorgungsempfehlung für Vitamin A für einen gesunden, ausgewachsenen Hund liegt laut NRC und FEDIAF bei 167 IE pro kg $KM^{0,75}$ (NRC, 2005; FEDIAF, 2020).

Für einen beispielhaften, 20 kg schweren und adulten Hund ergibt sich damit ein Wert von rund 1 579 IE Vitamin A pro Tag.

Als Besonderheit gegenüber der Katze ist der Hund in der Lage Carotinoide, vor allem β -Carotin zu nutzen und in Vitamin A umzuwandeln (TURNER, 1934; BRADFIELD und SMITH, 1938; HAND, 2002; FRITZ, 2018). Es wird angenommen, dass 833 IE Vitamin A aus 1 mg β -Carotin gewonnen werden können (FEDIAF, 2020). Je nach Angebot der Carotinoide und dem Versorgungsstand des Tieres kommt eine unterschiedlich hohe Rate an Ausnutzung zustande (GREEN und FASCETTI, 2016). Die Bioverfügbarkeit aus pflanzlichen Quellen reicht von gering in rohem Gemüse (Tomate, Karotten, Spinat) über moderat in Obst (Melone, Kürbis, Pfirsich, Papaya) oder Süßkartoffel bis hoch bei natürlichen oder synthetischen Carotinoiden in Ölform (SAINI et al., 2015). Auch in tierischen Produkten wie Lachs (hier vor allem in der Haut, den Ovarien und dem Fleisch) (MATSUNO, 1989), Eigelb und Milch können hohe Konzentrationen an Carotinoiden gefunden werden (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018). Die Bioverfügbarkeit wird maßgeblich durch thermische und mechanische Faktoren (Zerstörung der Zellwände) sowie der Anwesenheit von Öl beeinflusst (SAINI et al., 2015). Zusätzlich dazu nimmt die Effizienz der Resorption mit steigendem Angebot an Carotinen ab (HAND, 2002).

Ein Mangel an Vitamin A wird bei Jungtieren mangels signifikanter Leberreserven deutlich schneller zu nachteiligen Effekten führen als beim adulten Hund. Mögliche Folgen reichen, neben allgemein erhöhter Infektanfälligkeit, von Entzündungen der Bindehaut über Wachstumsstörungen bis zu Ataxien. Bei Föten können Missbildungen resultieren (REECE et al., 2015).

Eine langfristige Überversorgung dahingegen kann zu Übererregbarkeit, Verlust von Knochengewebe und damit erhöhtem Frakturrisiko führen, wenn auch die Toleranz bei Hunden im Allgemeinen sehr hoch ist (HAND, 2002; REECE et al., 2015). Diese hohe Toleranz spiegelt sich auch im Maximalwert für Vitamin A laut NRC von 6 997 IE pro kg $KM^{0,75}$ und FEDIAF von 100 000 IE pro 1 000 kcal ME wider (NRC, 2006; FEDIAF, 2020).

Zu den Vitamin A reichen Futtermitteln zählt neben Ei Vollmilch (HAND, 2002; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018), Lebertran und Niere (FRITZ, 2018; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018) vor allem die Leber (HAND, 2002; FRITZ, 2018; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018). Bei der Leberfütterung kann durch sehr stark schwankende Gehalte von rund 36 – 717 IE Vitamin A pro g, teilweise deutlich mehr, eine Überversorgung von Vitamin A provoziert werden. Grund ist ein deutlich unterschiedlicher Versorgungsstand der Nutztiere (MAJCHRZAK et al., 2006).

5.7. Vitamin D

Hunde sind darauf angewiesen, ausreichend Vitamin D mit der Nahrung aufzunehmen, da sie nicht in der Lage sind die Vorstufe 7-Dehydrocholesterol über UV-Strahlung in der Haut zu Vitamin D umzuwandeln (HAZEWINKEL et al., 1987; HOW et al., 1994; ERBEN, 2015a).

Der Bedarf an Vitamin D richtet sich nach Alter, Leistung, Erkrankungen und dem Angebot an Kalzium und Phosphor. Er steigt bei einem Ca/P-Verhältnis über 2 bzw. unter 1, bei marginaler Kalziumversorgung, degenerativen Erkrankungen der Niere und daraus resultierender verminderter Hydroxylierung, bzw. gesteigertem Verlust oder bei beispielsweise Gravidität und Laktation (GERBER et al., 2003; GOW et al., 2011; SELTING et al., 2016; PARKER et al., 2017). Das Standardwerk des NRC (2006) geht von 18 IE Vitamin D pro kg $KM^{0,75}$ aus, FEDIAF (2020) veranschlagt nur 15,20 IE Vitamin D pro kg $KM^{0,75}$ als Versorgungsempfehlung.

Für einen beispielhaften, 20 kg schweren und adulten Hund ergibt sich damit, je nach Referenz, ein Wert von rund 144 - 170 IE Vitamin D pro Tag.

Als Vitamin D-reich gelten Futtermittel wie Fisch, Leber, Milch und Lebertran. Andere Futtermittel, auch pflanzliche, sind eher arm an Vitamin D oder enthalten keines (KOBAYASHI et al., 1995; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018).

Ein Mangel an Vitamin D kommt bei Hunden in jetziger Zeit eher selten vor (PRELAUD et al., 2005; KRITIKOS et al., 2018), ist aber typisch für BARF-Rationen ohne Salzwasserfisch- oder Lebertranfütterung (STREIFF et al., 2002; FRITZ, 2018; HALL et al., 2020) und äußert sich in unzureichender Skelettmineralisierung, wie Rachitis bei Jungtieren (MELLANBY, 1918) oder Osteoporose bei adulten Tieren (HAND, 2002; PRELAUD et al., 2005; ERBEN, 2015b). Mögliche andere Auslöser eines Mangels sind chronisch-entzündliche Darmerkrankungen, möglicherweise auch andere chronisch-entzündliche Geschehen (GOW et al., 2011; WALDRON et al., 2013).

Ein Überschuss an Vitamin D führt hingegen zu Veränderungen des Kalzium- und Phosphor-Spiegels im Blut (PUSCHETT et al., 1972), blutigem Durchfall, Verkalkung von Gefäßen, Anorexie, Erbrechen und Weiterem (MORGAN und SHIMOTORI, 1943; MULLIGAN und STRICKER, 1948; SPANGLER et al., 1979; GUNTHER et al., 1988). Die Anfälligkeit ist individuell und, bestimmt durch das gleichzeitige Angebot von Kalzium, Phosphor und Magnesium, unterschiedlich. Der NRC hat mit 104 IE Vitamin D pro kg $KM^{0,75}$ pro Tag ein safe upper limit (SUL) angegeben und FEDIAF gibt nicht mehr als 800 IE pro 1 000 kcal ME pro Tag als Maximum an (NRC, 2006; FEDIAF, 2020).

Im Sinn der Sicherheit vor toxischer Wirkung oder möglicher unerwünschter Effekte legt die EU VO 1831/2003 fest, dass bei einem Zusatz von Vitamin D zum Alleinfutter nicht mehr als maximal 2 000 IE Gesamt-Vitamin D pro kg Futter (88 % TS) enthalten sein dürfen (EUROPÄISCHE UNION, 2003).

5.8. Jod (I)

Der Bedarf an Jod korreliert in direkter Abhängigkeit zum Stoffwechsel und steigt demnach bei Leistung, in der Laktation oder bei vermehrter Muskelbeanspruchung (HAND, 2002; MCDOWELL, 2003; NRC, 2006). Im Wachstum geht man von einer höheren Versorgungsempfehlung aus (FEDIAF, 2020). Laut NRC (2006) sollten adulte Hunde 29,60 µg pro kg $KM^{0,75}$ pro Tag erhalten. FEDIAF geht von 30,00 µg pro kg $KM^{0,75}$ pro Tag aus (FEDIAF, 2020).

Für einen beispielhaften, 20 kg schweren und adulten Hund ergibt sich damit, je nach Referenz, ein Wert von rund 280 - 284 µg Jod pro Tag.

Viele Einzelfuttermittel sind zu arm an Jod, um den Bedarf zu decken. Das gilt vor allem, wenn einseitig Fleisch, Schlachtnebenprodukte und Getreide gefüttert

werden. Langes Kochen kann zusätzlich Jodverluste bedingen (GOINDI et al., 1995; HALDIMANN et al., 2005). Es gilt aber auch, wenn jodreiche Futtermittel zu selten gefüttert werden. Dies ist typischerweise beim BARFen der Fall, da einmal pro Woche See-bzw. Fisch in der Ration nicht ausreicht, um den Jodbedarf zu decken (DILLITZER et al., 2012). In einer Studie von DILLITZER et al. (2011) konnte dazu gezeigt werden, dass in fast der Hälfte der überprüften BARF-Rationen nur weniger als 50 % des Jodbedarfs enthalten waren. Bestimmte Futtermittel, wie Leinsamen oder Kohlgemüse, die Blausäure oder Glucosinolate enthalten, hemmen die Einschleusung von Jod in das Schilddrüsengewebe bzw. die Thyroxinsynthese und erhöhen somit den Bedarf zusätzlich (MATISSEK, 2019). Auch ein Überangebot an Kalzium (GROSS et al., 2000; HAND, 2002) oder Mg erhöhen den Jodbedarf (HAND, 2002). Als sehr jod-reich gelten Fisch und Seealgen (U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018), wobei Meeresfisch deutlich mehr Jod enthält als Süßwasserfisch, in der Haut generell mehr enthalten ist als im Fleisch und eine sehr hohe Variabilität im Gesamtjodgehalt herrscht (KARL et al., 2001). Algen bekommen immer mehr Bedeutung in der Ernährung von Menschen und Tieren. Der Jodgehalt zwischen verschiedenen Algen oder verschiedenen Anbaugebieten unterscheidet sich mitunter stark. Es herrschen immense Schwankungen zwischen Süßwasseralgen mit wenig Jod und Meeresalgen mit hohen bis sehr hohen Werten von beispielsweise bis zu 2 523,50 mg/kg (BUTLER, 1931; LOGNONE, 2003; YEH et al., 2014).

Ein primärer Jodmangel kann in der Klinik auftreten. Zu den möglichen Ursachen zählen:

1. eine Umstellung der Ration von jodreich auf -arm, wobei es mangels schneller Adaptation des Organismus zu einer zeitlich begrenzten Unterversorgung kommt (NORRIS et al., 1970; FRITZ, 2018),
2. ein erhöhter Bedarf durch antinutritive Futtermittel (MATISSEK, 2019) und
3. eine einseitige Fütterung jodarmer Einzelfuttermittel (HALDIMANN et al., 2005; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018).

Kommt es zu einer Jodmangelsituation, wird die Schilddrüse als Kompensation hypertroph, die Hormonsynthese wird unzureichend und es können allgemeine Leistungsschwäche, Fertilitäts- und Wachstumsstörungen, Alopezie und Lethargie beobachtet werden. Föten weisen Störungen in der Entwicklung auf (verminderte

Vitalität, Anomalien des Skeletts, Kropfbildung (Struma)) (NUTTALL, 1986; HAND, 2002; REECE et al., 2015). Auch wenn die canine Hypothyreose vor allem durch endogene Einflüsse wie lymphozytäre Thyreoiditis oder idiopathische Atrophie ausgelöst wird, so kann auch Jodmangel ein Auslöser sein (NELSON und COUTO, 2019).

Auch eine Überversorgung nach chronisch erhöhter Zufuhr mit Jod führt zu ungewollten Problemen der Schilddrüse wie mangelhafte Freisetzung von T4 und ist deswegen unbedingt zu vermeiden (CASTILLO et al., 2001; REECE et al., 2015). Damit kann sowohl ein Mangel an Jod als auch ein Überschuss zur klinischen/subklinischen Hypothyreose führen.

Wenngleich selten können akute Intoxikationen durch Jod über das Futter herbeigeführt werden. Häufiger jedoch geschieht dies über die Aufnahme jodhaltiger Salben, bzw. über die Hautresorption dieser bei großflächigen Wunden (CASTILLO et al., 2001; NELSON und COUTO, 2019). Laut EU VO1831/2003 (EUROPÄISCHE UNION, 2003) wurde ein Maximalwert festgesetzt, der besagt, dass bei Verwendung von Jod-Zusätzen im Alleinfutter 10,00 mg Gesamtjod pro kg (bei 88 % TS) enthalten sein dürfen, um toxische Wirkungen oder mögliche unerwünschte Effekte von ernährungsphysiologischen Zusatzstoffen zu vermeiden. Das entspricht rund 658,00 µg Jod pro MJ ME, wenn von einer Energiedichte von 16,70 kJ ME pro g TS ausgegangen wird (FEDIAF, 2020). Der NRC setzt ebenfalls einen Maximalwert als SUL von $\geq 4,00$ mg pro 1 000 g TS (mit einer Energiedichte von 16,74 MJ ME) fest, was 239,00 µg Jod pro MJ ME entspricht und damit deutlich unter dem EU Limit liegt. Für jede andere Energiedichte muss der angegebene Jodwert mit der neuen Energiedichte (in kcal ME/kg) multipliziert und anschließend durch 4 000 dividiert werden (NRC, 2006).

5.9. Kupfer (Cu)

Die Absorption von Kupfer erfolgt vor allem im proximalen Dünndarm (DAVIS und MERTZ, 1987), wobei unter anderem hohe Mengen an Zink (BREVES et al., 2015b; REECE et al., 2015), Kalzium (HAND, 2002; DILLITZER et al., 2012) und Eisen (REECE et al., 2015) die Verwertung negativ beeinflussen. Auch gewisse Kupfer-Komplexe oder Verbindungen weisen eine deutlich schlechtere Verwertung auf. Dazu zählen z.B. Kupfer-Phytat, -Sulfid und in rohem Rindfleisch enthaltenes Kupfer. Die Ausscheidung geschieht zum Großteil über die Galle und

nur in Spuren über den Harntrakt (LINDER und HAZEGH-AZAM, 1996; REECE et al., 2015).

In der Leber, als Speicherorgan für Kupfer, schwanken die Werte abhängig von der Zufuhr über das Futter (HAND, 2002; REECE et al., 2015). Infolge dessen gilt vor allem Leber, neben anderen Innereien, zu den Kupfer-reichen Futtermitteln (HAND, 2002; DILLITZER et al., 2012; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018).

Als Besonderheit beim Hund wurde bei Bedlington-Terriern eine Kupfer-Speicherkrankheit beschrieben. Hierbei wird Kupfer vermehrt mit dem Alter in der Leber eingelagert was degenerative Veränderungen nach sich zieht (HARDY, 1975). Ausschlaggebend für die Krankheit ist ein Gen, welches die hepatische Kupfer-Ausscheidung reguliert, für das die Tiere homozygot sein müssen. Auch bei Dobermännern (MANDIGERS et al., 2004), Westhighland-White-Terriern (THORNBURG et al., 1986), Dalmatinern (WEBB et al., 2002), Labrador Retrievern (HOFFMANN et al., 2006; SMEDLEY et al., 2009), Cockerspanieln und Deutschen Schäferhunden konnte die Speicherkrankheit beobachtet werden. Neben züchterischer Selektion basierend auf Gentests, muss bei betroffenen Hunden vor allem auf eine Kupfer-arme Diät mit erhöhten Zink-Zulagen geachtet werden (ROLFE und TWEDT, 1995).

Der Kupfer-Bedarf adulter Hunde ist eine Schätzung in Anlehnung zu anderen Spezies. Mit erhöhtem Bedarf ist vor allem im Haarwechsel langhaariger Tiere, während der Laktation, im Wachstum und bei hohen Werten an Kalzium, Eisen und Zink zu erwarten. Mit einem Wert von 0,20 mg pro kg $KM^{0,75}$ pro Tag schlagen der NRC und FEDIAF (2006; 2020) dieselbe Versorgungsempfehlung vor.

Für einen beispielhaften, 20 kg schweren und adulten Hund ergibt sich damit ein Wert von rund 1,89 mg Kupfer pro Tag.

Bisher sind vor allem Welpen mit Mangelzuständen aufgefallen. Einerseits wird der geringe Speicher in der Leber durch hohe Kupfer-Gehalte in der Milch der Hündinnen ausgeglichen, andererseits kommt es aber durch einseitige Fütterung von Fleisch und überschießenden Kalzium- und Phosphor-Werten leicht zu einem Kupfer-Mangel (QUIST-RYBACHUK et al., 2012; MACK und KIENZLE, 2016; VECCHIATO und DOBENECKER, 2018). Ersichtlich wird dies durch Brillenbildung infolge Ergrauens der Haare um Augen und Nase, gestörtes

Knorpelwachstum mit Durchtrittigkeit und Fehlstellung der Gliedmaßen, sowie Anämie (ZENTEK und MEYER, 1991; REECE et al., 2015).

Kommt es dagegen zu einem Überangebot in der Ration wird Kupfer gesteigert in der Leber eingelagert, was bei gesunden Tieren, im Gegensatz zu Tieren mit Kupferspeicherkrankheit, in der Regel keine Leberschädigung herbeiführt (LUDWIG et al., 1980; HAND, 2002). Nichtsdestoweniger zeigen Fallbeispiele, dass auch untypische Rassen eine verstärkte Anfälligkeit bei überhöhter Kupferaufnahme zeigen können (VAN DEN INGH et al., 2007).

Im Sinn der Sicherheit vor toxischer Wirkung oder möglicher unerwünschter Effekte legt die EU VO 1831/2003 fest, dass bei einem Zusatz von Kupfer zum Futter nicht mehr als maximal 25,00 mg Gesamt- Kupfer pro kg Alleinfutter (88 % TS) enthalten sein dürfen (EUROPÄISCHE UNION, 2003).

5.10. Zink (Zn)

Das Spurenelement Zink findet sich im Körper vor allem im Knochen. Es ist als Bestandteil einer Vielzahl an Metalloenzymen oder Enzymsystemen verschiedener Stoffwechselsysteme unentbehrlich für den Organismus (HAND, 2002; NRC, 2006; REECE et al., 2015).

Die Aufnahme von Zink aus dem Darm geschieht an Liganden gebunden und vermindert sich vor allem bei gleichzeitig hohen Kupfer- oder Kalzium-Mengen, oder der Anwesenheit von Phytinsäure (HAMBIDGE et al., 1986; COLOMBINI, 1999; HAND, 2002; HOTZ, 2005). Eine verbesserte Aufnahme kann durch Bindung an Proteine (HOTZ, 2005; NRC, 2006) bzw. in Form von Zink-Chelaten mit Aminosäuren geschehen. Dabei wird der negative Effekt durch Kalzium umgangen (HAMBIDGE et al., 1986; LOWE et al., 1994). Die Ausscheidung erfolgt primär im Darm über Galle bzw. das Pancreas (BIRNSTINGL et al., 1956; HAND, 2002; COUSINS, 2010). Eine Ausscheidung über den Harn ist bei Nierenproblematik beschrieben (PEDRAZA-CHAVERRÍ et al., 1994).

Der Bedarf an Zink richtet sich nach Leistung (Gravidität, Laktation, Wachstum) und besonderen Umständen, die eine erhöhte Menge an Zink erfordern. Dazu zählen der Haarwechsel (vor allem bei langhaarigen Hunden), erhöhte Mengen an Phytinsäure (z.B. in Kleie, Getreide, Leguminosen) im Futter, Störungen der Pankreasfunktion, erhöhte Mengen an Kalzium oder Kupfer im Futter, nach Operationen bzw. bei Wundheilung oder bei geriatrischen Tieren. Die Verwertung

von Zink ist mit ca. 25 % (MEYER, 1984; ÖZPINAR et al., 2001) bis 50 % (BREVES et al., 2015b) relativ gering.

Die Versorgungsempfehlungen laut NRC und FEDIAF (2006; 2020) veranschlagen je 2,00 mg pro kg $KM^{0,75}$ pro Tag.

Für einen beispielhaften, 20 kg schweren und adulten Hund ergibt sich damit ein Wert von rund 18,90 mg Zink pro Tag.

Futtermittel mit hohem Zink Gehalt sind etwa rotes Fleisch, Rindfleisch, Leber, Milch, Eier, Geflügel oder Schalentiere (HOTZ, 2007; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018).

Mit der Nahrung aufgenommenes Zink zeigt sich relativ untoxisch und ein Mangel ist viel wahrscheinlicher (GROSS et al., 2000). Dieser kommt bei selbst zusammengestellten, un-supplementierten Rationen relativ häufig vor (FRITZ, 2018). Ein Zinkmangel kann primär oder sekundär entstehen. Unabhängig davon kann dieselbe Symptomatik beobachtet werden: Fertilitätsstörungen beider Geschlechter, Haut- und Haarkleidveränderungen wie Parakeratose, Alopezie, Pigmentaufhellung und rissige Haut sind ebenso Folgen wie auch Wundheilungsstörungen und verminderte Antikörper-, oder Kollagensynthese (ROBERTSON und BURNS, 1963; SANECKI et al., 1982; VAN DEN BROEK und THODAY, 1986). Als Besonderheit kann, v.a. bei nordischen Hunderassen, die Zink-reaktive Dermatoze beobachtet werden (VAN DEN BROEK und THODAY, 1986; COLOMBINI und DUNSTAN, 1997; WHITE et al., 2001). Typische Symptome sind u.a. Alopezie, Parakeratose, oder Erythema welche nach Zink-Supplementation von 2,00 - 3,00 mg Zink pro kg KM pro Tag deutliche Verbesserung zeigen oder gänzlich verschwinden (WHITE et al., 2001).

Ein Überschuss an Zink kommt in der Regel sehr selten vor und wurde vor allem in Kombination mit verschluckten Fremdkörpern wie Zink-haltigen Münzen beschrieben (TORRANCE und FULTON JR, 1987; LATIMER et al., 1989; HAND, 2002). Die folgenden Vergiftungserscheinungen reichen von hämolytischer Anämie über Anorexie bis Apathie zu einem erhöhten Zink-Spiegel im Plasma.

Im Sinn der Sicherheit vor toxischer Wirkung oder möglichen unerwünschten Effekten legt die EU VO 1831/2003 fest, dass bei einem Zusatz von Zink zum

Alleinfutter nicht mehr als maximal 200 mg Gesamt-Zink pro kg (bei 88 % TS) enthalten sein dürfen (EUROPÄISCHE UNION, 2003).

5.11. Mangan (Mn)

Bei Hunden wird auch bei Mangan von einem Mehrbedarf ausgegangen während der Gravidität, in der Laktation, wie auch im Wachstum (MEYER, 1984; HENRY, 1995). Die tägliche Versorgungsempfehlungen laut NRC und FEDIAF (2006; 2020) liegen bei je 0,16 mg pro kg $KM^{0,75}$ pro Tag.

Für einen beispielhaften, 20 kg schweren und adulten Hund ergibt sich damit ein Wert von rund 1,51 mg Mangan pro Tag.

Erfahrungen mit anderen Spezies zeigen in Ermangelung zu Studien mit Hunden, dass die Verwertung von Mangan durch hohe Mengen an Kalzium (BREVES et al., 2015b), Eisen und Phosphor beeinträchtigt werden könnte (HENRY, 1995). Auch betreffend der Verwertung oder der Bioverfügbarkeit von Mangan liegen für Hunde keine genauen Zahlen vor (NRC, 2006), aber es wird von 1 - 5 % Absorption im Dünndarm (BREVES et al., 2015b; REECE et al., 2015) bis zu 90 % Absorption spekuliert (HENRY, 1995).

Beinahe alle üblichen Futtermittel, exkl. Milch, Eier und Lunge enthalten ausreichend Mangan, um eine Bedarfsdeckung zu gewährleisten. Vor allem pflanzliche Futtermittel wie Vollkorngetreide, Nüsse und Gemüse enthalten ausreichende bzw. hohe Mengen an Mangan (PETERSON und SKINNER, 1931; SCHROEDER et al., 1966; TINGGI et al., 1997).

Bei Hunden selbst sind keine Mangelzustände für Mangan bekannt, obgleich dies bei anderen Spezies vorkommt und zu Fertilitätsstörungen, Veränderungen des Skeletts und Skelettmissbildungen des Fetus führen kann (SMITH et al., 1944; PLUMLEE et al., 1956; BOYER et al., 1984; NRC, 2006). Vor allem bei landwirtschaftlichen Nutztieren konnte ein Mangel an Mangan mit Reproduktionsproblemen in Verbindung gebracht werden (ROJAS et al., 1965; NRC, 2006; DE CARVALHO et al., 2010).

Die Toleranz gegenüber hohen Mengen an Mangan ist in der Regel sehr groß (HAND, 2002; WILLIAMS et al., 2012). Es gilt vielmehr als das essenzielle Element mit der geringsten toxischen Potenz (HURLEY und KEEN, 1987; NRC, 2006; UNDERWOOD, 2012). Ein nachteiliger Effekt hoher Mengen an Mangan

kann jedoch der sekundär bedingte Eisen-Mangel durch beeinträchtigte Absorption sein (POWELL et al., 1999). Eine Studie von BUDIS et al. (2015) zeigte, dass sowohl hohe Mengen an Mangan im Futter, als auch in der Luft zu einer Einlagerung im Knochen führen, was die geringe toxische Potenz bedingen könnte.

Im Sinn der Sicherheit vor toxischer Wirkung oder möglicher unerwünschter Effekte legt die EU VO 1831/2003 fest, dass bei einem Zusatz von Mangan zum Alleinfutter nicht mehr als maximal 170 mg Gesamt-Mangan pro kg (bei 88 % TS) enthalten sein dürfen (EUROPÄISCHE UNION, 2003).

6. Ziele dieser Studie

6.1. Korrelation errechneter Versorgungsstand und Analysewerte BARF-Blutprofil

Es soll geklärt werden, inwieweit die Blutuntersuchung bestimmter Parameter bzw. Nährstoffe sinnvoll ist und wenn ja, welche Parameter als Mittel zur Überprüfung der Ration bei Hunden einsetzbar sind. Es wird dabei der durch computergestützte Rationsberechnung ermittelte Wert beim jeweiligen Parameter mit den Werten des Parameters im Blut verglichen. Die Haupt-Hypothese dieser Studie ist, dass wenig bis keine Korrelation zwischen dem individuell errechnetem Versorgungsstand bestimmter Parameter und den Ergebnissen des „*Barfer-Profil Hund*“ von SYNLAB.vet, Augsburg besteht.

6.2. Erstellung eines 95 % Perzentils für Mangan

Die Analyse von Mangan erfolgte bisher ohne laborinternes Referenzintervall. Ein neues soll mit den gesammelten Daten über ein 95 % Perzentil für Mangan erstellt werden und anhand dessen die Verteilung der Ergebnisse in der BARF- und der Kontrollgruppe verglichen werden.

6.3. Risikobewertung eines Taurinmangels beim gebarften Hund

Die Messung von Plasma Taurin bei den BARF- und Kontroll-Hunden soll Aufschluss geben, ob ein Taurinmangel bei gebarften Tieren vorkommt. Durch die Tatsache, dass BARF-Rationen zu den sogenannten BEGH-Diäten (boutique, exotic-ingredient, grain-free, home-made) gehören, bei denen ein möglicher Zusammengang zu DCM besteht (TÔRRES et al., 2003; FDA, 2018; FREEMAN et al., 2018; FDA, 2019; PEZZALI et al., 2020; ADIN et al., 2021), ist nicht auszuschließen, dass hier ein erhöhtes nutritives Taurinmangelrisiko besteht.

6.4. Optimierung des BARF-Blutprofils

Da die Haupt-Hypothese lautet, dass die meisten Werte im Blutprofil keine oder nur geringe Aussagekraft bezüglich einer Bedarfsdeckung besitzen, soll durch die zusätzlich analysierten Parameter versucht werden, klinisch etablierte Methoden zur (früh-)Erkennung von Nieren- oder Herzproblematik (Kreatinin, Harnstoff, Harnsäure und Taurin) auf die Anwendung bei gebarften Tieren zu überprüfen.

III. PUBLIKATION

Computer-aided ration calculation (Diet Check Munich©) versus blood profile in raw fed privately owned dogs (2021)

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, Volume 106, Issue 2, 345-354

Veronika Hajek¹, Yury Zablotski¹, Petra Kölle¹

¹ Clinic for Small Animal Internal Medicine, Ludwig-Maximilians University, Munich, Germany.

DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.13601>

Print ISSN: 0931-2439

Online ISSN: 1439-0396

ABSTRACT

Many dog owners create nutritionally imbalanced raw meat-based diets (RMBD) with information from the Internet and pseudo-scientific books, some even use pre-prepared frozen raw feed from online shops, local butchers or other providers. The risk of nutritional imbalances is therefore present. Blood profiles for dogs fed RMBD are promoted by laboratories as a simple tool for the owner to check the nutritional supply situation. Veterinarian nutrition specialists seem to be consulted less frequently and, in most cases, when blood analyses show deviations from reference ranges. The aim of the present study was to evaluate whether a RMBD blood profile reflects possible malnutrition according to a computer-aided ration check and to assess its clinical relevance. Using standardized questionnaires, the average daily rations of 104 dogs, 83 of which were fed raw diets versus 21 commercially fed dogs, were analysed using Diet Check Munich©, based on the National Research Council values. Afterwards, the SYNLAB.vet GmbH 'Barfer-Profil' test including calcium, phosphate, calcium/phosphate ratio, vitamin A, vitamin D, copper, zinc and iodine with additional parameters taurine, urea, uric acid and creatinine was carried out. No significant correlation between nutrient supply and associated blood parameters could be detected. Diet calculation revealed significantly more nutritional imbalances in the RMBD group than in the control group. Low plasma taurine could be detected only in the RMBD group. After

participating, 30% of the dog owners (RMBD group) decided to adjust their dogs' diets at the nutrition consultation of the Clinic for Small Animal Internal Medicine of the LMU Munich. Based on these results, for most parameters a RMBD blood profile is not an appropriate tool to monitor a dog's nutrition and computer-aided ration calculation remains the gold standard for detecting nutritional imbalances.

(1) INTRODUCTION

For more than a decade raw meat-based diets (RMBD) have been enjoying an increase in popularity amongst dog owners. They have developed into their own feeding method with many followers. In this kind of feeding, commercially available complete dry or wet food and cereals are completely or largely avoided as a part of the main diet and instead, raw meat, bones, oils/fats, fruit, and vegetables are given to the dog (Dillitzer et al., 2012; Kamphues, 2014; Kölle & Schmidt, 2015).

The supposed main argument for this special form of nutrition is that only raw meat and animal by-products are considered suitable for dogs, and that only this can be considered healthy. The dog ought to be fed similar to the natural diet of the wolf in nature. In addition, it is assumed that the possibly high cereal content in commercial dog food could have an adverse effect on the health of the dog, since it is supposedly not part of the dog's natural diet (Kamphues, 2014; Kölle & Schmidt, 2015). According to dog owners, other advantages of RMBDs versus commercial complete diets/foods are as follows: 1) extended feeding times and thus satisfying chewing needs, provided the food is not minced too much, 2) a precise knowledge of what is being fed, provided no ready-to-eat packages are fed and 3) regular bone chewing can positively influence dental health (Dillitzer et al., 2012; Vervuert & Rückert, 2017). In addition, in case of special dietary requirements, such as for certain conditions, preferences and aversions, an individual and needs-based diet can be provided (Dillitzer et al., 2012; Zentek, 2016a).

Nevertheless, one of the main problems with diets individually created by dog owners is nutrient imbalances. If an individually created diet is used over several weeks as a normal diet, a calculational ration check is absolutely necessary (Dillitzer et al., 2012; Kamphues, 2014; Stockman et al., 2013).

The study of Dillitzer et al., (2011) examined raw food rations of adult dogs for nutritional imbalances using a computer-aided ration calculation program. Results showed that 25% of all rations contained only 70% or less of the recommended daily allowance for vitamin A. Only 25% of the recommendation for calcium (Ca) was fed in 10% of the rations. In addition, the Ca to phosphorus (P) ratio in these rations was below 0.6/1 and there was clearly too little vitamin D provided. In about half of the rations examined, the minimum requirement for iodine (I) according to the National Research Council (NRC) was not met. More than half provided less zinc (Zn) and copper (Cu) than the recommendation. Overall, 60% of the rations showed at least one or more imbalances. Another study of Stockman et al., (2013) showed that 95% of all RMBD recipes studied were found to contain at least one or more essential nutrients below the Association of American Feed Control Officials (AAFCO) minimum. The study also revealed multiple nutritional imbalances in 84% of the rations.

