

EINFLUSS VON LANTHANOIDEN AUF DIE SCHEINBARE
VERDAULICHKEIT VON ROHNÄHRSTOFFEN BEI
SCHWERVERDAULICHEN KOHLENHYDRATEN UND
PROTEINEN IN DER RATTE

von Taalke Amelie Krogmann

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

EINFLUSS VON LANTHANOIDEN AUF DIE SCHEINBARE
VERDAULICHKEIT VON ROHNÄHRSTOFFEN BEI
SCHWERVERDAULICHEN KOHLENHYDRATEN UND
PROTEINEN IN DER RATTE

von Taalke Amelie Krogmann
aus Oldenburg (Oldb)

München 2015

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen
Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik

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

Mitbetreuung durch Dr. Sylvia von Rosenberg

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun
Berichterstatterin: Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle
Korreferentin: Priv.-Doz. Dr. Birgit Viertlböck

Tag der Promotion: 31. Januar 2015

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	5
2.1. Zweifach positiv geladene Metallionen als Leistungsförderer	5
2.2. Kupfer	5
2.2.1. Der Leistungsförderer Kupfer, Bedarf und Zulassung	5
2.2.2. Wirkungen und Wirkungsweisen von Kupfer	6
2.2.3. Die Auswirkungen von hohen Kupferdosen auf die Umwelt und das Tier	8
2.3. Zink	10
2.3.1. Der Leistungsförderer Zink, Bedarf und Zulassung	10
2.3.2. Wirkungen und Wirkungsweisen von Zink	13
2.3.3. Die Auswirkungen von hohen Zinkdosen auf die Umwelt und das Tier	17
2.4. Die Variabilität der Effekte von seltenen Erden als Futterzusatz auf die Mastleistungsparameter und die scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe	18
2.4.1. Mastleistungsparameter	19
2.4.2. Scheinbare Verdaulichkeit	25
2.5. Übersicht über die Ergebnisse von REE-Fütterungsstudien	26
3. Material und Methoden	33
3.1. Versuchsplan	33

3.2.	Versuchsaufbau	34
3.2.1.	Versuchstiere	34
3.2.2.	Tierkennzeichnung	35
3.2.3.	Hygienemaßnahmen	35
3.2.4.	Tierstall	35
3.2.5.	Klima	35
3.2.6.	Käfige	36
3.2.7.	Einstreu	36
3.2.8.	Enviromental Enrichment	36
3.2.9.	Tränke	36
3.2.10.	Futteraufnahme	37
3.2.11.	Waage im Tierstall	37
3.3.	Versuchsdurchführung	37
3.3.1.	Betreuung der Tiere	37
3.3.2.	Eingewöhnung der Tiere	38
3.3.3.	Tiergewichte	38
3.3.4.	Tiereinteilung	38
3.3.5.	Aufbau der Studienphasen	39
3.3.6.	Futter	39
3.3.7.	Adaptionsphasen	41
3.3.8.	Durchführung der Studienphasen	43
3.3.9.	Beendung der Studienphasen	44
3.4.	Probennahme	46
3.4.1.	Kotsammelphasen für die Verdaulichkeitsstudien	46
3.4.2.	Kotsammlung für die pH-Wert-Messung	46
3.5.	Probenvorbereitung	49
3.5.1.	Reinigung und Lagerung des Kotes	49
3.5.2.	Lyophilisation des Rattenkotes	49
3.5.3.	Mahlen des Kotes	49
3.6.	Auswertung	50
3.6.1.	Berechnung der Futterverwertung	50

3.6.2.	pH-Wert-Bestimmung im Kot	50
3.6.3.	Rohnährstoffbestimmung im Kot mittels Weender Analyse	51
3.6.4.	Ermittlung der Mineralstoffgehalte	55
3.6.5.	Bestimmung von Eisen, Kupfer, Mangan und Zink und Magnesium	56
3.6.6.	Bestimmung des Chlorids	57
3.6.7.	Bestimmung des Brennwertes	58
3.6.8.	Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeiten sV .	59
3.6.9.	Statistische Auswertungen	59
4.	Ergebnisse	61
4.1.	Allgemeinzustand der Studientiere	61
4.2.	Gewichtsentwicklung	61
4.3.	Futtermaufnahme	61
4.4.	Futterverwertung	65
4.5.	Kot-pH-Werte	65
4.6.	Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe	67
4.6.1.	Scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz .	67
4.6.2.	Scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins	67
4.6.3.	Scheinbare Verdaulichkeit der Rohasche	68
4.6.4.	Scheinbare Verdaulichkeit des Rohfetts	69
4.6.5.	Scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser	70
4.6.6.	Scheinbare Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe	70
4.6.7.	Scheinbare Verdaulichkeit der Bruttoenergie . . .	71
4.7.	Scheinbare Verdaulichkeit der Mengenelemente	72
4.7.1.	Scheinbare Verdaulichkeit des Natriums	72
4.7.2.	Scheinbare Verdaulichkeit des Phosphors	72
4.7.3.	Scheinbare Verdaulichkeit des Kaliums	73
4.7.4.	Scheinbare Verdaulichkeit des Calciums	74

4.7.5.	Scheinbare Verdaulichkeit des Magnesiums	74
4.7.6.	Scheinbare Verdaulichkeit des Chlorids	75
4.8.	Scheinbare Verdaulichkeiten der Spurenelemente	76
4.8.1.	Scheinbare Verdaulichkeit des Mangans	76
4.8.2.	Scheinbare Verdaulichkeit des Zinks	76
4.8.3.	Scheinbare Verdaulichkeit des Eisens	77
4.8.4.	Scheinbare Verdaulichkeit des Kupfers	78
5.	Diskussion	81
5.1.	Mögliche Fehlerquellen	81
5.1.1.	Betrachtung der statistischen Aussagekraft	81
5.1.2.	Fütterungstechnik	81
5.1.3.	Kotsammeltechnik	82
5.1.4.	Käfigeinrichtung	82
5.2.	Diskussion der Ergebnisse	83
5.2.1.	Arbeitshypothesen	83
5.2.2.	Beeinflussung der Wachstumsparameter	86
5.2.3.	Veränderungen der Kot-pH-Werte	88
5.2.4.	Scheinbare Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe	90
5.2.5.	Scheinbare Verdaulichkeiten der Mengen- und Spurenelemente	91
5.2.6.	Wirkungen auf die scheinbaren Verdaulichkeiten bei jungen Tieren	100
5.2.7.	Kot-pH-Werte in Kombination mit den scheinbaren Verdaulichkeiten	100
5.2.8.	Variabilität der Auswirkungen durch die Verfütterung von seltenen Erden	102
6.	Zusammenfassung	103
7.	Summary	105

8. Danksagungen	109
A. Tierdaten	111
A.1. Durchschnittliche Veränderung des Tiergewichts in g pro Tag und Tier während jeder Studienphase	112
A.2. Durchschnittliche Veränderung des Tiergewichts in g pro Tag und Tier während jeder Adaptionsphase	113
A.3. Durchschnittliche Futteraufnahme pro Tier und Tag in g während jeder Bilanz	114
A.4. Errechnete Futterverwertung pro Tier und Bilanz	115
B. Futteranalysen	117
B.1. Ergebnisse der Futteranalysen vom lehrstuhleigenem Labor	117
C. Kotanalysen	127
C.1. Messdaten der pH-Wert-Messungen	127
C.2. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Trockensubstanz	147
C.3. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten des Rohproteins	153
C.4. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Rohasche	159
C.5. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten des Rohfetts	165
C.6. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Rohfaser	171
C.7. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Stickstoff freien Extraktstoffe	177
C.8. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Bruttoenergie	183
C.9. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Natrium	189
C.10. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Phosphor	195
C.11. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Kalium	201
C.12. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Calcium	207

C.13. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Magnesium	213
C.14. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Chlorid	219
C.15. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Mangan	221
C.16. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Zink . .	227
C.17. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Eisen .	233
C.18. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Kupfer	239
D. Übersicht über statistisch signifikante Ergebnisse . . .	245
E. Fotodokumentation	247
F. Abkürzungsverzeichnis	249
Liste der Abbildungen	252
Liste der Tabellen	254
Literaturverzeichnis	261

1. Einleitung

Die Stoffgruppe der *seltenen Erden* (rare earth elements, REE) wird in China schon seit einem viertel Jahrhundert als Leistungsförderer, sowohl in der Tierzucht als auch im Pflanzenbau (vgl. SHTANGEEVA und AYRAULT 2007) verwendet und in Publikationen beleuchtet. Nach REDLING (2006) müssen diese Ergebnisse jedoch kritisch hinterfragt werden, da es teilweise unklar ist, ob ein wissenschaftlicher Standard nach westlichen Vorstellungen eingehalten wurde, ob die Ergebnisse auf eine auf allen Ebenen optimierte Landwirtschaft noch übertragbar sind, oder ob die positiven Ergebnisse nur unter suboptimalen Haltungsbedingungen erzielt werden können.

Mittlerweile gibt es eine Reihe von Untersuchungen zur möglichen Wirkung von seltenen Erden auf Mastleistungsparameter, welche unter westlichen Bedingungen und nach aktuellen wissenschaftlichen Standards durchgeführt wurden. Hier gab es zwar immer wieder Verbesserungen der Werte der täglichen Zunahme, der Futteraufnahme und der Futtermittelverwertung, diese waren aber zumeist nicht statistisch signifikant, so z.B. bei EISELE (2003).

In einer Arbeit von KROTH (2011) konnte durch Fütterungsversuche an Ratten gezeigt werden, dass sich die scheinbaren Verdaulichkeiten der Bruttoenergie und des Rohproteins bei einer Supplementierung mit seltenen Erden signifikant gegenüber der Kontrollgruppe verbesserten. Darauf folgend versuchte FRITSCHE (2012) diese Ergebnisse in einem ähnlich angelegten Fütterungsversuch zu reproduzieren, was ihr allerdings nicht gelang.

KROTH (2011) hat neben der signifikant verbesserten scheinbaren Verdaulichkeit gleichzeitig Verschiebungen bei den Kot-pH-Werten in den

leicht sauren Bereich bei den REE-Tieren nachgewiesen. Dies war bei FRITSCH (2012) nicht der Fall. Die Ergebnisse von KROTH (2011) und FRITSCH (2012) legen nahe, dass bei tiefen pH-Werten eine stärkere selektive antimikrobielle Wirkung der seltenen Erden vorhanden ist und es dadurch zu einer Auswirkung auf die scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe kommt. Auch in einer In-vitro-Studie an Rumenflüssigkeit wurde gezeigt, dass seltene Erden vor allem bei sauren pH-Werten selektiv antimikrobiell wirken (YANG et al. 2008). Bereits in einer älteren Studie von BURKES und MCCLESKEY (1947) zeigten Ceriumchlorid, Ceriumnitrat und Ceriumsulfat auf 39 von 40 getestete Bakterienstämme eine bakterio-ostatische Wirkung bei einer gleichzeitigen Absenkung der pH-Werte.

Die auf dieser Grundlage erarbeiteten Hypothesen für diese Arbeit waren, dass (1) die seltenen Erden unter bestimmten Fütterungsbedingungen durch eine selektive Beeinflussung des Mikrobioms im Gastrointestinaltrakt zu einer vermehrt säurebildenden Mikroorganismenpopulation führen könnten und die seltenen Erden unter diesen Bedingungen ihre Wirkung zeigen. Es wurde erwartet, dass es dadurch zu besseren Mastleistungsparametern und verbesserten scheinbaren Verdaulichkeiten kommt. Alternativ kommt die Hypothese in Betracht, dass (2) die seltenen Erden nur bei einem infolge der Futterzusammensetzung bereits induzierten sauren Milieu im Gastrointestinaltrakt selektiv antimikrobiell wirken und dadurch die scheinbaren Verdaulichkeiten und die Mastleistungsparameter positiv beeinflussen.

Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurde die vorliegende Arbeit angefertigt. Hierzu wurden Fütterungsstudien unter kontrollierten Bedingungen an Ratten durchgeführt und ausgewertet. Dabei lag der Schwerpunkt dieser Dissertation auf dem Versuch über variierende Rationen den pH-Wert im Kot und Dickdarmchymus zu senken, um somit die Voraussetzung für eine besonders starke Wirkung der REE zu erreichen. Im Versuch wurde der Effekt durch die Verfütterung von REE auf die Gewichtsentwicklung die Futteraufnahme, die Futtermittelverwertung und die scheinbaren Verdaulichkei-

ten sowohl der Rohnährstoffe als auch der Mengen- und Spurenelemente überprüft.

2. Literaturübersicht

Die folgende Literaturübersicht beleuchtet im Schwerpunkt die Wirkung von einigen, als Leistungsförderer in der Tierernährung eingesetzten, Spurenelementen und die in vorangehenden Studien beobachtete Variabilität der Wirkung der seltenen Erden als Futterzusatz. Die Stoffgruppe der seltenen Erden wird auch in dieser Arbeit als Futterzusatz verwendet.

2.1. Zweifach positiv geladene Metallionen als Leistungsförderer

Seltene Erden sind zweifach positiv geladene Metallionen. Die schon lange als Leistungsförderer (BARBER et al. 1961; POULSEN 1995; ZENTEK 2005) eingesetzten Metalle Kupfer und Zink können ebenfalls als zweifach positiv geladene Metallionen vorliegen. Im Folgenden wird daher die Wirkungsweise dieser beiden verwandten Elemente als Leistungsförderer beleuchtet.

2.2. Kupfer

2.2.1. Der Leistungsförderer Kupfer, Bedarf und Zulassung

Die aktuell nach der EU Verordnung EG 1334/2003 zugelassenen Höchstmengen an Kupfer betragen 170 mg/kg im Trockenfutter beim Ferkel (bis zur 12. Lebenswoche) und 25 mg/kg im lufttrockenen Futter beim Mastschwein (EU 2003). Laut der National Research Council (NRC 1998) liegen die empfohlenen Mengen an Kupfer bei 7-10 mg/kg im lufttrockenen Futter für Schweine.

Kupfer wurde in der Tierernährung bereits 1955 von BARBER et al. (1955) in Konzentrationen von 250 ppm als Leistungsförderer geprüft. BARBER et al. (1961) erreichten bei der Verfütterung von Kupfersulfat an Schweine eine Steigerung der Wachstumsrate von 12,9 %. BARBER et al. (1957) berichtete, dass bei der Gabe von 250 ppm Kupfer eine Steigerung der Wachstumsrate und der täglichen Futteraufnahme erreicht wurde, wie sonst mit der Gabe von Oxytetracyclin oder Chlortetracyclin erreicht werden konnte.

CASTELL und BOWLAND (1968) zeigten in einer Studie, dass die Supplementierung von 1000 ppm Kupfer im Futter von Schweinen einen besonders hohen statistisch signifikant verbesserten Wert bei den Tageszunahmen und der Futterverwertung aufweist, wenn ein Futter mit einer hochkonzentrierten (16,9 % bzw. 17,4 %) tierischen Proteinquelle verfüttert wurde. Dieser Effekt trat allerdings nur während der Wachstumsphase auf.

2.2.2. Wirkungen und Wirkungsweisen von Kupfer

2.2.2.1. Wirkungen auf die Mikroflora im Darm

Wie FULLER et al. (2008) bei Schweinen feststellten, kam es bei der Verfütterung von Kupfer zu einer Veränderung der Mikroflora im Darm. Hier gab es eine Reduktion der Streptokokken, eine Veränderung im Milchsäurebakterienspektrum (ohne Kupfer: *Lactobacillus acidophilus*, mit Kupfersupplementierung: *Lactobacillus brevis* und *L. cellobiosis*) und eine Verringerung von Bakterien welche Laktose nicht fermentieren zu Gunsten solcher, welche Laktose verstoffwechseln können.

SHEHATA und ABD EL SHAFI (2011) führten Fütterungsversuche bei Kaninchen mit kupferhaltigen Bentoniten, die einem Gehalt von 30 ppm an Kupfer im Futter entsprachen, durch. Sie konnten nachweisen, dass es in vitro zu einer statistisch signifikant geringeren Wachstumsrate von *E. coli* (*E. coli*.), *Staphylococcus aureus* und *Pseudomonas aeruginosa*

kam. Zusätzlich nahm die Anzahl vorhandener *E. coli* Bakterien statistisch signifikant ab. Eine statistisch signifikante Zunahme von Sporenbildnern und Milchsäurebakterien im Dünndarm und im Colon wurde ebenfalls festgestellt.

Ähnliches konnten XIA et al. (2004) an Broilern zeigen. Hier gab es einen statistisch signifikanten Rückgang der Bakterien *E. coli* und Clostridien im Dünndarm und im Colon bei der Verfütterung von 1,5 g/kg kupferhaltigem Montmorillonit (Cu-MMT). Das Gleiche konnte von HU et al. (2004) bei identischer Supplementierung von Cu-MMT in einer Fütterungsstudie an wachsenden Schweinen ebenfalls mit einer statistischen Signifikanz ermittelt werden.

2.2.2.2. Wirkungen auf die Mikroflora im Magen

HØJBERG et al. (2005) zeigten, dass die Futtersupplementierung von 175 ppm Kupfersulfat bei Ferkeln im Magen zu einer statistisch signifikanten Reduktion der Milchsäurebakterien führte. In der gleichen Studie mit identischer Kupferkonzentration zeigten die Tiere eine statistisch signifikant erhöhte Anzahl an Enterokokken im Magen.

2.2.2.3. Wirkungen an der Leber

Bei einer Konzentration von 1,0 bzw. 2,5 mg/l Kupfersulfat im Wasser zeigten FIGUEIREDO-FERNANDES et al. (2007) mehrere statistisch signifikante Effekte. Zum einen kam es in der Leber von Nilbuntbarschen zu einer Reduktion der eosinophilen Granulozyten und zu einer Steigerung der cytoplasmatischen Vakuolen, zum anderen zu einer Leberzellennekrose. Zusätzlich kam es zu einer Zunahme der Anzahl der Zellkerne pro Zellfläche in den Hepatozyten.

In einer Studie von SAMANTA et al. (2011) mit Broilern nahm das Lebergewicht bei der Verfütterung von 150 ppm Kupfersulfat in einem statistisch signifikanten Bereich gegenüber den Kontrolltieren zu.

In einer weiteren Studie von AJUWON et al. (2011) konnte gezeigt werden, dass es zu oxidativem Stress in der Leber und den Erythrozyten kam. Hier wurden statistisch signifikant verminderte Aktivitäten der Superoxid-dismutase und der Katalase festgestellt sowie eine verminderte Konzentration an Glutation, wenn Masthähnchen mit einem Zusatz von 250 ppm Kupfer gefüttert wurden.

2.2.2.4. Wirkungen auf die Hämatologie und die klinische Chemie

SAMANTA et al. (2011) konnten zeigen, dass Broiler, welche 250 ppm Kupfersulfat über das Futter zugeführt bekamen, einen statistisch signifikant erhöhten Hämoglobinwert, im Vergleich zu den Kontrolltieren und zu den Tieren, die weniger (75 bzw. 150 ppm) Kupfer supplementiert bekamen, aufwiesen.

Bei Pekingenten, welche 150 ppm Kupfer bekamen, konnten ATTIA et al. (2012) nachweisen, dass die Menge an Plasmalipiden, Triglyceriden und Cholesterol sanken und sowohl die plasmatische Alaninaminotransferase als auch die Aspartataminotransferase anstiegen.

2.2.3. Die Auswirkungen von hohen Kupferdosen auf die Umwelt und das Tier

Kupfer ist ein Element, welches in hohen Dosen (abhängig von der betroffenen Tierart) toxische Wirkung zeigt. So liegt die laut Futtermittelrecht (EU 2003) zugelassene Kupferdosierung bereits über dem Bedarf eines jungen Schweins. Der Großteil des überschüssigen Kupfers gelangt in die Ausscheidungen der Tiere, was wiederum über die Ausbringung der Gülle auf die Felder zu einer hohen Belastung an Schwermetallen auf den Feldern (WINDISCH 2006) und letzten Endes auch im Trinkwasser führen kann. Nach MÜLLER (2006) schaffen es typische Kulturpflanzen in der Landwirtschaft nicht die hohen Mengen an Kupfer, welche mit dem

Wirtschaftsdünger ausgebracht werden, wieder dem Boden zu entziehen. Den Pflanzen gelingt es nach einer Bilanzierungsrechnung (KAYGORODOV 2004) (unter Berücksichtigung des Eintrags aus der Atmosphäre und der Auswaschung durch den Regen über einen Düngezeitraum von 10 Jahren) um die 8 % des Kupfereintrags, welcher durch Düngung entstanden ist, aufzunehmen.

Ein Tierkörper ist in der Lage durch die homöostatische Regulation des Kupferbedarfs nur so viel Kupfer zu absorbieren, wie der Organismus auch tatsächlich benötigt. Dadurch können Fütterungen mit Kupfer oberhalb des Bedarfs vom jeweiligen Tier in der Hinsicht akzeptiert werden, dass es nicht zu einer kumulativen Anreicherung im Tierkörper kommt und der Mensch bei Nutztieren/Schlachttieren auf Grund des Fleischverzehrs keine Kupferüberdosierung befürchten muss (WINDISCH 2002). Dadurch, dass der Körper diese enge Regulation aufrecht erhalten kann, liegt die Menge an Kupfer, bei der es zu leistungsfördernden Eigenschaften kommt, in einem engen Bereich. Innerhalb dieses Bereichs kann Kupfer bereits die Darmflora hemmen, ist jedoch noch nicht toxisch (WINDISCH 2002).

DAHME und WEISS (2007) erwähnten, dass es zu chronischen Kupfervergiftungen bei Wiederkäuern und Schweinen kommen kann. Bei einer lang anhaltenden (auch niedrig dosierten) Kupferaufnahme kommt es zu einer Speicherung von Kupfer in den Lysosomen der Hepatozyten. Dies ist dann der Fall, wenn die biliäre Ausscheidung nicht mehr ausreicht, um das überschüssige Kupfer wieder aus dem Körper zu eliminieren. Für den Fall, dass es daraufhin zu einer Nekrose der Leberzellen kommt, gelangen große Mengen an Kupfer in die Blutbahn. Die anschließende Hämolyse mit einer Methämoglobinbildung sind die Ursachen für ein Verenden der betroffenen Tiere.

WEISS und BAUR (1968) machten Experimente an Rindern zur chronischen Kupfervergiftung und stellten fest, dass die verendeten Tiere einen Kupfergehalt zwischen 898 und 2091 ppm in der Trockensubstanz der Leber aufwiesen. WEISS und BAUR (1968) lehnten eine Zugabe von Kupfer

in Milchaustauschern ab. Nach OMOLE (1980) tolerieren Schweine ohne Probleme eine bis zu fünf mal höhere Dosis an Kupfer als ihr tatsächlicher Bedarf. Ab der 10-fachen Überdosierung kommt es zu schlechteren Mastleistungen und in seltenen Fällen sogar zum Tod. Kaninchen hingegen sind deutlich unempfindlicher und zeigen bei vergleichbaren Mengen keinerlei toxische Anzeichen. Schafe sind, was eine Intoxikation mit Kupfer angeht, am empfindlichsten. Intoxikationen treten hier bereits ab einer Dosierung von 15 mg Kupfer pro kg Trockenmasse im Futter auf. Dies liegt unter anderem daran, dass sie Kupfer nur zum Teil über die Galle ausscheiden können (JEROCH et al. 1999).

2.3. Zink

2.3.1. Der Leistungsförderer Zink, Bedarf und Zulassung

Nach der EU Verordnung EG 1334/2003 sind 150 mg/kg Zink im Trockenfutter beim Ferkel- und Mastfutter erlaubt (EU 2003).

Laut WINDISCH (2002) sollte für die Bedarfsdeckung an einem essentiellen Spurenelement die Bedarfszahl leicht über dem tatsächlichen Bedarf liegen, um eine möglichst exakte Bedarfsdeckung zu erreichen. Die Empfehlung für Schweine liegt bei aktuell 50-100 ppm für Zink. Eine höhere Dosierung ist nach WINDISCH (2002) wirkungslos. Allerdings muss nach WINDISCH (2002) die Bioverfügbarkeit – in diesem Falle die Absorbierbarkeit – mit berücksichtigen, andernfalls komme es schnell zum Beispiel zu Zinkmangelerscheinungen bei Ferkeln. Des Weiteren weist Windisch darauf hin, dass Sulfate, Chloride und Salze von Carbonsäuren eine schlechte, Oxide und Carbonate eine mittelmäßige und organische Verbindungen wie Chelate mit Aminosäuren eine hohe Bioverfügbarkeit haben.

Nach POULSEN (1995) sind die Tageszunahmen bei Ferkeln, welche 2500 ppm Zink mit der Ration bekommen, signifikant gegenüber den Kontrolltieren verbessert. Eine Untersuchung von CASE und CARLSON (2002) betrachtete unterschiedliche Zulagen (150 ppm ZnO, 500 ppm ZnO,

500 ppm Zink als ein Zinkamino­säurekomplex, 500 ppm Zink als ein Zinkpolysaccharidkomplex und 3000 ppm ZnO) an Zink in der Diät von Ferkeln. Hier stellte sich heraus, dass die besten auch statistisch signifikanten Tageszunahmen (gegenüber den anderen Diäten) mit einer Zulage von 3000 ppm Zink als Zinkoxid bzw. mit einer Zufütterung von 500 ppm als Zinkpolysaccharidkomplex erreicht wurden. Bei der gleichen Betrachtung in einem Folgeversuch, mit lediglich veränderten Haltungsbedingungen aber identischen Zinkzulagen wurden sowohl die Tageszunahmen als auch die Futteraufnahmemengen bei den Tieren signifikant verbessert, die 3000 ppm ZnO gefüttert bekamen.

SMITH et al. (1997) haben statistisch signifikante positive Auswirkungen bei Ferkeln, die 0-14 und 14-28 Tage abgesetzt sind, bei der täglichen Zunahme feststellen können. Ebenso stellten SMITH et al. (1997) fest, dass es im Vergleich zu den Tieren, die kein Zink oder eine Kombination aus einem Zusatz an Zink und Kupfer zu fressen bekamen, zu den größten Futteraufnahmemengen bei Schweinen kam, wenn 3000 ppm ZnO gefüttert wurden. Auch hatten Tiere, die sich 14-28 Tage nach dem Absetzen befanden, die statistisch signifikant beste Futterverwertung. Für den kumulierten Zeitraum von 28 Tagen nach dem Absetzen wurde eine signifikant gesteigerte tägliche Gewichtszunahme und Futterverwertung beobachtet.

Bei der Fütterung von 2500 ppm ZnO an Ferkeln vom Absetzen an, kam es zu einer statistisch signifikant erhöhten Verdauungskapazität der fäkalen Flora, wie KATOULI et al. (1999) feststellten.

MARTIN et al. (2013a) konnten zeigen, dass die Verfütterung von 50, 150 und 2500 ppm Zinkoxid, an Ferkeln für eine Woche ab dem 26. Lebensstag, zu einer statistisch signifikanten Steigerung der Gewichtszunahme führte, wohin gegen dieser Effekt in der dritten Woche nicht mehr gegeben war.

Tab. 2.1.: Übersicht über die Wirkungen von Zink in verschiedenen Dosierungen beim Schwein und bei der Ratte auf die Mastleistungsparameter

Tierart	Zink-dosierung	Zinkquelle	Effekt	Quelle
Schwein	500 ppm	Zinkpoly-saccharid-komplex	steigende Tageszunahmen	(CASE und CARLSON 2002)
Schwein	2425 ppm	Zinkoxid	steigende Tageszunahmen	(MARTIN et al. 2013a; STARKE et al. 2013)
Schwein	2500 ppm	Zinkoxid	steigende Tageszunahmen	(POULSEN 1995)
Schwein	2500 ppm	Zinkoxid	erhöhte Verdauungskapazität der fäkalen Flora	(POULSEN 1995)
Schwein	3000 ppm	Zinkoxid	effizientere Futterverwertung	(SMITH et al. 1997)
Schwein	3000 ppm	Zinkoxid	steigende Tageszunahmen, gesteigerte Futteraufnahme	(POULSEN 1995; SMITH et al. 1997)
Ratte	1000 - 5000 ppm	Zinkoxid	Steigerung der Enzymaktivitäten (Pan-creasamylase und -lipase; Trypsin, Pro-tease, Lipase und Amylase im Dünndarm-inhalt)	(SZABÓ et al. 2004)

2.3.2. Wirkungen und Wirkungsweisen von Zink

Nach ZENTEK et al. (2007) ist noch nicht genau bekannt, wie Zink im Einzelnen auf den Körper wirkt. Es wird aktuell angenommen, dass dieses Spurenelement die Mikroflora des Darmes beeinflusst, für die Transportmechanismen am Darmepithel eine Rolle spielt und sowohl auf das allgemeine Immunsystem als auch speziell auf die immunologischen Vorgänge im Darm selbst eine Wirkung ausübt. Ebenso ist erforscht worden, dass es bei Zinkgaben, die über dem Bedarf der Tiere liegen, zu einer verminderten Ansammlung von Mikroorganismen in den regionären Lymphknoten des Darms kommt.

Auch Zink hat, genauso wie Kupfer, einen Effekt auf Durchfallerkrankung, wenn es in hohen Dosen (2000 ppm Zink als Zinkoxid in der Trockenmasse des Futters) anwenden werden würde. Diese Supplementierungen sind in Deutschland verboten. Hier gibt es eine zugelassene Höchstmenge von 150 ppm in der Futtertrockenmasse (WINDISCH 2006).

Da Zink in einem Bereich zwischen der Überdosierung des Gehaltes im Futter und einer Dosierung im Bereich der Toxizität pharmakologische Effekte in der Schweinefütterung ausübt, wird es dennoch oftmals eingesetzt. Dies geschieht, obwohl ein Einsatz von Zink als Arzneimittel nicht zugelassen ist. Eine Gefahr besteht bei einer Überdosierung dahingehend, dass es zu Zinkanreicherungen in der Leber kommen kann, welche dann wiederum die Kupferverstoffwechslung negativ beeinflusst, wodurch schließlich die Eisenverwertung vermindert wird und es somit zu einer Anämie kommen kann. Zusätzlich kommt es weiter zu einer Schädigung der Darmschleimhaut (WINDISCH 2002).

2.3.2.1. Wirkungen auf die Mikroflora und die Immunglobuline am Darm

In einer Studie von VAHJEN et al. (2012) konnte durch einen Versuch gezeigt werden, dass es bei Verfütterung einer Zinkoxidlösung in Kon-

zentrationen von 20 ppm, 40 ppm und 80 ppm an 42 Tage alte Ferkel im Darminhalt aus dem Ileum zu einer statistisch signifikanten Reduktion des Bakterienwachstums kam.

BROOM et al. (2006) fanden heraus, dass sich die Zahl der Anaerobier signifikant verringert und sich die Immunglobulin A(IgA)-Konzentration im Darm erhöhten.

Bei PIEPER et al. (2012) waren durch die Verfütterung von 2500 ppm die Diversität der Mikroflora signifikant höher als bei den Tieren, die niedrigere Zinkoxiddosen zu fressen bekamen. Bei Steigerung der Zinkoxidkonzentration im Futter von 50 ppm auf 2500 ppm stieg die Zahl der Enterobakterien in der Ingesta um gut die Hälfte an und die Clostridienzahl nahm bei einer Zinkkonzentration von 2500 ppm in einem statistisch signifikanten Maß ab. Zusätzlich stieg der Ammoniakgehalt im Ileum statistisch signifikant an.

STARKE et al. (2013) haben das Wachstum von Bakterien im Magen- und Darminhalt in Ex-vivo-Studien untersucht. Hierbei zeigten sich bei jüngeren Schweinen häufiger signifikante Unterschiede als bei älteren Tieren zwischen Gruppen mit um Zink angereichertem Futter und Kontrollgruppen mit geringeren Zinkkonzentrationen. Beispielsweise gab es signifikante Wachstumsunterschiede am 32. Lebenstag bei der Untersuchung des Bakterienwachstums in vier bis zehn Stunden lang inkubierten Proben von Mageninhalt und bei sechs bis zehn Stunden lang inkubierten Proben von Darm-in-halt. Hier zeigten sich signifikante Einflüsse auf das Bakterienwachstum bei hohen Zinkkonzentrationen (2425 ppm), das statistisch signifikant größer war als bei geringeren Zinkkonzentrationen (40 ppm). Ferner zeigten Bifidusbakterien und Enterokokken über alle erfassten Versuchstage hinweg in den meisten Fällen signifikant höhere Wachstumsraten in den Proben, die mit der hochdosierten Zinklösung behandelt worden waren.

W. VAHJEN und ZENTEK (2011) konnten bei Fütterungsversuchen an Schweinen zeigen, dass bei der Supplementierung des Futters mit 3042

ppm Zinkoxid von der Gruppe der Milchsäurebakterien das Bakterium *Laktobacillus reuteri* in seiner Anzahl statistisch signifikant reduziert wurde. Zusätzlich stieg die relative Häufigkeit der Bakterien *Weisella cibaria*, *Weisella confusa*, *Leuconostoc citreum*, *Streptococcus equinus* und *Streptococcus lutetiensis* statistisch signifikant an. Auch in dieser Studie stieg die Bakteriendiversität statistisch signifikant mit der höheren Zinkoxidkonzentration an.

2.3.2.2. Wirkungen auf die Zinkkonzentrationen im Darmgewebe

Durch die Verfütterung von hohen Zinkkonzentrationen (2425 ppm) konnten MARTIN et al. (2013a) eine statistisch signifikant höhere Zinkanreicherung im Jejunalgewebe erreichen, als bei der Verfütterung von 57 ppm bzw. 164 ppm Zinkoxid.

2.3.2.3. Wirkungen auf Enzymaktivitäten

Durch die Verfütterung von hohen Zinkdosen (2500 ppm) kam es zu einer erhöhten Aktivität einiger Enzyme des Pankreas. Dies waren die Pankreasamylase, die Carboxypeptidase A, das Chymotrypsin und das Trypsin sowie die Lipase (HEDEMANN et al. 2006).

Bei der Verfütterung von Zinkoxiden in Konzentrationen von 1000, 2500 und 5000 mg pro kg Futter waren gegenüber der Kontrollgruppe ohne Zinksupplementierung sowohl bei einer niedrigen als auch hochanteiligen (15 % Rp) Proteinfuttermenge statistisch signifikant erhöhte Enzymaktivitäten von sowohl Pankreasamylase und Pankreaslipase, als auch Trypsin, Protease, Lipase und Amylase im Dünndarminhalt feststellbar (SZABÓ et al. 2004).

Einen weiteren Effekt auf ein Enzym stellten MARTIN et al. (2013a) in einer Fütterungsstudie mit Läufern fest. Diesen wurde 2500 ppm Zinkoxid

verfüttert. Hier kam es zu einer signifikanten Steigerung der Enzymaktivität der alkalischen Phosphatase.

2.3.2.4. Wirkungen auf die Zinktransporterexpression

MARTIN et al. (2013b) konnten mit der Verfütterung von 50 und 150 ppm Zinkoxid bei jungen Ferkeln erreichen, dass die Expression der mRNA für die zwei Zinktransporter ZIP4 (SLC39A4) und ZnT1 (SLC30A1) statistisch signifikant gesteigert wurde. Die Studie von MARTIN et al. (2013a) unterstrich diese Beobachtungen. Hier wurden bei der Inkubation von Zellkulturen in einer Lösung mit 200 µmol Zinkoxid statistisch signifikant höhere mRNA Expression der Metallothionein 1 Transporters erreicht. Diese Beobachtung konnte in vitro bestätigt werden.

In der gleichen Studie von MARTIN et al. (2013a) kam es zu einer statistisch signifikanten Zunahme der Zinktransporter ZnT1 bei der Verfütterung von Zinkoxid in Konzentrationen von 2425 ppm im Gegensatz zu Versuchen mit der geringeren Zinkkonzentrationen (57 ppm und 164 ppm). Im Gegensatz dazu war der Zinktransporter ZIP4 bei der Tiergruppe, welche 2425 ppm Zinkoxid als Futterzusatz bekam, statistisch signifikant seltener ausgeprägt. Des Weiteren war der Zinktransporter ZnT2 (SLC30A2) bei der Verfütterung von 57 ppm statistisch signifikant seltener ausgeprägt, als bei den Gruppen mit 164 ppm und 2425 ppm. Diese statistisch signifikanten Ergebnisse für die Zinktransporter ZnT1 und ZIP4 konnten bei in vitro Versuchen bestätigt werden.

2.3.2.5. Wirkungen auf die Darmmorphologie

In Versuchen von LI et al. (2001) stieg bei Dosierungen von 3000 ppm ZnO die Mukosadicke und die Mikrovillillänge um 25-50 % bei Ferkeln gegenüber der Kontrollgruppe an. Zusätzlich war eine Vergrößerung der Mikrovillibreite feststellbar (LI et al. 2001). Die Veränderungen bei den

Enzymaktivitäten als auch die geänderte Morphologie führen nach LI et al. (2001) zu einer Beeinflussung der Verdauung der Nahrung.

2.3.2.6. Wirkungen auf die Wachstumsfaktoren und die Rezeptorausstattung am Darm

LI et al. (2006) haben in Studien an Ferkeln herausgefunden, dass es neben einer statistisch signifikanten Steigerung der Tageszunahmen, der Futteraufnahme und der Futterverwertung auch zu statistisch signifikanten Steigerungen des Insulin-Like Growth Factor-I (IGF-I) und des Insulin-Like Growth Factor-I-Rezeptors (IGF-IR) im Dünndarm kam, wenn vier Wochen alten Ferkeln 3000 ppm Zink als Zinkoxid gefüttert wurden.

2.3.2.7. Auswirkungen von Zinkgaben auf die Tiergesundheit

PÉREZ et al. (2011) hatten in einem Fütterungsversuch mit Schweinen einen Ausbruch von Durchfall, hervorgerufen durch Colibakterien. Dabei konnte festgestellt werden, dass den Tiere, denen zuvor mit 3000 ppm Zinkoxid supplementiertes Futter gegeben wurde, eine statistisch signifikant kürzere Antibiotikatherapie benötigten und in dieser Gruppe weniger Tiere gemerzt werden musste, als bei den Kontrolltieren.

