

Tierärztliche Hochschule Hannover

**Untersuchungen an Degus (*Octodon degus*)
zur Futter- und Wasseraufnahme sowie
zur Verdaulichkeit von Nährstoffen
bei Angebot unterschiedlicher Futtermittel**

INAUGURAL-DISSERTATION
Zur Erlangung des Grades einer
Doktorin der Veterinärmedizin
- Doctor medicinae veterinariae -
(Dr. med. vet.)

vorgelegt von
Diana Hommel
Frankfurt am Main

Hannover 2012

Wissenschaftliche Betreuung: Univ.- Prof. Dr. J. Kamphues
Institut für Tierernährung

1. Gutachter: Univ.- Prof. Dr. J. Kamphues
Institut für Tierernährung

2. Gutachter: Prof. Dr. M. Fehr
Klinik für Heimtiere, Reptilien, Zier- und Wildvögel

Tag der mündlichen Prüfung: 21. November 2012

Meinen Eltern und Großeltern

„Was wir wissen, ist ein Tropfen; was wir nicht wissen, ein Ozean.“

- Issac Newton -

Teile dieser Dissertation wurden bereits auf folgenden Tagungen präsentiert:

3. Meller Kleinsäugertagung der Firma Bunny Tierernährung GmbH

Melle, 07.05.2011

HOMMEL, D., M. ROEFS, P. WOLF u. J. KAMPHUES (2011):

Degus: Praxisrelevante Grunddaten zu ihrer Versorgung sowie zur Zusammensetzung von Kot und Harn dieser „kleinen Nager“

17. Internationale Tagung über Haltung und Krankheiten der Kaninchen, Pelztiere und Heimtiere

Celle, 11. – 12. Mai 2011

HOMMEL, D., M. ROEFS, P. WOLF and J. KAMPHUES (2011):

Basic data with practical relevance about the diet of *Octodon degus*

15th Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition

Saragossa, 14. – 16. September 2011

HOMMEL, D., M. ROEFS, P. WOLF and J. KAMPHUES (2011):

Basic data regarding nutrition of degus (*Octodon degus*)

Proc. 15th ESVCN Congress, S. 151

66. Jahrestagung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE)

Göttingen, 20. – 22. März 2012

HOMMEL, D., P. WOLF and J. KAMPHUES (2011):

Aspects of clinical relevance in feeding degus: capacity of fibre digestion and basic data on calcium metabolism in comparison to dwarf rabbits

Proc. Soc. Nutr. Physiol. 21, S. 70

16th Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition

Bydgoszcz, 13. – 15. September 2012

HOMMEL, D., M. ROEFS, P. WOLF and J. KAMPHUES (2012):

Basic data regarding feed and water intake as well as digestive capacity in degus (*Octodon degus*) offered various feedstuffs

Proc. 16th ESVCN Congress, S. 26

HOMMEL, D., P. WOLF and J. KAMPHUES (2012):

Comparative aspects regarding Ca-metabolism in degus (*Octodon degus*)

Proc. 16th ESVCN Congress, S. 27

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
2.	Schrifttum	2
2.1	Zoologische Systematik, Herkunft und Verbreitung	2
2.2	Natürliche Lebensweise und Ernährung	5
2.2.1	Natürliche Lebensweise.....	5
2.2.2	Ernährung im natürlichen Habitat.....	9
2.3	Der Degu in menschlicher Obhut.....	12
2.3.1	Der Degu als Tiermodell	13
2.3.2	Der Degu als Heimtier.....	16
2.4	Anatomische und physiologische Besonderheiten des Degus.....	21
2.4.1	Morphologie	21
2.4.2	Verdauungstrakt.....	24
2.4.3	Koprophagie	28
2.4.4	Wasserhaushalt	30
2.4.5	Geschlechtsorgane und Reproduktion.....	31
2.5	Verdauungskapazität des Degus im Vergleich zu anderen Kleinnagern.....	35
2.6	Mineralstoffhaushalt bei Degus im Vergleich zu anderen Kleinnagern	37
2.7	Ernährungsbedingte Erkrankungen beim Degu	41
2.7.1	Zahnerkrankungen.....	42
2.7.2	Störungen der Verdauungsphysiologie	43
2.7.3	Harnkonkremente und Urolithiasis	44
2.7.4	Diabetes mellitus und Katarakt	45
2.7.5	Trächtigkeits-/Puerperaltoxikose.....	50
3.	Material und Methoden.....	52
3.1	Versuchsziel	52
3.2	Versuchsaufbau	53
3.2.1	Erhebung von Grunddaten zur Futter- und Wasseraufnahme (Versuchsphase A)	53

Inhaltsverzeichnis

3.2.2	Bestimmung der Rohrnährstoffverdaulichkeit (Versuchsphase B)	53
3.2.3	Mineralstoffexkretion (Versuchsphase C)	54
3.2.4	Chemische Zusammensetzung des Harns (Versuchsphase D).....	55
3.2.5	Verträglichkeit zuckerreicher Futtermittel (Versuchsphase E)	56
3.3	Tiere.....	58
3.4	Haltung	59
3.4.1	in versuchsfreien Phasen.....	59
3.4.2	während der Versuche	59
3.5	Versuchsfutter.....	62
3.5.1	Botanische Zusammensetzung.....	62
3.5.2	Chemische Zusammensetzung	63
3.6	Probenaufbereitung	65
3.6.1	Futtermittel.....	65
3.6.2	Kot	65
3.6.3	Harn	66
3.7	Untersuchungsmethoden.....	66
3.7.1	Rohnährstoffe	66
3.7.2	Stärke	68
3.7.3	Zucker.....	69
3.7.4	Mengen- und Spurenelemente	69
3.7.5	pH - Wert	71
3.7.6	Spezifisches Gewicht.....	71
3.7.7	Berechnungen	71
3.8	Statistische Auswertung.....	72
4.	Ergebnisse.....	73
4.1	Gesundheitszustand der Tiere.....	73
4.2	Futteraufnahmeverhalten.....	73
4.3	Futteraufnahme.....	74
4.4	Energieaufnahme.....	75
4.5	Körpermasseentwicklung.....	76
4.6	Wasseraufnahme.....	77

Inhaltsverzeichnis

4.7	Kotbeschaffenheit	79
4.8	Verdaulichkeit der Rohnährstoffe (Versuchsphase B)	79
4.8.1	Verdaulichkeit der organischen Substanz (oS)	79
4.8.2	Verdaulichkeit der Rohfaser (Rfa).....	80
4.8.3	Verdaulichkeit des Rohproteins (Rp)	81
4.8.4	Verdaulichkeit des Rohfettes (Rfe)	82
4.8.5	Verdaulichkeit der N-freien Extraktstoffe (NfE)	83
4.9	Mineralstoffexkretion (Versuchsphase C)	84
4.10	Harnvolumen und –qualität (Versuchsphase D)	88
4.10.1	Harnvolumen	88
4.10.2	Harnqualität/-zusammensetzung	89
4.10.3	Chemische Zusammensetzung	90
4.11	Einfluss zuckerreicher Rationen auf die Gesundheit von Degus (Versuchsphase E)	93
4.11.1	Futter- und Wasseraufnahme	94
4.11.2	Energieaufnahme.....	95
4.11.3	Körpermasseentwicklung.....	95
4.11.4	Tägliche Zuckeraufnahme	96
5.	Diskussion.....	98
5.1	Kritik der Methoden.....	99
5.2	Ernährungsphysiologische Grunddaten.....	101
5.2.1	Futteraufnahmeverhalten.....	101
5.2.2	Futteraufnahme.....	102
5.2.3	Wasseraufnahme.....	106
5.2.4	Verdaulichkeit der organischen Substanz bzw. der Rohfaser.....	111
5.2.5	Energiebedarf	115
5.3	Mineralstoffhaushalt.....	117
5.3.1	Bedeutung des Ca-Gehaltes im Futter für die Verdaulichkeit sowie die Ausscheidung überschüssigen Calciums.....	117
5.3.2	Einfluss des K-Gehalts im Futter auf den Harn-pH-Wert	122

Inhaltsverzeichnis

5.4	Einfluss zuckerreicher Rationen auf die Gesundheit von Degus im Hinblick auf ihre Prädisposition für Diabetes mellitus	124
6.	Zusammenfassung	127
7.	Summary.....	130
8.	Literaturverzeichnis.....	133
9.	Anhang.....	164

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis:

Abb.	Abbildung(en)	r^2	Bestimmtheitsmaß
ADF	Acid detergent fibre	Ra	Rohasche
AF	Alleinfutter für Kaninchen	Rfa	Rohfaser
Bi	Birne	Rfe	Rohfett
d	Tag (day)	Rp	Rohprotein
DCAB	Dietary Cation-Anion Balance	S. G.	Spezifisches Gewicht
DE	verdauliche Energie	sV	scheinbare Verdaulichkeit
et al.	et alii (und andere)	Tab.	Tabelle
FM	Futtermittel	TS	Trockensubstanz
GE	Bruttoenergie	uS	ursprüngliche Substanz
HK	Haferkerne	VDLUFA	Verband Deutscher landwirtschaftlicher
Hrsg.	Herausgeber		Untersuchungs- und Forschungsanstalten
KM	Körpermasse		
KT	Karottentrestler		
LP	Luzerne, pelletiert	WK	Weißkohl
MF	Mischfutter	ZK	Zwergkaninchen
Mö	Möhren	ZR	Zuckerrübe
n	Anzahl		
NDF	Neutral detergent fibre		
NfE	stickstofffreie Extraktstoffe		
oS	organische Substanz		
p	Irrtumswahrscheinlichkeit		
pH	potentia hydrogenii		

1. Einleitung

Nach einer aktuellen Studie des Zentralverbandes der zoologischen Fachbetriebe Deutschlands e. V. (ZZF 2012) leben in Deutschland etwa 7,6 Millionen Kleinsäuger. Zwar ist der Degu dabei nur mit 2 % vertreten, doch lassen die Bandbreite von Veröffentlichungen, Ratgebern und Internetseiten, das steigende Angebot von Futtermitteln speziell für diese Nager sowie die zunehmende Anzahl Degus, die bei Tierärzten vorgestellt oder in Tierheimen abgegeben werden auf eine immer größer werdende Beliebtheit bei den Heimtierhaltern schließen.

Obwohl Degus schon seit Mitte der 60er Jahre in der Forschung als Labortiere gehalten werden, ist das Wissen über ernährungs- und vor allem verdauungsphysiologische Grunddaten dieser Spezies im Vergleich zu anderen Heimtieren eher lückenhaft. Schon vom äußeren Erscheinungsbild des Tieres, teils an Ratten, aber auch an eher herbivore Spezies wie das Chinchilla erinnernd, stellt sich die Frage, ob der Degu eher den granivoren oder eher herbivoren Nagetieren zuzuordnen ist. Da jedoch die Beliebtheit des Degus als Heimtier zunimmt und damit auch das Interesse von Tierhaltern und Tierärzten an einer möglichst art- bzw. bedarfsgerechten Ernährung steigt, sollen mit dieser Arbeit verschiedene grundlegende Daten zur Futter- und Wasseraufnahme sowie zur Verdaulichkeit von Rohnährstoffen und Mineralstoffen gewonnen werden, und zwar zum Teil im Vergleich zum Zwergkaninchen, das diesbezüglich schon intensiver erforscht wurde. Auch soll der Frage nach möglichen nachteiligen Auswirkungen einer zuckerreichen Ernährung – wie es in der Literatur, aber auch in entsprechenden Internetforen über Degus immer wieder thematisiert bzw. postuliert wird – nachgegangen werden.

2. Schrifttum

2.1 Zoologische Systematik, Herkunft und Verbreitung

Erstmalig Erwähnung findet der Degu 1782 durch den chilenischen Jesuitenpater Juan Ignacio Molina in seinem Werk „*Saggio sulla storia naturale del Chili*“ („Eine Abhandlung über die Naturgeschichte Chiles“). Mit der Bezeichnung *Sciurus degus* ordnete Molina nach seinen Beobachtungen den Degu damals in die Gattung der Hörnchen ein. In der aktuellen zoologischen Systematik gehören Degus in die Ordnung der Nagetiere (*Rodentia*), die mit 2280 Arten rund 42 % aller Säugetierspezies stellt (WILSON und REEDER 2005). Hier zählen sie zur Unterordnung der Stachelschweinverwandten (*Hystricomorpha*) und zur Teilordnung der *Hystricognathi*. Innerhalb dieser Teilordnung sind sie der Überfamilie der Trugrattenartigen (*Octodontoidae*) und der Familie der Trugratten (*Octodontidae*) zugeordnet (LAVOCAT 1974, PINE et al. 1979, REDFORD und EISENBERG 1992, WILSON und REEDER 2005, MYERS et al. 2006). Die Bezeichnung „Trugratte“ bezieht sich auf das rattenähnliche Aussehen des Degus, obwohl dieser nicht mit der Ratte verwandt ist (HAENSEL 1982). Das Wort „Octodon“ setzt sich aus dem lateinischen Wort „*octo*“ (acht) und dem griechischen Wort für Zahn „*odoús*“ (Genitiv-Form *odóntos*) zusammen und beschreibt die Schmelzschlingen der Backenzähne, welche die Form einer liegenden Acht haben und für Arten der Familie *Octodontidae* als typisches Merkmal gelten. Nach HUTTERER (1994) ist jedoch dieses Merkmal gerade bei den Degus nicht sehr ausgeprägt. Das Wort „Degu“ geht auf das araukanische Wort „*dewü*“ für Maus zurück. Araukaner sind indianische Ureinwohner Südchiles (SIMPSON 1941).

Die folgende Übersicht zur zoologischen Taxonomie von *Octodon degus* enthält auch die anderen drei Arten der Gattung *Octodon*, die aber in der Haltung als Labor- oder Heimtier keine größere Bedeutung haben (s. Übers. 1).

Schrifttum

Übers. 1: Zuordnung der Art *Octodon degus* in die zoologische Systematik

Ordnung	<i>Rodentia</i> ; Nagetiere (BOWDICH 1821)
Unterordnung	<i>Hystricognatha</i> ; Stachelschweinverwandte (WOODS 1972)
Teilordnung	<i>Hystricognathi</i> auch <i>Hystricomorpha</i> (TULLBERG 1899)
Überfamilie	<i>Octodontoidea</i> ; Trugrattenartige (WATERHOUSE 1839)
Familie	<i>Octodontidae</i> ; Trugratten (WATERHOUSE 1839)
Unterfamilie	<i>Octodontinae</i> (WATERHOUSE 1839)
Gattung	<i>Octodon</i> ; Strauchratte (BENNETT 1832)
Art	<i>Octodon degus</i> ; Gewöhnlicher Degu (MOLINA 1782) <i>Octodon bridgesi</i> ; Wald-Degu (WATERHOUSE 1844) <i>Octodon lunatus</i> ; Küsten-Degu (OSGOOD 1943) <i>Octodon pacificus</i> ; Pazifik-Degu (HUTTERER 1994)

Das Verbreitungsgebiet von *Octodon degus* in Chile erstreckt sich vom 28. bis 35. südlichen Breitengrad von der Küste bis in Höhenlagen von üblicherweise 1200 m. QUISPE et al. (2009) fingen für ihre Studie Tiere in einer Höhe von 2600 m und WATERHOUSE (1848) berichtet von dem Fund eines Tieres in 3000 m Höhe. Ursprünglich war der Degu in Nord- und Zentralchile von der nördlichen Provinz Atacama (Vallenar) bis ins südliche Colchagua und Curicó anzutreffen (CONTRERAS und BUSTOS-OBREGÓN 1980, WALKER 1983), in den letzten Jahren beschränkt sich seine Verbreitung jedoch stärker auf Bereiche in Zentralchile (SAAVEDRA et al. 2003). *Octodon degus* bevorzugt offene, trockene, teilweise felsige Areale mit nicht allzu dichter Vegetation, auch in Wüstenrandgebieten ist er zu finden (IRIARTE et al. 1989, SPORON und METTLER 2002, GUMNIOR 2010). In Sträuchern, Büschen und den von ihm selbst gegrabenen Erdhöhlen mit Tunnelsystem findet der Nager Schutz vor Fressfeinden (LAGOS et al. 1995a, b). Selbst auf gerodeten Busch- oder Waldflächen, die meist anschließend vom Menschen landwirtschaftlich genutzt werden, findet der Gewöhnliche Degu einen Lebensraum und gilt daher als „Kulturfolger“. Mit zunehmender Populationsdichte

Schrifttum

wird er mancherorts sogar bereits als „Schädling“ eingestuft (WOODS und BORAKER 1975, FULK 1976, HAENSEL 1982, SPORON und METTLER 2002, GUMNIOR 2010). Der Degu ist das in Zentralchile am häufigsten vorkommende Säugetier (FULK 1975, HEINEMANN 1980, NOWAK 1999). Es werden Populationsdichten in der Natur von 10 – 259 Tieren (im Durchschnitt circa 40 – 80 Tiere) pro Hektar angegeben, wobei die höchste Dichte im chilenischen Frühjahr (September bis November) erreicht wird, da zu dieser Zeit die Jungen geboren werden (MESERVE et al. 1984, NOWAK 1999).

Der Wald-Degu (*Octodon bridgesi*) ist in Zentralchile vom 34. Breitengrad am Fuße der westlichen Anden von der Provinz Colchagua bis hinunter zum 38. Breitengrad in der Provinz Malleco anzutreffen (CONTRERAS et al. 1980), aber auch auf der Ostseite der Anden in der argentinischen Provinz Neuquén sind schon Exemplare gefangen worden (VERZI und ALCOVER 1990). Im Gegensatz zum Gewöhnlichen Degu bevorzugt der Wald-Degu eine dichte Vegetation und ist daher in Wäldern und Bambusdickichten zu finden. Er gräbt keine Bauten im Erdboden, sondern lebt in Höhlen, die sich meist in von Bambus bewachsenen Erdhügeln befinden. Die Eingänge liegen bis zu zwei Meter über dem Boden und, so vermuten es VERZI und ALCOVER (1990), schützen die Tiere dadurch vor starken Regenfällen und Überflutung. Ob die Höhlen vom Wald-Degu selbst gegraben oder bereits gegrabene Bauten anderer Arten einfach übernommen werden, ist bisher nicht geklärt.

Der Küsten-Degu (*Octodon lunatus*) ist zwischen dem 29. und 33. Breitengrad in den küstennahen Regionen von Coquimbo, Aconcagua und Valparaíso zu finden (CONTRERAS et al. 1980, NOWAK 1999). Jedoch war 2003 sein Verbreitungsgebiet auf den Küstenabschnitt vom Nationalpark Fray Jorge bis Quilpué und auf die Anden nahe Santiago begrenzt (SAAVEDRA et al. 2003). Im Gegensatz zu *Octodon degus* meidet *O. lunatus* offenes Gelände und bevorzugt Areale mit üppig bewachsenen Sträuchern und Dornenbüschen (SPORON und METTLER 2002, GUMNIOR 2010).

HUTTERER beschreibt 1994 erstmals die bisher unbekannte Art des Pazifik-Degus (*Octodon pacificus*) anhand von vier zoologischen Exponaten aus dem Alexander Koenig Museum in Bonn. Sie wurden 1959 auf der Insel „Isla Mocha“ vor der chilenischen Küste der Provinz Arauca gefangen. Durch den Vergleich mit fossilen Verwandten der Octodontidae, die auf der Insel Mocha gefunden wurden, schließt HUTTERER (1994), dass der Pazifik-Degu nur auf dieser Insel seinen Lebensraum hat. Auch das bisherige Fehlen von Sichtungen oder Fängen dieser Art auf dem Festland lässt darauf schließen. So geben viele Autoren die „Isla Mocha“ als Heimat des Pazifik-Degus an (HUTTERER 1994, NOWAK 1999, GUMNIOR 2010, SPORON und METTLER 2002). Diese Insel ist nur circa 65 – 91 km² groß und war einst vollständig von Regenwald bedeckt. SAAVEDRA et al. (2003) gelang es bei einer großflächig angelegten Fangaktion nicht, diese Degu-Art zu fangen. Jedoch waren schwer zugängliche Gebiete von diesem Vorhaben ausgenommen und so können SAAVEDRA et al. (2003) die Existenz dieser Art nicht grundsätzlich ausschließen. Der schwindende Lebensraum durch die Erschließung der Insel, eingeschleppte Arten, wie z. B. die Wanderratte (*Rattus norvegicus*) sowie das Ausstehen von aktuellen Beobachtungen oder Fängen von *O. pacificus* führen wohl dazu, dass die Angaben von Autoren zum Status der Art von unklar (HUTTERER 1994) über gefährdet (KÜPFER 2007a, b) bis ausgestorben (GUMNIOR 2010) reichen. Nach dem aktuellen Stand der Roten Liste der gefährdeten Arten (<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/15090/0>, Vers. 2011.2) gilt der Pazifik-Degu als vom Aussterben bedroht.

2.2 Natürliche Lebensweise und Ernährung

2.2.1 Natürliche Lebensweise

In ihrem Verbreitungsgebiet leben Degus in Kolonien von bis zu mehreren hundert Tieren, die sich aus mehreren Familienverbänden zusammensetzen. Eine Familie besteht aus einem Männchen mit seinen bis zu drei Weibchen und deren Nachkommen (DANZL 2004). Eine Gruppe von 5 – 10 Männchen bildet mit ihren

Schrifttum

Familien eine Art Verband, der ein eigenes Territorium beansprucht und verteidigt (SPORON und METTLER 2002, GUMNIOR 2010). Die Gruppenzusammensetzung variiert saisonal, da abgesehen von der Paarungszeit einzelne Tiere zwischen den Verbänden wechseln (LE BOULENGÈ und FUENTES 1978, EBENSPERGER und WALLEM 2002).

Jeder Familienverband legt innerhalb seines Reviers ein unterirdisches System von Gängen und Höhlen mit mehreren Ein- und Ausgängen an, welche meist gut getarnt nahe Felsen oder unter Sträuchern liegen (FULK 1976). Bei der Wahl des Standortes werden bestimmte Sträucher aufgrund ihres bis auf den Boden reichenden Blattwerks bevorzugt und andere wiederum gemieden (LE BOULENGÈ und FUENTES 1978, IRIATE et al. 1989). Dabei graben Degus vorzugsweise ihre Bauten im Winter, wenn der Boden, bedingt durch höhere Niederschlagsraten, weicher ist (EBENSPERGER und BOZINOVIC 2000b). Die Gänge, in einer Tiefe von 15 – 60 cm gegraben, weisen einen Durchmesser von 8 – 10 cm und eine Gesamtlänge von mindestens zwei Metern auf (YÁÑEZ 1976, EBENSPERGER und BOZINOVIC 2000a). Die Höhlen dienen vorrangig als Rückzugsmöglichkeit bei hohen Umgebungstemperaturen, zum Schutz vor Beutegreifern, zur sicheren Aufzucht der Jungtiere und teilweise als Vorratskammern (IPINZA et al. 1971, LAGOS et al. 1995a, b). IPINZA et al. (1971) berichtet von der Übernahme verlassener Bauten von Coruros (*Spalacopus cyanus*) wie auch Chinchillas (*Chinchilla lanigera*). FULK (1976) beschreibt die gemeinsame Nutzung von Höhlen mit der chilenischen Chinchillaratte (*Abrocoma bennetti*), die mit dem Degu nah verwandt ist und vermutet sogar eine gemeinsame Aufzucht der Jungen. Oberirdisch sind die Bauten durch Trampelpfade miteinander verbunden. Entlang dieser Wege werden maximal alle vier bis fünf Meter temporär genutzte Baue ohne verzweigte Gänge oder Kammern angelegt (LE BOULENGÈ und FUENTES 1978). Weitere Pfade führen zu Sandbade- und vor allem Futterplätzen. Letztere liegen in einem Radius von fünf Metern um den Bau verteilt und sind an der niedrigen bzw. abgegrasten Vegetation zu erkennen (FUENTES et al. 1983).

Schrifttum

Das Zentrum eines jeden Territoriums bildet ein Hügel aus Steinen, Zweigen, Erde und teilweise auch Dung, der als Aussichtspunkt (DANZL 2004) sowie Reviermarkierung dient (GUMNIOR 2010) und vom ranghöchsten Männchen errichtet und bewacht wird. Gelingt es dem Männchen, sein Revier vor Eindringlingen oder Konkurrenten zu verteidigen oder verdrängt ein rangniedrigeres Männchen den Ranghöchsten seines eigenen Verbandes, wird der „Feldherrenhügel“ mit weiteren Materialien aufgestockt; er soll die Stärke des Verbandes bzw. die Überlegenheit des Siegers widerspiegeln. Bei Zerstörung des Hügels verliert das Männchen seinen Rang (FULK 1976, SPORON und METTLER 2002, GUMNIOR 2010).

Degus zeigen ein vielfältiges Repertoire an Verhaltensmustern zur Verständigung. Dazu bedienen sie sich ihrer Körpersprache und vieler akustischer sowie olfaktorischer Signale. Eine Übersicht zur Körpersprache von Degus geben FULK (1976) und GUMNIOR (2010). Vor allem die soziale Interaktion zwischen Eltern- bzw. Muttertieren und ihrem Nachwuchs wurde vielfach untersucht (WILSON und KLEIMAN 1974, JESSEAU 2004, WHITE et al. 1982, WILSON 1982, EBENSPERGER et al. 2006b, 2007; JESSEAU et al. 2008, 2009). Allgemeine Bewegungsmuster (VASQUEZ et al. 2002), das Verhalten zwischen verschiedenen Gruppen bzw. Konkurrenzverhalten von Tieren innerhalb einer Gruppe (WILSON and KLEIMAN 1974, DAVIS 1975, HAYES et al. 2009) oder die Art und Weise der Nahrungssuche (EBENSPERGER und WALLEM 2002, EBENSPERGER und HURTADO 2005a,b; EBENSPERGER et al. 2006a, QUIRICI et al. 2008, QUISPE et al. 2009) sind ein Teil von Verhaltensstudien zum Degu. Die Frequenz ihrer Lautsprache liegt in einem vom Menschen hörbaren Bereich (REYNOLDS und WRIGHT 1979, LONG 2007). Laute im Ultraschallbereich konnten bisher nur bei Jungtieren nachgewiesen werden (LONG 2009). Eine Beschreibung der verschiedenen akustischen Signale von Degus liefern LONG (2007) und GUMNIOR (2010). Die Verständigung über Duftstoffe ist die ausgeprägteste Form der Kommunikation zwischen den Degus (FULK 1975, FISCHER und MEUNIER 1985, FISCHER et al. 1986). Sie produzieren sehr individuelle und von Artgenossen wahrnehmbare Geruchsstoffe im Harn (KLEIMAN 1975) oder in speziellen

Schrifttum

Duftdrüsen (KLEIMAN 1974, JECHURA et al. 2006). Weibliche Degus sind dabei besser in der Lage, individuelle Gerüche wahrzunehmen (KLEIMAN 1975). Sie verwenden auch mehr Zeit darauf, mittels ihrer Duftdrüsen Markierungen zu setzen und andere Gerüche aufzunehmen sowie zu verarbeiten. Degus können noch auf eine ganz andere Weise „kommunizieren“. Das heller gefärbte Fell am Unterbauch von Degus sowie deren frisch abgesetzter Harn reflektieren UV-Licht, das von Degus optisch wahrgenommen werden kann. So sind Reviermarkierungen durch Harn für sie nicht nur zu riechen, sondern auch zu sehen (CHÁVEZ et al. 2003, DANZL 2004, KÜPFER 2007a, b). Welchen Zweck die UV-Reflexion des Unterbauchfelles erfüllt, ist bisher nicht eindeutig geklärt. CHÁVEZ et al. (2003) vermuten, dass sie beim Aufrichten des Körpers während eines Warnrufs, das Signal durch UV-Reflexion verstärken.

Zu den natürlichen Feinden des Degus gehören verschiedene Eulen (*Asio flammeus*, *Athene cunicularia*, *Bubo virginianus*, *Glaucidium nanum* und *Tyto alba*), Greifvögel (*Buteo polyosoma*, *Elanus leucurus*, *Falco femoralis*, *Falco sparverius*, *Geranoaetus melanoleucus* und *Parabuteo unicinctus*), Füchse (*Pseudalopex culpaeus* und *Pseudalopex griseus*), Schlangen (*Phylodryas chamissonis*) und auch Echsen (*Callopistes palluma*; WOODS und BORAKER 1975, SCHLATTERER et al. 1980, JAKSIĆ und SORIGUER 1981, SIMONETTI und FUENTES 1983, MESERVE et al. 1993, 1996; EBENSPERGER und HURTADO 2005a, b).

In Abhängigkeit von der Außentemperatur zeigen frei lebende Degus ein variierendes Aktivitätsmuster außerhalb ihrer Behausung. Im chilenischen Winter sind sie ganztägig aktiv und im Sommer verteilen sich die Hauptaktivitätsphasen auf den Morgen und späten Nachmittag (WOODS und BORAKER 1975, FULK 1976, LAGOS et al. 1995a, KENAGY et al. 2002b, BOZINOVIC et al. 2004). In heißen Sommern können sich die Aktivitäten der Degus auch in die Dämmerung verlagern (KENAGY et al. 2002a). Diese Adaptation des Verhaltens begründet sich darauf, dass sie bei hohen Umgebungstemperaturen ihre Körpertemperatur nicht ausreichend durch Transpiration ausgleichen können (FULK 1976, CORTÉS et al.

1988, LAGOS et al. 1995a). Sie neigen zur Hyperthermie, die bei einzelnen Tieren schon bei einer Umgebungstemperatur von 30 ° C beobachtet wurde (LAGOS et al. 1995). Degus halten weder Sommerruhe (MESERVE et al. 1984) noch Winterschlaf (WOODS und BORAKER 1975), obwohl sie Nahrungsvorräte anlegen.

2.2.2 Ernährung im natürlichen Habitat

Ihre Nahrung suchen sich Degus hauptsächlich am Erdboden, aber sie klettern auch auf Äste von Sträuchern und Büschen (WOODS und BORAKER 1975, HEINEMANN 1980). Ihre natürliche Ernährung besteht abhängig von der Jahreszeit zu 75 % aus Blättern, Gräsern und Kräutern sowie zu 25 % aus Sämereien der verschiedenen Gräser und Sträucher (MESERVE 1981, MESERVE et al. 1983). Der Anteil an Sämereien variiert von 5 – 6 % im chilenischen Winter (Mai bis August) bis zu 60 % im Sommer (November bis Januar). Insekten sind bei den untersuchten Tieren nur mit Anteilen von unter einem Prozent nachgewiesen worden und stellen so einen eher unbedeutenden Bestandteil in der Ernährung von Degus dar.

Zudem konnten aber auch regionale Präferenzen in der Wahl der Futterpflanzen festgestellt werden, was sicherlich auch durch die sehr unterschiedlichen Klimazonen Chiles zu erklären ist (MESERVE 1981, MESERVE et al. 1983). Im trockenen Norden Chiles stellen Blätter und Samen von Sträuchern den Großteil des Speiseplans und in Mittelchile, nahe der Hauptstadt Santiago, mit eher mediterranem Klima, werden zwischen Mai und November bevorzugt Kräuter und Gräser aufgenommen. In den trockenen Sommermonaten von Dezember bis April werden hauptsächlich Blätter von Sträuchern (v. a. *Acacia caven*) gefressen. Bei Untersuchungen zur Futterpräferenz von Degus zeigte sich, dass diese bei Angebot besonders beliebter Futterpflanzen die Sämlinge bzw. jungen Blätter speziesunabhängig den späteren Vegetationsstadien vorziehen (SIMONETTI und MONTENEGRO 1981). Dies erklären GUTIÉRREZ und BOZINOVIC (1998) mit dem geringen Faser- und hohen Proteingehalt der jungen Pflanzen, da auch in ihrer Studie junge Pflanzen und Pflanzenteile von den Degus bevorzugt aufgenommen

Schrifttum

wurden. In der nachfolgenden Übersicht 2 sind die Pflanzen aufgeführt, die von Degus in freier Wildbahn nachweislich aufgenommen wurden.

Übers. 2: Spektrum der von Degus im natürlichen Habitat aufgenommenen Pflanzen

Gräser	Krautpflanzen	Sträucher
<i>Bromus sp.</i> ⁶	<i>Carduus pygnocephalus</i> ⁶	<i>Acacia caven</i> ^{1,2,6}
<i>Festuca sp.</i> ⁶	<i>Erodium cicutarium</i> ^{1,3,6}	<i>Adesmia bedwellii</i> ⁸
<i>Plantago sp.</i> ³	<i>Haplopappus sp.</i> ⁶	<i>Anisomeria littoralis</i> ³
<i>Trisetobromus hirtus</i> ^{3,6}	<i>Hippeastrum sp.</i> ³	<i>Atriplex repunda</i> ²
<i>Vulpia sp.</i> ³	<i>Pasithaea sp.</i> ⁶	<i>Baccharis sp.</i> ³
	<i>Senecio sp.</i> ⁶	<i>Baccharis paniculata</i> ⁸
	<i>Senecio adenotrichius</i> ⁹	<i>Cestrum parqui</i> ¹
	<i>Solenomelus sp.</i> ⁶	<i>Chenopodium petiolare</i> ^{3,8}
		<i>Colliguaya odorifera</i> ^{4,5,6,7}
		<i>Kageneckia oblonga</i> ^{4,5,7}
		<i>Lithraea caustica</i> ^{4,6,7}
		<i>Porleria chilensis</i> ^{3,8}
		<i>Proustia pungens</i> ⁸
		<i>Proustia cuneifolia</i> ²
		<i>Quillaja saponaria</i> ^{4,5,6,7}

¹WATERHOUSE (1848), ²FULK (1975), ³MESERVE (1981), ⁴FUENTES u. SIMONETTI (1982)
⁵SIMONETTI u. MONTENEGRO (1981), ⁶MESERVE et al. (1983), ⁷SIMONETTI u. FUENTES (1983),
⁸GUTIÉRREZ u. BOZINOVIC (1998), ⁹KENAGY et al. (2004)

Von den außerhalb des Baus stattfindenden Aktivitäten der Degus entfallen 46 % auf die Futtersuche, die auch keinen signifikanten saisonalen Schwankungen unterworfen ist (EBENSPERGER und HURTADO 2005b). Weder Männchen noch Weibchen passen ihren Zeitaufwand für die Futtersuche ihrem höheren Energiebedarf in der Fortpflanzungsphase an, wie man es bei anderen bodenbewohnenden Nagern, wie Murmeltieren (BARASH 1980), Viscachas (BRANCH 1993) oder Zieseln (KENAGY et al. 1989) beobachtet hat.

In der Sommerzeit, wenn der Rfa-Gehalt der Futterpflanzen ansteigt, sind Degus in der Lage, durch Steigerung der aufgenommenen Futtermenge ihren Energiebedarf

zu decken. Die höhere Futteraufnahme führt nach Untersuchungen von BOZINOVIC (1995) zu einer *längeren* Passagezeit, die es wiederum ermöglicht, mehr Energie aus der Rohfaser zu gewinnen (bis zu 36 % der Gesamtenergie). Hohe Anteile an Tanninen (Gerbstoffe) in Pflanzen und die daraus resultierende schlechtere Nährstoffverdaulichkeit kompensieren Degus ebenfalls durch eine höhere Futteraufnahme, wenn sie durch regionale oder saisonale Gegebenheiten gezwungen sind, tanninreiche Pflanzen zu fressen (BOZINOVIC et al. 1997).