In contrast, deficiencies or excesses in the daily diets can be reliably identified by calculation of the current supply level and adjusted by comparison with the individual nutritional requirements based on the NRC (Kölle & Schmidt, 2015; Thes & Dillitzer, 2014). When a diet is created or checked using a computer-based program based on scientific data, all the components are present in the appropriate amounts. The nutrients contained in the daily amount of each component are summed and then compared with the individual requirements of the dog depending on body weight, age, sex and activity level (Dillitzer & Fritz, 2009).

The main objective of this study is to evaluate whether an analysis of certain blood parameters according to the commercially available screening profile, in this case, 'Barfer-Profil Hund' by SYNLAB.vet GmbH, Augsburg, Germany (2020), can be used to monitor nutritional imbalances in the diet. Furthermore, it should demonstrate to which extent and how a clinical relevance of such screenings could be given and its correlation, compared to the calculated ration control. Finally, we want to draw conclusions as to whether the screening test could be improved by adding several promising parameters used to detect kidney diseases that have been empirically observed in RMBD-fed dogs by the nutrition consultation of the Clinic of Small Animal Internal Medicine of the LMU Munich.

(2) MATERIAL AND METHODS

The inclusion criteria for the current study were as follows: (a) male/female, intact/neutered dog older than 1 year, (b) fed raw (RMBD group)/fed with complete commercial food (control group) for at least 1/2 year, (c) the fed diet must be fully calculable prior to blood collection, and (d) to be clinically healthy. A total of 104 adult dogs aged between 1 and 13 years met the inclusion criteria for this study. Of these dogs, 83 were fed a RMBD and 21 were fed a commercially available dry or wet feed acting as a control group. In the RMBD group, 35 dogs were male, 21 of which were neutered and 48 were female, 25 of which were neutered. In the control group were 15 male dogs, 8 of which were neutered and 6 female dogs, 5 of which were neutered. The largest breed groups were mixed-breeds ($n = 21$ dogs) in the RMBD group and Labrador Retrievers ($n = 6$ dogs) in the control group. A total of 11 dogs were reported to be allergic according to their owners (10 in the RMBD group, 1 in the control group).

The average daily rations of all 104 dogs were evaluated using a standardized questionnaire. These rations were then calculated by the computer-aided calculation program Diet Check Munich© (Dobenecker & Kienzle, 2017) for the daily average nutrient content of the diets. Nutritional information for the commercial complete feeds was also available in Diet Check Munich©, provided directly from the manufacturer, or used from already existing information according to the declaration. A focus was put on the following parameters: energy intake, energy density, crude protein, Ca, P, Ca/P ratio, vitamin A and D, Cu, I and Zn. Last but not least the calculated average nutrient contents of each diet was compared with the individual recommended nutrient level for adult dogs per $\text{kg}^{0.75}$ (RNL) according to FEDIAF (2020) and the recommended allowance per $\text{kg}^{0.75}$ (RA) according to NRC (2006). Following this, nutrients surpassing the RNL were considered undersupplied and nutrients exceeding the nutritional maximum (max) per kg dry matter (DM) (FEDIAF, 2020) or safe upper limit (SUL) per kg DM (NRC, 2006) were considered heavily oversupplied.

After calculating the average daily ration of each individual participant, blood samples were taken. In all animals, 2.5 ml serum and 0.5 ml EDTA plasma were obtained from the front limb at the cephalic vein or the lateral saphenous vein on

the hind limb after 12 hours of fasting. This occurred during a visit to the Clinic for Small Animal Internal Medicine of the LMU Munich or the veterinary practice 'Kreuzbergl' (Klagenfurt, Austria). All samples were prepared in the in-house laboratory and then cooled and protected from light or, in the case of the EDTA plasma, frozen at -18°C and sent for further blood analysis to the accredited laboratory SYNLAB.vet GmbH (Augsburg, Germany). For all transports, special transport devices for blood samples were used to guarantee protection from light as well as a continuous cooling.

The blood screening test 'Barfer-Profil Hund' offered by SYNLAB.vet GmbH included the levels of total Ca, P, Ca/P ratio, total thyroxine (T4), vitamin A (retinol) and vitamin D (25-hydroxyvitamin D3), I, Cu and Zn. In addition, the blood levels of urea, uric acid, creatinine and taurine were analysed. Analyses performed were as follows: (a) photometry for Ca, P, Cu, Zn, urea, uric acid and creatinine, (b) chemiluminescence immunoassay for vitamin D and T4, (c) high-performance liquid chromatography (HPLC) for Vitamin A, (d) inductively coupled plasma mass spectrometry (ICPMS) for I and (e) ion-exchange chromatography (IEC) for taurine.

The results of the analysed parameters are presented in mean \pm standard deviation (SD) of the RMBD group to mean \pm SD of the control group and corresponding statistical significance (p-value). Percentage values refer to the given laboratory reference ranges including lower reference range (LR) and upper reference range (UR) for each parameter.

a. STATISTICAL METHODS

The distribution of all continuous parameters was assessed using the Shapiro-Wilk normality test. For all normally distributed parameters, a Student's or Welch T-test was performed. For normally distributed data Levene's Test for homogeneity of variance between compared groups was performed. For non-normally distributed parameters Wilcoxon Rank Sum Test was performed. Due to the mostly non-normally distributed parameters, Kendall method was applied to test the correlation between blood and feed parameters. A Fisher's Exact test regarding the association of categorical parameters was performed between the control group and the RMBD group. Statistical significance was considered at $p \leq 0.05$. All statistical analyses were performed using R version 3.6.3 (2020-02-29).

(3) RESULTS

a. COMPUTER-BASED DIET CALCULATIONS

The average nutrient supply of the RMBD group shows significant differences compared to the control group. Of the RMBD group, 94.0% (78/83) show at least one or more nutritional imbalances of the examined parameters followed by 66.3% (55/83) with five imbalances or more, whereas 57.1% (12/21) of the rations of the control group show no imbalance, 28.6% (6/21) one and 14.3% (3/21) two. The detailed results of the ration evaluation between RMBD group and control group and associated recommended nutrient requirements according to FEDIAF (2020) and NRC (2006) are shown in Table 1 and Table 2.

The difference in calcium supply between the RMBD group (one extreme case neglected) and the control group is not significant ($p=0.108$), whereas the variation in the RMBD group is notably larger with more outliers. In the RMBD group, 19.3% (16/83) are undersupplied with Ca, 12.0% (10/83) even exceed the max for Ca recommended by FEDIAF (2020) and are thus heavily oversupplied. In the control group, no diet is above the nutritional max or below the RNL.

The difference in phosphorus supply between the RMBD and control group is not significant ($p=0.061$), whereas the variation in the RMBD group is larger with more outliers. In the RMBD group, 10.8% (9/83) are undersupplied with P, and 13.3% (11/83) exceed the max for P according to FEDIAF (2020) and are thus heavily oversupplied. In contrast, the control group shows no ration surpassing the RNL or exceeding the nutritional max.

There is no significant difference in Ca/P ratio of the diet ($p=0.736$) between RMBD and control group, although all diets of the control dogs show an optimal ratio between 1.3-2.0 (NRC 2006). Accordingly, in the RMBD group, 19.3% (16/83) of the rations show ratios below 1.0, and 8.4% (7/83) are above 2.0.

A significant difference in vitamin A content between RMBD rations and control rations ($p=0.016$) was detected. In detail, 100% (21/21) of the rations in the control group contain sufficient amounts of vitamin A to meet the RNL, whereas 9.7% (8/83) of the RMBD rations are below the RNL. No ration, either in the RMBD or control group exceeds the nutritional max for vitamin A (FEDIAF, 2020).

Furthermore, the variation of vitamin A contents in RMBD rations is more than 4 times higher than in the control group.

The differences in vitamin D contents in the rations of the two groups are highly significant ($p < 0.001$). In percentage terms, 90.5% (19/21) of the control group is supplied with vitamin D covering the requirements for the RNL, in contrast to only 36.1% (30/83) in the RMBD group. In addition, 63.9% (53/83) of the RMBD rations are undersupplied with vitamin D compared to only 9.5% (2/21) of the control group. One ration of the RMBD group clearly exceeds the legal maximum of 2272 IU vitamin D per kg DM feed (Regulation (EU) 2017/1492) being fed high amounts of cod liver oil, even though this limit does not apply, as no feed additive according Regulation (EU) 1831/2003 was used. On the other hand it is only slightly beneath the nutritional max of 3200 IU per kg DM according to FEDIAF (2020).

The differences in iodine supply between the RMBD and control group is also highly significant ($p < 0.001$). Only 29.0% (24/83) of the RMBD rations are sufficient to meet the requirements for the RNL, compared to 95.2% (20/21) in the control group. In addition, 60.2% (50/83) of the RMBD are undersupplied, and 10.8% (9/83) exceed the SUL for I according to NRC (2006) and are thus heavily oversupplied, whereas in the control group, 0% (0/21) are undersupplied, and 4.8% (1/21) are also considered heavily oversupplied due to exceeding the SLU according to NRC (2006).

There is a highly significant difference between the copper supply in the RMBD group and the control group ($p < 0.001$). In percentage terms, only 36.1% (30/83) of the RMBD rations meet the requirements for the RNL and 63.9% (53/83) are undersupplied as opposed to 100% (21/21) of the control group meeting the RNL for Cu.

The difference in zinc supply between RMBD and control group is highly significant ($p < 0.001$). Only 24.1% (20/83) of the RMBD rations meet the requirements for the RNL and 75.9% (63/83) are below the RNL compared to 85.7% (18/21) of the control group meeting the requirements for the RNL and 14.3% (3/21) being considered undersupplied.

The difference in crude protein content between RMBD and control group is highly significant ($p < 0.001$). In percentage terms, 97.6% (81/83) of the RMBD rations

supply sufficient amounts of protein to cover the RNL, 12.1% (10/83) of which rations provide more than 3 times the RNL according FEDIAF (2020). In contrast, 90.5% (19/21) of the rations of the control meet the RNL and no ration provides more than 3 times the RNL. In addition, 2.4% (2/83) of the RMBD dogs and 9.5% (2/21) of the control dogs receive less than the RNL for crude protein according to FEDIAF (2020), but not less than the RA according to NRC (2006).

TABLE 1 Comparison of raw meat-based diets (RMBD) and control group diets on the amount (%) of respective nutrients contained. Categorized in meeting the recommended nutrient levels (RNL) per kg^{0.75} (FEDIAF, 2020), exceeding the nutritional maximum (max) per kg dry matter (DM) of feed (FEDIAF, 2020) or the safe upper limit (SUL) per kg DM (NRC, 2006), and surpassing RNL (FEDIAF, 2020)

	Meeting RNL		Below RNL		Exceeding max or SUL		
	RMBD ¹	Control ²	RMBD ¹	Control ²	RMBD ¹	Control ²	
Crude protein	97.6%	90.5%	2.4%	9.5%	-	-	n/a
Calcium	68.7%	100.0%	19.3%	0.0%	12.0%	0.0%	max
Phosphorus	75.9%	100.0%	10.8%	0.0%	13.3%	0.0%	max
Ca/P Ratio	72.3%	100.0%	19.3%	0.0%	8.4%	0.0%	max / SUL
Iodine	29.0%	95.2%	60.2%	0.0%	10.8%	4.8%	max
Copper	36.1%	100.0%	63.9%	0.0%	-	-	n/a
Zinc	24.1%	85.7%	75.9%	14.3%	-	-	n/a
Vitamin A	90.3%	100.0%	9.7%	0.0%	0.0%	0.0%	max / SUL
Vitamin D	36.1%	90.5%	63.9%	9.5%	0.0%	0.0%	max / SUL

¹ n=83, ² n=21

TABLE 2 Levels (mean ± standard deviation (minimum - maximum)) of nutrients calculated in the raw meat-based diet (RMBD) group and the control group and their respective recommended allowance (RA) according NRC (2006) and recommended nutrient level (RNL) according to FEDIAF (2020)

	Mean nutrient supply			RA (NRC 2006)	RNL (FEDIAF 2020)
	RMBD group (n=83)	Control group (n=21)	p-value		
Crude protein (g/kg ^{0.75})	10.90 ± 4.15 (4.78 - 25.14)	6.70 ± 1.78 (4.41 - 11.22)	< 0.001	3.28	4.95
Calcium (g/kg ^{0.75})	0.37 ± 0.50 (0.02 - 4.17)	0.31 ± 0.10 (0.15 - 0.55)	0.108	0.13	0.14
Phosphorus (g/kg ^{0.75})	0.24 ± 0.28 (0.07 - 2.44)	0.23 ± 0.07 (0.13 - 0.40)	0.061	0.10	0.11
Ca/P Ratio	1.37 ± 0.45 (0.20 - 2.80)	1.37 ± 0.18 (1.20 - 1.70)	0.736	1.30	1.27†
Iodine (µg/kg ^{0.75})	56.06 ± 140.45 (0.00 - 956.17)	50.06 ± 17.22 (31.28 - 94.60)	< 0.001	29.60	30.00
Copper (mg/kg ^{0.75})	0.19 ± 0.18 (0.00 - 1.55)	0.38 ± 0.28 (0.12 - 1.18)	< 0.001		0.20
Zinc (mg/kg ^{0.75})	1.81 ± 1.85 (0.50 - 13.42)	3.94 ± 1.67 (1.71 - 7.43)	< 0.001		2.00
Vitamin A (IU/kg ^{0.75})	676.69 ± 527.06 (0.42 - 2690.90)	391.40 ± 248.48 (177.18 - 1161.92)	0.016		167.00
Vitamin D (IU/kg ^{0.75})	16.12 ± 19.17 (0.19 - 114.01)	26.36 ± 8.40 (13.12 - 42.76)	< 0.001	18.00	15.20
Energy (kcal/kg DM)	4750 ± 441 (3278 - 5886)	4073 ± 429 (3432 - 5092)	< 0.001		

† Calculated value according the requirements of Ca and P per kg^{0.75} (FEDIAF, 2020)

b. BLOOD LEVELS

Blood was taken from 83 RMBD fed dogs and 21 commercially fed control dogs after successful calculation of the rations. Regardless of whether the rations were balanced or not, values below, in, and above the laboratory reference range were found. Figure 1 shows the percentage distribution of the results in relation to the reference levels for the control group and the RMBD group. The detailed results of the blood analysis between RMBD group and control group are shown in Table 3.

The mean blood calcium level of both groups is similar without significant differences (2.52 ± 0.15 mmol/l to 2.51 ± 0.12 mmol/l; $p=0.952$). The blood levels of 4 RMBD dogs and 1 dog in the control group are below LR, none above UR. Of these dogs, 2 are meeting the nutritional requirements for Ca (FEDIAF, 2020), 1 is heavily undersupplied, and 3 are supplied with the 2.6- to 3.12-fold of the recommended Ca amount.

The mean blood phosphate level of the RMBD group is significantly lower than the mean of the control group (1.16 ± 0.25 mmol/l to 1.28 ± 0.26 mmol/l; $p=0.05$). In the RMBD group, 6.0% (5/83) dogs are below LR, whereas none of the control dogs are below LR or above UR. The calculated Ca/P ratio in the blood shows no significant difference between the two groups (2.29 ± 0.62 to 2.05 ± 0.43 ; $p=0.072$).

The mean blood iodine level of both groups is similar without significant difference (1.32 ± 1.20 μ mol/l to 1.11 ± 0.45 μ mol/l; $p=0.688$). In the RMBD group, 12.2% (10/82) are below LR and 25.6% (21/82) above UR, in contrast to 4.8% (1/21) below LR and 14.3% (3/21) above the UR in the control group.

The mean blood urea level of the RMBD group is similar to the mean level of the control group and without significant difference (6.69 ± 1.86 mmol/l to 6.47 ± 2.04 mmol/l; $p=0.512$). In the RMBD group, 18.1% (15/83) are above UR. For the control group, the corresponding result is 19.1% (4/21) above UR.

No dog in both groups is above UR (< 60 μ mol/l) for uric acid.

The mean blood retinol level of the RMBD group is significantly lower than the mean of the control group (2.92 ± 1.16 μ mol/l to 3.7 ± 1.14 μ mol/l; $p=0.012$). This is shown by the fact that 56.6% (47/83) of the blood levels of RMBD dogs are below LR. Also, these are in or below the range of the lowest 25% of the control animals. In the control group, 28.6% (6/21) are below LR.

The mean blood 25-hydroxyvitamin D3 level of the RMBD group compared to the mean blood level of the control group is without a significant difference (354.48 ± 375.38 nmol/l to 222.7 ± 76.26 nmol/l; $p=0.315$). In detail, in the RMBD group, 15.7% (13/83) are very far above UR with a maximum value of 2030 nmol/l (reference range 50 – 365 nmol/l). In the control group, however, only one dog is slightly above UR.

The mean blood copper level of the RMBD group is significantly lower than the mean of the control group (8.48 ± 3.41 μ mol/l to 14.9 ± 8.86 μ mol/l; $p<0.001$). In addition, 22.0% (18/82) of RMBD dogs are below LR compared to 9.5% (2/21) in the control group. However, only 2.4% (2/82) of RMBD dogs are above UR compared to 33.3% (7/21) in the control group.

The mean blood zinc level of the RMBD group is significantly lower than the mean of the control group (9.62 ± 2.46 μ mol/l to 11.42 ± 2.13 μ mol/l; $p=0.001$). Furthermore, 4.9% (4/82) of RMBD dogs are below LR, whereas none of the control dogs are below LR or above UR.

The mean blood creatinine level of the RMBD group to the mean blood level of the control group is without a significant difference (78.85 ± 20.16 μ mol/l to 83.65 ± 14.75 μ mol/l; $p=0.177$). Only 1 dog (1.2%) in the RMBD group is above UR (> 150 μ mol/l).

The mean plasma taurine level of the RMBD group is significantly lower than the mean of the control group (108.24 ± 40.78 μ mol/l to 142.56 ± 54.55 μ mol/l; $p=0.008$). In the RMBD group, 2.5% (2/79) of the dogs are below LR, 30.4% (24/79) of the RMBD dogs and 61.9% (13/21) of the control group are above UR.

The mean blood thyroxine level of the RMBD group is significantly higher than the mean of the control group (26.53 ± 10.97 nmol/ to 19.79 ± 8.25 nmol/l; $p=0.007$). It is 22.9% (19/83) of the RMBD group to 52.4% (11/21) of the control group below LR. One dog (1.2%) in the RMBD group is well above the UR (72.49 nmol/l; UR = 57.9 nmol/l).

The calculated parameters from the rations and their corresponding results in the blood show a low to very low negative correlation with -0.031 for creatinine/crude protein, -0.08 for Ca/P and -0.16 for vitamin A, whereby only vitamin A shows a significance of $p=0.05$. A positive correlation can be recorded for Ca with 0.11, P

with 0.16, I with 0.16, vitamin D with 0.21, Zn with 0.14, Cu with 0.024, and P/crude protein with 0.079. Significant with $p=0.05$ are the correlations between ration and blood for Zn, P and iodine. Also significant with $p=0.01$ is vitamin D. For all other parameters no significance could be detected.

FIGURE 1 Percentage distribution of values measured in blood between the control group and the raw meat-based diet (RMBD) group in normal, below, and above the reference range of SYNLAB.vet GmbH internal laboratory reference values. Note: normal = within reference or below tolerance, zn = zinc, p = phosphate, i = iodine, cu = copper, crea = creatinine, ca = calcium



TABLE 3 Levels (mean \pm standard derivation (minimum - maximum)) of nutrients analyzed in serum and plasma of the raw meat-based diet (RMBD) group and the control group and their respective reference levels according SYNLAB.vet GmbH (2020)

	Mean blood values			Reference level
	RMBD (n=83)	Control group (n=21)	p-value	
Creatinine	78.85 \pm 20.16 (42.40 - 177.00)	83.65 \pm 14.75 (61.00 - 117.60)	0.177	0 - 150 μ mol/l
Urea	6.69 \pm 1.86 (3.51 - 14.32)	6.47 \pm 2.04 (4.00 - 11.82)	0.512	3.2 - 8.2 mmol/l
Uric acide	59.00 \pm 0.00 (<59)	59.00 \pm 0.00 (<59)	n/a	0 - 60 μ mol/l
Calcium	2.52 \pm 0.15 (1.88 - 2.94)	2.51 \pm 0.12 (2.25 - 2.71)	0.952	2.3 - 3.0 mmol/l
Phosphate	1.16 \pm 0.25 (0.39 - 1.89)	1.28 \pm 0.26 (0.87 - 1.75)	0.050	0.82 - 2.0 mmol/l
Ca/P ratio	2.29 \pm 0.62 (1.40 - 6.10)	2.05 \pm 0.43 (1.40 - 2.90)	0.072	n/a
Taurine	108.24 \pm 40.78 (38.30 - 231.00)	142.56 \pm 54.55 (54.80 - 249.00)	0.008	46 - 116 μ mol/l
Thyroxine	26.53 \pm 10.97 (2.26 - 72.59)	19.79 \pm 8.25 (7.73 - 36.14)	0.007	19.3 - 57.9 nmol/l
Iodine	1.32 \pm 1.20 (0.15 - 6.66)	1.11 \pm 0.45 (0.30 - 2.14)	0.688	0.4 - 1.6 μ mol/l
Zinc	9.62 \pm 2.46 (4.59 - 16.83)	11.42 \pm 2.13 (8.26 - 17.90)	0.001	5.4 - 23.0 μ mol/l
Copper	8.48 \pm 3.41 (3.14 - 27.00)	14.9 \pm 8.86 (6.28 - 33.13)	< 0.001	6.9 - 18.7 μ mol/l
25-Hydroxy-D3	354.48 \pm 375.38 (57.50 - 2030.00)	222.7 \pm 76.26 (105.00 - 450.00)	0.315	50 - 365 nmol/l
Retinol	2.92 \pm 1.16 (0.56 - 6.66)	3.7 \pm 1.44 (2.34 - 7.90)	0.012	2.9 - 10.7 μ mol/l

(4) DISCUSSION

In our study, not one of the investigated parameters could show a correlation above 0.5 with $p < 0.05$. Similar to another study (Shakhar, Pattanaik, Kore, & Sharma, 2010) this further supported our main hypothesis that there is little to no correlation between the level of supply and the results of the "Barfer-Profil Hund" (SYNLAB.vet, 2020), contrary to another study that only controlled the type of feeding, but not the exact composition thereof (Frisk, 2019). This may be related to the fact that a diet-related inadequate supply of nutrients and the resulting clinical symptoms can (De Fornel-Thibaud et al., 2007), but not necessarily must, lead to altered blood parameters (Becker, Kienzle, & Dobenecker, 2012; Wichert, Frank, & Kienzle, 2002). Correspondingly, in our study, 62% of the RMBD dogs showed a normal I value and 26% an increased I value in serum, although only about 29% of the dogs were supplied with I more than the RNL, and even 60% below the RNL (FEDIAF, 2020). The lack of correlation here could also be due to the adaptation of the organism to fluctuating I-contents, sometimes lasting one year (Fritz, 2018; Zentek, 2016b). The reasons are, for example, strong fluctuations in different batches of seaweed meal (Kölle & Schmidt, 2015), or sudden change from commercial feed to a RMBD without I supplementation, or the feeding of iodine-containing fish only once a week, which was already classified as insufficient by Dillitzer (2012). Also, the nutrition consultation at the Clinic for Small Animal Internal Medicine of the LMU Munich was able to observe empirically that clinical symptoms developed between 12 and 24 months after the malnutrition started (Kölle & Schmidt, 2015). Another possibility would be to determine iodine in the urine (Lange, 2017; Rasmussen, Ovesen, & Christiansen, 1999), as it reflects more accurately the alimentary iodine supply (Fritz, 2018). Therefore, apparently normal blood values despite inadequate nutritional supply weighs owners in a false sense of security. This is well demonstrated by the very tight Ca homeostasis (Ettinger, Feldman, & Cote, 2017; Fritz, 2018; Hand, 2002; NRC., 2005; Zentek, 2016a) as results show imbalances in 31.3% of RMBD but normal serum Ca in 93% of the RMBD group. It also applies to other parameters such as vitamin A, for which a change in blood levels only becomes visible after the liver stores are depleted. Prior to this, only a liver biopsy can reflect the actual supply level (Barko & Williams, 2018; Fritz, 2018; Tran, Horvath, Krammer, Höller, & Zentek, 2007; Zentek, 2016b). This is also apparent in our results. In the RMBD group, 94.0% (78/83) of

the rations have at least one, 66.3% have even five or more nutritional imbalances, although this does not have a significant effect on blood values, which could also be shown in horses (Wichert et al., 2002).

About 13.3% of RMBD dogs receive more P than the nutritional max according to FEDIAF. This overloaded P must be excreted via the kidneys (Chang & Anderson, 2017; Zentek, 2016a), which may lead to a significant renal burden, especially in the case of P excesses (Dobenecker & Siedler, 2016). It is suspected that this burden can lead to chronic kidney disease (CKD) (Dobenecker, 2019; Dobenecker & Siedler, 2016). Regarding this, Böswald et al. was able to show that 46% of the investigated dogs with CKD were fed more than 150% of the RA (NRC., 2006) for P (Böswald, Kienzle, & Dobenecker, 2018) although the main problem being inorganic P sources usually found in dry feed or supplements. Other studies also further solidify the suspicion of negative effects of certain P sources and/or P excess on renal health (Chang & Anderson, 2017; Dobenecker, 2018, 2019; Dobenecker & Siedler, 2016, 2017; Herbst & Dobenecker, 2019). In our study, approximately 65.0% (54/83) of RMBD dogs and 90.5% (19/21) of the control group receive more than 1.5 times the RA according to the NRC. Despite the partially massive oversupply, no dog is above the UR as mainly organic sources of P can be found in RMBD but 6.0% of RMBD dogs are below the LR. Common reasons for hypophosphatemia would be diabetic ketoacidosis, tumor-associated hypercalcemia, or primary hyperparathyroidism (Ettinger et al., 2017; Nelson & Couto, 2019), which with current knowledge does not apply to any of the study participants. Other more uncommon reasons include: 1) decreased alimentary intake, 2) vitamin D deficiency, 3) renal disease, 4) iatrogenic causes such as phosphate binders, or 5) respiratory and metabolic acidosis (Ettinger et al., 2017; Nelson & Couto, 2019). Points 4 and 5 are unlikely because it would require an already established renal problem or underlying disease that would have been an exclusion criteria. Point 3, the possibility of masked early kidney disease, especially in RMBD dogs, may be a factor. Vitamin D deficiency also seems to be a plausible cause, as 63.9% of RMBD dogs are considered undersupplied according the RNL. Point 1 may be a cause as 10.8% of RMBD dogs get less than the RNL for P according to FEDIAF, in addition to the fact that the frequent inappropriate Ca/P ratios may further decrease P absorption. Another factor that could contribute to incorrect high P serum values is hemolysis (Carlson, 1989; DiBartola, 2011). Low-

grade hemolysis was detected in 11 of the 104 study participants. Furthermore, even though the Ca/P ratio between RMBD and control dogs show no significant difference, it should be accounted for, that 27.7% of RMBD provide Ca/P ratios beneath, or above recommendations (FEDIAF, 2020), in contrast to 0% in control dogs, as previously shown by Pedrinelli et al. (2019) and Vecchiato & Dobenecker (2018). Strong deviations from the ideal ratio can lead to severe health problems, especially in growing dogs (Becker et al., 2012; De Fornel-Thibaud et al., 2007; Dobenecker, 2018).

Although about 64% of RMBD dogs are undersupplied with vitamin D according the RNL, about 86.8% are within and 13.3% above the reference for 25-hydroxyvitamin D3 (25(OH)D3) in serum. Possible explanations could be: 1) highly varying vitamin D contents in fish (Jakobsen, Smith, Bysted, & Cashman, 2019; Mattila, Piironen, Uusi-Rauva, & Koivistoinen, 1995; Schmid & Walther, 2013; Selting, Sharp, Ringold, Thamm, & Backus, 2016), 2) ready-made, frozen packages with varying contents of raw frozen fish, as also present in our study, 3) low correlation between oral intake of vitamin D and 25(OH)D3 in blood as already shown in other studies (Weidner & Verbrugghe, 2017; Young & Backus, 2016), 4) 25(OH)D3 acting as a negative acute phase reagent (Waldron et al., 2013), 5) the emerging hypothesis, also shown in human medicine, that 25(OH)D3 is not suitable to evaluate vitamin D status due to low levels in chronic inflammation (Mangin, Sinha, & Fincher, 2014) and, 6) high variability of 25(OH)D3 in healthy or RMBD fed dogs (Selting et al., 2016; Sharp, Selting, & Ringold, 2015; Young & Backus, 2016). Finally, it is important to point out possible breed differences, especially between small and large dogs and thus possible different metabolism of 25(OH)D3 (Hazewinkel & Tryfonidou, 2002). Taken all these factors into account, the measurement of 25(OH)D3 for the stated purpose in a RMBD blood profile seems to be of no use.

Thyroxine showed a strong significant difference between the two groups with the highest and lowest measured values in the RMBD group. These values may relate to: 1) possible residues of thyroid glands in the meat fed (Köhler, Stengel, & Neiger, 2012) as 1 dog with T4 values above the UR was diagnosed with hyperthyroidism posterior to participating in this study, that normalized after a change of the diet, 2) excessive iodine intake, as seen in the results, can lead to different T4 values in blood (Markou, Georgopoulos, Kyriazopoulou, & Vagenakis, 2001), 3) breed

related factors in e.g. sight hounds and Nordic breeds, leading to typical lower T4 values (Shiel, Brennan, Omodo-Eluk, & Mooney, 2007), although dogs of this breeds that participated in our study (only in the RMBD group) showed unusually high values within the range, 4) negative correlation of body weight and T4 blood values (Nelson & Couto, 2019) as there are very small dogs (Chihuahua) to very heavy dogs (Bernese Mountain Dog) to a more homogenous control group, and 5) the overlapping range that healthy dogs and those with hypothyroidism share in T4 analysis (Nelson & Couto, 2019). In conclusion, for the sole purpose of a pre-screening, T4 may be useful if the mentioned limiting factors are taken into account, and if a trend can be seen after regular checkups.

Zn is one of the frequently undersupplied nutrients in home-made RMBD rations (Dillitzer et al., 2011; Pedrinelli et al., 2019; Streiff et al., 2002; Vervuert & Rückert, 2017), which also applies to our study (75.9% of the RMBD below RNL). The poor correlation of the nutritional supply with the blood level and possible influence on it by, for example, disease is already described by other studies and authors (Huber, Laflamme, Medleau, Comer, & Rakich, 1991; Kamphues, 2014; Logas, Kunkle, & McDowell, 1993) which concludes that normal values cannot rule out an excess or deficient supply. Fieten et al. (2013) described a possible alternative by measuring the basal value of Zn in urine, but further studies are still needed.

Cu deficiency is also common in home-made RMBD (Dillitzer et al., 2011; Stockman et al., 2013; Streiff et al., 2002; Weeth, 2013). This was confirmed in the current study, as about 63.9% of RMBD dogs showed insufficient nutritional supply according RNL. Nevertheless, no significant correlation between nutritional supply and serum levels could be found, suggesting that the Cu serum level does not provide any information about the liver Cu status, as already mentioned by Fieten et al. (2012). Therefore, a clear evaluation of the Cu status can only be made by liver biopsy (Kölle & Schmidt, 2015; Zentek, 2016b), which is clearly unrelated to the level of effort. As for Zn, Fieten et al. (2013) described the possibility of Cu measurement via urine following further studies.