2.3.3. Die Auswirkungen von hohen Zinkdosen auf die Umwelt und das Tier

Da Zink im Organismus wichtige Funktionen, wie zum Beispiel die Beteiligung an Enzymen, hat und gleichzeitig in hohen Dosen toxisch ist, wird der Gehalt an diesem Element durch homöostatische Regulationen im Organismus fein geregelt. Die Zellen schaffen es, die Dosis sehr präzise zu regulieren und so ist gelöstes Zink im Cytosol nur in kleine Mengen vorhanden. Kommt es zu einer zu hohen Zufuhr von Zink, wird am Darmlumen die Absorption gedrosselt und ein Überschuss an Zink fäkal wieder ausgeschieden. Mittlerweile ist bekannt, dass es hochspezifische

Zink-Transportermoleküle in der Darmschleimhaut (v.a. im Dünndarm, siehe HUTTERER 2007) gibt, welche in Ihrer Anzahl bedarfsgerecht gesteuert werden. Diese Tatsache schützt auch den Menschen vor einer zu hohen Aufnahme von Zink beim Fleischverzehr (WINDISCH 2002). WINDISCH und KIRCHGESSNER (2009) zeigten, dass Ratten unabhängig von der Menge an Zink, die sie mit dem Futter aufnehmen, immer den gleichen Anteil resorbieren und die Überschüsse fäkal ausscheiden.

Bei der Verfütterung von Zink in Überdosierungen, würde das gleiche Umweltproblem wie beim Kupfer (siehe Kapitel 2.2.3) herausgefordert werden. Auch Zink würde sich in den Ausscheidungen der Tiere anreichern und über die Gülle auf den Feldern für einen massiven Schwermetalleintrag sorgen (WINDISCH 2006). Nach MÜLLER (2006) ist es auch beim Zink den Pflanzen nicht möglich dieses Spurenelement in den aufgebrauchten Mengen aufzunehmen. KAYGORODOV (2004) hat in Bilanzierungsversuchen (Bedingungen siehe Kapitel 2.2.3) herausgefunden, dass lediglich 7-17 % des Zinks von den Pflanzen wieder aufgenommen wird. Im Hinblick auf einen Vorschlag für Grenzwerte in der Schweinegülle stellt MÜLLER (2006) fest, dass die Gehalte an Zink- und auch an Kupfereintrag mit 95 % über den Grenzwerten liegen würden.

2.4. Die Variabilität der Effekte von seltenen Erden als Futterzusatz auf die Mastleistungsparameter und die scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe

Die Stoffgruppe der seltenen Erden wird oftmals als ein möglicher Futterzusatzstoff mit positiven Eigenschaften diskutiert (ZENTEK 2005). Diese Elemente haben in der EU bis dato zwar noch keine Zulassung für Futtermittel, eine Zulassung ist aber beantragt. Während in chinesischen Publikationen geradezu exorbitante Verbesserungen beschrieben werden (z.B. Verbesserung der Tageszunahmen beim Ferkel um bis zu 32 %, Überblick in RAMBECK und ROSENBERG 2012), sind die bisherigen Ergebnisse

2.4. Die Variabilität der Effekte von seltenen Erden als Futterzusatz auf die Mastleistungsparameter und die scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe in westlichen Publikationen recht variabel. Es ist bis heute noch nicht geklärt, wie bzw. unter welchen Bedingungen sich die seltenen Erden positiv auf die Tiergesundheit, die scheinbaren Verdaulichkeiten, die Mastleistungsparameter und die Schlachtkörperqualität auswirken. Es werden die verschiedensten Theorien in Betracht gezogen. Nach RAMBECK und ROSENBERG (2012) sind Wirkungen lokal im Darm, eine Beeinflussung des Intermediärstoffwechsels oder aber auch Auswirkungen auf das Immunsystem denkbar.

In den verschiedensten Studien im Hinblick auf die Wirksamkeit der seltenen Erden kommt es, wie oben bereits angedeutet, immer wieder zu variierenden Ergebnissen. Dies ist sowohl bei der Betrachtung der Mastleistungsparameter als auch bei der Untersuchung der Auswirkungen auf die scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe der Fall. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über diese Variabilität. Es werden statistisch signifikant unterschiedliche Teilergebnisse und „Nicht-Unterschiede“ zwischen Kontroll- und Versuchsgruppen hervorgehoben.

2.4.1. Mastleistungsparameter

2.4.1.1. Ergebnisse beim Schwein

HE und RAMBECK (2000) zeigten erstmals unter westlichen Bedingungen, dass eine Verfütterung eines REE-Gemisches an Ferkel zu einer statistisch signifikanten Verbesserung hinsichtlich der Gewichtsentwicklung und der Futtermittelverwertung führte. Eine, mit nahezu gleichem Futterzusatz, direkt davor durchgeführte Studie (siehe ebenfalls HE und RAMBECK 2000) mit numerisch positiven Effekten, konnte dabei keine statistische signifikanten Ergebnisse vorweisen.

Bei der Fütterung seltener Erden an Ferkel und Mastschweine in einer Dosierung von 300 ppm konnte eine statistisch signifikante Verbesserung der Tageszunahmen von 19 % erreicht werden, wenn die Tiere ad libitum gefüttert wurden. Bei einer anschließenden restriktiven Fütterung erreich-

ten die REE-Tiere wiederum positivere Zunahmen (+12 %) als die Kontrolltiere, jedoch ohne statistische Signifikanz. Genau anderes herum stellte sich die Situation bei der Betrachtung der Futterverwertung dar. Diese war in beiden Fällen gegenüber den Kontrolltieren verbessert (bei der ad libitum Fütterung +11 % und im zweiten Versuchsteil +3 %) jedoch waren jetzt bei der ad libitum Fütterung die Ergebnisse nicht statistisch signifikant, dafür bei der restriktiven Fütterung (HE et al. 2001).

In einer ähnlichen Studie an Mastschweinen, in welcher 100 ppm Lanthan als Futterzusatz verwendet wurden, zeigten alle drei Mastleistungsparameter statistisch signifikante Verbesserungen, die Futteraufnahme steigerte sich um 5,43 %, die Futterverwertung um 6,78 % und die Tiere hatten eine um 12,95 % bessere Zunahme als die Kontrolltiere (WANG und XU 2003).

PRAUSE et al. (2005) wiesen an Ferkeln ebenfalls nach, dass sich bei der Verfütterung eines REE-Citrat-Gemischs in einer Dosierung von 150 mg/kg Futter die Futterverwertung um 7 % signifikant steigerte, bzw. im Mastabschnitt von Tag 40 bis zur Schlachtung um bis zu 9 % (PRAUSE et al. 2004).

Bei der Verfütterung eines Gemisches aus seltenen Erden-Citrat in verschiedenen Dosierung an Ferkeln gab es bei einer Menge von 100 bzw. 200 ppm Futter hinsichtlich der Gewichtsentwicklung in einigen Versuchsabschnitten signifikante Verbesserungen gegenüber der Kontrollgruppe (KNEBEL 2004).

In einem Fütterungsversuch mit einer REE-Citrat-Kombination aus Cer, Lanthan, Praseodym und Neodym mit einer Dosierung von 200 mg/kg im Ferkelfutter konnte zum Ende der Mastperiode bei den Seltenen-Erden-Tieren eine positive statistisch signifikante Verbesserung der Futterverwertung festgestellt werden (KRAATZ et al. 2006), wohingegen über einen früheren Zeitraum von sechs Wochen insgesamt keine positiven statistisch signifikanten Resultate erzielt werden konnten.

2.4. Die Variabilität der Effekte von seltenen Erden als Futterzusatz auf die Mastleistungsparameter und die scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe

Bei BORGER (2003) gab es einen statistisch signifikanten Unterschied bei der Entwicklung des Körpergewichtes. Bei der Verabreichung eines Seltenen-Erden-Gemischs von 150 mg/kg Futter zeigten die Ferkel im ersten Fütterungsabschnitt eine Steigerung von 18,8 % im Vergleich zu den Kontrolltieren. Im zweiten Fütterungsabschnitt konnten keine statistisch signifikanten Verbesserungen der Gewichtsentwicklung erreicht werden. Bei der über beide Fütterungsabschnitte beobachteten Futterverwertung stellte sich kein statistisch signifikanter Effekt ein.

SCHULLER et al. (2002) erreichten bei Schweinen bei der Verabreichung von Seltenen Erden in Konzentrationen von 75-300 ppm im Futter eine Steigerung der täglichen Zunahmen um bis zu 19 %. Auch kam es zu einer Reduktion des benötigten Futters um 11 %. Allerdings war keiner dieser Effekte statistisch signifikant.

Ähnliches stellte EISELE (2003) in ihrer Studie an Ferkeln fest. Ihre Versuche wurden sowohl unter standardisierten Bedingungen als auch als Feldversuch durchgeführt. Sie konnte bei der Verfütterung von verschiedenen Konzentrationen und unterschiedlichen Kombinationen von seltenen Erden diverse positive Effekte auf die Mastleistungsparameter beobachten. Auch bei ihr war kein einziges Ergebnis statistisch signifikant.

FINKENZELLER (2011) konnte an Mastschweinen, nach einer Flüssigfütterung mit einem Zusatz von 250 mg/kg REE-Citrat eine statistisch signifikante Veränderung des Schlachtkörpers aufzeigen. In der Versuchsgruppe war der Magerfleischanteil (+1,2 %) signifikant höher als in der Kontrollgruppe. Außerdem kam es dadurch zu einer besseren Eingruppierung im EUROP-System der Schlachtkörpereinteilung wodurch ein höherer Preis für das erzeugte Fleisch ausgezahlt wurde. Die veränderte Klassifizierung war allerdings nicht statistisch signifikant.

Bei der Verfütterung eines REE-Citrats-Gemischs aus Cer und Lanthan in einer Konzentration von 500 mg/kg Futter an Absatzferkeln konnte SCHÖNE (2009) keine statistisch signifikanten Unterschiede ermitteln. In dieser Studie war eine um 1 % größere Futteraufnahmevergrößerung fest-

gestellt worden, und ein 1,4 % höheres Gewicht der Versuchs- gegenüber den Kontrolltieren.

Ähnliche Ergebnisse zeigen sich bei MILLER (2006) an Mastschweinen, die ebenfalls nach einer Supplementierung des Futters mit 300 mg seltenen Erden/kg Futter bezüglich der Gewichtsentwicklung keinerlei statistisch signifikante Unterschiede zeigten.

2.4.1.2. Ergebnisse beim Geflügel

Die positiven Ergebnisse zur Futtermittelverwertung und Gewichtszunahme, die bei Schweinen erzielt wurden, konnten beim Geflügel in einer Studie von SCHULLER et al. (2002) auch bei der Betrachtung der Legeparameter nicht nachgewiesen werden.

Bei Untersuchungen von HALLE et al. (2003) an Broilern mit einem Futterzusatz von REE-Ascorbat, REE-Nitrat, einem REE-Citrat und einem Lanthan-Chlorid konnten statistisch signifikante um bis zu 7 % höhere Mastendgewichte am 35. Lebenstag gegenüber den Kontrolltieren erzielt werden. Die Futtermittelverwertung bei der Verfütterung des Zusatzes REE-Ascorbat war ebenfalls signifikant verbessert gegenüber einem weiteren Zusatz von REE-Nitrat. In einer zweiten Versuchsphase der Studie wurde die Gruppe, die REE-Nitrat zu fressen bekam, durch eine zweite Kontrollgruppe mit Sorbinsäure-Futterzusatz (als Positivkontrolle) ersetzt. Es zeigte sich, dass sich in diesem Versuchsteil bei allen Gruppen die Futtermittelverwertung gegenüber der ursprünglichen Kontrollgruppe signifikant verbesserte. Die signifikanten Unterschiede bestanden also auch für die zweite Kontrollgruppe, die mit Sorbinsäure supplementiertes Futter bekam. Insgesamt waren somit die Tiere, die den Zusatz an REE zu fressen bekamen, von den Mastleistungsparametern gesehen, genau so gut, wie die Tiere die den Zusatz an Sorbinsäure zu fressen bekamen.

Nach HE et al. (2010) konnten bei Broilern bei der Gabe von 70 ppm REE-Citrat-haltigem Futter eine Steigerung der Tageszunahmen von 5 %

2.4. Die Variabilität der Effekte von seltenen Erden als Futterzusatz auf die Mastleistungsparameter und die scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe in einem statistisch signifikanten Bereich erreicht werden. Nach dem Ersetzen der Citrat-Komponente im Futter durch Chloridverbindungen und der Reduktion des REE-Gehalt auf 40 ppm wurden keine statistisch signifikant Ergebnisse mehr beobachtet. Bei drei Tage alten männlichen Masthähnchen kam es erst in der Mastperiode vom 21. Tag an bis zur Schlachtung zu einem statistisch signifikanten Effekt bezüglich der Gewichtszunahme unabhängig von der Art der REE-Verbindung und Konzentration. Die Futterverwertung war nur bei den Tieren, die die REE-Citrat-Verbindung zu Fressen bekamen positiv statistisch signifikant erhöht.

Bei Broilern, die eine Kombination von seltenen Erden zu fressen bekamen, gab es eine positive statistisch signifikante Gewichtsentwicklung, die um bis zu 13,2 % höher als bei den Kontrolltieren war. Es konnten in der gleichen Untersuchung sowohl eine statistisch signifikant positivere Futterverwertung um bis zu 3,3 % gezeigt werden, als auch in einem anderen Versuchsteil eine statistisch signifikante Verschlechterung der Futterverwertung von 3,3 % erzielt werden (FRANZKE 2007).

2.4.1.3. Ergebnisse bei Rindern

SCHWABE et al. (2011) raten von einer Verfütterung von seltenen Erden bei Mastbullen ab, da hier lediglich eine statistisch signifikante Erhöhung der Futteraufnahme erreicht wurde, aber keine positiven Ergebnisse bezüglich der Futterverwertung zu verzeichnen waren.

In einem Feldversuch von MILLER (2006) konnten bei der Verfütterung eines Seltenen-Erden-Gemischs in einer Konzentration von 200 mg/kg Futter an Kälber keinerlei signifikante Verbesserungen bezüglich der Gewichtsentwicklung festgestellt werden.

2.4.1.4. Ergebnisse bei Fischen

In der Fischzucht zeigte sich der Einsatz von REE-Citrat-Gemischen mit Konzentrationen von bis zu 400 ppm nicht als sinnvoll. Hier gab es kei-

nerlei positive Ergebnisse hinsichtlich der Parameter Futteraufnahme, Gewichtsentwicklung und Futtermittelverwertung, obwohl genau diese Gemische in der Tierhaltung auch unter westlichen, standardisierten Versuchsbedingungen bei anderen Tierarten (siehe z.B. Kapitel 2.4.1.1) bereits zu Erfolgen geführt hatten (RENARD 2005).

2.4.1.5. Ergebnisse bei Ratten

Bezüglich der Verabreichung von seltenen Erden in Chloridverbindungen zeigten Ratten bei 75 beziehungsweise 150 ppm LaCl_2 eine statistisch signifikante Verbesserung der Gewichtszunahme. Bei der Verfütterung von Mischungen aus verschiedenen seltenen Erden in Chloridverbindungen konnten keine statistisch signifikanten Steigerungen in der Futtermittelverwertung erlangt werden (HE et al. 2003).

WEHR et al. (2005) konnten bei Fütterungsversuchen an Ratten, welche mit verschiedenen Konzentrationen und unterschiedlichen REEs gefüttert wurden, keine statistisch signifikant verbesserten Tageszunahmen erreichen.

FRANZKE (2007) hat in einer Untersuchung mit Ratten, unabhängig davon ob es sich um die Zugabe von einzelnen seltenen Erden, Kombinationen von seltenen Erden oder unterschiedlichen Mengen handelte, keine statistisch signifikant positiven Ergebnisse bezüglich der Gewichtsentwicklung festgestellt. Bei der Futteraufnahme gab es eine Variabilität hinsichtlich der einzelnen Gruppen. Bei einigen Gruppen gab es signifikant höhere Futteraufnahmen, bei anderen wiederum nicht. Ebenso uneinheitlich sah es bei der Futtermittelverwertung aus. Auch hier gab es wiederum einzelne Gruppen, die zu verschiedenen Versuchszeiten eine signifikant positive Statistik aufwiesen. Insgesamt zeigten sich hier keine eindeutigen signifikanten Ergebnisse.

In Studien von GEMMEREN (2008) hinsichtlich der Beeinflussung von Mastleistungsparametern bei Ratten mit sowohl verschiedenen hoch dosier-

2.4. Die Variabilität der Effekte von seltenen Erden als Futterzusatz auf die Mastleistungsparameter und die scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe

ten Gemischen von seltenen Erden als auch chemisch synthetisierten REE-Gemischen als Futterzusatz traten keine positiv signifikanten Ergebnisse ein.

Bei einer Untersuchung an Ratten mit Verabreichung eines Gemisches von seltenen Erden (davon 27,2 % Lanthanoide und 72,8 % Citrat) mit Maisstärke in einem Verhältnis 50:50 und einer Konzentration von 500 bzw. 2500 ppm gab es keine Veränderungen bei der Gewichtsentwicklung. Bei der Futtermittelverwertung gab es einzelne statistisch signifikante Werte, bei denen die REE-Tiere unterhalb der Futtermittelverwertung verglichen mit den Kontrolltieren lagen. Diese Effekte konnten allerdings nur in der Hauptwachstumsphase festgestellt werden, also bis zur zehnten Lebenswoche (KROTH 2011).

Bei der Verfütterung des gleichen Gemisches von REE mit einer Konzentration von sowohl 250 ppm als auch 1250 ppm ebenfalls an Ratten waren wiederum keine statistisch signifikanten Körpermasseentwicklungen feststellbar, wobei die Körpermassen der REE-Tiere aber generell über denen der Kontrolltiere lagen. Ebenso waren bei der Futteraufnahme und der Futtermittelverwertung keine signifikanten Verbesserungen feststellbar (FRITSCH 2012).

2.4.2. Scheinbare Verdaulichkeit

KROTH (2011) hat an Ratten als erste Beeinflussungen der Verfütterung von seltenen Erden auf die scheinbaren Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe untersucht und hier auch Ergebnisse erzielen können. Bei der Gabe eines REE-Citrat-Gemisches konnten signifikante Verbesserungen der scheinbaren Verdaulichkeit der Trockensubstanz (bis zu 3,2 %) und des Rohproteins (bis zu 2,3 %) unabhängig von der Höhe der verabreichten Menge an REE festgestellt werden. Bei der Verfütterung eines REE-Citrat Gemisches in einer Konzentration von 500 ppm gab es eine Verbesserung der scheinbaren Verdaulichkeit der Bruttoenergie um bis zu 2,5 % mit einem statistisch

hochsignifikanten Ergebnis. Bei einer Erhöhung diese REE-Gemisches um das Fünffache waren die Werte zwar noch signifikant, die scheinbare Verdaulichkeit der Energie war dann aber nur um 1,4 % höher.

In einer Arbeit von FRITSCHE (2012), in der die gleichen REE-Citrat-Gemische, ebenfalls wieder an Ratten, allerdings in Konzentrationen von 250 ppm und 1250 ppm, verabreicht wurden, gab es hinsichtlich der scheinbaren Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe keinen durchgängigen statistisch positiven Effekt durch die seltenen Erden. Einzelgruppen zeigten gleichwohl statistisch signifikante Ergebnisse. Eine Tiergruppe, die ein mit 1250 ppm REE-Citrat-Gemisch angereichertes Futter erhielt, zeigte eine Zunahme der scheinbaren Verdaulichkeit des Rohproteins in einem statistisch signifikanten Bereich. Die Verfütterung der geringeren Dosis von 250 ppm brachte wiederum eine signifikante Verbesserung der scheinbaren Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe und eine signifikante Verschlechterung der scheinbaren Verdaulichkeit des Rohfetts. Bei der Betrachtung der Spurenelemente Calcium, Chlorid, Kalium, Magnesium, Natrium und Phosphor ergaben sich genauso wie bei den Spurenelementen Kupfer und Zink keine statistisch signifikanten Ergebnisse. Die scheinbare Verdaulichkeit des Eisens in beiden REE-Gruppen lag hingegen mit 9,9 % und 17 % statistisch signifikant über der der Kontrollgruppen. Beim Mangan zeigte sich mit 27,5 % und 14,6 % verbesserter Verdaulichkeit ebenfalls ein statistisch signifikantes Ergebnis. Allerdings waren die scheinbaren Verdaulichkeiten der Seltenen-Erden-Tiere hier signifikant schlechter.

2.5. Übersicht über die Ergebnisse von REE-Fütterungsstudien

Insgesamt deuten, über alle Tierarten hinweg betrachtet, nur einzelne Studien und innerhalb der verschiedenen Studien nur einzelne Parameter oder Versuchsreihen auf positive statistisch signifikante Effekte durch die Fütterung von seltenen Erden hin. Dies gilt für die Gewichtszunahme und

die Futterverwertung. Die deutlichsten Effekte zeigten sich in Studien bei Schweinen und Ratten. Eine eindeutige Wirkung der seltenen Erden ist somit nicht einheitlich nachvollziehbar und unterliegt starken Schwankungen. Die Ursachen für diese Schwankungen wurden in den vorliegenden Studien bislang nicht identifiziert oder nachvollzogen. Studien mit entsprechend modifizierten unabhängigen Versuchsvariablen sind daher noch notwendig.

Die Tabelle 2.2 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die in der Literaturrecherche erfassten Arbeiten.

Tab. 2.2.: Übersicht über die Variabilität der Ergebnisse verwandter Arbeiten im Bereich von REE-Futterzusätzen

Tierart	REE-Dosierung	REE-Bindungsform	REE	Effekt						Quelle	
				KGW	FVW	TZ	FA	MFA	sV		
Schwein	75 und 150 ppm	Chlorid (La)	La	KGW+	FVW+						(HE und RAM-BECK 2000)
Schwein	75 und 150 ppm	Chlorid (La, Pr, Ce)	Ce, Pr, La	KGW+*	FVW+*						(HE und RAM-BECK 2000)
Schwein	75 und 300 ppm	Chlorid	l)			TZ+	FA-				(SCHULLER et al. 2002)
Schwein	100, 200 und 300 ppm	Chlorid	La, Ce		FVW+	TZ+					(EISELE 2003)
Schwein	300 ppm (restr.)	Chlorid	La, Ce, Pr		FVW+*	TZ+					(HE et al. 2001)
Schwein	300 ppm (ad lib.)	Chlorid	La, Ce, Pr		FVW+	TZ+*					(HE et al. 2001)
Schwein	100 ppm	Chlorid	La	KGW+*	FVW+*		FA+*				(WANG und XU 2003)
Schwein	150 ppm	Citrat	l)		FVW+*	TZ0					(PRAUSE et al. 2005; PRAUSE et al. 2004)

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 2.2 – Fortsetzung von voriger Seite

Tierart	REE- Dosierung	REE- Bindungsform	REE	Effekt					Quelle	
				KGW	FVW	TZ	FA	MFA		sV
Schwein	100 und 200 ppm	Citrat	1)	KGW+*						(KNEBEL 2004)
Schwein	200 ppm	Citrat	Ce, Pr, Nd	KGW0*	FVW+*					(KRAATZ et al. 2006)
Schwein	150 ppm	1)	La, Ce	KGW+*, KGW0						(BORGER 2003)
Schwein	250 ppm	Citrat	La, Ce, Pr	KGW0	FVW-	TZ0		MFA+*		(FINKENZELLER 2011)
Schwein	500 ppm	Citrat	Ce, La	KGW+			FA+			(SCHÖNE 2009)
Schwein	300 ppm	Citrat	La, Ce, Pr	KGW+						(MILLER 2006)

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 2.2 – Fortsetzung von voriger Seite

Tierart	REE- Dosierung	REE- Bindungsform	REE	Effekt				Quelle
				KGW	FVW	TZ	FA	
Geflügel	75 und 300 ppm	Chlorid	l)	KGW0				(SCHULLER et al. 2002)
Geflügel	100 ppm	Ascorbat, Nitrat, Citrat, La-Chlorid	l)	KGW+*	FVW+*			(HALLE et al. 2003)
Geflügel	70 und 100 ppm	Citrat	La, Ce, Pr	KGW+*	FVW+*	TZ+*		(HE et al. 2010)
Geflügel	40 ppm	Chlorid	La, Ce, Pr	KGW0	FVW0	TZ0		(HE et al. 2010)
Geflügel	70 ppm	Chlorid	La, Ce, Pr	KGW+*				(HE et al. 2010)
Geflügel	70 und 100 ppm	Citrat	Ce, Pr, Nd	KGW+*	FVW+*, FVW-*			(FRANZKE 2007)
Rind	100, 200 und 300 ppm	Citrat	Ce, La, Pr	FVW0	TZ-	FA+*		(SCHWABE et al. 2011)
Rind	200 ppm	Citrat	La, Ce, Pr					(MILLER 2006)
Fisch	400 ppm	Citrat	Lanthanoide	KGW0	FVW0		FA0	(RENARD 2005)

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 2.2 – Fortsetzung von voriger Seite

Tierart	REE-Dosierung	REE-Bindungsform	REE	Effekt					Quelle	
				KGW	FVW	TZ	FA	MFA		SV
Ratte	75 und 150 ppm	Chlorid	La	KGW+*	FVW+					(HE et al. 2003)
Ratte	75 und 150 ppm	Chlorid	LaCl + Mix: La, Ce, Pr			TZ+				(WEHR et al. 2005)
Ratte	50, 200, 400, 800 ppm	Citrat	La-Carbonat + Mix: La, Ce, Pr			TZ+				(WEHR et al. 2005)
Ratte	100, 300, 520 ppm	Citrat	Ce, Pr, Nd + REE-Organische Anionen	KGW0	FVW+*, FVW+		FA+*, FA+, FA-			(FRANZKE 2007)
Ratte	10,8 bis 800 ppm	Citrat, Acetat, Carbonat	La, Ce, Pr	KGW+	FVW+, FVW0					(GEMMEREN 2008)
Ratte	500 und 2500 ppm	Citrat	Ce, La, Nd, Pr	KGW0*	FVW+, FVW0, FVW-				sv(TS)+*, sv(Rp)+*, sv(BE)+*	(KROTH 2011)

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tab. 2.2 – Fortsetzung von voriger Seite

Tierart	REE- Dosierung	REE- Bindungsform	REE	Effekt						Quelle	
				KGW	FVW	TZ	FA	MFA	sV		
Ratte	250 1250 ppm	Citrat	Ce, La, Nd, Pr	KGW0	FVW0	FA0				sV(Rp)+*, sV(Nfe)+*, sV(Rf)-*, sV(Fe)+*, sV(Mn)-*	(FRITSCHE 2012)

Legende:

- KGW – Körpergewicht
 - TZ – Tageszunahme
 - FVW – Futtermittelverwertung
 - sV – scheinbare Verdaulichkeiten
 - MFA – Magerfleischanteil
 - + – positive Veränderung
 - 0 – keine eindeutige Veränderung
 - – negative Veränderung
 - * – statistisch signifikant mit $p < 0,05$
 - 1) – keine Angabe
 - 2) – Effekt nur bei männlichen Tieren
- Bei Mehrfachangaben – Unterschiedliche Ergebnisse in verschiedenen Versuchsabschnitten

3. Material und Methoden

Die für diese Dissertation gewählten Analysemethoden und Vorgehensweisen wurden in mehreren Vorgängerarbeiten und anderen Dissertationen (FRANZKE 2007; FRITSCHKE 2012; KROTH 2011; WEHR et al. 2005) im Fach Tierernährung bereits oft so oder ähnlich verwendet. Der Grund dafür ist, dass es sich hierbei um Standardmethoden für die Bestimmung von Verdaulichkeiten für Nährstoffe, bzw. um standardisierte Unterbringungseinrichtungen für das Labortier Ratte handelt. Daher sind in diesem Kapitel viele Passagen sehr ähnlich zu verwandten Arbeiten gehalten. Dies erleichtert die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Arbeiten. Bewusste Abweichungen in der Methodik werden leichter erkennbar. Um eine abgeschlossene Darstellung und Nachvollziehbarkeit der Methodik zu ermöglichen, wird die Methodik vollständig dargelegt.

3.1. Versuchsplan

Für diese Dissertation wurden Verdaulichkeitsstudien in Kombination mit pH-Wert-Messungen zur Bestimmung eines möglichen Wirkungsmechanismus auf die Verdaulichkeiten von Rohrnährstoffen sowie Mengen- und Spurenelementen bei Ratten durchgeführt. KROTH (2011) beobachtete eine deutliche Verbesserung der scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe und der Bruttoenergie beim Zusatz von seltenen Erden. Diese Ergebnisse konnten von FRITSCHKE (2012) nicht reproduziert werden. Da es bei KROTH (2011) zu pH-Verschiebungen in den leicht sauren Bereich im Kot kam und bei FRITSCHKE (2012) nicht, lag es nahe zu vermuten, dass sich das Mikrobiom im Darm durch die seltenen Erden hin zu einer selektiv

säurebildenden Mikroflora verändert und es dadurch zu einer Steigerung der scheinbaren Verdaulichkeiten kommt. Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit versucht, über verschiedene Futtermischungen den pH-Wert im Kot zu beeinflussen, um somit optimale Voraussetzungen für die Wirkung der seltenen Erden zu schaffen.

3.2. Versuchsaufbau

Für diese Studie wurden die Werte von 48 Ratten ausgewertet. Diese wurden in zwei Gruppen mit je 24 Tieren eingeteilt, wovon die erste Gruppe die Kontrollgruppe darstellte und die zweite Gruppe die Versuchsgruppe war. Jeweils zwei gleichgeschlechtliche Tiere einer Gruppe wurden aus Tierschutzgründen zu zweit in einen Käfig eingestallt. Alle Tiere bekamen exakt das gleiche Futter bis auf die Tatsache, dass bei den Versuchstieren zusätzlich seltene Erden in das Futter eingemischt wurden. Alle Ratten waren unter den gleichen Haltungsbedingungen im gleichen Raum eingestallt, unterlagen den gleichen Fütterungsbedingungen (mit Ausnahme der Futterzusammenstellung) und wurden den gleichen Untersuchungen unterzogen.

Über die Gesamtversuchsdauer wurde das gleiche Basisfutter mehrfach in seiner Kohlenhydratquelle und einmalig in der Proteinquelle variiert. Die Gesamtversuchsdauer war in insgesamt fünf Durchgänge unterteilt, die jeweils durch eine Adaptionsphase für die neue Futtersorte eingeleitet wurden und mit einer Studienphase (in welcher der Kot für die Verdaulichkeitsmessungen gesammelt wurden) endeten (Details siehe Kapitel 3.3).

3.2.1. Versuchstiere

Für diese Verdaulichkeitsstudie wurden 52 Albinoratten der Rasse Wistar KJHan WI eingestallt. Es handelte sich pro Geschlecht um jeweils 26 Tiere. Vier Tiere verblieben als Reservetiere (zwei Männchen, zwei Weibchen) in der Haltung und wurden nicht in die Auswertung aufgenommen. Die Ratten, bei denen es sich um SPF-Tiere handelte, wurden mit einem Al-

ter von circa drei Wochen von der Firma JANVIER aus 53941 St. Berthevin Cedex (Frankreich) geliefert.

3.2.2. Tierkennzeichnung

Jeweils ein Tier pro Käfig wurde an der Schwanzbasis mit einem Punkt gekennzeichnet. Dieser Punkt wurde mit einer geraden Tiernummer kombiniert. Für die Kennzeichnung wurde ein schwarzer Permanentmarker „Edding“ der Firma edding International GmbH aus Ahrensburg verwendet. Beim wöchentlichen Misten wurde diese Markierung jeweils nachgezeichnet. Insgesamt bekam jedes Tier eine fortlaufende Nummer, so dass während der kompletten Versuchsphase die Tiere zweifelsfrei auseinander gehalten werden konnten.

3.2.3. Hygienemaßnahmen

Die Stallung wurde über eine Schleuse betreten, in welcher sowohl Kittel und Laborschuhe angezogen als auch die Hände gewaschen und desinfiziert wurden.

3.2.4. Tierstall

Im Stall waren alle Fenster verdunkelt. In diesem Raum wurde ein vollautomatisches Lichtprogramm mit 12 Tagstunden (von 7:00 Uhr bis 19:00 Uhr) gefahren. Damit die Tiere optimal mit UV-Licht versorgt wurden, waren in diesem Raum Speziallampen mit Ausstrahlung von UV-Licht installiert.

3.2.5. Klima

Der Tierstall war klimatisiert, wobei die Raumtemperatur während der gesamten Versuchsphase konstant 23 °C betrug und eine Luftfeuchtigkeit von 55 % herrschte.

3.2.6. Käfige

Bei den Käfigen handelte es sich um den Makrolon Typ IV Käfig der Firma Tecniplast aus Hohenpeißenberg. Ein Käfig war 59,5 cm lang, 38,0 cm breit und hatte eine Höhe von 20,0 cm. Jeder Tierkäfig war mit einer Raufe und einer Befestigungsplatte für die Tränkeflasche versehen. Die Käfige wurden wöchentlich, teilweise auch öfter (bspw. bei Durchnässung des Einstreus), in einer Käfigspülmaschine der Firma Meiko gereinigt.

3.2.7. Einstreu

Während der Eingewöhnungsphase und den diversen Futteradaptionphasen wurden die Tiere in ca. 3 cm tief eingestreuten Käfigen gehalten. Bei der Einstreu handelte es sich um Sägemehl der Marke Lignocoel von der Firma Rettenmaier und Söhne GmbH & Co KG aus Ellwangen/Jagst. In den Studienphasen wurde eine ca. 3 cm dicke Einstreudecke aus nichtklumpendem Katzenstreu „Thomas“, der Firma Mars verwendet, wobei es sich um ein mineralisches Produkt aus Calciumsilikat-Hydrat handelte. Die Einstreu wurde jeweils bei der Käfigreinigung komplett erneuert.

3.2.8. Environmental Enrichment

In jeden Tierkäfig wurde sowohl während der Adaption- und Studienphasen ein kleiner Pappkarton als Rückzugsmöglichkeit für die Ratten hingestellt. Zusätzlich wurde während jeder Adaptionphasen ein kleiner Holzwürfel aus unbehandeltem Kiefernholz mit einer Größe von 7x7x7 cm in die Käfige gelegt. Dieser diente vor allem zur Abnutzung der Zähne und als Beschäftigungsmaterial für die Ratten.

3.2.9. Tränke

Jeder Käfig wurde mit einer Trinkflasche mit Nippeltränke versehen. Den Tieren stand somit immer Wasser ad libitum zur Verfügung. Die Flaschen

wurden mit Leitungswasser befüllt, zweimal pro Woche gesäubert und anschließend mit frischem Wasser befüllt.

3.2.10. Futteraufnahme

Während jeder Studie und während der übrigen Zeiten in einem wöchentlichen Rhythmus wurde die Futteraufnahme pro Käfig bestimmt. Dazu wurde die Futteraufnahme von der Einwaage subtrahiert um die Rückwaage des in der Raufe verbliebenen Futters zu bestimmen.

3.2.11. Waage im Tierstall

Im Tierstall stand eine Waage vom Typ Mettler PC 4400 Delta Range der Firma Mettler-Toledo GmbH aus Gießen. Sowohl das Futter als auch die Tiere wurden mit dieser Waage gewogen. Das Gerät wurde zuletzt im Jahr 2012, dem Jahr der Versuchsdurchführung, geeicht. Bei der Aufzeichnung der Wiegeergebnisse wurde immer kaufmännisch auf eine gerade Zahl in Gramm gerundet und direkt in eine Excel-Tabelle in einem Laptop eingetragen.

3.3. Versuchsdurchführung

3.3.1. Betreuung der Tiere

Während der kompletten Zeit der Tierhaltung wurden die Tiere täglich auf ihren Gesundheitszustand hin kontrolliert. Außerdem wurde gleichzeitig sichergestellt, dass jedes Tier ausreichend Futter und Wasser zur Verfügung hatte und keine Trinkflasche ausgelaufen war. Zugleich wurde das Raumklima kontrolliert sowie, falls nötig, den Tieren neue Pappkartons zur Verfügung gestellt.

3.3.2. Eingewöhnung der Tiere

Nach Eintreffen der Tiere wurden diese für sieben Tage in den acht Gruppen belassen, in denen sie geliefert worden waren. Es wurden somit immer sechs oder sieben Tiere (entsprechend der Größe der Anlieferungsgruppen) in einen Käfig umgesetzt. Während dieser Zeit erhielten alle Tiere das Kontrollfutter Glukose I ohne den Zusatz an REE, welches auch für die erste Versuchsphase verwendet wurde.

3.3.3. Tiergewichte

Nach der Woche der Eingewöhnung wurden die Ratten das erste Mal gewogen. Die weiblichen Jungtiere hatten eine Körpermasse mit einem Mittelwert von 90,42 g und einer Standardabweichung von 5,93 g. Bei den männlichen Tieren betrug der Mittelwert der Gewichte 100,42 g mit einer Standardabweichung von 5,77 g. Während der gesamten Versuchszeit wurden die Tiere mindestens in wöchentlichen Abstand gewogen.

3.3.4. Tiereinteilung

Am ersten Wiegetag wurden die Ratten in zwei Großgruppen eingeteilt. Jede Gruppe bestand aus zwölf weiblichen und zwölf männlichen Tieren, wobei die Tiere so in die Versuchsgruppen eingeteilt wurden, dass die Mittelwerte der weiblichen und männlichen Versuchsgruppen annähernd gleich waren und sie eine ähnliche Standardabweichung hatten. Die erste Gruppe, im Weiteren *Kontrollgruppe* genannt, hatte ein Gewicht mit einem Mittelwert von 95,6 g mit einer Standardabweichung von 7,6 g. Die zweite Gruppe, bei der es sich um die *Versuchsgruppe* handelte, hatte als Mittelwert ein Gewicht von 95,3 g mit einer Standardabweichung von 7,9 g. In jeder Gruppe wurden immer zwei Tiere gleichen Geschlechts in einen Käfig aufgestellt. Hierbei wurde wiederum darauf geachtet, dass diese Tiere ein möglichst gleiches Gewicht aufwiesen, um beispielsweise unausgeglichene

nes Konkurrenzverhalten bei der Futter- oder Wasseraufnahme zu vermeiden.