In Gegenden Chiles, wo der Lebensraum der Degus an landwirtschaftliche Nutzflächen grenzt, verursachen sie Fraßschäden an Kulturpflanzen (WOODS und BORAKER 1975, FULK 1976, HAENSEL 1982, SPORON und METTLER 2002, GUMNIOR 2010). So sind vor allem Weizenfelder, Weinberge und Obstplantagen betroffen (IPINZA et al. 1971). FULK (1976) berichtet zudem von erheblichen Schäden an Feigenkakteen, die durch Degus hervorgerufen werden.

Zur Wasseraufnahme frei lebender Degus gibt es wenige Aufzeichnungen. BOZINOVIC et al. (2003) ermitteln in einer Feldstudie mit Hilfe der „Doubly Labeled Water“-Methode eine Wasseraufnahme von 10,3 ml/Tier/Tag im Sommer und 40,4 ml/Tier/Tag im Winter. Diese unterschiedlichen Mengen führen die Autoren auf saisonale Schwankungen im Wassergehalt der jeweils zu diesen Jahreszeiten verzehrten Pflanzen zurück. In den trockenen Sommermonaten decken Degus ihren Wasserbedarf zudem über die vermehrte Aufnahme von Teilen einer Akazienart (*Acacia caven*; ROJAS et al. 1977, MESERVE et al. 1983).

2.3 Der Degu in menschlicher Obhut

1964 wurden 20 Degus von einem Farmer in der chilenischen Ortschaft Lampa im Auftrag von Dr. Joel Brown vom Massachusetts Institute of Technology zu Forschungszwecken gefangen. Nachkommen dieser Wildfänge gelangten 1970 an die Universität und den National Zoological Park in Vermont und gelten als Ursprung vieler Degu-Populationen in amerikanischen Instituten und Zoos (KLEIMAN 1975, WOODS und BORAKER 1975, MURPHY et al. 1980, SPORON und METTLER 2002). Im Juni 1967 schenkte die Universität Santiago in Chile dem Wellcome Institut in London sechs Degu-Paare, die zum Aufbau einer eigenen Degu-Zucht dienen sollten, jedoch gelang die Nachzucht nur mit drei der ursprünglich sechs Paare (WEIR 1970, WOODS und BORAKER 1975). Der Weg des Degus nach Deutschland ist nur durch zwei Quellen in der Literatur belegt. Der Frankfurter Zoo erhielt 1960 zwölf Degus unbekannter Herkunft als Geschenk aus Privathand und züchtete sie bis zum Jahr 1963. Hinweise darauf, ob Nachkommen aus dieser Zucht in private Haltung gelangten, fehlen (SPORON und METTLER 2002). HAENSEL (1982) schreibt, dass 1975 und 1976 erstmals Degus aus dem Lincoln Park Zoo in Chicago (USA) in den Tierpark Berlin Friedrichsfelde importiert wurden, jedoch gelang eine nachhaltige Zucht erst mit zwei weiteren 1978 importierten Paaren. Bis Ende 1981 konnten im Berliner Tierpark circa 300 Degus nachgezogen werden und man entschied sich, überzählige Tiere unbekannter Anzahl über den Zoofachhandel an private Halter abzugeben. Über die ZAG „Kleinsäuger“ gelangten einige Tiere in Privathände in der damaligen Tschechoslowakei (HAENSEL 1982). Ende der achtziger bis Anfang der neunziger Jahre wurde eine große, jedoch unbekannte Zahl an Wildfängen nach Deutschland und in die Niederlande importiert, doch sank die Nachfrage mit der steigenden Anzahl von handzahmen Nachzuchten (SPORON und METTLER 2002). Daher gehen die Autoren davon aus, dass heutzutage keine Wildfänge mehr eingeführt werden. Das äußerliche Erscheinungsbild, wie z. B. Körpergröße oder Färbung der verschiedenen importierten Tiere wird sehr unterschiedlich beschrieben. Daraus schließen SPORON und METTLER (2002), dass eine Kreuzung der verschiedenen *Octodon*-Arten stattgefunden haben könnte.

Auch die teilweise sehr abweichenden anatomischen und physiologischen Daten in der Literatur würden dafür sprechen.

2.3.1 Der Degu als Tiermodell

Der Degu wird seit fast 40 Jahren als Tiermodell in den unterschiedlichsten Forschungsgebieten genutzt. Die relativ hohe Lebenserwartung, die langsame prä- und postnatale Entwicklung, die *Tagaktivität* und die ausgeprägte Familien- bzw. Sozialstruktur sind nur einige Gründe für das Forschungsinteresse am Degu oder seine experimentelle Nutzung als Alternative zu herkömmlichen Labornagern wie z. B. Maus und Ratte (COLBY et al. 2012).

Aufgrund seiner dem Menschen ähnelnden circadianen Rhythmik ist der Degu als Modelltier für die Erforschung zugrunde liegender Mechanismen und entsprechender Einflußfaktoren interessant (LABYAK und LEE 1995, LEE et al. 2004, HUMMER et al. 2007, POPOVIĆ et al. 2009). Vor allem das so genannte Jetlag-Phänomen und dessen Auswirkungen können mit Degus ausführlich studiert werden (GOEL und LEE 1995, 1996, 1997; GOEL et al. 1998, GOVERNALE und LEE 2001, JECHURA et al. 2000, 2003, 2006; MOHAWK und LEE 2005, MOHAWK et al. 2005, HAGENAUER und LEE 2008). Auch das Wissen um das Schlafverhalten des Degus ist für chronobiologische Studien von besonderem Interesse (KAS und EDGAR 1998, 1999; PERRYMAN 2011).

Die Verhaltensforschung kann mit Hilfe speziell trainierter Degus die neuronalen Grundlagen zur Fähigkeit des Werkzeuggebrauchs studieren. OKANOYA et al. (2008) vermuten, dass die Fähigkeit zum Gebrauch von Werkzeug nicht Resultat von höherer Intelligenz ist, sondern sich aus einer besonderen Kombination allgemeiner kognitiver Fähigkeiten entwickelt hat bzw. entwickeln kann.

Auf dem Forschungsgebiet der Entwicklungsbiologie bietet der Degu ebenfalls vielfältige Einsatzmöglichkeiten. So ist die im Vergleich zu Maus und Ratte langsame Embryonalentwicklung beim Degu Inhalt diverser Studien (ROJAS et al. 1982). Die

Effekte einer „frühkindlich“ unterbundenen sozialen Interaktion auf die Entwicklung von Gehirn und Verhalten wurde wiederholt anhand des Degus untersucht (BRAUN et al. 2000, 2009; OVTCHAROFF und BRAUN 2001, POEGGEL et al. 2003, JEZIERSKI et al. 2006, EBENSPERGER et al. 2007, SEIDEL et al. 2008, HELMEKE et al. 2009). Die Lautäußerungen der Degus liegen nach bisherigem Wissenstand im Frequenzbereich des Menschen (BRAUN und SCHEICH 1997). Daher sind Degus auch für Studien von POEGGEL und BRAUN (1996) sowie BRAUN und SCHEICH (1997) über die auditorische Entwicklung bzw. das auditorische Lernen von maßgeblichem Interesse.

In andrologischen Studien zum Alterungsprozess im Hoden (BUSTOS-OBREGÓN und RAMIREZ 1997), zur Temperatursensitivität während der Spermatogenese (BEDFORD et al. 1982) und zur Evaluierung männlicher Kontrazeptiva (MOYAD 1987) dienen männliche Degus als Tiermodell. Die Plazenta weiblicher Degus ist trotz ihrer einfachen Struktur der des Menschen sehr ähnlich. Daher werden auch in der Plazentaforschung Degus als Modelltiere eingesetzt (BOSCO et al. 2007, MESS 2007a, b; MESS et al. 2007, BOSCO und BUFFET 2008).

Der Degu besitzt zwei anatomisch voneinander getrennte Thymusdrüsen, von denen sich die cervicale Thymusdrüse leicht und ohne Langzeiteffekte entfernen lässt (SCIENCE NEWS 1974). Nach COLBY et al. (2012) macht ihn u. a. diese Tatsache für die immunologische Forschung unverzichtbar. Auch bei einer Infektion mit ausgewählten Viren zeigen Degus eine stärkere Immunantwort als Meerschweinchen (PHILLIPS und BORAKER 1975), so dass COLBY et al. (2012) den Einsatz von Degus zur Gewinnung von Antisera für möglich halten.

Bei der Erforschung der Alzheimer-Erkrankung dienen der Wildnis entnommene Degus als Tiermodell (INESTROSA et al. 2005). Dabei konnten VAN GROEN et al. (2011) in ihren Studien sogar Unterschiede im zeitlichen Auftreten von Degenerationserscheinungen zwischen Alttieren aus Wild- und Zuchtpopulationen feststellen.

Schrifttum

Degus sind besser als übliche Labornager für Studien zur Entstehung der Arteriosklerose geeignet, da bei diesen Tieren durch eine cholesterinreiche Fütterung ausgeprägte arteriosklerotische Herde sowie Veränderungen diagnostisch relevanter Parameter reproduzierbar sind, die sich bei Mäusen, Ratten oder Hamstern gar nicht oder nur aufwändig erzeugen lassen (HOMAN et al. 2010).

Auf dem Gebiet der Diabetes-Forschung ist der Degu als experimentelles Tiermodell sehr verbreitet. Degus besitzen eine ähnliche Insulinstruktur wie Meerschweinchen oder auch andere Hystricomorpha, die sich aber von der anderer Säugetiere grundlegend unterscheidet (NISHI und STEINER 1990, OPAZO et al. 2004, 2005). Aus diesem Grund dienen diese Tiere in Studien zu nutritiv-bedingtem Diabetes mellitus als Modelltier (SPEAR et al. 1984). Sie kommen auch zum Einsatz, um die Ätiologie und Pathogenese dieser Stoffwechselerkrankung sowohl beim Mensch als auch beim Tier näher zu untersuchen (NISHI und STEINER 1990, OPAZO et al. 2004), da sie wie der Mensch auch Amyloidosen der Langerhanszellen (NISHI und STEINER 1990) bzw. Katarakte (VARMA et al. 1977) entwickeln. Durch seine physiologisch höhere Aldose-Reduktase-Aktivität in der Linse ist der Degu zur Erforschung der Kataraktentstehung und -prävention besonders geeignet, da sich schon 4 Wochen nach Induzierung eines Diabetes mellitus durch Streptozotocin-Gabe Linsentrübungen ausbilden (VARMA und KINOSHITA 1976, VARMA et al. 1977; DATILES und FUKUI 1989) und deren Auftreten sich durch Gabe von Aldose-Reduktase-Hemmern wie Sorbinil (DATILES und FUKUI 1989) verhindern oder durch Quercitrin verzögern lassen (VARMA und KINOSHITA 1976, VARMA et al. 1977). TRIPATHI et al. (1991) berichten von Linsentrübungen, die schon bei einem Tag alten Jungtieren, deren Elterntiere Katarakte aufwiesen, zu beobachten waren.

Die Nachfrage an Degus für die wissenschaftliche Forschung führte zur Entstehung vieler Laborpopulationen. Zwei der größten Degu-Kolonien befinden sich an der Universität von Vermont (USA) und an der Universität Santiago in Chile (WOODS und BORAKER 1975). Auch das Wellcome Institut in London und die Universität Magdeburg unterhalten eigene Bestände. GEHRSITZ (2001) vermutet in der

damaligen Zucht von Tieren mit Diabetes mellitus und / oder Katarakten für wissenschaftliche Zwecke die mögliche Ursache für das häufige Auftreten von Diabetes mellitus und Katarakten bei den heute als Heimtier gehaltenen Degus, da viele dieser Tiere von solchen Linien abstammen.

2.3.2 Der Degu als Heimtier

Einer aktuellen Studie des Zentralverbandes Zoologischer Fachbetriebe Deutschlands e.V. (ZZF 2012) zufolge lebten nach Schätzungen im Jahr 2012 7,6 Millionen Kleinsäuger in deutschen Haushalten. In dieser Umfrage war erstmals auch der Degu als Heimtier mit 2 % vertreten. Dieser Anteil scheint neben Kaninchen (51 %) und Meerschweinchen (27 %) eher gering zu sein, doch lässt das Auftauchen immer neuer Futtermittel speziell für diese Nager, eine Bandbreite an Veröffentlichungen, Ratgebern und Internetseiten rund um den Degu, sowie die steigende Zahl von Degus, die bei Tierärzten vorgestellt werden oder an Tierheime abgegeben werden, darauf schließen, dass die Beliebtheit des Degus in der Heimtierhaltung in den letzten Jahren erheblich zugenommen hat und seine Popularität weiterhin steigen wird.

Eine Einzelhaltung ist wegen der ausgeprägten Sozialstruktur der Degus generell als nicht artgerecht anzusehen und daher abzulehnen. SPORON und METTLER (2002) bezeichnen Degus als „abhängig von art eigener Gesellschaft“. Aus diesem Grund sind in einem Käfig immer mindestens zwei Tiere, besser eine Gruppe von drei bis fünf Tieren zu halten. Die Zusammenstellung einer Gruppe von Tieren gleichen Geschlechts, die bestenfalls aus demselben Wurf stammen, oder die frühzeitige Kastration der Männchen einer gemischt-geschlechtlichen Gruppe ist anzustreben, um eine unkontrollierte Vermehrung, heftige Rankämpfe zwischen Männchen oder anhaltende Stresssituationen zu vermeiden (SPORON und METTLER 2002, SASSENBURG 2008, GUMNIOR 2010). Die Mindestgröße eines Käfigs für zwei Tiere sollte 100 x 50 x 100 cm betragen und bei mehr als zwei Tieren wird empfohlen, die Grundfläche des Käfigs um 20 % zu vergrößern (TVT 2011). Der starke Nagetrieb der Degus, aber auch die Möglichkeit einer leichten Reinigung ist

bei der Wahl des Käfigmaterials und der Käfigausstattung zu berücksichtigen. Kunststoffe, Plexiglas sowie dünne Metallbleche sind zu meiden oder so einzusetzen, dass die Materialien für die Tiere bzw. deren Zähne unerreichbar sind. Holz sollte nur unbehandelt und mit dem Wissen um eine geringe Lebensdauer bzw. in Form von Ästen zum Benagen oder Klettern im Käfig angeboten werden. Alternativ können kunststoffbeschichtete Spanplatten zum Bau von Etagen bzw. Sitzbrettern verwendet werden. Der Zugriff auf die Tiere im Käfig sollte möglichst seitlich oder frontal erfolgen können, um Reaktionen wie Flucht oder sogar Verteidigung vor vermeintlichen Fressfeinden zu vermeiden und das Zutrauen der Tiere zu ihrem Halter aufrechtzuerhalten bzw. zu fördern (SPORON und METTLER 2002, SASSENBURG 2008, GUMNIOR 2010). Für Degus ist das Sandbaden – abgesehen von der Fellpflege – auch zur Duftmarkierung bzw. für die soziale Interaktion wichtig, jedoch reicht es, ein Sandbad mehrmals in der Woche für ein paar Stunden anzubieten, da sie, anders als Chinchillas, weder ein so spezielles Fell besitzen, noch das Sandbaden zum Stressabbau benötigen (SPORON und METTLER 2002, GUMNIOR 2010).

Degus sind tagaktiv, daher sollte ein Tag-Nacht-Rhythmus von 12 – 14 Stunden eingerichtet werden. Die thermoneutrale Zone des Degus beträgt 24 – 32 °C (ROSENMANN 1977). Die optimale Umgebungstemperatur hängt vom Haltungssystem ab. COLBY et al. (2012) empfehlen bei der Aufzucht von Jungtieren 20 ± 2 °C und bei einer bewegungsreichen Haltung (z. B. mit Laufrad) eine Temperatur von 17 – 18 °C mit einer relativen Luftfeuchte zwischen 30 – 60 %. In anderer Literatur liegen die Angaben zur idealen Raumtemperatur zwischen 15 – 24 °C und, wenn angegeben, mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 %. Direkte Sonneneinstrahlung sowie Zugluft sollten vermieden werden (FINE et al. 1986, EBENSPERGER und BOZINOVIC 2000a, GUMNIOR 2010).

Das Fehlen konventioneller Futtermittel zu Beginn der Heimtierhaltung von Degus führte zur Verwendung von Alleinfuttermitteln für andere Kleinnager, die mit Saftfutter, Kräutern, Blüten, Obst oder Gemüse ergänzt, auch heute noch zum

Schrifttum

Einsatz kommen. In Übersicht 3 sind einheimische Pflanzen aufgeführt, die im Mischfutter bzw. als Einzelkomponente zur Fütterung von Degus eingesetzt werden können.

Übers. 3: Zur Fütterung von Degus in der Heimtierhaltung geeignete Pflanzen

Äste (belaubt)	Ahorn, Apfelbaum, Birke, Birnbaum, Buche, Eiche, Esche, Hainbuche, Haselnuss, Linde, Pappel, Weide
Gemüse	Blumenkohl, Brokkoli, Chicorée, Endivie, Erbsen, Feldsalat, Grünkohl, Gurke, Kohlrabi, Kresse, Mangold, Möhren, Paprika, Pastinake, Rhabarber, Rote Bete, Rotkohl, Schwarzwurzel, Sellerie, Spinat, Tomate, Topinambur, Weißkohl, Wirsing, Zucchini
Getreide	Amaranth, Buchweizen, Hafer, Hirse, Paddyreis, Roggen, Weizen, Mais
Gräser und Kräuter	Basilikum, Borretsch, Brennessel, Gänseblümchen, Giersch, Hagebutte, Hirtentäschel, Klee, Lavendel, Löwenzahn, Luzerne, Malve, Oregano, Petersilie, Ringelblume, Rosmarin, Salbei, Sauerampfer, Spitzwegerich, Süßgräser, Thymian, Wegwarte, Vogel-Sternmiere, Zitronenmelisse
Zimmerpflanzen	Grünlilie, Tradeskantie, Zypergras

Quellen: DANZL (2002), SPORON und METTLER (2002), KÜPFER (2007a, b, 2008), GUMNIOR (2010)

Da Obst viel Zucker enthält und auch nicht auf dem Speiseplan wildlebender Degus steht, sollte es gar nicht oder nur in sehr geringen Mengen gefüttert werden; daher wurde es in der Übersicht 3 nicht berücksichtigt.

In der Heimtierhaltung besteht zudem die Gefahr der Aufnahme giftiger bzw. gesundheitsschädlicher Pflanzen und Pflanzenteile. Zur Fütterung ungeeignete bzw. giftige Pflanzen sind in nachfolgender Übersicht 4 aufgeführt.

Übers. 4: Für Degus giftige Pflanzen(-teile)

Bäume	Früchte der Eberesche (Vogelbeere), Fichte, Kirsche, Mandel, Pflaume, Tanne, Thuja (Lebensbaum)
Gemüse	Avocado, Küchenzwiebel, rohe Bohnen, Keime und grüne Teile der Kartoffel
Kräuter	Knoblauch, Bärlauch
Zimmer- und Zierpflanzen	Adlerfarn, Agave, Alpenveilchen, Amaryllis, Azalee, Birkenfeige/ Ficus, Bittersüß, Buchsbaum, Buschwindröschen, Christudorn, Clivie, Dieffenbachie, Drachenbaum/-lilie, Efeu, Efeutute, Eibe, Eisenhut, Fensterblatt, Fingerhut, Gemeiner Seidelbast, Gemeiner Wurmfarne, Geranie, Goldregen, Gummibaum, Herbstzeitlose, Hortensie, Hundspetersilie, Hyazinthe, Immergrün, Küchenschelle, Liguster, Lupine, Märzenbecher, Maiglöckchen, Mistel, Narzisse, Oleander, Passionsblume, Primel/Schlüsselblume, Philodendron, Rhododendron, Rittersporn, Ritterstern, Scharfer Hahnenfuß, Schierling, Schneeglöckchen, Schwarzer Nachtschatten, Stechpalme, Tollkirsche, Tulpe, Weihnachtsstern

Quellen: DANZL (2002), SPORON und METTLER (2002), KÜPFER (2007a, b, 2008), GUMNIOR (2010)

Die Mehrheit der Tierbesitzer versucht, das Futterangebot weitestgehend an die natürliche Ernährungsweise der Degus anzupassen. Dazu bedienen sie sich der Fachliteratur, die meist von passionierten und erfahrenen Deguhaltern entweder in gedruckter Form oder auf einigen Internetseiten anschaulich zusammengefasst wiedergegeben wird. Dazu kommt der rege Erfahrungsaustausch der Tierhalter untereinander, der mit Hilfe diverser Internet-Foren betrieben wird. Manche Bemühungen auf Seiten der Besitzer gehen soweit, dass sie die in Chile beheimateten Pflanzenarten selbst anzüchten, um die Ernährung ihrer Degus artgerecht zu gestalten. Die dafür notwendigen Saaten mit Pflegeanleitungen, sowie Eigenmischungen aus Saaten, Kräutern oder Blüten für Degus sind über das Internet zu beziehen. Zwar existiert heute ein Sortiment an kommerziellen Futtermitteln speziell für Degus (Beaphar, Bunny, JR Farm, Versele-Laga und Vitakraft), jedoch ist

deren Verfügbarkeit im Vergleich zu anderen Futtermitteln für Heimtiere relativ begrenzt. Es werden Alleinfuttermittel aus nativen Komponenten, in pelletierter Form oder als Extrudate angeboten, bei deren Herstellung auch weitestgehend – gemäß den Ernährungsansprüchen von Degus – auf die Zugabe von Getreide und Melasse verzichtet wird. Aus der Literatur sind nur wenige Daten zur Futteraufnahmemenge von Degus vorhanden. Bei Angebot pelletierter Versuchsdäten variierte die Futteraufnahme zwischen 5,24 bis zu 9,45 g TS/100 g KM (VELOSO und BOZINOVIC 1993, BOZINOVIC 1995, KENAGY et al. 1999). WOLF und KAMPHUES (2001) geben zur Fütterung kleiner Nager allgemein einen Orientierungswert von 3 g Alleinfutter/ 100 g KM an.

Ein weiteres Charakteristikum der Degus, die zur Gruppe der Nagetiere gehören, ist das kontinuierliche Zahnwachstum, welches die uneingeschränkte Verfügbarkeit von benagbarem Material notwendig macht. So dient Heu als Raufutter mit seinem großen Anteil an strukturierter Rohfaser nicht nur dem Zahnabrieb, sondern auch der Beschäftigung. Außerdem kann ein Mangel an Rohfaser zu Dysbiosen führen, die wiederum Indigestionen, eventuell sogar Diarrhöen auslösen können. Auch das Fellfressen kann seine Ursache in einer rohfasearmen Ernährung haben. Der je nach botanischer Zusammensetzung und Erntezeitpunkt sehr variierende Nährstoff- und meist zu geringe Energiegehalt von Heu schließt eine langfristig bedarfsdeckende Ernährung bei ausschließlicher Heufütterung aus (HEINE und GÖBEL 2001, WOLF und KAMPHUES 2001, KAMPHUES 2012), wie in vielen Studien an Kaninchen (WENGER 1997, SCHRÖDER 2000), Meerschweinchen (MEYER et al. 1996, ZENTEK et al. 1996, SCHRÖDER 2000) und Chinchillas (SCHRÖDER 2000, HANSEN 2012) gezeigt werden konnte.

Daten zur Tränkwasseraufnahme von Degus in menschlicher Obhut finden sich nur selten in der Literatur. Bei Angebot eines pelletierten Alleinfutters mit einem TS-Gehalt von 81 % und einem Rp-Gehalt von 14 bzw. 20 % in der Trockensubstanz ermitteln CORTÉS et al. (1988) Tränkwasseraufnahmen von Degus zwischen 10,3 und 16,1 ml H₂O/100 g KM/d. Der Anstieg von 6 % Rp (in der TS) im Futter führte zu

einer Steigerung der Tränkwasseraufnahme von 56 %. Dabei kommen Degus bei Angebot des proteinreichen Futters 13,4 Tage ohne Tränkwasser aus (CORTÉS et al. 1988). Unter Laborbedingungen kann in Gruppenhaltung von Degus (Kolonie der Universität in Michigan) eine durchschnittliche Tränkwasseraufnahme von 23 ml pro Tier und Tag festgestellt werden (COLBY et al. 2012). Eine durch erhöhte Rohfaseraufnahme gesteigerte Wasseraufnahme ist für Kaninchen (BRÜGGEMANN 1937, WENGER 1997), Meerschweinchen (TAU 1991, WENGER 1997) und Chinchillas (WENGER 1997) nachgewiesen und dürfte auch für Degus zutreffen. Neben der Zusammensetzung unterschiedlicher Futtermittel bzw. der tatsächlichen Nährstoffaufnahme (Selektion durch das Tier bei Angebot von Buntfuttern) machen auch eine erhöhte Wasseraufnahme durch Langeweile oder bestehende Erkrankungen (z. B. Diabetes mellitus) den uneingeschränkten Zugang zu frischem Tränkwasser notwendig (SASSENBURG 2008, GUMNIOR 2010).

2.4 Anatomische und physiologische Besonderheiten des Degus

2.4.1 Morphologie

Der Gewöhnliche Degu gilt als die kleinste der vier Degu-Arten (WOODS und BORAKER 1975, HUTTERER 1994). Sein äußeres Erscheinungsbild zeigt einen kompakten und sehr beweglichen Körper, der es ihm erlaubt, sich sowohl in Höhlen als auch beim Klettern auf Felsen oder Ästen geschickt fortzubewegen. Oft wird ihm ein rattenähnliches Aussehen zugeschrieben, was auch die Bezeichnung „Trugratte“ verdeutlicht. Jedoch ist der Kopf kürzer und abgerundeter als bei der Ratte (SPORON und METTLER 2002).

Die Kopf-Rumpf-Länge beträgt 12,5 bis 31,0 cm und die Länge des Schwanzes variiert zwischen 7,5 und 16,5 cm (WEIR 1975, WOODS und BORAKER 1975, HEINEMANN 1980, HAENSEL 1982, CLARK und OLFORT 1986, ALTMANN et al. 1994, JOHNSON 2002). Auch die Angaben zur Körpermasse schwanken in der Literatur beträchtlich. Sie reichen von 140 bis zu 300 g (WEIR 1975, WOODS und

Schrifttum

BORAKER 1975, CLARK und OLFORT 1986, MESERVE et al. 1993, VELOSO und BOZINOVIC 1993, 2000a, b; EBENSPERGER 2001, JOHNSON 2002, KENAGY et al. 2004, OPAZO et al. 2004, RAFTERY 2010, COLBY et al. 2012). Geschlechtsspezifische Daten zur Körpermasse haben nur ALTMANN et al. (1994) sowie EBENSPERGER und BOZINOVIC (2000b) erhoben. Männliche Tiere sind bei beiden Autoren im Durchschnitt schwerer als die weiblichen Tiere. Das Körpergewicht von trächtigen Weibchen ist mit bis zu 300 g angegeben (SPORON und METTLER 2002) und zum Teil kann sogar die Körpermasse den Wert von 400 g überschreiten (NAJECKI und TATE 1999).

Der Hals ist kurz und dick und die Rückenlinie gewölbt. Die Vorderpfoten haben vier Zehen und einen zurückgebildeten Daumen. An den Hinterpfoten sind fünf Zehen ausgebildet. Die Sohlen sind meist dunkel pigmentiert, können aber auch unpigmentiert sein. Alle Zehen inklusive der Daumen tragen schwarze, scharfe Krallen, die bis zur Hälfte von einem borstenartigen Haarsaum bedeckt werden. Eine Ausnahme bildet der Pazifik-Degu, der an seinen Daumen Nägel statt Krallen trägt (HUTTERER 1994). Die spärlich behaarten Ohren sind bohnen- bzw. nierenförmig und dunkel gefärbt. Die bei Degus an der Schnauze relativ lang ausgebildeten Sinushaare (Vibrissen) finden sich in abgewandelter Form auch verteilt auf der Körperoberfläche wieder und dienen vor allem der Orientierung in Höhlen (GUMNIOR 2010). Der Schwanz ist, anders als bei der Ratte, borstig behaart und trägt am Ende eine schwarze Quaste, die dem Degu in seiner Heimat den Namen „raton cola de trompeta“ (Trompetenschwanzmaus) einbrachte. Er dient sowohl als Kommunikationsmittel sowie auch als Balancierhilfe beim Klettern. Die Schwanzhaut besitzt eine dem Eidechschwanz ähnliche „Sollbruchstelle“. Bei zu festem Griff am Schwanz durch Beutegreifer bzw. Tierhalter löst sich die Haut von der Muskulatur, die in einigen Tagen eintrocknet. Anders als beim Eidechschwanz wächst der Schwanz des Degus aber nicht nach. Meist nagen sich die Tiere den verletzten Teil des Schwanzes selbstständig ab und dessen Wundheilung mit künftig eingeschränkter Funktionsfähigkeit verläuft problemlos (SPORON und METTLER 2002, SASSENBURG 2008, GUMNIOR 2010).

Schrifttum

Das Fell ist natürlicherweise agoutifarben auf der Körperoberseite und auf der Unterseite beige gefärbt. Die Augen und der Ohransatz sind mal mehr, mal weniger deutlich beigefarben umrandet. Durch die Zucht sind weitere Fellfarben entstanden. Der „blaue“ oder auch „silbergraue“ Degu hat ein dem Chinchilla ähnliches blau-grau gefärbtes Fell. Farbschecken zeigen meist ein agouti-weiß gezeichnetes Fell. Seltener sieht man Albinos, schwarze und sandfarbene Degus (WEIR 1975, WOODS und BORAKER 1975, SPORON und METTLER 2002, SASSENBURG 2008).

Die aus für die Forschung eingesetzten Zuchtpopulationen stammenden Degus werden von SPORON und METTLER (2002) und GUMNIOR (2010) als relativ klein und gedrungen mit kleinem Schädel, kurzem Schwanz und dunkel pigmentierten Ohren sowie einem fließendem Übergang der Fellfärbung von der Oberseite hin zur Unterseite beschrieben. Die Wildfänge dagegen sind größer mit längerem Schädel und Schwanz, helleren Ohren und die Färbung des Felles ist zwischen Ober- und Unterseite scharf abgegrenzt. Es ist bisher nicht geklärt, ob die morphologischen Unterschiede auf jahrelange Inzucht bei den Laborstämmen zurückzuführen sind oder ob es sich um verschiedene Arten oder nicht differenzierte Unterarten handelt. Die teilweise stark variierenden Angaben zur Morphologie, Anatomie und Physiologie des Degus können nach den Autoren auf die Beschreibung verschiedener (Unter-) Arten, aber auch unwissentliche Kreuzung der Arten zurückzuführen sein (SPORON und METTLER 2002, GUMNIOR 2010).

Die Hardersche Drüse des Degus zeigt geschlechtsspezifisch histologische Unterschiede, unter anderem bei weiblichen Tieren eine große Zahl an Immunzellverbänden, die eine Funktion der Drüse als lymphatisches Organ vermuten lassen (TOLIVIA et al. 1992, ANTOLÍN-GONZÁLEZ et al. 1993). Diese kreisförmige Tränendrüse produziert wie bei der Ratte auch Porphyrine (ANTOLÍN-GONZÁLEZ et al. 1993), die ihrem Sekret eine rötliche Farbe verleihen und dann bei Hypersekretion fälschlicherweise vom Tierhalter als „Bluttränen“ oder Nasenbluten interpretiert werden können (TREMBLAY 2005, FEHR et al. 2008).

Die Lebenserwartung von Degus in freier Wildbahn variiert zwischen ein und zwei Jahren (MESERVE et al. 1993). In menschlicher Obhut hingegen können die Tiere sehr wohl ein Alter zwischen 5 – 10 Jahren erreichen (GOEL und LEE 1995, NAJECKI und TATE 1999, JOHNSON 2002, RAFTERY 2010).

2.4.2 Verdauungstrakt

Vergleichbar mit anderen Nagern besitzt der Degu insgesamt 20 Zähne (Zahnformel: I 1/1, C 0/0, P 1/1, M 3/3). Zwischen den Incisivi und den Prämolaren ist ein *breites Diastema* ausgebildet. Die Incisivi sind auf ihrer Vorderseite mit einer orangegelben, sehr widerstandsfähigen Schmelzschicht behaftet. Die dadurch verursachte ungleichmäßige Abnutzung der Schneidezähne verleiht ihnen ihre typische Meißelform und beständige Schärfe (GUMNIOR 2010). Die Backenzähne sind hypsodont. Die Schmelzfalten bilden auf der Kaufläche die Form einer „Acht“. Zwar ist dieses Merkmal verglichen mit anderen Arten der Familie *Octodontidae* nach HUTTERER (1994) nicht sehr ausgeprägt, jedoch kann innerhalb der Gattung *Octodon* anhand der *Tiefe* der Schmelzfalten eine Differenzierung der vier Degu-Arten vorgenommen werden.

Der Magen des Degus ähnelt dem des Meerschweinchens (GONZÁLEZ 1990). Beide Spezies besitzen einen einhöhligen Drüsenmagen, der in eine *Pars cardiaca*, einen *Fundus ventriculi*, einen *Corpus ventriculi* und eine *Pars pylorica* einzuteilen ist. Auf der inneren Magenoberfläche fehlt der *Margo plicatus*, der für gewöhnlich die Magenschleimhaut makroskopisch in eine *Pars nonglandularis* und eine *Pars glandularis* unterteilt. Die Magenwand beschreibt FISCHER (1940) als relativ dünn. Die Länge des Magens variiert zwischen 5,1 und 6,6 cm (BENNETT 1841, GORGAS 1966).

Der Dünndarm unterscheidet sich anatomisch nicht von dem anderer kleiner Nager (GONZÁLEZ 1990). Seine Länge reicht von 63,1 bis 91,5 cm (BENNETT 1841, GORGAS 1966, NAYA et al. 2008, SABAT und BOZINOVIC 2008).

Schrifttum

Am Caecum sind drei Abschnitte zu unterscheiden: das *Caput caeci*, das *Corpus caeci* und die *Apex caeci*. An den Seitenflächen des Blinddarmes zeigen sich rechts die *Taenia caeci dextra* und links die *Taenia caeci sinistra*. Es sind weder eine *Plica iliocaecalis* noch eine *Plica caecocolica* ausgebildet, was wohl neben dem caecalen Füllungszustand ausschlaggebend für die große Lagevariation des Caecums in der Bauchhöhle sein dürfte (GONZÁLEZ 1990, GONZÁLEZ und FEDER 1997). Das *Corpus caeci* kann sich in seiner Form als sackförmig, schneckenförmig, s- und u-förmig darstellen. Die Länge des Caecums variiert zwischen 7,2 und 9,5 cm (BENNETT 1841, GORGAS 1966, NAYA et al. 2008).