Only two of the dogs examined had a plasma taurine level below LR of 46 nmol/l. Both belonged to the RMBD group, whereby one of the dogs (German Shepherd) received a normal RMBD with grains, as did the partner dog (Beauceron) that showed a normal taurine plasma value. The other dog with low plasma taurine was

fed exotic meats without cereals, together with lamb & rice, which is all suspected to promote taurine deficiency (Fascetti, Reed, Rogers, & Backus, 2003; Freeman, Stern, Fries, Adin, & Rush, 2018; Johnson, Parsons, Fahey, Merchen, & Aldrich, 1998). On the other hand, two dogs (Doberman and Greyhound) belonged to the RMBD group with normal plasma taurine levels but suspected or confirmed dilated cardiomyopathy (DCM). In this case, one dog received a grain-free diet with buckwheat, which has been associated with hepatitis in dogs (Lineva, Benković, Kreft, & Kienzle, 2019), as well as the partner animal without suspected DCM and normal blood values. The second dog received a grain-free diet with exotic protein sources, lamb & rice. Due to the fact that a high plasma taurine content cannot completely rule out DCM (Kramer, Kittleson, Fox, Lewis, & Pion, 1995), as there is probably also DCM without relation to food but, for example, to the breed (Freeman et al., 2018), normal taurine plasma levels should also be considered with care. Nevertheless, it is recommended in cases of suspected DCM to measure plasma and whole blood taurine (Ettinger et al., 2017; Freeman et al., 2018) and always include the complete dietary history (Kaplan et al., 2018). Therefore, plasma taurine is only of limited use for the stated purpose of a RMBD blood profile.

The overall weak significance, especially considering the lack of an assessment of a medium to longer-term supply of nutrients, gives rise to doubts that a RMBD blood profile can have the same relevance as a professional ration check. In contrast, a computer-aided ration calculation can show nutritional imbalances at any given time and thus contribute to corrections (Kölle & Schmidt, 2015; Vervuert & Rückert, 2017). The nutrition consultation at the Clinic for Small Animal Internal Medicine of the LMU Munich observed empirically poor kidney health in some dogs fed RMBD, especially older ones. This may be related to the high amounts of protein and therefore P in the diet, which can be an additional burden, especially for mature organisms. In this context, the usefulness of the additional parameters urea, uric acid, and creatinine to assess early stage kidney problems seems to be limited, as a single measurement won't show beginning problems via an increase of blood values within the reference range. These can only be detected in the trend profile, for which repeated or regular measurements would be necessary (Ettinger et al., 2017; Nelson & Couto, 2019). Also, measuring symmetric dimethylarginine (SDMA) would be a good possibility to monitor early stage kidney disease (Kopke et al., 2018; Nabity et al., 2015). However, a benefit, which should not be ignored,

is shown in the willingness of some dog owners (30% in the present study) to approach a nutrition consultation after any deviations from the reference in blood analysis in order to have a ration optimization carried out.

(5) CONCLUSION

The benefit of a blood profile for dogs fed RMBDs should be the examination of the general nutrient supply situation or an early indication of a deficiency in RMBD feeding, as well as an indication of nutritive hyperthyroidism due to feeding thyroid-containing tissue (SYNLAB.vet, 2020). Due to the fact that a blood analysis is always a momentary impression and that there are clear limitations in the above-mentioned application due to special physiology and homeostasis of the individual parameters, the general statement that a RMBD blood profile represents the general nutritional supply cannot be accurate.

The calculated imbalances in RMBD feeding are, for the most part, not significantly reflected in the RMBD blood profile and for most parameters there is, therefore, no direct correlation between feeding and blood levels. Although it should be considered, that in the mean a RMBD was fed for 2.9 ± 2.1 years (min 0.5 years; max 10.0 years) and body storages could be depleted more or less. Based on these results, a mere examination of the nutrient supply by means of blood analysis does not seem to be sufficient enough, even if the sample size is comparatively small. Specially selected parameters and examination intervals can provide useful information on nutrition and pathological processes but cannot replace computer-aided ration calculation. Furthermore, it was again shown that there is still much potential for improvement in the composition of a RMBD and that owners need to be educated about the possible advantages and disadvantages, unsuitable feed, and risks of a self-created RMBD.

(6) CONFLICT OF INTERESTS

All blood analyses were carried out and paid by SYNLAB.vet GmbH. SYNLAB.vet GmbH did not participate in this study and the results were in no way influenced by the laboratory.

(7) Animal Welfare statement

The authors confirm that the ethical policies of the journal, as noted on the journal's author guidelines page, have been adhered to and the appropriate ethical review

committee approval has been received. The authors confirm that they have followed EU standards for the protection of animals used for scientific purposes. The Protocol is approved under number 127-10-06-2018. All participants in the study were selected because their owners particularly wanted their dogs to be checked by a commercially available blood profile for RMBD-fed dogs.

(8) References

- Barko, P. C., & Williams, D. A. (2018). Serum concentrations of lipid-soluble vitamins in dogs with exocrine pancreatic insufficiency treated with pancreatic enzymes. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(5), 1600-1608. doi:10.1111/jvim.15292
- Becker, N., Kienzle, E., & Dobenecker, B. (2012). Calcium deficiency: a problem in growing and adult dogs: two case reports. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*, 40(2), 135-139. doi:10.1055/s-0038-1623630
- Böswald, L. F., Kienzle, E., & Dobenecker, B. (2018). Observation about phosphorus and protein supply in cats and dogs prior to the diagnosis of chronic kidney disease. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(S1), 31-36. doi:10.1111/jpn.12886
- Carlson, G. (1989). Fluid electrolyte and acid base. *Kancko JJ. eg. Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 4th. San Diego. Acedemic press Inc*, 375-380.
- Chang, A. R., & Anderson, C. (2017). Dietary phosphorus intake and the kidney. *Annual review of nutrition*, 37, 321-346. Retrieved from <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-nutr-071816-064607>
- De Fornel-Thibaud, P., Blanchard, G., Escoffier-Chateau, L., Segond, S., Guetta, F., Begon, D., . . . Rosenberg, D. (2007). Unusual case of osteopenia associated with nutritional calcium and vitamin D deficiency in an adult dog. *J Am Anim Hosp Assoc*, 43(1), 52-60. doi:10.5326/0430052
- DiBartola, S. P. (2011). *Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Disorders in Small Animal Practice-E-Book*: Elsevier Health Sciences.
- Dillitzer, N., Becker, N., & Kienzle, E. (2011). Intake of minerals, trace elements and vitamins in bone and raw food rations in adult dogs. *Br J Nutr*, 106 Suppl 1, S53-56. doi:10.1017/s0007114511002765
- Dillitzer, N., & Fritz, J. (2009). Bedarfsgerechte Ernährung des erwachsenen

- Hundes. *Tierarzth kon*, 5(01), 10-13. doi:10.1055/s-0029-1191998
- Dillitzer, N., Fritz, J., Kölle, P., & Liesegang, A. (2012). *Tierärztliche Ernährungsberatung: Diätetik und Fütterung von Hunden, Katzen, Reptilien, Meerschweinchen und Kaninchen*: Elsevier Health Sciences.
- Dobenecker, B. (2018). *Phosphataufnahme mit dem Futter - Mögliche Effekte auf die Gesundheit von Hunden und Katzen*.
- Dobenecker, B. (2019). *Phosphorus and renal health - what we currently know*.
- Dobenecker, B., & Kienzle, E. (2017). Diet Check Munich©. Munich. Retrieved from <http://www.dietcheckmunich.com/>
- Dobenecker, B., & Siedler, S. (2016). *The source of phosphorus influences serum PTH, apparent digestibility and blood levels of calcium and phosphorus in dogs fed high phosphorus diets with balanced Ca/P ratio*. Paper presented at the Proceedings of Waltham International Nutritional Sciences Symposium.
- Dobenecker, B., & Siedler, S. (2017). *Knowing the total amount of phosphorus in a diet is not enough – different sources have different effects*.
- Ettinger, S. J., Feldman, E. C., & Cote, E. (2017). *Textbook of Veterinary Internal Medicine-eBook*: Elsevier health sciences.
- Fascetti, A. J., Reed, J. R., Rogers, Q. R., & Backus, R. C. (2003). Taurine deficiency in dogs with dilated cardiomyopathy: 12 cases (1997-2001). *J Am Vet Med Assoc*, 223(8), 1137-1141. doi:10.2460/javma.2003.223.1137
- FEDIAF. (2020). Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. *European Pet Food Industry Federation Brussels*, 96.
- Fieten, H., Hooijer-Nouwens, B. D., Biourge, V. C., Leegwater, P. A. J., Watson, A. L., van den Ingh, T. S. G. A. M., & Rothuizen, J. (2012). Association of Dietary Copper and Zinc Levels with Hepatic Copper and Zinc Concentration in Labrador Retrievers. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 26(6), 1274-1280. doi:10.1111/j.1939-1676.2012.01001.x
- Fieten, H., Hugten, S., van den Ingh, T. S. G. A. M., Hendriks, W. H., Vernooij, J. C. M., Bode, P., . . . Rothuizen, J. (2013). Urinary excretion of copper, zinc and iron with and without D-penicillamine administration in relation to hepatic copper concentration in dogs. *The Veterinary Journal*, 197(2), 468-473. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.03.003>
- Freeman, L. M., Stern, J. A., Fries, R., Adin, D. B., & Rush, J. E. (2018). Diet-associated dilated cardiomyopathy in dogs: what do we know? *J Am Vet*

- Med Assoc*, 253(11), 1390-1394. doi:10.2460/javma.253.11.1390
- Frisk, C. (2019). The Effects of Different Diets on Haematology and Serum Biochemistry in Dogs. Retrieved from <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201904251778>
- Fritz, J. (2018). *Hunde barfen: Alles über Rohfütterung* (Vol. 2., erweiterte Auflage): Verlag Eugen Ulmer.
- Hand, M. S. (2002). *Klinische Diätetik für Kleintiere* (4 ed. Vol. 1): Schlütersche.
- Hazewinkel, H. A. W., & Tryfonidou, M. A. (2002). Vitamin D3 metabolism in dogs. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 197(1), 23-33. doi:[https://doi.org/10.1016/S0303-7207\(02\)00275-7](https://doi.org/10.1016/S0303-7207(02)00275-7)
- Herbst, S., & Dobenecker, B. (2019). *Effects of phosphorus addition from organic and inorganic sources on kinetics of selected blood parameters in dogs*.
- Huber, T. L., Laflamme, D. P., Medleau, L., Comer, K. M., & Rakich, P. M. (1991). Comparison of procedures for assessing adequacy of dog foods. *J Am Vet Med Assoc*, 199(6), 731-734. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/MED/1659568>
- Jakobsen, J., Smith, C., Bysted, A., & Cashman, K. D. (2019). Vitamin D in Wild and Farmed Atlantic Salmon (*Salmo Salar*)-What Do We Know? *Nutrients*, 11(5). doi:10.3390/nu11050982
- Johnson, M. L., Parsons, C. M., Fahey, G. C., Jr., Merchen, N. R., & Aldrich, C. G. (1998). Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. *Journal of Animal Science*, 76(4), 1112-1122. doi:10.2527/1998.7641112x
- Kamphues, J. (2014). *Supplemente zur Tierernährung für Studium und Praxis*: Schlütersche.
- Kaplan, J. L., Stern, J. A., Fascetti, A. J., Larsen, J. A., Skolnik, H., Peddle, G. D., . . . Ontiveros, E. (2018). Taurine deficiency and dilated cardiomyopathy in golden retrievers fed commercial diets. *PloS one*, 13(12), e0209112. doi:10.1371/journal.pone.0209112
- Köhler, B., Stengel, C., & Neiger, R. (2012). Dietary hyperthyroidism in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 53(3), 182-184. doi:10.1111/j.1748-5827.2011.01189.x
- Kölle, P., & Schmidt, M. (2015). Raw-meat-based diets (RMBD) as a feeding principle for dogs. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*, 43(6), 409-

- 419; quiz 420. doi:10.15654/tpk-150782
- Kopke, M. A., Burchell, R. K., Ruaux, C. G., Burton, S. E., Lopez-Villalobos, N., & Gal, A. (2018). Variability of Symmetric Dimethylarginine in Apparently Healthy Dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(2), 736-742. doi:<https://doi.org/10.1111/jvim.15050>
- Kramer, G. A., Kittleson, M. D., Fox, P. R., Lewis, J., & Pion, P. D. (1995). Plasma taurine concentrations in normal dogs and in dogs with heart disease. *J Vet Intern Med*, 9(4), 253-258. doi:10.1111/j.1939-1676.1995.tb01076.x
- Lange, A. C. (2017). *Urinary Iodide level in dogs and cats from different geographical areas of Hungary*.
- Lineva, A., Benković, E., Kreft, S., & Kienzle, E. (2019). Remarkable frequency of a history of liver disease in dogs fed homemade diets with buckwheat. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*, 47, 242-246. doi:10.1055/a-0894-8141
- Logas, D., Kunkle, G. A., & McDowell, L. (1993). Comparison of Serum Zinc Levels in Healthy, Systemically Ill and Dermatologically Diseased Dogs. *Veterinary Dermatology*, 4(2), 61-64. doi:10.1111/j.1365-3164.1993.tb00192.x
- Mangin, M., Sinha, R., & Fincher, K. (2014). Inflammation and vitamin D: the infection connection. *Inflammation Research*, 63(10), 803-819. doi:10.1007/s00011-014-0755-z
- Markou, K., Georgopoulos, N., Kyriazopoulou, V., & Vagenakis, A. (2001). Iodine-induced hypothyroidism. *Thyroid*, 11(5), 501-510. Retrieved from <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/105072501300176462>
- Mattila, P., Piironen, V., Uusi-Rauva, E., & Koivistoinen, P. (1995). Cholecalciferol and 25-Hydroxycholecalciferol Contents in Fish and Fish Products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 8(3), 232-243. doi:<https://doi.org/10.1006/jfca.1995.1017>
- Nabity, M. B., Lees, G. E., Boggess, M. M., Yerramilli, M., Obare, E., Yerramilli, M., . . . Relford, R. (2015). Symmetric Dimethylarginine Assay Validation, Stability, and Evaluation as a Marker for the Early Detection of Chronic Kidney Disease in Dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29(4), 1036-1044. doi:<https://doi.org/10.1111/jvim.12835>
- Nelson, R. W., & Couto, C. G. (2019). *Small Animal Internal Medicine - E-Book*: Elsevier Health Sciences.

- NRC. (2005). *Mineral tolerance of animals*: National Academies Press.
- NRC. (2006). *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Pedrinelli, V., Zafalon, R. V. A., Rodrigues, R. B. A., Perini, M. P., Conti, R. M. C., Vendramini, T. H. A., . . . Brunetto, M. A. (2019). Concentrations of macronutrients, minerals and heavy metals in home-prepared diets for adult dogs and cats. *Scientific Reports*, 9(1), 13058. doi:10.1038/s41598-019-49087-z
- Rasmussen, L. B., Ovesen, L., & Christiansen, E. (1999). Day-to-day and within-day variation in urinary iodine excretion. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53(5), 401-407. doi:10.1038/sj.ejcn.1600762
- Schmid, A., & Walther, B. (2013). Natural vitamin D content in animal products. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 4(4), 453-462. doi:10.3945/an.113.003780
- Selting, K. A., Sharp, C. R., Ringold, R., Thamm, D. H., & Backus, R. (2016). Serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in dogs – correlation with health and cancer risk. *Veterinary and Comparative Oncology*, 14(3), 295-305. doi:10.1111/vco.12101
- Shakhar, C., Pattanaik, A., Kore, K., & Sharma, K. (2010). Appraisal of feeding practices and blood metabolic profile of pet dogs reared on homemade diets. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 10(1), 61-73.
- Sharp, C. R., Selting, K. A., & Ringold, R. (2015). The effect of diet on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in dogs. *BMC Research Notes*, 8(1), 442. doi:10.1186/s13104-015-1360-0
- Shiel, R., Brennan, S., Omodo-Eluk, A., & Mooney, C. (2007). Thyroid hormone concentrations in young, healthy, pretraining greyhounds. *Veterinary Record*, 161(18), 616-619. Retrieved from <https://veterinaryrecord.bmj.com/content/161/18/616.long>
- Stockman, J., Fascetti, A. J., Kass, P. H., & Larsen, J. A. (2013). Evaluation of recipes of home-prepared maintenance diets for dogs. *J Am Vet Med Assoc*, 242(11), 1500-1505. doi:10.2460/javma.242.11.1500
- Streiff, E. L., Zwischenberger, B., Butterwick, R. F., Wagner, E., Iben, C., & Bauer, J. E. (2002). A Comparison of the Nutritional Adequacy of Home-Prepared and Commercial Diets for Dogs. *J Nutr*, 132(6), 1698S-1700S. doi:10.1093/jn/132.6.1698S

- SYNLAB.vet. (2020, 11.08.2020). Leistungsverzeichnis Veterinär. Retrieved from <https://www.synlab.de/leistungsverzeichnis/veterinar/leistungsverzeichnis>
- Thes, M., & Dillitzer, N. (2014). BARFen beim Hund – Alternative zum Fertigfutter oder Irrweg mit Folgen? *tk*, 10(03), 20-23. doi:10.1055/s-0033-1359399
- Tran, J. L., Horvath, C., Krammer, S., Höller, U., & Zentek, J. (2007). Blood vitamin concentrations in privately owned dogs fed non-standardized commercial diets and after intake of diets with specified vitamin concentrations. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91(1-2), 40-47. doi:10.1111/j.1439-0396.2006.00639.x
- Vecchiato, C., & Dobenecker, B. (2018). *Nutritional adequacy evaluation and microbiological examination of BARF-foods*. Paper presented at the ESVCN Congress 2018, Munich.
- Vervuert, I., & Rückert, C. (2017). Der BARF-Trend in der Hundeernährung – Eine Herausforderung für den Tierarzt? *kleintier konkret*, 20(03), 12-15. doi:10.1055/s-0043-101858
- Waldron, J. L., Ashby, H. L., Cornes, M. P., Bechervaise, J., Razavi, C., Thomas, O. L., . . . Gama, R. (2013). Vitamin D: a negative acute phase reactant. *Journal of Clinical Pathology*, 66(7), 620-622. doi:10.1136/jclinpath-2012-201301
- Weeth, L. (2013). Home-prepared diets for dogs and cats. *COMP CONT EDUC PRACT*, 35.
- Weidner, N., & Verbrugghe, A. (2017). Current knowledge of vitamin D in dogs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(18), 3850-3859. doi:10.1080/10408398.2016.1171202
- Wichert, B., Frank, T., & Kienzle, E. (2002). Zinc, Copper and Selenium Intake and Status of Horses in Bavaria. *J Nutr*, 132(6), 1776S-1777S. doi:10.1093/jn/132.6.1776S
- Young, L. R., & Backus, R. C. (2016). Oral vitamin D supplementation at five times the recommended allowance marginally affects serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in dogs. *J Nutr Sci*, 5, e31. doi:10.1017/jns.2016.23
- Zentek, J. (2016a). *Ernährung des Hundes: Grundlagen - Fütterung - Diätetik Begründet von Helmut Meyer* (8., aktualisierte Auflage ed. Vol. 8.): Enke.
- Zentek, J. (2016a). Mineralstoffe: Mengenelemente. In J. Zentek (Ed.), *Ernährung des Hundes* (8., aktualisierte Auflage ed., Vol. 8., pp. 382): Enke Verlag.

Zentek, J. (2016b). Mineralstoffe: Spurenelemente. In J. Zentek (Ed.), *Ernährung des Hundes* (8., aktualisierte Auflage ed.): Enke Verlag.

Zentek, J. (2016b). Vitamine. In J. Zentek (Ed.), *Ernährung des Hundes* (8., aktualisierte Auflage ed., Vol. 8., pp. 328): Enke Verlag.

IV. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

1. Methodik

1.1. Angaben der Besitzer:innen

Die Robustheit des Vergleichs zwischen Aufnahme eines Nährstoffes und dem dazugehörigen Parameter im Blut baut auf der Genauigkeit der Besitzer:innen bezüglich der Richtigkeit der Angaben im Fütterungsfragebogen (siehe Anhang) auf. Die Korrektheit der Angaben kann insofern empirisch überprüft werden, indem die mittels der Ration errechnete tägliche Zufuhr an Energie (MJ ME pro kg KM) in Abhängigkeit von Aktivität, Kastrationsstatus und der Möglichkeit zur unbeaufsichtigten Futteraufnahme mit dem durch Diet Check Munich© (SOFTWARE, 2017) errechneten Sollwert übereinstimmen sollte. Bei starken und/oder unplausiblen Abweichungen wurden mit den Besitzer:innen im Schriftverkehr die einzelnen Komponenten und deren Menge in der Ration genauer hinterfragt und bei Bedarf korrigiert.

Zusätzlich dazu ist eher davon auszugehen, dass Besitzer:innen, die an einer Teilnahme interessiert waren, wissenschaftlichen Studien positiv gegenüberstehen und sich deswegen eher an die Forderungen hielten. Trotz eines deutlichen Missverhältnisses zwischen den Geschlechtern (85,72 % weiblich in der Kontrollgruppe und 91,57 % weiblich in der BARF Gruppe) gehen wir von keiner signifikanten Beeinflussung der Aussagen aus. Studien dazu konnten zeigen, dass kein signifikanter Unterschied in Bezug auf nicht wahrheitsgemäße Aussagen zwischen den Geschlechtern gefunden wurde, auch wenn Frauen weniger dazu zu neigen scheinen (GYLFASON et al., 2013; KENNEDY und KRAY, 2022). Eine Meta-Analyse zu diesem Thema schrieb vor allem Männern eine größere Tendenz zu Lügen zu, wenn sie für sich daraus Vorteile erzielen oder erwarten können (CAPRARO, 2017).

Ein weiterer Aspekt ist die geforderte Nüchterung der Hunde von 12 Stunden vor Blutentnahme. Diese kann nicht genau überprüft werden. Jedoch ist davon auszugehen, dass die Besitzer:innen auch im Eigeninteresse bzw. im Interesse ihrer Hunde reelle Angaben gemacht haben, um eine möglichst exakte Aussage zu der Fütterung ihres Hundes zu erhalten. Vereinzelt bestand der Verdacht, dass entweder keine Nüchterung oder eine zu kurze stattfand, sodass insgesamt 9 Proben eine

postprandial typische geringgradige Lipämie aufwiesen (KRAFT und DÜRR, 2013a; BREVES et al., 2015f). Bei hochgradiger Lipämie wurden die Ergebnisse aus der Statistik genommen. Dies war bei 1 Tier der Fall.

1.2. Labordiagnostik

Die Studie sollte unter praxisnahen Bedingungen abgehalten werden. Diesem Umstand geschuldet wurden die Referenzwerte, wie sie für das untersuchende Labor SYNLAB.vet beim „Barfer-Profil Hund“ angegeben sind, übernommen. Auch die jeweilige Methodik zur Bestimmung der einzelnen Parameter wurde nicht verändert, sowohl bei den vorgegebenen als auch den zusätzlich geprüften Parametern. Damit wurde gewährleistet, dass eine Überprüfung für den Nutzen in der Praxis, als auch die klinische Relevanz, gewahrt wurde.

Auch die nur einmalige Messung ist damit als praxisnah anzusehen. Die meisten Besitzer:innen lassen nur 1 x Blut in einem bestimmten Zeitraum entnehmen. Um eine annähernd gleiche Bewertung der Ergebnisse für Mangan zu ermöglichen wurde ein oberer und unterer Referenzwert anhand der Ergebnisse der Kontrolltiere erstellt und die Ergebnisse der BARF-Gruppe damit verglichen.

Um transport- und lagerungsbedingte verfälschte Werte zu vermeiden wurden alle Proben, je nach Anforderung gekühlt und lichtgeschützt (Serum) oder gefroren (Plasma). Sie wurden in speziell dafür vorgesehenen Transportmedien zur fachgerechten Einhaltung der Kühlkette transportiert. Der Transport zu SYNLAB.vet erfolgte nach erfolgreicher Aufbereitung der Proben mittels Kuriers.

1.3. Rationsberechnung

Alle Werte der einzelnen Futterkomponenten spiegeln Durchschnittswerte wider. Vorgegebene Analysedaten der Einzelkomponenten in Diet Check Munich© (SOFTWARE, 2017) basieren auf Fütterungsversuchen und Analysen nach MEYER et al. (1981) oder wurden nachträglich nach Angaben der Hersteller bzw. einschlägiger Literatur oder Datenbanken ergänzt (SOUCI et al., 2015; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE 2018).

Einerseits geht damit in gewissen Maßen die Genauigkeit der Berechnungen verloren, andererseits zeichnet sich damit der normale Zustand in der Fütterungspraxis ab. Auch hier kann nicht davon ausgegangen werden, dass jede Komponente zu jeder Zeit die gleiche Zusammensetzung hat und somit ist ein

Durchschnitt generell sinnvoller. Auch in der Ernährungsberatung für Kleintiere der Medizinischen Kleintierklinik der LMU München zeigen die empirischen Erfahrungen, dass trotz Arbeit mit Durchschnittswerten bedarfsdeckende und adäquate Rationen erstellbar sind.

Bei vielen pflanzlichen Futtermitteln sind deutliche jahreszeitliche Schwankungen und auch deutliche Unterschiede je nach Abbauort und Bodenqualität in der Zusammensetzung zu verzeichnen. Aber auch bei tierischen Komponenten spielen die geographische Herkunft, die Fütterung und das Alter des Schlachttieres eine wesentliche Rolle. Hier muss vor allem darauf hingewiesen werden, dass beispielsweise ein unterschiedlicher Fettgehalt in Fleisch und Schlachtnebenprodukten zu deutlichen prozentualen Veränderungen der einzelnen Nährstoffe führt. Es muss also berücksichtigt werden, dass in den BARF Rationen mitunter größere Ungenauigkeiten herrschen können, da nicht immer klar nachzuvollziehen ist, ob das verfütterte Fleisch mager, mit normalem Fettgehalt oder sehr fettreich gewesen ist. Dies liegt einerseits an mitunter fehlendem Kenntnisstand der Besitzer:innen, andererseits muss sich auf die Angaben der Hersteller bei beispielsweise Fertig BARF Paketen verlassen werden.

Prinzipielle hätte die Möglichkeit bestanden, diese Ungenauigkeiten zu umgehen, indem bei den einzelnen Rationen Bezug auf die fettfreie TS genommen worden wäre. Dies war aber leider weder preislich durchsetzbar noch praktikabel genug für die vorliegende Untersuchung.

Um trotzdem eine möglichst genaue Aussage zur Fleischqualität, vor allem in Bezug auf die enthaltene Fettmenge treffen zu können, wurde in den Fragebögen explizit nach dem Fettgehalt des verfütterten Fleisches gefragt. Anhand dessen konnten die Fleischstücke in mager, mit mittlerem Fettgehalt oder in fettreich eingeteilt werden.

Es wäre prinzipiell auch möglich gewesen diese Limitationen komplett zu umgehen und die gesamte tägliche Ration exakt zu analysieren, allerdings entspricht dies nicht den Bedingungen in der Praxis und hätte den finanziellen Rahmen gesprengt.

1.4. Auswahl der Tiere

Für die Studie standen 83 voll gebartete Hunde (37 intakte und 46 kastrierte) und 21 mit kommerziellen Futtermitteln gefütterte Hunde (6 intakte und 13 kastrierte) zur Verfügung. Die Geschlechterverteilung in der BARF-Gruppe war 35 männliche

Hunde (davon 21 kastriert) zu 48 weiblichen (davon 25 kastriert). In der Kontrollgruppe befanden sich 15 männliche Hunde (davon 8 kastriert) und 6 weibliche (davon 5 kastriert).

Es wurden 3 Tiere der BARF-Gruppe nach abgeschlossener Teilnahme ausgeschlossen, da der Verdacht auf Fehler in der Laboranalytik bestand. Rund 50 Hunde (Kontroll- und BARF-Gruppe) wurden nach Ausfüllen des Fragebogens und noch vor der Blutentnahme wegen nicht berechenbaren täglichen Rationen von der Studie ausgeschlossen. Grund war beispielsweise die Fütterung nicht kalkulierbarer Supplemente (keine Herausgabe von Analysewerten durch das herstellende Unternehmen), Fütterung von Fleischpaketen mit nicht definierbaren Fleischanteilen oder Rationsgestaltungen die keinerlei Systematik oder Wiederholbarkeit folgten und damit nicht berechenbar waren.

Mit 21 Hunden (25,30 %) bestand der größte Anteil der BARF-Gruppe aus Mischlingen, gefolgt von Labrador Retrievern und Dobermännern mit je 7 Individuen (8,43 %). In der Kontrollgruppe bestand der größte Anteil aus Labrador Retrievern mit 7 Tieren (33,33 %), gefolgt von Mischlingen mit 6 Individuen (28,57 %). Das durchschnittliche Alter lag in der BARF-Gruppe bei $4,9 \pm 0,31$ Jahren und $7,0 \pm 0,72$ Jahren in der Kontrollgruppe. Das durchschnittliche Gewicht lag bei $22,1 \pm 1,38$ kg bei den BARF-Hunden und $26,0 \pm 0,88$ kg bei den Kontrollhunden.

Insgesamt handelt es sich um eine relativ kleine Studienteilnehmeranzahl, wenn man auf Matching der Rassen, des Geschlechts, des Alters und des Kastrationsstatus und sich daraus ergebenden mögliche Unterschiede eingehen wollte. Studien, die ebenfalls den Zusammenhang von Fütterung und Blutparametern untersuchten, lassen vermuten, dass es einen Effekt von Alter, Geschlecht, Krankheit (FRISK, 2019), Kastrationsstatus, Rasse und weiteren Einflussfaktoren auf Blutparameter gibt (LAWRENCE et al., 2013).

In Anbetracht des Studiendesigns war es nicht zwingend nötig auf ein exaktes Matching der Tiere einzugehen, um klinische Relevanz und Praxisbezug zu erreichen. Die Verteilung auf Vertreter kleiner, mittlerer und großer Rassen, sowie Spezialrassen (z.B. Windhunde, Diensthunde, Brachycephale etc.) ist mit je mehreren Individuen in beiden Gruppen im Ansatz gegeben. Mit einem durchschnittlichen Alter von $4,9 \pm 0,31$ Jahren der BARF-Gruppe zu $7,0 \pm 0,72$ Jahren in der Kontrollgruppe und einem mittleren Gewicht von $22,1 \pm 1,38$ kg in

der BARF-Gruppe zu $26,0 \pm 0,88$ kg bei den Kontrolltieren differieren die beiden Gruppen nicht zu stark voneinander.

2. Ergebnisse

2.1. Rationsüberprüfung

In der Regel stellen Besitzer:innen gebarfter Hunde die Futterrationen selbsttätig zusammen und greifen nicht auf die Ernährungsberatung von spezialisierten Tiermediziner:innen zurück (MORGAN et al., 2017; MORELLI et al., 2019). Die daraus zu erwartenden resultierenden nutritiven Imbalanzen in der Fütterung wurden durch die Ergebnisse dieser Studie bestätigt (Abb. 1). In der BARF-Gruppe wiesen demnach 94,0 % (78/83) der Rationen mindestens eine, 66,3 % sogar 5 oder mehr Nährstoffimbalanzen auf, obwohl dies keinen signifikanten Einfluss auf die Blutwerte zeigte. Dies konnte auch schon bei Pferden aufgezeigt werden (WICHERT et al., 2002).

Die Ergebnisse ließen erkennen, dass sich die Situation hinsichtlich der fehlerhaften Nährstoffversorgung bei BARF-Rationen seit der Studie von DILLITZER et al. (2011) nicht verbessert, sondern eher verschlechtert hat. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Kontrollhunde (Abb. 2) stellte sich heraus, dass hier erheblich weniger Imbalanzen vorhanden waren. Zudem waren diese auch nicht so stark ausgeprägt wie bei der BARF-Gruppe.

2.1.1. Antinutritive Inhaltsstoffe

Ein weiteres Problem, geschuldet der fehlenden Sachkunde von Hundebesitzer:innen, stellt die Fütterung nachteiliger, giftiger oder antinutritiver Futtermittel dar. Konkret wurden in dieser Studie folgende mitunter nachteilige Rationskomponenten von Rohfütternden an ihre Hunde gefüttert: Buchweizen, Knoblauch, Macadamianüsse, Rinderschlund (Speiseröhre mit gegebenenfalls anhaftender Schilddrüse), rohes Eiklar und rohes Schweinefleisch.

In Deutschland steht Buchweizen seit kurzer Zeit in Verdacht Leberentzündungen bei Hunden auszulösen und sollte daher in der Fütterung vermieden werden (LINEVA et al., 2019a). Disulfide (N-Propyldisulfid) von Lauchgewächsen, wie Knoblauch, Zwiebeln oder auch Bärlauch, zerstören rote Blutkörperchen und

können zu Anämie führen und gelten daher als toxisch für Hunde (SEBRELL, 1930; HARVEY und RACKEAR, 1985; YAMATO et al., 2005). Für Zwiebel, Knoblauch und Bärlauch wird von einer toxischen Dosis (TD) von > 5 g pro kg Körpergewicht pro Tag ausgegangen (COPE, 2005).