3.3.5. Aufbau der Studienphasen

Insgesamt wurden für diese Dissertation fünf Fütterungsversuche durchgeführt. Dabei bekamen die Kontrolltiere immer, bis auf die Tatsache, dass im Futter der Versuchstiere ein Gemisch an seltenen Erden untergemischt worden war, das exakt gleiche Futter.

Im ersten Durchgang bekamen die Tiere ein Futter mit einem Anteil von 10 % Glukose (im Weiteren *Glukose I* genannt) zu fressen. Im Anschluss wurde ein nahezu identisches Futter gefüttert, wiederum mit einem Anteil von 10 % Glukose (im Weiteren *Glukose II* genannt). Daraufhin wurde ein Futter gefüttert, in dem der Anteil an Glukose durch Laktose ersetzt wurde (im Weiteren *Laktose* genannt). Im Anschluss daran wurde ein Futter mit einem Anteil von 15 % *Trockenschnitzel* gefüttert, um den Tieren einen hohen Anteil an einem nur von Mikroorganismen verdaubaren Polysaccharid zu geben. Als letztes Futter innerhalb des Gesamtversuchs wurde den Tieren ein Futter, welches einen hohen Anteil an Proteinerbsen, und somit viele Oligosaccharide enthielt und mit einer schlechteren Proteinquelle ausgestattet war, gefüttert (im Weiteren *Erbsenprotein*). Eine Übersicht über den genauen zeitlichen Verlauf aller Versuchsteile liefert Abbildung 3.1.

3.3.6. Futter

Während der gesamten Versuchsdauer erhielten die Tiere das jeweilige Futter ad libitum. Dieses wurde immer am Lehrstuhl für Tierernährung hergestellt. Die seltenen Erden wurden dem Versuchsfutter über das Produkt „Lancer 500“ (bestehend zu 50% aus Maisstärke und zu 50% aus Lanthanoiden) der Firma Zehentmeyer aus der Schweiz zugefügt. Als seltene Erden enthielt das Produkt Lancer Citratverbindungen mit Lanthan (18-21 mg/kg OS), Cer (31–37 mg/kg OS) und Praseodym (3,1–3,9 mg/kg

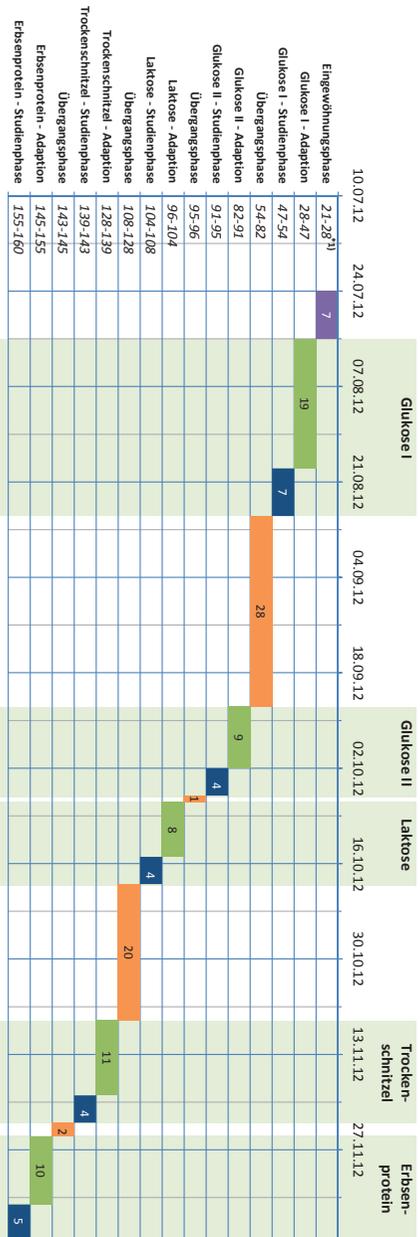


Abb. 3.1.: Übersicht über den zeitlichen Verlauf der Versuchsphasen

Legende:

- 7 – Eingewöhnungsphase mit Dauer in Tagen
 - 19 – Adaptionsphase mit Dauer in Tagen
 - 7 – Studienphase mit Dauer in Tagen
 - 28 – Übergangsphase mit Dauer in Tagen
- * 1) – Alter der Tiere in Tagen am Anfang und am Ende der Versuchsphase

OS). Der Gehalt an Neodym war in Lancer- und Kontrollfutter annähernd gleich. Die genaue Zusammensetzung ist in den Tabellen 3.5, 3.4, 3.2 und 3.3 aufgelistet. Die exakte Zusammensetzung an Rohnährstoffen sowie an Mengen- und Spurenelementen wurde im institutseigenen Labor ermittelt. Die Firma Eurofins GfA Lab Service GmbH, Münster analysierte das Futter auf den Gehalt an seltenen Erden (vergleiche Tabelle 3.7). Bei den Futterarten welche mit Glukose bzw. Laktose versehen wurden, wurden die Gehalte der Zuckerarten im Labor der LUFA ITL Kiel analysiert (vergleiche Tabelle 3.6). Das Futter wurde den Tieren in pelletierter Form angeboten.

Alle Futterinhaltsstoffe waren mit Ausnahme der Protein- und Kohlenhydratquelle identisch. Die genauen Zusammensetzungen der Futtermittel sind in der Tabelle 3.8 zusammengefasst (Einzelübersicht in Kapitel B). Die Schwankungen der gemeinsamen Inhaltsstoffe aller Futtersorten lagen im Bereich von kleinen Nuancen, welche sich durch die unterschiedlichen Zusammensetzung der verwendeten Komponenten begründet. Jedes Futter enthielt den gleichen für Ratten optimierten Mineralstoffzusatz aus Mineralien und Vitaminen („MinMix REE rats 2012“, siehe Tabelle 3.1). Dieser Mineralstoffzusatz wurde entsprechend der Empfehlung der National Research Council Committee on Animal Nutrition (NRC 1995) zusammengestellt.

3.3.7. Adaptionphasen

Bevor in einem Durchgang mit einer Studie mit dem jeweiligen Versuchsfutter angefangen wurde, gab es eine Adaptionphase von mindestens acht Tagen, um eine Anpassung der Tierverdauung an das jeweilige Futter zu ermöglichen. Die Dauern der jeweiligen Adaptionphasen sind in Tabelle 3.9 aufgeführt. In diesen Phasen erhielten die Kontrolltiere das Futter ohne, und die Versuchstiere das Futter mit dem REE-Zusatz.

Tab. 3.1.: Inhaltsstoffe der Mineral-Vitamin-Mischung (MinMix REE rats 2012)

Inhaltsstoff	Gehalt pro kg Mineralfutter
Calcium (Ca)	30,8 %
Natrium (Na)	5 %
Eisen (Fe)	2,9 g
Kupfer (Cu)	300 mg
Mangan (Mn)	769,2 mg
Chlorid (Cl)	48,6 %
Selen (Se)	9,2 mg
Vitamin B1	231 mg
Vitamin B6	308 mg
Vitamin B12	4,6 mg
Biotin	15,4 mg
Pantothen	692 mg

Tab. 3.2.: Zusammensetzung der Futtersorten Glukose I und Glukose II

Futterbestandteil	Gehalt in % im Glukose I bzw. II Kontrollfutter	Gehalt in % im Glukose I bzw. II Versuchsfutter
Gerste	5	5
Glukose	10	10
Maisstärke	10	9,95
Weizen	10	10
Hafer	10	10
Mais	13,7	13,7
Weizenkleie	5	5
Lucernegrünmehl	5	5
Sojaschrot	25	25
Sojaöl	5	5
Lancer 500	0	0,05
MinMix REE rats 2012	1,3	1,3

Tab. 3.3.: Zusammensetzung der Futtersorte Laktose

Futterbestandteil	Gehalt in % im Laktose Futter	Gehalt in % im Kontroll-futter	Gehalt in % im Versuchs-futter
Gerste	5		5
Laktose	10		10
Maisstärke	10		9,95
Weizen	10		10
Hafer	10		10
Mais	13,7		13,7
Weizenkleie	5		5
Lucernegrünmehl	5		5
Sojaschrot	25		25
Sojaöl	5		5
Lancer 500	0		0,05
MinMix REE rats 2012	1,3		1,3

3.3.8. Durchführung der Studienphasen

Spätestens zwei Tage vor jeder Studienphase wurden die Holzwürfel aus den Käfigen entfernt, um ungewollte Futteraufnahmen über Holzraspel bei den Tieren zu vermeiden. Zu Beginn jeder Studienphase wurden die Tiere und das Futter gewogen. Gleichzeitig wurden die Käfige gemistet und die Tiere auf eine Einstreudecke aus nicht-klumpendem Katzenstreu umgesetzt. Diese Einstreu wurde gewählt, um keine Verfälschung der Ergebnisse durch eventuell am Kot anheftende, oder von den Ratten aufgenommene Holzfasern des Einstreus der Nicht-Studienphase zu bekommen. Alle sonstigen Parameter blieben auch während der Studienphasen exakt so wie oben beschrieben. Nun folgte jeweils eine vier- bis siebentägige Studienphase. Zusätzlich zur Kotsammlung für die Verdaulichkeitsstudien wurde pro Studienphase an mehreren Tagen eine pH-Wert Bestimmung durchgeführt. Die genauen Messtage sind in Tabelle 3.11 dokumentiert.

Tab. 3.4.: Zusammensetzung des Trockenschnitzelfutters

Futterbestandteil	Gehalt in % im Trocken- schnitzelkon- trollfutter	Gehalt in % im Trocken- schnitzelver- suchsfutter
Gerste	1	1
Trockenschnitzel (nicht melassiert)	15	15
Maisstärke	1	0,95
Weizen	14,7	14,7
Hafer	19	19
Mais	13	13
Grünmehl	3	3
Sojaschrot	25	25
Sojaöl	7	7
Lancer 500	0	0,05
MinMix REE rats 2012	1,3	1,3

3.3.9. Beendung der Studienphasen

Abhängig davon, wieviel Kot von den Ratten ausgeschieden wurde, wurde die jeweilige Studie nach vier bis sieben Tagen beendet. Es wurde darauf geachtet, dass immer genügend Kot für die Laboranalysen sowie für eine Rückstellprobe gesammelt werden konnte. Eine Übersicht über die verschiedenen langen Studiendauern liefert Tabelle 3.10. Zum Abschluss jeder Studie wurden zusätzlich die verbliebenen Futterreste und die Tiere gewogen. Somit konnte sowohl die aufgenommene Futtermenge als auch die Körpergewichtsentwicklung aus der Differenz zwischen den jeweils zu Beginn der Studienphase erhobenen Daten und den am Schluss der Studienphase ermittelten Daten berechnet werden.

Tab. 3.5.: Zusammensetzung des Erbsenproteinfutters

Futterbestandteil	Gehalt in % im Erbsenproteinkontrollfutter	Gehalt in % im Erbsenproteinversuchsfutter
Gerste	1	1
Proteinerbse	24	24
Maisstärke	1	0,95
Weizen	14	14
Hafer	17,5	17,5
Mais	13	13
Grünmehl	3	3
Sojaschrot	18	18
Sojaöl	7	7
Lancer 500	0	0,05
MinMix REE rats 2012	1,5	1,5

Tab. 3.6.: Gehalte der Zuckerarten im Futter in %

Futterbenennung	Glukose in % der OS	Laktose in % der OS
Glukose I Kontrolle	9,15	<0,1
Glukose I Versuch	7,29	0,29
Glukose II Kontrolle	10,1	<0,1
Glukose II Versuch	10,6	<0,1
Laktose Kontrolle	0,39	11
Laktose Versuch	0,35	10,9

Tab. 3.7.: REE-Gehalte in den verschiedenen Futtersorten in mg/kg der OS

Futterbenennung	Lanthan	Cer	Praseo- dym	Neodym
Glukose I Kontrolle	0,12	0,19	0,02	0,09
Glukose I Versuch	21	37	3,6	0,15
Glukose II Kontrolle	0,11	0,15	0,02	0,08
Glukose II Versuch	24,5	37,4	4,06	0,12
Laktose Kontrolle	0,13	0,2	0,03	0,09
Laktose Versuch	21	37	3,9	0,64
Trockenschnitzel Kontrolle	0,8	1,4	0,15	0,11
Trockenschnitzel Versuch	20	34	3,4	0,18
Erbsenprotein Kontrolle	0,35	0,57	0,06	0,08
Erbsenprotein Versuch	18	31	3,1	0,13

3.4. Probennahme

3.4.1. Kotsammelphasen für die Verdaulichkeitsstudien

Während der Studienphasen wurde täglich der gesamte Kot aus jedem Käfig gesammelt und bis zum Ende der Studie in einem Kühlschrank bei 6 °C zur anschließenden Analyse gelagert.

3.4.2. Kotsammlung für die pH-Wert-Messung

Für diese Messung wurde an den entsprechenden Versuchstagen aus jedem Käfig der frische Kot eingesammelt und im Anschluss schnellstmöglich untersucht.

Tab. 3.8.: Übersicht über die Nährstoffe der Kontroll- und Versuchsfütter

Nährstoff	Einheit	Glukose I (K)	Glukose I (V)	Glukose II (K)	Glukose II (V)	Laktose (K)	Laktose (V)	Trockenschnitzel (K)	Trockenschnitzel (V)	Erbsenprotein (K)	Erbsenprotein (V)
TSt	%	88,37	88,7	89,8	88,8	91,1	91,2	87,7	87	83,6	83,9
Rfa	%	8	6	6,3	6,2	6,6	6,8	8,1	9,4	7,4	7,1
Rp	%	19,6	18,3	19	19,4	18,3	19,5	21	20,2	20,2	21,7
Rfe	%	7,6	7,7	7,7	7,9	8,1	8,8	10,9	10,3	10,6	10,9
Ra	%	4,9	5	4,7	4,7	4,6	4,5	4,9	5,6	4,9	4,6
NfE	%	59,9	63	62,3	61,8	62,4	60,4	55,1	54,5	56,9	55,7
GE	MJ/kg	19,8	20,2	19,6	19,6	19,7	19,8	19,5	19,7	20,2	20,3
Ca	g/kg	7,6	8,3	7	6,5	6,3	6,2	6,5	7,3	7,1	6,5
P	g/kg	5,6	4,7	4,4	4,6	5,1	4,8	4,3	4,7	4,8	5,5
Na	g/kg	1,4	2,2	1,5	1,5	1,4	1,3	1,5	1,6	1,9	1,9
K	g/kg	10,8	9,7	10,2	10,5	10,6	10,2	11,2	11,2	10,4	10,4
Zn	mg/kg	73,2	83,9	64,2	44,2	43,5	42,2	41,3	60,9	68,8	46,7
Cu	mg/kg	14	16,8	14	10,9	10,8	11	11,1	12	12,6	11,1
Mn	mg/kg	81,8	73,1	80,3	51,6	55,8	52,8	52,9	65,6	64,9	48,5
Fe	mg/kg	222,9	286,2	257,6	219,4	225,7	246,7	212,8	274,8	225,9	194
Mg	mg/kg	2144,3	1930,3	2060	2021,9	1943,7	1830,4	2110	2236	2033	1996
Cl	g/kg	1,8	1,9	1,7	1,8	1,7	1,5	1,8	1,8	1,9	1,9

Legende:

K – Kontrollfütter
V – Versuchsfütter

Tab. 3.9.: Futteradaptionszeiten in Tagen

Studienphase	Futterbenennung	Adaptionszeit in Tagen
1	Glukose I	19 Tage
2	Glukose II	9 Tage
3	Laktose	8 Tage
4	Trockenschnitzelfutter	11 Tage
5	Erbsenproteinfutter	10 Tage

Tab. 3.10.: Studiendauer in Tagen

Studiennummer	Futterbenennung	Studiendauer in Tagen
1	Glukose I	7 Tage
2	Glukose II	4 Tage
3	Laktose	4 Tage
4	Trockenschnitzelfutter	4 Tage
5	Erbsenproteinfutter	5 Tage

Tab. 3.11.: Tag der pH-Wert-Messung nach Beginn der Adaptionsphase

Studiennummer	Futterbenennung	Tage der pH-Wert-Messung
1	Glukose I	Tag 22
2	Glukose II	Tag 8
3	Laktose	Tag 1, 2, 3, 4, 5, 8
4	Trockenschnitzelfutter	Tag 1, 2, 3, 4, 11
5	Erbsenproteinfutter	Tag 1, 2, 3, 4, 5, 16

3.5. Probenvorbereitung

3.5.1. Reinigung und Lagerung des Kotes

Der während der Studien gesammelte Kot wurde anschließend mit Hilfe einer Pinzette von jeglichem Fremdmaterial, vor allem aber von anhaftendem Katzenstreu befreit und anschließend gewogen.

Bis zur weiteren Bearbeitung erfolgte nun die Lagerung der Proben bei -21 °C in einer Tiefkühltruhe.

3.5.2. Lyophilisation des Rattenkotes

Bevor die Kotproben im Labor weiter bearbeitet werden konnten, war eine Gefriertrocknung notwendig. Diese erfolgte in der Gefriertrocknungsanlage (Lyophilisator) P22K-E aus dem Hause Dieter Piatkowski, München. Dieses Gerät ermöglichte eine Kombination aus Einfrieren unter den eutektischen Punkt (Übergang der homogenen Mischphase vom flüssigen in den festen Zustand; im Allgemeinen der Gefrierpunkt aller Bestandteile), die Herstellung eines Vakuums, ein Heizen der mit den Proben beschickten Platten sowie eine Kondensation des Dampfes an Kondensatoroberflächen.

Für die Beschickung des Lyophilisators wurde der gewogene, tiefgefrorene Kot in kleine Aluschalen gegeben. Diese wurden auf Alublechen in den Lyophilisator gestellt und verblieben in dem Gerät, während dieses vollautomatisch ein entsprechend eingestelltes Programm (als Sequenz von Temperaturänderungen, Druckänderungen usw.) durchlief. Nach Beendigung wurde der gefriergetrocknete Kot restlos aus den Aluschalen entleert und sofort erneut gewogen, um die Trockensubstanz berechnen zu können, ohne dass die Proben an der Luft Wasser ziehen konnten.

3.5.3. Mahlen des Kotes

Nachdem der gefriergetrocknete Kot aus dem Lyophilisator gewogen worden war, wurde der Kot in einer Schlagmesserkafeemühle vom Typ MKM-

6003 der Robert Bosch GmbH aus Stuttgart, zu einem feinen Pulver zermahlen. Dieses feine Pulver diente als Grundlage für die weiteren Laboranalysen.

3.6. Auswertung

3.6.1. Berechnung der Futterverwertung

Für die Berechnung der Futterverwertung wurde der Quotient aus dem Gewicht der gefressenen Futtermenge und der Körpermassezunahme im gleichen Zeitraum berechnet. Da jeweils zwei Tiere in einem Käfig eingestallt waren, wurde die Futterraufnahme gemittelt über die zwei Tiere berechnet. Die gleichen Einstallgewichte der jeweils zusammen in einem Käfig eingestellten Tiere erhöhte die Wahrscheinlichkeit einer gleichen Futterraufnahme bei beiden Tieren. Die Futterverwertung wurde nur während der ersten zehn Lebenswochen der Ratten ermittelt, da anschließend die Hauptwachstumsphase der Tiere abgeschlossen war.

$$\text{Futterverwertung} = \frac{\text{Futterraufnahme}}{\text{Körpermassezunahme}}$$

3.6.2. pH-Wert-Bestimmung im Kot

Die pH-Wert-Bestimmung erfolgte immer außerhalb der Studienphasen, damit der Kot für die Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeiten nicht fehlte. Für die pH-Wert-Bestimmung wurde der Kot in ein Becherglas gegeben, gewogen und im Verhältnis von 1:10 mit VE-Wasser versetzt. Dieses Kot-Wasser-Gemisch wurde nun so lange mit einem Glasstab gerührt, bis sich der Kot vollständig gelöst, und mit dem Wasser eine homogene Masse gebildet hatte. Anschließend wurde mit einem, zuvor mit Standard-pH-Lösungen kalibriertem pH-Meter und einer damit gekoppelten pH-Elektrode der pH-Wert gemessen und notiert. Das pH-Meter war ein „inolab ph level 1 ph-Meter“ der Firma WTW GmbH&Co KG aus

Weilheim. Die gekoppelte pH-Elektrode mit der Bezeichnung „SesTix 81“ stammte ebenfalls aus dem Hause WTW GmbH&Co KG.

3.6.3. Rohnährstoffbestimmung im Kot mittels Weender Analyse

Sämtliche Analyseverfahren, die für diese Arbeit angewendet wurden, erfolgten nach dem VDLUFA-Methodenbuch, welches im VDLUFA-Verlag, Darmstadt erschienen ist (DELLER et al. 2001).

Die Bestimmung von Trockensubstanz, Rohprotein, Rohfett, Rohasche und Rohfaser erfolgte nach der Weender Analyse. Anschließend wurden die stickstofffreien Extraktstoffe rechnerisch ermittelt.

3.6.3.1. Trockensubstanz (TS)

Beim Futter wurde die Trockenmasse durch eine dreitägige Trocknung bei 103 °C im Trockenschrank bestimmt. Vorher wurde das Futter dafür gemahlen.

Beim Kot wurde die erste Trockensubstanz durch die Lyophilisierung (siehe Kapitel 3.5.2) ermittelt. Zusätzlich erfolgte eine Bestimmung der zweiten Trockensubstanz, um Restfeuchte auszuschließen. Die Bestimmung der zweiten Trockensubstanz erfolgte mit dem bereits lyophilisierten und gemahlten Kot im Trockenschrank bei 103 °C. Dieser Durchgang wurde so lange durchgeführt, bis der Kot keine Gewichtsschwankungen mehr aufwies, was nach drei Tagen der Fall war.

Alle Analysen wurden am Kot der ersten Trockensubstanz bestimmt. Aus der relativen Differenz zwischen erster und zweiter Trockensubstanz wurde ein Korrekturfaktor ermittelt. Anschließend erfolgte hiermit eine Umrechnung der Analyseergebnisse auf den Anteil der jeweiligen Analysemessgröße in der zweiten Trockensubstanz.

3.6.3.2. Rohproteinbestimmung (Rp)

Die Bestimmung erfolgte mit Hilfe des FOSS Kjeltec 2400 der Firma FOSS aus Rellingen nach dem Kjeldahlverfahren. Dabei wurde der gesamte Stickstoffgehalt der Aminogruppen bestimmt, welcher anschließend mit dem Faktor 6,25 (dieser Faktor entsteht dadurch, dass Proteine durchschnittlich 16 % Stickstoff enthalten) auf Prozent Rohprotein umgerechnet wurde, um den Anteil des Rohproteins im Gesamtstickstoffgehalt zu bestimmen. Bis auf zwei wurden die für diese Analyse benötigten Chemikalien von der Firma Merck aus Darmstadt bezogen. Lediglich die HCL-Lösung und die NaOH-Lösung wurden von der Firma Carl Roth GmbH und Co. KG aus Karlsruhe verwendet.

In sogenannte Wiegeschiffchen wurde jeweils 0,5 g der Kotprobe eingewogen. Die nun mit der Probe beschickten Schiffchen wurden in eine 250 ml Tube hineingegeben. Als bekannten Standard wurden pro 20 Analysedurchgängen zwei Reagenzgefäße mit EDTA bestückt. Als nächsten Schritt wurde in jede Tube noch zwei Kjeldahl tabs gelegt, welche aus 47,7 % K_2SO_4 , 47,7 % Na_2SO_4 , 2,8 % TiO_2 und 1,8 % $CuSO_4$ bestehen und 15 ml von einer mindestens 96 %-igen Schwefelsäure. Nun wurden die Tubes bei 410 °C für 50 Min. gekocht. Während dieses Vorgangs wurde der in der Kotprobe enthaltene Stickstoff in Ammoniumsulfat umgewandelt. Das in eine 32 %-ige Natronlauge gegebene Ammoniumsulfat wurde per Destillation in einer vorgelegten Borsäureindikatorlösung zu Ammoniak überführt. Anschließend wurde die nun noch vorhandene Menge an Ammoniumhydroxid mit Hilfe von Titration mit Salzsäure, der Firma Merck Darmstadt, in einer Konzentration von 0,2 n ermittelt. Als Indikatoren dienten in der Borsäure Methylrotlösung und Bromcresollösung.

3.6.3.3. Rohfettbestimmung (Rfe)

Die Rohfettbestimmung im Kot wurde nach Soxhlet mit einer vorherigen Säurehydrolyse in dem sogenannten SoxCap 2047 und Sottec Avanti 2050,

beide von FOSS Rellingen, durchgeführt. Diese Säurehydrolyse wiederum wurde nach Weibull-Stoldt angefertigt. Hierfür wurden Glaskapseln der Firma FOSS, Rellingen mit einem SoxCap-Filter vom gleichen Hersteller versehen. In jedes Analyseglas wurden nun 1,5 g der Probe eingewogen und um eine Löffelspitze Celite (circa ein Gramm) ergänzt. Jeweils sechs derartig vorbereitete Analysegefäße wurden in den SoxCap eingesetzt. Dieser wurde anschließend bis zur entsprechenden Markierung mit einer Salzsäure in einer Konzentration 3 mol/l aufgefüllt, so dass die Proben mit der Säure bedeckt waren. Als Nächstes folgte ein Kochvorgang mit einer Dauer von einer Stunde und eine abschließende mehrfache Spülung der Proben mit Wasser bis zur pH-Neutralität. Im Anschluss wurden die Proben für mindestens acht Stunden bei 108 °C im Trockenschrank getrocknet.

Für die Extraktion des Fettes nach Soxhlet wurde sowohl in die Glaskapseln fettfreie Kosmetikwatte gegeben als auch jedes Gläschen mit einem Fingerhut aus Cellulose versehen. Die SoxCap-Filter wurden in die Gläschen gedrückt und auch in das andere Ende der Fettgläschen wurde eine kleine Menge Watte eingebracht. Die Probengläschen wurden jetzt in den Soxtec Avanti eingehängt, in welchem mit Hilfe von Petrolether im Rückflussprinzip das Fett in vorher gewogene und mit Siedesteinchen beschickten Alubechern gewonnen wurde. Anschließend wurden die Alutiegel für 20 Minuten zum Verdampfen des restlichen Petrolethers unter einen Abzug gestellt. Nach dem darauf folgenden Abtrocknen der Probe im Trockenschrank wurden die Alubecher erneut gewogen und daraus die Menge an Fett in % errechnet.

3.6.3.4. Rohaschebestimmung (Ra)

Von den zu analysierenden Proben wurde jeweils circa ein Gramm in vorher gewogene und bei 700 °C ausgeglühte Porzellantigel eingewogen. Jeder Porzellantigel wurde mit einem passenden Deckel versehen und diese verschlossenen Gefäße wurden in einen Muffelofen gestellt. Bei 550 °C wurde

die Probe bis zur Gewichtskonstanz bei 550 °C verascht, wobei dabei nach circa einem Tag die Deckel entfernt wurden. Zum Abkühlen kamen die Proben in einen Exsikkator und zum Schluss wurden die kalten Tiegel mit der Rohasche wiederum gewogen.

3.6.3.5. Rohfaserbestimmung (Rfa)

Bei der Bestimmung der Rohfaser wurden der FOSS Fibertec hot extractor und der Fibertec cold extractor 1021 als Analysegeräte, beide von der Firma Foss, Rellingen, zur Hilfe genommen. Als Analysegefäße wurden säuregekochte und ausgeglühte Glasfritten von Foss verwendet. In diese wurden jeweils 1 g Probe eingewogen und um circa 1 g gegläute Celite ergänzt. Die Fritten wurden nun in den Fibertec hot extractor eingesetzt und mit Schwefelsäure (0,13 mol/l) aufgefüllt. Jetzt folgte ein Kochvorgang mit einer Dauer von 30 Minuten. Wenn dieser beendet war wurde die Säure abgesaugt und die verbleibende Probe in den Fritten dreimalig mit Wasser gewaschen. Dieser Vorgang wurde in einem zweiten Schritt wiederholt, mit dem Unterschied, dass dieses Mal mit Kalilauge (0,23 mol/l) gekocht wurde. Anschließend wurden die Analysegefäße in den Fibertec cold extractor eingesetzt und dreimalig mit Aceton gespült. Zum Abschluss wurden die Fritten bei 103 °C für mindestens zwölf Stunden in einen Trockenschrank gestellt, dann gewogen, bevor sie anschließend im Muffelofen bei 480 °C für drei Stunden, mit einer Aufheizzeit von 30 Minuten verascht wurden.

3.6.3.6. Bestimmung der Stickstofffreien Extraktstoffe (NfE)

Der Gehalt an stickstofffreien Extraktstoffen wurde rein mathematisch auf Basis der vorgehend beschriebenen Analysewerte ermittelt.

Die Formel hierfür lautet:

$$NfE = TS - (Ra + Rfe + Rfa + Rp)$$

3.6.4. Ermittlung der Mineralstoffgehalte

3.6.4.1. Naßveraschung in der Mikrowelle

Bei der hier verwendeten Mikrowelle handelte es sich um die ETHOS 1600 der MLS GmbH aus Leutkirch. Durch den Mikrowellenaufschluss wird die Probe in eine lösliche Form übergeführt, das sogenannte Veraschen.

In einen 50 ml großen Quarzglaseinsatz wurden 0,5 g der Probe eingewogen. Zu der zu analysierenden Substanz wurden im Anschluss 5 ml einer 65%-igen Salpetersäure hinzugegeben. Das Analysegefäß wurde darauf in eine bereits mit 5 ml Wasser und 1 ml 30%-ige Wasserstoffperoxidlösung angefüllte Teflonhülse gegeben. Diese wurde noch mit einem Deckel verschlossen und beides in einen Mantel aus Keramik gegeben. Diese Gefäßkombination wurde in die vorgesehene Analysevorrichtung der Mikrowelle gestellt und darin fest verschraubt. Diese Apparatur kam in das Rondell der Mikrowelle. Dieser Vorgang wurde mit neun weiteren angesetzten Proben wiederholt. In den letzten Probenbehälter wurde zur Überwachung noch ein Temperaturfühler eingesetzt. Nach dem Abdecken des Rondells mit einem Deckel wurde die Mikrowelle gestartet. Nach Beendigung des Programms, wurden die Proben mit destilliertem Wasser ausgespült und in ein Reagenzglas gegossen. Zum Schluss wurde jedes Reagenzglas exakt bis zu 10 ml Marke mit Aqua dest. aufgefüllt.

3.6.4.2. Phosphorbestimmung

Die Ermittlung des Phosphorgehaltes in den Proben wurde mit Hilfe eines Spektralphotometers vom Typ GENESYS 10 UV, Thermo Spectronic, Rochester NY, USA durchgeführt. Als Messküvetten dienten Makroküvetten aus Polymethylmethacrylat (PMMA) der Firma Brand GmbH & Co. KG aus Wertheim. Die Reagenzlösungen wurden von der Merck AG aus Darmstadt bezogen.

Für die Messung wurde zunächst eine 1:1 Mischung aus einer Ammonium-Vanadat- mit einer Ammonium-Molybdat-Lösung hergestellt. Dann

wurde 1 ml bidestilliertes Wasser in eine Eppendorftube gegeben, darauf 50 μl des Mikrowellenaufschlusses hinzu gegeben und diese gevortext. Anschließend wurden 2 ml der frisch hergestellten Molybat-Vanadat-Mischung hinzugegeben und der Analyseansatz ein zweites Mal gevortext. Anschließend wurde die Probe zehn Minuten ruhen gelassen. Für die jetzt anstehende photometrische Messung wurde das Gemisch in eine Messküvette umgefüllt. Das Photometer wurde nun mit sowohl den Proben als auch den Standards und den Leerproben gefüllt und die Proben bei einer Wellenlänge von 366 nm gemessen.

3.6.4.3. Bestimmung von Natrium, Calcium und Kalium

Für diese Analyse wurde ein Flammenphotometer der Firma Eppendorf aus Hamburg vom Typ 5053 benutzt. Als Probengefäß diente eine 1,5 ml großes Eppendorftube in welches jeweils 1 ml von der Veraschungslösung aus der Mikrowelle pipettiert wurden. Des Weiteren wurden ebenfalls Tubes mit Reiniger und Standards beschickt. Sämtliche befüllte Tubes wurden nun in den Autosampler des Flammenphotometers gestellt und der Analysevorgang der photometrischen Messung gestartet.

3.6.5. Bestimmung von Eisen, Kupfer, Mangan und Zink und Magnesium

Die Spurenelemente Eisen, Kupfer, Mangan und Zink sowie das Mengenelement Magnesium wurden mit einem Atomabsorptionsspektrometer vom Typ A-Analyst 800 (kurz AAS) der Firma Perkin Elmer aus Rodgau-Rügersheim und einem Autosampler AS 90 des gleichen Herstellers bestimmt. Dieses Verfahren macht sich die Absorption eines bekannten Strahlungsspektrums einer Quelle durch freie Atome der Probe zu Nutzen. Durch den Vergleich des Referenzstrahlenspektrums der Quelle mit dem gemessenen Spektrum nach Einbringen der Probe sind elementspezifische Auslöschungen im Spektrum messbar. Bei dem hier verwendeten AAS handel-

te es sich um ein Flammenatomabsorptionsspektrometer mit einer Acetylenflamme in welcher die Probe atomisiert wurden. Für dieses Verfahren diente ebenfalls der Mikrowellenaufschluss als Probengrundlage. Je nachdem welches Element gemessen werden sollte, wurden entsprechende Verdünnungsreihen hergestellt und die dazu gehörigen Standards verwendet. Die Auswertung erfolgte mit dem daran angeschlossenen Computerprogramm Winlab 32 for AA, nach Eingabe der Probenmenge und der benutzten Verdünnung, automatisch.

3.6.6. Bestimmung des Chlorids

Die Bestimmung des Chloridgehaltes erfolgte mit Hilfe eines Coulometrischen Verfahrens.

Im Gerät werden nach dem coulometrischen Verfahren Silberionen erzeugt, die eine indirekte Bestimmung von Chloridionen erlauben. Die Silberionen werden in einem ersten Schritt durch Oxidation an der Anode des Geräts erzeugt und über die Regulierung der Stromstärke an der Anode auf einer bestimmten Konzentration gehalten. Im zweiten Schritt werden Chloridionen in die Probe gegeben, die in Silberchlorid ausfallen. Durch die Anlagerung des Silberchlorids an der Anode sinkt messbar die Stromstärke. Der Messvorgang läuft so lange, bis alle Chloridionen ausgefallen sind und die ursprünglich vorgegebene Konzentration an Silberionen wieder hergestellt wurde. Über die Messung der transportierten elektrischen Ladung wird die Menge der Chloridionen bestimmt.

Als Analysegerät diente ein Chloridmeter der SLAMED ING GmbH, aus Frankfurt. Die Reagenzien für eine sogenannten Arbeitslösung, eine Stammlösung und eine Kontrolllösung, bzw. deren Bestandteile, wurden von der Merck AG aus Darmstadt bezogen. Bei der Kontrolllösung handelte es sich um 98,5 bis 101,5 mmol/l KCl. Als Stammlösung diente ein Gemisch aus 1,75 N Essigsäure mit 0,1 N Salpetersäure und die Arbeitslösung setzte sich aus 100 ml Stammlösung mit 65 mg gelöstem Stabilizing Agent

zusammen. Für die eigentliche Analysedurchführung musste zunächst ein so genanntes Extrakt der Probe hergestellt werden. Dafür wurde pro Probe 1 g Kot in ein 12 ml Reagenzglas gegeben. Dazu wurde 10 ml Aqua dest. hinzugefügt, das Gefäß mit einem Deckel verschlossen und diese Lösung so lange geschüttelt, bis sich aus Kot und Wasser ein homogenes Gemisch gebildet hatte. Anschließend wurde dieses Extrakt für vier Stunden in einen automatischen Schüttler gegeben.

Für die Messung mit dem Chloridmeter wurden zehn ml der fertigen Arbeitslösung in das Titriergefäß gefüllt, welches anschließend an dem vorgesehenen Platz unter den Messkopf gestellt wurde. Vor dem anschließend folgenden Messdurchlauf wurde das Gerät noch geeicht. Dazu wurden als erstes 50 µl Kontrolllösung in das Messgerät gegeben. Der daraus resultierende Messwert wurde verworfen. Nun wurde nochmals 50 µl Kontrolllösung hinzugegeben. Der jetzt angezeigte Messwert musste, entsprechend der Referenzwerte der eingegebenen Kontrolllösung, zwischen 98,5 und 101,5 mmol/l liegen. Für die Probenanalysen wurden anschließend von jeder Probe 50 µl Extrakt hinzugegeben und der jeweilige Wert abgelesen und notiert.

3.6.7. Bestimmung des Brennwertes

Die Brennwertbestimmung erfolgte mit einem Bombenkalorimetersystem, bestehend aus dem Kalorimetersystem IKA C 2000 und dem externen Thermostat KV 500 der IKA-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Deutschland. Das Verfahren beruht auf der Verbrennung einer Probe unter hohem Druck in einer Sauerstoffatmosphäre zur Bestimmung des Probenbrennwerts. Zur Messung wurde in einem doppelwandigen mit gleichmäßig temperiertem Wasser gefüllten Stahlbehälter eine so genannte Bombe aus Edelstahl eingesetzt. In dieser befanden sich die Probe und reiner Sauerstoff mit einem Druck von 25 bis 30 bar. Die Probe, in einem Glastigel liegend, wurde mit einer Zündvorrichtung gezündet und verbrannt. Um nun den Brenn-

wert zu erhalten, wurde die Wassererwärmung gemessen, von welcher auf den Brennwert geschlossen werden konnte. Vor jedem neuen Messzyklus wurde das Bombenkalorimetersystem mit Benzoesäure als Standard getestet. Um die gemahlene Probe analysieren zu können, wurde aus ihnen jeweils drei 0,5 g schwere Tabletten gepresst. Diese wurden, anliegend an eine Zündschnur aus Baumwolle, welche die Probe mit dem Zünddraht verbindet, in den Tigel gegeben. Das Aufschlussgefäß wurde verschlossen und in die Halterung der Messzelle eingehängt. Der weitere Vorgang fand nach Freigabe des Starts am Display automatisch statt. Da in das System die Masse m der Probe in Gramm eingegeben worden war und sowohl die Wärmekapazität, der sogenannte C-Wert, des Kalorimeters als auch die gemessene Temperaturerhöhung des Wassers im Innenkessel der Messzelle automatisch im Gerät erfasst werden, konnte der Brennwert in MJ/kg immer direkt am Display abgelesen werden.