Das Colon ascendens besteht aus zwei aufeinander liegenden, in den meisten Fällen schneckenförmigen Schleifen (*Gyrus centrifugalis* und *Gyrus centripetalis*), die jeweils um 540° gewunden vorliegen (GONZÁLEZ 1990, GONZÁLEZ und FEDER 1997). FISCHER (1940) beschreibt sie als zwei parallel verlaufende, hintereinander liegende Schlingen, die rechts in der Bauchhöhle gelagert sind. Die Gesamtlänge des Dickdarmes variiert zwischen 37,1 und 50,5 cm (BENNETT 1841, GORGAS 1966, NAYA et al. 2008, SABAT und BOZINOVIC 2008). Die relative Länge der Darmabschnitte (Dünn-, Dick- und Blinddarm) beträgt 63, 31 sowie 5,9 % der Gesamtdarmlänge und die relative Gesamtlänge des Darms wird mit dem 7,8fachen der Körperlänge angegeben (GORGAS 1966). Das Rektum bei männlichen Tieren ist aufgrund des Fettpolsters, welches die Hoden umgibt, länger als bei weiblichen Tieren (GONZÁLEZ 1990). Für die Passagezeit fester Ingesta ist ein Wert von 5,1 Stunden und für flüssige Ingesta ein Wert von 5,2 Stunden in der Literatur angegeben. Die mittlere Verweildauer beträgt 15,5 Stunden für feste Bestandteile sowie 19,4 Stunden für flüssige Bestandteile der Ingesta (SAKAGUCHI und OHMURA 1992); bei anderen Spezies verhält es sich normalerweise umgekehrt.

Die Leber besteht aus einem *Lobus dexter lateralis*, einem *Lobus dexter medialis*, einem *Lobus quadratus*, einem *Lobus sinister medialis*, einem *Lobus sinister lateralis* sowie einem in *Processus papillaris* und *Processus caudatus* unterteilten *Lobus caudatus*. Die relativ kleine Gallenblase liegt zwischen dem *Lobus quadratus* und

Lobus hepatis dexter medialis und ist weder von der *Facies parietalis* noch von der *Facies visceralis* der Leber aus zu sehen. Ein *Ligamentum hepatorenale* ist beim Degu nicht ausgebildet (GONZÁLEZ 1990). Das Gewicht der Leber (in g Trockensubstanz) variiert zwischen 5,93 und 7,55 g (SABAT und BOZINOVIC 2008).

Die Phosphorylierung von Glukose bzw. Hexosen in der Leber erfolgt mittels eines Isoenzymkomplexes aus den Isoenzymen (Phosphotransferasen) A, B, C und D. Das Isoenzym D wird auch als Glukokinase bezeichnet, da es relativ spezifisch an Glukose bindet und seine Aktivität nicht durch das Reaktionsprodukt Glukose-6-Phosphat gehemmt wird. Die Isoenzyme A – C gehören zu den Hexokinasen. Sie weisen keine spezifischen Bindungsaffinitäten auf und ihre Aktivität wird durch ihre Reaktionsprodukte gehemmt (VON ENGELHARDT und BREVES 2005). URETA et al. (1971a, b) haben die Aktivität dieses Isoenzymkomplexes u. a. auch beim Degu untersucht und finden eine 80%ige Aktivität der Glukokinase, wohingegen die Aktivität der Hexokinase nur circa 20 % der gesamten Phosphorylierungsaktivität ausmacht. Eine Ausnahme bildet das Meerschwein, dessen Glukokinase-Aktivität nur etwa 50 % erreicht. Eine Nahrungskarenz von bis zu 72 Stunden führt bei Ratte, Maus und Hamster – jedoch nicht bei Meerschweinchen und Degu – zu einer Abnahme der Glukokinase-Konzentration, während die Konzentration der Hexokinase sich bei allen getesteten Spezies nicht wesentlich von der nicht nüchternen Tiere unterscheidet. Der Degu zeigt mit Ratte und Maus höhere Glukokinase-Spiegel im Vergleich zu Hamster und Meerschweinchen. Der Einfluss einer Nahrungskarenz auf den Glukokinase- sowie Hexokinase-Spiegel kann weder für den Degu noch für das Meerschweinchen nachgewiesen werden (URETA et al. 1971a, b)

Das Pankreas ist in seiner Form amorph, jedoch lassen sich ein *Lobus dexter*, ein *Corpus* und ein *Lobus sinister* unterscheiden. Zwischen dem *Lobus pancreatis dexter* und dem *Corpus pancreatis* besteht eine Verbindung, die einen von Drüsengewebe umschlossenen Hohlraum bildet, das *Fenestra pancreatici*, welches durch eine vom

Mesoduodenum gebildete Serosadoppellamelle geschlossen wird (GONZÁLEZ 1990).

Die Langerhansschen Inseln des Pankreas bestehen aus vier unterschiedlichen Zelltypen: den glukagonbildenden α -Zellen, den insulinproduzierenden β -Zellen, den somatostatinbildenden D-Zellen und den PP-Zellen, welche das so genannte Pankreaspolypeptid synthetisieren. Für die Regulation des Glukosespiegels im Blut sind nur die α - und β -Zellen von Bedeutung. Das Insulin ist ein Peptidhormon, das aus zwei über Disulfidbrücken verbundene Aminosäureketten besteht, welche sich in ihrer Anzahl der Aminosäuren unterscheiden. Die so genannte A-Kette besteht aus 21 Aminosäuren und die B-Kette aus 30 Aminosäuren (NEVILLE et al. 1974, VON ENGELHARDT und BREVES 2005). Schon bei dieser Primärstruktur des Insulins weist der Degu nach Untersuchungen von HELLMANN et al. (1990) sowie NISHI und STEINER (1990) einen bedeutenden Unterschied zu anderen Säugetieren auf. Die A-Kette des Insulinmoleküls besteht beim Degu aus 23 Aminosäuren und die B-Kette setzt sich aus 29 Aminosäuren (HELLMANN et al. 1990) zusammen. Die Aminosäuresequenz des Insulins sowie des Glukagons weichen, wie auch beim Meerschweinchen, stark von der anderer Säuger ab (NISHI und STEINER 1990). Die detaillierten spezies-spezifischen Unterschiede in der Aminosäuresequenz der *Hystricomorpha* sind bei NEVILLE et al. (1973), NISHI und STEINER (1990) sowie HELLMANN et al. (1990) beschrieben.

Obwohl sich die Blutglukosekonzentrationen von Degus und anderen hystricomorphen Nagern nicht wesentlich von denen anderer Säugetiere unterscheiden, stellen OPAZO et al. (2004) eine herabgesetzte biologische Aktivität des Insulins von 1 – 10 % im Vergleich zu anderen Säugetieren fest. NISHI und STEINER (1990) schließen aus der molekularen Struktur des Glukagons auch auf eine Verringerung dessen biologischer Aktivität als logische evolutionäre Notwendigkeit des in seiner Wirkungsintensität geminderten Insulins. Analysen von Blutglukosewerten wild lebender Degus weisen weder Abweichungen zu ihren unter Laborbedingungen gehaltenen Artgenossen noch zu anderen Säugern auf. Aufgrund dieser Ergebnisse ist von Kompensationsmechanismen bei der Regulation des

Blutzuckerspiegels auszugehen (OPAZO et al. 2004), wie sie z. B. das Meerschweinchen in Form einer erhöhten Insulin-Konzentration aufweist (KIND et al. 2003). Zudem werden eine erhöhte Anzahl oder gesteigerte Sensitivität der Insulinrezeptoren angenommen, jedoch stehen hier bisher weitergehende Untersuchungen aus.

Nach einer Studie von JENNESS et al. (1980) ist der Degu trotz der taxonomischen Verwandtschaft und ernährungsphysiologischen Ähnlichkeiten zum Meerschweinchen aufgrund einer ausreichenden Eigensynthese *nicht* auf die Supplementierung von Vitamin C angewiesen.

2.4.3 Koprophagie

Nach Untersuchungen von SAKAGUCHI und OHMURA (1992) gibt es keinen Hinweis dafür, dass der Degu einen Separationsmechanismus im Caecum aufweist, wie er für das Kaninchen belegt ist (PICKARD und STEVENS 1972). Kaninchen sind durch Separation faserreicher Bestandteile aus dem Caecumchymus in der Lage, zwei Arten von Kot abzusetzen. Der faserreiche „Hartkot“ wird von ihnen nicht wieder aufgenommen, wohingegen der faserarme und proteinreiche „Weichkot“, die Caecotrophe, von Kaninchen direkt vom Anus abgenommen und gefressen wird (MADSEN 1939, HARDER 1949). Die beim Kaninchen stattfindende Caecotrophie ist für Degus nicht zutreffend (SAKAGUCHI und OHMURA 1992). Sie betreiben ausschließlich Koprophagie.

Degus nehmen durchschnittlich 38 % ihres in 24 Stunden produzierten Kotes wieder auf, davon 87 % in der Nacht (KENAGY et al. 1999). Wird den Tieren der Zugang zum Futter verwehrt, zeigen sie in dieser Zeit vermehrt Koprophagie. Außerdem ist zu beobachten, dass Degus wie auch andere Nager ihre Kotpellets haptisch und gustatorisch selektieren, bevor sie den zur Wiederaufnahme gewählten Kot vor dem Abschlucken nochmals intensiv kauen. Im Gegensatz dazu schlucken Kaninchen ihre Caecotrophe unzerkaut ab (MADSEN 1939, KENAGY et al. 1980). Welchen Kriterien das vor der eigentlichen Koprophagie gezeigte Selektionsverhalten

unterliegt, ist unklar, da makroskopisch kein Unterschied in Struktur und Form zwischen abgesetzten und wieder aufgenommenen Kotpellets besteht. Weiterführende Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung von wieder aufgenommenen Kotpellets beim Degu fehlen. Das „Wieder“kauen des Kotes erleichtert den Aufschluss der darin enthaltenen Nährstoffe, v. a. der Rohfaser, deren Anteil im Kot des Degus mangels Separationsmechanismus (SAKAGUCHI und OHMURA 1992) höher sein dürfte als in der Caecotrophe des Kaninchens.

Die Koprophagie bei kleinen Pflanzenfressern stellt eine Adaption an die aus der höheren Stoffwechselrate resultierenden kurzen Passagezeit der Ingesta dar, deren Dauer durch die Wiederaufnahme des Kotes gewissermaßen verlängert wird (SAKAGUCHI 2003). Auch die eingeschränkte verdauungsphysiologische Anpassungsfähigkeit der Degus wird bei sinkender Futterqualität oder höherem Energiebedarf mittels Koprophagie ausgeglichen (KENAGY et al. 1999).

Mit Hilfe eines mathematischen Modells hat ALEXANDER (1993) versucht, den energetischen Nutzen der Koprophagie zu berechnen, mit dem Ergebnis, dass „Dickdarm-Verdauung“ mit relativ kleinen „Gärkammern“ am meisten von dieser Strategie profitieren. Nährstoffärmere, faserreiche Ernährung schneidet bei dieser „Kosten-Nutzen-Rechnung“ für Koprophagie besser ab als eine nährstoffreiche und faserarme Ernährung. Damit bestätigt er auch DEMMENT und VAN SOEST (1985) in ihrer Annahme, dass das Vormagen-System der Wiederkäuer für Tiere kleinerer Körpergröße weniger energieeffizient ist.

Nachweise für die Aufnahme von Vitaminen, Aminosäuren, Fettsäuren, die teilweise erst durch die mikrobielle Darmflora produziert werden, aber auch die wiederholte Aufnahme von Mineralstoffen oder Spurenelementen, sind für den Degu in der Literatur nicht zu finden. Jedoch sind sie bei Kaninchen (KULWICH et al. 1953, THACKER und BRANDT 1955, PICKARD und STEVENS 1972, JÉCSAI et al. 1985, TELEKI et al. 1985, WILLIAMS und SENIOR 1985) und Ratte (BARNES und

FIALA 1959, BARNES 1962, KWONG und BARNES 1975, GALEF 1979) nachgewiesen und könnten daher eventuell auch beim Degu von Bedeutung sein.

2.4.4 Wasserhaushalt

Degus sind als Bewohner von trockenen bis wüstenähnlichen Lebensräumen an das saisonal variierende Wasserangebot nicht nur ethologisch (MESERVE 1981, MESERVE et al. 1983 u. 1998, KENAGY et al. 1999, BOZINOVIC et al. 2003), sondern auch physiologisch angepasst (BOZINOVIC und GALLARDO 2006). So können GALLARDO et al. (2008) aus dem komplexen Aufbau der Nasenmuscheln und dem Vorkommen bestimmter Aquaporine (APQ) im Nasenepithel darauf schließen, dass Degus ihren Wasserverlust auch über die **Nase** verringern können. CORTÉS et al. konnten schon 1990 eine Rückresorption von 52 % des Wassers aus der Atemluft ermitteln.

Zum anatomischen Aufbau der **Niere** des Degus liegen nur wenige wissenschaftliche Studien vor (FONDA und HORST 1976). Die glatte, einwarzige Niere zeigt eine relativ gut ausgebildete Medulla mit sekundären Markpyramiden. Die prominenten Nierenpapillen ragen in ein komplexes Nierenbecken mit nicht näher beschriebenen „spezialisierten“ Nierengewölben. Angaben zu Größe sowie Gewicht der Nieren fehlen. Bisher geben nur SABAT und BOZINOVIC (2008) als Gewicht einer einzelnen Niere zwischen 1,34 und 1,93 g TS an. Histologische Untersuchungen von BOZINOVIC et al. (2003) zeigen, dass die Nieren von Degus eine gewisse Anpassung an das saisonal variierende Wasserangebot ihres Lebensraums besitzen. Im Sommer gefangene Degus weisen, aufgrund der im sehr trockenen chilenischen Sommer gesteigerten Wasserresorption, eine größere Anzahl an APQ-2 auf, als im Winter gefangene Tiere. Entsprechend können BOZINOVIC et al. (2003) ein gesteigertes Harnkonzentrationsvermögen bei verminderter Wasseraufnahme nachweisen. BELLAMY und WEIR (1972) untersuchten unter anderem das Vermögen zur Harnkonzentrierung einiger *Hystricomorpha*. Dabei erreicht das Chinchilla die höchste Harnkonzentration mit 1808 mOsmol/L, dicht gefolgt vom Degu mit 1708 mOsmol/L. Das Meerschweinchen weist im Vergleich zu Chinchilla

und Degu die niedrigste Harnkonzentration mit 1045 mOsmol/L auf. In einer Studie von CORTÉS et al. (1990) werden beim Degu unter Wasserentzug 4338 mOsmol/L als höchste Harnkonzentration gemessen.

Der histologische Aufbau der Colonwand des Degus zeigt drei Arten von Aquaporinen (AQP-1, AQP-3 und AQP-8), die an der Rückresorption von Wasser aus dem **Colon** beteiligt sind. Die weite extraepitheliale Verteilung von AQP-3 erklären die Autoren als Adaption an ihren wüstennahen Lebensraum, um den fäkalen Wasserverlust zu minimieren (GALLARDO et al. 2002).

Trotz aller physiologischen Anpassung an ihr wasserarmes Habitat verlieren Degus Körperwasser, dessen Gesamtverlust sich aus Verdunstung (38 %), renalen Verlusten (50 %) sowie Kotwasser (ca. 10 %) zusammensetzt (CORTÉS et al. 1988).

2.4.5 Geschlechtsorgane und Reproduktion

Die Geschlechtsdifferenzierung beim Degu ist schon direkt nach der Geburt durch Adspektion der Anogenitalregion möglich. Hierbei ist der Abstand zwischen Anus und dem bei Weibchen ausgeprägten *Präputium clitoridis* bzw. dem männlichen *Präputium penis* zu beachten. Beim männlichen Tier ist dieser Abstand mit 5 – 10 mm sichtbar größer als beim weiblichen Tier mit 3 – 6 mm (GUMNIOR 2010).

Wie bei allen Hystricomorpha ist auch bei männlichen Degus kein Skrotum ausgebildet (WEIR 1974). Die Hoden liegen intraabdominal im Inguinalbereich (fakultativer Kryptorchismus) mit ausgebildetem Hodenfettkörper. Das Hodenwachstum beginnt im Alter von zwei Monaten und ist etwa im Alter von einem halben Jahr abgeschlossen. Parallel mit dem Hodenwachstum fängt auch die Spermatogenese an, die mit ungefähr vier Monaten ihr Plateau erreicht (HUMMER et al. 2007). Als akzessorische Geschlechtsdrüsen liegen Prostata, Bulbourethral- sowie die Samenblasendrüse vor. Der Penis ist 16 mm lang und enthält einen Penisknochen. Die *Glans penis* ist 10 x 3,5 mm groß und weist ventral der Harnröhrenöffnung eine sackartige Einstülpung auf, welche bei adulten Tieren

zwei bis drei dünne, spitz zulaufende Spikula beherbergt (CONTRERAS und BUSTOS-OBREGÓN 1980, FEHR et al. 1994). Diese Spikula sind erstmalig nach zweieinhalb Monaten sichtbar und nach einem weiteren Monat voll entwickelt (HUMMER et al. 2007).

Weibliche Tiere haben vier Zitzenpaare, von denen drei Paare lateral und ein Paar inguinal angelegt sind (WEIR 1974). Ähnlich wie bei anderen Hystricomorpha wird die Vaginalöffnung durch eine Membran verschlossen (REYNOLDS und WRIGHT 1979), die sich nach Untersuchungen von LABYAK und LEE (1995) sowie MAHONEY et al. (2011) bei adulten Tieren in einem Zyklus von 21 Tagen für zwei bis fünf Tage im Proöstrus sowie Östrus öffnet. Rötung und Schwellung des Perineums sowie weißlicher Vaginaausfluss können nur bedingt als Merkmal für die Östrusbestimmung herangezogen werden, da sie in ihrer Ausprägung stark variieren (COLBY et al. 2012). Die erste Öffnung der vaginalen Membran geben HUMMER et al. (2007) mit einem Alter von drei bis dreieinhalb Monaten an. Der Zyklus weiblicher Degus umfasst sowohl eine spontane Ovulation als auch die Bildung von Gelbkörpern (MAHONEY et al. 2011). Nach EWRINGMANN und GLÖCKNER (2005) besitzen Degus einen *Uterus duplex*, dessen beide Hörner jeweils mit einer eigenen Cervix in die Vagina münden. Trächtige Degus entwickeln wie der Mensch eine *Placenta haemochorialis* mit einer Schicht Syncytiotrophoblasten, die der Trennung des fetalen vom maternalen Blutkreislauf dienen. Aus diesem Grund werden sie auch auf dem Gebiet der Plazentaforschung in der Humanmedizin eingesetzt. Die genauen anatomischen Gegebenheiten sind bei BUFFET et al. (2007), MESS et al. (2007) sowie BOSCO und BUFFET (2008) beschrieben.

Der Beginn der Geschlechtsreife ist für beide Geschlechter in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben und reicht von sieben Wochen bis zu sechs Monaten. LONG und EBENSPERGER (2010) erwähnen sieben Wochen bei weiblichen und 12 Wochen bei männlichen Degus als Beginn der Pubertät. KLEIMAN (1974) sowie WILSON und KLEIMAN (1974) beschreiben den Anfang der Geschlechtsreife mit

vier bis sechs Monaten. Bei Böcken ist diese erstmals mit zwei Monaten und bei Weibchen mit drei Monaten zu beobachten, wobei sich der Eintritt bei inadäquater Fütterung jedoch bis zum sechsten Lebensmonat verzögern kann (COLBY et al. 2012). Vermutlich wurden bei der Feststellung der Geschlechtsreife verschiedene Definitionen angewandt oder es existiert eine gewisse Variabilität, die von äußeren Faktoren beeinflusst wird, wie z. B. ein ausreichendes Nahrungsangebot.

Wildlebende wie auch in Gefangenschaft lebende Degus pflanzen sich saisonal fort. Der Östrus der Weibchen beginnt im chilenischen Spätherbst (Mai – Juli) und zu Beginn des Frühjahrs (September – Oktober) kommen die ersten Jungen zur Welt (REYNOLDS und WRIGHT 1979, EBENSPERGER et al. 2002, BOZINOVIC et al. 2004, EBENSPERGER und HURTADO 2005a, b). Nach Beobachtungen von FULK (1976) kann die Paarungszeit bei wildlebenden Degus je nach Lage des Verbreitungsgebietes länger oder kürzer sein. Die Trächtigkeit dauert zwischen 86 und 95 Tagen (WEIR 1970, WEIR 1974, LEE 2004, VELOSO und KENAGY 2005, KEEBLE und MEREDITH 2009). Das in der Frühträchtigkeit sehr langsame fetale Wachstum steigert sich in den letzten drei Wochen der Trächtigkeit (ROBERTS und PERRY 1974, LONG und EBENSPERGER 2010). Degus können während der Trächtigkeit bis zu 76 % ihrer ursprünglichen Körpermasse zunehmen (LONG und EBENSPERGER 2010).

Die Wurfgröße kann stark variieren und beträgt im Durchschnitt 6 ± 1 Tiere/Wurf (EBENSPERGER et al. 2002, 2007). Degus sind Nestflüchter, demnach kommen die Jungtiere voll entwickelt mit einer Länge von circa vier Zentimetern zur Welt (REYNOLDS und WRIGHT 1979). Jedoch ähnelt das Fell der Jungtiere in den ersten zwei Lebenswochen noch eher einem Flaum (LONG und EBENSPERGER 2010) und sie sind auch erst ab dem achten Lebenstag bzw. bei einem Körpergewicht von über 20 g fähig, ihre Körpertemperatur selbstständig zu regulieren (ROSEN 1975). Augen und Ohren öffnen sich unmittelbar nach der Geburt und die Zähne sind ebenfalls zu diesem Zeitpunkt durchgebrochen (REYNOLDS und WRIGHT 1979,

VELOSO und KENAGY 2005, LONG und EBENSPERGER 2010). Das Geburtsgewicht eines Degus beträgt nach Beobachtungen von LONG und EBENSPERGER (2010) 5 – 6 % der maternalen Körpermasse und wird im Durchschnitt mit 14 g pro Tier angegeben (amerikanische Degu-Kolonie; WOODS und BORAKER 1975). Männliche Degus sind zum Zeitpunkt der Geburt signifikant schwerer als die weiblichen Jungtiere und haben auch innerhalb der ersten zwei Lebenswochen signifikant höhere Zuwachsraten. Adulte Degus zeigen dagegen keinen ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus mehr (LONG und EBENSPERGER 2010).

Die tägliche Zunahme bei Jungtieren in den ersten 14 Lebenstagen beläuft sich auf durchschnittlich 2 g pro Tier und Tag (REYNOLDS und WRIGHT 1979, LONG und EBENSPERGER 2010). Obwohl Jungtiere schon ab dem sechsten Lebenstag feste Nahrung aufnehmen (REYNOLDS und WRIGHT 1979), können sie diese erst ab dem 15. Lebenstag in ausreichendem Maße verdauen (VELOSO 1997). Die Säugezeit beträgt vier bis sechs Wochen (WEIR 1970, KLEIMAN 1974, VELOSO und KENAGY 2005) und wird in eine frühe (Tag 0 – 8), mittlere (Tag 15 – 21) und späte (Tag 26 – 40) Laktationsphase eingeteilt (VELOSO und KENAGY 2005). Über den gesamten Laktationszeitraum weist die Milch die in Tabelle 1 dargestellte Nährstoffzusammensetzung auf. Der Energiegehalt bleibt ebenfalls konstant. Der Hauptenergieträger in der Degu-Milch ist das Fett mit 70 %, gefolgt vom Protein, das nur 20 % der Gesamtenergie in der Milch ausmacht (VELOSO und KENAGY 2005).

Tab. 1: Nährstoffzusammensetzung (in %) und Energiegehalt der Milch von Degus

TS	Ra	Rp	Rfe	Laktose	GE (kJ/mL)
26,9 ± 5,8	2,7 ± 0,8	4,4 ± 0,4	17,3 ± 5,5	3,1 ± 0,3*	4,0 ± 0,8

*Frühlaktation, Quelle: VELOSO und KENAGY (2005)

Einzig der Anteil an Kohlenhydraten (Laktose) variiert zwischen $3,1 \pm 0,3$ % in der frühen Laktationsphase und $1,0 \pm 0,3$ % in der späten Laktationsphase. Der Energiegehalt aus Kohlenhydraten sinkt von 13,2 % auf 5,1 % zum Ende der Laktation (VELOSO und KENAGY 2005).

Mit Abnahme des Kohlenhydratgehaltes der Milch sinkt auch die Laktaseaktivität bei den Jungtieren, während die Aktivität der Invertase (früher: Saccharase) zunimmt (SABAT und VELOSO 2003). Schon während der Trächtigkeit überträgt das Muttertier Antikörper (IgG) an seine Feten. Nach der Geburt werden über die Milch nur noch IgA-Globuline von der Mutter auf den Nachwuchs weitergegeben (BECKER et al. 2007). Eine Übertragung von Antikörpern wurffremder Deguweibchen wird ebenfalls vermutet, da weibliche Degus ihren Nachwuchs auch gemeinschaftlich aufziehen bzw. säugen (BECKER et al. 2007). Laktierende Degus kompensieren ihren erhöhten Energiebedarf nicht durch die Aufnahme von Futter mit einer höheren Energiedichte, sondern durch Steigerung der Futtermenge (VELOSO und BOZINOVIC 2000a, 2003, NAYA et al. 2008). Aber auch morphologisch passt sich der Verdauungstrakt an den höheren Energiebedarf durch Zunahme von Länge und Oberfläche des Magens und des Caecums an. Das abdominale Fettgewebe ist im Vergleich zu nicht laktierenden Degus reduziert (NAYA et al. 2008).

2.5 Verdauungskapazität des Degus im Vergleich zu anderen Kleinnagern

Aufgrund seiner herbivoren Ernährungsweise und seines anatomisch sowie physiologisch daran angepassten Verdauungsapparates zählt der Degu zu den so genannten „Dickdarm-Verdauern“ (KENAGY et al. 1999, SAKAGUCHI 2003), genauer gesagt den „Caecum-Fermentern“ (HUME und FAICHNEY 1999, HUME und SAKAGUCHI 1991).

Im Gegensatz zu Kaninchen, Meerschweinchen oder Chinchilla, die ebenfalls zu den „Dickdarm-Verdauern“ zählen, liegen zur Verdauungskapazität beim Degu bisher nur wenige wissenschaftliche Studien vor. So vergleichen SAKAGUCHI und OHMUHRA (1992) die Roh Nährstoffverdaulichkeit sowie die Verweildauer von Ingesta bei

Schrifttum

Meerschweinchen (*Cavia porcellus*), Degu (*Octodon degus*) und Blattohrmäusen (*Phyllotis darwini*). Das Meerschweinchen zeigte beim Angebot von Luzernegrünmehlpellets mit 40,5 % Rohfaser die höchste Rohfaserverdaulichkeit vor dem Degu mit 33,3 % und der Blattohrmaus mit 18,3 %. Für Rohfett und N-freie Extraktstoffe (NfE) wurden bei Degu und Blattohrmaus allerdings höhere Verdaulichkeiten ermittelt als beim Meerschweinchen. Die Passage-Geschwindigkeiten des Chymus variierten in Abhängigkeit von der Körpermasse der Tiere. So konnten bei Meerschweinchen eine mittlere Verweildauer von 17,1 Stunden, beim Degu von 15,5 Stunden und bei der Blattohrmaus von 8,8 Stunden ermittelt werden. In einer ähnlichen Studie von SAKAGUCHI et al. (1987) wurde unter anderem auch die Rohfaserverdaulichkeit bei Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte und Hamster bestimmt. Dabei zeigte das Meerschweinchen mit 33,6 % die höchste Verdaulichkeit für Rohfaser, wohingegen das Kaninchen mit 10,4 % die niedrigsten Werte aufwies. Der Rfa-Gehalt im angebotenen Futter betrug 13,7 % Rohfaser in der Trockensubstanz. Zur Übersicht sind einige Daten aus o. g. und weiteren Verdaulichkeitsstudien für den Degu und drei praxisrelevante Heimtierarten in Tabelle 2 aufgeführt.

Tab. 2: Rohrnährstoffverdaulichkeiten (Angaben in %) bei Angebot eines pelletierten Alleinfutters an Degus und andere Kleinsäuger

	Degu	Chinchilla	Meerschweinchen	Kaninchen
TS	69,9 (14,4) ¹	65,7 (15,9) ²	73,0 (14,4) ¹	60,1 (13,7) ⁹
oS	46,8 (57,0*) ⁸	60,0 (19,4) ⁴	64,6 (19,4) ⁴	54,9 (19,4) ⁴
	62,1 (35,0*) ⁸	62,7 (16,0) ⁵	64,0 (16,2) ⁷	60,5 (16,7) ³
	71,6 (14,4) ¹	59,9 (15,8) ⁶	73,3 (14,4) ¹	60,5 (13,7) ⁹
Rp	72,6 (14,4) ¹	72,0 (15,9) ²	72,6 (14,4) ¹	65,6 (13,7) ⁹
Rfe	87,8 (14,4) ¹	-	82,1 (14,4) ¹	77,3 (13,7) ⁹
Rfa	33,1 (57,0*) ⁸	29,8 (19,4) ²	41,1 (19,4) ⁷	19,2 (16,7) ⁴
	33,3 (14,4) ¹	33,0 (15,9) ⁴	40,5 (14,4) ¹	10,4 (13,7) ⁹
NfE	84,7 (14,4) ¹	-	80,4 (14,4) ¹	66,7 (16,7) ³

Werte in Klammern: Rfa-Gehalt des Futters in % d. TS, *NDF, ¹SAKAGUCHI u. OHMURA (1992), ²SCHWABE (1995), ³ZUMBROCK (2002), ⁴WENGER (1997), ⁵SCHRÖDER (2000), ⁶HANSEN (2012), ⁷MEYER et al. (1996), ⁸BOZINOVIC (1995), ⁹SAKAGUCHI et al. (1987)

Bei nicht signifikanten Änderungen der Verdaulichkeitsraten unter steigendem NDF-Gehalt im Futter (35 – 57 % NDF in der TS) nimmt sowohl das Ingestavolumen als auch die Dauer der Passagezeit zu. Degus decken bis zu 40 % ihres Erhaltungsstoffwechsels aus der Verdauung von Rohfaser (BOZINOVIC 1995). So zeigt der Degu bei Angebot verschiedener in Stärke- und Proteingehalt variierender Futtermitteln weder eine Veränderung der Verdaulichkeitsraten für Protein oder Stärke noch eine morphologische Anpassungsfähigkeit seines Verdauungstraktes (SABAT und BOZINOVIC 2008).

2.6 Mineralstoffhaushalt bei Degus im Vergleich zu anderen Kleinnagern

Der Mineralstoffhaushalt des Degus ist im Vergleich zu anderen kleinen Nagern bisher kaum oder gar nicht erforscht. Erstmals erhoben BELLAMY und WEIR (1972) an Degus Daten zum Ausscheidungsverhalten von Mengenelementen, indem sie die Harnkonzentration bei *Hystricomorpha* untersuchen. Sie stellten fest, dass die Na-Konzentration im Urin aller getesteten Spezies nachts höher war als am Tag. Mit

dem nächtlichen Konzentrationsanstieg des Natriums zeigte sich ausschließlich beim Degu ein Abfall der K-Konzentration im Harn. Im Vergleich zur Ratte zeigen alle getesteten *Hystricomorpha* ein höheres Konzentrierungsvermögen von Kalium als von Natrium. Die Mg- und Ca-Konzentrationen im Harn sind am höchsten beim Chinchilla (23,9 – 48,2 mmol_{Mg}/L bzw. 4,5 – 24,6 mmol_{Ca}/L) und am niedrigsten beim Degu mit 1,6 – 5,7 mmol_{Mg}/L bzw. 2,5 – 9,3 mmol_{Ca}/L. Zwischen den Spezies variieren die Cl-Konzentrationen am stärksten. Sie sind meist geringer als die Summe der Natrium und K-Konzentrationen (BELLAMY und WEIR 1972).

In Studien mit variierenden Ca : P-Verhältnissen führt ein ungünstiges Verhältnis von 1 : 1 in der Ration schon drei Wochen nach Fütterungsbeginn zu einer angeblichen Entfärbung der Incisivi (JEKL et al. 2011c, d). Zudem zeigen sich Anorexie und Gewichtsverlust, die aus einer abnormen Verlängerung der Schneide- sowie Backenzähne resultieren. Auch in der Versuchsgruppe mit einem Calcium-Phosphor-Verhältnis von 2 : 1 treten moderate apikale Verlängerungen der Zähne auf, jedoch zeigen die Tiere nicht das dafür typische klinische Erscheinungsbild. Dieses moderat erhöhte, apikale Zahnwachstum lässt sich auf einem Mangel an strukturierter Rohfaser und ungenügender Kauaktivität bei diesem Fütterungsmanagement zurückführen (JEKL et al. 2011c, d).

Beim **Chinchilla** konnten bei Angebot von Futtermitteln mit variierendem Ca-Gehalt mittlere Ca-Konzentrationen von 22,4 – 95,8 mg/dL und P-Konzentrationen von durchschnittlich 2,68 – 11,3 mg/dL im Harn analysiert werden (HANSEN 2012). Die Elimination von Calcium sowie Phosphor erfolgte jedoch mit einem Anteil von mehr als 80 % der aufgenommenen Menge größtenteils über den Kot und mit nur 0,2 – 3 % über den Harn. Die Verdaulichkeitsraten für Calcium und Phosphor variierten dabei zwischen -78,7 und 72,4 % für Calcium sowie -54,6 und 19,6 % für Phosphor. Während ein Einfluss hoher Ca-Aufnahmen auf den Ca-Spiegel im Blut beobachtet wurde, blieb ein Effekt auf das Wachstum sowie den Abrieb der Incisivi aus (HANSEN 2012).

Beim **Kaninchen** führen hohe Ca-Aufnahmen über eine Steigerung der Ca-Verdaulichkeit zu hohen Ca-Gehalten im Blut sowie einer renalen Exkretion des absorbierten Calciums von bis zu über 90 % (KAMPHUES et al. 1986). Mit Steigerung der Ca-Verdaulichkeit sinkt die Verdaulichkeit des Phosphors auf unter 10 %, was vermutlich auf die Bildung schwer löslicher Ca-P-Verbindungen im Darm zurückzuführen ist. Die Steigerung der Mg-Verdaulichkeit bei hohen Ca-Aufnahmen erklären die Autoren damit, dass Ca-Ionen vermehrt an potentielle Mg-Liganden binden und somit höhere Konzentrationen an freien Mg-Ionen im Dünndarm vorliegen. Mittels Messung des Ca-Ionenflusses durch die Darmwand in Abwesenheit eines elektrochemischen Gradienten kann beim Kaninchen eine signifikante Ca-Absorption aus dem Duodenum und Caecum nachgewiesen werden (LIESEGANG et al. 2008). Dies spricht für einen aktiven Transport der Ca-Ionen aus Duodenum und Caecum des Kaninchens. Der aktive Transport von Ca-Ionen beim Kaninchen scheint dabei anderen Regulationsmechanismen zu unterliegen als bei Mensch, Hund oder Katze, da ihr aktiver Ionentransport von Calcium an eine bedarfsgerechte Regulierung gebunden ist. Eine exzessive Ca-Absorption aus dem Darm verringert die Bildung schwer löslicher Ca-Phosphat-Komplexe und ermöglicht damit die ausreichende P-Versorgung der für Herbivoren essentiellen bakteriellen Dickdarmflora (CLAUSS et al. 2007). Die nicht-bedarfsgeregelte Ca-Absorption aus dem Darm ist eine physiologische Adaptation der herbivoren „Dickdarm-Verdauer“-Tiere, die wüstenähnliche Lebensräume bewohnen (Degu) sind durch die dort vorherrschend calciumarme, pflanzliche Ernährung auf eine effektive Ca-Resorption aus dem Verdauungstrakt angewiesen, um ihren Ca-Bedarf zu decken. Daher ist eine bedarfsregulierte Steuerung der intestinalen Ca-Aufnahme, wie sie bei anderen Säugetieren vorkommt, nicht erforderlich (PITCHER und BUFFENSTEIN 1994).