Abbildung 1: Einteilung der jeweils enthaltenen Nährstoffe der BARF-Rationen (n = 83) in bedarfsdeckend (passend) und unterversorgt (unter) anhand der Versorgungsempfehlungen pro kg^{0,75} (FEDIAF, 2020) und in überversorgt (über) laut nutritivem Maximum pro kg TS (FEDIAF, 2020), oder safe upper limit (SUL) pro kg TS (NRC, 2006)

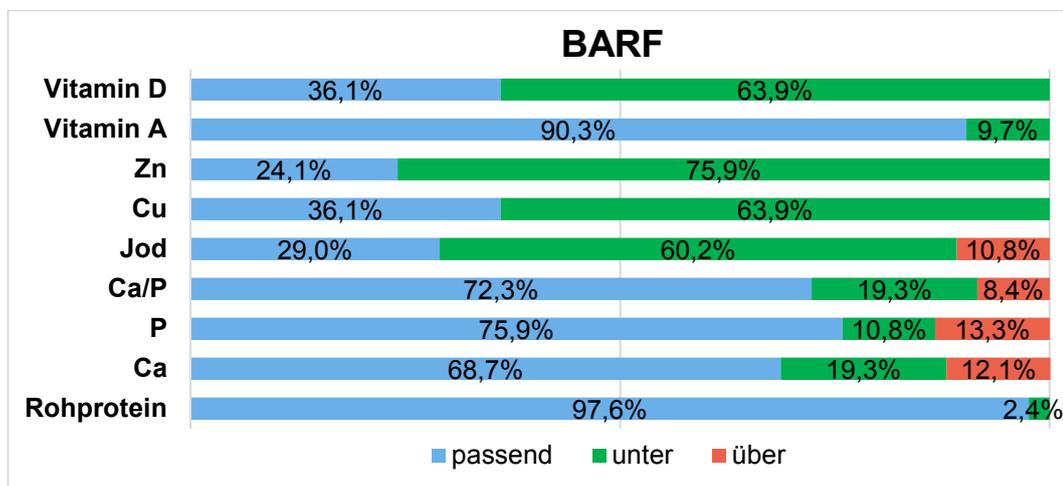
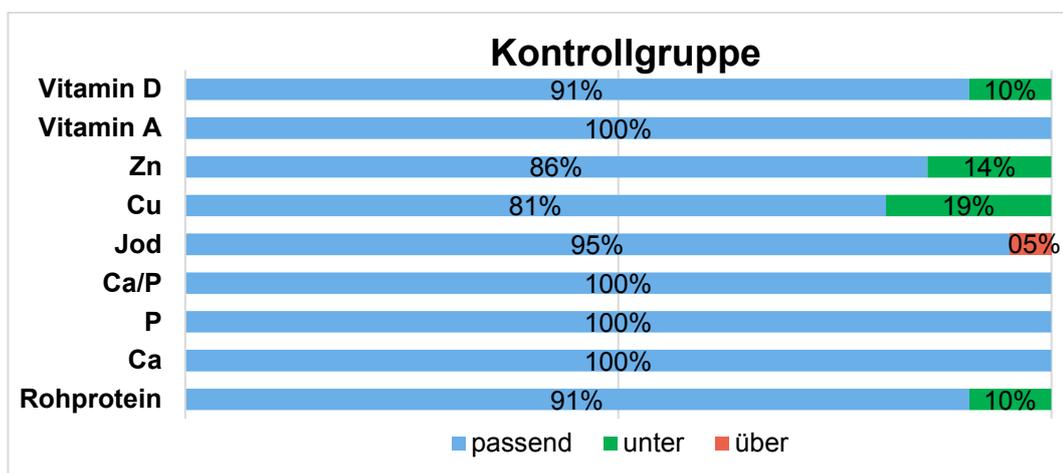


Abbildung 2: Einteilung der jeweils enthaltenen Nährstoffe der Kontroll-Rationen (n = 21) in bedarfsdeckend (passend) und unterversorgt (unter) anhand der Versorgungsempfehlungen pro kg^{0,75} (FEDIAF, 2020) und in überversorgt (über) laut nutritivem Maximum pro kg TS (FEDIAF, 2020), oder safe upper limit (SUL) pro kg TS (NRC, 2006)



Auch Macadamia Nüsse führen bei Hunden zu Vergiftungserscheinungen (HANSEN et al., 2000; HANSEN, 2002) mit einer TD von 0,7 - 62,4 g pro kg Körpergewicht (HANSEN et al., 2000) und sollten nicht gefüttert werden.

Die Fütterung von Schlund stellt durch evtl. anheftendes Schilddrüsengewebe das Risiko der Aufnahme von Schilddrüsenhormonen dar, welche eine nutritiv bedingte Hyperthyreose auslösen können (KÖHLER et al., 2012; BROOME et al., 2015; VERVUERT und RÜCKERT, 2017). Dies war bei einem der BARF-Probanden mit Schlund-Fütterung und einem gesamt T4 Wert von 72,59 nmol/l (Referenz: 19,3 - 57,9 nmol/l) der Fall.

Die Fütterung von rohem Schweinefleisch birgt das Risiko einer Infektion mit dem letalen Aujeszky-Virus. Schweinefleisch aus Deutschland gilt als virusfrei (MÜLLER et al., 2003b), aber es kann kaum ausgeschlossen werden, dass in kommerziellen Rationen auch Schweinefleisch aus dem Ausland oder Fleisch von Wildschweinen enthalten ist (DILLITZER et al., 2012; DENZIN et al., 2020). Zudem muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass rohes Schweinefleisch ein Problem bei Fertig-BARF-Paketen darstellen kann. DILLITZER et al. (2018) konnten mittels qualitativer und quantitativer Polymerase-Kettenreaktion (PCR) bei 20 % (2/10) der kommerziell erhältlichen BARF-Paketen, die als reines Rind deklariert waren, Schweinefleisch nachweisen.

Das Enzym Avidin, welches vor allem in rohem Eiklar gefunden wird, bildet nach oraler Aufnahme im Darm Komplexe mit dem Vitamin Biotin und macht dieses damit unbrauchbar für den Körper (GREEN, 1975). Versuche mit Ratten konnten zeigen, dass nachteilige Effekte durch hohe Aufnahmen rohen Eiklars nicht durch zusätzliche Gaben von Biotin abgemildert werden konnten und einzig ausreichende Erhitzung das Avidin inaktiviert (PETERS, 1967).

Bei Mängeln, Exzessen oder der Fütterung antinutritiver oder nachteiliger Futtermittel wurden die Hundehalter:innen auf die bestehende Problematik hingewiesen. Zum weitaus größten Teil herrschte positive Resonanz auf diese Hinweise, gefolgt mit der Bitte von 30 % der Rohfütternden zu einer Rationsanpassung durch die Ernährungsberatung der Medizinischen Kleintierklinik der LMU München.

Auch im Vorfeld der Teilnahme wurde von einigen teilnehmenden Personen der Wunsch nach Überprüfung und ggf. Optimierung der Ration verlautbart. Es

untermauert weiterhin den Appell, dass Tierbesitzer:innen von Tiermediziner:innen ausreichend über die Thematik und Problematik der Fütterung von rohem Fleisch und ausbalancierter, sicherer Rationsgestaltung informiert werden müssen (KÖLLE und SCHMIDT, 2015; CORTINOVIS und CALONI, 2016; MORELLI et al., 2019).

2.1.2. Unterschiede zwischen BARF- und Kontrollgruppe

Abgesehen von Kalzium, Phosphor und dem Ca/P-Verhältnis wurde bei allen untersuchten Parametern in der Ration ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt (siehe Tabelle 5).

Trotz der scheinbaren fehlenden Unterschiede bei Kalzium, Phosphor und dem Ca/P-Verhältnis zeigen die Berechnungen, dass sowohl absolute Minimal- als auch Maximalwerte pro kg^{0,75} ausschließlich in der BARF-Gruppe auftraten. Es wurde damit eine deutlich größere Bandbreite der Werte in der BARF-Gruppe festgestellt. Dabei wurde im extremsten Fall die RA für Kalzium (FEDIAF, 2020) um ~ 3 000 % massiv überschritten, oder mit nur 14,30 % der RA für Kalzium deutlich unterschritten. Insgesamt überschritten damit 10 Hunde der BARF-Gruppe (12,05 %) das nutritive Maximum pro kg TS für Kalzium, sowie 11 Hunde (13,25 %) für Phosphor laut FEDIAF.

Auch eine Studie von PEDRINELLI et al. (2019) konnte dies bei ihren Analysen von selbst zusammengestellten BARF-Rationen zeigen: In Bezug auf die Versorgungsempfehlungen laut FEDIAF enthielten unter allen untersuchten Rationen rund 82,70 % weniger als die RA für Kalzium und 1,30 % enthielten mehr als das empfohlene Maximum für Kalzium. Ursächlich für diese Extremwerte waren Rationen mit unverhältnismäßig großen Mengen an Knochen oder solche ohne jeglichen Zusatz von Knochen, oder entsprechenden kalziumhaltigen Supplementen.

Auch im Falle des Phosphors ließ sich dies erkennen, wobei hier die hohen Mengen an Fleisch zusätzlich dazu führten, dass ein inverses Ca/P-Verhältnis vorlag. Wiederum zeigte sich ausschließlich in der BARF-Gruppe dieses Problem mit einem inadäquaten Ca/P-Verhältnis deutlich über 2 oder unter 1.

Tabelle 5: Werte (Mittelwert \pm Standardabweichung (min-max)) der berechneten Nährstoffe (BARF- und Kontrollgruppenrationen) und ihre entsprechende empfohlene Versorgungsmengen gemäß FEDIAF (2020) und NRC (2006). † Wert rein rechnerisch anhand der Versorgungsempfehlungen für Kalzium und Phosphor laut FEDIAF (2020)

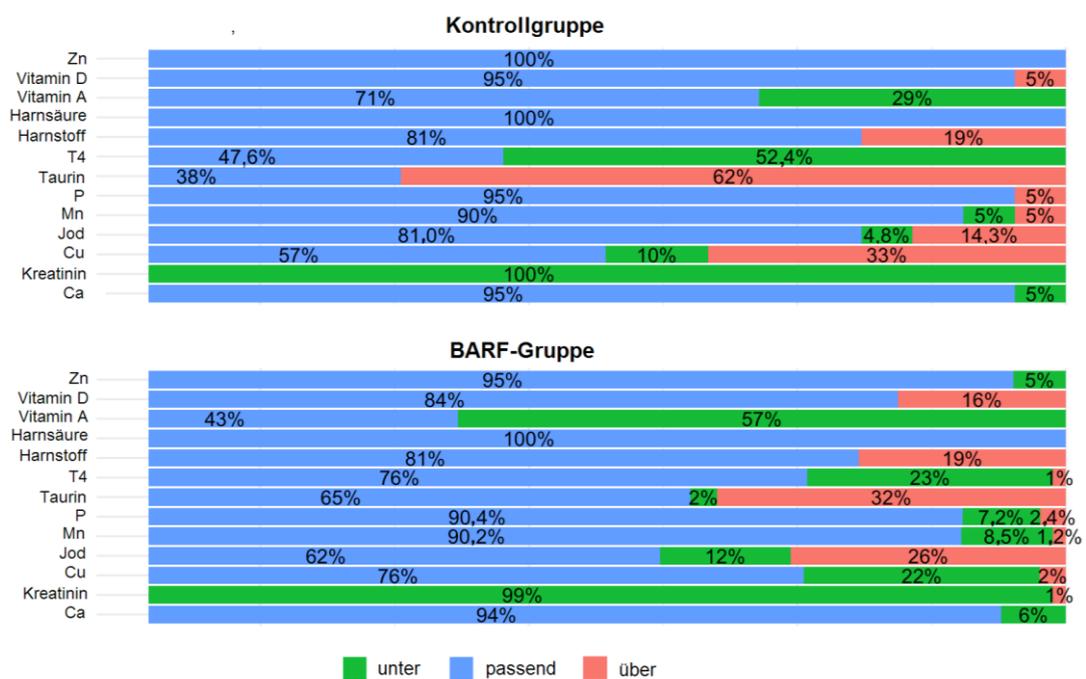
	Mittlere Nährstoffversorgung			Empfohlene Nährstoffversorgung	
	BARF (n = 83)	Kontrollgruppe (n = 21)	p-Wert	NRC (2006)	FEDIAF (2020)
Rohprotein (g/kg^{0,75})	10,90 \pm 4,15 (4,78 - 25,14)	6,70 \pm 1,78 (4,41 - 11,22)	< 0,001	3,28	4,95
Kalzium (g/kg^{0,75})	0,37 \pm 0,50 (0,02 - 4,17)	0,31 \pm 0,10 (0,15 - 0,55)	0,108	0,13	0,14
Phosphor (g/kg^{0,75})	0,24 \pm 0,28 (0,07 - 2,44)	0,23 \pm 0,07 (0,13 - 0,40)	0,061	0,10	0,11
Ca/P Verhältnis	1,37 \pm 0,45 (0,20 - 2,80)	1,37 \pm 0,18 (1,20 - 1,70)	0,736	1,30	1,27†
Jod (μg/kg^{0,75})	56,06 \pm 140,45 (0,00 - 956,17)	50,06 \pm 17,22 (31,28 - 94,60)	< 0,001	29,60	30,00
Kupfer (mg/kg^{0,75})	0,19 \pm 0,18 (0,00 - 1,55)	0,38 \pm 0,28 (0,12 - 1,18)	< 0,001	0,20	
Zink (mg/kg^{0,75})	1,81 \pm 1,85 (0,50 - 13,42)	3,94 \pm 1,67 (1,71 - 7,43)	< 0,001	2,00	
Mangan (mg/kg^{0,75})	0,56 \pm 0,78 (0,00 - 2,82)	0,81 \pm 0,68 (0,11 - 2,96)	0,003	0,16	
Vitamin A (IE/kg^{0,75})	676,69 \pm 527,06 (0,42 - 2 691)	391,40 \pm 248,48 (177,18 - 1 162)	0,016	167,00	
Vitamin D (IE/kg^{0,75})	16,12 \pm 19,17 (0,19 - 114,01)	26,36 \pm 8,40 (13,12 - 42,76)	< 0,001	18,00	15,20
Energie (kcal/kg TS)	4 750 \pm 441 (3 278 - 5 886)	4 073 \pm 429 (3 432 - 5 092)	< 0,001	-	

2.2. Blutparameter

Nach erfolgreicher Berechnung der Rationen wurden allen Hunden Blut entnommen. Unabhängig davon, ob die Rationen bedarfsdeckend waren oder nicht, wurden Werte unterhalb, innerhalb und oberhalb des Laborreferenzbereichs laut

SYNLAB.vet gefunden. Abbildung 3 zeigt die prozentuale Verteilung der Analysewerte in Bezug auf die Referenzwerte für die Kontrollgruppe und die BARF-Gruppe. Die detaillierten Ergebnisse der Blutanalyse zwischen der BARF-Gruppe und der Kontrollgruppe sind in Tabelle 6 dargestellt.

Abbildung 3: Vergleich der analysierten Blutwerte zwischen der BARF-Gruppe und der Kontrollgruppe. Prozentuale Einteilung der Ergebnisse in passend (innerhalb des Referenzwertes), über (oberhalb des Referenzbereichs) und unter (unterhalb des Referenzbereichs) laut Laborinterner Referenzwerte von SYNLAB.vet



Der mittlere Kalziumspiegel im Blut ist in beiden Gruppen ähnlich, ohne signifikante Unterschiede ($2,52 \pm 0,15$ mmol/l zu $2,51 \pm 0,12$ mmol/l; $p = 0,952$). Die Blutspiegel von 4 BARF-Hunden und 1 Hund der Kontrollgruppe liegen unter der Referenz, keiner der Hunde liegt über der Referenz. Von diesen Hunden erhalten 2 eine bedarfsdeckende Menge für Kalzium (FEDIAF, 2020), 1 ist stark unterversorgt, und 3 werden mit dem 2,6- bis 3,12-Fachen der empfohlenen Kalziummenge versorgt.

Der mittlere Blutphosphatspiegel der BARF-Gruppe ist signifikant niedriger als der Mittelwert der Kontrollgruppe ($1,16 \pm 0,25$ mmol/l bis $1,28 \pm 0,26$ mmol/l; $p = 0,05$). In der BARF-Gruppe liegen 6,0 % (5/83) der Hunde unter der Referenz, während keiner der Kontrollhunde unter oder über der Referenz liegt. Das

berechnete Ca/P-Verhältnis im Blut zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($2,29 \pm 0,62$ zu $2,05 \pm 0,43$; $p = 0,072$).

Der mittlere Jodspiegel im Blut ist in beiden Gruppen ähnlich, ohne signifikanten Unterschied ($1,32 \pm 1,20 \mu\text{mol/l}$ zu $1,11 \pm 0,45 \mu\text{mol/l}$; $p = 0,688$). In der BARF-Gruppe liegen 12,2 % (10/82) unter der Referenz und 25,6 % (21/82) über der Referenz, im Gegensatz zu 4,8 % (1/21) unter der Referenz und 14,3 % (3/21) über der Referenz in der Kontrollgruppe.

Der mittlere Blut-Harnstoff-Spiegel der BARF-Gruppe ist ähnlich wie der der Kontrollgruppe und ohne signifikanten Unterschied ($6,69 \pm 1,86 \text{ mmol/l}$ zu $6,47 \pm 2,04 \text{ mmol/l}$; $p = 0,512$). In der BARF-Gruppe liegen 18,1 % (15/83) über der Referenz. In der Kontrollgruppe liegen entsprechende 19,1 % (4/21) über der Referenz.

Kein Hund in beiden Gruppen liegt über dem unteren Referenz-Wert ($< 60 \mu\text{mol/l}$) für Harnsäure.

Der mittlere Retinolspiegel im Blut der BARF-Gruppe ist signifikant niedriger als der Mittelwert der Kontrollgruppe ($2,92 \pm 1,16 \mu\text{mol/l}$ zu $3,7 \pm 1,14 \mu\text{mol/l}$; $p = 0,012$). Dies zeigt sich daran, dass 56,6 % (47/83) der Blutwerte der BARF-Hunde unter dem Referenzbereich liegen. Weiters liegen diese im oder unter dem Bereich der niedrigsten 25 % der Kontrolltiere. In der Kontrollgruppe liegen 28,6 % (6/21) unter dem Referenzbereich.

Tabelle 6: Messwerte (Mittelwert \pm Standardabweichung (min-max)) der analysierten Nährstoffe (Blut der BARF- und der Kontrollgruppe) und ihre jeweiligen Referenzwerte gemäß SYNLAB.vet GmbH

	Mittelwerte Blut		p-Wert	Referenzwerte Labor
	BARF	Kontrollgruppe		
Kreatinin	$78,85 \pm 20,16$ (42,40 - 177,00)	$83,65 \pm 14,75$ (61,00 - 117,60)	0,177	0 - 150 $\mu\text{mol/l}$
Harnstoff	$6,69 \pm 1,86$ (3,51 - 14,32)	$6,47 \pm 2,04$ (4,00 - 11,82)	0,512	3,2 - 8,2 mmol/l
Harnsäure	$59,00 \pm 0,00$ (< 59)	$59,00 \pm 0,00$ (< 59)	n/a	0 - 60 $\mu\text{mol/l}$

Kalzium	2,52 ± 0,15 (1,88 - 2,94)	2,51 ± 0,12 (2,25 - 2,71)	0,952	2,3 - 3,0 mmol/l
Phosphat	1,16 ± 0,25 (0,39 - 1,89)	1,28 ± 0,26 (0,87 - 1,75)	0,05	0,82- 2,0 mmol/l
Ca/P Verhältnis	2,29 ± 0,62 (1,40 - 6,10)	2,05 ± 0,43 (1,40 - 2,90)	0,072	n/a
Taurin	108,24 ± 40,78 (38,30 - 231,00)	142,56 ± 54,55 (54,80 - 249,00)	0,008	46 - 116 µmol/l
Thyroxin	26,53 ± 10,97 (2,26 - 72,59)	19,79 ± 8,25 (7,73 - 36,14)	0,007	19,3 - 57,9 nmol/l
Jod	1,32 ± 1,20 (0,15 - 6,66)	1,11 ± 0,45 (0,30 - 2,14)	0,688	0,4 - 1,6 µmol/l
Zink	9,62 ± 2,46 (4,59 - 16,83)	11,42 ± 2,13 (8,26 - 17,90)	0,001	5,4 - 23,0 µmol/l
Kupfer	8,48 ± 3,41 (3,14 - 27,00)	14,9 ± 8,86 (6,28 - 33,13)	< 0,001	6,9 - 18,7 µmol/l
25- Hydroxy- D3	354,48 ± 375,38 (57,50 - 2 030,00)	222,7 ± 76,26 (105,00 - 450,00)	0,315	50 - 365 nmol/l
Retinol	2,92 ± 1,16 (0,56 - 6,66)	3,7 ± 1,44 (2,34 - 7,90)	0,012	2,9 - 10,7 µmol/l

Der mittlere 25-Hydroxycholekalziferol-Blutspiegel der BARF-Gruppe ist im Vergleich zum mittleren Blutspiegel der Kontrollgruppe ohne signifikanten Unterschied ($354,48 \pm 375,38$ nmol/l zu $222,7 \pm 76,26$ nmol/l; $p = 0,315$). Im Einzelnen liegen in der BARF-Gruppe 15,7 % (13/83) sehr weit über dem Referenzbereich mit einem Maximalwert von 2 030 nmol/l (Referenzbereich 50 - 365 nmol/l). In der Kontrollgruppe hingegen liegt nur ein Hund leicht über dem Referenzbereich.

Der mittlere Blutkupferwert der BARF-Gruppe ist signifikant niedriger als der Mittelwert der Kontrollgruppe ($8,48 \pm 3,41$ µmol/l bis $14,9 \pm 8,86$ µmol/l; $p < 0,001$). Darüber hinaus liegen 22,0 % (18/82) der BARF-Hunde unter dem Referenzbereich, verglichen mit 9,5 % (2/21) in der Kontrollgruppe. Allerdings liegen nur 2,4 % (2/82) der BARF-Hunde über dem Referenzbereich, verglichen

mit 33,3 % (7/21) in der Kontrollgruppe.

Der mittlere Zinkspiegel im Blut der BARF-Gruppe ist signifikant niedriger als der Mittelwert der Kontrollgruppe ($9,62 \pm 2,46 \mu\text{mol/l}$ zu $11,42 \pm 2,13 \mu\text{mol/l}$; $p = 0,001$). Außerdem liegen 4,9 % (4/82) der BARF-Hunde unter dem Referenzbereich, während keiner der Kontrollhunde unter oder über dem Referenzbereich liegt.

Der mittlere Kreatininwert im Blut der BARF-Gruppe unterscheidet sich nicht signifikant vom mittleren Blutwert der Kontrollgruppe ($78,85 \pm 20,16 \mu\text{mol/l}$ zu $83,65 \pm 14,75 \mu\text{mol/l}$; $p = 0,177$). Nur 1 Hund (1,2 %) in der BARF-Gruppe liegt über dem Referenzwert ($> 150 \mu\text{mol/l}$).

Der mittlere Plasmataurinspiegel der BARF-Gruppe ist signifikant niedriger als der Mittelwert der Kontrollgruppe ($108,24 \pm 40,78 \mu\text{mol/l}$ zu $142,56 \pm 54,55 \mu\text{mol/l}$; $p = 0,008$). In der BARF-Gruppe liegen 2,5 % (2/79) der Hunde unter dem Referenzbereich, 30,4 % (24/79) der BARF-Hunde und 61,9 % (13/21) der Kontrollgruppe liegen über dem Referenzbereich.

Der mittlere Blutthyroxinspiegel der BARF-Gruppe ist signifikant höher als der der Kontrollgruppe ($26,53 \pm 10,97 \text{ nmol/l}$ zu $19,79 \pm 8,25 \text{ nmol/l}$; $p = 0,007$). Der analysierte Wert liegt bei 22,9 % (19/83) der BARF-Gruppe zu 52,4 % (11/21) der Kontrollgruppe unter dem Referenzbereich. Ein Hund (1,2 %) in der BARF-Gruppe liegt mit $72,49 \text{ nmol/l}$ deutlich über dem Referenzbereich ($19,3 - 57,9 \text{ nmol/l}$).

2.3. Korrelation Futter und Blutparameter

Es konnte keine signifikante Korrelation $> 0,21$ festgestellt werden. Damit wurde die Haupthypothese der Studie, dass wenig bis keine Korrelation zwischen dem Versorgungsstand und den Ergebnissen den „*Barfer-Profil Hund*“ (SYNLAB.VET, 2020) besteht weiter untermauert. Das kann damit zusammenhängen, dass eine rationsbedingte Fehlversorgung mit klinischer Symptomatik zu veränderten Blutparametern führen kann (DE FORNEL-THIBAUD et al., 2007), dies aber nicht zwingend der Fall sein muss (WICHERT et al., 2002; BECKER et al., 2012). Die Ernährungsberatung an der Medizinischen Kleintierklinik der LMU München konnte dazu auch bei empirischen Beobachtungen feststellen, dass erst nach ca. 12 - 24 Monaten mit Fehlversorgung klinische Symptomatik auftrat (KÖLLE und SCHMIDT, 2015) und auch bei Kalzium wurden klinische Veränderung erst nach Wochen (bei einem Welpen) bis mehreren Jahren (beim adulten Hund) anhaltender

Fehlversorgung präsent (BECKER et al., 2012).

2.3.1. Kreatinin und Rohprotein

Es konnte keine Korrelation zwischen Rohprotein aus dem Futter und der Kreatinin-Konzentration im Serum festgestellt werden. Auch Kreatinin-Konzentrationen der beiden Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($p = 0,177$). Problematisch bei der Interpretation des Kreatininwerts ist allerdings, dass bei Überschreiten des Schwellenwerts bereits 75 % der Niere unwiderruflich geschädigt sind (BRAUN et al., 2003; ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019) und somit ein steigender Wert innerhalb der Referenz bereits subklinische oder klinisch manifeste Probleme anzeigt. Um einen Anstieg zu erkennen wäre auch hier ein individuelles Verlaufsprofil sinnvoll. Außerdem muss auf rassespezifische Unterschiede und Referenzintervalle, vor allem bei Windhunden (STEISS et al., 2000; DUNLOP et al., 2011), eingegangen werden, da die LBM positiv mit der Kreatininkonzentration korreliert und Kreatininwerte maskieren kann (ZALDÍVAR-LÓPEZ et al., 2011; HALL et al., 2015), was wiederum für ein Verlaufsprofil spricht.

Speziell bei geburften Hunden mit teilweise langanhaltender Phosphor Überversorgung oder Exzessen in der Ration (DILLITZER et al., 2011; PEDRINELLI et al., 2019) stellt sich die Frage, ob es eventuell mehr maskierte Nierenschädigungen mit Kreatininwerten innerhalb der Referenz gibt, die mit einem Verlaufsprofil detektiert werden könnten. Eine weitere Möglichkeit wäre die Untersuchung mittels Symmetrischem Dimethylarginin (SDMA) als nahrungsunabhängiger Parameter (HALL et al., 2015; NABITY et al., 2015), welcher besser als Frühindikator geeignet scheint.

2.3.2. Kalzium (Ca)

Scheinbar normale Blutwerte aufgrund der sehr engen Kalzium-Homöostase (HAND, 2002; NRC, 2005; ETTINGER et al., 2017) waren auch in der vorliegenden Studie die Regel. Die Ergebnisse zeigten bei 93,9 % in der BARF-Gruppe Serum-Kalzium Werte im Referenzbereich, aber in der Rationsüberprüfung bei 31,3 % der BARF-Gruppe eine Fehlversorgung entweder unterhalb RA oder oberhalb des nutritiven Maximums lt. FEDIAF. Schon andere Studien konnten dazu zeigen, dass die Kalzium Zufuhr in BARF-Rationen häufig inadäquat ist (DILLITZER et al., 2011; KÖLLE und SCHMIDT, 2015; VECCHIATO und

DOBENECKER, 2018; PEDRINELLI et al., 2019). Infolgedessen kann eine Beurteilung der nutritiven Kalzium-Versorgung über die Messung des Blut-Kalzium-Spiegels nicht empfohlen werden. Einer Überprüfung mittels computergestützten Rationsberechnung ist demnach weiterhin die einzige Möglichkeit Kalzium-Imbalanzen in der Ration aufzudecken.

2.3.3. Phosphor und Phosphat

Die Aufnahme von Phosphor wird vom Organismus nicht so straff reguliert wie es bei Kalzium der Fall ist (BREVES und SCHRÖDER, 1991; BERGWITZ und JÜPPNER, 2010), was zu einem starken postprandialen Anstieg führt. Dies gilt vor allem für hoch lösliches, anorganisches Phosphor, wie es auch in rohem Fleisch gefunden wird (DOBENECKER und SIEDLER, 2016; LINEVA et al., 2017; SIEDLER, 2018; LINEVA et al., 2019b).

Rund 13,3 % der gefärbten Hunde erhielten mehr Phosphor als das nutritive Maximum laut FEDIAF (2020). Dieser Phosphor muss wiederum über die Niere ausgeschieden werden (CHANG und ANDERSON, 2017), was zu einer deutlichen Belastung dieses Organs führen kann, vor allem bei Phosphor-Exzessen (DOBENECKER und SIEDLER, 2016). Es besteht der Verdacht, dass diese Belastung bis zur chronischen Niereninsuffizienz (CNI) führen kann (DOBENECKER und SIEDLER, 2016; DOBENECKER, 2019). BÖSWALD et al. (2018a) konnten dazu zeigen, dass bei 46 % der untersuchten Hunde mit CNI mehr als 150 % der RA für Phosphor gefüttert wird. Auch andere Studien erhärten den Verdacht der negativen Auswirkungen von bestimmten Phosphor-Quellen und/oder einem Phosphor-Exzess auf die Nierengesundheit (DOBENECKER und SIEDLER, 2016; CHANG und ANDERSON, 2017; DOBENECKER und SIEDLER, 2017; DOBENECKER, 2018, 2019; HERBST und DOBENECKER, 2019).

In der vorliegenden Studie erhielten ca. 65,0 % (54/83) der gefärbten Hunde und 90,5 % (19/21) der Kontrollgruppe mehr als das 1,5-Fache der RA gemäß NRC (2006). Trotz der teilweise massiven Überversorgung lag kein Hund beider Gruppen über der Referenz im Serum, aber 6,0 % der BARF-Hunde lagen unter der Referenz im Serum. Übliche Gründe für eine Hypophosphatämie wären diabetische Ketoazidose, tumorassoziierte Hyperkalzämie oder primärer Hyperparathyreoidismus (ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019),

was mit dem aktuellen Wissensstand auf keinen der Studienteilnehmer zutrif. Andere, eher seltenere Gründe sind:

1. eine verminderte alimentäre Aufnahme,
2. ein Vitamin D Mangel,
3. Nierenerkrankungen,
4. iatrogene Ursachen, wie Phosphatbinder oder
5. respiratorische und metabolische Azidose (ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019).

Punkt 4 und 5 sind eher unwahrscheinlich, da es einerseits eine schon feststehende Nierenproblematik oder Grunderkrankung voraussetzen würde und andererseits nur klinisch unauffällige Hunde teilgenommen haben. Punkt 3 erscheint möglich, da, wie schon thematisiert, die Möglichkeit auf maskierte frühe Nierenerkrankungen, vor allem bei geburften Hunden, denkbar wäre. Ein Vitamin D-Mangel als Ursache erscheint theoretisch möglich, da bei 63,9 % der BARF-Rationen eine teilweise sehr deutliche Unterversorgung vorlag. Allerdings zeigte keiner der betreffenden Hunde eine Hypophosphatämie. Punkt 1 kann eine Ursache sein, da 10,8 % der BARF-Hunde laut FEDIAF weniger als die RA für Phosphor erhalten, zusätzlich zu der Tatsache, dass das häufig inadäquate Ca/P-Verhältnis die Phosphor-Absorption weiter verringern kann.