3.6.8. Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeiten sV

Die scheinbaren Verdaulichkeiten (sV), welche den Prozentwert angeben wieviel der im Futter vorhandenen Nährstoffmenge im Kot wieder ausgeschieden werden, wurde nach folgender Formel berechnet:

$$sV(\%) = \frac{(F - Kt) * 100}{F}$$

In dieser Formel ist F die Menge der aufgenommenen Nährstoffe im Futter und Kt die Nährstoffmenge im ausgeschiedenen Kot.

3.6.9. Statistische Auswertungen

Um die Statistikwerte für einzelne Tiere einer Gruppe zu ermitteln, wurde der arithmetische Mittelwert gebildet. Als Maß für die Streuung der Einzelwerte um diesen Mittelwert herum diente die Standardabweichung.

Alle statistischen Berechnungen wurden mit Hilfe des Programmes SigmaStat 3.0 von Systat Software, San Jose, Californien, USA durchgeführt. Als Standardtest zur Bestimmung statistisch signifikanter Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Versuchsgruppe wurde der Zweistichproben-t-Test mit einem Signifikanzwert von $p \leq 0,05$ ausgewählt. Wenn der t-Test auf Grund einer nicht vorhandenen Normalverteilung nicht möglich war, wurde der Wilcoxon-Mann-Whitney Rank Sum Test verwendet, der auch für nicht-normalverteilte Stichprobenwerte anwendbar ist. Für den paarweisen Vergleich der pH-Werte von Versuchs- und Kontrollgruppe auf Basis der Einzelmesswerte im Zeitverlauf pro Futtersorte wurde der zwei Wege ANOVA Holm-Sidak-Test verwendet.

Zusätzlich wurden der Lucas-Test (LUCAS 1964; LUCAS et al. 1961) und der modifizierte Lucas-Test bei der Diskussion der Ergebnisse in Kapitel 5.2 verwendet.

Der Lucas-Test wurde für die Nährstoffe verwendet, die eine hohe scheinbare Verdaulichkeit aufwiesen. In diesem Fall wird die aufgenommene Menge eines Nährstoffs mit dem Futter gegen die scheinbar verdaute Menge des Nährstoffs aufgetragen. Die Steigung der linearen Regressionsgeraden durch die dargestellten Punkte multipliziert mit 100 schätzt die wahre Verdaulichkeit der Nährstoffe in der Ration in Prozent ab.

Der modifizierte Lucas-Test wurde hingegen verwendet, wenn der betrachtete Nährstoff eine geringe scheinbare Verdaulichkeit aufwies. Hier wird die Aufnahme eines Nährstoffs einer Diät gegen die faecal ausgeschiedene Nährstoffmenge in einer graphischen Darstellung geplottet. Der Wert für die wahre Verdaulichkeit ermittelt sich hier aus dem reziproken Wert der im modifizierten Lucas-Test ablesbaren Steigung der Regressionsgeraden.

4. Ergebnisse

4.1. Allgemeinzustand der Studientiere

Die für diese Versuchsreihe verwendeten 48 Tiere der Rasse WISTAR RjHan WI waren über die kompletten fünf Monate der Studienphase gesund und zeigten keinerlei Verhaltensauffälligkeiten oder Störungen im Allgemeinbefinden. Unterschiede zwischen der Kontroll- und Versuchsgruppe konnten weder im Verhalten noch vom Allgemeinbefinden als auch bei der Art der Futter- und Wasseraufnahme festgestellt werden.

4.2. Gewichtsentwicklung

Bei der Gewichtsentwicklung war kein systematischer Effekt durch die Versuchsfütterung (Lancerzusatz mit seltenen Erden) erkennbar (Tabelle 4.1). Nach dem Ende der Hauptwachstumsphase waren die täglichen Veränderungen geringer als während der Studienphase mit dem Glukose I-Futter, welche in die Hauptwachstumsphase fiel. Bei der Fütterung des Trockenschnitzelfutters gab es in der Versuchsgruppe statistisch signifikant höhere Zu- bzw. geringere Abnahmen als in der Kontrollgruppe. Dieser Effekt war jedoch bei allen anderen Durchgängen nicht vorhanden.

Die einzelnen Messdaten hierzu befinden sich in den Kapiteln A.1 und A.2.

4.3. Futteraufnahme

Die Futteraufnahme in der Versuchsgruppe zeigte in allen Versuchen eine Tendenz zu höheren Werten. Beim Trockenschnitzelfutter war dieser Effekt statistisch signifikant (+13,97 %) (Tabelle 4.2).

Tab. 4.1.: Durchschnittliche Tageszunahmen bzw. Tagesabnahmen in g pro Tier während jeder Adaption- und jeder Studienphase, statistisch signifikant mit * $p < 0,05$, MW: Mittelwert, SD: Standardabweichung, $n=24$

Alter der Tiere in Tagen	Futtermittel	MW±SD Kontrollgruppe	MW±SD Versuchsgruppe
28 - 47	Glukose I Adaptionsphase	5,01 ±1,54	5,07 ±1,33
47 - 54 ⁱ	Glukose I Studienphase	4,38 ±2,69	4,12 ±1,94
82 - 91	Glukose II Adaptionsphase	2,50 ±1,55	4,26 ±2,27*
91 - 95	Glukose II Studienphase	-2,43 ±1,57	-2,15 ±1,49
96 - 104	Laktose Adaptionsphase	-2,10 ±0,72	-1,92 ±0,85
104 - 108	Laktose Studienphase	-0,23 ±1,08	0,20 ±1,27
128 - 139	Trockenschnitzel Adaptionphase	0,82 ±0,54	1,32 ±0,76*
139 - 143	Trockenschnitzel Studienphase	-0,91 ±0,96	-0,36 ±0,83*
145 - 155	Erbsenprotein Adaptionphase	1,15 ±2,24	0,80 ±1,00
155 - 160	Erbsenprotein Studienphase	1,13 ±4,30	1,91 ±1,34

ⁱ Ende der Hauptwachstumsphase

Tab. 4.2.: Durchschnittliche Futteraufnahme pro Tag und Tier in g über alle Studienphasen vergleichend, * $p < 0,05$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD gruppe	Kontroll- MW±SD gruppe	Versuchs- MW±SD gruppe
Glukose I	22,20 ±6,70	24,38 ±6,05	
Glukose II	23,35 ±5,89	23,91 ±3,88	
Laktose	23,95 ±6,17	24,66 ±4,93	
Trockenschnitzel	28,83 ±9,69	32,86 ±8,26*	
Erbsenprotein	24,28 ±6,49	25,28 ±4,66	

Die detaillierten Messdaten für diese Auswertung befinden sich im Kapitel A.3.

Beim genaueren Vergleich der Futteraufnahme pro Geschlecht (Tabelle 4.4) zeigte sich ein systematischer Effekt bei den weiblichen Tieren über alle Futtersorten hinweg. Die weiblichen REE-Ratten (Versuchsgruppe) hatten durchweg eine statistisch signifikant höhere Futteraufnahme. Bezogen auf den Mittelwert lagen die täglichen Futteraufnahmen der weiblichen Versuchstiere im Mittel 3,12 g (zwischen 1,84 g und 5,38 g) entsprechend im Mittel +17,11 % je Phase signifikant höher. Bei den männlichen Tieren war dies nur für Trockenschnitzelfutter der Fall.

4. Ergebnisse

Tab. 4.3.: Durchschnittliche Futteraufnahme pro Tag und Tier in g über alle Studienphasen vergleichend, aufgeteilt nach Geschlechtern, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=12$

Futtermittel	Ge- schlecht	MW±SD Kon- trollgruppe	MW±SD Ver- suchsgruppe
Glukose I	weibl.	15,87 ±0,57	18,80 ±1,73***
Glukose I	männl.	28,52 ±2,50	29,95 ±2,36
Glukose II	weibl.	18,00 ±0,58	20,56 ±1,95*
Glukose II	männl.	28,71 ±3,12	27,25 ±1,83
Laktose	weibl.	18,31 ±1,03	20,15 ±2,01*
Laktose	männl.	29,58 ±3,05	29,17 ±1,55
Trockenschnitzel	weibl.	20,02 ±1,44	25,40 ±3,58***
Trockenschnitzel	männl.	37,65 ±4,98	40,33 ±2,89*
Erbsenprotein	weibl.	18,35 ±0,89	21,28 ±2,46***
Erbsenprotein	männl.	30,20 ±3,25	29,27 ±2,15

Im Folgenden wurden die Mittelwerte der Futteraufnahme über alle Studienphasen im abhängigen paarigen t-Test gegeneinander geprüft. Dabei zeigte sich, dass die Futteraufnahme bei den weiblichen Versuchstieren statistisch signifikant höher war (Tabelle 4.4).

Tab. 4.4.: Ergebnisse des abhängigen, paarigen t-Tests für die Futteraufnahme über alle Studienphasen, * $p < 0,05$, $n=24$ für weibl. und männl., $n=12$ sonst

Geschlecht	p-Wert
weibl. und männl.	0,059
männlich	0,754
weiblich	0,006*

4.4. Futtermittelverwertung

Bei dem errechneten Wert der Futtermittelverwertung zeigte sich kein systematischer Effekt durch die seltenen Erden (Tabelle 4.5). Die Futtermittelverwertung wurde nur bis zum 70. Lebenstag der Ratten ermittelt, da anschließend die Hauptwachstumsphase der Tiere beendet war.

Tab. 4.5.: Durchschnittliche Futtermittelverwertung (in g aufgenommenes Futter / g Gewichtszunahme in Adaptions- und Studienphase, * $p < 0,05$, $n=24$)

Futtermittel	MW \pm SD Kontrollgruppe	Kon- MW \pm SD Versuchsgruppe
Glukose I Adaptionsphase	5,85 \pm 1,25	5,06 \pm 1,23
Glukose I Studienphase	6,91 \pm 3,78	7,05 \pm 3,02

Die dieser statistischen Auswertungen zu Grunde liegenden Daten befinden sich im Kapitel A.4.

4.5. Kot-pH-Werte

Wie bereits in Kapitel 3 beschrieben, wurden die pH-Wert-Messungen insbesondere in der Adaptionsphase je Futterart täglich durchgeführt, um auch feinere Entwicklungen ablesen zu können. Insgesamt schwankten die pH-Werte zwischen einem leicht sauren (pH-Wert 6,34) und einem leicht alkalischen pH-Wert von 7,27. Zwischen den beiden Gruppen konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 4.6).

Beim paarweisen Vergleich von Versuchs- und Kontrollgruppe auf Basis der Einzelmesswerte im Zeitverlauf pro Futtersorte (Laktose, Trockenschnitzel- und Erbsenproteinfutter) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei der Entwicklung der pH-Werte.

4. Ergebnisse

Tab. 4.6.: Durchschnittlicher pH-Wert im Kot nach Fütterungstag je Futtermittel, n=24

Futtermittel	Versuchstag pro Studienfutter	MW±SD Kontrollgruppe	MW±SD Versuchsgruppe
Glukose I	22	6,34 ±0,20	6,49 ±0,11
Glukose II	8	6,90 ±0,23	6,94 ±0,23
Laktose	1	7,27 ±0,25	7,18 ±0,21
Laktose	2	7,14 ±0,38	7,13 ±0,40
Laktose	3	6,59 ±0,31	6,43 ±0,16
Laktose	4	6,84 ±0,21	6,84 ±0,19
Laktose	5	6,73 ±0,17	6,81 ±0,22
Laktose	8	6,92 ±0,17	6,81 ±0,17
Trockenschnitzel	1	6,79 ±0,19	6,87 ±0,16
Trockenschnitzel	2	7,01 ±0,22	7,11 ±0,22
Trockenschnitzel	3	7,04 ±0,18	7,01 ±0,19
Trockenschnitzel	4	7,03 ±0,16	7,13 ±0,25
Trockenschnitzel	11	7,17 ±0,29	6,96 ±0,22
Erbsenprotein	1	6,94 ±0,16	6,93 ±0,27
Erbsenprotein	2	7,03 ±0,14	6,90 ±0,19
Erbsenprotein	3	6,89 ±0,16	6,92 ±0,23
Erbsenprotein	4	6,92 ±0,20	6,98 ±0,22
Erbsenprotein	5	7,04 ±0,21	6,98 ±0,36
Erbsenprotein	16	7,08 ±0,18	7,23 ±0,19

Die Einzelmesswerte zu Tabelle 4.6 befinden sich in Kapitel C.1.

4.6. Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe

Die Ergebnisse der scheinbaren Verdaulichkeiten werden im Folgenden unterteilt nach Nährstoffbestimmungen aus der Weender Analyse, der Mengenelemente und der Spurenelemente dargestellt.

4.6.1. Scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz

Die scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz wurde durch eine Fütterung von REE nicht systematisch über alle Futtersorten hinweg beeinflusst. Allerdings zeigte sich sowohl beim Glukose I- als auch beim Laktose-Futter eine signifikant höhere scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz in der Versuchsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe. Die Mittelwerte der scheinbaren Verdaulichkeit waren bei der Versuchsgruppe für Glukose I um ca. 1,56 % und für Laktose um ca. 1,27 % signifikant höher als in der Kontrollgruppe.

Tab. 4.7.: Scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz in %, * $p < 0,05$, $n = 24$

Futtermittel	MW±SD Kontroll- gruppe	MW±SD Versuchs- gruppe
Glukose I	81,18 ±0,70	82,45 ±1,17 *
Glukose II	82,23 ±0,91	82,84 ±1,03
Laktose	81,65 ±1,23	82,69 ±1,12 *
Trockenschnitzel	82,98 ±2,21	82,65 ±3,38
Erbsenprotein	83,65 ±1,25	83,27 ±1,45

4.6.2. Scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins

Die scheinbaren Verdaulichkeiten des Rohproteins zeigten beim Glukose II, Laktose und dem Erbsenproteinfutter eine signifikante Verbesserung nach

dem Zusatz von seltenen Erden. Im Falle der Glukose II war die scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins hoch signifikant gegenüber der Kontrollgruppe um 1,55 % erhöht, bei Laktose II signifikant um 2,02 % und bei Erbsenprotein um 1,39 %. Generell gab es aber keinen einheitlichen systematischen Effekt über alle Futtersorten hinweg (Tabelle 4.8).

Tab. 4.8.: Scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD Kontroll- gruppe	MW±SD Versuchs- gruppe
Glukose I	84,97 ±0,61	85,22 ±1,3
Glukose II	84,30 ±0,64	85,61 ±0,92***
Laktose	80,25 ±1,32	81,87 ±1,35 *
Trockenschnitzel	85,85 ±1,57	85,98 ±2,42
Erbsenprotein	86,12 ±0,80	87,32 ±1,03*

4.6.3. Scheinbare Verdaulichkeit der Rohasche

Auch bei der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohasche gab es keinen systematischen Effekt. Es stellte sich aber heraus, dass sowohl beim Glukose I-Futter (+8,44 %) als auch beim Trockenschnitzelfutter (+12,49 %) die Verdaulichkeit in der Versuchsgruppe signifikant besser war. Beim Erbsenproteinfutter gab es hingegen eine signifikante Verschlechterung (-6,59 %) der scheinbaren Verdaulichkeit der Rohasche bei den Versuchstieren gegenüber den Kontrolltieren (Tabelle 4.9).

Tab. 4.9.: Scheinbare Verdaulichkeit der Rohasche in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD gruppe	Kontroll- MW±SD gruppe	Versuchs- gruppe
Glukose I	55,58 ±2,3	60,27 ±3,36***	
Glukose II	51,70 ±3,04	54,27 ±3,21	
Laktose	49,96 ±3,48	51,28 ±3,4	
Trockenschnitzel	55,15 ±6,56	62,04 ±6,15*	
Erbsenprotein	56,56 ±3,6	52,83 ±4,99*	

4.6.4. Scheinbare Verdaulichkeit des Rohfetts

Die scheinbare Verdaulichkeit des Rohfetts wurde nicht systematisch durch das Füttern des REE-Zusatzes beeinflusst. Allerdings gab es eine statistisch hoch signifikant höhere Fettverdauung in der REE-Gruppe beim Glukose I-Futter (Tabelle 4.10).

Tab. 4.10.: Scheinbare Verdaulichkeit des Rohfetts in %, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD gruppe	Kontroll- MW±SD gruppe	Versuchs- gruppe
Glukose I	92,78 ±0,82	94,01 ±0,6***	
Glukose II	94,38 ±0,37	94,61 ±0,51	
Laktose	94,65 ±0,76	94,51 ±0,66	
Trockenschnitzel	95,32 ±0,52	95,65 ±0,82	
Erbsenprotein	95,16 ±0,41	95,24 ±0,48	

4.6.5. Scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser

Die scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser zeigte statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Allerdings waren diese unsystematisch, beim Glukose II (+20,96 %) und beim Laktose (+11,71 %) in der REE-Gruppe höher, beim Glukose I (-38,74 %) und beim Erbsenprotein-futter (-10,03 %) niedriger als in der Kontrollgruppe (Tabelle 4.11).

Tab. 4.11.: Scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD Kontroll- gruppe	Kontroll- MW±SD gruppe	Versuchs- MW±SD gruppe
Glukose I	54,67 ±4,08	21,18 ±7,88***	
Glukose II	28,01 ±5,5	33,88 ±6,83*	
Laktose	40,06 ±8,06	44,75 ±6,64*	
Trockenschnitzel	56,15 ±7	59,03 ±8,54	
Erbsenprotein	56,62 ±5,51	51,00 ±6,14*	

4.6.6. Scheinbare Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe

Die scheinbare Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe waren in den Fütterungsstudien mit Glukose I (+2,28 %) und Laktose (+0,71 %) beim REE-Zusatz signifikant höher. Bei allen anderen Versuchsfuttern gab es keinen signifikanten Effekt (Tabelle 4.12). Somit gab es keinen einheitlichen systematischen Effekt über alle Futtersorten hinweg.

Tab. 4.12.: Scheinbare Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD Kontroll- gruppe	MW±SD Versuchs- gruppe
Glukose I	88,95 ±0,46	90,98 ±0,75***
Glukose II	90,80 ±0,77	90,65 ±0,51
Laktose	89,73 ±0,55	90,37 ±0,64*
Trockenschnitzel	89,66 ±1,4	89,92 ±2,45
Erbsenprotein	91,19 ±0,68	90,81 ±0,88

4.6.7. Scheinbare Verdaulichkeit der Bruttoenergie

Bei der Betrachtung der scheinbaren Verdaulichkeit der Bruttoenergie zeigte sich lediglich beim Glukose I-Futter eine hoch signifikante Verbesserung (+1,56 %) der Versuchsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe. Insgesamt gab es keinen systematischen Effekt (Tabelle 4.13).

Tab. 4.13.: Scheinbare Verdaulichkeit der Bruttoenergie in %, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD Kontroll- gruppe	MW±SD Versuchs- gruppe
Glukose I	84,85 ±0,51	86,17 ±0,93***
Glukose II	85,53 ±0,75	86,20 ±0,83
Laktose	86,90 ±0,99	87,30 ±0,90
Trockenschnitzel	86,30 ±1,61	86,30 ±2,70
Erbsenprotein	87,71 ±0,88	87,52 ±1,08

4.7. Scheinbare Verdaulichkeit der Mengenelemente

4.7.1. Scheinbare Verdaulichkeit des Natriums

Der Effekt der seltenen Erden auf die Natriumverdaulichkeit bestand nicht konsistent über alle Futtersorten hinweg. Die Natriumverdaulichkeit war in der REE-Gruppe beim Glukose I- (+4,20 %) und Glukose II-Futter (+2,71 %) signifikant höher, beim Trockenschnitzelfutter nahezu gleich hoch und beim Erbsenproteinfutter (-2,89 %) signifikant schlechter als bei der Kontrollgruppe (Tabelle 4.14).

Tab. 4.14.: Scheinbare Verdaulichkeit des Natriums in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW \pm SD gruppe	Kontroll-	MW \pm SD gruppe	Versuchs-
Glukose I	89,92 \pm 1,77		93,70 \pm 1,60***	
Glukose II	89,26 \pm 1,05		91,68 \pm 1,02***	
Laktose	86,49 \pm 3,69		84,03 \pm 3,03	
Trockenschnitzel	91,39 \pm 1,71		91,27 \pm 1,93	
Erbsenprotein	94,49 \pm 1,24		91,76 \pm 2,81*	

4.7.2. Scheinbare Verdaulichkeit des Phosphors

Bei der scheinbaren Verdaulichkeit des Phosphors zeigte sich kein systematischer Effekt bei der Verfütterung der seltenen Erden. Entweder gab es eine signifikante Verbesserung gegenüber den Kontrolltieren wie beim Glukose II- (+20,00 %), Trockenschnitzel- (+14,46 %) und Erbsenproteinfutter (+11,05 %) oder aber eine signifikante Verschlechterung sowohl beim Glukose I-Futter (-9,28 %) als auch beim Laktose-Futter (-6,92 %) der REE-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (Tabelle 4.15).

Tab. 4.15.: Scheinbare Verdaulichkeit des Phosphor in %, * $p < 0,05$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD gruppe	Kontroll- MW±SD gruppe	Versuchs- gruppe
Glukose I	63,26 ±2,40	57,39 ±4,75*	
Glukose II	42,91 ±5,03	51,49 ±8,16*	
Laktose	49,12 ±3,20	45,72 ±3,81*	
Trockenschnitzel	48,62 ±6,13	55,65 ±7,40*	
Erbsenprotein	50,43 ±4,09	56,00 ±3,85*	

4.7.3. Scheinbare Verdaulichkeit des Kaliums

Das Mengenelement Kalium zeigte keinen systematischen Effekt bei der Verfütterung des REE-Zusatzes. Bei keinem Futter gab es eine signifikante Veränderung weder in den positiven noch in den negativen Bereich in Bezug auf die scheinbare Verdaulichkeit (Tabelle 4.16).

Tab. 4.16.: Scheinbare Verdaulichkeit des Kaliums in %, $n=24$

Futtermittel	MW±SD gruppe	Kontroll- MW±SD gruppe	Versuchs- gruppe
Glukose I	96,87 ±0,61	96,72 ±0,62	
Glukose II	97,01 ±0,54	96,89 ±0,57	
Laktose	95,85 ±1,16	95,76 ±1,55	
Trockenschnitzel	96,65 ±0,94	97,27 ±0,68	
Erbsenprotein	97,18 ±0,63	97,28 ±0,71	

4.7.4. Scheinbare Verdaulichkeit des Calciums

Bei der scheinbaren Verdaulichkeit des Calciums zeigte sich kein systematischer Effekt zwischen den Futterarten. Im frühen Durchgang, in dem das Glukose I-Futter gefüttert wurde, zeigte sich eine signifikante Verbesserung (+17,76 %) der scheinbaren Verdaulichkeit des Calciums. Beim letzten gefütterten Futter, dem Erbsenproteinfutter, zeigte sich ein inverses Ergebnis (-34,49 %). Hier zeigten die REE-Tiere eine signifikant schlechtere scheinbare Verdaulichkeit des Calciums (Tabelle 4.17).

Tab. 4.17.: Scheinbare Verdaulichkeit des Calciums in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD	Kontroll-	MW±SD	Versuchs-
		gruppe	gruppe	gruppe
Glukose I	47,85 ±3,39		56,35 ±3,98***	
Glukose II	32,02 ±4,42		30,22 ±6,40	
Laktose	23,97 ±5,16		27,67 ±4,63	
Trockenschnitzel	24,72 ±13,58		34,15 ±12,14	
Erbsenprotein	29,28 ±6,46		19,18 ±8,09*	

4.7.5. Scheinbare Verdaulichkeit des Magnesiums

Die scheinbare Verdaulichkeit des Magnesiums war beim Glukose II-Futter (+5,99 %) in der Gruppe der Versuchstiere signifikant besser, wenngleich es wiederum keinen systematischen Effekt hinsichtlich der Beeinflussung der scheinbaren Verdaulichkeit des Magnesiums durch die Verfütterung von REEs gab (Tabelle 4.18).

Tab. 4.18.: Scheinbare Verdaulichkeit des Magnesiums in %, * $p < 0,05$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD Kontroll- gruppe	MW±SD Versuchs- gruppe
Glukose I	45,29 ±1,47	44,48 ±3,75
Glukose II	46,95 ±2,16	49,76 ±2,47*
Laktose	50,17 ±2,40	49,62 ±2,71
Trockenschnitzel	58,11 ±3,23	60,15 ±5,43
Erbsenprotein	58,09 ±3,36	56,38 ±3,16

4.7.6. Scheinbare Verdaulichkeit des Chlorids

Die Versuchstiere zeigten eine signifikante Verbesserung der scheinbaren Verdaulichkeit des Chlorids gegenüber den Kontrolltieren beim Glukose II-Futter (+1,72 %) (Tabelle 4.19). Auf die Überprüfung des Chlorids wurde für die Futtersorten Laktose, Trockenschnitzel und Erbsenprotein verzichtet.

Tab. 4.19.: Scheinbare Verdaulichkeit des Chlorids in %, * $p < 0,05$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD Kontrollgrup- pe	MW±SD Versuchsgrup- pe
Glukose I	93,05 ±1,49	93,56 ±2,21
Glukose II	92,23 ±1,76	93,82 ±1,23*

4.8. Scheinbare Verdaulichkeiten der Spurenelemente

4.8.1. Scheinbare Verdaulichkeit des Mangans

Bezüglich der scheinbaren Verdaulichkeit des Mangans konnte ermittelt werden, dass es teilweise zu einer signifikanten aber unsystematischen Beeinflussung durch die Fütterung des REE-Zusatzes kam. Bei den beiden Glukosefuttersorten (-22,79 % und -31,62 %) und bei dem Laktose-Futter (-16,05 %) war die scheinbare Verdaulichkeit bei den Versuchstieren signifikant schlechter als bei den Kontrolltieren (Tabelle 4.20). Für das Trockenschnitzel- und Erbsenproteinfutter konnten keine signifikanten Verdaulichkeitsunterschiede festgestellt werden.

Tab. 4.20.: Scheinbare Verdaulichkeit des Mangans in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW \pm SD gruppe	Kontroll-	MW \pm SD gruppe	Versuchs-
Glukose I	25,36 \pm 2,00		19,58 \pm 8,00*	
Glukose II	34,54 \pm 3,44		23,62 \pm 3,33***	
Laktose	31,41 \pm 3,42		26,37 \pm 4,16*	
Trockenschnitzel	33,82 \pm 7,80		40,24 \pm 10,14	
Erbsenprotein	35,49 \pm 3,99		31,86 \pm 5,27	

4.8.2. Scheinbare Verdaulichkeit des Zinks

Die scheinbare Verdaulichkeit des Zinks wurde systematisch durch den Einsatz von seltenen Erden verbessert; allerdings war dieser Effekt nicht immer statistisch signifikant. Beim Glukose I- (+36,74 %), Glukose II- (+19,81 %) und beim Trockenschnitzelfutter (+20,10 %) war die scheinba-

re Verdaulichkeit bei den Versuchstieren statistisch signifikant gegenüber den Kontrolltieren verbessert (Tabelle 4.21).

Tab. 4.21.: Scheinbare Verdaulichkeit des Zinks in %, * $p < 0,05$, ** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD gruppe	Kontroll- MW±SD gruppe	Versuchs- MW±SD gruppe
Glukose I	35,87 ±3,36	49,05 ±3,04***	
Glukose II	29,99 ±3,01	35,93 ±5,13*	
Laktose	27,53 ±3,75	29,67 ±4,76	
Trockenschnitzel	36,12 ±7,49	43,38 ±8,64*	
Erbsenprotein	35,86 ±5,27	37,10 ±5,56	

4.8.3. Scheinbare Verdaulichkeit des Eisens

Insgesamt gab es bei der scheinbaren Verdaulichkeit des Eisens keinen einheitlichen systematischen Effekt durch die Fütterung von seltenen Erden. Eine sehr große signifikante Verbesserung der scheinbaren Verdaulichkeit des Eisens der Versuchstiere im Vergleich zu den Kontrolltieren gab es beim Glukose I-Futter (+473,22 %), beim Laktose-Futter (+60,45 %) und beim Trockenschnitzelfutter (+64,11 %). Dagegen zeigte sich beim Glukose II-Futter (-21,45 %) und beim Erbsenproteinfutter (-28,06 %) eine signifikante Verschlechterung des gleichen Spurenelements bezüglich seiner scheinbaren Verdaulichkeit (Tabelle 4.22).

Tab. 4.22.: Scheinbare Verdaulichkeit des Eisens in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW±SD gruppe	Kontroll-	MW±SD gruppe	Versuchs-
Glukose I	9,15 ±7,47		43,30 ±4,97***	
Glukose II	29,04 ±4,32		22,81 ±6,48*	
Laktose	18,51 ±8,36		29,68 ±5,22***	
Trockenschnitzel	28,17 ±8,21		46,23 ±8,07***	
Erbsenprotein	37,77 ±3,33		27,17 ±6,51***	

4.8.4. Scheinbare Verdaulichkeit des Kupfers

Die scheinbare Verdaulichkeit des Kupfers war bei den Versuchstieren beim Glukose I-Futter statistisch signifikant sehr viel besser (+285,55 %) und beim Erbsenproteinfutter (-15,31 %) statistisch signifikant schlechter, jeweils im Vergleich mit den Kontrolltieren. Bei der Betrachtung aller Futtersorten konnte kein systematischer Effekt durch die Fütterung eines REE-Zusatzes erzielt werden (Tabelle 4.23).

Tab. 4.23.: Scheinbare Verdaulichkeit des Kupfers in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$

Futtermittel	MW\pmSD	Kontroll-	MW\pmSD	Versuchs-
	gruppe		gruppe	
Glukose I	12,16 \pm 4,36		34,76 \pm 4,49***	
Glukose II	18,70 \pm 5,00		19,50 \pm 4,50	
Laktose	22,03 \pm 3,03		24,66 \pm 4,79	
Trockenschnitzel	38,60 \pm 7,26		40,61 \pm 9,52	
Erbsenprotein	36,58 \pm 4,69		30,98 \pm 6,02*	

5. Diskussion

5.1. Mögliche Fehlerquellen

5.1.1. Betrachtung der statistischen Aussagekraft

Um sicher zu gehen, dass für die erwarteten Effektgrößen statistisch signifikante Unterschiede sichtbar werden, wurde im Vorfeld der vorliegenden Dissertation ein statistisches Fachgutachten erstellt. Der Versuchsaufbau wurde so angelegt, dass statistisch signifikante Unterschiede zwischen der Kontroll- und Studiengruppe für die erwarteten Effektgrößen hätten sichtbar werden müssen. Bei der Bestimmung der Tierzahl wurde berücksichtigt, dass sich durch die Haltung von zwei Tieren pro Käfig die Probandenzahl bei der Auswertung bezüglich der Futteraufnahme und der Kotabsatzmenge halbiert.

Bei allen Messdaten lag eine kleine Standardabweichung vor. Diese Tatsache spricht dafür, dass die Messdaten sehr gleichmäßige Fehler aufweisen. Zudem wurden diverse Lucas-Tests und modifizierte Lucas-Tests durchgeführt (siehe Kapitel 5.2.4 und 5.2.5) welche erkennen lassen, dass es zumeist eine sehr hohe Gleichförmigkeit der erhobenen Daten innerhalb der Kontroll- und Versuchsgruppe gab. Die auftretenden Abweichungen zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe waren trotz der geringen Fehlergrößen nicht systematisch.

5.1.2. Fütterungstechnik

Für diese Studie wurden die Versuchstiere in standardisierten, etablierten Käfigen gehalten und gefüttert (siehe Kapitel 3.2). Die Fütterung erfolgte

als eine Pelletfütterung über eine Raufe, welche fest im Käfig eingebaut war. Diese Fütterungstechnik machte es möglich, dass die Tiere ihr Versuchsfutter unverschmutzt und artgerecht aufnehmen konnten. Allerdings muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass beim Zernagen der Pellets durch die Ratten eine kleine Menge Futter als Mehl in den Käfig fiel und somit die Messwerte eine leicht höhere Futteraufnahme ausweisen, als tatsächlich vorhanden war. Die absoluten Zahlen zur Verdaulichkeit sind damit fehlerbehaftet, der relative Vergleich zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe bleibt aber möglich. Sowohl das Versuchs- als auch das Kontrollfutter wiesen stets eine vergleichbare Konsistenz auf, so dass der Nageverlust in beiden Fällen gleich hoch war und die paarweise Vergleichbarkeit erhalten blieb.

5.1.3. Kotsammeltechnik

Wie in Kapitel 3.3.8 beschrieben, wurde während der Studienphasen der Kot der Tiere täglich aus den Käfigen aufgesammelt. Da die hier verwendete Tierart ab und an auch ihren eigenen Kot in kleinsten Mengen gefressen hat, was auf Grund der Haltungsbedingungen nicht zu verhindern war, muss mit bedacht werden, dass die Nährstoffe aus diesem Kotteil ein zweites Mal dem Organismus zugefügt wurden und somit einem erneuten Verdauungsvorgang unterlagen. Auch hier unterschied sich das Verhalten zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe nicht. Die relativen Unterschiede zwischen beiden Gruppen bleiben damit auswertbar.

5.1.4. Käfigeinrichtung

Um den Tieren einen möglichst artgerechten Lebensraum zu ermöglichen, wurden alle Käfige mit einem kleinen Papphäuschen als Unterschlupfmöglichkeit ausgestattet. Die Tiere benagten diese in einem nicht unerheblichem Umfang und nahmen ab und an vermutlich auch kleinste Mengen Pappe auf. Pappe stellt aus ernährungsphysiologischer Sicht Cellulose dar und wurde in den Kotanalysen mitbestimmt. Diese Zufuhr an Cellulose

floss somit in die Berechnungen der scheinbaren Verdaulichkeiten der Rohfaser mit ein.

Wahrscheinlich wurde die aufgenommene Menge an Cellulose nicht zu 100 % verdaut. Dies legen auch Untersuchungen von SCHUG (2005, S. 62) nahe. Einige der Studienfuttersorten waren nicht sehr rohfaserreich. Bei diesen Futtersorten hätte eine hohe Celluloseaufnahme aus der Pappe zu einer negativen scheinbaren Verdaulichkeit der Rohfaser führen müssen, sofern die Tiere über die Pappe größere Mengen Cellulose aufgenommen hätten. Die negative Verdaulichkeit der Rohfaser konnte jedoch nicht nachgewiesen werden, obwohl einige der Studienfuttersorten sehr rohfasernarm waren. Daher können die Mengen der über die aufgenommene Pappe zugeführten Cellulose nur sehr klein gewesen sein. Außerdem unterschieden sich die Messwerte für die Rohfaser nicht zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe. Die relativen Unterschiede zwischen beiden Gruppen blieben damit auswertbar.

5.2. Diskussion der Ergebnisse

Die Tabellen 5.1 und 5.2 fassen die statistisch signifikanten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit noch einmal in der Übersicht zusammen. Tabelle D.1 fügt verkleinert alle Ergebnisse in einer einzigen Tabelle zusammen.

5.2.1. Arbeitshypothesen

Ausgehend von den Arbeiten von KROTH (2011) und FRITSCH (2012) entstanden die Arbeitshypothesen für die vorliegende Arbeit.

Für mögliche Wirkmechanismen wurden die Hypothesen aufgestellt (vgl. Kapitel 1), dass (1) die seltenen Erden unter bestimmten Fütterungsbedingungen durch eine selektive Beeinflussung des Mikrobioms im Gastrointestinaltrakt zu einer vermehrt säurebildenden Mikroorganismenpopulation führen könnten und die seltenen Erden unter diesen Bedingungen ihre Wirkung zeigen. Es wurde erwartet, dass es dadurch zu einer besse-

Tab. 5.1.: Übersicht statistisch signifikanter Ergebnisse der Mastleistungsparameter aus der eigenen Arbeit

Studienphase		Mastleistungsparameter				
Alter Tiere (Tage)	Futtermittel	S/A	Tages-zunahmen	Futter-aufnahme	Futter-aufnahme nur W	Futter-verwertung
28 - 47	Glukose I	A				
47 - 54	Glukose I	S			+ ***	
82 - 91	Glukose II	A	+ *			- *
91 - 95	Glukose II	S			+ *	
96 - 104	Laktose	A				
104 - 108	Laktose	S				+ *
128 - 139	Trockenschnitzel	A	+ *			
139 - 143	Trockenschnitzel	S	+ *	+ *		+ ***
145 - 155	Ehbsenprotein	A				
155 - 160	Ehbsenprotein	S				+ ***

Legende:

- + – Wert für Versuchsgruppe (REB) größer als für die Kontrollgruppe
- – Wert für Versuchsgruppe (REB) kleiner als für die Kontrollgruppe
- * – statistisch signifikant mit $p < 0,05$
- *** – statistisch signifikant mit $p < 0,001$
- S – Studienphase
- A – Adaptionphase
- W – weibliche Tiere

Tab. 5.2.: Übersicht statistisch signifikanter Ergebnisse der scheinbaren Verdaulichkeiten aus der eigenen Arbeit

Studienphase	sV Rohnährstoffe										sV Mengen- und Spurenelemente											
	Alter Tiere (Tage)	Futtermittel	S/A	pH	sV TS	sV Rp	sV Ra	sV Rfe	sV Rfa	sV Rfc	sV Rf	sV Na	sV P	sV K	sV Ca	sV Mg	sV Cl	sV Mn	sV Zn	sV Fe	sV Cu	
28-47	Glukose I	A																				
		S	pH+	+																		
47-54	Glukose I	A																				
		S	pH+	+																		
82-91	Glukose II	A																				
		S	pH-																			
91-98	Glukose II	A																				
		S	pH-																			
96-104	Laktose	A																				
		S	pH-	+																		
104-108	Laktose	A																				
		S	pH-	+																		
126-139	Trockenschmelze	A																				
		S	pH-	+																		
139-143	Trockenschmelze	A																				
		S	pH-	+																		
149-155	Eiweißprotein	A																				
		S	pH-	+																		
155-160	Eiweißprotein	A																				
		S	pH-	+																		

85

Legende:

- + – Wert für Versuchsgruppe (REE) größer als für die Kontrollgruppe
- – Wert für Versuchsgruppe (REE) kleiner als für die Kontrollgruppe
- * – statistisch signifikant mit $p < 0,05$
- *** – statistisch signifikant mit $p < 0,001$

S – Studienphase

A – Adaptionsphase

pH+ – leicht saurer pH-Wert

pH- – nahezu neutraler pH-Wert

Erläuterungen – sV wurde nur für die Studienphasen ausgewertet. Die Tabelle erfasst nur statistisch signifikante Werte.

ren Gewichtsentwicklung, einer höheren Futterraufnahme mit einer effektiveren Futtermittelverwertung und verbesserten scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe kommt. Alternativ kam die Hypothese in Betracht, dass (2) die seltenen Erden nur bei einem infolge der Futterzusammensetzung bereits induzierten sauren Milieu im Gastrointestinaltrakt selektiv antimikrobiell wirken und dadurch die scheinbaren Verdaulichkeiten und die Mastleistungsparameter positiv beeinflussen.