Bei **Meerschweinchen** werden Weichgewebsverkalkungen sowie Konkrementbildung in den harnableitenden Organen sowohl bei einer überhöhten Ca- und P-Versorgung als auch bei Mg-Mangel beobachtet (GALLOWAY et al. 1964, NAVIA und HUNT 1974, MÜLLER 1982). Diese Beobachtungen weisen auf einen dem Kaninchen sehr ähnlichen Mineralstoffhaushalt hin. MEYER et al. (1996) konnten

ebenso wie O'DELL et al. (1957) beim Meerschweinchen durch eine hohe nutritive Ca-Zufuhr die renale Ca-Exkretion auf ungefähr 62 bis 75 % des absorbierten Calciums steigern. Auch die Mg-Absorptions- sowie dessen renale Exkretionsrate gleichen der des Kaninchens (CHEEKE und AMBERG 1973). 72 – 88 % des aufgenommenen Magnesiums werden absorbiert, wovon über 80 % renal ausgeschieden werden (O'DELL et al. 1957, MEYER et al. 1996).

Für den **Degu** existieren bezüglich der Mengenelemente (ausgenommen Magnesium) hämatologische Referenzbereiche, die zur Untersuchung auf Störungen im Mineralstoffhaushalt herangezogen werden können (s. Tabelle 3). Auch für juvenile Tiere liegen entsprechende Daten vor (JEKL et al. 2011b).

Tab. 3: Physiologische Blutwerte für Mengenelemente (Angaben in mmol/L) bei Degus

Calcium	Phosphor	Natrium	Kalium	Chlorid
0,9 – 3,5 ^{1,4,5}	0,63 – 3,6 ^{2,3,4,5}	123 – 161 ^{4,5}	3,1 – 9,07 ^{3,4,5}	91,8 – 131 ^{4,5}

¹ALTMANN et al. (1994), ²EWRINGMANN und GLÖCKNER (2005), ³SASSENBURG (2008), ⁴JEKL et al. (2011b), ⁵COLBY et al. (2012)

Die in der Literatur vorliegenden Daten zum Mineralstoffhaushalt beim Degu reichen zur Erhebung von Bedarfswerten nicht aus. Daher stellt EDWARDS (2009) die Zusammensetzung einer praktisch bewährten Ration für eine Gruppe nicht-reproduktiver, weiblicher Degus im Smithsonian National Zoological Park (Washington, D.C.) vor und verweist bis zur Veröffentlichung von entsprechenden Bedarfsangaben für Degus an die vom National Research Council (NRC) veröffentlichten Bedarfswerte für die Ratte als Grundlage einer Rationsberechnung. Das NRC (1995) gibt für die Mineralstoffgabe bei der Ratte als Bedarfswerte folgendes vor: 5,6 g Calcium, 0,6 g Magnesium, 3,3 g Phosphor, 0,6 g Natrium sowie 4,0 g Kalium pro kg Trockensubstanz des Futters. Diese Empfehlungen liegen unterhalb entsprechender Bedarfsangaben für Chinchilla und Meerschweinchen (NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1995) sowie für Kaninchen (WENGER 1997).

2.7 Ernährungsbedingte Erkrankungen beim Degu

Bei Auswertung von Untersuchungsbefunden von insgesamt 300 Degus in einem Zeitraum von zwei Jahren erwiesen sich nur 38 Tiere als gesund, während 60 % des Patientenkollektivs an Zahnerkrankungen gefolgt von Haut- und Augenerkrankungen leiden (JEKL et al. 2011a; s. Tabelle 4). Dabei zeigt sich, dass viele der Erkrankungen direkte oder indirekte nutritive Ursachen haben und vor allem Tiere im Alter von > 2 Jahren betroffen sind.

Tab. 4: Häufig an Degus festgestellte Erkrankungen (nach JEKL et al. 2011a)

Organsystem/ Erkrankung	Degus gesamt n = 300 (%)	< 2 Jahre n = 110 (%)	≥ 2 Jahre n = 190 (%)
Zähne	180 (60,0)	34 (30,9)	144 (75,8)
Haut	110 (36,7)	54 (49,9)	56 (29,5)
Augen	50 (16,7)	18 (16,4)	32 (16,8)
Magen-Darm-Trakt	30 (9,33)	13 (11,8)	17 (8,95)
Genitaltrakt	28 (9,33)	8 (7,27)	20 (10,5)
Skelett	22 (7,33)	8 (7,27)	14 (7,37)
Rhinitis	16 (5,33)	4 (3,64)	14 (7,37)
Diabetes mellitus	12 (4,00)	2 (1,82)	10 (5,26)
Adipositas	12 (4,00)	3 (2,73)	9 (4,74)
Otitiden	5 (1,67)	2 (1,82)	3 (1,58)
Nierenversagen	4 (1,33)	0	4 (2,11)
Krampfanfälle	2 (0,67)	2 (1,82)	0
Hyperthermie	1 (0,33)	0	1 (0,53)
Status ante finem	14 (4,67)	6 (5,45)	8 (4,21)
gesund	38 (12,7)	22 (20,0)	16 (8,42)

Von 2010 bis zum April 2012 wurden in der Klinik für Heimtiere der Tierärztlichen Hochschule Hannover insgesamt 71 Degus vorgestellt. Die Auswertung der Daten zeigt, dass zu circa 40 % Zahnprobleme der Vorstellungsgrund bzw. die gestellte Diagnose waren. Eine allgemeine Überprüfung des Gesundheitszustandes war der zweithäufigste Grund (16,9 %) zur Vorstellung in der Klinik. Ob im Verlauf dieser Gesundheitskontrollen weitere Erkrankungen festgestellt wurden, ist nicht bekannt. Neben Dyspnoe (9,86 %) war auch die Kastration (8,45 %) ein häufiger Grund für eine tierärztliche Konsultation. Erkrankungen mit vermutlich nutritiver Ätiologie wie Tympanie, Diarrhoe, Ileus oder Inappetenz wurden nur vereinzelt festgestellt (FEHR 2012).

2.7.1 Zahnerkrankungen

Zu den häufigsten Ursachen für Verdauungsstörungen und Gewichtsverluste beim Degu gehören Erkrankungen der Zähne, deren Auslöser wiederum vielfältig sind und außerdem in Kombination vorkommen können (EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005). Dazu gehören genetische sowie durch Traumata verursachte Zahn- oder Kieferfehlstellungen, die zu Malokklusionen oder überwachsenden Incisivi führen können. Ein Abkippen der Backenzähne bedingt durch Bindegewebsschwäche kann vor allem bei älteren Tieren eine Malokklusion hervorrufen. Eine verminderte Kauaktivität als Folge von Inappetenz oder Ermangelung strukturierter Rohfaser führt zu ungenügendem Zahnabrieb. Der Verlust einzelner Zähne verhindert den Abrieb des entsprechenden Antagonisten.

Unter Angebot phosphorreicher Futtermittel bzw. Futtermittel mit einem ungünstigen Calcium-Phosphor-Verhältnis wurden an Degus schon nach drei Wochen Entfärbungen der Incisivi sichtbar und deren Zahnwachstum beschleunigt (JEKL et al. 2011c, d; GUMPENBERGER et al. 2012). In derselben Studie wurde zusätzlich auch der Einfluss einer UV-Licht-Exposition auf das Zahnwachstum bei Angebot von Futtermitteln mit unterschiedlichem P-Gehalt untersucht. Schon eine 12-stündige UV-Licht-Exposition bei Fütterung eines pelletierten Futters mit ausgewogenem Calcium-Phosphor-Verhältnis führte zu signifikant längeren Backenzähnen im Vergleich zur

Degu-Gruppe ohne UV-Licht-Exposition. Zwischen den Rationen mit unausgewogenem Calcium-Phosphor-Verhältnis mit und ohne UV-Licht-Exposition gab es keine Unterschiede.

Erkrankungen der Zähne können sich auch in Form von Fellbeißen oder –fressen äußern (EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005, BRUSKI und EWRINGMANN 2005).

2.7.2 Störungen der Verdauungsphysiologie

Durchfall, Tympanie und Gastroenteritis treten bei Degus in der Heimtierhaltung häufig auf und sind zum Großteil auf eine mangelnde Zahngesundheit oder Fehler in der Fütterung zurückzuführen (EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005). Die aus einer Zahnerkrankung resultierende Abnahme der Kauaktivität führt zu einer unzureichenden Zerkleinerung des Futters. Es entstehen Fehlgärungen, die wiederum die physiologische Darmflora beeinflussen. Tiere mit schlechter Zahngesundheit neigen, wenn es ihnen das Futterangebot erlaubt, zur Selektion rohfaserer Futtermittel, was wiederum eine reduzierte Darmmotilität und eine Veränderung des Darmmilieus zur Folge hat. Auch die Futteraufnahmemenge sinkt insgesamt und bedingt eine längere Verweildauer der Ingesta, was vor allem bei Aufnahme von gärfähigem Futter zu Tympanien führen kann (BRUSKI und EWRINGMANN 2005, EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005, WOLF 2009).

Fehler in der Fütterung von Degus führen oftmals auch zu Durchfallerkrankungen. Ein zu hoher Anteil an leicht verdaulichen Kohlenhydraten (z. B. Getreide), Proteinen (junges Gras) oder Fetten (Nüsse, Sonnenblumenkerne), ein zu geringer Rfa-Gehalt, hygienisch bedenkliches Futter (schimmeliges Brot, angewelktes Frischfutter) oder Futtermittel mit für Nager ungeeigneten Inhaltsstoffen wie Zucker oder Laktose können Durchfälle auslösen (BRUSKI und EWRINGMANN 2005, EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005). Aber auch eine plötzliche Futterumstellung, unregelmäßige Fütterung oder eine Nahrungskarenz vor Operationen, wie sie z. B. bei Hund und Katze üblich ist, können bei Degus zu verdauungsphysiologischen

Beeinträchtigungen führen. Der kommensale Hefepilz *Saccharomyces guttulatus* kann sich bei Störungen in der physiologischen Darmflora, verursacht durch Zahnerkrankungen oder auch Fütterungsfehler, ungehindert vermehren und es kommt zu Durchfall und erhöhter Gasbildung im Darm (BRUSKI und EWRINGMANN 2005, EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005, WOLF 2009).

Der Mangel an strukturierter Rohfaser und anderen Nagemöglichkeiten kann außerdem zu einer übermäßigen Fellpflege bis hin zur Automutilation führen. Degus beknabbern und fressen dabei nicht nur ihr eigenes Fell, sondern auch das ihrer Artgenossen. Trichobezoare und Obstipationen im Magen oder Darm können die Folge sein (BRUSKI und EWRINGMANN 2005, EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005, WOLF 2009). Natürlich können auch fütterungsunabhängige Faktoren wie bakterielle Infektionen, Parasitosen oder der unkritische Einsatz von Antibiotika zu Störungen im Verdauungstrakt beitragen (BRUSKI und EWRINGMANN 2005, EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005, SASSENBURG 2008).

2.7.3 Harnkonkremente und Urolithiasis

Alle herbivoren Spezies zeigen aufgrund ihrer Nahrung und ihres Stoffwechsels einen alkalischen Harn-pH zwischen 7,5 bis 9,5. Dieses Harnmilieu begünstigt die Kristallisation von Phosphaten und Karbonaten, wenn diese zusammen mit entsprechenden Kationen wie Calcium oder Magnesium in ausreichender Konzentration im Harn vorliegen (GRÜNBERG 1971). Eine unzureichende Phosphataufnahme über das Futter führt dazu, dass weniger Calcium in Form von schwer löslichem Calciumphosphat im Darm gebunden werden kann und damit die intestinale Ca-Absorption begünstigt wird. Eine über dem Bedarf liegende Phosphatzufuhr würde wiederum in Verbindung mit dem alkalischen pH-Wert des Harns die Bildung von calciumphosphathaltigen Urolithen begünstigen (HESSE et al. 1998). Für Kaninchen und Meerschweinchen werden in der Mehrzahl aus vorwiegend Calciumcarbonat bestehende Harnsteine beschrieben (HICKING et al. 1981, FEHR und RAPPOLD 1997).

Aus der tierärztlichen Praxis ist bisher kein Fall von Harnkonkrementen oder Urolithiasis beim Degu beschrieben (JEKL et al. 2011a, FEHR 2012, ORZEKOWSKY 2012). Jedoch beobachten GUMPENBERGER et al. (2012) bei Angebot eines phosphorreichen und gleichzeitig calciumarmen Futters neben einem pathologischen Zahnwachstum auch Nephrokalzinosen. MURPHY et al. (1980) berichten über sieben von insgesamt 189 seziierten Degus, die unter Fütterung eines kommerziellen Alleinfutters für Ratten fokale Mineralisierungen der Nieren aufweisen. Beim Kaninchen werden bei calciumreicher Fütterung Verkalkungen in Blutgefäßen und Nieren, sowie Einzelfälle von Konkrementbildung in der Harnblase beschrieben (KAMPHUES et al. 1986).

2.7.4 Diabetes mellitus und Katarakt

Die Glukose ist der Hauptnährstoff des tierischen (und menschlichen) Organismus, da sie unter Normalbedingungen das bevorzugte und für das Zentralnervensystem (ZNS) sowie die Erythrozyten einzig umsetzbare Substrat zur Energiegewinnung darstellt. Das ZNS und die Erythrozyten können so gut wie keine Energiereserven speichern und sind deshalb fast vollständig auf die Versorgung mit Glukose angewiesen. Ein lang anhaltender Glukosemangel kann von Krämpfen über Bewusstlosigkeit bis hin zum Tod führen. Die konstante Versorgung des Körpers mit Glukose wird durch die Pankreashormone Insulin und Glukagon reguliert. Die Biosynthese des Insulins wird durch Glukose induziert. Mit steigendem Blutglukosespiegel nimmt die Sekretion des Insulins zu. Das Insulin bindet an die Rezeptoren von Leber-, Muskel- und Fettzellen, welche die Glukose aus dem Blut aufnehmen und damit die Absenkung des Blutglukosespiegels bewirken (hypoglykämische Insulinwirkung). In den Zellen findet dann die Bildung und Speicherung von Glykogen aus überschüssiger Glukose statt. Bei einer Hypoglykämie steigt die sonst konstante Sekretion von Glukagon aus den α -Zellen des Pankreas an, welches die Glykogenolyse in Gang setzt. Sind die Glykogenvorräte erschöpft, kommt es in der Nebennierenrinde zu einer vermehrten Sekretion von Glukocorticoiden. Diese bewirken neben Glukagon, Catecholaminen und der Sekretion von Wachstumshormonen den Abbau von Proteinen und Lipiden

zu Aminosäuren bzw. Glycerin, die für die Glukoneogenese notwendig sind (VON ENGELHARDT und BREVES 2005).

Der Diabetes mellitus wird von der American Diabetes Association als eine Gruppe von Stoffwechselerkrankungen definiert, die sich durch eine Hyperglykämie auszeichnen, welche durch Störungen in der Biosynthese, Sekretion, des Transports oder Abbaues von Insulin sowie in einer verminderten Insulinempfindlichkeit der Gewebe bedingt sein können. Mehrere Ursachen können gleichzeitig auftreten. Eine chronische Hyperglykämie führt langfristig zur Zerstörung, Dysfunktion oder zum Versagen verschiedener Organe. Besonders betroffen sind Augen, Nieren, Nerven, Herz und Blutgefäße (American Diabetes Association 2010). Liegt ein Insulinmangel vor, können die Zellen keine Glukose mehr aufnehmen und der Blutglukosespiegel steigt weiter an. Auch nimmt die Glukosekonzentration in Plasma und Ultrafiltrat der Nieren zu. Erreicht die Glukosekonzentration einen Wert über 10 mmol/L, kann die den proximalen Tubulus passierende Glukose nicht mehr zu 100 % resorbiert werden und es kommt zur Glukosurie. Die im Tubuluslumen verbleibende Glukose ist osmotisch wirksam und verursacht eine Polyurie und daraus resultierend auch eine Polydipsie. Neben den für Diabetes mellitus typischen Symptomen Glukosurie, Polyurie und Polydipsie, kommt es auch oft zu einem Körpermasseverlust, der durch den langfristigen Abbau von Protein und Fett zu Gunsten der Glukoneogenese zu erklären ist (VON ENGELHARDT und BREVES 2005). Es gibt wenige Erhebungen der physiologischen Blutglukosekonzentration von Degus. Der Referenzbereich ist groß; die Angaben reichen von 2,97 bis 16,9 mmol/L bzw. 53,5 – 305 mg/dL (TRIPATHI et al. 1991, ALTMANN et al. 1994, OPAZO et al. 2004, EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005, SASSENBURG 2008, KEEBLE and MEREDITH 2009, COLBY et al. 2012).

Eine Klassifizierung des Diabetes mellitus, wie sie in der Human- und zum Teil auch in der Tiermedizin angewandt wird, ist beim Degu und anderen Kleinnagern durch die unklare Ätiologie bisher nicht möglich (BESSELMANN und HATT 2004). Es werden unterschiedliche Ursachen, die zur Entstehung eines Diabetes mellitus beim

Degu führen, diskutiert. Nach NAJECKI und TATE (1999) ist das Auftreten des Diabetes mellitus beim Degu auf eine kohlenhydrat- bzw. zuckerreiche Ernährung zurückzuführen. ROTH (2003) bestätigt zwar diese Vermutung, weist aber nach eigenen Beobachtungen darauf hin, dass bei einer zuckerreichen Fütterung nicht alle Tiere an Diabetes mellitus erkrankten und somit eine zuckerreiche Ernährung allein als auslösender Faktor auszuschließen ist. Bei 80 % der an Diabetes mellitus leidenden Degus handelt es sich um männliche Tieren zwischen sechs Monaten und drei Jahren. BROWN und DONELLY (2001) konstatieren einen Rückgang an Neuerkrankungen und Verbesserung der Fertilitätsraten nach einer Umstellung auf eine zuckerarme Ernährung. Die Adipositas als Resultat einer energiereichen Fütterung führt KEEBLE (2001) als diabetogenen Faktor auf, da eine Insulinresistenz durch Übergewicht gefördert wird.

Im Gegensatz zu anderen Nagetieren finden sich bei Degus häufig Amyloidosen im Bereich der Langerhans-Inseln (MURPHY et al. 1980, HELLMANN et al. 1990). Jedoch besteht das Amyloid beim Degu ausschließlich aus Insulin und nicht aus dem Insel-Amyloid-Polypeptid (IAPP), wie es vielfach beim Menschen, bei Katzen und nicht menschlichen Primaten nachgewiesen wurde (HELLMANN et al. 1990, BESSELMANN und HATT 2004). Allerdings konnten SPEAR et al. (1984) keinen Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Inselzell-Amyloidose und Diabetes mellitus feststellen. Bei ihren Untersuchungen von Bauchspeicheldrüsen hyperglykämischer und normoglykämischer Degus wurden neben Amyloidose einzigartige α -Zellkristalle und ein herpesähnliches Virus im Pankreasgewebe nachgewiesen. All diese Befunde waren unabhängig vom Blutglukosespiegel und traten, abgesehen von den α -Zellkristallen, überwiegend bei älteren Tieren auf. Des Weiteren wurde eine auffällige Dunkelfärbung von Inselzellen beobachtet, die ausschließlich bei hyperglykämischen Tieren auftrat und vermutlich auf einer ungewöhnlichen Reaktion mit Somatostatin beruhte. Bei Untersuchungen durch MURPHY et al. (1980) wurde Diabetes mellitus zum Großteil bei Degus, die jünger als zwei Jahre waren diagnostiziert und Amyloidablagerungen fanden sich erst bei Tieren in einem Alter von 30 Monaten. FOX und MURPHY (1979) vermuten, dass

eine Infektion mit Cytomegalie-Viren und eine dadurch ausgelöste, zelluläre Infiltration der Langerhans-Inseln (Insulitis) einen Diabetes mellitus beim Degu verursachen kann. Diese Theorie kann von SPEAR et al. (1984) nicht bestätigt werden. Bisher lässt sich ein Zusammenhang zwischen der einzigartigen Insulin-Struktur von Degus mit der einhergehenden herabgesetzten biologischen Aktivität (OPAZO et al. 2004) und dem Auftreten des Diabetes mellitus nur vermuten, da Studien zu eventuellen Kompensationsmechanismen bei der Blutzuckerregulation hystricomorpher Nager fehlen (s. auch 2.4.2). Über eine erbliche Prädisposition wird ebenfalls spekuliert, da auch familiäre Häufungen von Diabetes mellitus auftreten (ROTH 2003, BRUSKI und EWRINGMANN 2005, WOLF 2009), doch gibt es auch hier keine weiterführenden Untersuchungen.

Das Auftreten von Katarakten infolge eines Diabetes mellitus ist beim Degu relativ häufig anzutreffen und meist auch der Hauptvorstellungsgrund bei diabetischen Tieren, da erst die Linsentrübung für die Tierhalter erkennbar ist (ROTH 2003, MÜLLER 2011). Im Vergleich zur Ratte zeigt der Degu in der Linse eine vierfach erhöhte Aktivität des Enzyms Aldosereduktase (VARMA et al. 1977). Dieses Enzym katalysiert die Reduktion von Glukose zu Sorbitol. Dieses Reaktionsprodukt fällt vermehrt bei Diabetes mellitus in der Linse an und führt durch einen osmotischen Wassereinstrom zum Aufquellen und Reißen der Linsenfasern, was wiederum die Eintrübung der Linse bewirkt. Bei Versuchen mit Degus, bei denen ein Diabetes mellitus induziert wurde, entwickelten diese bei Blutglukosewerten ab 380 mg/dL innerhalb von 10 Tagen Katarakte. Bei der Gabe von Quercitrin, einem Aldose-Reduktase-Hemmer, traten bis zu Versuchsende am 25. Tag noch keine Katarakte, aber schon Vakuolenbildung in der Linse auf (VARMA et al. 1977). Auch DATILES und FUKUI (1989) konnten an Degus mit induziertem Diabetes mellitus und Blutglukosewerten um 500 mg/dL innerhalb von vier Wochen ausgereifte Katarakte hervorrufen. Unter der Gabe von Sorbinil, ebenfalls ein Aldose-Reduktase-Inhibitor, bildeten sich weder Vakuolen noch traten Schwellungen der Linsenfasern auf; bis zum Versuchsende nach sechs Monaten konnte bei keinem Tier eine Katarakt nachgewiesen werden. Aber neben diesem so genannten „Polyol-Pathway“ soll nach

Schrifttum

STEVENS et al. (1978) auch die Glykolisierung der kristallinen Linsenproteine durch die Entstehung hochmolekularer, Licht absorbierender Aggregate zur Kataraktentstehung beitragen.

Den Zusammenhang zwischen Diabetes mellitus und Katarakten beschreiben auch MURPHY et al. (1980). Bei der Untersuchung von insgesamt 189 Degus wiesen 20 % aller Tiere mit Katarakt eine Glukosurie oder gestörte Glukosetoleranz auf. Aber nicht immer ist der Zusammenhang so deutlich oder gar nicht zu belegen: ALTMANN et al. (1994) berichten von Degus mit physiologischen Blutglukosewerten (2,9 – 4 mmol/L), die Katarakte aufweisen. Bei zwei dieser Tiere soll zu Beginn der Linsentrübung eine Glukosurie bestanden haben, doch fand sich bei keinem der Tiere zum Zeitpunkt der Untersuchungen durch die Autoren ein Hinweis auf Diabetes mellitus. Ähnliche Beobachtungen machen FOX et al. (1975). Von 15 Degus mit bilateral ausgeprägten Katarakten konnten sie nur bei 5 Tieren eine Glukosurie nachweisen. Zudem gab es Tiere mit Glukosurie, die keine Linsentrübungen zeigten. WEIR (1970) erwähnt das Vorkommen unterschiedlich ausgeprägter Linsenläsionen unbekannter Ätiologie bei 75 % aller Tiere in einer Degu-Kolonie des Wellcome Institutes in London. Schon eine Nahrungsumstellung kann die Inzidenz von Diabetes mellitus und daraus resultierenden Katarakten senken. Durch die Elimination von Obst und Sonnenblumenkernen vom Fütterungsplan und die ausschließliche Gabe eines faserarmen, energiereichen Nagerfutters verringerte sich bei der Degu-Kolonie an der Universität von Michigan das Auftreten von Diabetes mellitus und Katarakten bis auf nahezu 0 % (COLBY et al. 2012).

Auch andere nutritive Ursachen, die zur Ausbildung einer Katarakt führen können, sind für den Degu in Betracht zu ziehen. So erwähnen CLARK und OLFORT (1986), dass sich bei Eichhörnchen, die Futter mit einem großen Anteil an Sonnenblumenkernen erhielten, Katarakte infolge eines durch Calciummangel bedingten sekundären Hyperparathyreoidismus ausbildeten. Die Aufnahme von Futtermitteln, die calciumarme Samen und Getreide in größeren Mengen enthalten oder generell unausgewogene Gehalte an Mineralstoffen oder Vitaminen aufweisen, könnte ursächlich für Linsenveränderungen sein, wie es schon für andere Nager und

dem Menschen nachgewiesen wurde (BUNCE et al. 1990). Untersuchungen an Degus zu dieser Thematik fehlen jedoch.

Kongenitale Katarakte (*Cataracta congenita*) treten bei Degus ebenfalls auf. Schon bei einen Tag alten Nachkommen von Degus mit bilateralen Katarakten traten Veränderungen am Linsenepithel sowie den sich daraus bildenden Linsenfäsern auf, die sich innerhalb von 5 Wochen zu einer ausgereiften Katarakt entwickelten. Sowohl bei den adulten Degus als auch deren Jungtieren wurde ein Diabetes mellitus als Ursache der Katarakte vermutet. Aber weder die Elterntiere noch deren Nachkommen wurden auf Diabetes mellitus untersucht, so dass die Ätiologie der Katarakte beider Generationen ungeklärt blieb (WORGUL und ROTHSTEIN 1975). Das Vorkommen von hereditären Katarakten bei wildlebenden Degus wurde nur bei TRIPATHI et al. (1991), allerdings ohne nähere Angaben, erwähnt.

Die senile Katarakt (*Cataracta senilis*) ist bei älteren Degus nach Ausschluss eines Diabetes mellitus in Betracht zu ziehen. Sie entsteht durch degenerative und sklerosierende Veränderungen von Linsenkapsel und Linsenkern (EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005).

2.7.5 Trächtigkeits-/Puerperaltoxikose

Die Trächtigkeits- oder Puerperaltoxikose tritt zum Ende der Trächtigkeit oder einige Tage nach der Geburt auf. Vor allem während der Trächtigkeit, zur Geburt und zu Laktationsbeginn ist der Energiebedarf des Muttertieres sehr hoch. Entsteht in diesem Zeitraum ein Energiedefizit, z. B. durch den Mangel an leichtverdaulichen Kohlenhydraten, kommt es zu einem überstürzten Abbau der Fettreserven. Es entstehen leberschädigende Ketonkörper und der hohe Gehalt an freien Fettsäuren im Blut belastet die Leber zusätzlich. Daraus resultiert eine Entgleisung des Leberstoffwechsels mit einer Protein- und Ketonurie, erniedrigtem Harn-pH, Inappetenz, Apathie und Krämpfen. Die betroffenen Tiere sterben meist innerhalb von 24 bis 48 Stunden. Vor allem adipöse Tiere sind gefährdet, da ihre Leberfunktion durch die alimentäre Verfettung eingeschränkt ist. Auslösende Faktoren sind Stress, Bewegungsmangel, plötzliche Futterumstellung und ein zu geringer Energiegehalt des Futters zum Ende der Trächtigkeit. In der frühen Phase der Trächtigkeit führt

eine zu energie- und fettreiche Fütterung in Verbindung mit einem Rfa-Mangel oft zu Adipositas und auch die mikrobielle Darmflora ist beeinträchtigt (BRUSKI und EWRINGMANN 2005, EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005).

Das Geburtsgewicht eines Degus beträgt 5 – 6 % der maternalen Körpermasse (LONG und EBENSPERGER 2010), während ein neugeborenes Meerschweinchen durchschnittlich 16 % der maternalen Körpermasse erreicht (KRAUS et al. 2005). Jedoch ist die Wurfgröße mit 1 – 3 Jungtieren pro Wurf kleiner als beim Degu mit 5 – 7 Jungen pro Wurf (EBENSPERGER et al. 2002 u. 2007). Mit dieser relativ hohen Fruchtmasse müsste der Degu ähnlich häufig wie das Meerschweinchen von der Trächtigkeitstoxikose betroffen sein. Trotzdem wurde an Degus dieses Erkrankungsbild bisher selten beobachtet (BRUSKI und EWRINGMANN 2005, KEEBLE und MEREDITH 2009) oder nicht direkt benannt. So berichten MURPHY et al. (1980) von Degus, die zum Ende ihrer Trächtigkeit plötzlich verstarben und bei deren anschließenden pathologischen Untersuchung durchgehend eine Leberverfettung feststellbar war.

3. Material und Methoden

3.1 Versuchsziel

Hintergrund der vorliegenden Arbeit waren Anfragen aus dem Dienstleistungsbereich des Institutes, in denen es beispielsweise um folgende Sachverhalte ging:

- üblicherweise notwendige Futtermengen
- von Degus bevorzugte Komponenten
- Eignung von Kaninchen-Alleinfutter für die Degufütterung
- Kapazität der Degus zur Faserverdauung („Brauchen die Heu?“ bzw. „Kann man Degus ausschließlich mit Heu füttern?“)
- Prädisposition für Ca-haltige Harnkonkremente
- Verträglichkeit zuckerreicher Futtermittel vor dem Hintergrund der Disposition für Diabetes mellitus

Ziel dieser Arbeit war die Gewinnung einiger wesentlicher Grunddaten für eine artgerechte und verträgliche Fütterung von Degus in der Heimtierhaltung und die Ermittlung der Verdaulichkeit von Rohfaser (Rfa) im Vergleich zum Zwergkaninchen (Bestimmung der Fähigkeit zur Rfa-Verdauung und -Verwertung) sowie anderer Nährstoffe. Des Weiteren war der Mineralstoffhaushalt Gegenstand eingehender Untersuchungen. Schließlich sollte die Verträglichkeit zuckerreicher Futtermittel für Degus näher überprüft werden, und zwar bei Einsatz originär zuckerreicher Einzelkomponenten.

Die Versuche wurden vom Niedersächsischen Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) unter dem Aktenzeichen 33.9-42502-04-09/1713 am 25.08.2009 genehmigt.

3.2 Versuchsaufbau

3.2.1 Erhebung von Grunddaten zur Futter- und Wasseraufnahme (Versuchsphase A)

Bereits in der Gruppenhaltung wurden die Degus innerhalb von einigen Tagen mittels der Portionierungsmethode (langsame Steigerung des zu prüfenden Futtermittels, während das gewohnte Futtermittel allmählich reduziert wurde) an das Versuchsfutter adaptiert. Danach erfolgte die Aufteilung der Tiere in die verschiedenen Versuchsgruppen und das Einsetzen in die Versuchskäfige. Hier erhielten die Gruppen für weitere 5 Tage das Versuchsfutter, bevor die eigentliche Versuchsphase begann. Das Angebot von Heu erfolgte 15 Tage, von pelletiertem Alleinfutter für Kaninchen 30 Tage, alle anderen Futtermittel wurden 5 Tage getestet. Die Erfassung der Körpermasse erfolgte am ersten Tag der Adaptationsphase, zu Versuchsbeginn und am Versuchsende. Bei einer Versuchsdauer von 15 bzw. 30 Tagen erfolgte alle 5 Tage eine Ermittlung der Körpermasse. Täglich wurden Futter und Wasser frisch angeboten, die jeweils aufgenommenen Mengen mittels Wägung quantifiziert, die Käfige gereinigt und das Allgemeinbefinden der Tiere kontrolliert.

3.2.2 Bestimmung der Rohnährstoffverdaulichkeit (Versuchsphase B)

2 – 3 Tage vor Beginn der Versuchsphase B wurden 8 Degus sowie 3 Kaninchen von ihrem gewohnten Futter auf die Versuchsfutter umgestellt. Zu Beginn der Adaptationsphase von 5 Tagen wurden die 8 Degus gewogen, in drei Gruppen (D1, n = 3; D2, n = 3 und D3, n = 2) aufgeteilt und in die Versuchskäfige verbracht. Die Zwergkaninchen (n = 3) wurden ebenfalls gewogen und dann einzeln in den Versuchskäfigen untergebracht. Alle Tiere erhielten ausschließlich das entsprechende Versuchsfutter. Am ersten Tag der Versuchsphase wurde die Körpermasse aller Tiere ermittelt und diese der Berechnung der Menge des Futterangebotes zugrunde gelegt.

Als Kontrolle diente das pelletierte Alleinfutter (AF), welches zunächst in einer Menge (bezogen auf die TS) von 3 % der Körpermasse angeboten wurde. Anschließend

erfolgten Differenzversuche, in denen zusätzlich zu diesem Kontrollfutter die zu prüfenden Futtermittel (1,5 % der KM) zugelegt wurden, so dass nun die angebotene Futtermenge (bezogen auf die TS) 4,5 % der Körpermasse betrug (s. Tabelle 8).

Vor Angebot von Futter und Wasser wurden die Käfige gereinigt. 24 Stunden später erfolgte dann die erste Sammlung des Kotes, die in den folgenden 5 Tagen täglich zum selben Zeitpunkt stattfand. Dabei wurden der kontaminierte und unkontaminierte Kot, sowie bei den Kaninchen die Caecotrophe separat gesammelt und aufbewahrt.

Jeden Tag wurden die Rückwaagen von Futter und Tränkwasser ermittelt und der in 24 Stunden gesammelte Kot gewogen, sowie das Allgemeinbefinden der Tiere kontrolliert.

3.2.3 Mineralstoffexkretion (Versuchsphase C)

Zur genaueren Untersuchung der Calciumausscheidung fanden Versuche mit 8 Degus in *speziellen Bilanzkäfigen* statt, um die Harnmenge quantitativ erfassen und *unkontaminierten* Harn für qualitative Analysen gewinnen zu können. Die Adaptation an das Versuchsfutter erfolgte zunächst jeweils über einen Zeitraum von 2 – 3 Tagen innerhalb der Gruppe, bevor die Tiere für eine weitere Adaptationszeit von 5 Tagen einzeln in die Versuchskäfige gesetzt wurden. Das Futterangebot bestand aus der calciumärmsten (25 % AF + 75 % HK) bzw. calciumreichsten (100 % LP) Ration. Aqua dest. stand den Tieren ad libitum als Tränkwasser zur Verfügung. Die Ermittlung der Körpermasse fand zu Beginn und Ende der Versuche statt und das Allgemeinbefinden der Tiere wurde täglich kontrolliert.