Hämolyse in der Prädiagnostik, welche durch Freisetzung von Phosphor aus den Erythrozyten den Serumspiegel erhöht, kann zu falsch hohen Werten im Blut führen (CARLSON, 1989; GRAFMEYER et al., 1995). Eine geringgradige Hämolyse wurde bei 11 der 104 Studienteilnehmer festgestellt. Bei 1/11 dieser Hunde wurde eine Hyperphosphatämie von 1,80 mmol/l festgestellt. Zudem sollte, auch wenn das Ca/P-Verhältnis zwischen BARF- und Kontrollhunden keinen signifikanten Unterschied zeigte, berücksichtigt werden, dass 27,7 % der BARF-Hunde in der Ration ein Ca/P-Verhältnis unterhalb oder oberhalb der Empfehlungen (FEDIAF, 2020) aufgewiesen haben. Im Gegensatz dazu zeigten 0,0 % der Kontrollhunde in ihrer Ration ein Ca/P-Verhältnis unterhalb oder oberhalb der Empfehlungen. Dies wurde schon von PEDRINELLI et al. (2019) und VECCHIATO & DOBENECKER (2018) gezeigt. Starke Abweichungen vom idealen Verhältnis können insbesondere bei wachsenden Hunden zu schweren gesundheitlichen Problemen (Nierenfunktion, Knochengesundheit, etc.) führen (DE FORNELTHIBAUD et al., 2007; BECKER et al., 2012; DOBENECKER, 2018).

2.3.4. Vitamin A und Retinol

Mehr als 56,6 % der BARF-Hunde lagen unter dem Referenzbereich für Retinol im Serum, obwohl gerade hier im Durchschnitt das 4-Fache der RA in der Ration enthalten war, mit einem Maximum von dem 16-Fachen der RA. Damit war der Großteil der BARF-Gruppe rein rechnerisch ausreichend mit Vitamin A versorgt, was nicht mit den niedrigen Blutwerten korrelierte. Dieser geringe Zusammenhang zwischen Vitamin A und Serum-Retinol konnte auch schon bei anderen Studien gezeigt werden (SCHWEIGERT und BOK, 2000; MORRIS et al., 2012). Dies legt die Vermutung nahe, dass eine Veränderung der Blutspiegel von Retinol erst sichtbar wird bzw. wirklich für eine Unterversorgung spricht, wenn die Leberspeicher aufgebraucht sind. Davor kann eigentlich nur eine Leberbiopsie das tatsächliche Versorgungsniveau widerspiegeln (TRAN et al., 2007; BARKO und WILLIAMS, 2018; FRITZ, 2018), was aufgrund der verbundenen Risiken und des Aufwandes kein adäquates Mittel darstellt.

2.3.5. Vitamin D und Calcidiol

Das gemessene Calcidiol im Serum zeigte noch die höchste Korrelation (0,21; $p = 0,01$) aller geprüften Parameter. Dennoch konnte damit kein deutlicher Zusammenhang zwischen den Blutwerten und der errechneten Zufuhr über die Ration der einzelnen BARF-Hunde gezeigt werden. Obwohl rund 63,9 % der BARF-Hunde nutritiv mit Vitamin D unterversorgt wurden, lagen trotzdem 86,8 % innerhalb und 13,3 % (11/83) oberhalb der Referenz für Calcidiol im Serum. Von den 11 Hunden waren 4 rechnerisch unterversorgt: Sie bekommen entweder nur Vitamin D Supplemente, nur Fischöl, oder Fisch mit Fischöl und Lebertran, oder Fisch mit Fischöl. Die restlichen 7 Hunde bekommen nur Lebertran oder eine Kombination aus Fisch, Fischöl und Lebertran und sind rechnerisch bedarfsdeckend versorgt oder stark überversorgt.

Mögliche Gründe für diese Diskrepanzen könnten sein:

1. stark schwankende Vitamin D-Gehalte in Fisch (MATTILA et al., 1995; SCHMID und WALTHER, 2013; SELTING et al., 2016; JAKOBSEN et al., 2019), die demzufolge dann auch für Fischöl gelten,
2. der Bezug kommerzieller, gefrorener BARF-Pakete mit schwankendem Inhalt und/oder unterschiedlichen Teilstücken an rohem, gefrorenem Fisch, wie es auch bei vielen der BARF-Hunde dieser Studie der Fall war,

3. der schon in anderen Studien gezeigte geringe direkte Zusammenhang zwischen der oralen Aufnahme von Vitamin D und Calcidiol im Blut (YOUNG und BACKUS, 2016; WEIDNER und VERBRUGGHE, 2017),
4. die Aktivität von Calcidiol als negatives Akute-Phase-Reagens (WALDRON et al., 2013),
5. der, auch in der Humanmedizin aufkommenden Hypothese, dass Calcidiol aufgrund der niedrigen Werte bei chronischer Entzündung, nicht geeignet ist, um den Vitamin D-Status zu evaluieren (MANGIN et al., 2014) und
6. die schon gezeigte hohe Variabilität von Calcidiol bei gesunden oder gebarften Hunden (SHARP et al., 2015; SELTING et al., 2016; YOUNG und BACKUS, 2016).

2.3.6. Thyroxin (T4)

Der hoch signifikante Unterschied ($p = 0,007$) von Serum T4 zwischen der BARF- und Kontrollgruppe, mit einem deutlich höheren Mittelwert bei der BARF-Gruppe kann auf mehreren Ursachen beruhen. Zum einen seien hier Rasseunterschiede bei v.a. Windhunden und Nordischen Rassen genannt (SHIEL et al., 2007; NELSON und COUTO, 2019). Diese zeigen i.d.R. deutlich niedrigere Serum T4 Werte als die andere Rassen. In der BARF-Gruppe zeigten die Windhunde ($n = 3$) eher unüblich hohe Werte (27,49 und 24,10 nmol/l). Diese entsprechen damit dem durchschnittlichen T4 Wert der gesamten BARF-Gruppe (26,53 nmol/l), obwohl geringere Werte erwartet wurden. Weiters korreliert T4 negativ mit der Körpergröße (NELSON und COUTO, 2019).

Die große Spannbreite von sehr kleinen (Chihuahua) bis zu großen Hunden (Berner Sennenhund) in der BARF-Gruppe und einer eher homogenen Verteilung in der Kontrollgruppe könnte hier eine gewisse Rolle spielen. Die bei manchen Individuen in der BARF-Gruppe vorliegende exzessive Jodaufnahme konnte zu einer Verminderung des T4 Wertes führen (MARKOU et al., 2001; NELSON und COUTO, 2019). Die Aufnahme von Schilddrüsengewebe kann zur nutritiven Hyperthyreose führen und damit auch den T4-Wert erhöhen (KÖHLER et al., 2012). Dies war bei einem Hund in der BARF-Gruppe mit 72,59 nmol/l T4 im Serum der Fall. Nach Änderung der Ration normalisierte sich der T4 Wert binnen mehrerer Tage wieder.

Die Messung des Serum T4-Werts stellt nur einen initialen Screening Test dar.

Gesunde Hunde und solche mit Hypothyreose teilen sich einen überlappenden Bereich innerhalb der Referenz (NELSON und COUTO, 2019). Aufgrund der beschriebenen Problematik erscheint hier ein individuelles Verlaufsprofil bei gebarteten Hunden sinnvoll (FREEMAN et al., 2013), um Veränderungen besser darstellen zu können. Zudem sollte bei niedrigen T4 Werten weitere Diagnostik zur Abklärung betrieben werden (KRAFT, 2005).

2.3.7. Jod (I)

Am Beispiel Jod zeigte sich bei der BARF-Gruppe die geringe Korrelation zwischen Blut und Zufuhr über die Nahrung deutlich. Hier wiesen 62,2 % einen normalen, 25,6 % einen erhöhten und 12,2 % einen erniedrigten Jod-Wert im Serum auf. Zeitgleich waren damit 29,0 % der Hunde bedarfsdeckend versorgt, 60,2 % unterversorgt und 10,8 % bekamen mehr als das SUL laut NRC (2006). Die hier fehlende Korrelation könnte zusätzlich auf die mitunter ein Jahr dauernde Adaptation des Organismus auf schwankende I-Gehalte zurückzuführen sein (NORRIS et al., 1970). Gründe sind etwa:

1. starke Schwankungen in verschiedenen Chargen Seealgenmehl (BUTLER, 1931; TEAS et al., 2004; YEH et al., 2014; KÖLLE und SCHMIDT, 2015),
2. plötzliche Umstellung von kommerziellem Futter auf eine BARF Ration ohne Jod-Supplementation oder
3. die beim BARFen übliche Fütterung jodhaltigen Fisches nur ein Mal pro Woche, welche schon von DILLITZER (2012) als ungenügend für eine ausreichende Jodversorgung eingestuft wurde.

Eine andere Möglichkeit wäre die Bestimmung des Jods im Urin (RASMUSSEN et al., 1999; LANGE, 2017), da dieser die alimentäre Jodversorgung genauer widerspiegelt (KÜBLBECK, 2003; FRITZ, 2018). Dies wird bereits als Einzelscreening in gewissen kommerziellen Laboren angeboten.

2.3.8. Kupfer (Cu)

In von Besitzern selbst zusammengestellten BARF-Rationen ist ein Mangel an Kupfer häufig (STOCKMAN et al., 2013; WEETH, 2013). DILLITZER et al. (2011) zeigten dazu bei mehr als der Hälfte der untersuchten Rationen Kupfer-Mengen unter der RA und auch STREIFF et al. (2002) konnten viele Rationen mit Kupfer unter der Empfehlung der AAFCO feststellen. Dies bestätigte sich bei der aktuellen Untersuchung. Es bekamen rund 63,9 % der BARF-Hunde weniger als

die RA für Kupfer und waren damit unterversorgt. Trotzdem spiegelt sich das nicht im Serumspiegel wider. Denn obwohl der mittlere Serumspiegel der BARF-Gruppe deutlich unter dem der Kontrollgruppe lag, so waren lediglich rund 22,0 % der BARF-Hunde unter dem Referenzbereich.

Dies kann daran liegen, dass einerseits bei der Rationsberechnung mit Durchschnittswerten für Kupfer gerechnet wird, diese aber in der Leber als Futtermittel stark schwanken können (BECK, 1956; HAND, 2002; REECE et al., 2015). Andererseits wird postuliert, dass Werte innerhalb der Referenz eine Unterversorgung mit Kupfer keinesfalls ausschließen können und auch ein Wert unter der Referenz lediglich einen Hinweis gibt (KAMPHUES et al., 2014; ZENTEK und MEYER, 2016a). FIETEN et al. (2012) gehen sogar weiter und postulieren, dass der Serum Kupfer-Spiegel keinerlei Aussage über den Leber-Kupfer-Status zulässt, welcher die Versorgung mit Kupfer am genauesten widerspiegelt (LINDER und HAZEGH-AZAM, 1996; HAND, 2002; KÖLLE und SCHMIDT, 2015).

Jedoch stehen der Aufwand und das Narkoserisiko bei einer Leberbiopsie in keiner Relation zu dem erzielten Ergebnis (FRITZ, 2018). Alternativ bestünde die Möglichkeit den Basalwert für Kupfer im Urin zu bestimmen, da dieser besser mit dem hepatischem Kupfer-Speicher korrelieren soll (FIETEN et al., 2013). Dies wird noch nicht in kommerziellen Laboren angeboten.

2.3.9. Zink (Zn)

Auch Zink gehört zu den häufig in zu geringer Menge zugeführten Nährstoffen bei selbst zusammengestellten BARF-Rationen (STREIFF et al., 2002; DILLITZER et al., 2011; VERVUERT und RÜCKERT, 2017; PEDRINELLI et al., 2019), was mit 75,9 % auch auf die in dieser Studie untersuchte BARF-Gruppe zutrifft.

Die schlechte bis fehlende Korrelation der alimentären Versorgung mit dem Blutspiegel und mögliche Beeinflussung des Blutspiegels durch beispielsweise Krankheit (Lebererkrankungen, hormonelle Störungen, Infektionen, und weitere) wird schon von anderen Studien und Autoren beschrieben (GINGERICH et al., 2008; PANDA et al., 2009; SEYREK et al., 2009; KRAFT und DÜRR, 2013d; KAMPHUES et al., 2014; FRITZ, 2018). Damit können Normalwerte eine Über- oder Unterversorgung nicht ausschließen. Eventuell ist es sinnvoller, die, wie auch bei Kupfer, von FIETEN et al. (2013) beschriebene Messung des Basalwerts von

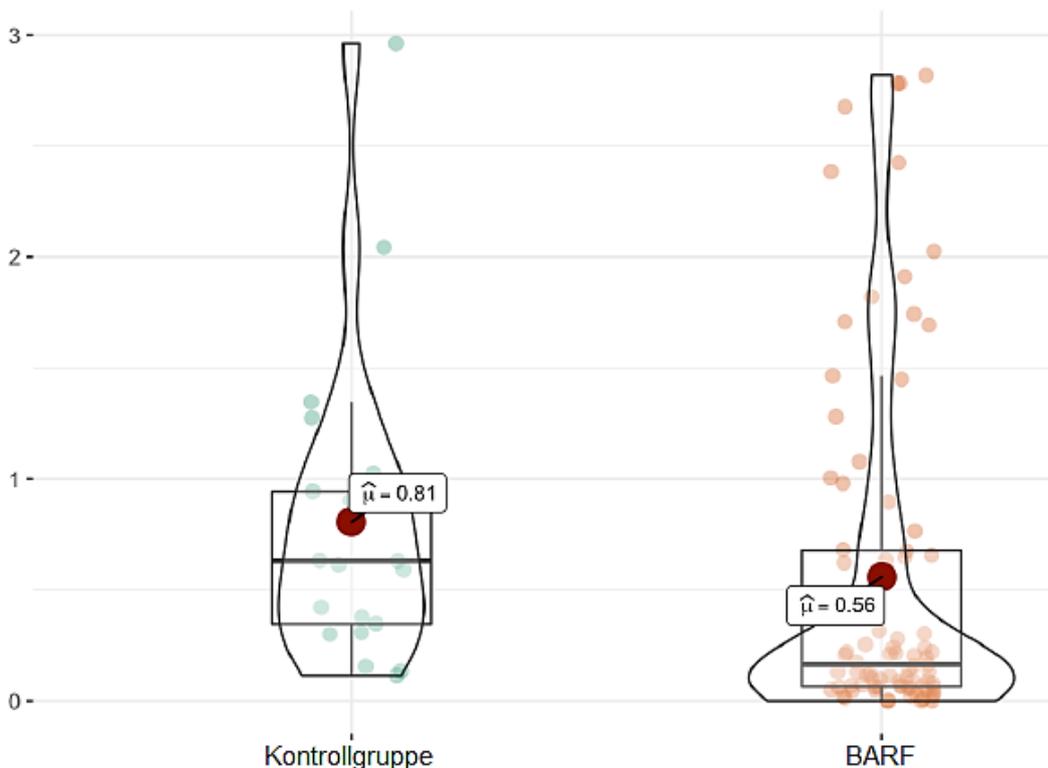
Zink im Urin als mögliche Alternative zu Blutuntersuchung zu etablieren.

2.3.10. Mangan (Mn)

Die Nährstoffversorgung der beiden Gruppen im Hinblick auf Mangan unterschied sich hoch signifikant ($p = 0,003$). Mehr als 75,0 % der BARF-Gruppe lagen mit ihrer nutritiven Manganversorgung unter dem Mittelwert von $0,81 \pm 0,68$ mg Mangan der Kontrollgruppe (Abb. 4).

Der Mittelwert der BARF-Gruppe lag demnach bei nur $0,56 \pm 0,78$ mg Mangan. Demnach sind nur 49,4 % (41/83) der BARF-Rationen bedarfsdeckend für Mangan und 50,6 % (42/83) lagen unter der RA. Bei der Kontrollgruppe waren 85,7 % (18/21) der Rationen bedarfsdeckend und 14,3 % (3/21) lagen unter der RA für Mangan laut NRC und FEDIAF.

Abbildung 4: Statistischer Vergleich der Ergebnisse für Mangan in der Ration zwischen BARF- (n = 82) und Kontrollgruppe (n = 21)

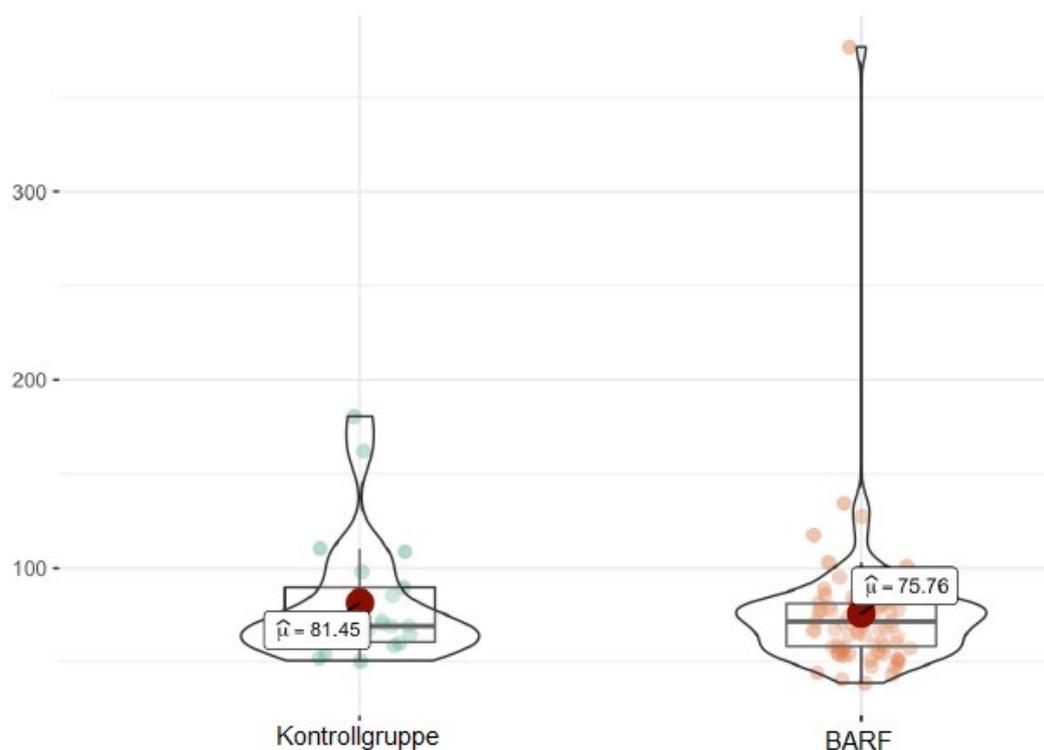


Hinsichtlich des Mangans im Blutserum gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Blutspiegeln der beiden Gruppen ($p = 0,737$). Auch zeigten die Ergebnisse nur eine sehr geringe negative Korrelation ($-0,027$; $p = 1$) zwischen Mangan-Aufnahme und Mangan-Blutserumspiegeln. Zusätzlich wurde mit den

Werten der Kontrollgruppe ein Referenzbereich (95 % Perzentil) festgelegt, da vom Labor keine Werte vorlagen.

Der neu erstellte Referenzbereich für Mangan reicht von 51,3 - 171,2 nmol/l und beide Gruppen lagen prozentual zu gleichen Maßen innerhalb des Referenzbereichs (> 90 %). Je 1 Hund pro Gruppe lag über dem oberen Referenzwert, während 8,5 % (7/82) der BARF- und 4,8 % (1/21) der Kontrollhunde unter dem Grenzwert lagen. Der Mittelwert für die BARF-Gruppe liegt bei $75,8 \pm 4,2$ nmol/l zu $81,5 \pm 7,5$ nmol/l in der Kontrollgruppe (siehe Abb. 5).

Abbildung 5: Statistischer Vergleich der Ergebnisse für Mangan im Serum zwischen BARF- (n = 82) und Kontrollgruppe (n = 21). Darstellung des berechneten neuen Referenzintervalls (95 % Perzentil) von 51,3 - 171,2 nmol/l



Damit decken sich die Ergebnisse mit denen von SMITH et al. (2007), die bei Menschen zeigen konnten, dass der Plasma- oder Blut-Mangan Wert nur wenig mit der Mangan-Versorgung korreliert. Die stark fehlerhafte Versorgung kann somit besser rechnerisch erfasst werden.

2.4. Mögliche Optimierung durch Nierenparameter

2.4.1. Harnsäure (Hsre)

Aufgrund der Ergebnisse erscheint die Messung von Harnsäure im Serum auch bei geburten Hunden nicht sinnvoll. Dies deckt sich mit dem aktuellen Wissenstand, dass Harnsäure kaum bis gar nicht im Blut nachweisbar ist (MUDGE et al., 1968; BREVES et al., 2015d) und dies auch bei Dalmatinern nicht anders zu erwarten wäre (BREVES et al., 2015d; ETTINGER et al., 2017).

2.4.2. Harnstoff (Hst)

Rund 18,1 % der geburten Hunde (15/83) lagen über der Referenz für Harnstoff im Serum. Ebenso lagen rund 19,1 % (4/21) der Kontrollhunde über der Referenz. Postprandiale Höchstwerte können hierbei vernachlässigt werden, da die Blutentnahme mindestens 12 Stunden nach der letzten Futteraufnahme stattfand. Die Vermutung, dass, aufgrund der hohen Proteinübersorgung um mehr als 150 % bei rund 75,9 % der geburten Hunde, mehr über der Referenz liegen würden, hat sich nicht bestätigt. Allerdings muss hier berücksichtigt werden, dass, obwohl Harnstoff als guter Marker für die Proteinversorgung gilt (KRAFT und DÜRR, 2013b; BREVES et al., 2015e; ETTINGER et al., 2017; NELSON und COUTO, 2019), eine hinreichende Beurteilung nur in Zusammenhang mit der Kreatininmessung und/oder Bestimmung des spezifischen Uringewichts aussagekräftig ist (WILLARD und TVEDTEN, 2006).

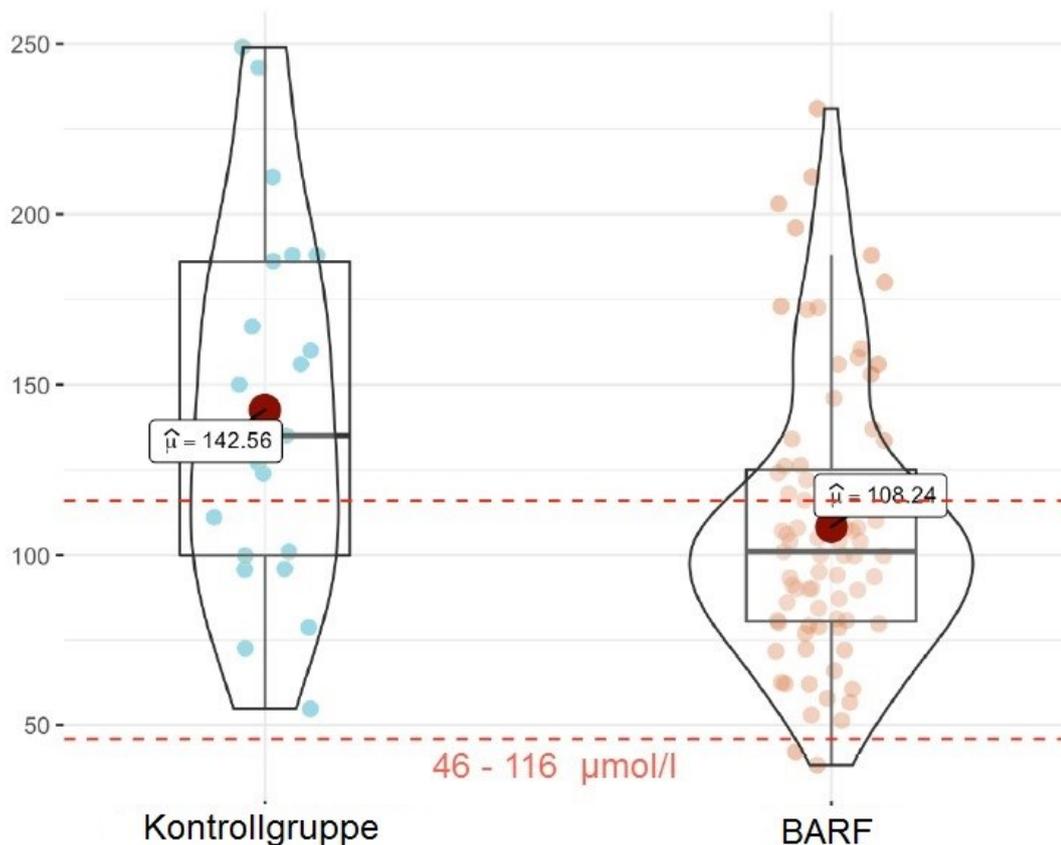
Hinzu kommt der Umstand, dass auch eine alleinige Erhöhung des Harnstoffwerts innerhalb der Referenz schon pathologische Gründe haben kann. Zudem sind bei Überschreitung der Referenz, nach Ausschluss nicht nierenbedingter Ursachen, bereits 75 % der Niere geschädigt (ETTINGER et al., 2017). Generell würde es sich empfehlen, auch hier ein individuelles Verlaufprofil für geburte Hunde zu erstellen, um frühzeitig auf Erhöhungen des Serumspiegels innerhalb der Referenz aufmerksam werden zu können.

2.5. Taurinmangel und DCM

Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Auffallend war, dass entgegen der Vermutung, die Taurinwerte im Blut der BARF-Gruppe im Mittel deutlich unter denen der Kontrollgruppe lagen (Abb. 6). Aufgrund der Annahme, dass rohes Fleisch mehr Taurin enthält als verarbeitetes und erhitztes

Fleisch (PASANTES-MORALES et al., 1989; LAIDLAW et al., 1990; JOHNSON et al., 1998; SPITZE et al., 2003), erscheint dieses Ergebnis untypisch.

Abbildung 6: Vergleich der gemessenen Tauringehalte in EDTA-Plasma der BARF- und Kontrollgruppe und Angabe des laborinternen Referenzintervalls



Allerdings gibt es einige Faktoren, die bei gebarften Hunden den Taurin-Blutspiegel bzw. die Versorgung mit Taurin negativ beeinflussen könnten. Dazu zählt, dass

1. bei großen Hunden eine verminderte, endogene Taurinsynthese festgestellt wurde (TÔRRES et al., 2003),
2. limitierende Sulfo-Aminosäuren, wie Methionin und Cystein eine Rolle bei der endogenen Synthese zu spielen scheinen (KO et al., 2007),
3. Tauringehalte im Fleisch verschiedener Tierarten und verschiedener Muskelgruppen starke Unterschiede zeigen (PASANTES-MORALES et al., 1989; LAIDLAW et al., 1990; PURCHAS et al., 2004),
4. Lammfleisch eine besonders niedrige Bioverfügbarkeit von Taurin aufweist (JOHNSON et al., 1998) und

5. Blutwerte mit Vorsicht interpretiert werden müssen, da eine DCM mit und ohne niedrigem Taurinspiegel im Blut auftreten kann (KRAMER et al., 1995; FREEMAN et al., 2018).

Daraus lässt sich vermuten, dass gefarfte Hunde, vor allem große, wahrscheinlich sehr unterschiedliche Taurinmengen mit unbekannter oder bekannt schlechter Bioverfügbarkeit (Lammfleisch) erhalten und zudem die Eigensynthese vermindert sein kann. Auch Faktoren wie Methionin und Cystein, die typischerweise wie auch Taurin im Alleinfuttermittel supplementiert werden, fehlen beim gefarften Hund unter Umständen zusätzlich.

Trotz des deutlich niedrigeren Mittelwerts an Plasmataurin in der BARF-Gruppe wurde nur bei 2/83 Hunden (2,4 %) ein Plasmatauringehalt unter dem Referenzwert von 46 nmol/l festgestellt. Einer dieser Hunde, ein deutscher Schäferhund, bekam eine typische BARF-Ration mit zusätzlich Getreide, wie auch das Partnertier, ein Bauceron, welcher allerdings einen normalen Taurinplasmagehalt aufwies. Der zweite Hund, ein Mischling, mit niedrigem Plasmataurin bekam eine Ration mit exotische Fleischsorten ohne Getreide und zusätzlich Lamm und Reis, was alles in Verdacht steht einen Taurinmangel zu begünstigen (JOHNSON et al., 1998; FASCETTI et al., 2003; FREEMAN et al., 2018).

Auf der anderen Seite befanden sich zwei Hunde (Dobermann und Windhund) in der BARF-Gruppe mit normalen Plasmataurinwerten, aber mit dem Verdacht bzw. der bestätigten dilatativen Kardiomyopathie. Hier erhielt der Windhund eine getreidefreie Ration mit Buchweizen, wie auch das Partnertier ohne Verdacht auf DCM und normalem Plasmataurin. Der Dobermann bekam eine getreidefreie Ration mit zusätzlich exotischen Proteinquellen, sowie Lamm und Reis.

Aufgrund der Tatsache, dass ein hoher Plasmatauringehalt eine DCM nicht komplett auszuschließen vermag (KRAMER et al., 1995), da es auch DCM ohne Relation zu Futter, aber genetisch bedingt (Rasseprädisposition bei beispielsweise Dobermann, Golden Retriever, Amerikanischer Cocker Spaniel) gibt (KRAMER et al., 1995; FREEMAN et al., 2018; FDA, 2019), sind auch Taurinplasmagehalte im Referenzbereich mit Vorbehalt zu betrachten. Trotzdem ist es bei DCM Verdacht empfehlenswert, Plasma- und Vollbluttaurin zu messen (ETTINGER et al., 2017; FREEMAN et al., 2018) und immer die komplette Ernährungshistorie dazu zu betrachten (KAPLAN et al., 2018).

Ein weiterer Aspekt sind inadäquate Rationen. Laut FDA (2018, 2019) und MANSILLA (2019) kann auch eine unausgeglichene Ration bzw. unbekannte Bioverfügbarkeiten der einzelnen Futterkomponenten die Entstehung von DCM begünstigen. Besondere Beachtung sollte demnach der Aufbereitung/Verarbeitung, der Bioverfügbarkeit, den möglichen Interaktionen untereinander und den Verhältnisse der Futterkomponenten zugebracht werden, um bedarfsdeckende Rationen zu garantieren.

Eine Forschergruppe der Tufts University in Florida (FREID et al., 2021) konnte zeigen, dass an DCM erkrankte Hunde mit einer unkonventionellen Diät nach Wechsel auf eine konventionelle Ration (extrudiert, ohne Hülsenfrüchte oder Kartoffel und mit Getreide, bedarfsdeckend nach dem Global Nutrition Committee der World Small Animal Veterinary Association (WSAVA)) eine signifikant längere Lebenserwartung und bessere Herzwerte im Ultraschall zeigten. Eine unkonventionelle Diät wurde hierbei klassifiziert als getreidefrei, mit Hülsenfrüchten und nicht bedarfsdeckend nach dem Global Nutrition Committee der WSAVA.

3. Schlussfolgerung

Das kommerziell angebotene BARF-Blutprofil für Hunde soll die Überprüfung der generellen Nährstoffversorgung bzw. ein frühzeitiger Hinweis auf einen Mangel in der BARF-Fütterung, sowie Anzeige einer nutritiven Hyperthyreose durch Fütterung schilddrüsenhaltigen Gewebes sein (SYNLAB.VET, 2020). Dem Umstand geschuldet, dass es sich bei einer Blutanalyse immer um eine Momentaufnahme handelt, sowie dass es bei den genannten Verwendungszwecken deutliche Limitationen aufgrund spezieller Physiologie und Homöostase der einzelnen Parameter gibt, kann die pauschale Aussage, ein BARF-Blutprofil stelle die generelle Versorgungslage dar, nicht stimmig sein. Auch auf die Verwendung zur Diagnostik von Erkrankungen kann ein BARF-Profil somit nur ein Hinweis sein.

Die insgesamt schwache Aussagekraft, vor allem in Betracht der fehlenden Beurteilung einer mittel- bis längerfristigen Versorgung von Nährstoffen lässt Zweifel aufkommen, ob ein BARF-Blutprofil die gleiche Relevanz haben kann wie eine computergestützte Rationskontrolle durch spezialisierte Tiermediziner:innen. Diese hat sich bis jetzt bewährt und kann deutlich früher Nährstoffimbalancen

aufweisen und damit zu Korrekturen dieser beitragen. Sie ist damit ein sehr zuverlässiges Mittel zur Überprüfung der Nährstoffversorgung bei Hunden und somit dem Blutprofil überlegen, was die aktuelle Empfehlung als Mittel der Wahl bei der Rationsüberprüfung weiter rechtfertigt.