Diese Hypothesen konnten nicht eindeutig bestätigt werden, wie in den folgenden Kapiteln vermittelt wird.

5.2.2. Beeinflussung der Wachstumsparameter

In der eigenen Studie konnte kein systematischer statistisch signifikanter Effekt bezüglich der Futterraufnahme, der Futtermittelverwertung und der Gewichtsentwicklung über alle Tiere hinweg gezeigt werden.

In verwandten Studien wurden immer wieder variable Ergebnisse bezüglich der Wachstumsparameter erreicht. So konnten zum Beispiel FRITSCHE (2012) und KROTH (2011) an Ratten keinerlei statistisch signifikante Beeinflussungen bezüglich Futterraufnahme, Futtermittelverwertung und Gewichtsentwicklung nachweisen. FRANZKE (2007) zeigte, wenn auch nur zeitweise in einzelnen Gruppen, eine statistisch signifikante Verbesserung der Futterraufnahme und der Futtermittelverwertung. HE et al. (2001) stellten bei der Verfütterung von seltenen Erden in Konzentrationen von 300 ppm um 19 % verbesserte statistisch signifikante Tageszunahmen bei Schweinen fest. FINKENZELLER (2011) konnte einen Repartitioning-Effekt zeigen (gesteigerter Anteil in höheren Handelsklassen eingestufte Schlachtkörper). Hier war der Magerfleischanteil im Schlachtkörper des Mastschweins signifikant gegenüber dem der Kontrolltiere erhöht.

In den selbst durchgeführten Fütterungsstudien an Ratten zeigte sich im Versuchsdurchgang mit dem Trockenschnitzelfutter, dass die Versuchstiere eine statistisch signifikant größere Futtermenge fraßen. Ebenfalls nahmen

diese Tiere auch statistisch signifikant mehr an Gewicht zu. In Anbetracht des Pektingehaltes der Trockenschnitzel und der Verdauungsphysiologie des Pektins (vgl. KRUG 2010) könnte dies vorwiegend auf die stärkere Füllung des Verdauungskanals zurückzuführen sein. Dies spiegelt auch das rasche Verschwinden dieser Effekte nach dem Absetzen des Trockenschnitzelfutters wider.

5.2.2.1. Futteraufnahme der weiblichen Tiere

In dieser Arbeit zeigten sich Hinweise, dass es durch die Verfütterung von REE, unabhängig von der Kombination mit der verfütterten Kohlenhydratquelle und ebenso unabhängig von der Verdaulichkeit der verfütterten Proteinquelle, zu einer systematisch statistisch signifikanten Steigerung der Futteraufnahme bei den weiblichen Tieren kommt (siehe Tabelle 4.4). Die Futteraufnahme war für das Glukose I, das Trockenschnitzel- und Erbsenproteinfutter sogar jeweils hoch signifikant mit $p < 0,001$ gegenüber der Kontrollgruppe erhöht, für Laktose-Futter und Glukose II-Futter signifikant erhöht mit $p < 0,05$. Auch der abhängige paarige t-Test über alle Studienphasen hinweg zeigte mit $p = 0,006$ einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den weiblichen Kontroll- und Versuchstieren.

Bei den männlichen Ratten unterschied sich die Futteraufnahme nur beim Trockenschnitzelfutter signifikant zwischen der Kontroll- und der Versuchsgruppe.

Die erhöhte Futteraufnahme ist allerdings nicht nur positiv zu sehen, da sie sich nicht, wie erwartet, in stärkeren Tageszunahmen widerspiegelt. Ähnliche Ergebnisse für Mastbullen erzielten bereits SCHWABE et al. (2011). Auch hier gab es eine statistisch signifikant gesteigerte Futteraufnahme ohne eine verbesserte Futtermittelverwertung bei Gabe von REE.

Ein derartiger geschlechtsspezifischer Effekt auf die Futteraufnahme trat bisher bei der Fütterung von REE nicht auf. FRITSCHE (2012) konnte bei der Ganzkörperanalyse von Ratten Effekte für weibliche Tieren, die Futter

mit REE-Zusatz bekamen, zeigen. Bei diesen war ein signifikant höherer Proteinanteil und ein signifikant geringerer Fettanteil im Tierkörper vorhanden.

Eine Ursache dafür, dass nur weibliche Tiere betroffen sind, lässt sich nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft nicht finden. Auch nicht-diätetische Faktoren wie z. B. Stress, sei es durch Manipulation oder Langeweile können hierfür keine Rolle gespielt haben, da alle Tiere exakt den gleichen Bedingungen ausgesetzt waren.

5.2.3. Veränderungen der Kot-pH-Werte

KROTH (2011) hatte in seinen Fütterungsversuchen bei den Tieren, die Futter mit seltenen Erden zu fressen bekamen, einen saureren Kot-pH-Wert (pH 6,0) im Vergleich mit der Kontrollgruppe (pH 6,3) festgestellt. In der Folgearbeit von FRITSCH (2012) trat der veränderte Kot-pH-Wert-Effekt nicht auf.

Auch bei einer In-vitro-Studie von YANG et al. (2008) zur Beeinflussung des pH-Wertes in der Pansenflüssigkeit konnten keinerlei statistisch signifikante Veränderungen des pH-Wertes durch die Verfütterung von seltenen Erden beobachtet werden.

In den Fütterungsstudien der vorliegenden Arbeit unterschieden sich die Kot-pH-Werte zwischen den Versuchs- und den Kontrolltieren nicht statistisch signifikant. Es war nicht zu beobachten, dass die Versuchstiere überhaupt eine Verschiebung des Kot-pH-Wertes hin zu einem saureren pH-Wert als die Kontrolltiere hatten. Dies entsprach nicht den Erwartungen und die Ergebnisse passten nicht zur aufgestellten Arbeitshypothese (1) (vgl. Kapitel 5.2.1).

Ein unerwarteter Effekt trat bei der Verfütterung des *Glukose 1*-Futters auf. Bei diesem Futter sank der pH-Wert in der Kontroll- und Versuchsgruppe in den leicht sauren Bereich. Hier wurde nach bisherigen Erkenntnissen zur Verdauungsphysiologie der Ratte erwartet, dass sich mit die-

ser Futtermischung keine deutlichen pH-Wert-Verschiebungen zeigen. Dies beruht auf der Tatsache, dass Ratten eine hohe Kapazität zur Resorption von Glukose (DEBNAM und LEVIN 1975) besitzen, welche mit Hilfe eines speziellen transepithelialen Glukosetransporters SGLT-1 gewährleistet wird (STÜMPEL et al. 2001).

Bei der Verfütterung von *Laktose* bestand hingegen die Vermutung, dass der pH-Wert sinkt. Normalerweise wird Laktose, wenn die Absorptionsfähigkeit durch die nicht im ausreichenden Maße vorhandene Laktase überschritten ist, durch Mikroorganismen im Caecum verdaut. Dies hätte in diesem Versuchsteil der Fall sein müssen, da die Ratten zu Beginn der Verfütterung des Laktosefutters bereits 104 Tage alt waren und somit eine noch vorhandene (postnatal verstärkte) Laktaseaktivität auszuschließen war. Die Laktaseaktivität fällt nach BOLIN et al. (1971) bei Ratten mit einem Alter von vier Wochen auf ca. $\frac{1}{3}$ ihrer ursprünglichen Aktivität ab. Durch die ab dann vorherrschende mikrobielle Verdauung der Laktose entstehen flüchtige Fettsäuren (Propionat, Butyrat und Acetat), die im Normalfall den pH-Wert im Chymus absinken lassen. Dies war in dieser Studie nicht der Fall.

Die Gabe des schwer verdaubaren *Trockenschnitzelfutters* führte nicht zu einer Absenkung des Kot-pH-Wertes in den leicht sauren Bereich. Für das *Erbsenprotein*futter wäre ebenfalls eine Veränderung des Milieus in den sauren Bereich erwartet worden, was ebenfalls nicht gezeigt werden konnte.

Auf einen drastischen Einsatz von Kohlenhydraten (z.B. ein Futter mit 30 % Laktoseanteil) zur weiteren Absenkung des Kot pH-Wertes wurde verzichtet, da es hier mit hoher Wahrscheinlichkeit zur sogenannten sauren osmotischen Diarrhoe gekommen wäre. Dieses Phänomen entsteht immer dann, wenn zu viele Kohlenhydrate im Dickdarm durch die Mikroorganismen zu Acetat, Butyrat und Propionat umgewandelt werden. Die kurzkettigen Fettsäuren wirken osmotisch, was zu Diarrhoe geführt hätte. Dieser Kot hätte nicht eingesammelt werden können und damit wäre die Studienphase nicht auswertbar gewesen.

Der pH-Wert des Kots wurde demnach unter den verschiedensten Bedingungen nicht systematisch durch die seltenen Erden beeinflusst. Damit konnten die diesbezüglichen Ergebnisse von FRITSCHÉ (2012) wiederholt und bestätigt werden. Nicht auszuschließen ist, dass im Bereich des cranialen Dickdarms pH-Veränderungen vorhanden waren, die nicht bis zum ausgeschiedenen Kot, in welchem die pH-Messungen vorgenommen wurden, erhalten blieben.

5.2.4. Scheinbare Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe

Die einzigen beiden verwandten Arbeiten, die ebenfalls den Einfluss der Verfütterung von seltene Erden auf die scheinbaren Verdaulichkeiten untersucht haben, sind die schon vielfach zitierten Arbeiten von KROTH (2011) und FRITSCHÉ (2012).

KROTH (2011) konnte bezüglich der scheinbaren Verdaulichkeiten nachweisen, dass es durch die Supplementierung von Rattenfutter mit REE zu einer systematischen statistisch signifikanten Steigerung der scheinbaren Verdaulichkeiten der Trockensubstanz, des Rohproteins und der Bruttoenergie kam.

FRITSCHÉ (2012) hingegen hatte nicht einen einzigen systematischen statistisch signifikanten Effekt. Sie konnte lediglich isolierte statistisch signifikante Steigerungen der scheinbaren Verdaulichkeit des Rohproteins bei der Verfütterung von 1250 ppm REE-Citrat und der scheinbaren Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe bei der Supplementierung mit 250 ppm REE-Citrat feststellen.

Um Effekte unterschiedlicher Nährstoffaufnahmen auf die scheinbaren Verdaulichkeiten zu eliminieren, wurde für die eigene Arbeit der Lucas-Test (LUCAS et al. 1961; LUCAS 1964) durchgeführt. Dafür wurde die aufgenommene Menge eines Nährstoffes gegen die scheinbar verdaute Menge des Nährstoffes in einem Graphen aufgetragen. Anschließend wurde zwischen den beiden Parametern eine Regression berechnet und in der

Graphik als Gerade dargestellt. Die wahre Verdaulichkeit in Prozent ergibt sich aus der Steigung der Geraden multipliziert mit 100.

Am Beispiel des Proteins (Abb. 5.1) zeigte sich eine enorme Uniformität der Daten ($R^2 = 0,9952$), die es per se bereits ausschließt, dass irgendein systematischer Effekt der REE vorliegt. Die wahre Verdaulichkeit des Proteins betrug ca. 88,5 %.

Somit konnten die systematisch statistisch signifikanten Ergebnisse bezüglich der scheinbaren Verdaulichkeit von KROTH (2011) (vgl. Kapitel 2.4), wie auch schon in der Arbeit von FRITSCHKE (2012) gezeigt wurde, nicht reproduziert werden.

Insgesamt ließ sich kein systematischer statistisch signifikanter Effekt durch die seltenen Erden auf die scheinbaren Verdaulichkeiten der Rohnährstoffe nachweisen.

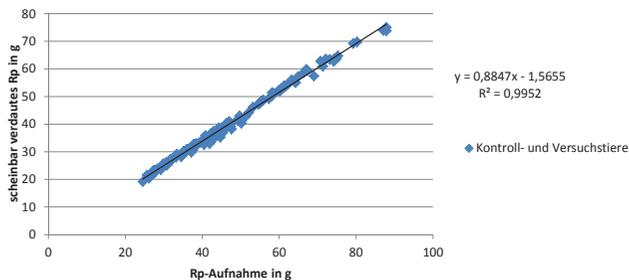


Abb. 5.1.: Beziehung zwischen der Rohproteinaufnahme in g und dem scheinbar verdauten Rohprotein in g

5.2.5. Scheinbare Verdaulichkeiten der Mengen- und Spurenelemente

Die unsystematischen Effekte, die durch die Verfütterung des REE-Zusatzes auch bei den Mengen- und Spurenelementen auftraten, legten auch hier nahe, die Darstellung des Lucas-Tests bzw. bei niedrigen scheinbaren Verdaulichkeiten den modifizierten Lucas-Test zu wählen. Beim mo-

difizierten Lucas-Test wurde die aufgenommene Menge des Nährstoffs gegen die faecal ausgeschiedene Nährstoffmenge geplottet. Der Wert für die wahre Verdaulichkeit ermittelt sich hier aus dem reziproken Wert der im modifizierten Lucas-Test ablesbaren Steigung der Regressionsgeraden.

5.2.5.1. Phosphor

Seltene Erden werden in Arzneimitteln bei der Hyperphosphatämie, hervorgerufen durch eine Niereninsuffizienz, eingesetzt. Dies beruht auf der Tatsache, dass ihnen eine Fähigkeit zur Phosphatbindung zugesprochen wird (SAVICA et al. 2006). Daher wurde ein deutlicher Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe bezüglich der Phosphatausscheidung erwartet. Theoretisch hätte es über alle Futtersorten hinweg zu einer Verschlechterung der Phosphatverdaulichkeit kommen müssen.

Allerdings zeigte sich für das Mengenelement Phosphor im Lucas-Test (Abb. 5.2), eine hohe Uniformität der ausgewerteten Daten. Für die Auswertung gilt hier, analog zum Rohprotein, dass es keine Auswirkung durch die Verfütterung von seltenen Erden gab. Die wahre Verdaulichkeit lag bei ca. 71,1 %.

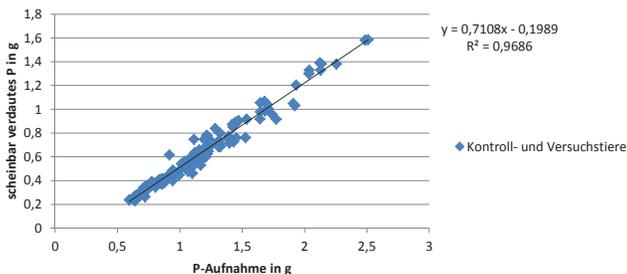


Abb. 5.2.: Beziehung zwischen dem aufgenommenen P in g und dem scheinbar verdauten P in g

5.2.5.2. Calcium

Insgesamt wurde durch die Verfütterung von seltenen Erden eine deutliche Steigerung der scheinbaren Verdaulichkeit des Calciums erwartet, und damit auch eine antirachitische Wirkung (vgl. ROSENBERG 2006), da die Vermutung bestand, dass durch die Lanthanoide Phosphor gebunden wird und es dadurch zu einer verbesserten Calciumresorption kommt. Dieser Effekt konnte nicht bestätigt werden.

Für das Mengenelement Calcium zeigte sich bei der Darstellung per modifiziertem Lucas-Test (siehe Kapitel 3.6.9), dass es keinen Effekt durch die Zugabe von REE im Versuchsfutter gab. Auffällig war eine sehr geringe Streuung der Daten bei der Verfütterung von Laktose. Bei allen anderen Futtersorten war diese Streuung größer, vor allem bei den Versuchsfuttersorten mit REE-Anteil. Der Wert für die wahre Verdaulichkeit des Calciums betrug ca. 67,7 % (Abb. 5.3).

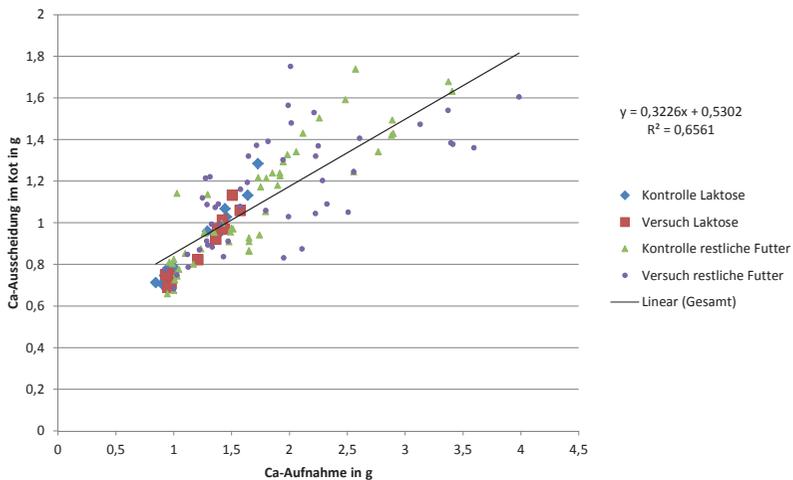


Abb. 5.3.: Beziehung zwischen dem aufgenommenen Ca in g und dem ausgeschiedenen Ca in g

Außerdem bestand basierend auf dem aktuellen Stand des Wissens der Tierernährung die Vermutung, dass Laktose selbst für eine Verbesserung der Calciumresorption sorgt und es damit bei der Verfütterung von Laktose-Futter zu einer Verbesserung der scheinbaren Verdaulichkeiten des Calciums hätte kommen müssen. Auch dies konnte nicht gezeigt werden. Die Ursache dafür könnte an der vollständigen Deckung des Bedarfs an Vitamin D und Calcium in den jeweiligen Futtersorten gelegen haben. Somit haben vermutlich bereits günstige Absorptionsbedingungen für Calcium vorgelegen, so dass weder eine Verfütterung von Laktose noch von REE (mit Ausnahme beim Glukose I-Futter) eine Steigerung der scheinbaren Verdaulichkeit des Calciums bewirken konnte.

5.2.5.3. Natrium

Für das Element Natrium wurden keine Beeinflussungen, wie z.B. beim Phosphat, durch die seltenen Erden erwartet. Für das Mengenelement zeigte sich bei der Darstellung der Beziehung zwischen dem scheinbar verdauten Natrium und dem aufgenommenen Natrium mit Hilfe des Lucas-Tests (Abb. 5.4), dass es keinerlei Unterschiede zwischen den Kontroll- und den Versuchstieren gab. Die über die Regressionsgerade ermittelte wahre Verdaulichkeit für das Natrium betrug ca. 94,4 % mit einer sehr geringen Abweichung von der Regressionsgeraden ($R^2 = 0,994$).

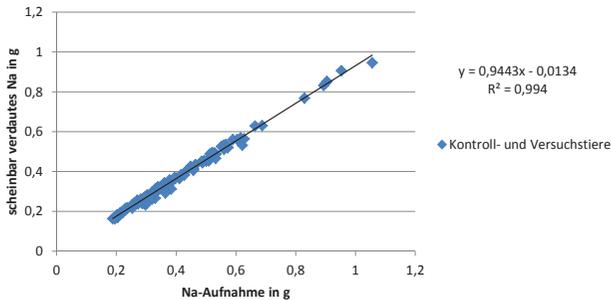


Abb. 5.4.: Beziehung zwischen dem aufgenommenen Na in g und dem scheinbar verdaulichem Na in g

5.2.5.4. Magnesium

Ebenso wurde das Mengenelement Magnesium betrachtet. Da die scheinbare Verdaulichkeit vom Magnesium eher gering ist, wurde hier der modifizierte Lucas-Test angewendet. Erwartungskonform zeigte sich hier (Abb. 5.5) auch bei der Aufteilung der Daten in Kontroll- und Versuchsfutter eine hohe Uniformität der Analysedaten und damit kein systematischer Effekt durch die Verfütterung der seltenen Erden. Die wahre Verdaulichkeit für Magnesium lag bei ca. 51,3 %.

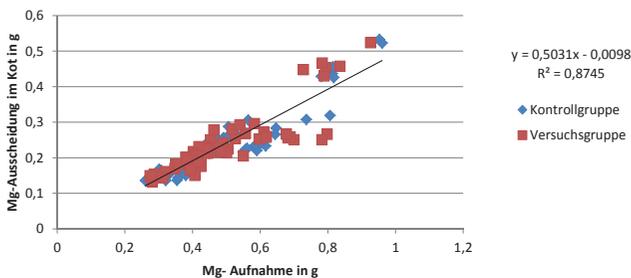


Abb. 5.5.: Beziehung zwischen dem aufgenommenen Mg in g und dem ausgeschiedenen Mg in g

5.2.5.5. Kalium

Für Kalium konnte eine wahre Verdaulichkeit von ca. 97,5 % mit dem Lucas-Test (Abb. 5.6) ermittelt werden. Da auch hier, wie erwartet worden war, alle einzelnen Werte auf einer Geraden lagen ($R^2 = 0,9991$), gab es keinerlei Unterschiede zwischen den Kontrolltieren und den Versuchstieren.

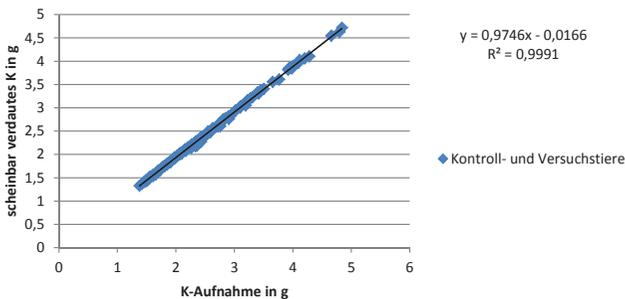


Abb. 5.6.: Beziehung zwischen dem aufgenommenen K in g und dem scheinbar verdaulichem K in g

5.2.5.6. Eisen

Für das Spurenelement Eisen zeigte sich bei der Betrachtung der Eisenausscheidung in Beziehung zur Eisenaufnahme mit Hilfe des modifizierten Lucas-Test (Abb. 5.7), dass sehr viele Werte nahe der Regressionsgeraden lagen. Eine Ausnahme stellte die Verfütterung des Glukose I-Futters dar. Hier wichen die Datenpunkte deutlicher von der Regressionsgerade ab als bei den übrigen Futtersorten. Diese Tatsache bestätigte die hochsignifikante Verbesserung der scheinbaren Verdaulichkeit des Eisens bei REE-Gabe im Glukose I-Futter, welche bereits im Kapitel 4.8 beschrieben wurde. Eine Ursache hierfür konnte nicht ermittelt werden. Es ist aber wahrscheinlich, dass es sich hierbei wiederum um einen nicht reproduzierbaren Effekt

durch die Verfütterung von seltenen Erden handelte. Als Wert für die wahre scheinbare Verdaulichkeit des Eisens konnte ca. 51,1 % ermittelt werden.

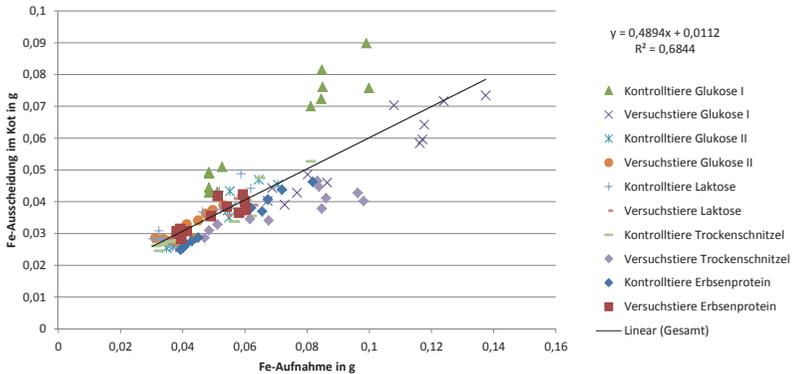


Abb. 5.7.: Beziehung zwischen dem aufgenommenen Fe in g und dem ausgeschiedenen Fe in g

5.2.5.7. Kupfer

Auch für das Spurenelement Kupfer konnte, wie beim Eisen, gezeigt werden, dass mit Ausnahme der Verfütterung des Glukose I-Futters kein Effekt durch die Verfütterung von seltenen Erden erreicht werden konnte (Abb. 5.8). Die ermittelten Daten wiesen wiederum eine hohe Uniformität auf. Schon bei der Betrachtung der scheinbaren Verdaulichkeit des Eisens (vgl. Kapitel 4.8) kam es zu einem statistisch hochsignifikanten Unterschied zwischen den Kontroll- und den Versuchstieren. Dieser zeigte sich auch im modifizierten Lucas-Test. Hier konnte eine wahre Verdaulichkeit für Kupfer von ca. 35,8 % ermittelt werden. Eine Ursache für die Effekte, welche nur bei den jungen Tieren beim Glukose-I Futter auftraten, konnte nicht herausgefunden werden. Eine Wiederholbarkeit dieses Ergebnisses ist als sehr unwahrscheinlich anzusehen.

5. Diskussion

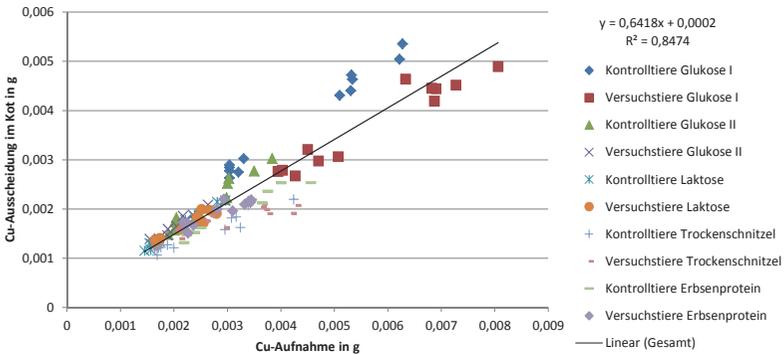


Abb. 5.8.: Beziehung zwischen dem aufgenommenen Cu in g und dem ausgeschiedenen Cu in g

5.2.5.8. Mangan

Mangan, ein weiterer Nährstoff für den der modifizierte Lucas-Test durchgeführt wurde, und bei dem ebenfalls keine Beeinflussung durch die seltenen Erden erwartet worden war, hatte eine wahre Verdaulichkeit von ca. 25,5 %. Auch hier lagen alle Punkte (mit Ausnahme eines einzigen Ausreißermesswertes) für Kontroll- und Versuchstieren nahe der Regressionsgeraden (Abb. 5.9), was wiederum für eine sehr hohe Uniformität der Versuchsdaten sprach.

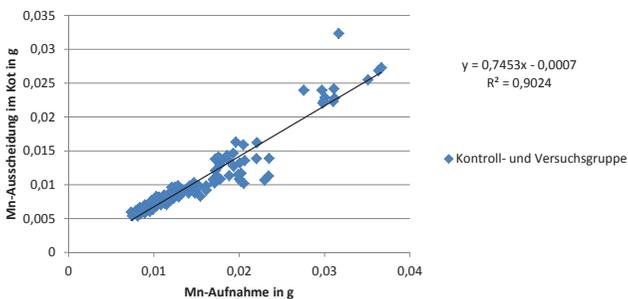


Abb. 5.9.: Beziehung zwischen dem aufgenommenen Mn in g und dem ausgeschiedenen Mn in g

5.2.5.9. Zink

Bei der Darstellung des Spurenelements Zink über den modifizierten Lucas-Test wiederholten sich erwartungskonform die vorangegangenen Ergebnisse. Auch hier lagen alle Punkte auf bzw. nahe der geplotteten Regressionsgeraden (Abb. 5.10). Eine Auswirkung durch das Verfüttern von seltenen Erden konnte wiederum nicht gezeigt werden. Die aus dieser Grafik abgeleitete wahre Verdaulichkeit für Zink lag bei ca. 51,6 %.

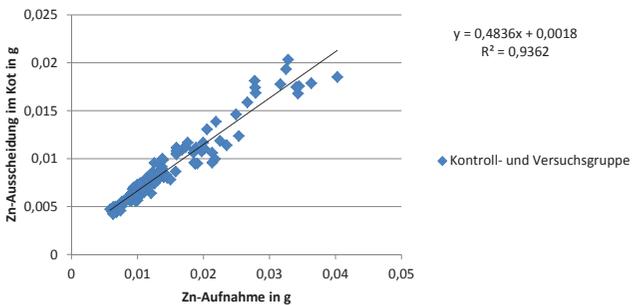


Abb. 5.10.: Beziehung zwischen dem aufgenommenen Zn in g und dem ausgeschiedenen Zn in g

5.2.6. Wirkungen auf die scheinbaren Verdaulichkeiten bei jungen Tieren

Wie aus den Kapiteln 5.2.4 und 5.2.5 hervorgeht, gab es die meisten statistisch signifikanten Effekte beim Glukose I-Futter. Diese Studienphase fand im Versuchsablauf zu einem relativ frühen Zeitpunkt statt. In diesem Zeitraum waren die Ratten zwischen 47 und 54 Tage alt. Somit befanden sich die Tiere laut der Gesellschaft für Versuchstierkunde (GV-SOLAS 1998) in ihrer Hauptwachstumsphase, die zwischen der vierten und zehnten Lebenswoche liegt. Bereits in der zweiten Studienphase, in der die Tiere mit dem Glukose II-Futter nahezu identisches Futter zu fressen bekamen, sich mit einem Alter von 82-91 Tagen aber nicht mehr in der Hauptwachstumsphase befanden, wurden deutlich weniger statistisch signifikante Effekte ermittelt.

Diese Beobachtungen lassen zunächst vermuten, dass durch die Verfütterung von seltenen Erden vor allem Effekte (Mastleistungsparameter, scheinbare Verdaulichkeiten) bei jungen Tieren, die sich in der Hauptwachstumsphase befinden, erreicht werden. Auch KROTH (2011) konnte bei gleich alten Tieren ähnliche Effekte (siehe Kapitel 5.2.4) beobachten. In der Studie von FRITSCHKE (2012), die ebenfalls an jungen Ratten durchgeführt wurde, traten diese Effekte allerdings nicht auf.

5.2.7. Kot-pH-Werte in Kombination mit den scheinbaren Verdaulichkeiten

KROTH (2011) konnte durch Fütterungsversuche an Ratten systematisch gesteigerte statistisch signifikante Ergebnisse bezüglich der scheinbaren Verdaulichkeit der Bruttoenergie und des Rohproteins bei gleichzeitig leicht sauren Kot-pH-Werten zeigen. In der Folgearbeit von FRITSCHKE (2012) konnte dieser systematische Effekt bezüglich der scheinbaren Verdaulichkeit der Bruttoenergie und des Rohproteins nicht nachgewiesen werden. Fritsche stellte keine Verschiebungen des Kot-pH-Wertes in den sauren Bereich fest.

Es lag die Vermutung nahe, dass sich die scheinbaren Verdaulichkeiten nur dann ändern, wenn zeitgleich der Kot-pH-Wert leicht sauer ist. Um nun zu überprüfen, ob sich diese verbesserten scheinbaren Verdaulichkeiten reproduzieren lassen, wenn der Kot einen leicht sauren pH-Wert aufweist, wurde in der vorliegenden Arbeit versucht, über die Gabe verschiedener Studienfuttersorten möglichst einen pH-Wert im sauren pH-Wertebereich zu erlangen (siehe Hypothese (2), Kapitel 1).

Bei einer Analyse der erhobenen pH-Werte zeigte sich, dass die Kontroll- und Versuchstiere lediglich beim *Glukose I*-Futter einen Kot-pH-Wert im leicht sauren Bereich hatten (vgl. Tabelle 4.6). Allerdings fehlt in der vorliegende Arbeit der durchgehende systematische Effekt, vor allem aber fehlte hier die statistisch signifikante Verbesserung der scheinbaren Verdaulichkeit des Rohproteins. Beim *Glukose II*-Futter hingegen, senkte sich der pH-Wert nicht (pH 6,9), dafür verbesserte sich die scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins bei den Versuchstieren statistisch hochsignifikant.

In der Studienphase mit dem *Laktose*-Futter waren die pH-Werte nahezu neutral. Die scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins war hier wiederum statistisch signifikant erhöht.

Der Zusatz von *Trockenschnitzel* führte nicht zu einer Absenkung des Kot-pH-Wertes in den leicht sauren Bereich und auch nicht zu einer systematischen Veränderung der scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe, wie entsprechend Hypothese (2) erwartet worden wäre.

Ebenso stellten sich keine systematischen Veränderungen der scheinbaren Verdaulichkeiten der Nährstoffe bei der Verfütterung des *Erbsenprotein*futters ein. Für das Erbsenproteinfutter stellten sich keine sauren Kot-pH-Werte ein, die zu erwarten gewesen wären und zu Veränderungen der scheinbaren Verdaulichkeiten hätten führen können.

Bei der Betrachtung alle Ergebnisse, die sich aus der Verfütterung der fünf verschiedenen Studienfutterarten ergaben zeigt sich, dass sich die aufgestellten Hypothesen (vgl. Kapitel 5.2.1) zur Wirkung von seltenen Erden

auf Kot-pH-Werte und mit niedrigen Kot-pH-Werten auf die scheinbaren Verdaulichkeiten nicht bewahrheitet haben.

5.2.8. Variabilität der Auswirkungen durch die Verfütterung von seltenen Erden

In der eigenen Studie gab es immer wieder einzelne nicht systematische statistisch signifikante Effekte. Allerdings spielten sich diese Veränderungen beim Vergleich der numerischen Werte immer in sehr kleinen Bereichen ab, die biologisch nicht relevant waren. So hatten Effekte auf die Verdaulichkeiten keine Wirkungen auf die Gewichtsentwicklung, die Futterraufnahme oder auf die Futtermittelverwertung.

Insgesamt konnte bei den eigenen Fütterungsstudien kein einziger systematischer über alle Tiere hinweg bestehender statistisch signifikanter Effekt nachgewiesen werden. Auch in der eigenen Arbeit spiegelt sich somit die bereits beschriebene Variabilität und Unwiederholbarkeit der Wirkungen durch die REE wider (vgl. Kapitel 2.4).

6. Zusammenfassung

Die Metallionen der seltenen Erden wurden in der Tierernährung seit einigen Jahrzehnten immer wieder als Leistungsförderer diskutiert. In China wurden enorme Steigerungen der Leistung bei verschiedensten Species einschließlich von Kulturpflanzen erreicht.

In den bisher unter westlichen Bedingungen durchgeführten Studien wurden sehr widersprüchliche Ergebnisse erzielt, die häufig nicht wiederholbar waren, ohne dass Gründe dafür offensichtlich wurden. In einer Studie an Ratten sank der Kot-pH-Wert nach Zugabe seltener Erden signifikant ab, und gleichzeitig stieg die scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe. In einer Folgearbeit konnten weder das Absinken der Kot-pH-Werte noch die Verbesserung der Nährstoffverdaulichkeit reproduziert werden. In einer älteren In-vitro-Studie wurde gezeigt, dass seltene Erden vor allem bei sauren pH-Werten selektiv antimikrobiell wirken.

Daher wurde die Arbeitshypothesen aufgestellt, dass (1) die seltenen Erden unter bestimmten Fütterungsbedingungen durch eine selektive Beeinflussung des Mikrobioms im Gastrointestinaltrakt zu einer vermehrt säurebildenden Mikroorganismenpopulation führen könnten und die seltenen Erden unter diesen Bedingungen ihre Wirkung zeigen. Es wurde erwartet, dass es dadurch zu besseren Mastleistungsparametern und verbesserten scheinbaren Verdaulichkeiten kommt. Alternativ kommt die Hypothese in Betracht, dass (2) die seltenen Erden nur bei einem infolge der Futterzusammensetzung bereits induzierten sauren Milieu im Gastrointestinaltrakt selektiv antimikrobiell wirken und dadurch die scheinbaren Verdaulichkeiten und die Mastleistungsparameter positiv beeinflussen.

In der dazu durchgeführten Versuchsreihe resultierte die Fütterung seltener Erden nicht in einer systematischen Veränderung der Verdaulichkeit der Nährstoffe. Es gab zwar gelegentlich statistisch signifikante Differenzen, die jedoch nicht immer gleichsinnig waren, und die keine biologisch bedeutende Größenordnung erreichten. Bei der Anwendung des Lucas-Test (Plotten des aufgenommenen Nährstoffs gegen den scheinbar verdauten Nährstoff) bzw. des modifizierten Lucas-Test (Plotten der Aufnahme des Nährstoffs gegen den faecal ausgeschiedenen Nährstoff) konnten keinerlei systematische Effekte der seltenen Erden auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe gezeigt werden. Anhand des Lucas-Tests wurden die folgenden wahren Verdaulichkeiten ermittelt: Rohprotein 88,5 %, Calcium 67,7 %, Phosphor 71,1 %, Natrium 94,4 %, Kalium 97,5 %, Kupfer 35,8 %, Magnesium 51,3 %, Mangan 25,5 %, Zink 51,6 %, Eisen 51,1 %.