Insgesamt wurde an 8 Versuchstagen unkontaminierter Harn gesammelt. Jeder Versuchstag war jeweils in eine 12-stündige Sammelphase und in eine 12-stündige Fütterungsphase unterteilt (s. Tab. 5). Die Sammelphasen erstreckten sich über 4 Tage zwischen 7 – 19 Uhr und 4 Tage zwischen 19 – 7 Uhr, um die 24-stündige Ausscheidungsrythmik berücksichtigen zu können. Nach der ersten Sammelphase (7 – 19 Uhr) wurde ein „Brückentag“ eingelegt, an dem die Tiere 24 Stunden Zugang zu Futter hatten, um zu gewährleisten, dass die Tiere nie länger als 12 Stunden einer Karenz ausgesetzt waren. An diesem Tag fand lediglich die Quantifizierung des abgesetzten Harnvolumens statt.

Tab. 5: Futterangebot und Sammelphasen während der Versuchsphase C

Versuchszeitraum	Fütterungsphase	Sammelphase
4 Tage	7 – 19 Uhr (tagsüber)	19 – 7 Uhr (nachts)
1 Tag („Brückentag“)	24 Stunden	–
4 Tage	19 – 7 Uhr (nachts)	7 – 19 Uhr (tagsüber)

3.2.4 Chemische Zusammensetzung des Harns (Versuchsphase D)

Die quantitative Erfassung sowie die Gewinnung von unkontaminiertem Harn zur qualitativen Analyse erfolgten an Degus (n = 8) nur in *speziellen Bilanzkäfigen*. Zunächst fand die Adaptation an die neuen Futtermittel jeweils über einen Zeitraum von

2 – 3 Tagen innerhalb der Gruppe statt, bevor sie für eine weitere Adaptationszeit von 5 Tagen in ihre Versuchskäfige verbracht wurden. Das Futterangebot entsprach dem, welches auch zur Ermittlung der Verdaulichkeiten angeboten wurde. In der Adaptations- sowie in der Versuchsphase hatten die Tiere freien Zugang zu Tränkwasser (Aqua dest.). Die Bestimmung der Körpermasse erfolgte zu Versuchsbeginn und zum Ende des Versuchs, die Beurteilung des Allgemeinbefindens täglich.

An den ersten beiden Versuchstagen wurden jeweils nach 24 Stunden die Rückwaagen von Futter und Tränkwasser sowie die abgesetzte Harnmenge erfasst. Der abgesetzte Kot wurde verworfen. Am 3. und 4. Tag wurde das Futter nur für 12 Stunden angeboten und danach die Rückwaage von Futter und Tränkwasser sowie die in 12 Stunden abgesetzte Harnmenge erfasst. Dann wurde den Tieren über 12 Stunden (19 – 7 Uhr) das Futter entzogen, um Harn ohne eine jegliche Kontamination mit Futterpartikeln für die Analysen zu gewinnen. Der Zugang zum Tränkwasser blieb erhalten. Für diesen Zeitraum wurden mit feinmaschigem Gitterdraht präparierte Einlegeböden in die Käfige gelegt, um eine Kontamination

durch Kot definitiv zu vermeiden. Am 5. Tag erfolgte mehrmals täglich die Messung von pH-Wert und spezifischem Gewicht an frisch abgesetzten Harnproben.

3.2.5 Verträglichkeit zuckerreicher Futtermittel (Versuchsphase E)

In dieser Phase erfolgte das Angebot von frischen Möhren, deren Menge sukzessive gesteigert wurde, während das gewohnte Futter (*Degu-Spezial, Fa. JR Farm*) gleichzeitig reduziert wurde, bis zu einem ausschließlichen Angebot von Möhren (ad libitum). Die Fütterung der in einer Gruppe gehaltenen Tiere (n = 6) fand in ihrer einstreulosen Voliere statt. Die Tiere wurden einmal wöchentlich gewogen und ihre Augen auf evtl. auftretende Linsentrübungen oder andere Auffälligkeiten geprüft. An diesem Kontrolltag erfolgte zudem in spontan abgesetztem Harn eine Glukosebestimmung mittels Harnteststreifen. Um mehrfache Tests der gleichen Harnprobe auszuschließen, wurde der getestete Harn direkt aus der Voliere entfernt. Nach dem Zeitraum von 4 Wochen wurden die Tiere innerhalb von 2 – 3 Tagen auf Zuckerrüben umgestellt, die ebenfalls ad libitum über weitere 4 Wochen angeboten wurden. Abgesehen vom Futterangebot wurden die Haltungsbedingungen und die Versuchsdurchführung beibehalten. In der folgenden Übersicht 5 werden der Versuchsaufbau, die Fütterung sowie die zu erfassenden Parameter während des entsprechenden Versuchs aufgezeigt.

Übers. 5: Getestete Futtermittel und Untersuchungsparameter in den jeweiligen Versuchsphasen

Versuchsphase	Futtermittel/Fütterung	Parameter
<p>A (n = 3 – 4 Tiere pro Gruppe)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pelletiertes Alleinfutter für Kaninchen [AF] ➤ Heu ➤ Haferkerne [HK] ➤ Karottentrestler [KT] ➤ Weißkohl [WK] ➤ Birne [Bi] <p>Angebot: stets ad libitum</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Wasser: ad libitum 	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeinbefinden • Futteraufnahme • Körpermasseentwicklung • Wasseraufnahme
<p>B (Degus: n = 3/3/2; ZK: n = 1/1/1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pelletiertes AF (100 %) Angebot: 3 g TS/100 g KM/d ➤ pell. AF + Einzelfuttermittel Angebot: 4,5 g TS/100 g KM/d <p>Varianten (Angaben in %)</p> <p>AF 25 + 75 HK AF 75 + 25 HK AF 75 + 25 KT AF 75 + 25 LP AF – + 100 LP</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Wasser: ad libitum (Aqua dest.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeinbefinden • Futteraufnahme • scheinbare Verdaulichkeit: <ul style="list-style-type: none"> – Roh Nährstoffe – Mineralstoffe • Körpermasseentwicklung • Wasseraufnahme
<p>C (n = 8)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 25 % AF + 75 % HK ➤ 100 % LP <p>Angebot: 4,5 g TS/100 g KM/d</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Wasser: ad libitum (Aqua dest.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeinbefinden • Futteraufnahme • Körpermasseentwicklung • Wasseraufnahme • Harn: <ul style="list-style-type: none"> – Menge – Mineralstoffgehalte

Fortsetzung von Übersicht 5

Versuchsphase	Futtermittel/Fütterung	Parameter
D (n = 8)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pelletiertes AF (100 %) Angebot: 3 g TS/100 g KM/d ➤ pell. AF + Einzelfuttermittel Angebot: 4,5 g TS/100 g KM/d Varianten (Angaben in %) AF 25 + 75 HK AF 75 + 25 HK AF 75 + 25 KT AF 75 + 25 LP AF – + 100 LP ➤ Wasser: ad libitum (Aqua dest.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeinbefinden • Futteraufnahme • Körpermasseentwicklung • Wasseraufnahme • Harn: <ul style="list-style-type: none"> – Menge – pH – spez. Gewicht – Mineralstoffgehalte
E (n = 6 bzw. 5 Tiere/Gruppe)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Möhren [Mö] ➤ Zuckerrüben [ZR] Angebot: ad libitum ➤ Wasser: ad libitum 	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeinbefinden (Fokus: Linsentrübung) • Futteraufnahme • Körpermasseentwicklung • Wasseraufnahme • Harn (Glucosurie)

* LP = pelletierte Luzerne

3.3 Tiere

Für die Versuche standen insgesamt 16 adulte Degus (*Octodon degus*, Molina 1782) sowie für die Ermittlung der Verdaulichkeiten zusätzlich 3 adulte Zwergkaninchen zur Verfügung.

3.4 Haltung

3.4.1 in versuchsfreien Phasen

Vor, zwischen und nach den Versuchen wurden die Degus in zwei Gruppen in großen Volieren (200 x 100 x 100 cm und 200 x 200 x 100 cm) gehalten. Die eine Gruppe bestand aus einem kastrierten Bock und 6 weiblichen Tieren im Alter von 3 Jahren zusammen, die andere Gruppe aus 9 weiblichen Tieren im Alter von 2 Jahren. Gefüttert wurde ein handelsübliches Alleinfutter für Degus (*Degu-Spezial*, Fa. JR Farm), Heu und Tränkwasser standen ad libitum zur Verfügung.

Die Zwergkaninchen wurden in einer Gruppe in Bodenhaltung (Stroh als Einstreu) gehalten. Die Grundversorgung erfolgte hier über ein handelsübliches pelletiertes Alleinfutter für Kaninchen (*Deukanin standard*, Fa. Deutsche Tiernahrung Cremer GmbH & Co. KG), Heu und Tränkwasser standen zusätzlich ad libitum zur Verfügung.

3.4.2 während der Versuche

Es fanden Versuche in Gruppenhaltung und in Einzeltierhaltung statt. Für die Erhebung von Grunddaten zur Futter- und Wasseraufnahme (**Versuchsphase A**) bestanden die Gruppen aus jeweils 4 Tieren. Im Fütterungsversuch mit Heu wurden zwei Gruppen (D1 und D2) mit jeweils 4 Tieren gehalten und im Fütterungsversuch mit pelletiertem Alleinfutter für Kaninchen bestand die Aufteilung aus 2 Gruppen (D1 und D2) mit jeweils 3 Tieren. Alle Gruppen wurden in Bilanzkäfigen aus Metall (H x B x T: 40 x 50 x 60 cm) mit freier Sicht nach vorne und mit perforierten Böden ohne Einstreu gehalten. Die Löcher des Bodens hatten einen Durchmesser von 1,5 cm und ihr Abstand zueinander betrug 1 cm. Die beiden Gruppen untereinander hatten keinen Sichtkontakt, konnten jedoch akustisch sowie olfaktorisch miteinander kommunizieren. Das Futter wurde in Keramikschaalen und das Tränkwasser in handelsüblichen Nippeltränken angeboten. Die Raumtemperatur während der Versuche betrug im Mittel $23,4\text{ °C} \pm 1,44$. Die mittlere relative Luftfeuchtigkeit betrug

Material und Methoden

54,8 % \pm 6,78. Die Hell-/Dunkelphase war auf 14 : 10 (künstliches Tageslicht von 6:30 bis 20:30 Uhr) eingestellt.

Zur Ermittlung von Verdaulichkeiten (**Versuchsphase B**) fanden die Versuche bei den Degus in Gruppenhaltung und bei den Kaninchen in Einzeltierhaltung statt. Degus sowie Zwergkaninchen wurden in den gleichen Käfigen wie in Versuchsphase A gehalten. Es wurden 8 Degus in drei Gruppen (D1, D2 und D3) aufgeteilt. Gruppe D1 und D2 umfassten jeweils 3 Tiere und Gruppe D3 bestand aus 2 Tieren. Alle Tiere wurden ohne Einstreu gehalten. Auch hier erfolgte das Futter- und Wasserangebot über Keramikschalen und handelsübliche Nippeltränken. Die Raumtemperatur während den Versuchen betrug im Mittel 20,0 °C \pm 0,230. Die mittlere relative Luftfeuchtigkeit betrug 33,8 % \pm 9,57. Die Hell-/Dunkelphase war auf 14 : 10 (künstliches Tageslicht von 6:30 bis 20:30 Uhr) eingestellt.

Für die Sammlung von Harn (**Versuchsphasen C und D**) wurden insgesamt 8 Degus in runden, aus transparentem Plexiglas bestehenden Bilanzkäfigen mit austauschbaren Metallgitterböden einzeln gehalten. Dadurch hatten die Tiere auch Sichtkontakt während der Versuche. Der vom Tier nutzbare Raum hatte einen Durchmesser von 20 cm und eine Höhe von 15 cm. Unterhalb des Metallgitterbodens lief der Käfig trichterförmig auf eine Öffnung zu, an welcher ein Glaskolben mit Metallklammern befestigt war, um Kot und Harn getrennt voneinander aufzufangen. Vom Corpus des Plexiglas-Käfigs gingen 2 Röhren ab, über die jeweils das Angebot von Futter und Wasser möglich war. Das Wasserangebot erfolgte mittels speziell für diese Käfige konzipierten Tränkflaschen aus Glas, welche in den Deckel der Röhren eingesetzt waren (s. Abbildung 1). Die Raumtemperatur betrug im Mittel 23,2 °C \pm 1,60. Die mittlere relative Luftfeuchtigkeit betrug 57,0 % \pm 8,30. Die Hell-/Dunkelphase war auf 14 : 10 (künstliches Tageslicht von 6:30 bis 20:30 Uhr) eingestellt. In Versuchsphase C wurde mittels einer Infrarot-Wärmelampe, die von 19:30 bis 24:00 Uhr eingeschaltet war, eine Dämmerungsphase simuliert.

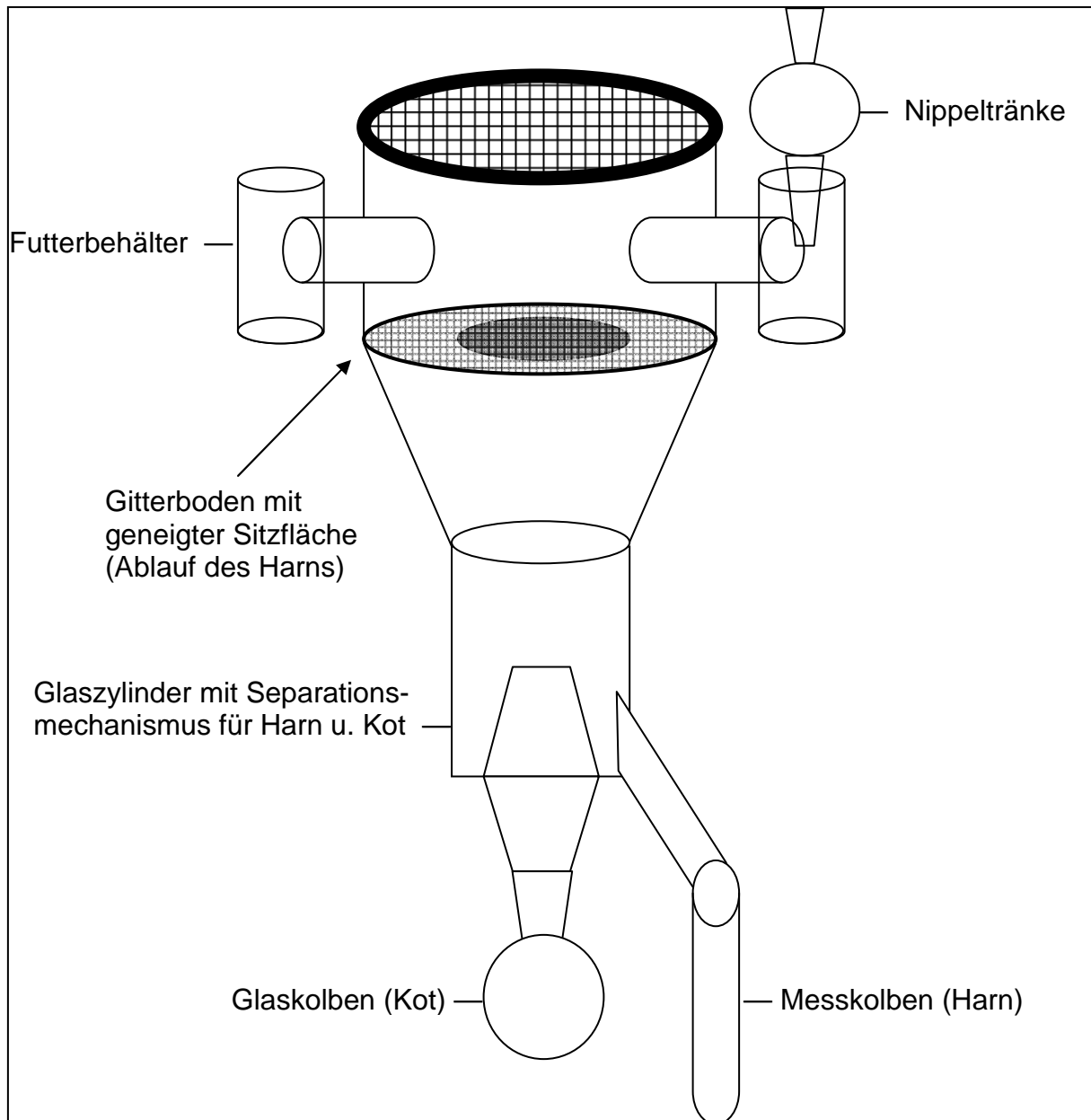


Abb. 1: Schematische Zeichnung der in den Versuchsphasen C und D eingesetzten Plexiglas-Bilanzkäfge zur Haltung der Degus, um Harnproben zu sammeln

Um die Verträglichkeit einer zuckerreichen Fütterung zu überprüfen (**Versuchsphase E**) wurden 6 Tiere in ihrer Voliere, in der sie außerhalb der Versuche gehalten wurden, einstreulos gehalten. Diese hatte die Maße 200 x 100 x 100 cm mit 3 Etagen aus mit kunststoffbeschichteten, also flüssigkeitsdichten und abwischbaren Holzbrettern. Kletter- und Versteckmöglichkeiten sowie Material zum Benagen verblieben in der Voliere. Das Futter wurde in einer großen Keramikschale

angeboten und Tränkwasser erhielten die Tiere über eine Nippeltränke. Die Raumtemperatur während den Versuchen betrug im Mittel $20,1 \text{ °C} \pm 0,222$. Die mittlere relative Luftfeuchtigkeit betrug $44,2 \% \pm 1,81$. Die Hell-/Dunkelphase war auf 14 : 10 (künstliches Tageslicht von 6:30 bis 20:30 Uhr) eingestellt.

3.5 Versuchsfutter

3.5.1 Botanische Zusammensetzung

Das in den Versuchsphasen A bis D eingesetzte pelletierte Mischfutter für Kaninchen (*Deukanin standard, Fa. Deutsche Tiernahrung Cremer GmbH & Co. KG*) wies laut Hersteller folgende Zusammensetzung auf (Angaben in %):

Weizenkleie	38,8	Rapsextraktionsschrot	4,10
Luzernegrünmehl	18,0	Zuckerrübenmelasse	3,50
Haferschälkleie	16,0	Calciumcarbonat	1,30
Sonnenblumenextraktionsschrot	11,4	Natriumchlorid	0,40
Gerste	6,00	Zusatzstoffvormischung	–

3.5.2 Chemische Zusammensetzung

– Rohnährstoffgehalte

Bei der chemischen Analyse der Futtermittel ergaben sich folgende Energie- und Rohnährstoffgehalte (s. Tab. 6):

Tab. 6: Energie- und Rohnährstoffgehalte der eingesetzten Futtermittel

FM	TS	Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	Stärke	Zucker	GE*
	g/kg uS								
Heu	876	86,5	114	22,3	245	532	n. b.	n. b.	17,8
AF	879	74,5	176	27,5	165	557	127	65,4	18,4
KT	900	59,6	96,9	20,1	97,7	726	15,1	471	17,8
LP	889	122	181	22,8	265	409	30,3	37,6	17,7
HK	889	21,7	148	57,4	12,0	761	623	20,0	19,4
Bi	126	33,4	35,8	6,21	96,1	829	n. n.	595	17,5
WK	103	74,5	138	26,1	118	643	23,4	569	18,0
Mö	116	75,5	48,6	14,7	76,9	784	15,9	553	17,0
ZR	254	36,7	71,8	8,48	128	755	65,6	753	17,8

* kalkuliert (Rohnährstoffe in g/kg TS): $GE (MJ/kg TS) = 0,0239 Rp + 0,0398 Rfe + 0,0201 Rfa + 0,0175 NfE$; n. b. = nicht bestimmt, n. n. = nicht nachweisbar

Zur Überprüfung des Einflusses variierender Rfa-Gehalte wurden dem pelletierten Alleinfutter verschiedene Einzelfuttermittel in variierenden Anteilen zugesetzt (Versuchsphase B – D). Die chemische Zusammensetzung dieser Rationen wurde anhand dieser Anteile und der Analysendaten der einzelnen Futtermittel abgeleitet (s. Tab. 7). Der Rfa-Gehalt der in Versuchsphase B – D eingesetzten Rationen variierte zwischen 62,9 und 265 g/kg TS.

Tab. 7: Energie- und Rohnährstoffgehalte der verschiedenen Versuchsfutter (Versuchsphasen B – D)

Ration (in %)		Ra	Rp	Rfe	Rfa	NfE	Stärke	Zucker	GE*
AF	HK/KT/LP	g/kg TS							MJ/kg TS
25	75 (HK)	39,3	157	47,4	62,9	693	457	35,1	19,0
75	25 (HK)	56,8	167	37,4	114	625	292	50,2	18,7
75	25 (KT)	69,5	149	25,0	141	615	89,6	200	18,2
100	-	74,5	176	27,5	165	557	127	65,4	18,4
25	75 (LP)	90,2	177	25,9	196	509	94,7	56,1	18,1
-	100 (LP)	122	181	22,8	265	409	30,3	37,6	17,7

* kalkuliert (Rohnährstoffe in g/kg TS): GE (MJ/kg TS) = 0,0239 Rp + 0,0398 Rfe + 0,0201 Rfa + 0,0175 NfE

– **Mengen- und Spurenelementgehalte**

Die Mineralstoffgehalte des pelletierten Alleinfutters sowie der verschiedenen Einzelfuttermittel sind Tabelle 8 zu entnehmen. Wie erwartet, war in den pelletierten Luzernen der höchste und in den Haferkernen der geringste Ca-Gehalt nachzuweisen.

Tab. 8: Mengen- und Spurenelementgehalte der verschiedenen Futtermittel

FM	Ca	Mg	P	Na	K	Cl	Cu	Zn	Fe	Mn	Se
	g/kg TS						mg/kg TS				
AF	8,34	3,41	7,23	2,67	14,2	4,69	20,4	102	352	127	0,360
KT	3,93	1,17	2,68	2,12	22,6	3,74	3,22	29,3	33,7	7,66	< 0,011
LP	29,9	1,91	2,89	0,175	27,7	5,49	6,84	17,2	414	45,6	0,091
HK	0,894	1,40	4,59	0,064	4,36	0,470	6,00	37,4	49,1	61,1	0,043

Entsprechend dieser Gehalte ließen sich bei Kombination dieser Futtermittel folgende Mineralstoffgehalte für die Rationen ableiten (s. Tab. 9). Mit der

Kombination der einzelnen Futtermittel wurde eine Abstufung des Ca-Gehaltes in den eingesetzten Rationen von 29,9 bis hinunter auf 3,37 g/kg KM erreicht.

Tab. 9: Mengen- und Spurenelementgehalte der in Versuchsphase B, C und D eingesetzten Rationen

Ration (in %)		Ca	Mg	P	Na	K	Cl	Cu	Zn	Fe	Mn	Se
AF	HK/KT/LP	g/kg						mg/kg TS				
25	75 (HK)	3,37	2,07	5,46	0,932	7,63	1,87	10,8	58,9	150	83,0	0,149
75	25 (HK)	5,85	2,74	6,34	1,80	10,9	3,28	15,6	80,4	251	105	0,254
75	25 (KT)	6,86	2,66	5,71	2,48	17,0	4,37	14,7	77,7	246	87,1	–
100	–	8,34	3,41	7,23	2,67	14,2	4,69	20,4	102	352	127	0,360
25	75 (LP)	15,5	2,91	5,78	1,84	18,7	4,95	15,9	73,7	372	99,8	0,270
–	100 (LP)	29,9	1,91	2,89	0,175	27,7	5,49	6,84	17,2	414	45,6	0,091

3.6 Probenaufbereitung

3.6.1 Futtermittel

Nach Entnahme einer repräsentativen Teilprobe aus dem zu untersuchenden Futtermittels eines Probenstechers wurde diese unter Zuhilfenahme eines Probenteilers auf ein entsprechendes Aliquot reduziert. Ein Teil des Aliquots diente zur Bestimmung der Trockensubstanz, der Rest wurde mit einer Retsch ZM 1000 (Siebgröße Ø 0,5 mm) gemahlen und in Plastikflaschen luftdicht verschlossen für weitere Analysen aufbewahrt.

3.6.2 Kot

Der gesammelte Kot wurde sofort bei –20 °C eingefroren. Einzig aus dem unkontaminierten Kot (ohne Spuren einer Verunreinigung mit Harn oder Futterresten)

wurde nach Versuchsende von jedem Tier bzw. jeder Tiergruppe eine Sammelprobe hergestellt und davon eine kleine, repräsentative Teilprobe wieder bei – 20 °C eingefroren. Der Rest wurde für 2 Tage gefriergetrocknet (*Gamma 1-20, Fa. Martin Christ Gefrier Trocknungsanlagen GmbH, Osterode am Harz*) und anschließend mit einer Universalmühle (*M 20, Fa. IKA®-Werke, Staufen*) fein gemahlen und in einem luftdichten Probengefäß für die weitere Laboranalysen aufbewahrt.

3.6.3 Harn

Die Messung von pH-Wert und spezifischem Gewicht erfolgte nur in frisch abgesetzten Harn. Anschließend wurden diese Proben in Eppendorfgefäßen bei – 20 °C eingefroren.

Der über 12 Stunden gesammelte, unkontaminierte Harn wurde jeweils in einen austarierten Urinauffangbecher überführt und gewogen. Verbliebene Harnreste bzw. -sedimente wurden mit einer definierten Menge Aqua dest. aus der Auffangvorrichtung ausgespült und die Spüllösung ebenfalls in den Urinauffangbecher überführt und bei – 20 °C eingefroren.

3.7 Untersuchungsmethoden

3.7.1 Rohnährstoffe

– **Trockensubstanz (TS)**

Von dem zu analysierenden Probenmaterial wurden 3 g in einen vorher mindestens 2 h erhitzten und im Exsikkator ausgekühlten, gewogenen, gewichtskonstanten Tiegel eingewogen und über Nacht im Trockenschrank bei 103 °C getrocknet. Nach Abkühlung im Exsikkator wurde die Probe zurückgewogen.

– **Rohasche (Ra)**

Die Ermittlung des Ra-Gehaltes schloss sich an die Bestimmung der Trockensubstanz an. Hierfür wurde die Probe im Tiegel für 6 h im Muffelofen bei

600 °C verascht. Anschließend erfolgten die Abkühlung im Exsikkator und die Rückwaage des Tiegels.

– **Organische Substanz (oS)**

Die organische Substanz wurde anhand folgender Formel berechnet:

$$oS = TS - Ra$$

– **Rohprotein (Rp)**

Die Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes erfolgte anhand der DUMAS-Verbrennungsmethode. Hierfür wurden 0,3 g Probenmaterial in einen Keramiktiegel eingewogen und bei 1000 °C unter Sauerstoffzufuhr im Analysator (*Vario Max®*, Fa. *Elementar, Hanau*) verbrannt. Es fand eine Reduktion der hierbei gebildeten Stickoxide zu molekularem Stickstoff statt, welcher nach selektiver Absorption und Entfernung anderer Verbrennungsprodukte mittels eines Wärmeleitfähigkeitsdetektors quantitativ erfasst wurde. Eine geräteeigene Software ermöglichte die Berechnung des Stickstoffgehaltes, der durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25 (N-Gehalt im Protein: 16 %) den Rp-Gehalt der Probe ergab.

– **Rohfett (Rfe)**

Für die Bestimmung des Rfe-Gehaltes wurden 3 g des Probenmaterials nach Zugabe von 100 ml Wasser und 60 ml 30 %iger Salzsäure durch 30minütiges Aufkochen aufgeschlossen und mit Wasser auf 300 ml aufgefüllt. Anschließend wurde die Flüssigkeit über einen Faltenfilter (*595 ½ D 185 mm*, Fa. *Schleicher und Schuell Micro Science GmbH, Dassel*) filtriert und dieser im Trockenschrank über Nacht bei 80 °C getrocknet. Im nächsten Schritt wurde das Fett aus dem Filter mit 100 ml Petrolether im Soxhletapparat über einen Zeitraum von 6 Stunden extrahiert und der Petrolether anschließend mittels eines Rotationsverdampfers (*Rotavapor R 114*, Fa. *Büchi, Schweiz*) abdestilliert. Die Stehkolben wurden dann über Nacht bei 80 °C im Trockenschrank getrocknet und nach dem Auskühlen im Exsikkator

ausgewogen. Der Rfe-Gehalt ergab sich rechnerisch aus der Differenz der Kolbengewichte mit und ohne Rohfett.

– Rohfaser (Rfa)

1 g Analysensubstanz wurden in einen Glasfiliertiegel (Glasfritte) eingewogen und mit 150 ml 1,25 %iger Schwefelsäure versetzt für 30 Minuten in einem Rohfaseraufschlussgerät (*Fibertec 2010 Hot Extractor, Fa. Foss, Schweden*) gekocht. Nach Absaugen der Säure erfolgte eine Wiederholung des Vorgangs allerdings mit Zugabe von 150 ml 1,25 %iger Natronlauge. Im Anschluss wurde die Glasfritte mit heißem destilliertem Wasser gespült, bei 105 °C im Trockenschrank getrocknet, im Exsikkator abgekühlt und ausgewogen. Dann folgte die Veraschung der Probe bei 500 °C im Muffelofen und deren Auswaage. Durch Subtraktion des Gewichts der Probe nach Veraschung vom Gewicht der Probe nach Trocknung konnte der Rfa-Gehalt kalkulatorisch bestimmt werden.

– N-freie Extraktionsstoffe (NfE)

Die Berechnung der N-freien Extraktionsstoffe erfolgte mit Hilfe folgender Formel:

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

3.7.2 Stärke

Die Bestimmung des Stärkegehaltes der Futtermittel fand mittels polarimetrischem Verfahren nach Säurehydrolyse (Verbandsmethode nach VDLUFA; NAUMANN und BASSLER 1976) statt. Hierfür wurden 2,5 g Probenmaterial mit 50 ml 1 %iger HCl-Lösung versetzt und für 15 Minuten im Wasserbad erhitzt. Anschließend erfolgte die Zugabe destillierten Wassers (30 ml), die Abkühlung der Probe auf 20 °C und dann die Klärung mit jeweils 5 ml CARREZ-Reagenz I und II. Hiernach wurde die Probenlösung mit destilliertem Wasser auf 100 ml aufgefüllt, geschüttelt und filtriert. Die Messung der optischen Drehung erfolgte mit einem Polarimeter (*Polartronic E, Fa. Schmidt und Haensch GmbH & Co, Berlin*). Ein Blindwert mit 100 ml einer

40 %igen Alkohollösung wurde ebenfalls bestimmt. Aus der Differenz zwischen Blindwert und Probenwert ergab sich der Stärkegehalt der Probe.

3.7.3 Zucker

– **Gesamtzucker**

Für die Bestimmung des Gehaltes an Gesamtzucker wurde die Verbandsmethode der VDLUFA (NAUMANN und BASSLER 1976) angewendet. Nach Lösung des Zuckers im Probenmaterial durch 40 %igen Ethanol, Klärung der Lösung mittels CARREZ-Reagenz I und II wurde die Probenlösung filtriert und der Alkohol abgedampft, um aus dem Filtrat anschließend den Gesamtzuckergehalt mittels Inversion (Methode nach LUFF-SCHORL 1976) zu bestimmen. Bei dieser Methode wurde der Verbrauch an Natriumthiosulfat dem Zuckergehalt gleichgesetzt.

– **Enzymatischer Nachweis von Glukose im Harn**

Zum Nachweis von Glukose im Harn wurden Teststreifen (*Medi-Test Glucose, Fa. Macherey-Nagel, Düren*) verwendet. Diese semiquantitative Nachweismethode basiert auf der Glukoseoxidase-Peroxidase-Chromogen-Reaktion, die nur bei Anwesenheit von Glukose ablaufen kann, welche durch einen Farbumschlag von grün nach blaugrün angezeigt wird. Der Teststreifen wurde für ca. 1 Sekunde in frisch abgesetzten Harn getaucht, um das Testfeld vollständig zu benetzen. Nach 30 bis höchstens 60 Sekunden konnte die Farbe des Testfeldes mit der vorgegebenen Farbskala verglichen werden.

3.7.4 Mengen- und Spurenelemente

Um die Mengen- und Spurenelementgehalte zu bestimmen, wurden 0,5 g bzw. 2,5 ml Probenmaterial mit 10 ml 65 %iger Salpetersäure (HNO_3) und 2 ml einer 30 %igen Wasserstoffperoxid-Lösung (H_2O_2) für 30 Minuten in einer Mikrowelle (*mls 1200 mega, Fa. Milestone Inc., Shelton, USA*) aufgeschlossen. Nach dem Abkühlen wurde die Probenlösung durch einen aschefreien Filter filtriert, mit

tridestilliertem Wasser auf ein definiertes Volumen aufgefüllt und dann den weiteren Messungen zugeführt.

– **Calcium, Magnesium**

Die Probenlösung wurde mit 0,5 %iger Lanthanchloridlösung verdünnt (Verhältnis abhängig vom Ca- bzw. Mg-Gehalt: 1 : 10, 1 : 100 oder 1 : 1000) und mittels eines Atomabsorptionsspektrometers (*Unicam Solaar 11, Fa. Unicam, Dreieich*) auf die Ca- und Mg-Gehalte untersucht.

– **Phosphor**

Einer vorgelegten Lösung (10 ml einer Lösung zu gleichen Teilen aus Ammoniummolybdat, Ammoniumvanadat sowie Salpetersäure) wurden 1,5 ml Probenlösung zugesetzt. Die Ermittlung des P-Gehaltes der Probe erfolgte durch kolorimetrischen Vergleich gegen eine Phosphorverdünnungsreihe mittels Spektrophotometer bei einer Wellenlänge von 365 nm (nach GERICKE und KURMIES, 1952).

– **Natrium / Kalium**

Verdünnt mit einer Caesiumchlorid-Aluminiumnitrat-Lösung wurde die Aschelösung der Probe im Flammenemissionsverfahren nach SCHUHKNECHT und SCHENKEL (1963) mittels eines Flammenphotometers (*M8 – Acetylen, Fa. Lange, Düsseldorf*) auf ihren Na- und K-Gehalt untersucht.

– **Chlorid**

2,5 g des Probenmaterials wurden in einem 25 ml-Messkolben bis zur Eichmarke mit destilliertem Wasser aufgefüllt und für 30 Minuten geschüttelt. Ein Teil der Lösung wurde dann für 15 Minuten zentrifugiert (*Varifuge F®, Fa. Heraeus Sepatech GmbH, Osterode am Harz; 3000 Umdrehungen pro Minute*). Mit dem klaren Überstand wurde eine Fällungstitration durchgeführt (*Chloride Analyzer 925, Fa. Ciba Corning Diagnostics, Medfield, USA*).

Der Cl-Gehalt der Harnproben wurde direkt mittels Fällungstitration gemessen.

– Spurenelemente

Mit Hilfe eines Atomabsorptionsspektrometers (Cu, Zn, Fe und Mn: *Unicam Solaar 969*, Fa. Unicam, Kassel; Se: *Hybridsystem Thermo Elemental*, Fa. Solaar) wurden die Gehalte an Kupfer, Zink, Eisen, Mangan und Selen direkt aus der Aschelösung gemessen.