Scheinbar normale Blutwerte trotz unzureichender Nährstoffversorgung wiegen die Besitzer:innen zudem in falscher Sicherheit, auch wenn sich gezeigt hat, dass fast ein Drittel der teilnehmenden Rohfütterer nach Erhalt von Werten außerhalb der Referenz gewillt waren die Ration des Hundes durch eine professionelle Ernährungsberatung anpassen zu lassen. Damit stellt es ein Mittel dar, um Hundebesitzer:innen zur Durchführung einer Rationsberechnung zu bewegen.

Die untersuchten Parameter im Blut werden vielfach beeinflusst durch: tageszeitliche Schwankungen, Speicherung in Organen, nutritive, medikamentöse, infektiöse, toxische und hormonelle Faktoren. Zudem sind weder Über- noch Unterversorgungen immer an den Blutwerten ersichtlich. Demnach muss ein auffälliger Blutbefund weder für eine Fehlversorgung sprechen, noch kann ein normaler Blutbefund eine bedarfsdeckende Ration implizieren.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Schätzungsweise 15 - 20 % aller Hunde in Deutschland werden voll oder teilweise auf der Basis von rohem Fleisch ernährt. Viele Rohfütternde erstellen die sog. BARF-Rationen mit Hilfe von Informationen aus dem Internet und populärwissenschaftlichen Büchern. Ein großer Teil greift auf vorgefertigtes, tiefgefrorenes BARF-Futter z.B. aus Online-Shops zurück, welches häufig als Alleinfutter deklariert wird. Das Risiko von Nährstoffimbilanzen ist bei dieser Ernährungsweise sehr hoch.

BARF-Blutprofile werden von kommerziellen Laboren als ein einfaches Hilfsmittel für die Besitzer:innen zur Überprüfung der Ernährungssituation ihrer Hunde beworben. Spezialisierte Tiermediziner:innen für Tierernährung werden seltener und in den meisten Fällen erst konsultiert, wenn das Blutprofil Abweichungen von den Referenzbereichen aufweist oder der Hund klinische Symptome zeigt.

Ziel der vorliegenden Studie war es zu bewerten, ob ein BARF-Blutprofil eine Korrelation mit einer computergestützten Rationsüberprüfung aufweist. Mit standardisierten Fragebögen wurden die durchschnittlichen Tagesrationen von 104 Hunden mithilfe von Diet Check Munich©, basierend auf den Werten des National Research Council, analysiert. Von diesen Hunden wurden 83 mit einer Ration auf Rohfleischbasis und 21 mit kommerziellen Futtermitteln gefüttert. Anschließend wurde das von SYNLAB.vet GmbH angebotene "*Barfer-Profil Hund*" mit den Parametern Kalzium, Phosphat, Ca/P-Verhältnis, Vitamin A, Vitamin D, Kupfer, Zink, Mangan und Jod und den zusätzlichen Parametern Taurin, Harnstoff, Harnsäure und Kreatinin durchgeführt.

Es konnte keine signifikante Korrelation $> 0,21$ zwischen nutritiver Versorgung und assoziierten Blutparametern festgestellt werden. Das gemessene Calcidiol im Serum zeigte die höchste Korrelation (0,21; $p = 0,01$) aller geprüften Parameter. Die Rationsberechnungen ergaben in der BARF-Gruppe signifikant mehr und schwerwiegendere Imbalanzen als in der Kontrollgruppe (BARF-Gruppe: 76/83 Mängel, 22/83 Exzesse; Kontrollgruppe: 8/21 Mängel, 1/21 Exzess). Niedriges Plasmataurin (< 46 nmol/l) konnte nur in der BARF-Gruppe bei 2/83 Hunden (2,4 %) nachgewiesen werden.

Nach der Teilnahme entschieden sich rund 30 % der Hundehalter:innen (BARF-

Gruppe) die Ernährung ihrer Hunde mithilfe der Ernährungsberatung an der Medizinischen Kleintierklinik der LMU München zu optimieren. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse ist ein BARF-Blutprofil für die meisten Parameter zur Überprüfung der Ernährung nicht geeignet. Es kann, bei Werten außerhalb des Referenzbereichs, als Anstoß für Besitzer:innen dienen eine professionelle Rationsoptimierung durchführen zu lassen. Die computergestützte Rationsberechnung ist nach wie vor der Goldstandard zur Erkennung von Imbalancen der Ration.

VI. SUMMARY

An estimated 15 - 20 % of all dogs in Germany are fed a full or partial diet of raw meat. Many dog owners create nutritional imbalanced raw meat-based diets (RMBD) with information from the Internet and pseudo-scientific books. Some even use pre prepared frozen raw feed from e.g. online shops that is declared as complete feed. The risks of nutritional imbalances are therefore high. Blood profiles for dogs fed RMBD are promoted by commercial laboratories as a simple tool for the owner to check the nutritional supply situation. Veterinarian nutrition specialists are consulted less frequently and, in most cases, when blood analyses show deviations from reference ranges or the dog starts showing clinical signs.

The aim of the present study was to evaluate whether a RMBD blood profile reflects possible malnutrition according to a computer-aided ration check and to assess its clinical relevance. Using standardized questionnaires, the average daily rations of 104 dogs, 83 of which were fed raw meat-based diets versus 21 commercially fed dogs, were analyzed using Diet Check Munich©, based on the National Research Council values. Afterwards the SYNLAB.vet GmbH "*Barfer-Profil*" test including calcium, phosphate, calcium/phosphate ratio, vitamin A, vitamin D, copper, zinc, manganese and iodine with additional parameters taurine, urea, uric acid, and creatinine was carried out.

No significant correlation between nutrient supply and associated blood parameters could be detected. Measured serum calcidiol showed the highest correlation (0.21; $p = 0.01$) of all parameters tested. Diet calculation revealed significantly more and more severe nutritional imbalances in the RMBD group than in the control group (RMBD group: 76/83 deficiencies, 22/83 excesses; control group: 8/21 deficiencies, 1/21 excess). Low plasma taurine (< 46 nmol/l) could be detected only with 2 dogs in the RMBD group.

After participating, 30% of the dog owners (RMBD group) decided to adjust their dogs' diets at the nutrition consultation of the Clinic for Small Animal Internal Medicine of the LMU Munich. In case of values outside the reference range, it can serve as an encouragement for owners to have a professional ration analysis and optimization carried out. Based on these results, for most parameters a RMBD blood profile is not an appropriate tool to monitor a dog's nutrition and computer-

aided ration calculation remains the gold standard for detecting nutritional imbalances.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

Adesiyun A, Mdirmbita M, Abdullahi S, Alafiatayo R. Experimental infection of dogs with *Yersinia enterocolitica* using three routes. *Tropical Veterinarian* 1990; 8: 39-46.

Adin D, Freeman L, Stepien R, Rush JE, Tjostheim S, Kelliham H, Aherne M, Vereb M, Goldberg R. Effect of type of diet on blood and plasma taurine concentrations, cardiac biomarkers, and echocardiograms in 4 dog breeds. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2021; 35: 771-9.

Alizadeh A, Jazaeri S, Shemshadi B, Hashempour-Baltork F, Sarlak Z, Pilevar Z, Hossien H. A review on inactivation methods of *Toxoplasma gondii* in foods. *Pathog. Glob. Hlth.* 2018; 112 (6): 306–19.

Antolova D, Reiterova K, Miterpakova M, Dinkel A, Dubinský P. The first finding of *Echinococcus multilocularis* in dogs in Slovakia: an emerging risk for spreading of infection. *Zoonoses and Public Health* 2009; 56: 53-8.

Ashwin J, Raji K, Rajan SK, Ben AE, Pillai UN. A case of nutritional secondary hyperparathyroidism in a dog. *Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2010;

Asp NG, Johansson CG, Hallmer H, Siljestroem M. Rapid enzymic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1983; 31: 476-82.

Bacci C, Vismarra A, Dander S, Barilli E, Superchi P. Occurrence and Antimicrobial Profile of Bacterial Pathogens in Former Foodstuff Meat Products Used for Pet Diets. *Journal of Food Protection* 2019; 82: 316-24.

Backus RC, Cohen G, Pion PD, Good KL, Rogers QR, Fascetti AJ. Taurine deficiency in Newfoundlands fed commercially available complete and balanced diets. *J Am Vet Med Assoc* 2003; 223: 1130-6.

Backus RC, Ko KS, Fascetti AJ, Kittleson MD, MacDonald KA, Maggs DJ, Berg JR, Rogers QR. Low Plasma Taurine Concentration in Newfoundland Dogs is Associated with Low Plasma Methionine and Cyst(e)ine Concentrations and Low Taurine Synthesis. *J Nutr* 2006; 136: 2525-33.

Bannasch D, Safra N, Young A, Karmi N, Schaible RS, Ling GV. Mutations in the SLC2A9 gene cause hyperuricosuria and hyperuricemia in the dog. *PLoS Genet* 2008; 4 (11): e1000246.

Barber JS, Payne-Johnson CE, Trees AJ. Distribution of *Neospora caninum* within the central nervous system and other tissues of six dogs with clinical neosporosis. *Journal of Small Animal Practice* 1996; 37: 568-74.

Barko PC, Williams DA. Serum concentrations of lipid-soluble vitamins in dogs with exocrine pancreatic insufficiency treated with pancreatic enzymes. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2018; 32: 1600-8.

Bayerisches Landesamt für Gesundheit, Rinder H. Tiergesundheit *Neospora caninum*: Aborterreger beim Rind 2012: https://www.lgl.bayern.de/tiergesundheit/tierkrankheiten/parasitosen/neospora_caniminum/. 07.02.2022.

Beck A. The copper content of the liver and blood of some vertebrates. *Australian Journal of Zoology* 1956; 4: 1-18.

Becker N, Kienzle E, Dobenecker B. Calcium deficiency: a problem in growing and adult dogs: two case reports. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 2012; 40: 135-9.

Berberian DA. Some Observations on the Effect of Digestive Juices on Scolices of *Echinococcus granulosus* (Batsch). *Journal of Helminthology* 1936; 14: 21-40.

Bergwitz C, Jüppner H. Regulation of Phosphate Homeostasis by PTH, Vitamin D,

and FGF23. *Annual Review of Medicine* 2010; 61: 91-104.

Billingham I (1993) Give your dog a bone - The Practical Commonsense Way to Feed Dogs for a Long Healthy Life. Warrigal Publishing, Australia. 341

Birnstingl M, Stone B, Richards V. Excretion of Radioactive Zinc (Zn65) in Bile, Pancreatic and Duodenal Secretions of the Dog. *American Journal of Physiology-Legacy Content* 1956; 186: 377-9.

Blaner WS, Li Y, Brun P-J, Yuen JJ, Lee S-A, Clugston RD. Vitamin A Absorption, Storage and Mobilization. In: *The Biochemistry of Retinoid Signaling II: The Physiology of Vitamin A - Uptake, Transport, Metabolism and Signaling*. Asson-Batres MA, Rochette-Egly C, eds. Dordrecht: Springer Netherlands 2016: 95-125.

Boer DE, Hahné M. Cross-contamination with *Campylobacter jejuni* and *Salmonella* spp. from Raw Chicken Products During Food Preparation. *Journal of Food Protection* 1990; 53: 1067-8.

Booles D, Burger IH, Whyte AL, Anderson RS, Carlos GM, Robinson IP. Effects of two levels of zinc intake on growth and trace element status in Labrador puppies. *Journal of Nutrition* 1991; 121: S79-80.

Borst GH, Lambers GM, Haagsma J. Type-C botulism in dogs. *Tijdschrift voor diergeneeskunde* 1986; 111: 1104-5.

Böswald LF, Kienzle E, Dobenecker B. Observation about phosphorus and protein supply in cats and dogs prior to the diagnosis of chronic kidney disease. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2018a; 102: 31-6.

Böswald LF, Dobenecker B, Clauss M, Kienzle E. A comparative meta-analysis on the relationship of faecal calcium and phosphorus excretion in mammals. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2018b; 102: 370-9.

Boyer PD, Shaw JH, Phillips PH. Studies on manganese deficiency in the rat. In: *Current Topics in Cellular Regulation*: Elsevier 1984: 155-69.

Bradfield D, Smith MC. The ability of the dog to utilize vitamin A from plant and animal sources. *American Journal of Physiology-Legacy Content* 1938; 124: 168-73.

Braun JP, Lefebvre HP, Watson ADJ. Creatinine in the Dog: A Review. *Veterinary Clinical Pathology* 2003; 32: 162-79.

Breves G, Schröder B. Comparative Aspects of Gastrointestinal Phosphorus Metabolism. *Nutrition research reviews* 1991; 4: 125-40.

Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W. Bestimmung von harnpflichtigen Substanzen im Plasma. In: *Physiologie der Haustiere*, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W, eds.: Enke Verlag 2015a: 720.

Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W. Resorption der Mineralstoffe und Spurenelemente. In: *Physiologie der Haustiere*, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W, eds.: Enke Verlag 2015b: 720.

Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W. Knochen und Calciumhomöostase. In: *Physiologie der Haustiere*, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W, eds.: Enke Verlag 2015c: 720.

Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W. Harnsäure, Oxalat, Allantoin und Hippursäure. In: *Physiologie der Haustiere*, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W, eds.: Enke Verlag 2015d: 720.

Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W. Harnstoff. In: Physiologie der Haustiere, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W, eds.: Enke Verlag 2015e: 720.

Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W. Blut. In: Physiologie der Haustiere, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W, eds.: Enke Verlag 2015f: 720.

Brickman AS, Reddy CR, Coburn JW, Passaro EP, Jowsey J, Norman AW. Biologic action of 1, 25-dihydroxy-vitamin D₃ in the rachitic dog. *Endocrinology* 1973; 92: 728-34.

Bronner F, Pansu D, Stein WD. An analysis of intestinal calcium transport across the rat intestine. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology* 1986; 250: 561-9.

Bronner F. Calcium absorption. In: *Physiology of the gastrointestinal tract*, 2nd edn. Johnson L, Christensen J, Jacobson E, Jackson M, Walsh J, eds. New York: Raven Press 1987: 1419-35.

Broome MR, Peterson ME, Kempainen RJ, Parker VJ, Richter KP. Exogenous thyrotoxicosis in dogs attributable to consumption of all-meat commercial dog food or treats containing excessive thyroid hormone: 14 cases (2008-2013). *J Am Vet Med Assoc* 2015; 246: 105-11.

Bruchim Y, Steinman A, Markovitz M, Baneth G, Elad D, Shpigel NY. Toxicological, bacteriological and serological diagnosis of botulism in a dog. *Veterinary Record* 2006; 158: 768-9.

Budis H, Kalisinska E, Lanocha N, Kosik-Bogacka D. Concentrations of manganese, iron, and strontium in bones of the domestic dog (*Canis lupus familiaris*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2015; 39: 279-86.

Butler MR. Comparison of the chemical composition of some marine algae. *Plant Physiol* 1931; 6: 295-305.

Capraro V. Gender differences in lying in sender-receiver games: A meta-analysis. *Society for Judgment and Decision Making* 2017; 13 (4): 345-55.

Carlson GP. Fluid electrolyte and acid base. In: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. Kancko JJ, ed. San Diego: Academic press Inc 1989: 375-80.

Castillo V, Pisarev M, Lalia J, Rodriguez M, Cabrini R, Marquez A. Nutrition: Commercial diet induced hypothyroidism due to high iodine. A histological and radiological analysis. *Veterinary quarterly* 2001; 23: 218-23.

Chang AR, Anderson C. Dietary phosphorus intake and the kidney. *Annual review of nutrition* 2017; 37: 321-46.

Cobos Á, Díaz O. Chemical Composition of Meat and Meat Products. In: *Handbook of Food Chemistry*. Cheung PCK, Mehta BM, eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2015: 471-510.

Colombini S, Dunstan RW. Zinc-responsive dermatosis in northern-breed dogs: 17 cases (1990-1996). *J Am Vet Med Assoc* 1997; 211: 451-3.

Colombini S. Canine Zinc-Responsive Dermatitis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 1999; 29: 1373-83.

Conraths F, Schares G. Diagnostik und Epidemiologie Neospora-caninum-assoziierter Aborte beim Rind. *Tierärztliche Praxis (G)* 1999; 27: 145-53.

Cope R. Allium species poisoning in dogs and cats. *Veterinary Medicine* 2005; 100 (8): 562.

Cornelissen S, De Roover K, Paepe D, Hesta M, Vandermeulen E, Daminet S.

Dietary hyperthyroidism in a Rottweiler. *Vlaams diergeneeskundig tijdschrift* 2014; 83: 306-11.

Corrente M, Ventrella G, Greco MF, Martella V, Parisi A, Buonavoglia D. Characterisation of a catalase-negative methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolate from a dog. *Veterinary microbiology* 2013; 167: 734-6.

Cortinovis C, Caloni F. Household Food Items Toxic to Dogs and Cats. *Frontiers in Veterinary Science* 2016; 3

Cousins R. Toward a molecular understanding of zinc metabolism. *Clinical physiology and biochemistry* 1986; 4 (1): 20-30.

Cousins RJ. Gastrointestinal Factors Influencing Zinc Absorption and Homeostasis. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 2010; 80: 243-8.

Cox A, Defalque VE, Udenberg TJ, Barnum S, Wademan C. Detection of DNA from undeclared animal species in commercial canine and feline raw meat diets using qPCR. *The Canadian veterinary journal* 2020; 61: 977-84.

Davies RH, Lawes JR, Wales AD. Raw diets for dogs and cats: a review, with particular reference to microbiological hazards. *Journal of Small Animal Practice* 2019; 60: 329-39.

Davis GK, Mertz W. Copper. In: Trace elements in human and animal nutrition. W. Mertz e, ed. Trace Orlando: Academic Press 1987: 301-64.

de Carvalho PR, Pita MCG, Loureiro JE, Tanaka HR, Ribeiro JCS. Manganese deficiency in bovines: connection between manganese metalloenzyme dependent in gestation and congenital defects in newborn calves. *Pakistan Journal of Nutrition* 2010; 9: 488-503.

De Fornel-Thibaud P, Blanchard G, Escoffier-Chateau L, Segond S, Guetta F,

Begon D, Delisle F, Rosenberg D. Unusual case of osteopenia associated with nutritional calcium and vitamin D deficiency in an adult dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 2007; 43: 52-60.

Delaney SJ, Kass PH, Rogers QR, Fascetti AJ. Plasma and whole blood taurine in normal dogs of varying size fed commercially prepared food. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2003; 87: 236-44.

Demko J, McLaughlin R. Developmental orthopedic disease. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 2005; 35: 1111-35.

Denzin N, Conraths FJ, Mettenleiter TC, Freuling CM, Müller T. Monitoring of Pseudorabies in Wild Boar of Germany—A Spatiotemporal Analysis. *Pathogens* 2020; 9: 276.

Deppenmeier S, Schieszler A, Nolte I, Moser I, Hewicker-Trautwein M. Lungentuberkulose mit Nachweis von *Mycobacterium tuberculosis* bei einem Golden Retriever. *Tierärztliche Praxis, Ausgabe K. Kleintiere/Heimtiere* 2007; 35: 111-5.

Desrochers F, Curtis MA. The occurrence of gastrointestinal helminths in dogs from Kuujuaq (Fort Chimo), Quebec, Canada. *Canadian journal of public health* 1987; 78: 403-6.

Dillitzer N, Fritz J. Bedarfsgerechte Ernährung des erwachsenen Hundes. *Tierärzthelfer/in Konkret* 2009; 5: 10-3.

Dillitzer N, Becker N, Kienzle E (2010) Frequency and extent of nutritional imbalances in „Bone And Raw Food“ (BARF) rations. In: *The WALTHAM International Nutritional Sciences Symposium* Cambridge, UK

Dillitzer N, Becker N, Kienzle E. Intake of minerals, trace elements and vitamins in bone and raw food rations in adult dogs. *British Journal of Nutrition* 2011; 106

Suppl 1: 53-6.

Dillitzer N, Fritz J, Kölle P, Liesegang A (2012) Tierärztliche Ernährungsberatung: Diätetik und Fütterung von Hunden, Katzen, Reptilien, Meerschweinchen und Kaninchen. Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, Stuttgart. 407

Dillitzer N, Dobenecker B, Kienzle E, Thes M (2018) Detection of porcine DNA in raw meat packages for dogs and cats. In: ESVCN - European Society of Veterinary & Comparative Nutrition Congress, München

Diquélou A, Chaput C, Benoit E, Priymenko N. Hypocalcaemia due to nutritional calcium deficiency and hypoparathyroidism in an adult dog. The Veterinary record 2005; 156: 45-8.

Dobenecker B, Siedler S (2016) The source of phosphorus influences serum PTH, apparent digestibility and blood levels of calcium and phosphorus in dogs fed high phosphorus diets with balanced Ca/P ratio. Proceedings of Waltham International Nutritional Sciences Symposium. P21

Dobenecker B, Siedler S (2017) Knowing the total amount of phosphorus in a diet is not enough – different sources have different effects. In: 27th. ECVIM-CA Congress, München

Dobenecker B (2018) Phosphataufnahme mit dem Futter - Mögliche Effekte auf die Gesundheit von Hunden und Katzen. DVG Vet-Kongress. Berlin, Deutschland

Dobenecker B (2019) Phosphorus and renal health - what we currently know. In: Companion Animal Nutrition Summit, San José, Costa Rica

Donadelli RA, Pezzali JG, Oba PM, Swanson KS, Coon C, Varney J, Pendlebury C, Shoveller AK. A commercial grain-free diet does not decrease plasma amino acids and taurine status but increases bile acid excretion when fed to Labrador Retrievers. Translational Animal Science 2020 4 (3): txaa141.

Drewes M (2017) Der gesunde Weg: Barfen leicht gemacht. Neobooks. 25

Dubey JP. A review of Sarcocystis of domestic animals and of other coccidia of cats and dogs. J Am Vet Med Assoc 1976; 169: 1061-78.

Dubey JP, Cortés-Vecino JA, Vargas-Duarte JJ, Sundar N, Velmurugan GV, Bandini LM, Polo LJ, Zambrano L, Mora LE, Kwok OCH, Smith T, Su C. Prevalence of Toxoplasma gondii in dogs from Colombia, South America and genetic characterization of T. gondii isolates. Veterinary Parasitology 2007; 145: 45-50.

Dufour-Etienne F, Henry N, Wolter R. Constant pH-multi-enzymatic forecasting methods of the digestibility of proteins in dogs. Recueil de Medecine Veterinaire (France) 1992; 168: 789–96.

Dunlop MM, Sanchez-Vazquez MJ, Freeman KP, Gibson G, Sacchini F, Lewis F. Determination of serum biochemistry reference intervals in a large sample of adult greyhounds. Journal of Small Animal Practice 2011; 52: 4-10.

Erben RG. Vitamin D. In: Physiologie der Haustiere, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W, eds.: Enke Verlag 2015a:

Erben RG. Störungen der Calciumhomöostase. In: Physiologie der Haustiere, 5., vollständig überarbeitete Auflage edn. Breves G, Diener M, Gäbel G, von Engelhardt W, eds.: Enke Verlag 2015b:

Ettinger SJ, Feldman EC, Cote E (2017) Textbook of Veterinary Internal Medicine-eBook. Elsevier health sciences. 2182

Europäische Union (2003) Verordnung (EG) Nr. 1831/2003, des europäischen Parlaments und des Rates der europäischen Union vom 22. September 2003 über Zusatzstoffe zur Verwendung in der Tierernährung, Official Journal of the

European Communities. 29-43

Europäische Union (2009) Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 des europäischen Parlaments und des Rates der europäischen Union vom 21. Oktober 2009 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002. In: Verordnung über tierische Nebenprodukte, Official Journal of the European Communities. 33

Europäische Union (2011) Verordnung (EU) Nr. 142/2011 der Kommission vom 25. Februar 2011 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1069/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte sowie zur Durchführung der Richtlinie 97/78/EG des Rates hinsichtlich bestimmter gemäß der genannten Richtlinie von Veterinärkontrollen an der Grenze befreiter Proben und Waren, Official Journal of the European Communities. 254

Europäische Union (2013) Verordnung (EG) Nr. 767/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juli 2009 über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln, Official Journal of the European Communities 28

Fascetti AJ, Reed JR, Rogers QR, Backus RC. Taurine deficiency in dogs with dilated cardiomyopathy: 12 cases (1997-2001). Journal of American Veterinary Medical Association 2003; 223: 1137-41.

Fayer R. Development of Sarcocystis fusiformis in the Small Intestine of the Dog. The Journal of Parasitology 1974; 60: 660-5.

FDA. Investigating Potential Connection Between Diet and Cases of Canine Heart Disease. USA: U.S. Food and Drug Administration 2018; 12.07.2018: <https://wayback.archive-it.org/7993/20201222194256/https://www.fda.gov/animal-veterinary/cvm-updates/fda-investigating-potential-connection-between-diet-and-cases-canine-heart-disease>. 16.02.2022.

FDA. Investigation into Potential Link between Certain Diets and Canine Dilated Cardiomyopathy. Administration USFaD, ed. USA: U.S. Food and Drug Administration 2019; 27.06.2019: <https://www.fda.gov/animal-veterinary/outbreaks-and-advisories/fda-investigation-potential-link-between-certain-diets-and-canine-dilated-cardiomyopathy>. 01.04.2022.

FEDIAF. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. European Pet Food Industry Federation Brussels 2020: 1-96.

Feldman E, Nelson R. Hypothyreose In: Canine and Feline Endocrinology and Reproduction, 2nd edn Philadelphia: WB Saunders 1996: 68-117.

Fenwick S, Madie P, Wilks C. Duration of carriage and transmission of *Yersinia enterocolitica* biotype 4, serotype 0: 3 in dogs. *Epidemiology & Infection* 1994; 113: 471-7.

Fieten H, Hooijer-Nouwens BD, Biourge VC, Leegwater PAJ, Watson AL, van den Ingh TSGAM, Rothuizen J. Association of Dietary Copper and Zinc Levels with Hepatic Copper and Zinc Concentration in Labrador Retrievers. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2012; 26: 1274-80.

Fieten H, Hugén S, van den Ingh TSGAM, Hendriks WH, Vernooij JCM, Bode P, Watson AL, Leegwater PAJ, Rothuizen J. Urinary excretion of copper, zinc and iron with and without D-penicillamine administration in relation to hepatic copper concentration in dogs. *The Veterinary Journal* 2013; 197: 468-73.

Finley R, Reid-Smith R, Weese JS, Angulo FJ. Human Health Implications of Salmonella-Contaminated Natural Pet Treats and Raw Pet Food. *Clinical Infectious Diseases* 2006; 42: 686-91.

Fredriksson-Ahomaa M, Heikkilä T, Pernu N, Kovanen S, Hielm-Bjorkman A, Kivisto R. Raw Meat-Based Diets in Dogs and Cats. *Veterinary Science* 2017; 4

Fredriksson-Ahomaa M, Korte T, Korkeala H. Transmission of *Yersinia enterocolitica* 4/O: 3 to pets via contaminated pork. *Letters in Applied Microbiology* 2001; 32: 375-8.

Freeman LM, Chandler ML, Hamper BA, Weeth LP. Current knowledge about the risks and benefits of raw meat-based diets for dogs and cats. *Journal of American Veterinary Medical Association* 2013; 243: 1549-58.

Freeman LM, Stern JA, Fries R, Adin DB, Rush JE. Diet-associated dilated cardiomyopathy in dogs: what do we know? *J Am Vet Med Assoc* 2018; 253: 1390-4.

Freid KJ, Freeman LM, Rush JE, Cunningham SM, Davis MS, Karlin ET, Yang VK. Retrospective study of dilated cardiomyopathy in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2021; 35: 58-67.

Frisk C. The Effects of Different Diets on Haematology and Serum Biochemistry in Dogs. *Diss. med. vet.* 2019. University of Helsinki.

Fritz J (2018) *Hunde barfen: Alles über Rohfütterung* Verlag Eugen Ulmer. 232

Fuchs K (2019) *Prey Model Raw: Rohfütterung Für Hunde*. Independently Published

Fuller TJ, Nichols WW, Brenner BJ, Peterson JC. Reversible depression in myocardial performance in dogs with experimental phosphorus deficiency. *The Journal of Clinical Investigation* 1978; 62: 1194-200.

Gascon-Barre M, Huet P-M. Role of the Liver in the Homeostasis of Calciferol Metabolism in the Dog. *Endocrinology* 1982; 110: 563-70.

Gauthier SF, Vachon C, Jones JD, Savoie L. Assessment of Protein Digestibility by In Vitro Enzymatic Hydrolysis with Simultaneous Dialysis. *J Nutr* 1982; 112: 1718-

25.

Gerber B, Hässig M, Reusch CE. Serum concentrations of 1,25-dihydroxycholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol in clinically normal dogs and dogs with acute and chronic renal failure. *American Journal of Veterinary Research* 2003; 64: 1161-6.

Gestrich R, Heydorn AO. Untersuchungen zur Überlebensdauer von Sarkosporidienzysten im Fleisch von Schlachttieren. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 1974; 87: 475-6.

Gianella P, Pfammatter NS, Burgener IA. Oesophageal and gastric endoscopic foreign body removal: complications and follow-up of 102 dogs. *Journal of Small Animal Practice* 2009; 50: 649-54.

Gingerich K, Parnell N, Moore G. Serum magnesium and zinc concentrations in dogs with inflammatory bowel disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2008; 22: 747-8.

Goindi G, Karmarkar M, Kapil U, Jagannathan J. Estimation of losses of iodine during different cooking procedures. *Asia Pac. J. Clin. Nutr* 1995; 4: 225-7.

Goltsch M, Müller A, Rückert C. Junghunde mit rassespezifischen orthopädischen Problemen–Eignen sich kommerzielle Alleinfuttermittel für Junghunde großer Rassen? *kleintier konkret* 2019; 22: 16-24.

Goresky CA, Holmes TH, Sass-Kortsak A. The initial uptake of copper by the liver in the dog. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 1968; 46: 771-84.

Gow AG, Else R, Evans H, Berry JL, Herrtage ME, Mellanby RJ. Hypovitaminosis D in dogs with inflammatory bowel disease and hypoalbuminaemia. *Journal of Small Animal Practice* 2011; 52: 411-8.

Grafmeyer D, Bondon M, Manchon M, Levillain P. The influence of bilirubin, haemolysis and turbidity on 20 analytical tests performed on automatic analysers. 1995: 31-52.

Gras LM, Smid JH, Wagenaar JA, Koene MGJ, Havelaar AH, Friesema IHM, French NP, Flemming C, Galson JD, Graziani C, Busani L, Van Pelt W. Increased risk for *Campylobacter jejuni* and *C. coli* infection of pet origin in dog owners and evidence for genetic association between strains causing infection in humans and their pets. *Epidemiology and Infection* 2013; 141: 2526-35.

Green AS, Fascetti AJ. Meeting the Vitamin A Requirement: The Efficacy and Importance of β -Carotene in Animal Species. *ScientificWorldJournal* 2016; 2016: 7393620.

Green NM. Avidin. In: *Advances in Protein Chemistry*. Anfinsen CB, Edsall JT, Richards FM, eds.: Academic Press 1975: 85-133.

Groenewold S (2020) BARF für Einsteiger: Wie Sie ohne Vorwissen Ihren Hund mit artgerechtem rohem Futter gesund ernähren - inkl. Tipps für das erfolgreiche Barfen und den besten Rezepten für einen glücklichen Vierbeiner. Books on Demand

Gross KL, Wedekind KJ, Cowell CS, Schoenherr WD, Jewell DE, Zicker SC, Debraekeleer J, Frey RA. Nutrients. *Small Animal Clinical Nutrition* 2000; 4: 21-107.

Gunther R, Felice L, Nelson R, Franson A. Toxicity of a vitamin D3 rodenticide to dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1988; 193: 211-4.

Gylfason HF, Arnardottir AA, Kristinsson K. More on gender differences in lying. *Economics Letters* 2013; 119: 94-6.

Haldimann M, Alt A, Blanc A, Blondeau K. Iodine content of food groups. *Journal*

of Food Composition and Analysis 2005; 18: 461-71.