Zwischen den Kot-pH-Werten in der Versuchs- und Kontrollgruppe bestanden keine systematischen Unterschiede (Arbeitshypothese (1)). Der am stärksten saure pH-Wert im Kot betrug 6,34 bei der Fütterung des Glukose I-Futters. Eine gezielte Beeinflussung des pH-Wertes im Chymus und Kot durch verschiedene Studienfuttermittel (Glukose, Laktose, Trockenschnitzel und Erbsenprotein) konnte nicht erreicht werden. Daher war die Arbeitshypothese (2) nicht überprüfbar.

Auffällig war, dass die Futterraufnahme der weiblichen Tiere in der Versuchsgruppe durchgehend signifikant höher war als die der weiblichen Kontrolltiere, ohne dass es deshalb zu signifikanten Differenzen in der korrespondierenden Gewichtsentwicklung kam. Eine Erklärung wie zum Beispiel eine unterdurchschnittliche Verdaulichkeit der Energie bei diesen Tieren gab es nicht.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sprechen dagegen, dass die Effekte seltener Erden auf die Mastleistungsparameter über selektiv antimikrobielle Effekte im Gastrointestinaltrakt und Verbesserungen der Verdaulichkeiten vermittelt werden.

7. Summary

The impact of lanthanides on the apparent digestibility of crude nutrients for heavily digestible carbohydrates and proteins in rats

Metal ions of Rare Earth Elements (REE) have been discussed as performance enhancer in animal nutrition for several decades. In China, enormous enhancements for the performance of various species including crop were observed.

Previously conducted studies under western conditions revealed highly contradictory results. These results were often unreproducible without any apparent reasons. One study showed falling excrement pH values for rats when being fed nutrition supplemented by rare earth elements, while at the same time apparent digestion of crude nutrients increased. A follow-up work could neither reproduce falling excrement pH values nor increasing apparent digestion. Older in-vitro studies showed that rare earth elements are mainly selectively antimicrobial active at low pH values.

Hence, this study's working hypotheses were as follows: (1) Rare earth elements selectively affect the microbiome of the gastrointestinal tract under certain feed conditions, such that there is increased antimicrobial activity of acid-forming microbes and as a consequence rare earth elements show their effect. It was expected that REEs increase fattening performance and apparent digestibility. An alternative hypothesis was that (2) rare earth elements only show positive effects on apparent digestibility and fattening performance by a selective antimicrobial effect if feed composition already induced a low pH value milieu in the gastrointestinal tract.

The thesis at hand used varying animal feedstuff with some of the feedstuff having varying carbohydrates, of which it was at least partially expected to ferment in colon and thus to affect the pH value. 48 rats (age at the beginning of study: 28 days) were partitioned into a control and a study group which received the same feedstuff like the control group but supplemented by REE. Both groups have been consecutively fed with five different types of feedstuff. For each feed study the excrement's pH values were measured. The feedstuff was composed as follows: "Glucose I feedstuff" 10.35 % glucose in DM, "glucose I study feedstuff" 8.22 % glucose in DM, "glucose II feedstuff" 11.28 % glucose in DM, "glucose II study feedstuff" 11.96 % glucose in DM, "lactose feedstuff" 12.09 % lactose in DM, "lactose study feedstuff" 11.99 % lactose in DM, "pulp feedstuff" 15 % in air-dry mixture and "protein pea feedstuff" 24 % in air-dry mixture. The study group received feedstuff mixtures with 0.05 % (by weight) Lancer. This product "Lancer 500" is a mixture of the rare earth elements lanthanum, cerium, praseodymium, and neodymium.

Feeding rare earth elements did not systematically change the digestibility of nutrients. There were occasional statistically significant differences but those differences were neither in the same direction nor at a biologically meaningful scale. When applying the Lucas test (plotting intaken nutrients against apparently digested nutrients) and the modified Lucas test (plotting intaken nutrients against faecal excrement nutrients) no systematic effects of rare earth elements on the digestibility of nutrients could be shown. Using the Lucas test, the following true digestibility could be determined: Crude protein 88.5 %, calcium 67.7 %, phosphorus 71.1 %, sodium 94.4 %, potassium 97.5 %, copper 35.8 %, magnesium 51.3 %, manganese 25.5 %, zinc 51.6 %, and iron 51.1 %.

Excrement pH values of study and control group did not systematically differ. The lowest pH value of excrements measured was 6.34 when feeding "glucose I" feedstuff.

A remarkable observation was that female rats of the study group had a permanent and statistically significantly increased feed consumption compared to the control group, without significantly affecting the differences of body weight. There was no apparent explanation of the below average digestibility of energy of these animals.

The results of this study argue against the effects of rare earth elements on the performance by selective antimicrobial effects in the gastrointestinal tract and also against improvements in digestibility.

8. Danksagungen

Hiermit möchte ich mich ganz herzlich bei allen bedanken, die mich in irgendeiner Form bei der Durchführung des praktischen Teils oder der Anfertigung dieser Dissertation unterstützt haben.

Ein großer Dank geht an der Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik der Ludwig-Maximilians-Universität München, der es mir ermöglicht hat, diese Arbeit zu schreiben. Hier seien besonders Frau Prof. Dr. Ellen Kienzle und Frau Dr. Sylvia von Rosenberg hervorzuheben, die mir sowohl bei der Planung der Versuchsreihe, der Versuchsdurchführung und bei der Auswertung der Ergebnisse jederzeit unterstützt haben.

Ein weiteres Dankeschön möchte ich dem Laborteam und den Tierpflegern des Lehrstuhls aussprechen. Diese hatten immer ein offenes Ohr für meine Fragen und standen mir stets bei meinen Analysen und der Organisation meiner Versuche mit Rat und Tat zur Seite.

Ebenso möchte ich den beiden wissenschaftlichen Hilfskräften, Sandrina Klein und Friederike Remm, danken. Sie haben es ermöglicht eine derart hohe Tierzahl über fünf Monate täglich zu betreuen und die große Probenzahl zu nehmen.

Auch dem Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung möchte ich hiermit für die Bereitstellung der Räumlichkeiten danken.

An dieser Stelle möchte ich mich ganz besonders bei meinem Eltern bedanken, die es mir ermöglicht haben mir meinen Traumberuf Tierärztin zu verwirklichen. Ihnen war es zu jeder Zeit wichtig, dass ich meine Ziele verfolgen konnte und haben mir immer Unterstützung in allen notwendigen Bereichen gegeben.

Ein Dankeschön geht auch an meine Brüdern, sowie Freundinnen und Freunde die mich bei meinem Vorhaben und der Durchführung dieser Dissertation unterstützt haben.

Zu guter letzt geht ein ganz besonderer, sehr herzlicher Dank an meinen Mann Klaus. Ohne ihn wäre es für mich niemals möglich gewesen das Projekt Promotion erfolgreich zu beenden. Er hat immer gewusst wie er mich in zu jeder Sekunde dieser Arbeit unterstützen konnte und war einfach immer für mich da. DANKE Klaus!

A. Tierdaten

A.1. Durchschnittliche Veränderung des Tiergewichts in g pro Tag und Tier während jeder Studienphase

Tab. A.1.: Durchschnittliche Gewichtsentwicklung pro Tier und Tag in g in jeder Studienphase

Ge- schlecht	Gruppe	Tiernr.	Glucose I	Glucose II	Laktose	Trocken- schnittzel	Erbsen- protein
weibl.	Ko.	1	2,57	-2,50	-3,00	3,00	1,40
weibl.	Ko.	2	1,71	-0,25	-1,75	1,25	2,00
weibl.	Ko.	3	2,57	-1,50	0,00	0,50	1,80
weibl.	Ko.	4	2,14	-1,00	-1,25	1,75	1,80
weibl.	Ko.	5	1,00	-2,50	-0,25	0,75	-0,60
weibl.	Ko.	6	4,00	-1,50	1,50	2,00	2,60
weibl.	Ko.	7	1,00	-1,00	0,25	0,00	1,80
weibl.	Ko.	8	2,14	-0,75	0,25	0,25	1,60
weibl.	Ko.	9	1,43	-1,25	-0,75	1,00	1,80
weibl.	Ko.	10	1,43	-2,50	-1,25	0,00	1,60
weibl.	Ko.	11	1,71	-0,75	-1,25	0,75	0,80
weibl.	Ko.	12	1,43	-1,50	-0,75	1,75	1,20
männl.	Ko.	13	8,14	-6,00	-0,50	0,75	3,20
männl.	Ko.	14	9,14	-5,50	1,00	0,25	4,00
männl.	Ko.	15	6,14	-2,75	2,00	3,00	2,80
männl.	Ko.	16	6,00	-2,25	0,25	1,00	2,40
männl.	Ko.	17	5,57	-4,25	0,50	-0,75	1,80
männl.	Ko.	18	7,00	-2,25	0,25	0,25	2,80
männl.	Ko.	19	5,71	-3,25	0,00	0,00	2,60
männl.	Ko.	20	7,00	-2,00	0,00	0,00	-18,60
männl.	Ko.	21	8,00	-4,00	0,50	2,25	1,20
männl.	Ko.	22	6,86	-5,00	0,25	0,25	2,00
männl.	Ko.	23	5,29	-3,00	-0,25	0,75	2,80
männl.	Ko.	24	7,00	-1,00	-1,25	1,00	2,20
weibl.	Lan.	25	2,86	-1,25	-2,00	0,75	2,20
weibl.	Lan.	26	2,71	-1,50	0,25	-1,25	0,60
weibl.	Lan.	27	4,57	1,75	2,75	2,00	5,00
weibl.	Lan.	28	1,86	-1,75	0,50	1,00	-1,80
weibl.	Lan.	29	2,86	-3,50	-1,25	-1,25	2,40
weibl.	Lan.	30	3,14	-3,25	-2,00	0,75	0,40
weibl.	Lan.	31	1,14	-2,00	-1,25	0,50	0,40
weibl.	Lan.	32	2,29	-1,50	0,50	1,25	1,40
weibl.	Lan.	33	2,57	-0,25	-0,50	0,75	1,60
weibl.	Lan.	34	1,57	0,00	-0,25	0,50	2,60
weibl.	Lan.	35	1,86	-1,25	0,00	0,00	1,00
weibl.	Lan.	36	1,29	-0,75	-0,50	1,00	1,80
männl.	Lan.	37	5,86	-3,25	-0,50	0,00	2,20
männl.	Lan.	38	7,00	-4,25	2,00	1,00	2,80
männl.	Lan.	39	5,86	-3,50	-0,75	1,75	0,80
männl.	Lan.	40	5,86	-3,00	1,25	-0,75	1,00
männl.	Lan.	41	4,71	-3,00	0,50	0,25	3,40
männl.	Lan.	42	6,29	-3,50	0,00	0,50	2,00
männl.	Lan.	43	6,29	-2,25	-0,25	0,75	3,20
männl.	Lan.	44	5,57	-3,00	0,50	-0,25	3,20
männl.	Lan.	45	6,71	-5,00	2,00	-0,75	2,00
männl.	Lan.	46	5,57	-1,75	0,00	0,25	2,60
männl.	Lan.	47	5,43	-1,75	1,75	-0,25	2,60
männl.	Lan.	48	5,00	-2,00	2,00	0,25	2,40

A.2. Durchschnittliche Veränderung des Tiergewichts in g pro Tag und Tier
während jeder Adaptionsphase

**A.2. Durchschnittliche Veränderung des Tiergewichts in g pro
Tag und Tier während jeder Adaptionsphase**

Tab. A.2.: Durchschnittliche Gewichtsentwicklung pro Tier und Tag in g in jeder Adaptionsphase

Ge- schlecht	Gruppe	Tierrn.	Glukose I	Glukose II	Laktose	Trocken- schnitzel	Erbsen- protein
weibl.	Ko.	1	3,58	0,33	-1,75	0,73	0,60
weibl.	Ko.	2	3,46	1,22	-2,00	0,64	-0,30
weibl.	Ko.	3	3,73	2,00	-1,13	0,82	0,80
weibl.	Ko.	4	3,65	1,11	-1,13	0,36	0,20
weibl.	Ko.	5	3,31	0,67	-1,50	0,55	0,20
weibl.	Ko.	6	3,88	2,11	-2,00	1,27	2,10
weibl.	Ko.	7	3,81	2,22	-1,63	0,36	0,30
weibl.	Ko.	8	3,23	0,78	-0,88	0,73	0,20
weibl.	Ko.	9	3,81	1,11	-1,25	0,27	0,40
weibl.	Ko.	10	3,81	1,00	-2,00	-0,27	1,00
weibl.	Ko.	11	3,35	0,89	-1,75	0,36	0,30
weibl.	Ko.	12	3,69	0,33	-1,50	0,82	-0,20
männl.	Ko.	13	6,62	3,11	-2,25	0,91	0,60
männl.	Ko.	14	7,27	5,00	-3,50	1,00	0,10
männl.	Ko.	15	6,62	4,11	-2,50	2,09	0,60
männl.	Ko.	16	5,35	4,22	-2,63	1,09	0,70
männl.	Ko.	17	5,23	3,89	-3,00	1,00	1,40
männl.	Ko.	18	6,27	3,78	-2,63	0,91	1,30
männl.	Ko.	19	5,42	3,67	-2,00	1,55	1,00
männl.	Ko.	20	6,65	3,67	-2,13	1,09	11,30
männl.	Ko.	21	7,69	5,56	-2,88	1,27	1,20
männl.	Ko.	22	7,31	3,00	-3,00	1,45	1,90
männl.	Ko.	23	6,50	2,78	-3,38	1,00	1,10
männl.	Ko.	24	6,08	3,44	-2,13	-0,27	0,90
weibl.	Lan.	25	3,73	1,78	-2,25	0,64	-0,30
weibl.	Lan.	26	4,42	0,89	-1,25	3,91	-2,10
weibl.	Lan.	27	4,04	5,78	-3,00	1,18	1,80
weibl.	Lan.	28	3,88	2,78	-1,63	1,73	1,10
weibl.	Lan.	29	4,35	2,33	-2,00	2,73	-1,40
weibl.	Lan.	30	4,58	3,78	-2,25	1,73	2,30
weibl.	Lan.	31	4,38	2,22	-1,50	1,36	1,40
weibl.	Lan.	32	3,19	3,78	0,38	0,91	0,20
weibl.	Lan.	33	2,88	2,33	-1,50	0,36	0,70
weibl.	Lan.	34	3,81	1,89	-0,63	0,82	0,10
weibl.	Lan.	35	2,96	1,56	-1,13	0,64	0,60
weibl.	Lan.	36	4,08	1,89	-1,13	1,00	0,30
männl.	Lan.	37	7,00	5,44	-2,75	1,00	0,70
männl.	Lan.	38	6,58	6,56	-2,88	1,27	1,50
männl.	Lan.	39	6,31	5,67	-3,25	1,91	1,20
männl.	Lan.	40	6,15	4,56	-1,63	1,82	1,20
männl.	Lan.	41	5,96	6,67	-2,38	0,73	1,50
männl.	Lan.	42	5,69	5,78	-2,00	1,45	1,50
männl.	Lan.	43	6,54	4,00	-2,00	1,00	1,40
männl.	Lan.	44	5,92	3,78	-1,63	0,73	1,60
männl.	Lan.	45	6,81	10,00	-3,13	1,55	1,00
männl.	Lan.	46	5,77	7,44	-2,88	0,73	1,80
männl.	Lan.	47	6,27	4,67	-1,75	1,18	0,60
männl.	Lan.	48	6,38	6,67	-2,00	1,36	0,60

A.3. Durchschnittliche Futterraufnahme pro Tier und Tag in g während jeder Bilanz

Tab. A.3.: Durchschnittliche Futterraufnahme pro Tier und Tag in g in jeder Bilanz

Ge- schlecht	Gruppe	Tiernr.	Glukose I	Glukose II	Laktose	Trocken- schnittzel	Erbsen- protein
weibl.	Ko.	1	15,50	18,63	17,88	18,50	17,80
weibl.	Ko.	2	15,50	18,63	17,88	18,50	17,80
weibl.	Ko.	3	16,36	18,00	18,25	19,25	17,80
weibl.	Ko.	4	16,36	18,00	18,25	19,25	17,80
weibl.	Ko.	5	15,50	18,25	18,88	19,75	18,20
weibl.	Ko.	6	15,50	18,25	18,88	19,75	18,20
weibl.	Ko.	7	16,86	18,38	20,00	21,13	19,90
weibl.	Ko.	8	16,86	18,38	20,00	21,13	19,90
weibl.	Ko.	9	15,50	17,88	18,13	22,50	19,00
weibl.	Ko.	10	15,50	17,88	18,13	22,50	19,00
weibl.	Ko.	11	15,50	16,88	16,75	19,00	17,40
weibl.	Ko.	12	15,50	16,88	16,75	19,00	17,40
männl.	Ko.	13	31,71	34,25	34,25	47,75	36,20
männl.	Ko.	14	31,71	34,25	34,25	47,75	36,20
männl.	Ko.	15	27,07	26,63	28,88	36,50	27,40
männl.	Ko.	16	27,07	26,63	28,88	36,50	27,40
männl.	Ko.	17	26,00	26,38	25,63	33,25	27,00
männl.	Ko.	18	26,00	26,38	25,63	33,25	27,00
männl.	Ko.	19	27,21	27,00	27,63	34,63	29,00
männl.	Ko.	20	27,21	27,00	27,63	34,63	29,00
männl.	Ko.	21	32,00	31,25	32,50	38,13	31,80
männl.	Ko.	22	32,00	31,25	32,50	38,13	31,80
männl.	Ko.	23	27,14	26,75	28,63	35,63	29,80
männl.	Ko.	24	27,14	26,75	28,63	35,63	29,80
weibl.	Lan.	25	19,14	19,75	19,75	28,00	19,80
weibl.	Lan.	26	19,14	19,75	19,75	28,00	19,80
weibl.	Lan.	27	21,57	23,50	24,38	30,75	26,40
weibl.	Lan.	28	21,57	23,50	24,38	30,75	26,40
weibl.	Lan.	29	20,00	21,63	19,75	27,00	21,30
weibl.	Lan.	30	20,00	21,63	19,75	27,00	21,30
weibl.	Lan.	31	18,14	21,50	19,13	23,25	20,20
weibl.	Lan.	32	18,14	21,50	19,13	23,25	20,20
weibl.	Lan.	33	16,79	19,25	19,13	22,00	20,40
weibl.	Lan.	34	16,79	19,25	19,13	22,00	20,40
weibl.	Lan.	35	17,14	17,75	18,75	21,38	19,60
weibl.	Lan.	36	17,14	17,75	18,75	21,38	19,60
männl.	Lan.	37	34,29	28,25	31,75	44,63	30,60
männl.	Lan.	38	34,29	28,25	31,75	44,63	30,60
männl.	Lan.	39	26,93	25,63	28,63	38,13	25,30
männl.	Lan.	40	26,93	25,63	28,63	38,13	25,30
männl.	Lan.	41	29,36	27,50	27,50	39,13	29,90
männl.	Lan.	42	29,36	27,50	27,50	39,13	29,90
männl.	Lan.	43	29,21	27,00	27,75	38,50	31,00
männl.	Lan.	44	29,21	27,00	27,75	38,50	31,00
männl.	Lan.	45	30,93	30,25	30,38	37,88	30,90
männl.	Lan.	46	30,93	30,25	30,38	37,88	30,90
männl.	Lan.	47	29,00	24,88	29,00	43,75	27,90
männl.	Lan.	48	29,00	24,88	29,00	43,75	27,90

A.4. Errechnete Futtermittelverwertung pro Tier und Bilanz

Tab. A.4.: Futtermittelverwertung pro Tier in jeder Bilanz

Ge- schlecht	Gruppe	Tiernr.	Glukose I	Glukose II	Laktose	Trocken- schnitzel	Erbsen- protein
weibl.	Ko.	1	6,028	7,450	-5,958	-6,167	22,643
weibl.	Ko.	2	9,042	74,500	-10,214	-14,800	15,850
weibl.	Ko.	3	6,361	12,000	0,000	-38,500	17,556
weibl.	Ko.	4	7,633	18,000	-14,600	-11,000	17,556
weibl.	Ko.	5	15,500	7,300	-75,500	-26,333	-54,667
weibl.	Ko.	6	3,875	12,167	12,583	-9,875	12,615
weibl.	Ko.	7	16,857	18,375	80,000	0,000	20,111
weibl.	Ko.	8	7,867	24,500	80,000	-84,500	22,625
weibl.	Ko.	9	10,850	14,300	-24,167	-22,500	18,333
weibl.	Ko.	10	10,850	7,150	-14,500	0,000	20,625
weibl.	Ko.	11	9,042	22,500	-13,400	-25,333	38,250
weibl.	Ko.	12	10,850	11,250	-22,333	-10,857	25,500
männl.	Ko.	13	3,895	5,708	-68,500	-63,667	20,094
männl.	Ko.	14	3,469	6,227	34,250	-191,000	16,075
männl.	Ko.	15	4,407	9,682	14,438	-12,167	17,357
männl.	Ko.	16	4,512	11,833	115,500	-36,500	20,250
männl.	Ko.	17	4,667	6,206	51,250	44,333	26,833
männl.	Ko.	18	3,714	11,722	102,500	-133,000	17,250
männl.	Ko.	19	4,763	8,308	0,000	0,000	19,846
männl.	Ko.	20	3,888	13,500	0,000	0,000	-2,774
männl.	Ko.	21	4,000	7,813	65,000	-16,944	47,417
männl.	Ko.	22	4,667	6,250	130,000	-152,500	28,450
männl.	Ko.	23	5,135	8,917	-114,500	-47,500	18,821
männl.	Ko.	24	3,878	26,750	-22,900	-35,625	23,955
weibl.	Lan.	25	6,700	15,800	-9,875	-37,333	16,227
weibl.	Lan.	26	7,053	13,167	79,000	22,400	59,500
weibl.	Lan.	27	4,719	-13,429	8,864	-15,375	9,780
weibl.	Lan.	28	11,615	13,429	48,750	-30,750	-27,167
weibl.	Lan.	29	7,000	6,179	-15,800	0,000	15,958
weibl.	Lan.	30	6,364	6,654	-9,875	0,000	95,750
weibl.	Lan.	31	15,875	10,750	-15,300	-46,500	90,250
weibl.	Lan.	32	7,938	14,333	38,250	-18,600	25,786
weibl.	Lan.	33	6,528	77,000	-38,250	-29,333	22,500
weibl.	Lan.	34	10,682	0,000	-76,500	-44,000	13,846
weibl.	Lan.	35	9,231	14,200	0,000	0,000	35,200
weibl.	Lan.	36	13,333	23,667	-37,500	-21,375	19,556
männl.	Lan.	37	5,854	8,692	-63,500	0,000	24,727
männl.	Lan.	38	4,898	6,647	15,875	-44,625	19,429
männl.	Lan.	39	4,598	7,321	-38,167	-21,786	57,250
männl.	Lan.	40	4,598	8,542	22,900	50,833	45,800
männl.	Lan.	41	6,227	9,167	55,000	-156,500	15,676
männl.	Lan.	42	4,670	7,857	0,000	-78,250	26,650
männl.	Lan.	43	4,648	12,000	-111,000	-51,333	17,219
männl.	Lan.	44	5,244	9,000	55,500	154,000	17,219
männl.	Lan.	45	4,606	6,050	15,188	50,500	27,500
männl.	Lan.	46	5,551	17,286	0,000	-151,500	21,154
männl.	Lan.	47	5,342	14,214	16,571	175,000	19,115
männl.	Lan.	48	5,800	12,438	14,500	-175,000	20,708

B. Futteranalysen

B.1. Ergebnisse der Futteranalysen vom lehrstuhleigenem Labor

Tab. B.1.: Analysedaten vom Glukose I-Kontrollfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	88,37	%
Rfa	8	%
Rp	19,6	%
Rfe	7,6	%
Ra	4,9	%
NfE	59,9	%
GE	19,8	MJ/kg
Ca	7,6	g/kg
P	5,6	g/kg
Na	1,4	g/kg
K	10,8	g/kg
Zn	73,2	mg/kg
Cu	14	mg/kg
Mn	81,8	mg/kg
Fe	222,9	mg/kg
Mg	2144,3	mg/kg
Cl	1,8	g/kg

Tab. B.2.: Analysedaten vom Glukose I-Versuchsfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	88,7	%
Rfa	6	%
Rp	18,3	%
Rfe	7,7	%
Ra	5,0	%
NfE	63	%
GE	20,2	MJ/kg
Ca	8,3	g/kg
P	4,7	g/kg
Na	2,2	g/kg
K	9,7	g/kg
Zn	83,9	mg/kg
Cu	16,8	mg/kg
Mn	73,1	mg/kg
Fe	286,2	mg/kg
Mg	1930,3	mg/kg
Cl	1,9	g/kg

Tab. B.3.: Analysedaten vom Glukose II-Kontrollfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	89,8	%
Rfa	6,3	%
Rp	19,0	%
Rfe	7,7	%
Ra	4,7	%
NfE	62,3	%
GE	19,6	MJ/kg
Ca	7,0	g/kg
P	4,4	g/kg
Na	1,5	g/kg
K	10,2	g/kg
Zn	64,2	mg/kg
Cu	14	mg/kg
Mn	80,3	mg/kg
Fe	257,6	mg/kg
Mg	2060,0	mg/kg
Cl	1,7	g/kg

Tab. B.4.: Analysedaten vom Glukose II-Versuchsfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	88,8	%
Rfa	6,2	%
Rp	19,4	%
Rfe	7,9	%
Ra	4,7	%
NfE	61,8	%
GE	19,6	MJ/kg
Ca	6,5	g/kg
P	4,6	g/kg
Na	1,5	g/kg
K	10,5	g/kg
Zn	44,2	mg/kg
Cu	10,9	mg/kg
Mn	51,6	mg/kg
Fe	219,4	mg/kg
Mg	2021,9	mg/kg
Cl	1,8	g/kg

Tab. B.5.: Analysedaten vom Laktose-Kontrollfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	91,1	%
Rfa	6,6	%
Rp	18,3	%
Rfe	8,1	%
Ra	4,6	%
NfE	62,4	%
GE	19,7	MJ/kg
Ca	6,3	g/kg
P	5,1	g/kg
Na	1,4	g/kg
K	10,6	g/kg
Zn	43,5	mg/kg
Cu	10,8	mg/kg
Mn	55,8	mg/kg
Fe	225,7	mg/kg
Mg	1943,7	mg/kg
Cl	1,7	g/kg

Tab. B.6.: Analysedaten vom Laktose-Versuchsfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	91,2	%
Rfa	6,8	%
Rp	19,5	%
Rfe	8,8	%
Ra	4,5	%
NfE	60,4	%
GE	19,8	MJ/kg
Ca	6,2	g/kg
P	4,8	g/kg
Na	1,3	g/kg
K	10,2	g/kg
Zn	42,2	mg/kg
Cu	11,0	mg/kg
Mn	52,8	mg/kg
Fe	246,7	mg/kg
Mg	1830,4	mg/kg
Cl	1,5	g/kg

Tab. B.7.: Analysedaten vom Trockenschnitzel-Kontrollfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	87,7	%
Rfa	8,1	%
Rp	21,0	%
Rfe	10,9	%
Ra	4,9	%
NfE	55,1	%
GE	19,5	MJ/kg
Ca	6,5	g/kg
P	4,3	g/kg
Na	1,5	g/kg
K	11,2	g/kg
Zn	41,3	mg/kg
Cu	11,1	mg/kg
Mn	52,9	mg/kg
Fe	212,8	mg/kg
Mg	2110,0	mg/kg
Cl	1,8	g/kg

Tab. B.8.: Analysedaten vom Trockenschnitzel-Versuchsfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	87,0	%
Rfa	9,4	%
Rp	20,2	%
Rfe	10,3	%
Ra	5,6	%
NfE	54,5	%
GE	19,7	MJ/kg
Ca	7,3	g/kg
P	4,7	g/kg
Na	1,6	g/kg
K	11,2	g/kg
Zn	60,9	mg/kg
Cu	12,0	mg/kg
Mn	65,6	mg/kg
Fe	274,8	mg/kg
Mg	2236,0	mg/kg
Cl	1,8	g/kg

Tab. B.9.: Analysedaten vom Erbsenprotein-Kontrollfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	83,6	%
Rfa	7,4	%
Rp	20,2	%
Rfe	10,6	%
Ra	4,9	%
NfE	56,9	%
GE	20,2	MJ/kg
Ca	7,1	g/kg
P	4,8	g/kg
Na	1,9	g/kg
K	10,4	g/kg
Zn	68,8	mg/kg
Cu	12,6	mg/kg
Mn	64,9	mg/kg
Fe	225,9	mg/kg
Mg	2033,0	mg/kg
Cl	1,9	g/kg

Tab. B.10.: Analysedaten vom Erbsenprotein-Versuchsfutter

Nährstoff	Menge	Einheit
TS	83,9	%
Rfa	7,1	%
Rp	21,7	%
Rfe	10,9	%
Ra	4,6	%
NfE	55,7	%
GE	20,3	MJ/kg
Ca	6,5	g/kg
P	5,5	g/kg
Na	1,9	g/kg
K	10,4	g/kg
Zn	46,7	mg/kg
Cu	11,1	mg/kg
Mn	48,5	mg/kg
Fe	194,0	mg/kg
Mg	1996,0	mg/kg
Cl	1,9	g/kg

C. Kotanalysen

C.1. Messdaten der pH-Wert-Messungen

Tab. C.1.: pH-Werte Glukose I Tag 22

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	6,59
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	6,44
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	6,65
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	6,29
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	6,53
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	6,1
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	6,19
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	6,47
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	6,04
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	6,32
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	6,36
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	6,1
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	6,49
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	6,54
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	6,45
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	6,57
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	6,59
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	6,44
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	6,38
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	6,32
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	6,3
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	6,61
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	6,6
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	6,53

Tab. C.2.: pH-Werte Glukose II Tag8

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	7,2
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	6,97
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	6,98
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	6,81
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	7,11
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	7
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	6,65
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	7,3
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	6,77
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	6,83
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	6,75
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	6,53
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	7,18
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	6,7
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	6,81
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	7,13
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	7,41
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	6,93
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	6,76
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	6,83
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	6,6
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	6,95
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	6,98
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	7,05

Tab. C.3.: pH-Werte Laktose Tag1

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	7,73
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	7,42
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	7,61
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	7,23
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	7,38
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	7,07
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	7,15
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	7,28
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	7,13
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	7,2
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	7,26
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	6,79
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	7,57
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	7,07
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	7,11
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	7,23
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	7,11
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	7,19
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	6,99
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	7,24
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	7,16
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	7,41
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	7,38
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	6,74

Tab. C.4.: pH-Werte Laktose Tag2

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	7,45
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	7,56
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	7,27
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	7,05
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	7,37
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	7,38
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	6,25
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	7,25
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	6,71
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	7,05
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	7,44
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	6,9
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	7,61
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	6,98
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	7,21
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	7,04
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	6,67
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	8,04
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	7,01
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	6,57
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	7,26
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	7,15
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	7,17
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	6,9

Tab. C.5.: pH-Werte Laktose Tag3

Tier/Probe	pH-Werte
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	6,96
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	6,77
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	6,91
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	6,44
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	6,68
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	6,35
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	6,22
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	6,74
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	6,38
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	6,38
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	7,12
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	6,17
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	6,74
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	6,26
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	6,43
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	6,57
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	6,44
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	6,46
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	6,23
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	6,3
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	6,42
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	6,39
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	6,66
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	6,25

Tab. C.6.: pH-Werte Laktose Tag4

Tier/Probe	pH-Werte
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	7,23
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	6,89
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	6,88
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	6,91
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	6,93
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	6,65
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	6,6
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	6,93
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	6,83
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	6,74
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	7,08
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	6,44
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	6,96
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	6,66
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	7,09
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	6,97
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	7,04
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	6,94
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	6,51
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	6,66
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	6,84
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	6,75
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	7,01
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	6,69

Tab. C.7.: pH-Werte Laktose Tag5

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	6,9
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	6,7
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	6,94
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	6,66
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	6,58
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	6,76
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	6,71
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	7,03
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	6,71
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	6,7
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	6,75
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	6,37
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	6,81
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	6,45
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	7,05
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	6,93
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	6,72
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	7,17
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	6,58
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	6,69
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	6,78
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	6,85
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	7,09
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	6,6

Tab. C.8.: pH-Werte Laktose Tag8

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	7,23
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	6,79
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	7,19
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	7,01
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	6,92
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	7,04
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	6,88
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	6,77
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	6,9
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	6,73
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	6,91
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	6,67
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	6,92
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	6,7
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	7,02
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	6,73
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	6,83
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	6,89
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	6,49
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	6,68
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	6,74
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	6,88
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	7,12
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	6,77

Tab. C.9.: pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag1

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	6,74
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	6,96
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	7,04
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	6,8
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	6,81
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	6,88
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	6,55
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	6,9
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	6,91
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	6,65
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	6,82
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	6,37
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	6,89
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	6,64
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	6,83
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	6,58
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	6,91
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	6,92
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	6,92
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	6,82
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	7,01
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	6,83
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	7,17

Tab. C.10.: pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag2

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	6,95
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	7,41
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	7,32
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	6,71
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	7,1
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	7,02
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	6,95
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	7,04
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	6,95
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	6,78
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	7,11
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	6,72
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	7,09
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	6,92
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	7,04
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	6,87
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	7,11
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	7,71
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	7,07
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	6,86
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	7,09
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	7,19
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	7,21
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	7,16

Tab. C.11.: pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag3

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	7,42
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	7,23
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	7,14
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	6,93
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	7,02
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	7
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	6,88
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	7,12
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	7,05
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	6,97
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	7,01
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	6,67
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	6,84
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	6,59
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	7,26
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	6,99
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	7,16
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	6,91
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	7,1
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	6,96
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	7,1
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	6,93
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	7,28
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	7,05

Tab. C.12.: pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag4

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	7,03
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	7,28
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	7,1
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	6,7
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	7,2
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	7,07
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	7,08
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	6,93
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	7,02
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	6,89
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	7,18
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	6,93
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	7,03
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	6,64
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	7,08
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	6,91
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	7,34
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	6,93
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	7,03
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	7,1
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	7,23
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	7,48
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	7,49
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	7,35

Tab. C.13.: pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag11

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	7,24
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	7,6
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	7,59
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	6,57
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	7,23
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	7,29
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	6,86
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	7,18
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	7,07
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	7,03
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	7,33
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	6,99
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	6,85
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	6,76
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	7,18
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	6,98
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	6,84
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	6,77
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	7,11
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	6,81
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	6,75
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	6,9
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	7,5
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	7,02

Tab. C.14.: pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag1

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	6,88
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	7,14
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	7,3
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	6,88
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	7,04
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	6,88
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	6,77
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	6,85
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	6,96
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	6,81
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	6,8
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	6,96
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	6,8
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	6,76
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	7,57
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	7,16
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	6,98
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	6,88
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	6,85
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	6,74
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	6,58
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	6,82
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	7,26
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	6,82

Tab. C.15.: pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag2

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	7,03
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	7,23
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	7,14
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	7
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	7,18
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	6,82
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	7,03
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	7,16
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	7,04
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	6,78
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	7
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	6,95
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	6,8
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	6,86
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	6,93
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	6,98
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	6,82
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	6,77
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	7,13
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	6,84
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	6,52
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	6,87
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	7,25
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	7,01

Tab. C.16.: pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag3

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	7,19
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	7,07
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	6,88
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	6,89
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	6,98
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	6,64
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	6,86
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	6,98
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	6,91
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	6,73
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	6,83
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	6,69
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	6,95
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	7,02
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	6,98
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	7
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	6,77
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	6,85
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	7,11
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	6,86
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	6,46
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	6,75
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	7,44
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	6,88

Tab. C.17.: pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag4

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	7,12
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	7
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	7,32
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	6,93
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	6,9
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	6,96
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	6,96
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	6,8
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	6,9
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	6,8
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	6,9
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	6,45
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	7,14
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	6,83
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	7,02
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	7,1
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	7,08
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	7
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	6,9
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	6,75
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	6,49
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	6,98
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	7,37
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	7,1

Tab. C.18.: pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag5

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	7,18
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	7,06
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	7,25
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	6,88
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	7,01
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	7,47
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	7,01
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	6,94
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	7,11
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	6,77
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	7,04
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	6,72
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	6,9
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	6,92
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	6,86
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	7,08
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	6,81
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	7,05
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	7,09
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	6,56
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	6,46
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	7,09
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	7,91
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	6,97

Tab. C.19.: pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag16

Tier/Probe	pH-Wert
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	7,15
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	7,08
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	7,51
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	6,9
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	7,16
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	7,03
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	6,99
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	7,12
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	7,06
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	6,91
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	7,18
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	6,81
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	7,35
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	6,96
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	7,25
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	7,39
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	7,36
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	7,3
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	7,02
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	7
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	7,06
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	7,13
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	7,55
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	7,34

C.2. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Trockensubstanz

Tab. C.20.: sV der TS vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV der TS in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	81,35
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	81,43
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	80,82
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	79,75
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	81,05
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	80,18
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	80,95
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	81,84
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	81,51
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	82,25
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	81,77
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	81,20
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	81,61
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	84,19
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	81,60
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	83,96
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	81,89
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	80,54
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	82,28
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	81,21
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	82,91
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	82,92
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	84,02
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	82,29

Tab. C.21.: sV der TS vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV der TS in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	82,36
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	82,02
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	81,07
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	81,49
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	82,67
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	80,29
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	83,21
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	83,14
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	83,04
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	82,85
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	82,70
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	81,95
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	82,42
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	83,13
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	82,32
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	82,92
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	84,15
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	80,28
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	83,23
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	82,33
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	84,20
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	82,57
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	83,57
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	82,92

Tab. C.22.: sV der TS vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV der TS in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	80,92
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	81,69
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	81,40
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	82,33
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	81,32
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	78,37
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	82,05
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	83,25
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	82,30
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	82,72
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	82,23
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	81,21
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	82,26
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	83,15
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	81,86
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	82,30
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	83,79
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	80,13
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	84,05
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	81,84
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	83,04
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	82,49
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	83,39
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	83,98