3.7.5 pH - Wert

Der pH-Wert im Harn (Spontanurin) wurde elektrometrisch mit einem digitalen pH-Meter (*pH-Meter 766 Calimatic*, Fa. Knick, Berlin) nach Eichung mit Pufferlösungen (pH 2, pH 7, Fa. Fluka, Deisenhofen) gemessen.

3.7.6 Spezifisches Gewicht

Das spezifische Gewicht der Harnproben wurde mittels eines manuellen Handrefraktometers (*HRMT 18*, Fa. A. Krüss Optronic GmbH, Hamburg) bestimmt.

3.7.7 Berechnungen

– N-freie Extraktionsstoffe (NfE)

Der Gehalt an stickstofffreien Extraktionsstoffen wurde rechnerisch ermittelt (in der Formel Rohnährstoffe in g/kg TS):

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

– Energiegehalt der Futtermittel

Die Energiebewertung der Futtermittel auf der Stufe der Bruttoenergie (GE) erfolgte mittels folgender Formel (Rohnährstoffe in g/kg TS):

$$\text{GE (MJ/kg TS)} = 0,0239 \text{ Rp} + 0,0398 \text{ Rfe} + 0,0201 \text{ Rfa} + 0,0175 \text{ NfE}$$

Die Ableitung der Energieaufnahme auf Stufe der verdaulichen Energie (DE) erfolgte anhand der in den Verdaulichkeitsstudien (Versuchsphase B) ermittelten Schätzformel zur Verdaulichkeit der organischen Substanz (VQ_{oS} , s. Kapitel 5.2.4) Diese wurde der Verdaulichkeit der Bruttoenergie (VQ_{GE}) gleichgesetzt und mit der Bruttoenergieaufnahme multipliziert.

– **scheinbare Verdaulichkeit (sV)**

Die Berechnung der scheinbaren Verdaulichkeit erfolgte nach folgender Formel:

$$sV (\%) = [(F - K)/F] \times 100$$

3.8 Statistische Auswertung

Die deskriptive Darstellung und Analyse der Daten in Form von Tabellen und Diagrammen hinsichtlich Datenumfang, Mittelwert, Standardabweichung und Prozentzahlen erfolgte mit dem Programm Excel 2003 (*Fa. Microsoft Corp., USA*).

Weitergehende statistische Auswertungen wurden mit Unterstützung des Institutes für Biometrie, Epidemiologie und Informationsverarbeitung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover erstellt. Zur Anwendung kam das Statistical Analysing System für Windows, SAS® Version 9.1 (*SAS Institute Inc., Cary, NC, USA*).

4. Ergebnisse

4.1 Gesundheitszustand der Tiere

Die Degus zeigten in den einzelnen Versuchsphasen durchweg ein ungestörtes Allgemeinbefinden. Sowohl in der Gruppen- als auch in der Einzelhaltung waren die Tiere gemäß ihrer Tagaktivität während der Erhebung der verschiedenen Parameter, der Probenkollektion und Reinigung der Käfige munter, umgänglich und an ihrer Umgebung sehr interessiert. Auch Komfort- und Sozialverhalten konnte in dieser Zeit regelmäßig beobachtet werden.

Während der quantitativen Erfassung der Harnmengen (Versuchsphase C) musste ein Degu aufgrund einer Nachhandlähmung unklarer Genese trotz ungestörter Nahrungsaufnahme und eines spontanen, selbständigen Kot- sowie Harnabsatzes zur Behandlung aus dem Versuch herausgenommen werden. Nach Behandlung und Genesung erfolgte jedoch ein erneuter Einsatz dieses Tieres im nächsten Fütterungsversuch.

Bei Überprüfung der Verträglichkeit zuckerreicher Komponenten (Versuchsphase E) wurde zum Zeitpunkt der Futterumstellung von Möhren auf Zuckerrüben ein Degu aufgrund eines rezidivierenden Oberkieferabszesses unklarer Genese aus der Gruppe genommen und nach erfolgloser medikamentöser Therapie euthanasiert. So reduzierte sich die Tierzahl während dieses Versuchs von sechs auf fünf Tiere.

4.2 Futteraufnahmeverhalten

Im Vorfeld dieser Arbeit wurden Wahlversuche (Einzeltierhaltung, 5 Tage Adaptation, 5 Tage Versuch) mit verschiedenen Futtermitteln (Mischfutter, Getreide, Leguminosen, Obst, Gemüse) durchgeführt, um herauszufinden, ob bzw. welche Komponenten bevorzugt von Degus aufgenommen werden. Mit Hilfe dieses Vorversuchs sollte auch eine geeignete Auswahl der eigentlichen Versuchsfutter

Ergebnisse

getroffen werden. Dabei zeigte sich (s. Tab. 10), dass bearbeitetes Getreide, wie gepoppter Mais oder Haferflocken, aber auch Erbsenflocken beliebter waren als Grünflocken (GMP). Wurden hingegen verschiedene Arten von Obst angeboten, so fraßen die Degus lieber das pelletierte Grünmehl. Dieses wurde bei Angebot verschiedener Gemüsesorten allerdings von Tomaten übertroffen, während Gurken oder Eisbergsalat nur eine mäßige Akzeptanz hatten.

Tab. 10: Aufnahme einzelner Komponenten von Degus im Buffetversuch (Angaben in % des Angebotes; nach HOMMEL et al. 2011)

<u>Mischfutter</u>						
Erbsenflocken > GMP > Mais > Möhrenflocken > Weizen > Pellets						
19,0	13,7	9,08	8,13	7,31	6,26	
<u>Getreide</u>						
Haferflocken > Mais gepoppt > GMP > Weizen gepoppt > Mais > Hafer > Weizen						
16,5	12,5	11,0	6,24	4,46	4,42	2,78
<u>Leguminosen</u>						
Erbsenflocken > Erdnüsse > GMP > Ackerbohnenflocken > Sonnenblumenkerne						
15,8	15,3	14,7	2,98		2,26	
<u>Obst</u>						
GMP > Birne > Traube > Kiwi > Apfel						
32,7	17,0	8,71	5,96	5,02		
<u>Gemüse</u>						
Tomate > GMP > Paprika > Gurke > Eisbergsalat						
30,6	27,9	23,9	9,09	7,45		

GMP = Grünflocken

4.3 Futteraufnahme

Bei ad libitum Angebot der verschiedenen Rationen variierte die durchschnittliche Futteraufnahme der Degus (Gruppenhaltung; n = 3 – 4) zwischen 3,94 und 12,8 g TS pro Tier und Tag (s. Tab. 11). Zum Vergleich von Tieren mit unterschiedlicher Körpermasse sowohl innerhalb als auch zwischen den Gruppen wurde die tägliche Futteraufnahme in Bezug zur Körpermasse berechnet. Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertdifferenzen ($p < 0,05$) durch unterschiedliche

Ergebnisse

Buchstaben in höher gestellter Position gekennzeichnet. Die höchste Futteraufnahme – sowohl absolut als auch relativ – zeigten die Degus bei Angebot von Heu (6,65 % der KM) bzw. dem pelletierten Alleinfutter (5,59 % der KM), während Haferkerne und Weißkohl in signifikant geringeren Mengen (2,51 bzw. 2,81 % der KM) aufgenommen wurden.

Tab. 11: Tägliche Futteraufnahme von Degus bei ad libitum Angebot verschiedener Einzelfuttermittel und Komponenten (n = Tiere pro Gruppe)

Fütterung	g TS/Tier	g TS/100 g KM	g TS/kg KM ^{0,75}
Heu (n = 4)	12,8 ± 1,41	6,65 ± 0,73 ^a	62,3 ± 6,86 ^a
AF (n = 3)	10,8 ± 1,85	5,59 ± 0,97 ^{bc}	42,3 ± 6,52 ^{bce}
KT (n = 4)	5,80 ± 0,53	3,85 ± 0,35 ^{bce}	34,0 ± 3,09 ^{bce}
HK (n = 4)	3,94 ± 0,13	2,51 ± 0,09 ^{df}	22,4 ± 0,76 ^{df}
Birnen (n = 4)	8,27 ± 2,26	4,53 ± 1,24 ^{eb}	41,9 ± 11,5 ^e
Weißkohl (n = 4)	4,08 ± 0,57	2,81 ± 0,40 ^{fd}	24,9 ± 3,44 ^{df}

AF = pelletiertes Alleinfutter für Kaninchen, KT = Karottentrester, HK = Haferkerne

4.4 Energieaufnahme

Die Ableitung der Energieaufnahme auf der Stufe der verdaulichen Energie (DE) erfolgte anhand der zuvor in den Verdaulichkeitsstudien (Versuchsphase B) ermittelten Schätzformel zur Verdaulichkeit der organischen Substanz (VQ_{oS}; s. Kapitel 5.3.5). Diese wurde der Verdaulichkeit der Bruttoenergie (VQ_{GE}) gleichgesetzt und mit der Bruttoenergieaufnahme multipliziert.

Die tägliche Aufnahme an verdaulicher Energie bei Angebot verschiedener Futtermittel variierte zwischen 73,3 und 228 kJ DE pro Tier (s. Tab. 12). Bezogen auf die Körpermasse nahmen die Degus täglich zwischen 37,1 und 67,5 kJ DE pro 100 g KM an verdaulicher Energie auf.

Ergebnisse

Tab. 12: Tägliche Energieaufnahme der Degus bei ad libitum Angebot einzelner verschiedener Futtermittel (n = Tiere pro Gruppe)

Fütterung	kJ GE/Tier/d	VQ _{GE} (%) [*]	kJ DE/Tier/d	kJ DE/100 g KM/d
Heu (n = 4)	228 ± 25,2	52,5	120 ± 13,3	62,4 ± 6,87 ^a
AF (n = 3)	199 ± 34,0	65,6	130 ± 22,4	67,5 ± 11,7 ^b
KT (n = 4)	103 ± 9,38	76,7	79,1 ± 7,19	52,5 ± 4,78 ^{c,d,e}
HK (n = 4)	76,4 ± 2,60	90,7	69,3 ± 2,36	44,2 ± 1,50 ^{c,d}
Birnen (n = 4)	145 ± 39,6	76,9	112 ± 30,5	61,2 ± 16,7 ^{a,b,c,d,e}
Weißkohl (n = 4)	73,3 ± 10,3	73,4	53,8 ± 7,54	37,1 ± 5,20 ^f

^{*} VQ_{GE} \triangleq VQ_{oS}; AF = pelletiertes Alleinfutter für Kaninchen, KT = Karottentrestler, HK = Haferkerne;
ⁿ = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen (p < 0,05) durch unterschiedliche Buchstaben in höher gestellter Position gekennzeichnet.

4.5 Körpermasseentwicklung

Die höchsten Körpermasseverluste (-1,96 %) traten bei ausschließlichem Angebot von Haferkernen auf, während die Fütterung von Heu, pelletiertem Alleinfutter und Karottentrestler allgemein eine KM-Konstanz zur Folge hatte (s. Tab. 13). Die z. T. hohen Standardabweichungen innerhalb der Gruppen beruhen auf individuellen Variationen; so nahmen einige Degus deutlich an Körpermasse zu, während bei anderen Gewichtsverluste zu beobachten waren. Über den Mittelwert der Gruppen schlugen diese KM-Entwicklungen aber nicht so deutlich zu Buche.

Ergebnisse

Tab. 13: Körpermasse (KM) zu Versuchsbeginn und –ende sowie die tägliche Entwicklung in Abhängigkeit vom Futterangebot (n = Tiere pro Gruppe)

Fütterung	Körpermasse (g)		Tägl. KM-Entwicklung	
	Beginn	Ende	g	%
Heu (n = 4)	195 ± 19,4 ^a	195 ± 21,7 ^a	0,00 ± 0,38 ^a	-0,00 ^a
AF (n = 3)	200 ± 12,1 ^a	198 ± 9,56 ^a	-0,07 ± 0,28 ^{a,b}	-0,03 ^{a,b}
KT (n = 4)	150 ± 21,9 ^{c,d,f}	150 ± 13,9 ^{c,d,f}	0,03 ± 1,91 ^{a,b,d,e,f}	0,16 ^{a,b,d,e,f}
HK (n = 4)	157 ± 14,3 ^{c,d,f}	147 ± 12,5 ^{c,d,f}	-1,96 ± 1,17 ^{d,f}	-1,24 ^{d,f}
Birnen (n = 4)	182 ± 14,9 ^a	182 ± 19,2 ^a	-0,14 ± 1,02 ^{a,b,d,e,f}	-0,11 ^{a,b,d,e,f}
Weißkohl (n = 4)	145 ± 11,2 ^f	138 ± 10,5 ^f	-1,49 ± 0,68 ^{e,f}	-1,02 ^{e,f}

AF = pelletiertes Alleinfutter für Kaninchen, KT = Karottentrestler, HK = Haferkerne; ⁿ = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen ($p < 0,05$) durch unterschiedliche Buchstaben in höher gestellter Position gekennzeichnet.

4.6 Wasseraufnahme

Bei Angebot von „trockenen“ Futtermitteln und uneingeschränktem Zugang zu Tränkwasser nahmen die Degus zwischen 1,39 und 1,92 ml Wasser pro g TS auf. Bezogen auf die Körpermasse betrug die tägliche Tränkwasseraufnahme im Mittel 4,82 bis 9,45 ml pro 100 g KM. Das Angebot von Saftfutter in Form von Birnen und Weißkohl führte zu einer täglichen Wasseraufnahme der Degus von 0,92 bzw. 0,27 ml pro g TS. Im Bezug auf die Körpermasse wurden 3,83 bzw. 0,76 ml Tränkwasser pro 100 g KM aufgenommen (s. Tab. 14).

Ergebnisse

Tab. 14: Tägliche Tränkwasser- sowie die Gesamtwasseraufnahme von Degus bei ad libitum Angebot verschiedener Futtermittel (n = Tiere pro Gruppe)

Fütterung	ml/Tier/d	ml/100g KM/d	ml/g TS/d	ml ges.*/g TS/d
Heu (n = 4)	17,6 ± 1,79	9,02 ± 1,02 ^a	1,39 ± 0,15 ^a	1,62 ± 0,13 ^a
AF (n = 3)	18,3 ± 11,3	9,45 ± 5,87 ^{abc}	1,62 ± 0,81 ^{bd}	1,77 ± 0,82 ^{bd}
KT (n = 4)	9,19 ± 4,26	6,11 ± 2,83 ^{bcd}	1,59 ± 0,74 ^{ab}	1,70 ± 0,74 ^{ab}
HK (n = 4)	7,57 ± 0,57	4,82 ± 0,36 ^{abc}	1,92 ± 0,19 ^c	2,05 ± 0,19 ^c
Birnen (n = 4)	6,98 ± 1,09	3,83 ± 0,60 ^d	0,92 ± 0,35 ^{bd}	7,86 ± 0,35 ^{bd}
Weißkohl (n = 4)	1,10 ± 0,74	0,76 ± 0,51 ^e	0,27 ± 0,18 ^e	8,98 ± 0,18 ^e

* ml ges. \triangleq Futter + Nippeltränke; ⁿ = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen ($p < 0,05$) durch unterschiedliche Buchstaben in höher gestellter Position gekennzeichnet.

Dabei stammten bei Angebot von Frischfutter 90 % der gesamten Wasseraufnahme aus dem Futter selbst (s. Abb. 2). Bei der Fütterung „trockener“ Futtermittel resultierten bis zu 10 % der täglichen Wasseraufnahme aus dem Futter, der Rest wurde über die Nippeltränken konsumiert.

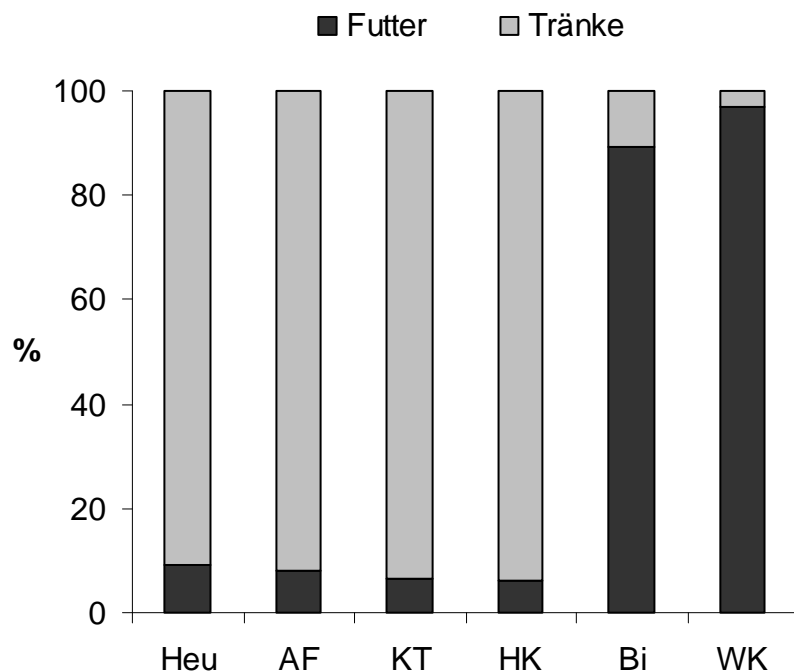


Abb. 2: Tägliche Wasseraufnahme über das Futter sowie via Nippeltränke bei Angebot verschiedener Futtermittel

4.7 Kotbeschaffenheit

Während der Versuchszeit war der Kot bei allen Tieren in Größe, Form, Farbe, Konsistenz und Geruch von physiologischer Beschaffenheit. Mit dem Angebot verschiedener Futtermittel fielen folgende Besonderheiten auf:

- Bei der Fütterung von Heu war der Kot der Degus grünlicher gefärbt und ggr. voluminöser als bei Einsatz der anderen Futtermittel.
- Das Angebot von Möhren sowie Karottentrester (KT) führte zu einer Orangefärbung sowie einer ggr. weicheren Konsistenz des Kotes.
- Ebenfalls auffällig war die weichere Konsistenz des Kotes bei Einsatz von Saftfutter (Birnen, Möhren), jedoch blieb dessen ursprüngliche Form erhalten.

4.8 Verdaulichkeit der Rohnährstoffe (Versuchsphase B)

Mit dem nachfolgend genannten Terminus „Verdaulichkeit“ ist grundsätzlich nur die *scheinbare* Verdaulichkeit gemeint. Zur Überprüfung der Verdauungskapazität erhielten die Tiere (Gruppenhaltung; n = 3/3/2) Rationen (n = 6) mit ansteigendem Rfa-Gehalt (6,29 bis 26,5 % Rfa in der TS). Zur näheren Charakterisierung der Verdauungskapazität wurden diese Futtermittel zudem in einem Speziesvergleich an Zwergkaninchen (n = 3) getestet.

4.8.1 Verdaulichkeit der organischen Substanz (oS)

Erwartungsgemäß zeigten sich die höchsten Verdaulichkeiten bei Angebot der rohfaserarmeren Rationen (s. Abb. 3). Ausgehend von Verdaulichkeitsquotienten mit durchschnittlich 83,8 % (Rfa-Gehalt im Futter 6,29 %) bewirkte die Zulage der Rohfaser eine Reduktion der Verdauungskapazität von Degus auf 55,1 % sowie bei den Kaninchen auf 49,0 % (jeweils 26,5 % Rfa im Futter). Im Vergleich zwischen den Rationen innerhalb beider Arten führte die Variation des Rfa-Gehaltes zu

Ergebnisse

signifikanten Differenzen in der Verdaulichkeit. Dabei waren die Speziesunterschiede bis zu einem Rfa-Gehalt in der Ration von 14,2 % wenig ausgeprägt. Signifikante Unterschiede zeigten sich erst ab Rfa-Gehalten von 16,5 %, wobei die Degus grundsätzlich die höhere Verdauungskapazität aufwiesen.

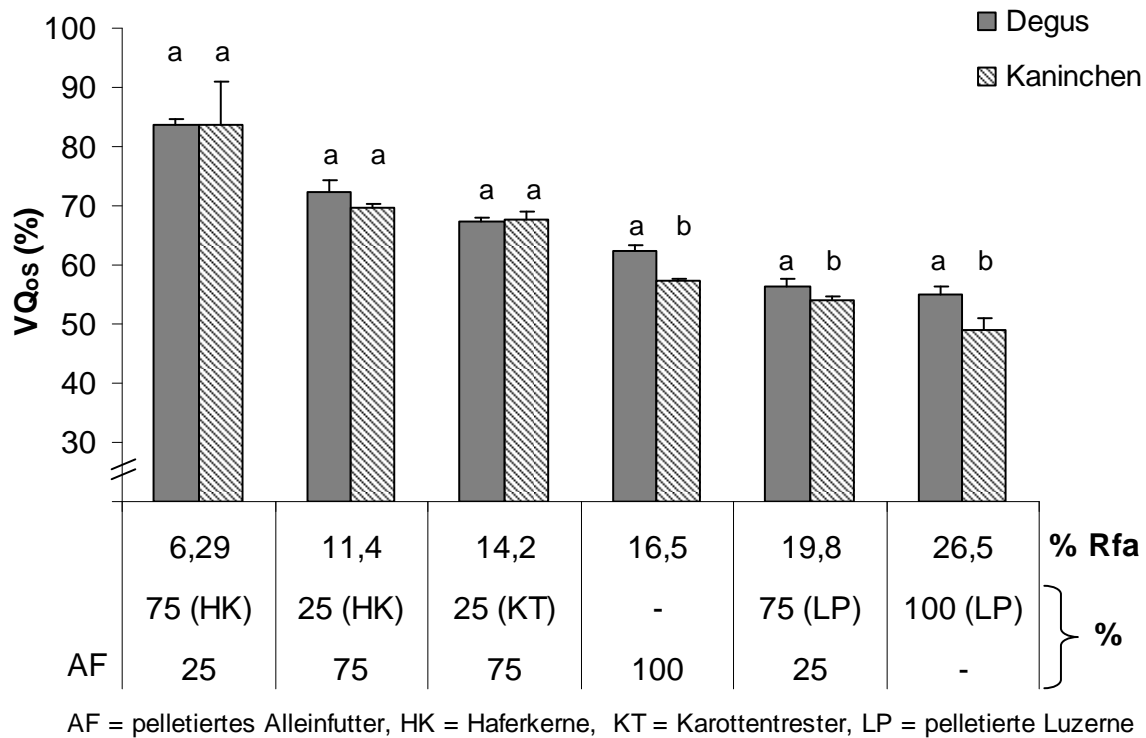


Abb. 3: Die scheinbare Verdaulichkeit der **organischen Substanz** von Degus und Kaninchen bei steigendem Rfa-Gehalt der angebotenen Rationen

4.8.2 Verdaulichkeit der Rohfaser (Rfa)

Unabhängig vom Rfa-Gehalt der Rationen zeigten die Degus eine mittlere Rfa-Verdaulichkeit von 22,5 – 30 % (s. Abb. 5). Die Verdauungskapazität der Kaninchen war bei Angebot identischer Futtermittel im Allgemeinen niedriger und variierte zwischen 12,5 und 15,4 %. Erwartungsgemäß führte die Zulage von Karottentrester (pektinreich) bei beiden Spezies zu höheren Rfa-Verdaulichkeiten als bei Aufnahme

Ergebnisse

von pelletiertem Alleinfutter oder Luzerne. Dabei ließen auch hier die Degus eine höhere Verdaulichkeit (34,5 %) als die Kaninchen (28,4 %) erkennen.

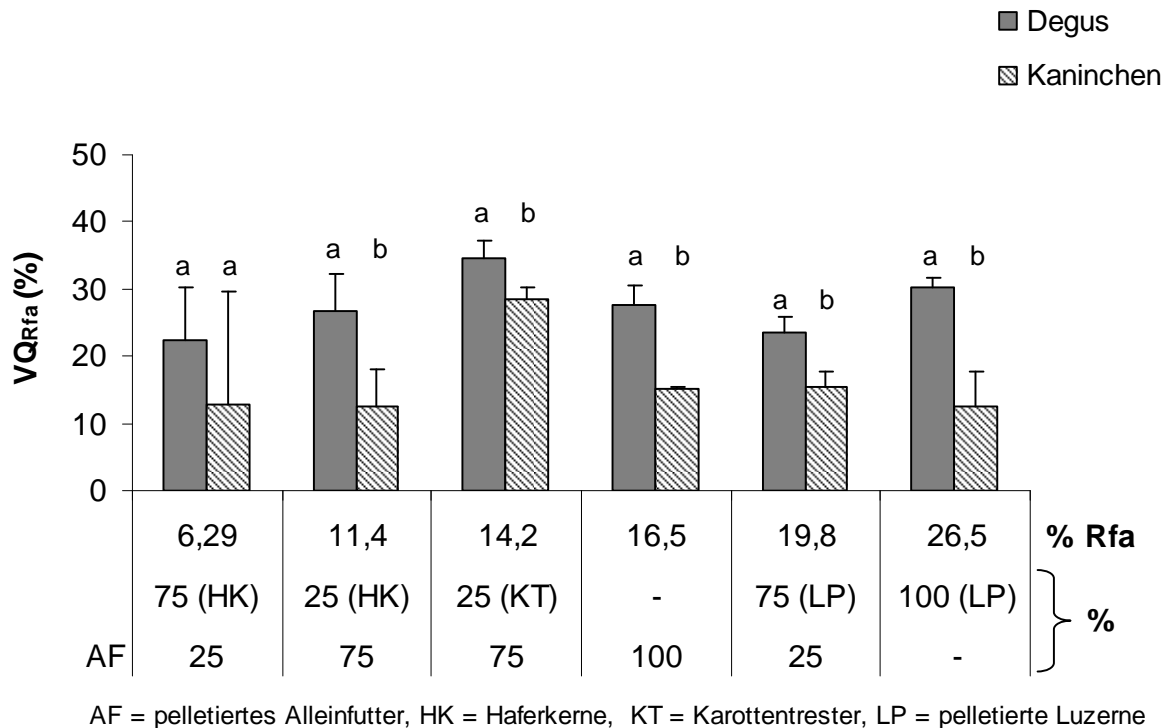


Abb. 4: Die scheinbare Verdaulichkeit der **Rohfaser** von Degus und Kaninchen bei steigendem Rfa-Gehalt im Futterangebot

4.8.3 Verdaulichkeit des Rohproteins (Rp)

Mit zunehmendem Rfa-Gehalt im Futter kam es zu einer Reduktion der Rp-Verdaulichkeit von rund 85 auf 65 % (s. Abb. 6). Im Vergleich zwischen den angebotenen Rationen waren signifikante Unterschiede in den Verdaulichkeitsraten überwiegend bei den Degus festzustellen, während dies bei den Kaninchen nur bei Angebot der rohfaserreichsten Ration (26,5 % Rfa in der TS) der Fall war. Speziesbedingte signifikante Differenzen zeigten sich bei Angebot des pelletierten Alleinfutters (16,5 % Rfa in der TS) sowie bei Ergänzung dieses Futters mit Haferkernen (11,4 % Rfa in der TS) oder pelletierter Luzerne (19,8 % Rfa in der TS).

Ergebnisse

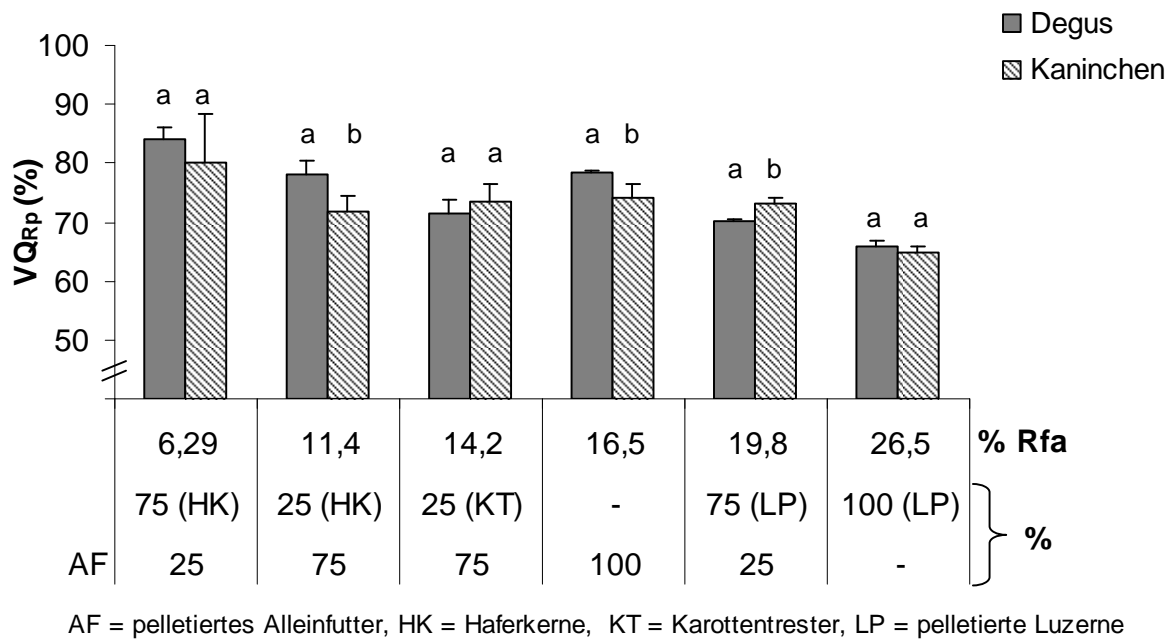
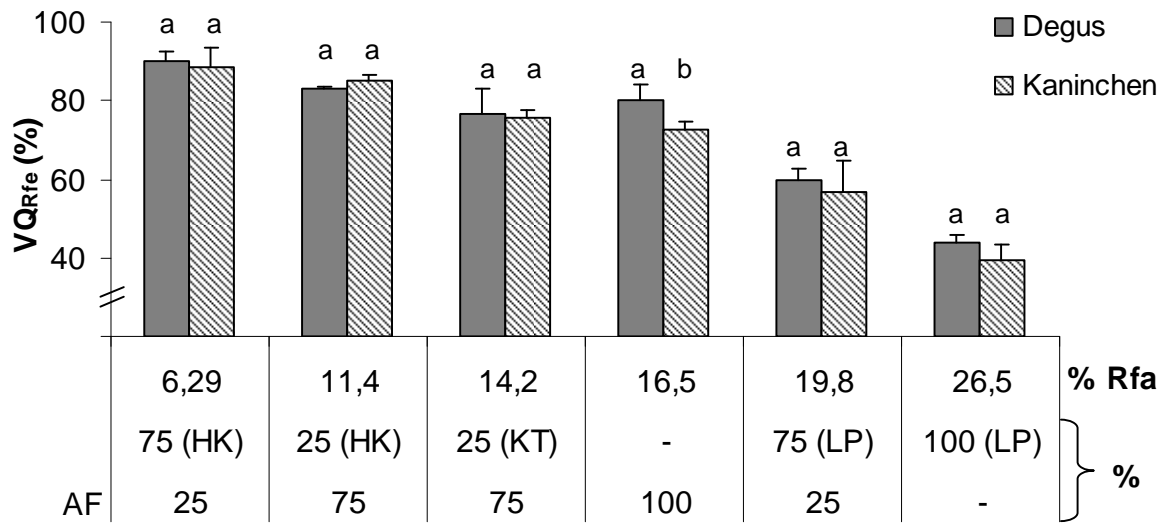


Abb. 5: Die scheinbare Verdaulichkeit des **Rohproteins** von Degus und Kaninchen bei steigendem Rfa-Gehalt der angebotenen Rationen

4.8.4 Verdaulichkeit des Rohfettes (Rfe)

Der Anstieg des Rfa-Gehaltes im Futter führte zu einer signifikanten Reduktion der Rfe-Verdaulichkeit, wobei keine speziesbedingten Unterschiede zu ermitteln waren (Ausnahme: Angebot des pelletierten Alleinfutters mit einem Rfa-Gehalt von 16,5 %; s. Abb. 7).

Ergebnisse



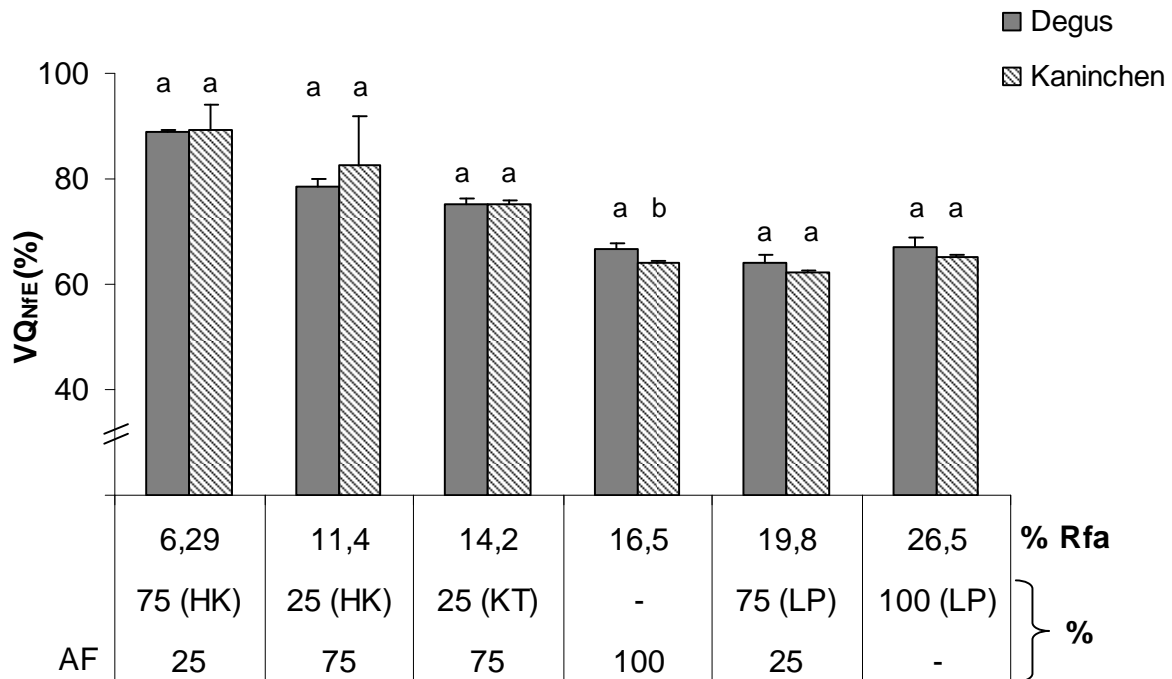
AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Abb. 6: Die scheinbare Verdaulichkeit des **Rohfettes** bei steigendem Rfa-Gehalt im Futterangebot von Degus und Kaninchen

4.8.5 Verdaulichkeit der N-freien Extraktstoffe (NfE)

Der steigende Rfa-Gehalt der Rationen führte erwartungsgemäß zu einer signifikanten Abnahme der NfE-Verdaulichkeit bei beiden Spezies von circa 89 auf 67 % (Degus) bzw. 65 % (Kaninchen; s. Abb. 7). Zwischen den Spezies konnten – außer bei Angebot des pelletierten Alleinfutters (16,5 % Rfa in der TS) – keine signifikanten Differenzen festgestellt werden.