Hall G, Breheny C, Khan Z, Schwarz T, Mellanby RJ. Severe nutritional deficiencies and osteopenia in a dog fed a homemade raw diet. *Veterinary Record Case Reports* 2020; 8: e001038.

Hall JA, Yerramilli M, Obare E, Yerramilli M, Melendez LD, Jewell DE. Relationship between lean body mass and serum renal biomarkers in healthy dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2015; 29: 808-14.

Hambidge K, Casey C, Krebs N. Zinc In: Trace elements in human and animal nutrition. W.(Ed) M, ed. New York: Academic Press 1986: 1-137.

Hand MS (2002) *Klinische Diätetik für Kleintiere*, 4 edn. Schlütersche, Stuttgart

Hansen SR, Buck WB, Meerdink G, Khan SA. Weakness, tremors, and depression associated with macadamia nuts in dogs. *Veterinary and human toxicology* 2000; 42: 18-21.

Hansen SR. Macadamia nut toxicosis in dogs. *Veterinary Medicine* 2002; 97: 274-6.

Hardy R. Chronic progressive hepatitis in Bedlington terriers associated with elevated liver copper concentrations. *Minn. Vet.* 1975; 15: 13-24.

Harvey JW, Rackear D. Experimental onion-induced hemolytic anemia in dogs. *Vet Pathol* 1985; 22 (4): 387-92.

Hazewinkel HA. Influences of Different Calcium Intakes on Calcium Metabolism and Skeletal Development in Young Great Danes. *Diss. med. vet.* 1985a. Universität Utrecht.

Hazewinkel HA. Influences of chronic calcium excess on the skeletal development

of growing Great Danes. *J Am Anim Hosp Assoc* 1985b; 21: 377-91.

Hazewinkel HA, How KL, Bosch R, Goedegebuure SA, Voorhout G (1987) Inadequate photosynthesis of vitamin D in dogs. Nutrition, Malnutrition, and Dietetics in the Dog and Cat. Proceedings of the International Symposium Hanover, Deutschland

Hazewinkel HA, Van den Brom WE, Van TKAT, Voorhout G, Van Wees A. Calcium metabolism in Great Dane dogs fed diets with various calcium and phosphorus levels. *J Nutr* 1991; 121: 99-106.

Hedhammar A, Wu FM, Krook L, Schryver HF, De Lahunta A, Whalen JP, Kallfelz FA, Nunez EA, Hintz HF, Sheffy BE, Ryan GD. Overnutrition and skeletal disease. An experimental study in growing Great Dane dogs. *Cornell Vet* 1974; 64: 53-7.

Hellgren J, Hästö LS, Wikström C, Fernström L-L, Hansson I. Occurrence of Salmonella, Campylobacter, Clostridium and Enterobacteriaceae in raw meat-based diets for dogs. *Veterinary Record* 2019; 184: 442-.

Hemphill A, Gottstein B. A European perspective on *Neospora caninum*. *International journal for parasitology* 2000; 30: 877-924.

Hendriks WH, Sritharan K. Apparent Ileal and Fecal Digestibility of Dietary Protein Is Different in Dogs. *J Nutr* 2002; 132: 1692-4.

Henry PR. 11 - Manganese bioavailability. In: Bioavailability of Nutrients for Animals. Ammerman CB, Baker DH, Lewis AJ, eds. San Diego: Academic Press 1995: 239-56.

Herbst S, Dobenecker B (2019) Effects of phosphorus addition from organic and inorganic sources on kinetics of selected blood parameters in dogs. In: ESCVN European society of Veterinary & Comparative Nutrition Congress, München

Hetzel B, Maberly G. Iodine. Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press Inc, London 1986; 5: 139-208.

Heydorn AO, Rommel M. Contributions on the life cycle of Sarcosporidia. II. Dog and cat as vectors of cattle Sarcosporidia. Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift 1972; 85: 121-3.

Hoffmann G, Van Den Ingh TSGAM, Bode P, Rothuizen J. Copper-associated chronic hepatitis in Labrador Retrievers. Journal of Veterinary Internal Medicine 2006; 20: 856-61.

Hotz C. Evidence for the usefulness of in vitro dialyzability, Caco-2 cell models, animal models, and algorithms to predict zinc bioavailability in humans. International Journal for Vitamin and Nutrition Research 2005; 75: 423-35.

Hotz C. Dietary Indicators for Assessing the Adequacy of Population Zinc Intakes. Food and Nutrition Bulletin 2007; 28: S430-S53.

How KL, Hazewinkel HA, Mol JA. Dietary Vitamin D Dependence of Cat and Dog Due to Inadequate Cutaneous Synthesis of Vitamin D. General and Comparative Endocrinology 1994; 96: 12-8.

Huber TL, Laflamme DP, Medleau L, Comer KM, Rakich PM. Comparison of procedures for assessing adequacy of dog foods. J Am Vet Med Assoc 1991; 199: 731-4.

Hummel P. Über das Vorkommen von atypischen Mykobakterien bei Hund und Katze. Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B 1966; 13: 51-61.

Hurley L, Keen C. Manganese. Trace elements in human and animal nutrition. Academy Pres 1987;

Ilgažs A, Birgele E. Correlation between the condition of the mouth cavity and food

in different breed of dogs. Veterinarija ir zootechnika 2003; 21: 13-6.

Industrieverband Heimtierbedarf e.V., Zentralverband Zoologischer Fachbetriebe Deutschlands e.V. Die Liebe zum Heimtier hält unvermindert an. Lebensmittel Zeitung Deutscher Fachverlag GmbH 2022; 30.04.2020: <https://www.zzf.de/presse/meldungen/meldungen/article/die-liebe-zum-heimtier-haelt-unvermindert-an.html?L=0>. 22.08.2022.

Jacobsen JG, Smith LH. Biochemistry and physiology of taurine and taurine derivatives. Physiological Reviews 1968; 48: 424-511.

Jakobsen J, Smith C, Bysted A, Cashman KD. Vitamin D in Wild and Farmed Atlantic Salmon (*Salmo Salar*)-What Do We Know? Nutrients 2019; 11

Joffe DJ, Schlesinger DP. Preliminary assessment of the risk of Salmonella infection in dogs fed raw chicken diets. The Canadian Veterinary Journal 2002; 43: 441-2.

Johnson ML, Parsons CM, Fahey GC, Jr., Merchen NR, Aldrich CG. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. Journal of Animal Science 1998; 76: 1112-22.

Joshi D, Joshi A, Joshi H. Epidemiology of echinococcosis in Nepal. Southeast Asian journal of tropical medicine and public health 1997; 28: 26-31.

Kamphues J, Wolf P, Coenen M, Eder K, Iben C, Kienzle E, Liesegang A, Männer K, Zebeli Q, Zentek J (2014) Supplemente zur Tierernährung für Studium und Praxis. M. & H. Schaper, Stuttgart, Deutschland. 536

Kaneko JJ (1989) Clinical biochemistry of domestic animals, 4. edn. Academic press, New York, London

Kaplan JL, Stern JA, Fascetti AJ, Larsen JA, Skolnik H, Peddle GD, Kienle RD, Waxman A, Cocchiaro M, Gunther-Harrington CT, Klose T, LaFauci K, Lefbom B, Machen Lamy M, Malakoff R, Nishimura S, Oldach M, Rosenthal S, Stauthammer C, O'Sullivan L, Visser LC, William R, Ontiveros E. Taurine deficiency and dilated cardiomyopathy in golden retrievers fed commercial diets. *PloS one* 2018; 13: e0209112.

Karl H, Münkner W, Krause S, Bagge I. Determination, spatial variation and distribution of iodine in fish. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 2001; 97: 89-96.

Kealy RD, Olsson SE, Monti KL, Lawler DF, Biery DN, Helms RW, Lust G, Smith GK. Effects of limited food consumption on the incidence of hip dysplasia in growing dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1992; 201: 857-63.

Kealy RD, Lawler DF, Ballam JM, Mantz SL, Biery DN, Greeley EH, Lust G, Segre M, Smith GK, Stowe HD. Effects of diet restriction on life span and age-related changes in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2002; 220: 1315-20.

Kempker K, Güssow A, Cook AM, Rick M, Neiger R. Alimentäre Thyreotoxikose bei zwei Hunden. *Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere/Heimtiere* 2017; 45: 193-8.

Kemppainen RJ, Birchfield JR. Measurement of total thyroxine concentration in serum from dogs and cats by use of various methods. *American Journal of Veterinary Research* 2006; 67: 259-65.

Kennedy JA, Kray LJ. Gender Similarities and Differences in Dishonesty. *Current Opinion in Psychology* 2022: 101461.

Kern P, Ammon A, Kron M, Sinn G, Sander S, Petersen L, Gaus W, Kern P. Risk Factors for Alveolar Echinococcosis in Humans. *Emerging infectious diseases* 2005; 10: 2088-93.

Kies C. Bioavailability: a factor in protein quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1981; 29: 435-40.

Kittleson MD, Keene B, Pion PD, Loyer CG. Results of the Multicenter Spaniel Trial (MUST): Taurine-and Carnitine-Responsive Dilated Cardiomyopathy in American Cocker Spaniels With Decreased Plasma Taurine Concentration. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 1997; 11: 204-11.

Ko KS, Backus RC, Berg JR, Lame MW, Rogers QR. Differences in Taurine Synthesis Rate among Dogs Relate to Differences in Their Maintenance Energy Requirement. *J Nutr* 2007; 137: 1171-5.

Kobayashi T, Takeuchi A, Okano T, Burckhardt P, Heaney R. Vitamin D contents in various kinds of Japanese foods. *Challenges of Modern Medicine* 1995; 7: 345-50.

Köhler B, Stengel C, Neiger R. Dietary hyperthyroidism in dogs. *Journal of Small Animal Practice* 2012; 53: 182-4.

Kölle P, Schmidt M. Raw-meat-based diets (RMBD) as a feeding principle for dogs. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 2015; 43: 409-19.

Kotula AW, Dubey JP, Sharar AK, Andrews CD, Shen SK, Lindsay DS. Effect of Freezing on Infectivity of *Toxoplasma Gondii* Tissue Cysts in Pork. *J Food Prot* 1991; 54: 687-90.

Kraft W (2005) *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin*. Schattauer Verlag, Stuttgart, Deutschland. 534

Kraft W, Dürr UM. Gewinnung der Blutproben. In: *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage* edn. Moritz A, ed.: Schattauer GmbH 2013a: 955.

Kraft W, Dürr UM. Harnpflichtige Substrate im Serum/Plasma. In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage edn. Moritz A, ed.: Schattauer GmbH 2013b: 955.

Kraft W, Dürr UM. Kreatinin. In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage edn. Moritz A, ed.: Schattauer GmbH 2013c: 955.

Kraft W, Dürr UM. Spurenelementanalyse. In: Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage edn. Moritz A, ed.: Schattauer GmbH 2013d: 955.

Kramer GA, Kittleson MD, Fox PR, Lewis J, Pion PD. Plasma taurine concentrations in normal dogs and in dogs with heart disease. J Vet Intern Med 1995; 9: 253-8.

Kritikos G, Weidner N, Atkinson JL, Bayle J, van Hoek I, Verbrugghe A. Quantification of vitamin D3 in commercial dog foods and comparison with Association of American Feed Control Officials recommendations and manufacturer-reported concentrations. J Am Vet Med Assoc 2018; 252: 1521-6.

Küblbeck C. Untersuchungen zur Jodversorgung von Hunden und Katzen in Frankreich. Diss. med. vet. 2003. LMU München.

Laboklin. BARFEN - Worauf zu achten ist. Germany: LABOKLIN Aktuell 2018: <https://laboklin.com/at/laboklin-aktuell/details/article/barfen/>. 22.08.2022.

Lacour SA, Heckmann A, Macé P, Grasset-Chevillot A, Zanella G, Vallée I, Kapel CM, Boireau P. Freeze-tolerance of Trichinella muscle larvae in experimentally infected wild boars. Veterinary Parasitology 2013; 194: 175-8.

Laflamme D. Development and validation of a body condition score system for dogs. Canine practice. 1997; 22: 10-5.

Laidlaw S, Grosvenor M, Kopple J. The taurine content of common foodstuffs. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 1990; 14: 183-8.

Lange AC. Urinary Iodide level in dogs and cats from different geographical areas of Hungary. *Diss. med. vet.* 2017. University of Veterinary Medicine Budapest.

Latimer K, Jain A, Inglesby H, Clarkson W, Johnson G. Zinc-induced hemolytic anemia caused by ingestion of pennies by a pup. *J Am Vet Med Assoc* 1989; 195: 77-80.

Lauten SD, Smith TM, Kirk C. Computer analysis of nutrient sufficiency of published home-cooked diets for dogs and cats *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2005; 19 (3): 476-7.

Lawrence J, Chang Y-MR, Szladovits B, Davison LJ, Garden OA. Breed-Specific Hematological Phenotypes in the Dog: A Natural Resource for the Genetic Dissection of Hematological Parameters in a Mammalian Species. *PloS one* 2013; 8: e81288.

Lefebvre SL, Reid-Smith R, Boerlin P, Weese JS. Evaluation of the Risks of Shedding Salmonellae and Other Potential Pathogens by Therapy Dogs Fed Raw Diets in Ontario and Alberta. *Zoonoses and Public Health* 2008; 55: 470-80.

LeJeune JT, Hancock DD. Public health concerns associated with feeding raw meat diets to dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2001; 219: 1222-5.

Leonard EK, Pearl DL, Finley RL, Janecko N, Peregrine AS, Reid-Smith RJ, Weese JS. Evaluation of Pet-Related Management Factors and the Risk of Salmonella spp. Carriage in Pet Dogs from Volunteer Households in Ontario (2005–2006). *Zoonoses and Public Health* 2011; 58: 140-9.

Linder MC. Extracellular Copper Substituents and Mammalian Copper Transport. In: *Biochemistry of Copper* Boston, MA: Springer US 1991: 73-134.

Linder MC, Hazegh-Azam M. Copper biochemistry and molecular biology. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1996; 63: 797S-811S.

Linder MC. Ceruloplasmin and other copper binding components of blood plasma and their functions: an update. *Metallomics* 2016; 8: 887-905.

Lineva A, Kienzle E, Dobenecker B (2017) Investigations on dietary phosphorus solubility in water and acid medium from foods and mineral sources used for dog and cat nutrition. Proceedings des 21. ESVCN Congress, Cirencester, Great Britain

Lineva A, Benković E, Kreft S, Kienzle E. Remarkable frequency of a history of liver disease in dogs fed homemade diets with buckwheat. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 2019a; 47: 242-6.

Lineva A, Kirchner R, Kienzle E, Kamphues J, Dobenecker B. A pilot study on in vitro solubility of phosphorus from mineral sources, feed ingredients and compound feed for pigs, poultry, dogs and cats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2019b; 103: 317-23.

Logas D, Kunkle GA, McDowell L. Comparison of Serum Zinc Levels in Healthy, Systemically Ill and Dermatologically Diseased Dogs. *Veterinary Dermatology* 1993; 4: 61-4.

Lognone V. Algen in der Tierernährung. *Lohmann Info* 2003: 1-4.

Lonsdale T. Cybernetic hypothesis of periodontal disease in mammalian carnivores. *Journal of veterinary dentistry* 1994; 11: 5-8.

Losey RJ, Jessup E, Nomokonova T, Sablin M. Craniomandibular Trauma and Tooth Loss in Northern Dogs and Wolves: Implications for the Archaeological Study of Dog Husbandry and Domestication. *PloS one* 2014; 9 (6): e99746.

Lowe JA, Wiseman J, Cole DJA. Zinc source influences zinc retention in hair and

hair growth in the dog. *J Nutr* 1994; 124: 2575-6.

Ludwig J, Owen Jr C, Barham S, McCall J, Hardy R. The liver in the inherited copper disease of Bedlington terriers. *Laboratory investigation* 1980; 43: 82-7.

Mack JK, Alexander LG, Morris PJ, Dobenecker B, Kienzle E. Demonstration of uniformity of calcium absorption in adult dogs and cats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2015; 99: 801-9.

Mack JK, Kienzle E. Fehlversorgungen in „BARF“-Futterplänen für einen Wurf Berner-Sennenhund-Welpen. *Tierarztl Prax Ausg K* 2016; 44: 341-7.

Macpherson CNL. Human behaviour and the epidemiology of parasitic zoonoses. *International journal for parasitology* 2005; 35: 1319-31.

Madsen H. The distribution of *Trichinella spiralis* in sledge dogs and wild mammals in Greenland under a global aspect. *Meddelelser om Gronland*. 1961; 159

Majchrzak D, Fabian E, Elmadfa I. Vitamin A content (retinol and retinyl esters) in livers of different animals. *Food Chemistry* 2006; 98: 704-10.

Mandigers PJJ, Van Den Ingh TSGAM, Bode P, Teske E, Rothuizen J. Association between liver copper concentration and subclinical hepatitis in Doberman Pinschers. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2004; 18: 647-50.

Mangin M, Sinha R, Fincher K. Inflammation and vitamin D: the infection connection. *Inflammation Research* 2014; 63: 803-19.

Mansilla WD, Marinangeli CPF, Ekenstedt KJ, Larsen JA, Aldrich G, Columbus DA, Weber L, Abood SK, Shoveller AK. Special topic: The association between pulse ingredients and canine dilated cardiomyopathy: addressing the knowledge gaps before establishing causation. *J Anim Sci* 2019; 97: 983-97.

Markou K, Georgopoulos N, Kyriazopoulou V, Vagenakis AG. Iodine-induced hypothyroidism. *Thyroid* 2001; 11: 501-10.

Matissek R. Unerwünschte Stoffe, und Prozesskontaminanten in Lebensmitteln. In: *Lebensmittelchemie* Berlin: Springer 2019: 357-487.

Matsuno T. Animal Carotenoids. In: *Carotenoids: Chemistry and Biology*. Krinsky NI M-RM, Tayler RF ed. New York: Plenum Press 1989: 59-74.

Mattila P, Piironen V, Uusi-Rauva E, Koivistoinen P. Cholecalciferol and 25-Hydroxycholecalciferol Contents in Fish and Fish Products. *Journal of Food Composition and Analysis* 1995; 8: 232-43.

McDonald P, Edwards R, Greenhalgh J, Morgan C, Sinclair L, Wilkinson R. Metabolisable energy (ME). In: *Animal nutrition* England: Pearson Educational Ltd. 2011: 692.

McDowell LR (2003) *Minerals in animal and human nutrition*. Elsevier Science BV

Mehrabani D, Oryan A, Sadjjadi SM. Prevalence of *Echinococcus granulosus* infection in stray dogs and herbivores in Shiraz, Iran. *Veterinary Parasitology* 1999; 86: 217-20.

Mellanby SE. The part played by an accessory factor in the production of experimental rickets. 1918;

Meyer H (1983) *Ernährung des Hundes*, 1. edn. Ulmer, Stuttgart. 411

Meyer H (1984) Mineral metabolism and requirements in bitches and suckling pups. *Nutrition and behaviour in dogs and cats: proceedings, First Nordic Symposium on Small Animal Veterinary Medicine, Oslo, September 15-18, 1982*/editor RS Anderson

Meyer H, Zentek J. Energy Requirements of Growing Great Danes. *J Nutr* 1991; 121: 35-6.

Morelli G, Bastianello S, Catellani P, Ricci R. Raw meat-based diets for dogs: survey of owners' motivations, attitudes and practices. *BMC Veterinary Research* 2019; 15: 74.

Morelli G, Catellani P, Miotti Scapin R, Bastianello S, Conficoni D, Contiero B, Ricci R. Evaluation of microbial contamination and effects of storage in raw meat-based dog foods purchased online. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2020; 104: 690-7.

Morgan AF, Shimotori N. The Absorption and Retention by Dogs of Single Massive Doses of Various Forms of Vitamin D. *Journal of Biological Chemistry* 1943; 147: 189-200.

Morgan SK, Willis S, Shepherd M. Survey of owner motivations and veterinary input of owners feeding diets containing raw animal products. *Peerj* 2017; 5: 3031.

Morgan UM, Xiao L, Monis P, Fall A, Irwin PJ, Fayer R, Denholm KM, Limor J, Lal A, Thompson RCA. *Cryptosporidium* spp. in domestic dogs: the "dog" genotype. *Applied and Environmental Microbiology* 2000; 66: 2220-3.

Morris PJ, Salt C, Raila J, Brenten T, Kohn B, Schweigert FJ, Zentek J. Safety evaluation of vitamin A in growing dogs. *British Journal of Nutrition* 2012; 108: 1800-9.

Mudge G, Cucchi J, Platts M, O'Connell J, Berndt W. Renal excretion of uric acid in the dog. *American Journal of Physiology-Legacy Content* 1968; 215: 404-10.

Müller T, Bätza H-J, Schlüter H, Conraths FJ, Mettenleiter TC. Eradication of Aujeszky's Disease in Germany. *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 2003a; 50: 207-13.

Müller T, Bätza HJ, Schlüter H, Conraths F, Mettenleiter T. Eradication of Aujeszky's disease in Germany. *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 2003b; 50: 207-13.

Mulligan R, Stricker F. Metastatic calcification produced in dogs by hypervitaminosis D and haliphagia. *The American Journal of Pathology* 1948; 24: 451.

Nabity MB, Lees GE, Boggess MM, Yerramilli M, Obare E, Yerramilli M, Rakitin A, Aguiar J, Relford R. Symmetric Dimethylarginine Assay Validation, Stability, and Evaluation as a Marker for the Early Detection of Chronic Kidney Disease in Dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2015; 29: 1036-44.

Nath SK, Moinier B, Thuillier F, Rongier M, Desjeux JF. Urinary excretion of iodide and fluoride from supplemented food grade salt. *Int J Vitam Nutr Res* 1992; 62: 66-72.

Nelson R, Turnwald GH, Willard MD. Endokrine und metabolische Störungen. *Labordiagnostik in der Kleintierpraxis*. Willard MD, Tvedten H. Hrsg. München: Elsevier, Urban & Fischer 2006: 201-54.

Nelson RW, Couto CG (2019) *Small Animal Internal Medicine - E-Book*. Elsevier Health Sciences. 1585

Nemser SM, Doran T, Grabenstein M, McConnell T, McGrath T, Pamboukian R, Smith AC, Achen M, Danzeisen G, Kim S, Liu Y, Robeson S, Rosario G, McWilliams Wilson K, Reimschuessel R. Investigation of *Listeria*, *Salmonella*, and Toxigenic *Escherichia coli* in Various Pet Foods. *Foodborne Pathog Dis* 2014; 11: 706-9.

Norris WP, Fritz TE, Taylor JA. Cycle of accommodation to restricted dietary iodide in the thyroid gland of the beagle dog. *American Journal of Veterinary Research* 1970; 31: 21-33.

Nott HM, Rigby SI, Johnson JV, Bailey SJ, Burger IH. Design of digestibility trials for dogs and cats. *J Nutr* 1994; 124: 2582-3.

NRC (2005) Mineral tolerance of animals: Second Revised Edition, 2. edn. National Academies Press, Vereinigtes Königreich. 496

NRC (2006) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academies Press, Washington, D.C. 424

Nüesch-Inderbinnen M, Treier A, Zurfluh K, Stephan R. Raw meat-based diets for companion animals: a potential source of transmission of pathogenic and antimicrobial-resistant Enterobacteriaceae. *Royal Society Open Science* 2019; 6: 191170.

Nuttall WO. Letters to the editor. *New Zealand Veterinary Journal* 1986; 34: 72-.

Osborne C, Bartges J, Lulich J, Albasan H, Weiss C. Canine purine urolithiasis: causes, detection, management and prevention. *Small Animal Clinical Nutrition* 2010; 5: 833-53.

Özpinar H, Abas I, Bilal T, Demirel G. Investigation of excretion and absorption of different zinc salts in puppies. *Laboratory animals* 2001; 35: 282-7.

Panda D, Patra RC, Nandi S, Swarup D. Oxidative stress indices in gastroenteritis in dogs with canine parvoviral infection. *Res Vet Sci* 2009; 86: 36-42.

Pannwitz G, Freuling C, Denzin N, Schaarschmidt U, Nieper H, Hlinak A, Burkhardt S, Klopries M, Dedek J, Hoffmann L. A long-term serological survey on Aujeszky's disease virus infections in wild boar in East Germany. *Epidemiology & Infection* 2012; 140: 348-58.

Pansu D, Bellaton C, Bronner F. Effect of Lactose on Duodenal Calcium-Binding Protein and Calcium Absorption. *J Nutr* 1979; 109: 508-12.

Pansu D, Duflos C, Bellaton C, Bronner F. Solubility and intestinal transit time limit calcium absorption in rats. *J Nutr* 1993; 123: 1396-404.

Parker VJ, Harjes LM, Dembek K, Young GS, Chew DJ, Toribio RE. Association of Vitamin D Metabolites with Parathyroid Hormone, Fibroblast Growth Factor-23, Calcium, and Phosphorus in Dogs with Various Stages of Chronic Kidney Disease. *J Vet Intern Med* 2017; 31: 791-8.

Pasantes-Morales H, Quesada O, Alcocer L, Sánchez Olea R. Taurine content in foods. *Nutr Rep Int* 1989; 40: 793-801.

Pedersen B, Eggum BO. Prediction of protein digestibility by an in vitro enzymatic pH-stat procedure. *Z Tierphysiol Tierernahr Futtermittelkd* 1983; 49: 265-77.

Pedraza-Chaverrí J, Torres-Rodríguez GA, Cruz C, Mainero A, Tapia E, Ibarra-Rubio ME, Silencio JL. Copper and Zinc Metabolism in Aminonucleoside-Induced Nephrotic Syndrome. *Nephron* 1994; 66: 87-92.

Pedrinelli V, Zafalon RVA, Rodrigues RBA, Perini MP, Conti RMC, Vendramini THA, de Carvalho Balieiro JC, Brunetto MA. Concentrations of macronutrients, minerals and heavy metals in home-prepared diets for adult dogs and cats. *Scientific Reports* 2019; 9: 13058.

Pelander L, Häggström J, Larsson A, Syme H, Elliott J, Heiene R, Ljungvall I. Comparison of the diagnostic value of symmetric dimethylarginine, cystatin C, and creatinine for detection of decreased glomerular filtration rate in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2019; 33: 630-9.

Peters JM. A separation of the direct toxic effects of dietary raw egg white powder from its action in producing biotin deficiency. *British Journal of Nutrition* 1967; 21: 801-9.

Peters M, Wagner F, Schares G. Canine neosporosis: clinical and pathological

findings and first isolation of *Neospora caninum* in Germany. *Parasitology Research* 2000; 86: 1-7.

Peterson WH, Skinner JT. Distribution of Manganese in Foods. *J Nutr* 1931; 4: 419-26.

Petrides PE, Wolfram G. Ernährung. In: *Biochemie und Pathobiochemie*. Löffler G, Petrides PE, eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2003: 673-95.

Petrides PE, Kalbitzer HR. Proteine (Polyaminosäuren). In: *Biochemie und Pathobiochemie*. Löffler G, Petrides PE, eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2003: 57-101.

Pezzali JG, Acuff HL, Henry W, Alexander C, Swanson KS, Aldrich CG. Effects of different carbohydrate sources on taurine status in healthy Beagle dogs. *J Anim Sci* 2020; 98

Pitts RF, Alexander RS. The renal reabsorptive mechanism for inorganic phosphate in normal and acidotic dogs. *American Journal of Physiology-Legacy Content* 1944; 142: 648-62.

Plumlee M, Thrasher D, Beeson W, Andrews F, Parker H. The effects of a manganese deficiency upon the growth, development, and reproduction of swine. *Journal of Animal Science* 1956; 15: 352-67.

Powell JJ, Jugdaohsingh R, Thompson RP. The regulation of mineral absorption in the gastrointestinal tract. *Proc Nutr Soc* 1999; 58: 147-53.

Prasad AS, Oberleas D. Binding of zinc to amino acids and serum proteins in vitro. *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 1970; 76 (3): 416-25.

Prelaud P, Rosenberg D, DeFornel P (2005) *Endokrinologische Diagnostik in der Kleintierpraxis*. Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Company KG, Hannover.

240

Pullola T, Vierimaa J, Saari S, Virtala AM, Nikander S, Sukura A. Canine intestinal helminths in Finland: Prevalence, risk factors and endoparasite control practices. *Veterinary Parasitology* 2006; 140: 321-6.

Purchas RW, Rutherford SM, Pearce PD, Vather R, Wilkinson BHP. Concentrations in beef and lamb of taurine, carnosine, coenzyme Q10, and creatine. *Meat Science* 2004; 66: 629-37.

Puschett JB, Moranz J, Kurnick WS. Evidence for a direct action of cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol on the renal transport of phosphate, sodium, and calcium. *The Journal of Clinical Investigation* 1972; 51: 373-85.

Quilliam C, Ren Y, Morris T, Ai Y, Weber LP. The Effects of 7 Days of Feeding Pulse-Based Diets on Digestibility, Glycemic Response and Taurine Levels in Domestic Dogs. *Frontiers in Veterinary Science* 2021; 8.: 654223.

Quist-Rybachuk G, Bavegems V, Hesta M (2012) Copper deficiency in puppies: case report and review of literature. 16th Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition. 129-

Raila J, Buchholz I, Aupperle H, Raila G, Schoon H-A, Schweigert FJ. The distribution of vitamin A and retinol-binding protein in the blood plasma, urine, liver and kidneys of carnivores. *Veterinary research* 2000; 31: 541-51.

Rasmussen LB, Ovesen L, Christiansen E. Day-to-day and within-day variation in urinary iodine excretion. *European Journal of Clinical Nutrition* 1999; 53: 401-7.

Read W, Welty JD. Synthesis of taurine and isethionic acid by dog heart slices. *The Journal of Biological Chemistry* 1962; 237: 1521-2.

Reece WO, Swenson MJ. The composition and functions of blood. In: Dukes'

physiology of domestic animals, 12th edn Ithaca, NY.: Cornell University Press 2004: 26-52.

Reece WO, Erickson HH, Goff JP, Uemura EE (2015) Dukes' Physiology of Domestic Animals, 13th edn. Wiley. 760

Reimschuessel R, Grabenstein M, Guag J, Nemser SM, Song K, Qiu J, Clothier KA, Byrne BA, Marks SL, Cadmus K, Pabilonia K, Sanchez S, Rajeev S, Ensley S, Frana TS, Jergens AE, Chappell KH, Thakur S, Byrum B, Cui J, Zhang Y, Erdman MM, Rankin SC, Daly R, Das S, Ruesch L, Lawhon SD, Zhang S, Baszler T, Diaz-Campos D, Hartmann F, Okwumabua O, Fenwick B. Multilaboratory Survey To Evaluate Salmonella Prevalence in Diarrheic and Nondiarrheic Dogs and Cats in the United States between 2012 and 2014. *Journal of Clinical Microbiology* 2017; 55: 1350-68.

Reis LG, Morris T, Quilliam C, Rodrigues LA, Loewen ME, Weber LP. The Effect of Fermentation of High- or Low-Tannin Fava Bean on Glucose Tolerance, Body Weight, Cardiovascular Function, and Blood Parameters in Dogs After 7 Days of Feeding: Comparison With Commercial Diets With Normal vs. High Protein. *Frontiers in Veterinary Science* 2021; 8.: 653771.

Robertson B, Burns M. Zinc metabolism and the zinc-deficiency syndrome in the dog. *American Journal of Veterinary Research* 1963; 24: 997-1002.

Rojanasathit S, Haddad JG. Hepatic accumulation of vitamin D3 and 25-hydroxyvitamin D3. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects* 1976; 421: 12-21.

Rojas M, Dyer I, Cassatt W. Manganese deficiency in the bovine. *Journal of Animal Science* 1965; 24: 664-7.

Rolfe DS, Twedt DC. Copper-Associated Hepatopathies in Dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* 1995; 25: 399-417.

Rose WC. Purine metabolism *Physiological Reviews* 1923; 3: 544-602.

Rousseau A, Prittie J, Broussard JD, Fox PR, Hoskinson J. Incidence and characterization of esophagitis following esophageal foreign body removal in dogs: 60 cases (1999–2003). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* 2007; 17: 159-63.

Saini RK, Nile SH, Park SW. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Research International* 2015; 76: 735-50.

Saleque A, Juyal PD, Bhatia BB. Effect of temperature on the infectivity of *Sarcocystis miescheriana* cysts in pork. *Veterinary Parasitology* 1990; 36: 343-6.