Tab. C.23.: sV der TS vom Trockenschnitzel-Futter

Tier/Probe	sV der TS in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	81,39
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	81,05
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	79,79
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	81,40
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	83,77
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	79,57
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	85,33
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	85,91
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	85,10
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	84,13
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	84,03
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	84,23
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	79,25
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	85,09
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	79,69
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	79,64
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	81,36
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	76,06
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	86,64
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	84,64
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	85,02
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	83,71
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	83,92
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	86,80

Tab. C.24.: sV der TS vom Erbsenprotein-Futter

Tier/Probe	sV der TS in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	83,16
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	83,02
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	80,64
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	83,11
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	82,83
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	83,47
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	84,39
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	84,47
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	84,45
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	85,51
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	84,10
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	84,64
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	81,89
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	82,60
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	84,26
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	82,42
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	84,69
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	79,97
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	83,48
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	82,76
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	85,18
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	84,20
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	84,37
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	83,38

C.3. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten des Rohproteins

Tab. C.25.: sV des Rp vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV des Rp in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	84,88
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	86,10
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	85,26
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	84,87
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	84,07
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	84,65
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	84,96
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	85,71
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	85,36
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	85,12
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	83,99
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	84,72
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	84,73
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	87,11
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	83,46
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	86,16
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	85,02
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	84,10
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	85,37
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	83,15
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	86,04
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	85,37
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	87,32
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	84,85

Tab. C.26.: sV des Rp vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV des Rp in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	84,00
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	85,01
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	83,84
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	82,84
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	84,02
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	84,02
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	84,84
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	84,89
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	84,70
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	84,67
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	84,86
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	83,88
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	85,37
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	84,57
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	85,60
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	87,34
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	85,97
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	84,65
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	85,75
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	84,81
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	86,09
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	84,95
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	87,21
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	85,06

Tab. C.27.: sV des Rp vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV des Rp in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	78,04
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	80,60
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	81,25
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	81,32
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	79,86
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	78,23
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	80,37
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	81,90
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	81,85
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	80,58
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	80,24
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	78,72
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	81,85
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	83,40
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	81,98
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	83,39
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	83,13
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	80,43
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	83,01
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	78,88
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	81,36
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	81,19
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	82,56
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	81,22

Tab. C.28.: sV des Rp vom Trockenschnitzel-Futter

Tier/Probe	sV des Rp in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	82,67
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	85,32
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	84,39
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	84,88
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	86,64
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	84,14
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	86,92
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	87,99
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	87,15
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	86,58
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	86,25
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	87,20
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	83,94
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	86,51
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	84,44
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	83,60
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	83,65
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	81,55
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	88,17
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	87,12
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	88,62
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	87,53
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	87,78
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	88,87

Tab. C.29.: sV des Rp vom Erbsenprotein-Futter

Tier/Probe	sV des Rp in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	84,84
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	85,90
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	84,93
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	85,93
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	85,95
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	85,89
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	86,72
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	87,33
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	86,48
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	87,35
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	85,67
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	86,40
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	86,92
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	85,89
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	87,08
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	86,59
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	87,25
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	86,04
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	88,47
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	86,52
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	88,21
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	88,30
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	89,22
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	87,39

C.4. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Rohasche

Tab. C.30.: sV der Ra vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV der Ra in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	54,84
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	55,06
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	54,10
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	51,19
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	54,42
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	53,37
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	57,16
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	57,53
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	56,14
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	59,07
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	58,84
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	55,26
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	58,77
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	62,49
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	57,54
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	60,65
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	60,70
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	54,40
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	62,44
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	55,51
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	63,65
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	63,37
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	65,13
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	58,63

Tab. C.31.: sV der Ra vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV der Ra in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	48,55
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	49,14
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	45,42
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	48,80
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	52,26
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	51,63
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	54,54
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	54,44
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	54,83
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	53,84
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	54,07
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	52,87
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	52,94
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	54,55
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	53,85
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	51,11
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	55,60
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	47,14
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	58,13
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	54,52
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	59,97
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	53,70
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	54,43
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	55,26

Tab. C.32.: sV der Ra vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV der Ra in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	47,78
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	47,99
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	42,47
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	51,80
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	49,63
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	46,25
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	51,69
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	54,93
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	50,26
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	53,51
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	53,27
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	49,91
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	50,30
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	53,35
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	48,61
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	44,54
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	53,31
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	47,05
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	55,64
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	50,09
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	54,26
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	53,74
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	50,02
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	54,51

Tab. C.33.: sV der Ra vom Trockenschnitzel-Futter

Tier/Probe	sV der Ra in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	47,81
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	50,03
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	41,65
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	54,07
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	57,28
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	49,62
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	61,58
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	63,36
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	58,80
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	57,90
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	59,98
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	59,75
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	58,90
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	65,21
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	57,99
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	55,92
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	59,87
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	49,30
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	67,99
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	65,79
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	68,66
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	65,36
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	59,39
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	70,07

Tab. C.34.: sV der Ra vom Erbsenprotein-Futter

Tier/Probe	sV der Ra in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	54,38
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	54,24
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	46,75
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	56,76
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	56,83
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	57,85
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	59,35
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	59,53
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	57,05
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	60,24
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	57,87
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	57,83
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	51,25
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	53,07
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	54,70
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	44,21
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	55,39
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	44,87
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	54,97
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	54,04
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	60,69
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	57,63
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	47,71
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	55,42

C.5. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten des Rohfetts

Tab. C.35.: sV des Rfe vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV der Rfe in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	94,77
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	93,41
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	93,00
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	91,93
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	93,22
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	93,42
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	92,23
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	92,54
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	92,41
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	92,37
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	92,02
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	92,07
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	93,02
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	93,55
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	93,94
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	93,97
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	95,11
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	94,19
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	94,57
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	93,68
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	93,48
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	93,78
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	94,90
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	93,94

Tab. C.36.: sV des Rfe vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV der Rfe in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	95,26
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	94,36
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	93,89
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	94,11
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	94,73
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	94,40
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	94,24
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	94,52
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	94,50
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	94,34
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	94,37
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	93,90
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	94,85
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	93,85
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	94,00
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	94,05
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	95,34
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	94,81
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	94,55
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	94,69
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	95,37
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	94,64
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	95,05
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	94,13

Tab. C.37.: sV des Rfe vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV der Rfe in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	93,74
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	94,43
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	94,09
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	95,23
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	94,92
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	93,65
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	94,00
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	94,28
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	95,82
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	95,55
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	95,65
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	94,41
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	95,15
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	94,87
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	94,65
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	94,85
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	94,41
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	92,66
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	94,28
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	94,09
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	94,79
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	94,56
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	94,75
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	95,12

Tab. C.38.: sV desRfe vom Trockenschnitzel-Futter

Tier/Probe	sV der Rfe in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	94,36
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	95,64
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	94,74
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	94,55
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	95,78
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	95,09
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	95,78
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	95,62
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	95,36
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	95,57
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	95,39
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	95,94
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	94,45
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	96,40
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	95,73
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	95,03
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	94,22
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	94,67
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	96,15
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	96,01
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	96,48
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	96,17
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	96,26
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	96,24

Tab. C.39.: sV des Rfe vom Erbsenprotein-Futter

Tier/Probe	sV der Rfe in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	95,17
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	95,18
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	94,52
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	94,58
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	95,56
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	95,93
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	95,29
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	94,96
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	94,89
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	95,48
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	94,97
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	95,40
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	94,97
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	95,03
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	95,48
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	94,61
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	95,18
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	94,60
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	95,24
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	94,63
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	95,73
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	95,88
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	95,71
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	95,76

C.6. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Rohfaser

Tab. C.40.: sV der Rfa vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV der Rfa in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	49,72
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	47,01
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	40,26
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	38,75
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	43,99
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	40,15
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	47,30
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	47,47
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	45,94
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	51,28
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	49,69
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	46,50
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	19,33
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	35,62
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	25,36
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	25,33
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	17,95
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	5,10
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	22,13
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	11,19
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	21,32
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	19,23
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	22,57
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	29,02

Tab. C.41.: sV der Rfa vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV der Rfa in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	28,52
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	20,70
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	21,32
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	23,36
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	26,34
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	20,57
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	35,24
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	29,84
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	33,75
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	32,88
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	29,10
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	34,46
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	29,63
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	38,27
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	30,02
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	33,67
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	41,06
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	15,55
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	37,31
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	32,33
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	38,28
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	33,78
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	37,92
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	38,79

Tab. C.42.: sV der Rfa vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV der Rfa in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	37,59
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	43,18
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	37,27
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	40,97
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	37,29
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	16,84
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	42,17
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	46,13
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	44,99
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	47,16
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	44,58
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	42,60
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	38,72
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	47,94
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	43,64
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	42,55
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	47,53
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	28,03
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	49,01
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	42,24
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	48,58
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	45,38
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	49,40
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	53,94

Tab. C.43.: sV der Rfa vom Trockenschnitzel-Futter

Tier/Probe	sV der Rfa in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	54,55
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	46,96
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	45,76
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	53,33
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	54,30
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	46,74
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	64,06
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	64,32
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	65,17
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	59,46
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	60,00
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	59,15
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	53,79
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	65,65
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	47,36
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	51,35
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	56,74
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	44,32
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	70,41
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	63,57
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	66,81
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	58,30
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	61,17
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	68,94

Tab. C.44.: sV der Rfa vom Erbsenprotein-Futter

Tier/Probe	sV der Rfa in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	53,49
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	53,84
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	45,96
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	51,80
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	52,99
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	54,07
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	61,50
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	56,81
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	60,58
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	64,88
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	61,52
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	61,96
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	41,27
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	52,45
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	56,71
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	52,55
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	57,39
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	37,81
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	51,89
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	48,37
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	57,97
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	50,68
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	54,42
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	50,48

C.7. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Stickstoff freien Extraktstoffe

Tab. C.45.: sV der NfE vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV der NfE in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	88,51
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	88,74
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	89,15
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	88,27
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	89,33
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	88,42
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	88,35
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	89,33
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	89,29
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	89,50
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	89,44
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	89,07
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	90,35
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	91,38
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	90,12
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	92,41
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	90,39
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	90,58
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	90,36
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	91,21
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	91,17
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	91,56
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	91,95
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	90,25

Tab. C.46.: sV der NfE vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV der NfE in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	91,15
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	91,21
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	90,47
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	90,90
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	91,59
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	88,84
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	91,11
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	91,51
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	91,01
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	90,92
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	91,02
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	89,84
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	90,63
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	91,03
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	90,42
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	90,57
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	91,51
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	89,64
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	90,54
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	90,31
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	91,49
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	90,53
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	90,73
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	90,44

Tab. C.47.: sV der NfE vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV der NfE in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	89,85
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	89,53
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	89,98
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	90,09
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	89,64
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	88,38
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	90,00
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	90,62
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	89,51
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	90,05
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	89,73
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	89,30
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	90,38
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	90,01
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	89,38
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	89,98
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	91,17
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	89,44
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	91,28
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	90,48
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	90,37
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	90,02
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	90,74
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	91,16

Tab. C.48.: sV der NfE vom Trockenschnitzel-Futter

Tier/Probe	sV der NfE in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	89,43
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	88,54
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	87,98
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	88,18
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	90,61
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	86,81
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	91,17
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	91,52
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	90,88
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	90,43
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	90,18
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	90,17
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	86,07
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	91,39
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	87,56
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	87,44
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	88,99
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	84,44
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	92,18
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	90,81
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	89,92
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	90,09
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	90,44
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	92,19

Tab. C.49.: sV der NfE vom Erbsenprotein-Futter

Tier/Probe	sV der NfE in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	91,52
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	90,90
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	89,54
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	91,18
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	90,42
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	91,09
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	91,16
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	91,72
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	91,73
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	92,03
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	91,29
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	91,69
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	90,32
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	90,20
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	91,48
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	90,46
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	91,97
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	88,80
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	90,39
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	90,71
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	91,72
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	91,35
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	91,63
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	90,71

C.8. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten der Bruttoenergie

Tab. C.50.: sV der GE vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV der GE in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	84,97
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	85,18
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	84,68
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	83,79
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	84,68
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	84,17
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	84,66
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	85,29
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	85,14
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	85,62
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	85,24
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	84,81
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	85,26
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	87,48
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	85,81
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	87,28
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	85,81
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	84,63
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	86,04
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	85,18
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	86,51
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	86,46
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	87,53
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	86,05

Tab. C.51.: sV der GE vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV der GE in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	85,67
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	85,43
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	84,67
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	84,79
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	85,83
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	83,93
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	86,47
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	86,23
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	86,18
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	85,99
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	85,92
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	85,29
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	86,09
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	86,28
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	85,49
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	86,50
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	87,27
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	84,18
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	86,26
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	85,80
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	87,15
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	86,01
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	87,03
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	86,34

Tab. C.52.: sV der GE vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV der GE in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	85,93
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	86,90
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	86,50
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	87,17
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	86,57
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	84,49
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	87,21
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	88,02
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	87,77
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	87,92
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	87,59
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	86,76
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	86,97
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	88,17
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	87,15
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	87,17
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	87,72
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	85,08
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	88,26
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	86,27
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	87,71
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	87,29
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	87,71
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	88,09

Tab. C.53.: sV der GE vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV der GE in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	84,96
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	85,06
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	84,38
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	84,84
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	86,86
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	83,69
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	88,03
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	88,32
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	87,97
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	87,33
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	86,94
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	87,27
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	83,34
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	88,19
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	83,89
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	83,86
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	85,23
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	81,25
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	89,45
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	87,87
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	88,07
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	87,10
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	87,71
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	89,64

Tab. C.54.: sV der GE vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV der GE in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	87,40
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	87,33
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	85,63
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	87,16
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	87,28
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	87,57
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	88,28
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	88,19
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	88,26
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	89,20
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	87,88
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	88,35
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	86,40
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	86,96
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	88,28
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	87,16
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	88,38
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	85,10
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	87,62
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	86,96
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	88,77
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	88,19
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	88,77
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	87,60

C.9. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Natrium

Tab. C.55.: sV vom Na vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom Na in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	90,66
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	90,04
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	91,46
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	89,72
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	90,63
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	90,72
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	85,62
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	91,91
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	89,24
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	91,42
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	89,98
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	87,63
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	95,09
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	94,68
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	92,55
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	95,53
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	94,23
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	93,56
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	89,63
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	92,70
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	94,35
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	93,71
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	95,16
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	93,15

Tab. C.56.: sV vom Na vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom Na in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	89,09
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	89,66
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	89,57
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	88,47
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	90,93
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	89,43
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	88,51
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	90,59
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	89,67
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	89,60
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	88,64
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	86,91
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	91,79
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	91,24
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	92,29
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	93,03
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	93,04
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	91,04
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	89,90
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	91,45
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	92,70
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	90,44
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	92,36
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	90,93

Tab. C.57.: sV vom Na vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV vom Na in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	88,62
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	89,90
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	89,30
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	88,36
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	90,43
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	87,63
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	81,67
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	90,47
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	83,81
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	85,35
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	80,36
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	82,02
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	85,61
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	85,43
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	82,91
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	86,88
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	88,51
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	83,88
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	80,80
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	78,43
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	86,37
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	84,04
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	85,61
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	79,89

Tab. C.58.: sV vom Na vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV vom Na in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	90,41
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	90,75
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	90,94
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	92,13
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	94,93
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	90,30
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	90,70
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	93,54
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	92,31
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	92,19
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	88,77
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	89,73
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	87,90
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	93,51
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	91,07
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	92,22
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	93,05
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	87,34
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	91,68
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	91,05
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	90,56
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	92,24
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	93,16
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	91,45

Tab. C.59.: sV vom Na vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV vom Na in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	94,86
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	95,49
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	92,97
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	94,81
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	95,82
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	94,60
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	91,63
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	95,25
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	94,90
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	95,57
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	93,24
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	94,70
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	91,63
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	92,09
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	93,12
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	93,40
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	84,06
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	92,63
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	90,29
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	90,29
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	95,25
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	93,81
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	93,05
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	91,51

C.10. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Phosphor

Tab. C.60.: sV vom P vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom P in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	57,18
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	65,42
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	63,98
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	60,61
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	64,46
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	62,43
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	63,68
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	65,53
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	65,22
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	64,86
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	63,24
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	62,50
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	57,54
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	61,53
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	56,20
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	62,60
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	52,02
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	50,92
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	61,25
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	51,80
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	62,31
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	53,70
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	63,90
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	54,97

Tab. C.61.: sV vom P vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom P in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	40,98
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	37,26
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	36,29
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	36,58
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	40,39
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	40,20
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	49,61
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	46,11
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	47,46
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	48,83
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	48,78
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	42,49
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	48,88
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	45,66
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	47,51
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	46,71
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	48,16
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	42,05
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	54,18
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	51,75
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	53,51
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	44,96
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	67,08
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	67,46

Tab. C.62.: sV vom P vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV vom P in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	44,88
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	45,90
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	49,02
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	46,64
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	47,57
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	44,72
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	51,27
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	53,04
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	51,71
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	53,75
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	51,99
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	48,93
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	47,33
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	50,37
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	46,01
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	45,77
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	43,53
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	36,78
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	51,19
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	42,02
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	47,59
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	44,94
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	45,55
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	47,52

Tab. C.63.: sV vom P vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV vom P in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	41,97
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	38,99
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	40,47
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	46,15
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	50,72
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	43,15
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	55,99
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	56,03
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	51,99
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	52,96
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	52,27
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	52,79
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	49,96
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	57,05
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	49,84
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	47,56
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	48,28
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	43,02
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	63,63
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	61,22
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	61,54
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	61,75
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	59,72
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	64,20

Tab. C.64.: sV vom P vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV vom P in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	48,95
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	43,38
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	43,80
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	49,84
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	49,38
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	48,99
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	55,26
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	53,93
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	55,16
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	55,57
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	50,00
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	50,89
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	54,91
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	52,33
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	55,04
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	50,72
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	56,97
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	49,41
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	58,64
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	54,22
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	59,51
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	59,11
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	61,33
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	59,79

C.11. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Kalium

Tab. C.65.: sV vom K vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom K in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	97,46
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	96,14
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	96,81
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	96,28
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	96,11
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	96,32
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	96,53
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	96,89
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	97,75
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	97,69
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	97,50
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	97,00
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	96,46
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	96,37
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	95,87
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	96,32
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	96,78
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	95,83
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	97,63
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	97,32
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	96,49
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	97,30
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	96,64
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	97,64

Tab. C.66.: sV vom K vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom K in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	96,83
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	96,66
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	97,20
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	95,87
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	96,78
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	96,53
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	97,29
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	96,88
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	97,70
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	97,16
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	97,82
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	97,41
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	96,42
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	97,37
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	96,78
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	97,12
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	96,88
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	95,49
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	96,67
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	97,13
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	97,24
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	97,29
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	96,61
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	97,68

Tab. C.67.: sV vom K vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV vom K in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	95,78
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	95,61
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	96,73
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	97,51
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	96,99
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	96,51
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	94,96
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	96,93
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	95,72
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	95,52
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	94,48
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	93,50
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	96,76
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	96,72
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	95,47
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	97,03
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	97,57
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	97,00
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	95,61
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	93,43
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	96,87
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	94,32
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	95,67
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	92,70

Tab. C.68.: sV vom K vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV vom K in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	94,83
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	95,89
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	97,57
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	96,68
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	97,47
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	96,72
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	95,85
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	97,90
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	96,97
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	97,55
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	96,76
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	95,60
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	95,92
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	97,45
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	97,59
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	97,22
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	97,97
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	95,95
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	97,39
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	97,29
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	97,25
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	97,82
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	98,06
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	97,33

Tab. C.69.: sV vom K vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV vom K in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	96,40
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	97,68
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	97,15
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	96,77
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	97,35
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	97,15
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	95,80
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	97,69
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	98,12
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	97,57
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	97,40
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	97,05
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	98,00
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	95,68
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	97,34
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	96,03
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	97,59
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	97,38
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	97,51
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	97,45
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	97,53
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	97,80
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	97,86
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	97,14

C.12. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Calcium

Tab. C.70.: sV vom Ca vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom Ca in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	47,62
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	45,89
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	47,47
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	41,23
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	44,86
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	43,73
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	50,27
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	50,67
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	51,48
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	50,63
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	52,08
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	48,28
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	53,01
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	58,09
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	53,10
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	58,49
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	57,34
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	48,31
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	59,71
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	52,92
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	59,63
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	59,23
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	62,13
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	54,29

Tab. C.71.: sV vom Ca vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom Ca in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	25,57
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	28,05
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	25,84
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	27,71
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	32,58
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	30,27
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	36,12
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	35,85
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	38,49
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	35,82
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	33,01
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	34,92
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	27,06
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	28,77
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	30,03
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	24,13
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	31,75
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	16,17
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	37,93
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	33,67
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	41,48
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	29,33
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	31,44
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	30,91

Tab. C.72.: sV vom Ca vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV vom Ca in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	21,78
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	18,85
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	17,78
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	22,43
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	22,02
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	15,61
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	25,57
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	29,38
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	25,68
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	31,76
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	30,86
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	25,98
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	27,62
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	32,02
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	24,25
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	20,56
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	27,26
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	19,40
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	32,76
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	28,66
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	32,49
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	29,43
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	24,91
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	32,67

Tab. C.73.: sV vom Ca vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV vom Ca in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	15,68
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	17,58
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	-11,10
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	22,33
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	31,54
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	18,60
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	35,91
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	37,83
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	29,56
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	32,55
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	33,04
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	33,15
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	26,96
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	41,01
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	26,38
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	20,86
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	28,98
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	10,26
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	46,04
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	40,70
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	47,34
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	39,08
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	30,86
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	51,28

Tab. C.74.: sV vom Ca vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV vom Ca in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	24,91
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	24,64
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	12,07
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	29,38
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	29,27
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	29,21
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	32,37
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	33,51
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	35,35
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	34,85
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	33,41
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	32,41
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	15,50
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	20,01
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	21,23
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	7,01
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	25,08
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	4,66
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	21,34
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	19,70
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	32,96
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	26,57
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	12,80
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	23,30

C.13. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Magnesium

Tab. C.75.: sV vom Mg vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom Mg in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	45,05
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	47,80
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	44,10
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	43,11
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	45,89
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	44,84
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	44,05
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	46,23
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	45,03
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	47,85
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	45,53
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	44,04
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	45,86
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	49,29
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	45,98
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	51,59
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	44,89
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	40,01
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	43,49
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	38,53
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	42,88
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	45,49
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	45,26
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	40,49

Tab. C.76.: sV vom Mg vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom Mg in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	46,34
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	46,85
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	44,22
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	47,68
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	50,95
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	45,11
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	45,71
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	50,87
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	48,38
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	46,29
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	45,66
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	45,38
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	49,59
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	46,98
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	48,02
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	51,44
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	54,10
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	46,50
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	49,71
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	50,93
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	52,23
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	51,05
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	50,64
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	45,98

Tab. C.77.: sV vom Mg vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV vom Mg in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	45,64
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	49,56
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	51,58
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	53,56
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	52,42
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	47,74
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	50,51
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	52,60
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	51,95
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	50,28
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	48,11
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	48,05
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	49,40
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	48,95
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	50,16
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	52,72
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	51,52
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	45,56
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	53,76
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	44,91
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	47,50
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	49,33
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	49,46
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	52,18

Tab. C.78.: sV vom Mg vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV vom Mg in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	53,69
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	52,45
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	53,07
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	59,66
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	60,37
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	57,57
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	60,44
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	62,10
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	59,66
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	59,80
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	58,69
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	59,82
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	57,30
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	62,68
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	55,08
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	55,06
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	58,16
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	49,08
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	66,66
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	62,49
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	64,20
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	62,50
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	60,69
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	67,97

Tab. C.79.: sV vom Mg vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV vom Mg in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	56,61
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	57,03
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	49,58
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	58,23
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	57,06
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	61,30
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	58,17
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	59,82
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	60,69
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	62,55
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	56,09
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	59,99
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	56,85
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	51,86
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	58,73
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	55,67
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	63,06
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	53,72
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	55,52
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	55,27
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	57,73
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	58,07
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	58,28
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	51,76

C.14. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Chlorid

Tab. C.80.: sV vom Cl vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom Cl in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	91,21
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	91,33
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	91,92
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	93,07
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	93,12
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	93,19
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	90,57
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	94,66
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	94,79
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	94,48
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	94,62
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	93,67
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	94,19
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	94,26
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	87,86
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	95,36
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	93,92
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	92,47
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	92,10
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	95,37
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	95,94
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	91,99
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	94,45
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	94,79

Tab. C.81.: sV vom Cl vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom Cl in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	90,22
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	91,40
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	92,34
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	92,27
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	93,51
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	95,82
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	91,03
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	92,90
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	92,90
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	92,10
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	88,89
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	93,36
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	93,90
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	94,26
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	94,76
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	93,64
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	94,49
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	90,82
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	94,21
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	93,69
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	95,91
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	92,72
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	94,02
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	93,41

C.15. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Mangan

Tab. C.82.: sV vom Mn vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom Mn in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	23,85
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	27,27
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	27,24
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	24,09
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	25,16
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	21,86
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	26,08
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	28,13
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	25,97
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	26,87
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	25,58
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	22,28
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	16,84
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	26,60
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	22,38
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	22,98
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	19,85
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	19,60
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	27,36
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	13,08
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	23,91
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	25,28
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	-2,15
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	19,25

Tab. C.83.: sV vom Mn vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom Mn in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	35,57
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	29,75
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	30,25
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	32,22
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	38,53
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	35,00
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	37,07
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	40,11
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	36,59
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	35,49
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	34,18
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	29,69
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	22,28
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	21,11
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	21,34
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	25,07
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	26,98
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	18,87
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	29,13
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	22,75
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	28,51
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	24,82
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	22,91
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	19,63

Tab. C.84.: sV vom Mn vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV vom Mn in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	26,77
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	28,09
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	32,43
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	34,74
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	33,74
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	27,82
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	35,86
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	36,07
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	28,62
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	32,95
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	32,16
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	27,72
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	20,62
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	30,78
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	26,12
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	25,68
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	28,22
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	22,03
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	32,89
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	20,59
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	28,37
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	26,28
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	23,40
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	31,50

Tab. C.85.: sV vom Mn vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV vom Mn in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	24,73
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	21,63
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	25,37
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	26,73
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	36,32
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	30,74
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	42,17
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	46,34
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	37,75
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	38,73
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	39,16
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	36,21
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	29,91
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	43,02
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	30,69
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	28,76
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	34,12
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	24,50
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	51,78
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	45,92
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	50,33
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	48,11
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	42,18
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	53,53

Tab. C.86.: sV vom Mn vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV vom Mn in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	36,28
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	30,52
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	26,41
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	36,46
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	35,10
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	35,78
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	40,97
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	39,14
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	36,99
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	39,73
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	34,26
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	34,27
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	24,04
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	23,31
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	33,46
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	26,14
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	35,88
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	28,40
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	40,80
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	33,31
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	34,46
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	34,99
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	34,69
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	32,90

C.16. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Zink**Tab. C.87.:** sV vom Zn vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom Zn in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	33,64
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	34,69
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	32,08
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	35,16
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	29,87
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	34,26
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	40,50
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	34,73
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	40,46
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	39,54
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	38,06
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	37,43
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	47,27
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	51,18
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	51,50
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	50,24
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	45,50
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	45,19
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	54,04
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	43,87
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	49,07
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	51,12
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	50,83
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	48,75

Tab. C.88.: sV vom Zn vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom Zn in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	31,07
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	26,42
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	25,32
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	27,49
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	30,22
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	29,86
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	33,62
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	32,92
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	34,90
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	28,93
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	31,81
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	27,27
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	31,36
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	30,19
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	27,36
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	33,81
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	35,31
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	32,49
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	43,59
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	38,13
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	42,52
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	40,04
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	40,53
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	35,80

Tab. C.89.: sV vom Zn vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV vom Zn in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	24,08
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	23,60
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	28,34
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	28,84
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	26,97
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	18,97
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	30,44
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	32,10
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	29,55
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	31,18
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	29,48
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	26,85
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	26,20
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	32,00
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	25,10
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	27,41
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	26,73
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	21,29
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	37,67
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	27,15
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	33,78
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	32,15
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	31,39
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	35,17

Tab. C.90.: sV vom Zn vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV vom Zn in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	26,61
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	25,68
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	26,65
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	30,17
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	38,47
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	32,57
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	45,08
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	47,07
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	40,95
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	38,52
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	41,13
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	40,57
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	37,44
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	47,83
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	35,67
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	34,43
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	36,77
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	28,57
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	54,23
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	48,39
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	50,09
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	49,63
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	42,49
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	55,01

Tab. C.91.: sV vom Zn vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV vom Zn in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	34,39
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	30,02
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	23,66
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	34,34
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	35,09
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	35,02
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	41,42
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	40,92
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	41,10
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	41,54
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	36,54
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	36,31
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	31,89
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	30,26
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	36,63
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	30,10
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	37,37
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	29,77
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	41,95
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	36,22
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	42,34
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	44,71
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	43,69
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	40,21

C.17. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Eisen**Tab. C.92.:** sV vom Fe vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom Fe in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	-2,05
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	15,50
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	7,99
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	3,13
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	11,15
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	-1,13
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	9,15
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	14,30
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	13,65
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	10,26
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	24,09
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	3,72
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	44,09
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	46,75
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	39,34
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	46,17
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	40,09
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	35,42
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	46,55
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	34,79
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	45,38
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	49,04
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	42,19
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	49,74

Tab. C.93.: sV vom Fe vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom Fe in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	29,62
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	25,92
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	24,15
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	29,81
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	29,55
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	26,80
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	35,68
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	36,08
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	31,41
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	30,97
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	27,03
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	21,43
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	19,91
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	20,23
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	27,12
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	22,33
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	16,34
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	8,21
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	24,65
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	24,21
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	25,76
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	23,46
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	26,82
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	34,72

Tab. C.94.: sV vom Fe vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV vom Fe in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	4,34
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	13,76
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	17,85
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	29,00
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	14,48
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	6,21
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	28,48
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	27,67
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	20,41
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	26,95
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	16,82
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	16,13
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	20,78
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	27,76
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	31,19
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	25,79
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	34,93
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	22,23
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	37,85
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	27,43
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	34,31
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	28,92
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	30,66
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	34,30

Tab. C.95.: sV vom Fe vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV vom Fe in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	17,11
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	19,34
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	20,08
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	23,69
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	26,65
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	24,10
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	35,11
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	42,85
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	40,27
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	28,77
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	26,91
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	33,22
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	43,83
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	49,50
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	38,44
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	35,67
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	35,81
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	39,02
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	58,96
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	46,63
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	52,11
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	55,21
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	44,11
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	55,50

Tab. C.96.: sV vom Fe vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV vom Fe in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	36,13
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	32,04
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	35,17
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	36,01
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	35,53
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	36,52
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	43,39
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	38,52
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	37,93
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	43,54
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	39,00
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	39,48
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	22,18
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	18,47
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	25,62
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	19,60
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	28,15
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	19,15
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	28,77
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	27,79
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	36,84
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	37,51
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	33,06
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	28,96

C.18. Messdaten der scheinbaren Verdaulichkeiten vom Kupfer

Tab. C.97.: sV vom Cu vom Glukose I-Futter

Tier/Probe	sV vom Cu in %
Ko, Gr1., Tier 1+2, Probe 001	6,40
Ko, Gr1., Tier 3+4, Probe 002	14,20
Ko, Gr1., Tier 5+6, Probe 003	8,58
Ko, Gr1., Tier 7+8, Probe 004	8,41
Ko, Gr1., Tier 9+10, Probe 005	13,38
Ko, Gr1., Tier 11+12, Probe 006	4,66
Ko, Gr1., Tier 13+14, Probe 007	18,84
Ko, Gr1., Tier 15+16, Probe 008	17,02
Ko, Gr1., Tier 17+18, Probe 009	15,42
Ko, Gr1., Tier 19+20, Probe 010	13,09
Ko, Gr1., Tier 21+22, Probe 011	14,61
Ko, Gr1., Tier 23+24, Probe 012	11,25
Lan, Gr2., Tier 25+26, Probe 015	28,76
Lan, Gr2., Tier 27+28, Probe 016	39,68
Lan, Gr2., Tier 29+30, Probe 017	36,75
Lan, Gr2., Tier 31+32, Probe 018	37,40
Lan, Gr2., Tier 33+34, Probe 019	30,02
Lan, Gr2., Tier 35+36, Probe 020	30,90
Lan, Gr2., Tier 37+38, Probe 021	39,33
Lan, Gr2., Tier 39+40, Probe 022	26,80
Lan, Gr2., Tier 41+42, Probe 023	35,71
Lan, Gr2., Tier 43+44, Probe 024	39,05
Lan, Gr2., Tier 45+46, Probe 025	37,91
Lan, Gr2., Tier 47+48, Probe 026	34,75

Tab. C.98.: sV vom Cu vom Glukose II-Futter

Tier/Probe	sV vom Cu in %
Ko, Gr5., Tier 1+2, Probe 053	21,18
Ko, Gr5., Tier 3+4, Probe 054	13,54
Ko, Gr5., Tier 5+6, Probe 055	10,81
Ko, Gr5., Tier 7+8, Probe 056	13,95
Ko, Gr5., Tier 9+10, Probe 057	21,58
Ko, Gr5., Tier 11+12, Probe 058	21,39
Ko, Gr5., Tier 13+14, Probe 059	21,15
Ko, Gr5., Tier 15+16, Probe 060	25,14
Ko, Gr5., Tier 17+18, Probe 061	25,90
Ko, Gr5., Tier 19+20, Probe 062	13,21
Ko, Gr5., Tier 21+22, Probe 063	20,81
Ko, Gr5., Tier 23+24, Probe 064	15,78
Lan, Gr6., Tier 25+26, Probe 067	18,88
Lan, Gr6., Tier 27+28, Probe 068	19,39
Lan, Gr6., Tier 29+30, Probe 069	15,59
Lan, Gr6., Tier 31+32, Probe 070	21,74
Lan, Gr6., Tier 33+34, Probe 071	21,31
Lan, Gr6., Tier 35+36, Probe 072	10,11
Lan, Gr6., Tier 37+38, Probe 073	24,64
Lan, Gr6., Tier 39+40, Probe 074	20,10
Lan, Gr6., Tier 41+42, Probe 075	26,93
Lan, Gr6., Tier 43+44, Probe 076	19,99
Lan, Gr6., Tier 45+46, Probe 077	20,91
Lan, Gr6., Tier 47+48, Probe 078	14,39

Tab. C.99.: sV vom Cu vom Laktose-Futter

Tier/Probe	sV vom Cu in %
Ko, Gr7., Tier 1+2, Probe 079	15,68
Ko, Gr7., Tier 3+4, Probe 080	18,31
Ko, Gr7., Tier 5+6, Probe 081	21,62
Ko, Gr7., Tier 7+8, Probe 082	22,44
Ko, Gr7., Tier 9+10, Probe 083	24,99
Ko, Gr7., Tier 11+12, Probe 084	20,49
Ko, Gr7., Tier 13+14, Probe 085	26,69
Ko, Gr7., Tier 15+16, Probe 086	23,68
Ko, Gr7., Tier 17+18, Probe 087	20,04
Ko, Gr7., Tier 19+20, Probe 088	23,02
Ko, Gr7., Tier 21+22, Probe 089	23,64
Ko, Gr7., Tier 23+24, Probe 090	23,80
Lan, Gr8., Tier 25+26, Probe 093	19,66
Lan, Gr8., Tier 27+28, Probe 094	26,31
Lan, Gr8., Tier 29+30, Probe 095	19,61
Lan, Gr8., Tier 31+32, Probe 096	24,21
Lan, Gr8., Tier 33+34, Probe 097	24,38
Lan, Gr8., Tier 35+36, Probe 098	17,27
Lan, Gr8., Tier 37+38, Probe 099	31,74
Lan, Gr8., Tier 39+40, Probe 100	20,90
Lan, Gr8., Tier 41+42, Probe 101	28,25
Lan, Gr8., Tier 43+44, Probe 102	24,68
Lan, Gr8., Tier 45+46, Probe 103	26,27
Lan, Gr8., Tier 47+48, Probe 104	32,68

Tab. C.100.: sV vom Cu vom Trockenschnitzelfutter

Tier/Probe	sV vom Cu in %
Ko, Gr9., Tier 1+2, Probe 105	29,30
Ko, Gr9., Tier 3+4, Probe 106	29,28
Ko, Gr9., Tier 5+6, Probe 107	30,32
Ko, Gr9., Tier 7+8, Probe 108	32,31
Ko, Gr9., Tier 9+10, Probe 109	39,31
Ko, Gr9., Tier 11+12, Probe 110	36,87
Ko, Gr9., Tier 13+14, Probe 111	48,19
Ko, Gr9., Tier 15+16, Probe 112	49,85
Ko, Gr9., Tier 17+18, Probe 113	46,36
Ko, Gr9., Tier 19+20, Probe 114	40,88
Ko, Gr9., Tier 21+22, Probe 115	38,69
Ko, Gr9., Tier 23+24, Probe 116	41,81
Lan, Gr10., Tier 25+26, Probe 119	30,85
Lan, Gr10., Tier 27+28, Probe 120	45,13
Lan, Gr10., Tier 29+30, Probe 121	32,38
Lan, Gr10., Tier 31+32, Probe 122	32,62
Lan, Gr10., Tier 33+34, Probe 123	34,02
Lan, Gr10., Tier 35+36, Probe 124	24,18
Lan, Gr10., Tier 37+38, Probe 125	51,63
Lan, Gr10., Tier 39+40, Probe 126	42,50
Lan, Gr10., Tier 41+42, Probe 127	49,28
Lan, Gr10., Tier 43+44, Probe 128	46,27
Lan, Gr10., Tier 45+46, Probe 129	44,00
Lan, Gr10., Tier 47+48, Probe 130	54,46