Ergebnisse



AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Abb. 7: Die scheinbare Verdaulichkeit der **N-freien Extraktstoffe** von Degus und Kaninchen bei steigendem Rfa-Gehalt im Futterangebot

4.9 Mineralstoffexkretion (Versuchsphase C)

Zur genaueren Untersuchung der Mineralstoffexkretion von Degus wurden die calciumreichste sowie die calciumärmste Ration (ausschließlich pelletierte Luzerne bzw. 75 % Haferkerne kombiniert mit 25 % pelletiertem Alleinfutter), die schon in den Verdaulichkeitsstudien (Versuchsphase B) eingesetzt wurden, erneut gefüttert. Da eine zeitgleiche Sammlung von unkontaminierten Kot- und Harnproben nicht möglich war, wurde die Verdaulichkeit der Mengenelemente mittels des in den Verdaulichkeitsstudien gesammelten Kotes bestimmt und für diese Berechnungen herangezogen. Außerdem wurde bei der Sammlung der Harnproben die circadiane Ausscheidungsrythmik berücksichtigt (s. Kapitel 3.2.3).

Trotz einer geringeren TS-Aufnahme von 3,83 g/Tier bei ausschließlichem Angebot von pelletierter Luzerne (Ration in relevanten Tabellen grau hinterlegt), war es

Ergebnisse

aufgrund des hohen Ca-Gehaltes (29,9 g/kg TS) möglich, eine hohe Ca-Aufnahme der Tiere zu erreichen (s. Tab. 15). Bei Fütterung der calciumreichen Ration betrug die Wasseraufnahme durchschnittlich 4,04 ml/g TS pro Tier gegenüber einer Aufnahme von 0,73 ml /g TS bei Angebot der calciumarmen Ration (3,37 g Ca/kg TS). Aus den Werten der in 12 Stunden erfassten Harnvolumina wurde das Harnvolumen für 24 Stunden berechnet. Es variierte im Mittel zwischen 2,82 und 3,68 ml pro Tier. (s. Tab. 15).

Tab. 15: Tägliche Futter- und Wasseraufnahme sowie Harnvolumen von Degus bei Angebot einer calciumarmen (Ca ↓) bzw. **calciumreichen** (Ca ↑) Ration

Ration	TS-Aufnahme g/Tier/d	H ₂ O-Aufnahme ml/g TS/Tier/d	Harnvolumen ml/Tier/d
Ca ↓ (3,37 g/kg TS)	7,83 ± 1,45 ^a	0,73 ± 0,32 ^a	2,82 ± 1,45 ^a
Ca ↑ (29,9 g/kg TS)	3,83 ± 1,21 ^b	4,04 ± 2,05 ^b	3,68 ± 2,67 ^b

ⁿ = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen ($p < 0,05$) durch unterschiedliche Buchstaben in höher gestellter Position gekennzeichnet.

Aufgrund der reduzierten Futteraufnahme bei ausschließlichem Angebot von pelletierter Luzerne (Ca ↑) war auch die tägliche Ca-Aufnahme im Verhältnis zur calciumarmen Ration (75 % Haferkerne kombiniert mit 25 % pelletiertem Alleinfutter) niedriger (114 mg/Tier). Die mittlere scheinbare (sb.) Ca-Verdaulichkeit stieg mit Zunahme des Ca-Gehaltes im Futter von 3,43 auf 65,9 % an. Mit der faecalen Ca-Exkretion verhielt es sich umgekehrt. Bei geringer Ca-Aufnahme wurden durchschnittlich 96,6 % des aufgenommenen **Calciums** über den Kot ausgeschieden. Mit Erhöhung der Ca-Aufnahme um das circa 4,6fache sank die Exkretion via Kot auf 34,3 %. Die renale Ca-Ausscheidung von 3,66 % der Ca-Aufnahme bei Fütterung der calciumarmen Ration erhöhte sich entsprechend auf 64,8 % (s. Tab. 16).

Während sich der Mg-Gehalt der beiden eingesetzten Rationen nicht wesentlich unterschied (2,07 bzw. 1,91 g Mg/kg TS) verringerte sich die tägliche Mg-Aufnahme signifikant von 15,7 auf 7,32 mg pro Tier bei ausschließlichem Angebot von pelletierter Luzerne und die mittlere Verdaulichkeit des **Magnesiums** stieg signifikant

Ergebnisse

von durchschnittlich 37,7 auf 90,6 % an (s. Tab. 16). Die faecale Mg-Ausscheidung sank entsprechend der reduzierten Aufnahme im Mittel von 62,2 auf 9,39 %. Gegensätzlich verhielt es sich mit der Exkretion über den Harn. Mit der Verringerung der Mg-Aufnahme erhöhte sich dessen mittlere renale Ausscheidung von 23,7 auf 74,3 % der aufgenommenen Mg-Menge.

Die Verdaulichkeit des **Phosphors** betrug im Durchschnitt 48 % nach Aufnahme der Ration bestehend aus 75 % Haferkernen und 25 % pelletiertem Alleinfutter (s. Tab. 16). Der verringerte P-Gehalt von 5,46 auf 2,89 g/kg TS und das unausgewogene Ca - P-Verhältnis von 10 : 1 der pelletierten Luzerne führte zu einer mittleren P-Verdaulichkeit von -12,8 %. Die Exkretion des aufgenommenen Phosphors erhöhte sich von durchschnittlich 52,0 auf 113 % der P-Aufnahme. Die renale Ausscheidung des Phosphors verringerte sich im Mittel von 48,6 auf 1,58 %.

Bei Angebot der calciumarmen Ration wurden durchschnittlich 6,65 mg **Natrium** pro Tier aufgenommen und mit der calciumreichen Ration konsumierten die Degus pro Tier nur 0,67 mg Natrium täglich (s. Tab. 16). Die Fütterung der calciumarmen Ration führte zu einer mittleren Verdaulichkeit des Natriums von 89,6 %, die nach Aufnahme des calciumreichen Futters geringfügig auf 92,3 % anstieg. Die faecale Na-Ausscheidung erfolgte zu 10,4 % der aufgenommenen Menge und verringerte sich auf 7,65 %. Die mittlere renale Exkretionsrate betrug 79,3 bzw. 90,4 % des mit dem Futter aufgenommenen Natriums. Es zeigten sich signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) in der aufgenommenen Menge Natrium, die sich jedoch nicht signifikant auf die mittlere Na-Verdaulichkeit, die relative Ausscheidung über den Kot sowie den Harn auswirkten.

Bedingt durch den hohen Gehalt an **Kalium** in der pelletierten Luzerne (27,7 g/kg TS) stieg die mittlere K-Aufnahme von 56,7 bei deren Angebot auf 101 mg pro Tier an (s. Tab. 16). Daraus resultierte eine Zunahme der durchschnittlichen K-Verdaulichkeit von 77,0 auf 94,6 %. Die relative mittlere Exkretion über die Faeces betrug 23,0 % bei geringer K-Aufnahme (56,7 mg/Tier) und ging bei höheren

Ergebnisse

K-Gehalten im Futter auf 5,38 % zurück. Auch die renale K-Ausscheidung verringerte sich im Mittel von 70,8 % der aufgenommenen K-Menge auf 53,4 %.

Im Vergleich der beiden Rationen ließ sich bei der täglichen Aufnahme von **Chlorid** eine signifikante Differenz feststellen (13,2 bzw. 21,1 mg Cl/Tier). Diese hatte weder Auswirkungen auf die mittlere Verdaulichkeit noch auf das faecale und renale Exkretionsverhalten bei den Degus (s. Tab. 16). Die Verdaulichkeitsraten betragen im Mittel 97,1 bzw. 91,7 %. Das mit dem Futter aufgenommene Chlorid wurde zu durchschnittlich 3,00 bzw. 2,47 % über den Kot und zu 96,2 bzw. 103 % über den Harn ausgeschieden.

Tab. 16: Aufnahme, sb. Verdaulichkeit, faecale und renale Exkretion der Mengenelemente bei Angebot einer calciumarmen sowie calciumreichen Ration

Gehalt g/kg TS	Aufnahme mg/Tier/d	VQ %	Exkretion über Kot		Exkretion über Harn	
			mg/Tier/d	%*	mg/Tier/d	%*
Calcium						
3,37 (↓)	25,0 ± 4,13 ^a	3,43 ± 3,19 ^a	24,2 ± 4,21 ^a	96,6 ± 3,19 ^a	0,90 ± 0,13 ^a	3,66 ± 0,92 ^a
29,9 (↑)	114 ± 23,6 ^b	65,9 ± 2,49 ^b	38,8 ± 6,37 ^b	34,3 ± 2,49 ^b	72,5 ± 16,8 ^b	64,8 ± 14,9 ^b
Magnesium						
1,91 (↓)	7,32 ± 1,52 ^b	90,6 ± 0,76 ^b	0,68 ± 0,11 ^b	9,39 ± 0,76 ^b	5,46 ± 1,68 ^a	74,3 ± 15,3 ^b
2,07 (↑)	15,7 ± 2,16 ^a	37,7 ± 2,75 ^a	9,76 ± 1,53 ^a	62,2 ± 2,80 ^a	3,68 ± 0,81 ^a	23,7 ± 4,89 ^a
Phosphor						
2,89 (↓)	11,1 ± 2,31 ^b	12,8 ± 7,34 ^b	12,4 ± 2,07 ^b	113 ± 7,33 ^b	0,19 ± 0,22 ^b	1,58 ± 1,73 ^b
5,46 (↑)	42,0 ± 5,43 ^a	48,0 ± 2,17 ^a	21,9 ± 3,23 ^a	52,0 ± 2,17 ^a	20,3 ± 3,09 ^a	48,6 ± 7,18 ^a
Natrium						
0,18 (↓)	0,67 ± 0,14 ^b	92,3 ± 4,80 ^a	0,06 ± 0,04 ^b	7,65 ± 4,80 ^a	0,62 ± 0,21 ^b	90,4 ± 16,6 ^a
0,93 (↑)	6,65 ± 1,21 ^a	89,6 ± 3,27 ^a	0,69 ± 0,26 ^a	10,4 ± 3,27 ^a	5,25 ± 1,33 ^a	79,3 ± 13,6 ^a
Kalium						
7,63 (↓)	56,7 ± 8,79 ^a	77,0 ± 4,51 ^a	13,1 ± 3,33 ^a	23,0 ± 4,51 ^a	39,7 ± 3,99 ^a	70,8 ± 6,85 ^a
27,7 (↑)	101 ± 22,1 ^b	94,6 ± 0,99 ^b	5,49 ± 1,67 ^b	5,38 ± 0,99 ^a	54,4 ± 33,8 ^a	53,4 ± 31,7 ^a
Chlorid						
1,87 (↓)	13,2 ± 2,08 ^a	97,1 ± 0,52 ^a	0,39 ± 0,08 ^a	3,00 ± 0,52 ^a	12,8 ± 2,43 ^a	96,2 ± 7,54 ^a
5,49 (↑)	21,1 ± 4,38 ^b	97,5 ± 0,48 ^a	0,51 ± 0,09 ^a	2,47 ± 0,48 ^a	21,4 ± 5,92 ^b	103 ± 26,5 ^a

Ration bestehend aus 100 % pelletierter Luzerne; * bezogen auf die Mineralstoffaufnahme (mg/Tier/d); ⁿ = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen (p < 0,05) durch unterschiedliche Buchstaben in höher gestellter Position gekennzeichnet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Calcium sowie Magnesium bei Aufnahme calciumreicher Rationen überwiegend mit dem Harn ausgeschieden werden. Die P-Exkretion erfolgte unabhängig vom Ca-Gehalt des Futters zum größten Teil über den Kot und die Mengenelemente Natrium sowie Kalium wurden vorwiegend über den Harn ausgeschieden. Die Cl-Exkretion fand nahezu ausschließlich renal statt.

4.10 Harnvolumen und –qualität (Versuchsphase D)

Um den Einfluss eines variierenden Futterangebotes auf das Harnvolumen sowie die Qualität des Harns zu untersuchen, wurden die Rationen in gleicher Zusammensetzung wie in den Verdaulichkeitsstudien angeboten. Zur Gewinnung der Harnproben kamen ebenfalls die speziellen Bilanzkäfige zum Einsatz (s. Kapitel 3.2.4). Der pH-Wert sowie das spezifische Gewicht wurden in frisch abgesetztem Harn gemessen.

4.10.1 Harnvolumen

Die täglich abgesetzte Harnmenge reichte von durchschnittlich 3,03 bis zu 6,11 ml pro Tier (s. Tab. 17). Dabei wurden von den Degus innerhalb von 24 Stunden zwischen 4,98 und 13,4 ml Wasser über die Nippeltränke sowie das Futter aufgenommen. Vom insgesamt aufgenommenen Wasser wurden zwischen 40,8 und 94,6 % über den Harn ausgeschieden. Zudem konnte eine hohe Wasseraufnahme bei gleichzeitig geringer TS-Aufnahme während der ausschließlichen Fütterung von pelletierter Luzerne beobachtet werden.

Ergebnisse

Tab. 17: Tägliche TS- und Gesamtwasseraufnahme sowie Harnvolumina von Degus bei Angebot unterschiedlicher Rationen (n = 8)

Ration [%]		Futterraufn. g TS/Tier/d	Wasseraufn. ml H ₂ O/Tier/d	Harnvolumen	
AF	HK/KT/LP			ml/Tier/d	%**
25	75 (HK)	7,75 ± 1,55	4,98 ± 3,04	4,71 ± 0,95	94,6
75	25 (HK)*	8,21 ± 1,09	7,09 ± 4,21	5,22 ± 1,29	73,6
75	25 (KT)	7,52 ± 1,35	8,67 ± 5,84	6,11 ± 1,66	70,5
100	-	5,87 ± 0,54	6,18 ± 4,62	3,03 ± 1,35	49,0
25	75 (LP)	6,95 ± 1,48	11,7 ± 9,66	4,77 ± 2,00	40,8
-	100 (LP)	3,95 ± 1,22	13,4 ± 10,6	6,05 ± 2,55	45,1

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne; * n = 7; ** bezogen auf die Gesamtwasseraufnahme

4.10.2 Harnqualität/-zusammensetzung

Bei Fütterung der verschiedenen Rationen wurde der pH-Wert des Harns (frisch abgesetzter Spontanurin) erwartungsgemäß im alkalischen Bereich von durchschnittlich 7,72 bis 8,84 gemessen (s. Tab. 18). Etwas niedriger (pH 6,20) war der Wert bei Kombination des pelletierten Alleinfutters mit 75 % Haferkernen (HK). Das spezifische Gewicht variierte zwischen 1028 und 1082.

Tab. 18: pH-Wert und spezifisches Gewicht im Harn von Degus in Abhängigkeit vom Futterangebot

Ration (in %)		pH-Wert	Spezifisches Gewicht
AF	HK/KT/LP		
25	75 (HK)	6,20 ± 0,33 ^a	1067 ± 23,4 ^a
75	25 (HK)	8,18 ± 0,85 ^b	1082 ± 10,1 ^b
75	25 (KT)	8,84 ± 0,29 ^{c,d}	1070 ± 19,5 ^{a,c,e}
100	-	7,72 ± 1,02 ^{b,d}	1062 ± 17,3 ^{a,c,e}
75	25 (LP)	8,74 ± 0,12 ^e	1066 ± 9,00 ^a
-	100 (LP)	8,39 ± 0,22 ^f	1028 ± 13,6 ^f

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne; ⁿ = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen (p < 0,05) durch unterschiedliche Buchstaben in höher gestellter Position gekennzeichnet.

4.10.3 Chemische Zusammensetzung

In allen Versuchen, in denen die beiden calciumreichsten Rationen (pelletiertes Alleinfutter kombiniert mit pelletierter Luzerne sowie ausschließlich pelletierte Luzerne) angeboten wurden, zeigte der abgesetzte Harn eine weißlich getrübbte Färbung, die sich nach Stehenlassen der Harnproben als Sediment darstellte (s. Abb. 8).

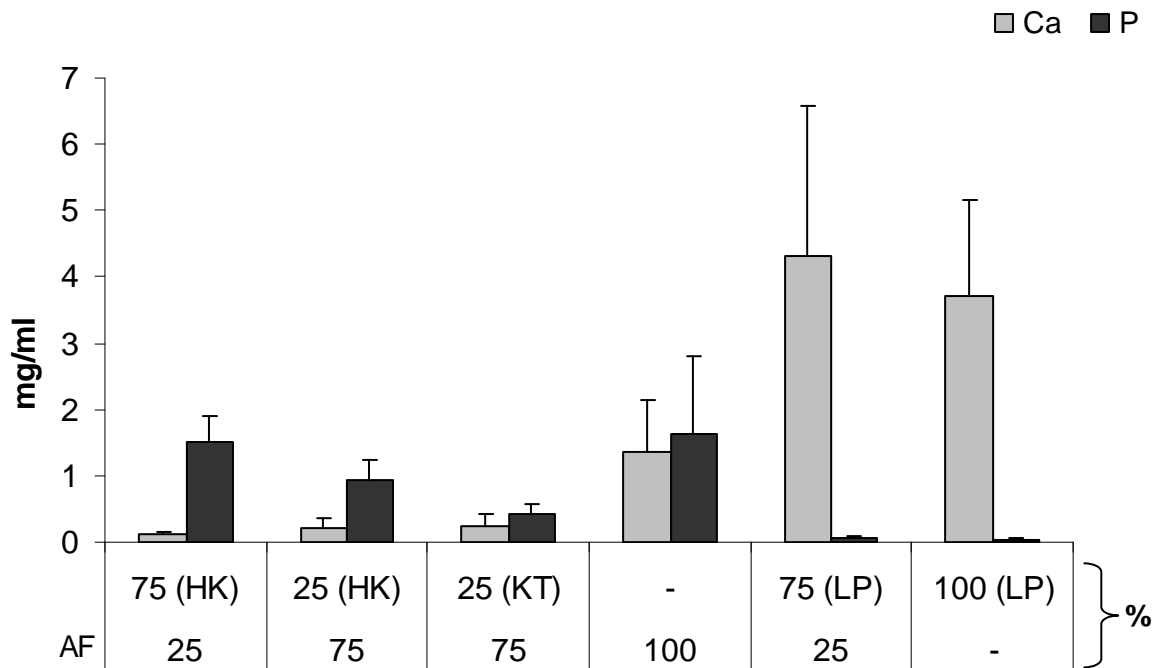


Abb. 8: Harn eines Degus mit Sediment nach Fütterung pelletierter Luzerne mit üblicherweise hohem Ca-Gehalt (29,9 g /kg TS)

Die nicht durch Futter oder Kot kontaminierten Harnproben wurden auf ihre chemische Zusammensetzung hin untersucht. Dabei stand wiederum die Exkretion von Calcium und Phosphor (s. Abb. 9) im Vordergrund, jedoch wurden auch die Gehalte der anderen Mengenelemente (s. Tab. 19) bestimmt.

Die höchsten **Ca-Konzentrationen** im Harn konnten nach Einsatz von pelletierter Luzerne – entweder allein (3,72 mg Ca/ml Harn) oder in Kombination mit pelletiertem Alleinfutter (4,30 mg Ca/ml Harn) – ermittelt werden. Bedingt durch die höheren P-Gehalte im pelletierten Alleinfutter, aber auch in den Haferkernen, kam es bei Einsatz dieser Komponenten zu einer höheren **P**-Ausscheidung über den Harn (s. Abb. 9).

Ergebnisse



AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Abb. 9: Ca- und P-Konzentrationen im Harn von Degus bei Fütterung von Rationen mit variierendem Mineralstoffgehalt

Der Mg-Gehalt im Harn der Degus variierte im Mittel zwischen 0,20 und 1,94 mg/ml (s. Tab. 19). Die Konzentration von Natrium, Kalium sowie Chlorid im Harn der Degus zeigten eine enge Korrelation zu den Gehalten im Futter.

Tab. 19: Chemische Zusammensetzung des Harns von Degus bei Angebot von Rationen mit variierendem Mineralstoff-Gehalt

Ration (in %)		Mg	Na	K	Cl
AF	HK/KT/LP				
25	75 (HK)	0,20 ± 0,09	0,78 ± 0,38	3,42 ± 1,43	0,74 ± 0,66
75	25 (HK)	0,32 ± 0,12	1,24 ± 0,50	4,01 ± 1,63	1,57 ± 0,82
75	25 (KT)	0,28 ± 0,10	1,92 ± 0,66	5,20 ± 2,52	2,05 ± 0,94
100	-	1,23 ± 0,72	3,40 ± 1,88	6,24 ± 3,96	4,47 ± 2,92
25	75 (LP)	1,94 ± 0,88	1,94 ± 1,80	7,74 ± 4,80	6,46 ± 4,15
-	100 (LP)	0,34 ± 0,14	0,26 ± 0,38	3,91 ± 2,72	2,68 ± 1,34

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Ergebnisse

Durch die Analyse der Harnproben, welche bei den Untersuchungen zum Mineralhaushalt (Versuchsphase C) zu verschiedenen Tageszeiten gesammelt wurden, war es möglich, die Konzentration der Mengenelemente im Harn von Degus im Bezug zur Tageszeit darzustellen (s. Tab. 20). In dieser Versuchsphase (C) wurden nur die calciumärmste und calciumreichste Ration eingesetzt (s. Kapitel 4.7).

Die Ca-Konzentration im Harn stieg bei calciumreicher Fütterung sowohl am Tag wie auch in der Nacht von 0,66 bzw. 0,23 mg/ml auf 20,6 bzw. 11,9 mg/ml an (s. Tab. 20). Tagsüber waren keine signifikanten Unterschiede in der Mg-Konzentration bei Vergleich der Rationen festzustellen (1,56 bzw. 1,06 mg/ml Harn). In der Nacht betrug die Konzentration durchschnittlich 1,00 bzw. 0,49 mg Mg/ml Harn ($p < 0,05$). Die Abnahme der P-Konzentration von 8,11 mg/ml Harn am Tag sowie 2,60 mg/ml Harn in der Nacht auf 0,33 bzw. 0,11 mg/ml Harn korrelierte mit dem P-Gehalt in den Rationen. Eine ähnliche Veränderung war auch bei der Konzentration von Natrium im Harn zu beobachten. Im Gegensatz dazu sank mit ansteigendem K-Gehalt in der Ration die K-Konzentration im Harn tagsüber von 19,2 auf 10,3 mg/ml ($p < 0,05$) und nachts minimal von 6,04 auf 5,23 mg/ml ($p > 0,05$) ab. Der Anstieg der Cl-Aufnahme resultierte in einer erhöhten Cl-Konzentration im Harn während des Tages sowie in der Nacht von 4,64 bzw. 2,16 mg Cl/ml auf 12,3 bzw. 8,26 mg Cl/ml. Unabhängig vom Ca- bzw. Mengenelementgehalt in den Rationen war die Konzentration im Harn am Tag höher als in der Nacht. Jedoch ließen sich signifikante Unterschiede zwischen den Tageszeiten nur bei Fütterung der calciumarmen Ration (75 % Haferkerne + 25 % pelletiertes Alleinfutter) nachweisen (s. Tab. 20).

Ergebnisse

Tab. 20: Harnkonzentration in Abhängigkeit von der Tageszeit bei Fütterung einer calciumarmen und calciumreichen Ration

Mengeelement	Gehalt g/kg TS	Harn-Konz. (mg/ml)	
		Tag	Nacht
Calcium	3,37 (↓)	0,66 ± 0,54 ^a	0,23 ± 0,19 ^b
	29,9 (↑)	20,6 ± 23,3 ^a	11,9 ± 11,6 ^a
Magnesium	1,91 (↓)	1,56 ± 1,67 ^a	1,00 ± 1,05 ^a
	2,07 (↑)	1,06 ± 0,60 ^a	0,49 ± 0,41 ^b
Phosphor	2,89 (↓)	0,33 ± 0,68 ^a	0,11 ± 0,27 ^a
	5,46 (↑)	8,11 ± 3,74 ^a	2,60 ± 1,48 ^b
Natrium	0,18 (↓)	0,46 ± 0,84 ^a	0,43 ± 0,47 ^a
	0,93 (↑)	4,01 ± 3,70 ^a	2,09 ± 2,05 ^b
Kalium	7,63 (↓)	19,2 ± 8,48 ^a	6,04 ± 3,80 ^b
	27,7 (↑)	10,3 ± 15,8 ^a	5,23 ± 5,50 ^a
Chlorid	1,87 (↓)	4,64 ± 2,01 ^a	2,16 ± 2,09 ^b
	5,49 (↑)	12,3 ± 13,4 ^a	8,26 ± 9,69 ^a

Ration bestehend aus 100 % pelletierter Luzerne; ^{a, b} = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen ($p < 0,05$) durch unterschiedliche Buchstaben in höher gestellter Position gekennzeichnet.

4.11 Einfluss zuckerreicher Rationen auf die Gesundheit von Degus (Versuchsphase E)

Um die Bedeutung zuckerreicher Futtermittel für die Entstehung von Diabetes mellitus zu untersuchen, wurden einer Gruppe von sechs Degus unter praxisnahen Bedingungen (s. Kapitel 3.4) zuerst Möhren (553 g Zucker/kg TS) und direkt im Anschluss Zuckerrüben (753 g Zucker/kg TS) ad libitum über insgesamt 56 Tage gefüttert und mindestens alle sieben Tage das eventuelle Auftreten einer Glukosurie mittels Teststreifen und die Entstehung eines Kataraktes durch eine einfache Augenuntersuchung überprüft.

Ergebnisse

4.11.1 Futter- und Wasseraufnahme

Die in diesem Zeitraum erfassten Parameter zur Futter- und Wasseraufnahme sind in Tabelle 21 dargestellt. Da zum Zeitpunkt der Futterumstellung von Möhren auf Zuckerrüben ein Tier aus der Gruppe entfernt werden musste (s. Kapitel 4.1), verringerte sich die Anzahl der Tiere von ursprünglich sechs auf fünf Tiere. Dieser Umstand wurde auch in den Daten zur Futteraufnahme ersichtlich. Täglich wurden 7,09 bzw. 6,30 g Trockensubstanz pro Tier aufgenommen. Bezogen auf die Körpermasse nahmen die Degus 3,93 bzw. 3,58 g TS/100 g KM auf. Insgesamt nahmen die Degus an Wasser (über Futter und Nippeltränke) 7,66 bzw. 3,39 ml/g TS auf. Auf die Körpermasse bezogen entsprach dies 30,1 bzw. 11,9 ml Wasser pro 100 g Körpermasse. Zum Ende des Versuchs hin nahm die tägliche Tränkwasseraufnahme von 0,29 auf 2,51 ml pro Tier stark zu, was zu hohen Standardabweichungen bei den entsprechenden Daten führte. Eine statistische Auswertung der verschiedenen Futterangebote war aufgrund der variierenden Tierzahl in der Versuchsgruppe nicht möglich.

Tab. 21: Tägliche Futter- und Tränkwasseraufnahme von Degus bei ad libitum Angebot von zuckerreichen Futtermitteln

Parameter		Möhren (n = 6)	Zuckerrüben (n = 5)
Futteraufnahme	g TS/Tier	7,09 ± 0,62	6,30 ± 1,18
	g TS/100 g KM	3,93 ± 0,37	3,58 ± 0,61
	g TS/kg KM ^{0,75}	40,2 ± 3,83	34,7 ± 6,04
Gesamtwasser- aufnahme	ml H ₂ O/Tier	54,4 ± 4,74	21,0 ± 3,19
	ml H ₂ O/100 g KM	30,1 ± 2,87	11,9 ± 1,90
	ml H ₂ O/g TS	7,66 ± 0,02	3,39 ± 0,56
Tränkwasser- aufnahme	ml H ₂ O/Tier	0,29 ± 0,13	2,51 ± 2,82
	ml H ₂ O/100 g KM	0,16 ± 0,07	1,47 ± 1,69
	ml H ₂ O/g TS	0,04 ± 0,01	0,45 ± 0,55

4.11.2 Energieaufnahme

Wie schon in Kapitel 4.3 wurde auch hier zur Berechnung der Energieaufnahme auf Stufe der verdaulichen Energie (DE) die abgeleitete Schätzformel für die Verdaulichkeit der organischen Substanz (VQ_{OS}) verwendet (s. Kapitel 5.2.4), das Ergebnis mit der Verdaulichkeit der Bruttoenergie (VQ_{GE}) gleichgesetzt sowie mit der Bruttoenergieaufnahme multipliziert. Die tägliche Aufnahme an verdaulicher Energie betrug bei Angebot von Möhren im Mittel 96,6 kJ DE. Bei Fütterung der Zuckerrüben konsumierten die Degus täglich durchschnittlich 80,4 kJ DE pro Tier (s. Tab. 22). Bezogen auf die Körpermasse nahmen die Degus täglich zwischen 45,7 und 53,5 kJ DE pro 100 g KM an verdaulicher Energie auf.

Tab. 22: Tägliche Energieaufnahme der Degus bei ad libitum Fütterung von Möhren (Mö) und Zuckerrüben (ZR)

Fütterung	kJ GE /Tier/Tag	VQ_{GE} (%)*	kJ DE/Tier/Tag	kJ DE/100 g KM
Mö (n = 6)	121 ± 10,5	80,1	96,6 ± 8,39	53,5 ± 5,09
ZR (n = 5)	112 ± 21,1	71,7	80,4 ± 15,1	45,7 ± 7,78

* $VQ_{GE} \triangleq VQ_{OS}$

4.11.3 Körpermasseentwicklung

Zu Beginn dieses Versuchsabschnittes wogen die Degus durchschnittlich 183 g (s. Tab. 23). Am Tag der Futterumstellung (29. Versuchstag) auf Zuckerrüben betrug ihre mittlere Körpermasse 173 g. Von diesem Zeitpunkt an verloren die Tiere täglich 0,38 g ihres Körpergewichts. Zum Versuchsende (56. Tag) wogen die Degus im Mittel 162 g. Während des Angebotes von Zuckerrüben (Tag 29 bis 56) verringerte sich die Körpermasse eines Tieres somit täglich um durchschnittlich 0,69 g.

Ergebnisse

Tab. 23: Körpermasseentwicklung der Degus bei ad libitum Fütterung von Möhren (Mö) und Zuckerrüben (ZR)

Fütterung	g KM Beginn	g KM Ende	g KM/Tag (%)
Mö (n = 6)	183 ± 13,9	173 ± 24,0	-0,38 ± 0,58 (-0,22)
ZR (n = 5)	181 ± 14,3	162 ± 11,7	-0,69 ± 0,24 (-0,38)

4.11.4 Tägliche Zuckeraufnahme

In Abbildung 10 ist die tägliche Zuckeraufnahme in Gramm pro Tier für den gesamten Versuchszeitraum mit Angabe der Anzahl auf Glukosurie getesteten Harnproben dargestellt. Bei Angebot von Möhren betrug die mittlere Zuckeraufnahme 3,92 g pro Tier und Tag. Mit Fütterung von Zuckerrüben konnte die tägliche Aufnahme auf durchschnittlich 4,74 g Zucker pro Tier gesteigert werden. Während des Versuchszeitraumes von 56 Tagen nahmen die Degus im Mittel 4,33 g Zucker pro Tier und Tag auf.

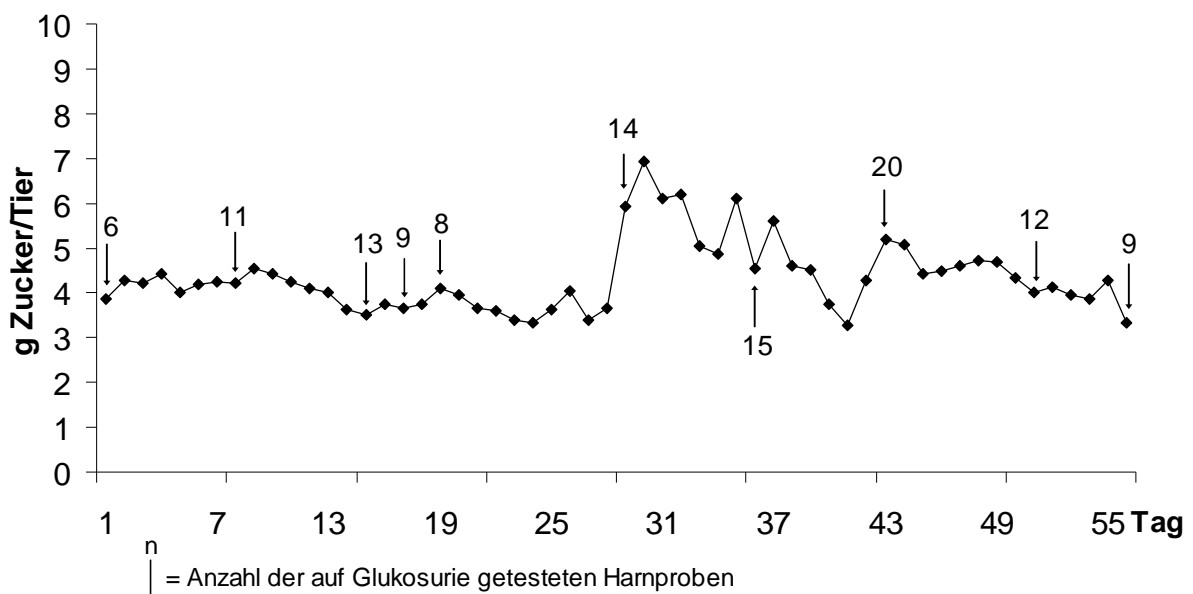


Abb. 10: Tägliche Zuckeraufnahme (g/Tier) bei Angebot von Möhren (Tag 1 – 28) und Zuckerrüben (Tag 29 – 56) ad libitum inklusive Anzahl der auf Glukosurie getesteten Harnproben

Ergebnisse

Während des Versuches konnte in keiner einzigen Harnprobe eine **Glukosurie** mittels Glukose-Teststreifen nachgewiesen werden. Zudem zeigten alle Degus, mit Ausnahme eines Tieres (s. Kapitel 4.1), ein ungestörtes Allgemeinbefinden. Auch bei der wöchentlichen Untersuchung der Augen waren keine makroskopischen Veränderungen festzustellen.

5. Diskussion

Trotz einer wachsenden Popularität des Degus als Heimtier und seiner Nutzung als Tiermodell für Forschungen im Humanbereich (z. B. zum Thema Diabetes mellitus) sind ernährungs- sowie verdauungsphysiologische Grunddaten zu dieser Spezies sehr lückenhaft.

Aus diesem Grund wurden – im Interesse einer art- und bedarfsgerechten Ernährung des Degus – zunächst **Grunddaten** zur Futter- und Wasseraufnahme dieser Spezies bei Angebot verschiedener Futtermittel erhoben. Zur näheren Einschätzung, ob es sich beim Degu um eine eher herbivore oder granivore Tierart handelt, erfolgten Verdauungsversuche. Hierbei wurden die geprüften Futtermittel zugleich auch Kaninchen angeboten, um im Speziesvergleich die **Verdauungskapazität** der Degus näher einschätzen zu können. Anhand dieser Daten sollte zudem der **Energiebedarf** im Erhaltungsstoffwechsel näherungsweise abgeleitet werden.

Im Hinblick auf den **Mineralstoffhaushalt** stellte sich primär die Frage, ob bedarfsüberschreitende Ca-Gehalte im Futter eher zu einer renalen (wie bei Kaninchen und Meerschweinchen) oder eher faecalen Ausscheidung führen. Aus diesem Grund erhielten die Degus Rationen mit unterschiedlich hohen Ca-Gehalten, wobei in speziellen Bilanzkäfigen Kot und Harn separat quantifiziert und analysiert wurden.