Salt C, Morris PJ, Wilson D, Lund EM, German AJ. Association between life span and body condition in neutered client-owned dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2019; 33: 89-99.

Sanderson SL, Gross KL, Ogburn PN, Calvert C, Jacobs G, Lowry SR, Bird KA, Koehler LA, Swanson LL. Effects of dietary fat and L-carnitine on plasma and whole blood taurine concentrations and cardiac function in healthy dogs fed protein-restricted diets. *Am J Vet Res* 2001; 62: 1616-23.

Sanecki R, Corbin J, Forbes R. Tissue changes in dogs fed a zinc-deficient ration. *American Journal of Veterinary Research* 1982; 43: 1642-6.

Sawitz W. *Trichinella spiralis*. I. Incidence of infection in man, dogs and cats in the New Orleans area as determined in postmortem examinations. *Archives of Pathology* 1939; 28: 11-21.

Schäfer SL, Messika BR (2011) B.A.R.F. - Artgerechte Rohernährung für Hunde: Ein praktischer Ratgeber. Kynos Verlag. 104

Schliesser T. Die Rolle der Fleischfressertuberkulose im Infektionsgeschehen der menschlichen Tuberkulose. In: Verhandlungsbericht der Deutschen Tuberkulose-Tagung 1966: 22. Wissenschaftliche Tagung der Deutschen Gesellschaft für Tuberkulose und Lungenkrankheiten Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 1967: 262-4.

Schlottmann R, Kaup B, Kaase M, Tannapfel A, Schmidt WE, Schmitz F. Clostridium-difficile-assoziierte Erkrankungen. Der Gastroenterologe 2007; 2: 53-63.

Schmid A, Walther B. Natural vitamin D content in animal products. Advances in nutrition (Bethesda, Md.) 2013; 4: 453-62.

Schmidt M, Unterer S, Suchodolski JS, Honneffer JB, Guard BC, Lidbury JA, Steiner JM, Fritz J, Kölle P. The fecal microbiome and metabolome differs between dogs fed Bones and Raw Food (BARF) diets and dogs fed commercial diets. PloS one 2018; 13: e0201279.

Schmidt M, Kölle P, Weitere (unpublished)

Schmitt S, Mack J, Kienzle E, Alexander LG, Morris PJ, Colyer A, Dobenecker B. Faecal calcium excretion does not decrease during long-term feeding of a low-calcium diet in adult dogs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 2018; 102: 798-805.

Schoenmakers I, Hazewinkel H, Voorhout G, Carlson C, Richardson D. Effect of diets with different calcium and phosphorus contents on the skeletal development and blood chemistry of growing Great Danes. Veterinary Record 2000; 147: 652-60.

Schroeder H, Van Rensburg IB. Generalised Listeria monocytogenes infection in a dog. Journal of the South African Veterinary Association 1993; 64: 133-6.

Schroeder HA, Balassa JJ, Tipton IH. Essential trace metals in man: Manganese: A study in homeostasis. *Journal of Chronic Diseases* 1966; 19: 545-71.

Schweigert FJ. Insensitivity of dogs to the effects of nonspecific bound vitamin A in plasma. *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin-und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition* 1988; 58: 23-5.

Schweigert FJ, Bok V. Vitamin A in blood plasma and urine of dogs is affected by the dietary level of vitamin A. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 2000; 70: 84-91.

Sebrell WH. An Anemia of Dogs Produced by Feeding Onions. *Public Health Reports (1896-1970)* 1930; 45: 1175-91.

Selting KA, Sharp CR, Ringold R, Thamm DH, Backus R. Serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in dogs – correlation with health and cancer risk. *Veterinary and Comparative Oncology* 2016; 14: 295-305.

Seyrek K, Karagenç T, Paşa S, Kırıl F, Atasoy A. Serum zinc, iron and copper concentrations in dogs infected with *Hepatozoon canis*. *Acta Veterinaria Brno* 2009; 78: 471-5.

Sharp CR, Selting KA, Ringold R. The effect of diet on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in dogs. *BMC Research Notes* 2015; 8: 442.

Shiel RE, Brennan SF, Omodo-Eluk AJ, Mooney CT. Thyroid hormone concentrations in young, healthy, pretraining greyhounds. *Veterinary Record* 2007; 161: 616-9.

Siedler S. Der Einfluss verschiedener Phosphorquellen bei alimentärer Phosphorübersversorgung auf die Phosphorverdaulichkeit und auf ausgewählte Blutparameter beim Hund. *Diss. med. vet.* 2018. LMU München.

Silva R, Salvarani FM, Pires PS, de Assis RA, de Salles PR, Carvalho F, Lobato FCF. Type-C botulism in a dog. *Ciência Veterinária nos Trópicos* 2008; 11: 86-9.

Silva RC, Machado GP. Canine neosporosis: perspectives on pathogenesis and management. *Veterinary medicine (Auckland, N.Z.)* 2016; 7: 59-70.

Simon S (2012) BARF - Biologisch Artgerechtes Rohes Futter: die artgerechte Ernährung des Hundes mit BARF ; mit Tabellen, Futterplänen, Literatur- und Linktipps. Verlag Drei Hunde Nacht, Deutschland

Smedley R, Mullaney T, Rumberiha W. Copper-Associated Hepatitis in Labrador Retrievers. *Veterinary pathology* 2009; 46: 484-90.

Smielewska-Loś E, Rypuła K, Pacoń J. The influence of feeding and maintenance system on occurrence of *Toxoplasma gondii* infections in dogs. *Polish journal of veterinary sciences* 2002; 5: 231-5.

Smith D, Gwiazda R, Bowler R, Roels H, Park R, Taicher C, Lucchini R. Biomarkers of Mn exposure in humans. *Am J Ind Med* 2007; 50: 801-11.

Smith S, Medlicott M, Ellis G. Manganese deficiency in the rabbit. *Arch. Biochem.* 1944; 4: 281-9.

Software R (2017) Diet Check Munich©. Eds Dobenecker B, Kienzle E, München. Computergestützte Rationsberechnung für Hunde und Katzen

Songer JG. Clostridial enteric diseases of domestic animals. *Clinical microbiology reviews* 1996; 9: 216-34.

Souci SW, Fachmann W, Kraut H (2008) Zusammensetzung der Lebensmittel Nährwert-Tabellen. MedPharm Scientific Publishers, Stuttgart. 1364

Souci SW, Fachmann W, Andersen G, Kraut H (2015) Food Composition and

Nutrition Tables. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart

Spangler W, Gribble D, Lee T. Vitamin D intoxication and the pathogenesis of vitamin D nephropathy in the dog. *American Journal of Veterinary Research* 1979; 40: 73-83.

Spitze AR, Wong DL, Rogers QR, Fascetti AJ. Taurine concentrations in animal feed ingredients; cooking influences taurine content. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2003; 87: 251-62.

Statista (2020) Hundefutterpräferenzen in Deutschland 2019, 30.04.2020 edn. *Lebensmittel Zeitung*, Statista Research Department. Seite 14

Stenkamp G, Gorrel C. Oral and dental conditions in adult African wild dog skulls: a preliminary report. *Journal of veterinary dentistry* 1999; 16: 65-8.

Steiss JE, Brewer WG, Welles E, Wright JC. Hematologic and serum biochemical reference values in retired Greyhounds. *Compendium on continuing education for the practicing veterinarian* 2000; 22: 243-8.

Stockman J, Fascetti AJ, Kass PH, Larsen JA. Evaluation of recipes of home-prepared maintenance diets for dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2013; 242: 1500-5.

Story JA, Kritchevsky D. Bile acid metabolism and fiber. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1978; 31: 199-202.

Streiff EL, Zwischenberger B, Butterwick RF, Wagner E, Iben C, Bauer JE. A Comparison of the Nutritional Adequacy of Home-Prepared and Commercial Diets for Dogs. *J Nutr* 2002; 132: 1698-700.

Strohmeier RA, Morley PS, Hyatt DR, Dargatz DA, Scorza AV, Lappin MR. Evaluation of bacterial and protozoal contamination of commercially available raw meat diets for dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2006; 228: 537-42.

SYNLAB.vet. Leistungsverzeichnis Veterinär. 2020; 11.08.2020:
<https://www.synlab.de/leistungsverzeichnis/veterinar/leistungsverzeichnis>.

13.07.2020.

Teas J, Pino S, Critchley A, Braverman LE. Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid* 2004; 14: 836-41.

Thamm B. Untersuchungen zur Prävalenz und pathogenen Bedeutung enterohämorrhagischer, enteroaggregativer und enteroinvasiver *Escherichia coli* beim Hund. Diss. med. vet. 2000. Tierärztliche Hochschule.

The Laboratory Centre for Disease Control HC. Human health risk from exposure to natural dog treats. *Can Commun Dis Rep* 2000; 26: 41-2.

Thes M, Dillitzer N. BARFen beim Hund – Alternative zum Fertigfutter oder Irrweg mit Folgen? *tk* 2014; 10: 20-3.

Thes M, Koeber N, Fritz J, Wendel F, Dillitzer N, Dobenecker B, Kienzle E. Metabolizable energy intake of client-owned adult dogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2016; 100: 813-9.

Thompson HC, Cortes Y, Gannon K, Bailey D, Freer S. Esophageal foreign bodies in dogs: 34 cases (2004–2009). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care* 2012; 22: 253-61.

Thornburg LP, Shaw D, Dolan M, Raisbeck M, Crawford S, Dennis GL, Olwin DB. Hereditary copper toxicosis in West Highland white terriers. *Veterinary pathology* 1986; 23: 148-54.

Tinggi U, Reilly C, Patterson C. Determination of manganese and chromium in foods by atomic absorption spectrometry after wet digestion. *Food Chemistry* 1997; 60: 123-8.

Torrance A, Fulton Jr R. Zinc-induced hemolytic anemia in a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1987; 191: 443-4.

Tôrres CL, Backus RC, Fascetti AJ, Rogers QR. Taurine status in normal dogs fed a commercial diet associated with taurine deficiency and dilated cardiomyopathy. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2003; 87: 359-72.

Tran JL, Horvath C, Krammer S, Höller U, Zentek J. Blood vitamin concentrations in privately owned dogs fed non-standardized commercial diets and after intake of diets with specified vitamin concentrations. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2007; 91: 40-7.

Tschäpe H. Lebensmittelbedingte Infektionskrankheiten durch Bakterien. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2000; 43: 758-69.

Turner RG. Effect of Prolonged Feeding of Raw Carrots on Vitamin A Content of Liver and Kidneys in the Dog. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 1934; 31: 866-8.

U.S. Department of Agriculture ARS. USDA Food and Nutrient Database for Dietary Studies 2015-2016. USA: USDA 2018: <https://fdc.nal.usda.gov/>. 14.05.2020.

Underwood E. 7 - Manganese. In: *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*: Elsevier Science 2012: 170 - 95.

van Bree FPJ, Bokken GCAM, Mineur R, Franssen F, Opsteegh M, van der Giessen JWB, Lipman LJA, Overgaauw PAM. Zoonotic bacteria and parasites found in raw meat-based diets for cats and dogs. *Veterinary Record* 2018; 182: 50-.

van den Broek AHM, Thoday KL. Skin disease in dogs associated with zinc deficiency: a report of five cases. *Journal of Small Animal Practice* 1986; 27: 313-

23.

van den Broek AHM, Stafford WL. Diagnostic value of zinc concentrations in serum, leucocytes and hair of dogs with zinc-responsive dermatosis. *Research in Veterinary Science* 1988; 44: 41-4.

van den Ingh TSGAM, Punte PM, Hoogendijk ENLJ, Rothuizen J. Possible nutritionally induced copper-associated chronic hepatitis in two dogs. *Veterinary Record* 2007; 161: 728-9.

van Valkenburgh B. Incidence of Tooth Breakage Among Large, Predatory Mammals. *The American Naturalist* 1988; 131: 291-302.

Varga J, Mézes B, Fodor L. Serogroups of *Campylobacter jejuni* from Man and Animals. *Journal of Veterinary Medicine, Series B* 1990; 37: 407-11.

Vecchiato C, Dobenecker B (2018) Nutritional adequacy evaluation and microbiological examination of BARF-foods. In: *ESVCN Congress 2018, Munich*

Vervuert I, Rückert C. Der BARF-Trend in der Hundeernährung – Eine Herausforderung für den Tierarzt? *kleintier konkret* 2017; 20 (3): 12-5.

Volhard W, Brown KL (1995) *The holistic guide for a healthy dog*, Kasetsart Univ., Bangkok (Thailand)

von Meyer H, Schmitt PJ, Heckotter E. Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Futtermitteln für Hunde. *Übersichten zur Tierernährung* 1981; 9

Waldron JL, Ashby HL, Cornes MP, Bechervaise J, Razavi C, Thomas OL, Chugh S, Deshpande S, Ford C, Gama R. Vitamin D: a negative acute phase reactant. *Journal of Clinical Pathology* 2013; 66: 620-2.

Webb CB, Twedt DC, Meyer DJ. Copper-associated liver disease in Dalmatians: a

review of 10 dogs (1998–2001). *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2002; 16: 665-8.

Weber A, Plagemann O. *Listeria monocytogenes* as cause of abortion in dogs. *Kleintierpraxis* 1991; 36: 93-4.

Weese JS, Staempfli HR, Prescott JF, Kruth SA, Greenwood SJ, Weese HE. The Roles of *Clostridium difficile* and Enterotoxigenic *Clostridium perfringens* in Diarrhea in Dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2001; 15: 374-8.

Weese JS, Rousseau J, Arroyo L. Bacteriological evaluation of commercial canine and feline raw diets. *The Canadian veterinary journal* 2005; 46: 513-6.

Weeth L. Home-prepared diets for dogs and cats. *Compendium Continuing Education for Veterinarians* 2013; 35

Weidner N, Verbrugghe A. Current knowledge of vitamin D in dogs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2017; 57: 3850-9.

Wendel F, Kienzle E, Bohnke R, Dobenecker B (2012) Microbiological contamination and inappropriate composition of BARF-food. 16th Congress of the ESVCN. Bydgoszcz, Polen

White SD, Bourdeau P, Rosychuk RAW, Cohen B, Bonenberger T, Fieseler KV, Ihrke P, Chapman PL, Schultheiss P, Zur G, Cannon A, Outerbridge C. Zinc-responsive dermatosis in dogs: 41 cases and literature review. *Veterinary Dermatology* 2001; 12: 101-9.

Wichert B, Frank T, Kienzle E. Zinc, Copper and Selenium Intake and Status of Horses in Bavaria. *J Nutr* 2002; 132: 1776S-7S.

Willard M, Tvedten H (2006) *Labordiagnostik in der Kleintierpraxis*. Urban und Fischer, München. 560

Williams M, Todd GD, Roney N, Crawford J, Coles C, McClure PR, Garey JD, Zaccaria K, Citra M. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Toxicological Profiles. In: Toxicological Profile for ManganeseAtlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US) 2012:

Wilson RB, Holscher MA, Lyle SJ. Cryptosporidiosis in a pup. *J Am Vet Med Assoc* 1983; 183: 1005-6, 965.

Wimmer-Kieckbusch K (2011) *Der Wäller: ein vitaler Begleit- und Sporthund für aktive Menschen und Familien*. Books on Demand

Wolf G, Johnson BC. Vitamin A and Mucopolysaccharide Biosynthesis. In: *Vitamins & Hormones*. Harris RS, Ingle DJ, eds.: Academic Press 1961: 439-55.

Woolfson AMJ. Amino acids—their role as an energy source. *Proceedings of the Nutrition Society* 1983; 42: 489-95.

Yamato O, Kasai E, Katsura T, Takahashi S, Shiota T, Tajima M, Yamasaki M, Maede Y. Heinz body hemolytic anemia with eccentrocytosis from ingestion of Chinese chive (*Allium tuberosum*) and garlic (*Allium sativum*) in a dog. *J Am Anim Hosp Assoc* 2005; 41: 68-73.

Yeh TS, Hung NH, Lin TC. Analysis of iodine content in seaweed by GC-ECD and estimation of iodine intake. *Journal of Food and Drug Analysis* 2014; 22: 189-96.

Young LR, Backus RC. Oral vitamin D supplementation at five times the recommended allowance marginally affects serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in dogs. *J Nutr Sci* 2016; 5: e31.

Young LR, Backus RC. Serum 25-hydroxyvitamin D₃ and 24R,25-dihydroxyvitamin D₃ concentrations in adult dogs are more substantially increased by oral supplementation of 25-hydroxyvitamin D₃ than by vitamin D₃. *J Nutr Sci* 2017; 6: e30.

Zaldívar-López S, Marín LM, Iazbik MC, Westendorf-Stingle N, Hensley S, Couto CG. Clinical pathology of Greyhounds and other sighthounds. *Veterinary Clinical Pathology* 2011; 40: 414-25.

Zentek J, Meyer H. Investigations on copper deficiency in growing dogs. *J Nutr* 1991; 121: S83-4.

Zentek J, Meyer H, Dämmrich K. Über den Einfluss einer unterschiedlichen Energieversorgung wachsender Doggen auf Körpermasse- und Skelettentwicklung. 3. Mitteilung: Klinisches Bild und chemische Skelettuntersuchungen. *Zentralbl Veterinarmed A* 1995; 42: 69-80.

Zentek J, Meyer H (2016a) Ernährung des Hundes: Grundlagen - Fütterung - Diätetik Begründet von Helmut Meyer, 8., aktualisierte Auflage edn. Enke. 328

Zentek J, Meyer H. Eiweiß. In: Ernährung des Hundes, 8., aktualisierte Auflage edn. Zentek J, ed.: Enke Verlag 2016b: 328.

Zentek J, Meyer H. Mineralstoffe: Mengenelemente. In: Ernährung des Hundes, 8., aktualisierte Auflage edn. Zentek J, ed.: Enke Verlag 2016c: 328.

Zentek J, Meyer H. Energie. In: Ernährung des Hundes, 8., aktualisierte Auflage edn. Zentek J, ed.: Enke Verlag 2016d: 328.

Zentek J, Meyer H. Futtermittelkunde. In: Ernährung des Hundes, 8., aktualisierte Auflage edn. Zentek J, ed.: Enke Verlag 2016e:

Zeugswetter FK, Vogelsinger K, Handl S. Hyperthyroidism in dogs caused by consumption of thyroid-containing head meat. *Schweiz Arch Tierheilkd* 2013; 155: 149-52.

Zimmermann WJ, Schwarte LH. Trichiniasis in Dogs and Cats of Iowa. *The Journal of Parasitology* 1958; 44: 520-2.

Zupančič J, Turk M, Črnigoj M, Ambrožič Avguštin J, Gunde-Cimerman N. The dishwasher rubber seal acts as a reservoir of bacteria in the home environment. *BMC Microbiology* 2019; 19: 300.

VIII. ANHANG

1. Fütterungsfragebogen BARF Gruppe

Medizinische Kleintierklinik, Veterinärstr. 13, 80539 München
Tel: 089-2180-2650; Fax: 089- 2180-6240

Fragebogen für ein kostenloses BARF-Profil für mindestens ½ Jahr lang gefütterte, adulte Hunde in Zusammenarbeit mit Synlab Vet.

Name: _____
Vorname: _____
Straße: _____
PLZ/Wohnort: _____
Telefon: _____
Handy: _____
E-Mail: _____

Name des Tieres: _____
Rasse: _____
Alter: _____ Jahre Wurf-/Geburtsdatum: _____
Geschlecht: weiblich / männlich Kastriert: ja nein
Aktuelles Gewicht: _____ kg

VOM TIERARZT bei der Blutentnahme AUSZUFÜLLEN!

Geschätztes Idealgewicht: _____ kg
Habitus: gesund krank
Symptome : _____

Grund des Besuches: Diet-Check Gesundheitsvorsorge Anderes: _____

Bestehen Erkrankungen?

Art der Erkrankung: _____

(Bei Erkrankung bitte Vorbericht des behandelnden Tierarztes inkl. Laborergebnisse und Behandlung beilegen)

Falls Blutwerte vorliegen, war Ihr Tier bei der Blutentnahme nüchtern? Ja nein

Seit wann: _____

Symptome: _____

Weitere Probleme: _____

Medikamente: _____

Seite 1 von 4

VOM TIERBESITZER AUSZUFÜLLEN!Verhalten / Aktivität des Tieres: sehr aktiv normal sehr ruhig(liegt viel)Ist das Tier auch unbeaufsichtigt draußen? Ja NeinMöglichkeit zur unkontrollierten Futterraufnahme? Ja Nein

Fütterung: Bitte wiegen Sie alle Futterkomponenten ab, oder geben Sie ggf. übliche Größen an (z.B. 1 EL Öl oder ein mittelgroßer Apfel) (dies ermöglicht eine schnellere Bearbeitung, da wir ausschließlich auf der Grundlage von Gewichtsangaben arbeiten)

Fleisch Rohgewicht: Huhn Rind Schwein Pferd Fisch Anderes: _____ Muskelfleisch fettarm _____ g/Tag Muskelfleisch mittlerer Fettgehalt _____ g/Tag Muskelfleisch fettreich _____ g/Tag**Knochen** Huhn Rind Schwein Pferd Fisch Anderes: _____

Teilstück Bezeichnung: _____ g/Tag

Teilstück Bezeichnung: _____ g/Tag

Leber: Rind _____ g/Tag Geflügel _____ g/Tag Anderes _____ g/Tag**Fett, pur:** Rind _____ g/Tag Geflügel _____ g/Tag Anderes _____ g/Tag**Herz:** Rind _____ g/Tag Geflügel _____ g/Tag Anderes _____ g/Tag Pansen grün Pansen gereinigt _____ g/Tag Blättermagen _____ g/Tag Lunge, Tierart: _____ g/Tag Fisch ganz: _____ g/Tag Sonstiges: _____ g/Tag

_____ g/Tag

_____ g/Tag

Seite 2 von 4

Kohlehydrate:Nudeln: _____ g/Tag Rohgewicht KochgewichtReis: _____ g/Tag Rohgewicht Kochgewicht

Kartoffeln, gekocht: _____ g/Tag

Anderes: _____ g/Tag Rohgewicht Kochgewicht_____ g/Tag Rohgewicht Kochgewicht

Gemüse, roh: _____ g/Tag _____ g/Woche

Öl: _____ g/Tag _____ TL/Tag _____ EL/Tag

_____ g/Tag _____ TL/Tag _____ EL/Tag

_____ g/Tag _____ TL/Tag _____ EL/Tag

Weitere Zutaten (z.B. Obst, Quark, Ei, Brot etc.):

_____ g/Tag _____ g/Woche

Belohnungen / Leckerlis / Kaufprodukte / etc. (bitte Analysenzettel beilegen):

Bitte abwiegen, keine Stückangabe!

_____ g/Tag _____ g/Woche Produktname: _____

_____ g/Tag _____ g/Woche Produktname: _____

_____ g/Tag _____ g/Woche Produktname: _____

Einsatz von Supplementen (Mineralfutter, Vitaminpasten, etc.), bitte abwiegen:

_____ g/Tag Produktname: _____

Seit wann wird der Hund gefarft? _____ Jahre

Warum? _____

Warum besteht Interesse an einem BARF-Blutprofil ?

Ich erteile Ihnen hiermit den Auftrag zur Rationsüberprüfung und bin damit einverstanden, dass Synlab vet. ein Barf-Blutprofil erstellt und die Daten für die Studie Barf-Blutprofil Vs. Computergestützte Rationsberechnung verwendet werden.

Ort, Datum

Unterschrift

Bitte füllen Sie den Fragebogen **gewissenhaft und genau** aus, damit wenig Rückfragen bestehen und senden es per Post, Email oder Telefax an:

Medizinische Kleintierklinik
z.Hd. Priv. Doz. Dr. Petra Kölle
Veterinärstr. 13
80539 München
Fax: 089-2180-6240
p.koelle@medizinische-kleintierklinik.de

Bei Rückfragen kontaktieren Sie uns bitte unter:
Priv. Doz. Dr. Petra Kölle - p.koelle@medizinische-kleintierklinik.de oder
Tierärztin Veronika Hajek - csillag.h@gmx.at

Seite 4 von 4

Priv. Doz. Dr. Petra Kölle - p.koelle@medizinische-kleintierklinik.de
Tierärztin Veronika Hajek - csillag.h@gmx.at

2. Fütterungsfragebogen Kontrollgruppe

Fragebogen für ein kostenloses BLUT-Profil für mindestens ½ Jahr lang kommerziell gefütterte, adulte Hunde in Zusammenarbeit mit Synlab Vet.

Name: _____
Vorname: _____
Straße: _____
PLZ/Wohnort: _____
Telefon: _____
Handy: _____
E-Mail: _____

Name des Tieres: _____
Rasse: _____
Alter: _____ Jahre Wurf-/Geburtsdatum: _____
Geschlecht: weiblich / männlich Kastriert: ja nein
Aktuelles Gewicht: _____ kg

VOM TIERARZT bei der Blutentnahme AUSZUFÜLLEN!

Geschätztes Idealgewicht: _____ kg
Habitus: gesund krank
Symptome : _____

Grund des Besuches: Diet-Check Gesundheitsvorsorge Anderes: _____

Bestehen Erkrankungen?

Art der Erkrankung: _____
(Bei Erkrankung bitte Vorbericht des behandelnden Tierarztes inkl. Laborergebnisse und Behandlung beilegen)
Falls Blutwerte vorliegen, war Ihr Tier bei der Blutentnahme nüchtern? Ja nein
Seit wann: _____
Symptome: _____
Weitere Probleme: _____
Medikamente: _____

VOM TIERBESITZER AUSZUFÜLLEN!Verhalten / Aktivität des Tieres: sehr aktiv normal sehr ruhig(liegt viel)Ist das Tier auch unbeaufsichtigt draußen? Ja NeinMöglichkeit zur unkontrollierten Futteraufnahme? Ja Nein

Fütterung: Bitte wiegen Sie alle Futterkomponenten ab, oder geben Sie ggf. übliche Größen an (z.B. 1 EL Öl oder ein mittelgroßer Apfel) (dies ermöglicht eine schnellere Bearbeitung, da wir ausschließlich auf der Grundlage von Gewichtsangaben arbeiten)

Trockenfutter:

Hersteller: _____ Produktname: _____ g/Tag

Hersteller: _____ Produktname: _____ g/Tag

Hersteller: _____ Produktname: _____ g/Tag

Nassfutter:

Hersteller: _____ Produktname: _____ g/Tag

Hersteller: _____ Produktname: _____ g/Tag

Hersteller: _____ Produktname: _____ g/Tag

Kohlehydrate:Nudeln: _____ g/Tag Rohgewicht KochgewichtReis: _____ g/Tag Rohgewicht Kochgewicht

Kartoffeln, gekocht: _____ g/Tag

Anderes: _____ g/Tag Rohgewicht Kochgewicht_____ g/Tag Rohgewicht Kochgewicht

Gemüse/ Obst: _____ g/Tag _____ g/Woche

Öle: _____ g/Tag _____ TL/Tag _____ EL/Tag

_____ g/Tag _____ TL/Tag _____ EL/Tag

_____ g/Tag _____ TL/Tag _____ EL/Tag

Weitere Futtermittel (z.B. Milchprodukte, Ei, Brot etc.):

_____	_____ g/Tag	_____ g/Woche
_____	_____ g/Tag	_____ g/Woche
_____	_____ g/Tag	_____ g/Woche
_____	_____ g/Tag	_____ g/Woche

Belohnungen / Leckerlis / Kaufprodukte / etc. (bitte Analysenzettel beilegen):

Bitte abwägen, keine Stückangabe!

_____	_____ g/Tag / Woche	Hersteller: _____
_____	_____ g/Tag / Woche	Hersteller: _____
_____	_____ g/Tag / Woche	Hersteller: _____
_____	_____ g/Tag / Woche	Hersteller: _____

Einsatz von Supplementen (Mineralfutter, Vitaminpasten, etc.), bitte abwägen:

_____	_____ g/Tag	Hersteller: _____
_____	_____ g/Tag	Hersteller: _____
_____	_____ g/Tag	Hersteller: _____

Ich erteile Ihnen hiermit den Auftrag zur Rationsüberprüfung und bin damit einverstanden, dass Synlab vet. ein Blutprofil erstellt und die Daten für die Studie Barf-Blutprofil Vs. Computergestützte Rationsberechnung verwendet werden.

Ort, Datum

Unterschrift

Bitte füllen Sie den Fragebogen **gewissenhaft** und **genau** aus, damit wenig Rückfragen bestehen und senden es per Email, oder Post an:

V.Hajek@campus.lmu.de

Medizinische Kleintierklinik
z.Hd. Priv. Doz. Dr. Petra Kölle
Veterinärstr. 13
80539 München

Bei Rückfragen kontaktieren Sie uns bitte unter:

Priv. Doz. Dr. Petra Kölle - p.koelle@medizinische-kleintierklinik.de
Tierärztin Veronika Hajek - csillag.h@gmx.at

Seite 3 von 3

IX. ABSTRACT

Many dog owners create raw meat-based diets (RMBD) with information from the Internet and pseudo-scientific books, some even use pre-prepared frozen raw feed from online shops, local butchers or other providers. The risk of nutritional imbalances is therefore very high. Blood profiles for dogs fed RMBD are promoted by laboratories as a simple tool for the owner to check the nutritional supply situation. Veterinarian nutrition specialists are consulted less frequently and, in most cases, when blood profile is showing deviations from reference ranges. The aim of the present study was to evaluate whether a RMBD blood profile shows correlation with a computer-aided ration check and to assess its clinical relevance. Using standardized questionnaires, the average daily rations of 104 dogs, 83 of which were fed raw diets versus 21 commercially fed dogs, were analyzed using Diet Check Munich©, based on the National Research Council values. Afterwards the SYNLAB.vet GmbH “*Barfer-Profil*” test including calcium, phosphate, calcium/phosphate ratio, vitamin A, vitamin D, copper, zinc, and iodine with additional parameters taurine, urea, uric acid, and creatinine was carried out. No statistically significant correlation between feeding and associated blood parameters could be detected. There were significantly more nutritional imbalances present in the RMBD group than in the control group. Low plasma taurine could be detected only in the RMBD group. After participating, 30 % of the dog owners decided to adjust their dogs’ diets at the nutrition consultation of the Clinic for Small Animal Internal Medicine of the LMU Munich. Based on these results, for most parameters a RMBD blood profile is not an appropriate tool to monitor a dog’s nutrition and computer-aided ration calculation remains the gold standard for detecting nutritional.

X. DANKSAGUNG

Ich bedanke mich herzlich bei meiner Doktormutter, Frau Dr. Petra Kölle, für die große Unterstützung, den steten Zuspruch und für die unermüdliche Betreuung vor und während der gesamten Anfertigung dieser Arbeit.

Ebenso bedanke ich mich sehr bei Frau Mag. Daniela Bezerédj-Babarczy und ihrem gesamten Praxisteam für die überaus hilfreiche und intensive Betreuung während der Versuchsphase und die tatkräftige Unterstützung bei der Akquirierung von Teilnehmer:innen. Ein besonderer Dank gilt auch dem gesamten Laborteam und vor allem den tiermedizinischen Fachangestellten der Klinik für Innere Medizin der Kleintiere der LMU München für die tatkräftige Unterstützung bei der Probengewinnung, -aufbereitung und -lagerung. Danke für die überaus freundliche, schnelle und überaus hilfreiche Mitarbeit.

Mein großer Dank gilt ebenfalls SYNLAB.vet GmbH und den beteiligten Tierärzt:innen, allen voran Dr. Veit Kostka, die uns jederzeit zur Verfügung standen und es überhaupt ermöglichten alle Laboruntersuchungen durchzuführen. Für die Übernahme der Untersuchungskosten sind wir überaus dankbar.

Ich möchte mich auch bei allen meinen Kolleg:innen und/oder Freund:innen bedanken, die mich während der Anfertigung der Arbeit in jeglicher Form so tatkräftig unterstützt haben.

Zuletzt gilt mein besonderer Dank meiner Mutter und meinen Großeltern. Durch sie wurde mir in erster Linie das Studium überhaupt erst ermöglicht und ohne sie gäbe es auch diese wissenschaftliche Arbeit nicht. Danke für euer Vertrauen in mich, für eure schier unbegrenzte Unterstützung, für den Zuspruch, die Hilfe und die Motivation!