Tab. C.101.: sV vom Cu vom Erbsenproteinfutter

Tier/Probe	sV vom Cu in %
Ko, Gr11., Tier 1+2, Probe 131	34,57
Ko, Gr11., Tier 3+4, Probe 132	31,09
Ko, Gr11., Tier 5+6, Probe 133	26,46
Ko, Gr11., Tier 7+8, Probe 134	35,63
Ko, Gr11., Tier 9+10, Probe 135	36,30
Ko, Gr11., Tier 11+12, Probe 136	39,91
Ko, Gr11., Tier 13+14, Probe 137	44,45
Ko, Gr11., Tier 15+16, Probe 138	36,90
Ko, Gr11., Tier 17+18, Probe 139	37,69
Ko, Gr11., Tier 19+20, Probe 140	42,01
Ko, Gr11., Tier 21+22, Probe 141	36,84
Ko, Gr11., Tier 23+24, Probe 142	37,16
Lan, Gr12., Tier 25+26, Probe 145	27,30
Lan, Gr12., Tier 27+28, Probe 146	24,95
Lan, Gr12., Tier 29+30, Probe 147	29,36
Lan, Gr12., Tier 31+32, Probe 148	23,53
Lan, Gr12., Tier 33+34, Probe 149	33,23
Lan, Gr12., Tier 35+36, Probe 150	20,52
Lan, Gr12., Tier 37+38, Probe 151	36,39
Lan, Gr12., Tier 39+40, Probe 152	28,86
Lan, Gr12., Tier 41+42, Probe 153	36,86
Lan, Gr12., Tier 43+44, Probe 154	36,42
Lan, Gr12., Tier 45+46, Probe 155	37,71
Lan, Gr12., Tier 47+48, Probe 156	36,68

D. Übersicht über statistisch signifikante Ergebnisse

E. Fotodokumentation



Abb. E.1.: Übersicht über die Tierhaltung



Abb. E.2.: Überblick über einen Teil der Tierhaltung während einer Adaptationsphase



Abb. E.3.: Käfigausstattung während einer Bilanzphase

F. Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
µg	Mikrogramm
°C	Grad Celsius
AAS	Atomabsorptionsspektrometer
aqua dest	destilliertes Wasser
BE	Bruttoenergie
Ca	Calcium
Ce	Cer
Cl	Chlorid
cm	Zentimeter
Cu	Kupfer
DM	Dry Matter (dt. Trockensubstanz TS)
F	Futter
Fe	Eisen
FVW	Futterverwertung
g	Gramm
GE	Bruttoenergie
Gluc	Glukose
Gr	Gruppe
H ₂ O	Wasser
K	Kalium
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht

Ko	Kontrolle
konz.	Konzentration
Kt	Kot
MFA	Magerfleischanteil
l	Liter
La	Lanthan
Lac	Laktose
Lan	Lancer
LD 50	mittlere letale Dosis
Lsg	Lösung
M	molare Masse (entspricht dem Atomgewicht)
Mg	Magnesium
min	Minute
ml	Milliliter
Mn	Mangan
MW	Mittelwert
n	Teile der Merkmalsausprägungen
Na	Natrium
Nd	Neodym
NfE	stickstofffreie Extraktstoffe
NRC	National Research Council
OS	Originalsubstanz
P	Phosphor
ppm	parts per million (dt. Teile von einer Million)
Pm	Praseodym
Ra	Rohasche
REE	rare earth elements (dt. seltene Erden)
Rfa	Rohfaser
Rfe	Rohfett
Rp	Rohprotein
SD	Standardabweichung

Se	Selen
Std.	Standard
sV	scheinbare Verdaulichkeit
TS	Trockensubstanz
TZ	Tageszunahme
VE-Wasser	vollentsalztes Wasser
Zn	Zink

Abbildungsverzeichnis

3.1.	Übersicht über den zeitlichen Verlauf der Versuchsphasen	40
5.1.	Beziehung zwischen der Rohproteinaufnahme in g und dem scheinbar verdauten Rohprotein in g	91
5.2.	Beziehung zwischen dem aufgenommenen P in g und dem scheinbar verdauten P in g	92
5.3.	Beziehung zwischen dem aufgenommenen Ca in g und dem ausgeschiedenen Ca in g	93
5.4.	Beziehung zwischen dem aufgenommenen Na in g und dem scheinbar verdautem Na in g	95
5.5.	Beziehung zwischen dem aufgenommenen Mg in g und dem ausgeschiedenen Mg in g	95
5.6.	Beziehung zwischen dem aufgenommenen K in g und dem scheinbar verdautem K in g	96
5.7.	Beziehung zwischen dem aufgenommenen Fe in g und dem ausgeschiedenen Fe in g	97
5.8.	Beziehung zwischen dem aufgenommenen Cu in g und dem ausgeschiedenen Cu in g	98
5.9.	Beziehung zwischen dem aufgenommenen Mn in g und dem ausgeschiedenen Mn in g	98
5.10.	Beziehung zwischen dem aufgenommenen Zn in g und dem ausgeschiedenen Zn in g	99
E.1.	Übersicht über die Tierhaltung	247

E.2. Überblick über einen Teil der Tierhaltung während einer Adapationsphase	248
E.3. Käfigausstattung während einer Bilanzphase	248

Tabellenverzeichnis

2.1.	Übersicht über die Wirkungen von Zink in verschiedenen Dosierungen beim Schwein und bei der Ratte auf die Mastleistungsparameter	12
2.2.	Übersicht über die Variabilität der Ergebnisse verwandter Arbeiten im Bereich von REE-Futterzusätzen	28
3.1.	Inhaltsstoffe der Mineral-Vitamin-Mischung (MinMix REE rats 2012)	42
3.2.	Zusammensetzung der Futtersorten Glukose I und Glukose II	42
3.3.	Zusammensetzung der Futtersorte Laktose	43
3.4.	Zusammensetzung des Trockenschnitzelfutters	44
3.5.	Zusammensetzung des Erbsenproteinfeeders	45
3.6.	Gehalte der Zuckerarten im Futter in %	45
3.7.	REE-Gehalte in den verschiedenen Futtersorten in mg/kg der OS	46
3.8.	Übersicht über die Nährstoffe der Kontroll- und Versuchsfutter	47
3.9.	Futteradaptionszeiten in Tagen	48
3.10.	Studiendauer in Tagen	48
3.11.	Tag der pH-Wert-Messung nach Beginn der Adaptionphase	48

4.1.	Durchschnittliche Tageszunahmen bzw. Tagesabnahmen in g pro Tier während jeder Adaption- und jeder Studienphase, statistisch signifikant mit * $p < 0,05$, MW: Mittelwert, SD: Standardabweichung, $n=24$	62
4.2.	Durchschnittliche Futteraufnahme pro Tag und Tier in g über alle Studienphasen vergleichend, * $p < 0,05$, $n=24$	63
4.3.	Durchschnittliche Futteraufnahme pro Tag und Tier in g über alle Studienphasen vergleichend, aufgeteilt nach Geschlechtern, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=12$	64
4.4.	Ergebnisse des abhängigen, paarigen t-Tests für die Futteraufnahme über alle Studienphasen, * $p < 0,05$, $n=24$ für weibl. und männl., $n=12$ sonst	64
4.5.	Durchschnittliche Futtermittelverwertung (in g aufgenommenes Futter / g Gewichtszunahme in Adaption- und Studienphase, * $p < 0,05$, $n=24$	65
4.6.	Durchschnittlicher pH-Wert im Kot nach Fütterungstag je Futtermittel, $n=24$	66
4.7.	Scheinbare Verdaulichkeit der Trockensubstanz in %, * $p < 0,05$, $n=24$	67
4.8.	Scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$	68
4.9.	Scheinbare Verdaulichkeit der Rohasche in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$	69
4.10.	Scheinbare Verdaulichkeit des Rohfetts in %, *** $p < 0,001$, $n=24$	69
4.11.	Scheinbare Verdaulichkeit der Rohfaser in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$	70
4.12.	Scheinbare Verdaulichkeit der stickstofffreien Extraktstoffe in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, $n=24$	71
4.13.	Scheinbare Verdaulichkeit der Bruttoenergie in %, *** $p < 0,001$, $n=24$	71

4.14.	Scheinbare Verdaulichkeit des Natriums in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, n=24	72
4.15.	Scheinbare Verdaulichkeit des Phosphor in %, * $p < 0,05$, n=24	73
4.16.	Scheinbare Verdaulichkeit des Kaliums in %, n=24	73
4.17.	Scheinbare Verdaulichkeit des Calciums in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, n=24	74
4.18.	Scheinbare Verdaulichkeit des Magnesiums in %, * $p < 0,05$, n=24	75
4.19.	Scheinbare Verdaulichkeit des Chlorids in %, * $p < 0,05$, n=24	75
4.20.	Scheinbare Verdaulichkeit des Mangans in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, n=24	76
4.21.	Scheinbare Verdaulichkeit des Zinks in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, n=24	77
4.22.	Scheinbare Verdaulichkeit des Eisens in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, n=24	78
4.23.	Scheinbare Verdaulichkeit des Kupfers in %, * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$, n=24	79
5.1.	Übersicht statistisch signifikanter Ergebnisse der Mastleistungsparameter aus der eigenen Arbeit	84
5.2.	Übersicht statistisch signifikanter Ergebnisse der scheinbaren Verdaulichkeiten aus der eigenen Arbeit	85
A.1.	Durchschnittliche Gewichtsentwicklung pro Tier und Tag in g in jeder Studienphase	112
A.2.	Durchschnittliche Gewichtsentwicklung pro Tier und Tag in g in jeder Adaptionsphase	113
A.3.	Durchschnittliche Futtermittelaufnahme pro Tier und Tag in g in jeder Bilanz	114

A.4.	Futterverwertung pro Tier in jeder Bilanz	115
B.1.	Analysedaten vom Glukose I-Kontrollfutter	117
B.2.	Analysedaten vom Glukose I-Versuchsfutter	118
B.3.	Analysedaten vom Glukose II-Kontrollfutter	119
B.4.	Analysedaten vom Glukose II-Versuchsfutter	120
B.5.	Analysedaten vom Laktose-Kontrollfutter	121
B.6.	Analysedaten vom Laktose-Versuchsfutter	122
B.7.	Analysedaten vom Trockenschnitzel-Kontrollfutter . . .	123
B.8.	Analysedaten vom Trockenschnitzel-Versuchsfutter . . .	124
B.9.	Analysedaten vom Erbsenprotein-Kontrollfutter	125
B.10.	Analysedaten vom Erbsenprotein-Versuchsfutter	126
C.1.	pH-Werte Glukose I Tag 22	127
C.2.	pH-Werte Glukose II Tag8	128
C.3.	pH-Werte Laktose Tag1	129
C.4.	pH-Werte Laktose Tag2	130
C.5.	pH-Werte Laktose Tag3	131
C.6.	pH-Werte Laktose Tag4	132
C.7.	pH-Werte Laktose Tag5	133
C.8.	pH-Werte Laktose Tag8	134
C.9.	pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag1	135
C.10.	pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag2	136
C.11.	pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag3	137
C.12.	pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag4	138
C.13.	pH-Werte Trockenschnitzelfutter Tag11	139
C.14.	pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag1	140
C.15.	pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag2	141
C.16.	pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag3	142
C.17.	pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag4	143
C.18.	pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag5	144
C.19.	pH-Werte Erbsenproteinfutter Tag16	145

C.20.	sV der TS vom Glukose I-Futter	147
C.21.	sV der TS vom Glukose II-Futter	148
C.22.	sV der TS vom Laktose-Futter	149
C.23.	sV der TS vom Trockenschnitzel-Futter	150
C.24.	sV der TS vom Erbsenprotein-Futter	151
C.25.	sV des Rp vom Glukose I-Futter	153
C.26.	sV des Rp vom Glukose II-Futter	154
C.27.	sV des Rp vom Laktose-Futter	155
C.28.	sV des Rp vom Trockenschnitzel-Futter	156
C.29.	sV des Rp vom Erbsenprotein-Futter	157
C.30.	sV der Ra vom Glukose I-Futter	159
C.31.	sV der Ra vom Glukose II-Futter	160
C.32.	sV der Ra vom Laktose-Futter	161
C.33.	sV der Ra vom Trockenschnitzel-Futter	162
C.34.	sV der Ra vom Erbsenprotein-Futter	163
C.35.	sV des Rfe vom Glukose I-Futter	165
C.36.	sV des Rfe vom Glukose II-Futter	166
C.37.	sV des Rfe vom Laktose-Futter	167
C.38.	sV des Rfe vom Trockenschnitzel-Futter	168
C.39.	sV des Rfe vom Erbsenprotein-Futter	169
C.40.	sV der Rfa vom Glukose I-Futter	171
C.41.	sV der Rfa vom Glukose II-Futter	172
C.42.	sV der Rfa vom Laktose-Futter	173
C.43.	sV der Rfa vom Trockenschnitzel-Futter	174
C.44.	sV der Rfa vom Erbsenprotein-Futter	175
C.45.	sV der NfE vom Glukose I-Futter	177
C.46.	sV der NfE vom Glukose II-Futter	178
C.47.	sV der NfE vom Laktose-Futter	179
C.48.	sV der NfE vom Trockenschnitzel-Futter	180
C.49.	sV der NfE vom Erbsenprotein-Futter	181
C.50.	sV der GE vom Glukose I-Futter	183

C.51.	sV der GE vom Glukose II-Futter	184
C.52.	sV der GE vom Laktose-Futter	185
C.53.	sV der GE vom Trockenschnitzelfutter	186
C.54.	sV der GE vom Erbsenproteinfutter	187
C.55.	sV vom Na vom Glukose I-Futter	189
C.56.	sV vom Na vom Glukose II-Futter	190
C.57.	sV vom Na vom Laktose-Futter	191
C.58.	sV vom Na vom Trockenschnitzelfutter	192
C.59.	sV vom Na vom Erbsenproteinfutter	193
C.60.	sV vom P vom Glukose I-Futter	195
C.61.	sV vom P vom Glukose II-Futter	196
C.62.	sV vom P vom Laktose-Futter	197
C.63.	sV vom P vom Trockenschnitzelfutter	198
C.64.	sV vom P vom Erbsenproteinfutter	199
C.65.	sV vom K vom Glukose I-Futter	201
C.66.	sV vom K vom Glukose II-Futter	202
C.67.	sV vom K vom Laktose-Futter	203
C.68.	sV vom K vom Trockenschnitzelfutter	204
C.69.	sV vom K vom Erbsenproteinfutter	205
C.70.	sV vom Ca vom Glukose I-Futter	207
C.71.	sV vom Ca vom Glukose II-Futter	208
C.72.	sV vom Ca vom Laktose-Futter	209
C.73.	sV vom Ca vom Trockenschnitzelfutter	210
C.74.	sV vom Ca vom Erbsenproteinfutter	211
C.75.	sV vom Mg vom Glukose I-Futter	213
C.76.	sV vom Mg vom Glukose II-Futter	214
C.77.	sV vom Mg vom Laktose-Futter	215
C.78.	sV vom Mg vom Trockenschnitzelfutter	216
C.79.	sV vom Mg vom Erbsenproteinfutter	217
C.80.	sV vom Cl vom Glukose I-Futter	219
C.81.	sV vom Cl vom Glukose II-Futter	220

C.82.	sV vom Mn vom Glukose I-Futter	221
C.83.	sV vom Mn vom Glukose II-Futter	222
C.84.	sV vom Mn vom Laktose-Futter	223
C.85.	sV vom Mn vom Trockenschnitzelfutter	224
C.86.	sV vom Mn vom Erbsenproteinfutter	225
C.87.	sV vom Zn vom Glukose I-Futter	227
C.88.	sV vom Zn vom Glukose II-Futter	228
C.89.	sV vom Zn vom Laktose-Futter	229
C.90.	sV vom Zn vom Trockenschnitzelfutter	230
C.91.	sV vom Zn vom Erbsenproteinfutter	231
C.92.	sV vom Fe vom Glukose I-Futter	233
C.93.	sV vom Fe vom Glukose II-Futter	234
C.94.	sV vom Fe vom Laktose-Futter	235
C.95.	sV vom Fe vom Trockenschnitzelfutter	236
C.96.	sV vom Fe vom Erbsenproteinfutter	237
C.97.	sV vom Cu vom Glukose I-Futter	239
C.98.	sV vom Cu vom Glukose II-Futter	240
C.99.	sV vom Cu vom Laktose-Futter	241
C.100.	sV vom Cu vom Trockenschnitzelfutter	242
C.101.	sV vom Cu vom Erbsenproteinfutter	243
D.1.	Übersicht über statistisch signifikante Ergebnisse	246

Literaturverzeichnis

- AJUWON, OR, OMO IDOWU, SA AFOLABI, BO KEHINDE, OO OG-UNTOLA und KO OLATUNBOSUN (2011). "The effects of dietary copper supplementation on oxidative and antioxidant systems in broiler chickens". In: *Archivos de zootecnia* 60.230, S. 275–282.
- ATTIA, YA, EM QOTA, HS ZEWEIL, F BOVERA, AE ABD AL-HAMID und MD SAHLEDOM (2012). "Effect of different dietary concentrations of inorganic and organic copper on growth performance and lipid metabolism of White Pekin male ducks". In: *British Poultry Science* 53.1, S. 77–88.
- BARBER, RS, R BRAUDE und KG MITCHELL (1955). "Antibiotic and copper supplements for fattening pigs". In: *Br. J. Nutr* 9, S. 378–381.
- BARBER, RS, R BRAUDE, KG MITCHELL, JAF ROOK und JG ROWELL (1957). "Further studies on antibiotic and copper supplements for fattening pigs". In: *British Journal of Nutrition* 11.01, S. 70–79.
- BARBER, RS, JP BOWLAND, KG MITCHELL und J. W. G. PORTER (1961). "Copper sulphate and copper sulphide (CuS) as supplements for growing pigs". In: *British Journal of Nutrition* 15.02, S. 189–197.
- BOLIN, TD, ANNE MCKERN und AE DAVIS (1971). "The Effect of Diet on Lactase Activity in the Rat". In: *Gastroenterology* 60.3, S. 432–437. DOI: 10.1016/S0016-5085(71)80124-5.
- BORGER, CLAUDIA (2003). "Alternative Methoden in der Schweinemast". Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- BROOM, LJ, HM MILLER, KG KERR und JS KNAPP (2006). "Effects of zinc oxide and *Enterococcus faecium* SF68 dietary supplementation

- on the performance, intestinal microbiota and immune status of weaned piglets”. In: *Research in veterinary science* 80.1, S. 45–54.
- BURKES, SUDIE und CS MCCLESKEY (1947). “The bacteriostatic activity of cerium, lanthanum, and thallium”. In: *Journal of bacteriology* 54.4, S. 417–424.
- CASE, CL und MS CARLSON (2002). “Effect of feeding organic and inorganic sources of additional zinc on growth performance and zinc balance in nursery pigs”. In: *Journal of animal science* 80.7, S. 1917–1924.
- CASTELL, AG und JP BOWLAND (1968). “Supplemental copper for swine: growth, digestibility and carcass measurements”. In: *Canadian Journal of Animal Science* 48.3, S. 403–413.
- DAHME, ERWIN und EUGEN WEISS (2007). *Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere*. Georg Thieme Verlag.
- DEBNAM, E S und R J LEVIN (1975). “An experimental method of identifying and quantifying the active transfer electrogenic component from the diffusive component during sugar absorption measured in vivo”. In: *The Journal of Physiology* 246.1, S. 181–196. eprint: <http://jp.physoc.org/content/246/1/181.full.pdf+html>. URL: <http://jp.physoc.org/content/246/1/181.abstract>.
- DELLER, B., B. ECKSTEIN und E. JANSSEN, Hrsg. (2001). *Untersuchungsmethoden im VDLUFA, Standpunkt*. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. URL: <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/05-methoden.pdf>.
- EU (2003). *EU-Verordnung EG 1334/2003*. Europäische Union. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:187:0011:0015:DE:PDF>.
- EISELE, NICOLE (2003). “Untersuchungen zum Einsatz Seltener Erden als Leistungsförderer beim Schwein”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.

- FIGUEIREDO-FERNANDES, ANTÓNIO, JORGE V FERREIRA-CARDOSO, SOFIA GARCIA-SANTOS, SANDRA M MONTEIRO, JOÃO CARROLA, PEDRO MATOS und ANTÓNIO FONTAÍNHAS-FERNANDES (2007). “Histopathological changes in liver and gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper”. In: *Pesquisa Veterinária Brasileira* 27.3, S. 103–109.
- FINKENZELLER, PETRONILLA (2011). “Ein Feldversuch zur Wirksamkeit Seltener Erden bei Mastschweinen”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- FRANZKE, TITUS (2007). “Untersuchungen zur leistungsfördernden Wirkung sowie zum Einfluss auf ausgewählte Stoffwechselfparameter von Seltenen Erden an Ratten und Broilern”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- FRITSCHKE, NICOLE (2012). “Überprüfung der Wirkung Seltener Erden (Lanthanoide) auf die scheinbare Verdaulichkeit der Nährstoffe und die Körperzusammensetzung wachsender Ratten”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- FULLER, R, LGM NEWLAND, CAE BRIGGS, R BRAUDE und KG MITCHELL (2008). “The normal intestinal flora of the pig. IV. The effect of dietary supplements of penicillin, chlortetracycline or copper sulphate on the faecal flora”. In: *Journal of Applied Microbiology* 23.2, S. 195–205.
- GV-SOLAS (1998). *Fütterungskonzepte und -methoden in der Versuchstierhaltung und im Tierversuch – Ratte*. Techn. Ber. GV-SOLAS, Gesellschaft für Versuchstierkunde, Society of Laboratory Animal Science, Ausschuss für Ernährung der Versuchstiere. URL: http://www.gv-solas.de/fileadmin/user_upload/pdf_publication/fuetterung_ratte.pdf.
- GEMMEREN, HENDRIK VAN (2008). “Untersuchungen zum Effekt Seltener Erden auf Gewichtsentwicklung sowie Organ- und Serumpara-

- meter bei wachsenden Ratten”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- HALLE, I, J FLECKENSTEIN, ZHENG YI HU, G FLACHOWSKY und E SCHNUG (2003). “Untersuchungen zum Einfluss von Seltenen Erden auf das Wachstum und die Ganzkörperzusammensetzung von Broilern”. In: *Vitamine und Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier, 9. Symposium, 24. und 25. September 2003*, S. 376–379.
- HE, ML und WA RAMBECK (2000). “Rare earth elements-a new generation of growth promoters for pigs?” In: *Archives of Animal Nutrition* 53.4, S. 323–334.
- HE, ML, D RANZ und WA RAMBECK (2001). “Study on the performance enhancing effect of rare earth elements in growing and fattening pigs”. In: *Journal of animal physiology and animal nutrition* 85.7-8, S. 263–270.
- HE, ML, YZ WANG, ZR XU, ML CHEN und WA RAMBECK (2003). “Effect of dietary rare earth elements on growth performance and blood parameters of rats”. In: *Journal of animal physiology and animal nutrition* 87.5-6, S. 229–235.
- HE, ML, U WEHR und WA RAMBECK (2010). “Effect of low doses of dietary rare earth elements on growth performance of broilers”. In: *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94.1, S. 86–92.
- HEDEMANN, METTE SKOU, BENT BORG JENSEN und HANNE DAMGAARD POULSEN (2006). “Influence of dietary zinc and copper on digestive enzyme activity and intestinal morphology in weaned pigs”. In: *Journal of animal science* 84.12, S. 3310–3320.
- HØJBERG, OLE, NURIA CANIBE, HANNE DAMGAARD POULSEN, METTE SKOU HEDEMANN und BENT BORG JENSEN (2005). “Influence of dietary zinc oxide and copper sulfate on the gastrointestinal ecosystem in newly weaned piglets”. In: *Applied and Environmental Microbiology* 71.5, S. 2267–2277.

- HU, CH, MS XIA, ZR XU und L XIONG (2004). "Effects of copper-bearing montmorillonite on growth performance and digestive function of growing pigs". In: *ASIAN AUSTRALASIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCES* 17.11, S. 1575–1581.
- HUTTERER, FRANZ (2007). "Zink in der Ernährung der Ferkel". In: *Proceedings of the 16 International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals*, S. 207–213.
- JEROCH, HEINZ, WINFRIED DROCHNER und ORTWIN SIMON (1999). *Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere*. Eugen Ulmer Verlag Stuttgart.
- KATOULI, M, L MELIN, M JENSEN-WAERN, P WALLGREN und R MÖLLBY (1999). "The effect of zinc oxide supplementation on the stability of the intestinal flora with special reference to composition of coliforms in weaned pigs". In: *Journal of applied microbiology* 87.4, S. 564–573.
- KAYGORODOV, ROMAN (2004). "Bilanzierung von Zink und Kupfer in ausgewählten Agrarökosystemen in Nordniedersachsen". Diss. Dissertation Universität Lüneburg, Fachbereich Umweltchemie.
- KNEBEL, CARMEN (2004). "Untersuchungen zum Einfluss Seltener Erd-Citrate auf Leistungsparameter beim Schwein und die ruminale Fermentation im künstlichen Pansen (RUSITEC)". Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- KRAATZ, M, D TARAS, K MÄNNER und O SIMON (2006). "Weaning pig performance and faecal microbiota with and without in-feed addition of rare earth elements". In: *Journal of animal physiology and animal nutrition* 90.9-10, S. 361–368.
- KROTH, THOMAS (2011). "Einfluss von Seltenen Erden auf die scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe bei wachsenden Ratten". Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- KRUG, STEPHANIE EVA-MARIA (2010). "Diätetischer Einsatz autenzymatisch unverdaulicher pflanzlicher Substanzen bei Hunden und

- Katzen – Literaturstudie und retrospektive Besitzerbefragung”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- LI, BT, AG VAN KESSEL, WR CAINE, SX HUANG und RN KIRKWOOD (2001). “Small intestinal morphology and bacterial populations in ileal digesta and feces of newly weaned pigs receiving a high dietary level of zinc oxide”. In: *Canadian journal of animal science* 81.4, S. 511–516.
- LI, XILONG, JINGDONG YIN, DEFA LI, XINGJIE CHEN, JIANJUM ZANG und XUAN ZHOU (2006). “Dietary Supplementation with Zinc Oxide Increases IGF-I and IGF-I Receptor Gene Expression in the Small Intestine of Weanling Piglets”. In: *The Journal of nutrition*, S. 1786–1791.
- LUCAS, H. L. JR., JR. W. W. G. SMART, M. A. CIPOLLONI und H. D. GROSS (1961). *Relations between digestibility and composition of feeds and foods*. Mimeo Report S-45. Mimeo. North Carolina State College.
- LUCAS, HENRY L (1964). “Stochastic elements in biological models; their sources and significance”. In: *Stochastic Models in Medicine and Biology*. J. Gurland, ed. Univ. Wisconsin Press, Madison, S. 355–383.
- MARTIN, LENA, ULRIKE LODEMANN, ANGELIKA BONDZIO, EVA-MARIA GEFELLER, WILFRIED VAHJEN, JÖRG RUDOLF ASCHENBACH, JÜRGEN ZENTEK und ROBERT PIEPER (2013a). “A High Amount of Dietary Zinc Changes the Expression of Zinc Transporters and Metallothionein in Jejunal Epithelial Cells in Vitro and in Vivo but Does Not Prevent Zinc Accumulation in Jejunal Tissue of Piglets”. In: *The Journal of Nutrition* 143.8, S. 1205–1210. DOI: 10.3945/jn.113.177881.
- MARTIN, LENA, ROBERT PIEPER, NADINE SCHUNTER, WILFRIED VAHJEN und JÜRGEN ZENTEK (2013b). “Performance, organ zinc concentration, jejunal brush border membrane enzyme activities and mRNA expression in piglets fed with different levels of dietary zinc”. In: *Archives of animal nutrition* 67.3, S. 248–261.

- MILLER, TATJANA (2006). "Einfluss seltener Erden in der Schweine- und Kälbermast". Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- MÜLLER, CHRISTA (2006). "Schweinegülle–Quelle für potentiell unerwünschte Stoffe?" In: Hrsg. von BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT. Schriftenreihe 12. Technische Universität München. Kap. Schwermetalle und Spurenelemente in Gülle, S. 29–36.
- NRC (1995). *Nutrient Requirements of Laboratory Animals*. Hrsg. von SUBCOMMITTEE ON LABORATORY ANIMAL NUTRITION, COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION, BOARD ON AGRICULTURE, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Fourth Revised Edition. The National Academies Press. ISBN: 9780309051262. URL: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4758.
- (1998). *Nutrient Requirements of Swine*. Hrsg. von SUBCOMMITTEE ON SWINE NUTRITION, COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 10. Aufl. Washington, DC: The National Academies Press. ISBN: 9780309059930. URL: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=6016.
- OMOLE, TA (1980). "Copper in the nutrition of pigs and rabbits: a review". In: *Livestock Production Science* 7.3, S. 253–268.
- PÉREZ, VG, AM WAGUESPACK, TD BIDNER, LL SOUTHERN, TM FAKLER, TL WARD, M STEIDINGER und JE PETTIGREW (2011). "Additivity of effects from dietary copper and zinc on growth performance and fecal microbiota of pigs after weaning". In: *Journal of Animal Science* 89.2, S. 414–425.
- PIEPER, R, W VAHJEN, K NEUMANN, AG VAN KESSEL und J ZEN-TEK (2012). "Dose-dependent effects of dietary zinc oxide on bacterial communities and metabolic profiles in the ileum of weaned pigs". In: *Journal of animal physiology and animal nutrition* 96.5, S. 825–833.
- POULSEN, HANNE DAMGAARD (1995). "Zinc oxide for weanling piglets". In: *Acta Agriculturae Scandinavica A-Animal Sciences* 45.3, S. 159–167.

- PRAUSE, B, S GEBERT, C WENK, WA RAMBECK und M WANNER (2004). “Seltene Erden–alternative Leistungsförderer beim Schwein–ein Überblick und erste Ergebnisse eines Gesamtstoffwechselforschungsexperimentes”. In: *Tagungsband 3. BOKU Symposium für Tierernährung, Fütterungsstrategien und Produktqualität*. Bd. 3, S. 38–44.
- PRAUSE, BIRGIT, STEFAN GEBERT, CASPAR WENK, WALTER A RAMBECK und MARCEL WANNER (2005). “Der Einfluss Seltener Erden auf den Kohlenstoff, Stickstoff und Energieumsatz wachsender Ferkel”. In: *Fokus Verdauung-Schlüssel für eine effiziente Tierernährung, Schriftenreihe Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährung-Produkt-Umwelt, ETH Zürich* 26, S. 192–195.
- RAMBECK, W. A. und SYLVIA von ROSENBERG (2012). *Seltene Erden als Futtermittelzusatzstoff*. Forum Schwein, Euro Tier 2012. Vortrag. URL: <http://www.eurotier.com/fileadmin/downloads/2012/ForumSchwein/Rambeck.pdf>.
- REDLING, KERSTIN (2006). “Rare earth elements in agriculture with emphasis on animal husbandry”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- RENARD, BERND (2005). “Seltene Erden als Leistungsförderer in der Fischzucht Untersuchungen an Regenbogenforellen und Karpfen”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- ROSENBERG, SYLVIA JULIANE von (2006). “Untersuchungen zur knochenprotektiven Wirkung von *Trisetum flavescens* und *Solanum glaucophyllum* im Osteoporosemodell der ovariektomierten Ratte”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität. URL: <http://books.google.de/books?id=2UiLNwAACAAJ>.
- SAMANTA, B, PR GHOSH, A BISWAS und SK DAS (2011). “The Effects of Copper Supplementation on the Performance and Hematological Parameters of Broiler Chickens”. In: *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 24, S. 1001–1006.

- SAVICA, VINCENZO, LORENZO A. CALÒ, PIETRO MONARDO, DOMENICO SANTORO und GUIDO BELLINGHERI (2006). “Phosphate binders and management of hyperphosphataemia in end-stage renal disease”. In: *Nephrology Dialysis Transplantation* 21.8, S. 2065–2068. DOI: 10.1093/ndt/gfl289. URL: <http://ndt.oxfordjournals.org/content/21/8/2065.long>.
- SCHÖNE, ISABEL (2009). “Untersuchungen zur Wirksamkeit von Seltenen Erden beim Ferkel und Darstellung der gesetzlichen Grundlagen hinsichtlich der Zulassung von Futtermittelzusatzstoffen”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- SCHUG, KARIN (2005). “Untersuchungen zur Energiebewertung von Standardmischfuttermitteln für Ratten”. Diss. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- SCHULLER, S, C BORGER, ML HE, R HENKELMANN, A JADAMUS, O SIMON und WA RAMBECK (2002). “Untersuchungen zur Wirkung Seltener Erden als mögliche Alternative zu Leistungsförderern bei Schweinen und Geflügel”. In: *Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift* 115, S. 16–23.
- SCHWABE, ANNETT, ULRICH MEYER, GERHARD FLACHOWSKY und SVEN DÄNICKE (2011). “Effect of graded levels of rare earth elements in diets of fattening bulls on growing and slaughtering performance, and on nutrient digestibility of wethers”. In: *Archives of Animal Nutrition* 65.1, S. 55–73.
- SHEHATA, S.A. und S. ABD EL SHAFI (2011). “Effect of Copper Bearing Egyptian Bentonite on the Growth Performance and Intestinal Microflora of Rabbits”. In: *Journal of American Science* 7.11, S. 72–78.
- SHTANGEEVA, IRINA und SOPHIE AYRAULT (2007). “Effects of Eu and Ca on yield and mineral nutrition of wheat (*Triticum aestivum*) seedlings”. In: *Environmental and experimental botany* 59.1, S. 49–58.
- SMITH, JW, MD TOKACH, RD GOODBAND, JL NELSEN, BT RICHERT et al. (1997). “Effects of the interrelationship between zinc oxi-

- de and copper sulfate on growth performance of early-weaned pigs.” In: *Journal of animal science* 75.7, S. 1861–1866.
- STARKE, INGO C, JÜRGEN ZENTEK und WILFRIED VAHJEN (2013). “Ex Vivo-Growth Response of Porcine Small Intestinal Bacterial Communities to Pharmacological Doses of Dietary Zinc Oxide”. In: *PLoS ONE* 8.2, e56405. DOI: 10.1371/journal.pone.0056405.
- STÜMPEL, FRANK, RÉMY BURCELIN, KURT JUNGERMANN und BERNARD THORENS (2001). “Normal kinetics of intestinal glucose absorption in the absence of GLUT2: Evidence for a transport pathway requiring glucose phosphorylation and transfer into the endoplasmic reticulum”. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98.20, S. 11330–11335. DOI: 10.1073/pnas.211357698. eprint: <http://www.pnas.org/content/98/20/11330.full.pdf+html>. URL: <http://www.pnas.org/content/98/20/11330.abstract>.
- SZABÓ, JÓZSEF, MIHÁLY HEGEDUS, GÉZA BRUCKNER, EMMA KÓSA, EMESE ANDRASOFSZKY und ERZSÉBET BERTA (2004). “Large doses of zinc oxide increases the activity of hydrolases in rats”. In: *The Journal of nutritional biochemistry* 15.4, S. 206–209.
- VAHJEN, W, J ZENTEK und S DUROSOY (2012). “Inhibitory action of two zinc oxide sources on the ex vivo growth of porcine small intestine bacteria”. In: *Journal of Animal Science* 90.Supplement 4, S. 334–336.
- W. VAHJEN, R. PIEPER und J. ZENTEK (2011). “Increased dietary zinc oxide changes the bacterial core and enterobacterial composition in the ileum of piglets”. In: *Journal of animal science* 89.8, S. 2430–2439.
- WANG, MQ und ZR XU (2003). “Effect of supplemental lanthanum on the growth performance of pigs”. In: *ASIAN AUSTRALASIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCES* 16.9, S. 1360–1363.
- WEHR, U, ML HE und WA RAMBECK (2005). “Untersuchungen zur Wirkung von Seltenen Erden im Tiermodell der wachsenden Ratte”. In: *Tagungsband 4. BOKU-Symposium TIERERNÄHRUNG, Tierernährung ohne antibiotische Leistungsförderer*. Bd. 4, S. 228–231.

- WEISS, E und P BAUR (1968). “Experimentelle Untersuchungen zur chronischen Kupfervergiftung des Kalbes”. In: *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A* 15.2, S. 156–184.
- WINDISCH, W und M KIRCHGESSNER (2009). “Anpassung des Zinkstoffwechsels und des Zink austauschs im Ganzkörper 65Zn-markierter Ratten an eine variierende Zinkaufnahme”. In: *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 74.1-5, S. 101–112.
- WINDISCH, WILHELM (2002). “Gebrauch und Missbrauch von Zink und Kupfer in der Schweinefütterung”. In: *1. BOKU-Symposium TIERERNÄHRUNG*. Bd. 1, S. 1–6.
- (2006). “Tierernährung ohne antibiotische Leistungsförderer”. In: *MA-LOLACTIC FERMENTATION*, S. 15–17. URL: [http : / / www . bewital - agrar . de / upload / downloads / Tierernahrung _ ohne _ antibiotische _ Leistungsförderer . pdf](http://www.bewital-agrar.de/upload/downloads/Tierernahrung_ohne_antibiotische_Leistungsförderer.pdf).
- XIA, MS, CH HU und ZR XU (2004). “Effects of copper-bearing montmorillonite on growth performance, digestive enzyme activities, and intestinal microflora and morphology of male broilers”. In: *Poultry science* 83.11, S. 1868–1875.
- YANG, W.-Z., A. LAARMAN, M.L. HE und Q. LIU (2008). “Effect of rare earth elements on in vitro rumen microbial fermentation and feed digestion”. In: *Animal Feed Science and Technology* 148.2–4, S. 227–240. DOI: doi:10.1016/j.anifeedsci.2008.03.015.
- ZENTEK (2005). “Potential alternativer Zusatzstoffe”. In: *Lohmann Information* 4, S. 9–12.
- ZENTEK, JÜRGEN, PETRA HELLWEG und ANNABELLA KHOLPARISINI (2007). “Spurenelemente als Faktoren der Tiergesundheit”. In: *Tagungsband 6. BOKU-Symposium TIERERNÄHRUNG, Sekundärwirkungen von Futterinhaltsstoffen – vom Nährstoff zum Wirkstoff*. Bd. 6, S. 42–46.