Vor dem Hintergrund der häufig diskutierten Disposition der Degus für einen **Diabetes mellitus** erhielten die Tiere über acht Wochen zuckerreiche Futtermittel, wobei in diesem Zeitraum Parameter, die in der Diabetesdiagnostik üblich sind (Glukose im Harn, Linsentrübungen am Auge) geprüft wurden.

Aus diesen einzelnen Versuchsabschnitten sollen die folgenden Aspekte bzw. Ergebnisse näher diskutiert werden:

- Kritik der Methoden
- Ernährungsphysiologische Grunddaten
- Mineralstoffhaushalt
- Einfluss zuckerreicher Rationen auf die Gesundheit von Degus im Hinblick auf ihre Prädisposition für Diabetes mellitus

5.1 Kritik der Methoden

– Haltung der Tiere während der Versuche

Das ausgeprägte Sozialverhalten von Degus sowie Beobachtungen und Ergebnisse aus Vorversuchen (Abnahme der Futteraufnahme in Einzelhaltung) erforderten die Haltung in Kleingruppen während der Ermittlung von Daten zur Futter- und Wasseraufnahme sowie in den Verdaulichkeitsstudien (Versuchsphase A und B), um repräsentative Futteraufnahmen der Tiere zu gewährleisten. Zudem wurden herkömmliche Bilanzkäfige für Kaninchen eingesetzt. Diese boten den Degus zwar ausreichend Platz, jedoch verdunstete der nur in kleinen Mengen abgesetzte Harn der Tiere auf der großen Bodenfläche so schnell, dass bei der Haltung in diesen Käfigen keine quantitative Erfassung des Harns möglich war. Hinzu kam, dass eine Kontamination des abgesetzten Harns durch Kot durch spezielle Kotnetze in diesen Käfigen zwar vermieden, feinere Futterpartikel jedoch nicht zurückgehalten werden konnten. Daher wurden zur Ermittlung des Harnvolumens sowie zur Gewinnung unkontaminierter Harnproben spezielle Bilanzkäfige aus Plexiglas (s. Abb. 1 in Kapitel 3.4.1) verwendet. Diese brachten zwar eine Einzelhaltung der Degus mit sich, jedoch konnten sich die Degus durch die transparente Bauweise und eine versetzte Anordnung der Käfige während der Versuche sehen, hören und auch riechen. So war es möglich, das Risiko einer sozialen Deprivation zu minimieren. Die Kontamination des Harns durch Futterreste und Kot wurde durch einen zusätzlich eingebauten Gitterdraht und eine zeitlich versetzte Fütterungs- und Sammelphase (s. Tab. 5 in Kapitel 3.2.3) verhindert.

– Wahl der eingesetzten Futtermittel

Bei Angebot der eingesetzten Mischfutter (sog. „Buntfutter“ auf der Basis nativer Komponenten) bestand – insbesondere in der Gruppenhaltung der Tiere – das Risiko einer Selektion bestimmter Komponenten. Da diese aber einen üblichen Bestandteil der Rationen in der Praxis darstellen, wurden sie dennoch geprüft. Zudem kam Heu

zum Einsatz, auch wenn dessen botanische Zusammensetzung sicherlich von der Pflanzengesellschaft im originären Biotop (Chile) deutlich abweicht. Darüber hinaus wurden auch andere Komponenten geprüft, die im natürlichen Habitat des Degus nicht zu seinem Nahrungsspektrum gehören. So wurden beispielsweise auch Haferkerne (stärkereich) und Karottentrester (pektinreiche Faserquelle) – die bei der Herstellung von Mischfuttern im Heimtierbereich immer wieder Verwendung finden – angeboten. Die Auswahl pelletierter Luzerne erfolgte aufgrund ihres von Natur aus hohen Rfa- sowie Ca-Gehalts, wenngleich SAKAGUCHI und OHMURA (1992) in ihren Studien eine schlechte Palatibilität der Luzerne für Degus nachwiesen.

Da die eigene Herstellung eines zuckerreichen Versuchsfutters in pelletierter Form nicht möglich war (Verkleben der Matrizen bei Zugabe von großen Mengen Glukose) und kein geeignetes kommerzielles Nagerfutter mit hohem Zuckergehalt zur Verfügung stand, wurden den Degus Möhren und zur weiteren Steigerung des Zuckergehalts Zuckerrüben angeboten. Auf die Zulage einer Rohfaserquelle wurde in diesem Versuchsabschnitt allerdings verzichtet, um die Aufnahme des zuckerreichen Futters durch die Degus nicht nachteilig zu beeinflussen.

– **Futteraufnahme**

Zur Ermittlung der Futteraufnahmekapazität von Degus erfolgten die Fütterungsversuche (Versuchsphase A) in kleinen Gruppen von drei bis vier Tieren. Um die individuelle Futteraufnahme zu berechnen, wurde die Menge des von der Gruppe aufgenommenen Futters durch die Anzahl der Tiere in der entsprechenden Gruppe geteilt. Die Gruppenhaltung gewährleistete zwar eine ausreichende Futteraufnahme der Degus (während die Einzelhaltung in Vorversuchen in einigen Fällen zu einer Futterverweigerung geführt hatte), teilweise führten aber Streitereien zwischen den Degus um das Futter dazu, dass dieses zum Teil auf dem Boden der Bilanzkäfige bzw. auf dem Blech verstreut wurde. Daher war es nötig, das auf diese Weise verteilte Futter mehrmals täglich einzusammeln und wieder in den Futternapf zurück zu geben. Auch die Verwendung eines Futternapfes mit relativ hohem Rand konnte

das Verstreuen des Futters nicht völlig verhindern. Einzelne Tiere saßen zudem im Futternapf und verweigerten, allerdings nur zeitweise, den anderen Tieren in der Gruppe den Zugang zum Futter. Um eine eventuell dadurch reduzierte Futteraufnahme einzelner Tiere zu vermeiden bzw. so gering wie möglich zu halten, musste die tägliche Futtermenge auf zwei Futternäpfe verteilt angeboten werden.

5.2 Ernährungsphysiologische Grunddaten

5.2.1 Futteraufnahmeverhalten

Im Vorfeld dieser Arbeit wurden Wahlversuche (Einzeltierhaltung) mit verschiedenen Futtermitteln (Mischfutter, Getreide, Leguminosen, Obst, Gemüse) durchgeführt, um herauszufinden, ob bzw. welche Komponenten bevorzugt von Degus aufgenommen werden. Dabei wurde festgestellt, dass bearbeitetes Getreide, wie gepoppter Mais oder Haferflocken sowie Erbsenflocken beliebter waren als Grünmehlpellets (GMP). Überraschenderweise wurden Tomaten ebenfalls den Grünmehlpellets vorgezogen (s. Tab. 10, S. 75).

Diese Beobachtungen könnten zum einen auf die chemische Zusammensetzung der Futtermittel zurückzuführen sein. Bereits in Untersuchungen an Kaninchen und Meerschweinchen (SCHRÖDER 2000, WENGER 1997) zeigte sich, dass kohlenhydratreiche Komponenten eine höhere Akzeptanz besitzen als faserreiche Futtermittel. Dies mag zum Einen mit dem Stärke- und Zuckergehalt der Komponenten zu erklären sein. Hinzu kommt aber auch, dass bei Angebot faserreicher Futtermittel von den Tieren eine höhere Einverleibungsarbeit zu erbringen ist. Auch die Geschmacksvariante „süß“ scheint hierbei von besonderer Bedeutung zu sein. So werden in den vorliegenden Versuchen v. a. Erbsenflocken selektiert, die höhere Gehalte an Zuckern aufweisen (KAMPHUES et al. 2009). Zuckerreiche Obstsorten waren allerdings im Vergleich zum pelletierten Grünmehl weniger beliebt. Hier ist – da es sich ausnahmslos um adulte Tiere handelte – eine gewisse Prägung des Tieres nicht auszuschließen. Wie bei anderen Spezies auch (z.

B. Papageien, WENTKER 1996) ist möglicherweise aber auch der höhere Feuchtegehalt dieser Futtermittel von Bedeutung.

Darüber hinaus scheint auch der Textur (d. h. der Härte) des Futters eine entscheidende Bedeutung zuzukommen. So zeigte sich in Untersuchungen von SCHRÖDER (2000), dass Kaninchen bei Angebot von Heu oftmals die blattreicheren und damit weicheren Bestandteile selektierten. In den vorliegenden Untersuchungen wurden gepoppter Mais und Weizen den originären Ausgangskomponenten vorgezogen. Dies kann auf die Textur der Komponenten zurückzuführen sein, evtl. ist aber auch deren Größe (durch den Prozess des Poppens kommt es zu einem größeren Durchmesser der Komponenten) von Bedeutung, da Degus einzelne Futterkomponenten bei der Nahrungsaufnahme gerne mit den Vorderpfoten fixieren. In Betracht gezogen werden muss ferner ein gewisser, durch den Prozess des Poppens oder Extrudierens bedingter Aufschluss der Inhaltsstoffe, was möglicherweise auch Konsequenzen für den Geschmack des Futters hat (z. B. Aufschluss von Stärke).

5.2.2 Futteraufnahme

Die Futteraufnahme (als TS berechnet) der Degus variierte allgemein zwischen 5 und 6 % der Körpermasse. Damit befinden sich die Werte durchaus in einem Bereich, wie sie bei einem **Speziesvergleich** mit anderen Nagern zu erwarten sind. Niedrigere Aufnahmen wurden bei ausschließlichem Angebot von Haferkernen beobachtet, doch konnten hierbei – obwohl es sich um ein energiereiches Futter handelt – keine KM-Konstanz erzielt werden. Somit ist von einer unzureichenden Futteraufnahme bei Angebot dieser Komponente auszugehen – ohne dass der tatsächliche Grund für dieses Verhalten ersichtlich ist.

Zudem zeigte sich auch eine **futtermittelbedingte Abhängigkeit**. So reagierten die Tiere bei Angebot von Futtermitteln mit zunehmendem Rfa-Gehalt (und entsprechend sinkender Energiedichte) mit einer forcierten Futteraufnahme. Bei Rfa-Gehalten im Heu von knapp 35 % in der Trockensubstanz (vergleichbar mit Stroh) stießen sie allerdings an die Grenzen ihrer Aufnahmekapazität, ein Umstand, der sich auch in den hohen KM-Verlusten (täglich etwa 1 % der KM) widerspiegelte.

Diskussion

Wurde hingegen ein rohfaserärmeres Heu (24,5 % Rfa; 11,4 % Rp in der TS) angeboten, so waren die Degus in der Lage, ihre Körpermasse über einen Zeitraum von 15 Tagen konstant zu halten. Der ausschließliche Einsatz von Heu scheint also möglich, zumal das hier eingesetzte Heu (24,5 % Rfa, 11,4 % Rp in der TS) auch durchaus den jungen (proteinreicheren) Pflanzen und Pflanzenteilen, die im natürlichen Habitat bevorzugt aufgenommen werden (SIMONETTI und MONTENEGRO 1981, GUTIÉRREZ und BOZINOVIC 1998) entspricht. Auch Studien von VELOSO und BOZINOVIC (1992) sowie BOZINOVIC (1995) belegen, dass die Möglichkeit besteht, Degus ausschließlich mit Heu zu füttern, da diese in der Lage sind, ihre Futteraufnahme um 11 bis 30 % zu steigern. Dabei ist anzumerken, dass bei diesen Untersuchungen kein Heu, sondern ein pelletiertes Grünmehl zum Einsatz kam. Aus diesem Grund lassen sich die Ergebnisse nur bedingt auf eine ausschließliche Heufütterung übertragen, da Heu einen hohen Anteil an strukturierter Rohfaser enthält, während diese Fasern in einem pelletierten Futter – bedingt durch die Verarbeitungsprozesse – in deutlich geringerer Partikellänge vorliegen (ZUMBROCK 2002). Es ist Degus sicher möglich, ihre Futteraufnahmemenge bis zu einem gewissen Grad zu erhöhen. Vergleicht man die TS-Aufnahme der Degus bei ad libitum Angebot eines pelletierten Alleinfutters mit der des rohfaserärmeren Heus (s. Tab. 24), zeigt sich eine Steigerung von circa 16 %. Nimmt der Anteil an strukturierter und auch lignifizierter Rohfaser jedoch zu, wie es für das Heu mit 34,5 % Rfa-Anteil anzunehmen ist, könnte es für die Tiere aufgrund des höheren Zeitaufwandes für die Futteraufnahme bzw. –zerkleinerung, d. h. der höheren Einverleibungsarbeit, schwierig sein, eine ausreichend hohe Futtermenge aufzunehmen. BOZINOVIC (1995) diskutierte auch andere Kompensationsmechanismen (Senkung des metabolischen Grundumsatzes, Steigerung der Energiegewinnung aus Faseranteilen) für die Verwertung rohfaserreicher Nahrung durch Degus, die vielleicht eine längere Adaptationszeit benötigen als sie den Tieren bei Fütterung des rohfaserreichen Heus vorgegeben war (5 Tage Adaptation, 5 Tage Versuch). Ob durch das ausschließliche Angebot von Heu eine bedarfsdeckende Versorgung mit Vitaminen sowie Mengen- und Spurenelementen erfolgt, ist durch diese Untersuchungen nicht zu beantworten, da entsprechende Analysen nicht

Diskussion

durchgeführt wurden bzw. Bedarfswerte für Degus nicht existieren, sondern behelfsweise Daten für die Ratte (EDWARDS 2009) herangezogen werden. Wird eine alleinige Heufütterung für Degus angestrebt, ist eine entsprechende Supplementierung der täglichen Ration mit einem vitamin- und mineralstoffreichen Ergänzungsfutter aber vermutlich unumgänglich bzw. aus „Sicherheitsgründen“ zu empfehlen.

Die geringe Aufnahme der Haferkerne durch die Degus lässt eine geringe Schmackhaftigkeit der Haferkerne für Degus vermuten, obwohl nach Untersuchungen von MESERVE (1981) und MESERVE et al. (1983) neben 75 % Blättern, Gräsern und Kräutern auch durchschnittlich 25 % Sämereien zur natürlichen Ernährung des Degus gehören. Schon bei Präferenzversuchen im Vorfeld der vorliegenden Arbeit konnte jedoch eine geringe Akzeptanz von Hafer beobachtet werden. Allerdings zeigte sich auch bereits in Palatabilitätsstudien beim Hamster (RABEHL et al. 1998) eine eher mäßige Akzeptanz der Haferkerne, während diese von Ziervögeln (WOLF und KAMPHUES 1992) sogar bevorzugt aufgenommen wurden. Allerdings ist einschränkend anzufügen, dass diese die Haferkerne vor der eigentlichen Aufnahme „entspelzen“, so dass letztendlich nur das Endosperm aufgenommen wird. Wurde der Hafer bearbeitet (s. Angebot von Haferflocken im Wahlversuch), so führte dies zu einer deutlich höheren Akzeptanz bei den Degus.

Tab. 24: Futteraufnahme von Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla, Hamster und Degu bei Angebot unterschiedlicher Futtermittel

Tierart	Futtermittel	Rfa-Gehalt % der TS)	Futteraufnahme (g TS/100 g KM/d)	Quelle
Degu	Heu (Rfa ↑)	34,6	5,17 ± 1,62	eigene Werte
	Heu (Rfa ↓)	24,5	6,65 ± 0,73	eigene Werte
	AFpK	16,5	5,59 ± 0,97	eigene Werte
	HK	1,20	2,51 ± 0,09	eigene Werte
Kaninchen	Heu (Rfa ↑)	34,5	6,55 ± 0,89	WENGER (1997)
	Heu (Rfa ↓)	24,9	2,85 ± 0,57	SCHRÖDER (2000)
	AFpK	17,9	4,72 ± 1,01	WENGER (1997)
	AFpK	16,0	4,66 ± 0,71	SCHRÖDER (2000)
	AFpK	14,4	2,77 ± 0,54	SCHWABE (1995)
Meerschw.	Heu (Rfa ↑)	34,5	3,45 ± 0,44	WENGER (1997)
	Heu (Rfa ↓)	24,9	3,92 ± 0,55	SCHRÖDER (2000)
	AFpM	18,8	6,22 ± 0,85	SCHWABE (1995)
	AFpM	19,0	7,20 ± 1,34	SCHRÖDER (2000)
	AFpK	17,9	3,33 ± 1,20	WENGER (1997)
Chinchilla	Heu (Rfa ↑)	34,5	3,47 ± 1,20	WENGER (1997)
	Heu (Rfa ↓)	24,9	2,60 ± 0,70	SCHRÖDER (2000)
	AFpK	17,9	4,78 ± 0,66	WENGER (1997)
	AFpC	16,0	5,51 ± 0,40	SCHRÖDER (2000)
	AFpC	15,9	5,21 ± 0,37	SCHWABE (1995)
Hamster	AFpH	13,7	9,58	SAKAGUCHI (1987)
	AFpH	5,32	8,02 ± 0,66	SCHWABE (1995)

AFpK, M, C, H = pelletiertes Alleinfutter für Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla, Hamster;
HK = Haferkerne

Die von SAKAGUCHI und OHMURA (1992) für Degus erwähnte geringe Palatabilität von Luzerne machte sich auch in den Versuchen zu dieser Arbeit bemerkbar (s. Tab. 25). Sowohl bei ausschließlichem Angebot von pelletierter Luzerne in den Verdaulichkeitsstudien (Versuchsphase B) als auch in den Untersuchungen zum Mineralstoffhaushalt zeigte sich eine im Vergleich zu den übrigen Rationen deutlich geringere Futteraufnahme. Welche Faktoren (Bitterstoffe, Ca-Gehalt ?) die Schmackhaftigkeit der Luzerne bei den Degus beeinflussen, ist allerdings nicht bekannt. Auch in Fütterungsversuchen mit Kaninchen zeigte sich eine im Vergleich zu Heu oder pelletiertem Grünmehl geringere Aufnahme von Luzerne (SCHRÖDER 2000), wobei auch hier die Bitterstoffe als Ursache diskutiert werden. Hierfür würde auch die in den Wahlversuchen geringe Akzeptanz einiger Gemüsesorten sprechen (s. Tab. 10),

die im Gegensatz zu den eher „süßeren“ Komponenten (wie z. B. Erbsenflocken) zu geringeren Futteraufnahmen führte. Aber auch der Aspekt des höheren Ca-Gehalts in der Luzerne sollte nicht außer Acht gelassen werden (s. Tab. 25).

Tab. 25: Ca-Gehalt der Rationen und Futteraufnahme der Degus bei Angebot pelletierter Luzerne in den Versuchsphasen B, C und D

AF	Ration HK/LP	Ca-Gehalt g/kg TS	Futteraufnahme		
			B	C	D
			g TS/Tier/d		
25	75 (HK)	3,37	8,91 ± 0,60 ^a	7,83 ± 1,45 ^a	7,75 ± 1,55 ^a
75	25 (LP)	15,5	8,76 ± 0,47 ^a	–	6,95 ± 1,48 ^a
–	100 (LP)	29,9	5,01 ± 0,67 ^b	3,83 ± 1,21 ^b	3,95 ± 1,22 ^b

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, LP = pelletierte Luzerne

So scheinen Ca-Gehalte bis zu 15 g/kg Trockensubstanz von den Degus durchaus toleriert zu werden, während ein höherer Gehalt (hier knapp 30 g/kg TS) zu einer signifikant reduzierten Futteraufnahme um nahezu 50 % führte. Ähnliche Effekte bei bedarfsüberschreitenden Ca-Gehalten im Futter wurden auch bei anderen Spezies, wie z. B. Schwein oder Geflügel (WOLF und KAMPHUES 2012) beobachtet.

5.2.3 Wasseraufnahme

Die tägliche Wasseraufnahme von Degus über Futter und Nippeltränke variierte bei Angebot verschiedener „trockener“ Futtermittel zwischen 1,62 und 2,05 ml/g aufgenommener Trockensubstanz. Bei Einsatz von Saftfutter in Form von Birnen bzw. Weißkohl wurden 7,86 bzw. 8,98 ml/g TS konsumiert. Davon wurden lediglich 0,92 bzw. 0,27 ml/g TS über die Nippeltränke aufgenommen (s. Tab. 26). Der Grund für die verhältnismäßig hohe Wasseraufnahme bei der Fütterung von Haferkernen (s. Tab. 26) könnte in der geringen Akzeptanz der Haferkerne bestehen. Vermutlich nahmen die Tiere, um das bei geringer TS-Aufnahme bestehende Hungergefühl zu stillen, vermehrt Wasser auf (WOLF et al. 1997).

Diskussion

Tab. 26: Tägliche Tränk- sowie Gesamtwasseraufnahme bei ad libitum Angebot verschiedener Futtermittel

Futtermittel	Tränke	Futter + Tränke
	ml/g TS/d	
Heu	1,39 ± 0,15 ^a	1,62 ± 0,13 ^a
pelletiertes Alleinfutter	1,62 ± 0,81 ^{bd}	1,77 ± 0,82 ^{bd}
Karottentrestler	1,59 ± 0,74 ^{ab}	1,70 ± 0,74 ^{ab}
Haferkerne	1,92 ± 0,19 ^c	2,05 ± 0,19 ^c
Birnen	0,92 ± 0,35 ^{bd}	7,86 ± 0,35 ^{bd}
Weißkohl	0,27 ± 0,18 ^e	8,98 ± 0,18 ^e

Betrachtet man die tägliche Wasseraufnahme der Degus bei Angebot der „trockenen“ Futtermittel, so erkennt man eine Abhängigkeit von der täglichen TS-Aufnahmemenge (s. Abb. 11), wie sie auch schon SCHWABE (1995) in ihren Untersuchungen an Kaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla nachgewiesen hat.

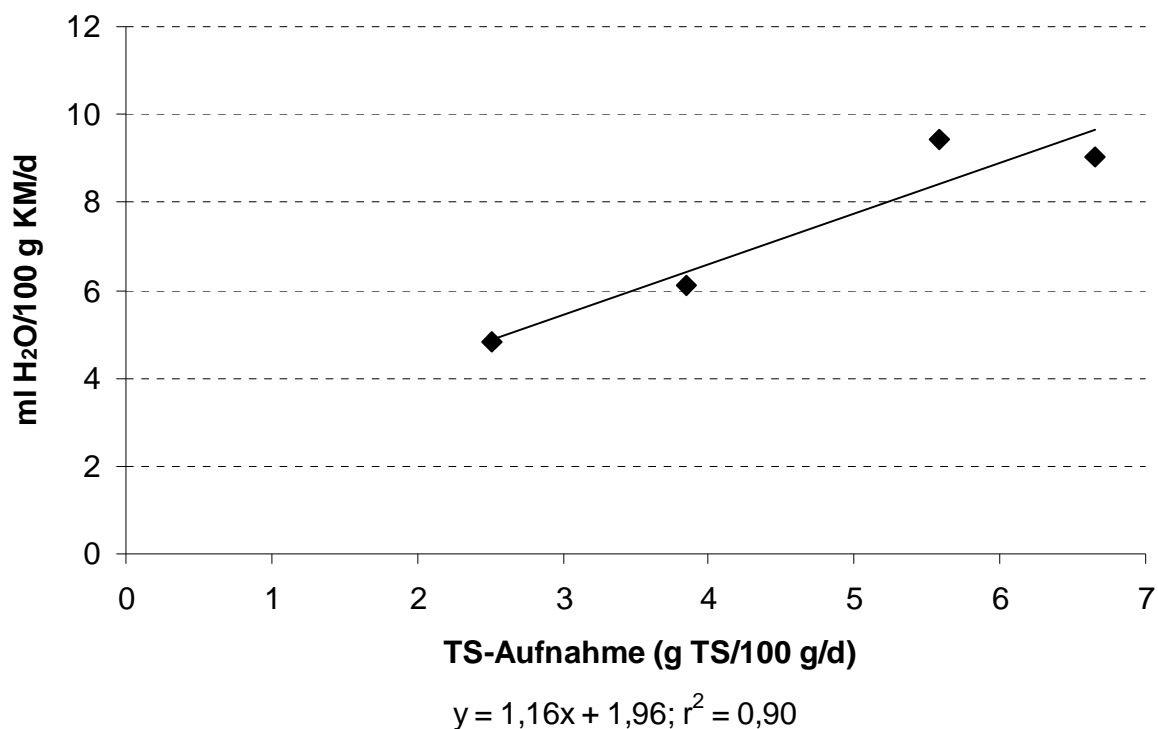


Abb. 11: Tägliche Wasseraufnahmemenge in Abhängigkeit von der TS-Aufnahme

Diskussion

Dabei korreliert die Wasseraufnahme nicht mit dem Proteingehalt des Futters (WENGER 1997), sondern mit dessen Rfa-Gehalt (s. Abb. 12), wie es auch bereits für Meerschweinchen nachgewiesen wurde (TAU 1992).

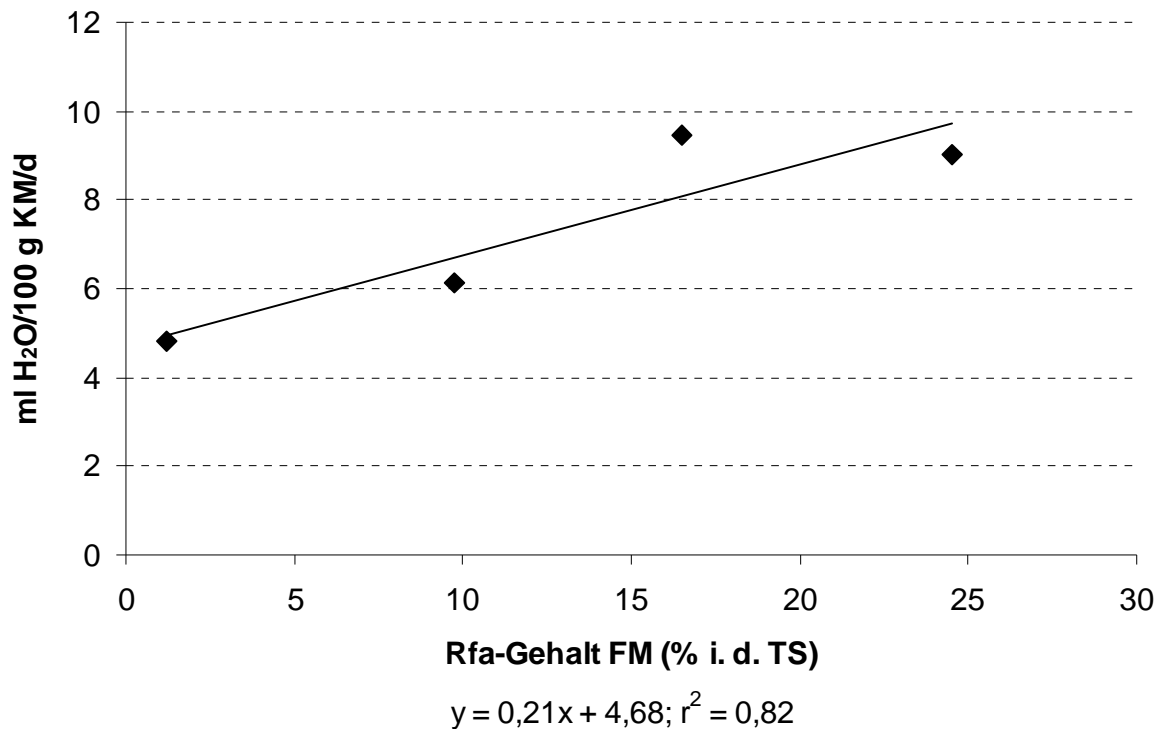


Abb. 12: Tägliche Wasseraufnahme in Abhängigkeit vom Rfa-Gehalt im Futter

In Tabelle 27 sind die Wasseraufnahmen von Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla, Hamster sowie Degu mit Anführung der entsprechenden Rfa-Gehalte im Futter angegeben. Im Vergleich mit den dort aufgeführten Tierarten entspricht die aufgenommene Wassermenge des Degus bei Konsum von trockenem Futter der des Chinchillas. Somit beträgt die Futter-Wasser-Relation in etwa 2 : 1. Zwar führt der Anteil strukturierter Rohfaser (Heu) bei allen Tieren zu einer höheren Tränkwasseraufnahme, doch ist die Diskrepanz der Werte bei anderen Futtermitteln, die den Degus angeboten wurden, als eher gering anzusehen. Degus können bei Gabe von Saftfutter ihren Wasserbedarf zu ca. 90 % über das Futter decken. Da jedoch z. B. durch Erhöhung der Raumtemperatur oder Erkrankung eines Tieres ein erhöhter

Diskussion

Wasserbedarf bestehen kann, sollte der freie Zugang zu frischem Tränkwasser jederzeit gewährleistet sein.

Vergleicht man die ermittelten Daten zur Wasseraufnahme des Degus mit entsprechenden Werten anderer „kleiner Nager“, so zeigt sich eine gewisse Ähnlichkeit zum Chinchilla. Beide Spezies weisen einen geringen Wasserkonsum auf, was vermutlich auch mit der Herkunft dieser Spezies (eher arides Klima) zusammenhängen dürfte. Ein ähnlicher Wassersparmechanismus konnte auch beim Gerbil beobachtet werden (KAMPHUES et al. 2009), während Kaninchen und Meerschweinchen aufgrund ihrer Herkunft, aber auch vermutlich infolge der langen Domestikation hierauf nicht angewiesen sind. Beim Meerschweinchen wäre aufgrund der Herkunft (Peru) noch am ehesten mit einer geringen Wasseraufnahme zu rechnen, allerdings ist auch bekannt, dass diese eher heikle Fresser sind; somit ist hier eine kompensatorische Wasseraufnahme zu vermuten.

Diskussion

Tab. 27: Wasseraufnahme von Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla, Hamster und Degu bei Angebot unterschiedlicher Futtermittel

Tierart	Futtermittel	Rfa-Gehalt (% der TS)	Wasseraufnahme (ml/g TS/d)	Quelle
Degu	Heu (Rfa ↑)	34,6	2,42 ± 0,95	eigene Werte
	Heu (Rfa ↓)	24,5	1,62 ± 0,13	
	AFpK	16,5	1,77 ± 0,82	
	KT	9,77	1,59 ± 0,74	
	Haferkerne	1,20	2,05 ± 0,19	
	Birnen Weißkohl	9,61 11,8	7,86 ± 0,35 8,98 ± 0,18	
Kaninchen	Heu (Rfa ↑)	34,5	3,93 ± 1,00	WENGER (1997)
	Heu (Rfa ↓)	24,9	2,60 ± 0,60	SCHRÖDER (2000)
	AFpK	17,9	2,91 ± 0,67	WENGER (1997)
	AFpK	16,0	1,90 ± 0,60	SCHRÖDER (2000)
	AFpK	14,4	2,3	SCHWABE (1995)
Meerschw.	Heu (Rfa ↑)	34,5	2,12 ± 0,61	WENGER (1997)
	Heu (Rfa ↓)	24,9	5,90 ± 2,40	SCHRÖDER (2000)
	AFpM	18,8	2,1	SCHWABE (1995)
	AFpM	19,0	5,70 ± 1,80	SCHRÖDER (2000)
	AFpK	17,9	6,39 ± 3,24	WENGER (1997)
Chinchilla	Heu (Rfa ↑)	34,5	2,92 ± 1,63	WENGER (1997)
	Heu (Rfa ↓)	24,9	3,20 ± 1,20	SCHRÖDER (2000)
	AFpK	17,9	1,62 ± 0,51	WENGER (1997)
	AFpC	16,0	1,20 ± 0,10	SCHRÖDER (2000)
	AFpC	15,9	1,3	SCHWABE (1995)
Hamster	AFpH	5,32	1,2	SCHWABE (1995)

AFpK, M, C, H = pelletiertes Alleinfutter für Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla, Hamster; KT = Karottentrestler

Weiterhin konnte ein Einfluss des Ca-Gehaltes auf die Wasseraufnahmemenge beobachtet werden, der besonders bei Einsatz höherer Mengen an pelletierter Luzerne zum Tragen kam. So verdoppelte sich die konsumierte Wassermenge bei Angebot der calciumreicheren (15,5 g Ca/kg TS) im Vergleich zur calciumärmeren Ration (3,37 g Ca/kg TS). Erhielten Degus ausschließlich pelletierte Luzerne (29,9 g Ca/kg TS), stieg ihre Wasseraufnahme sogar um das Fünffache (und im Vergleich zur Ration mit 15,5 g Ca/kg TS um das Zweifache). Nach Regressionsanalyse zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit der Wasseraufnahme zum Ca-Gehalt der eingesetzten Rationen (s. Abb. 13).

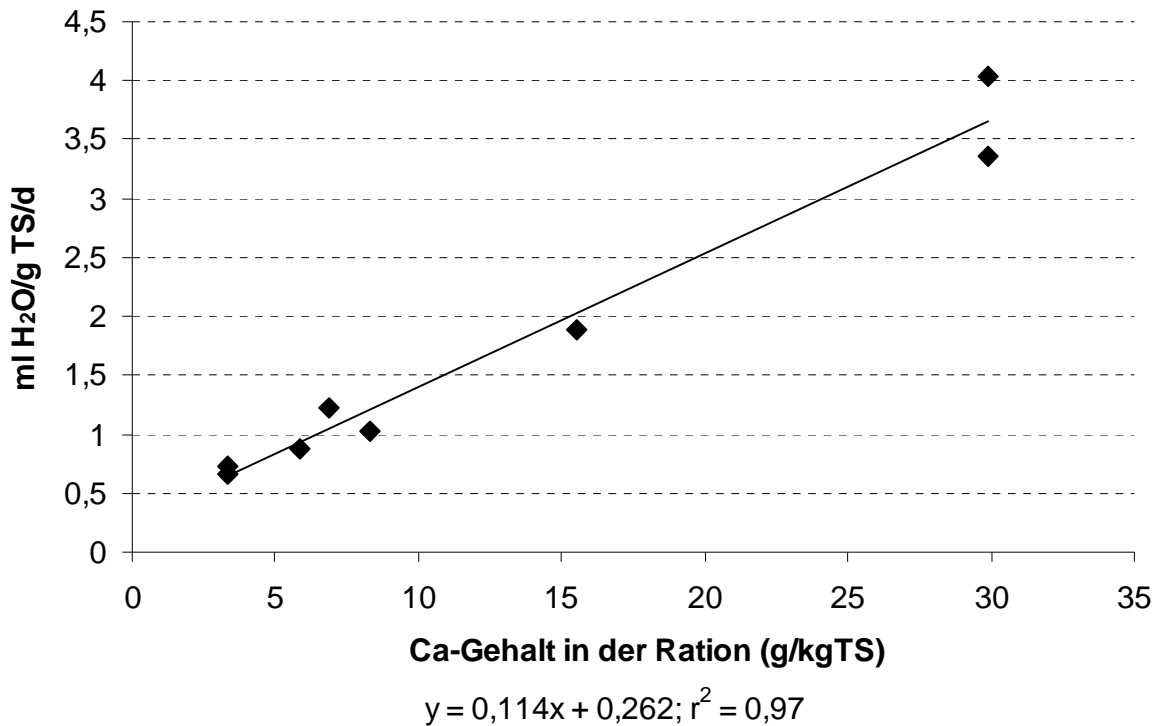


Abb. 13: Tägliche Wasseraufnahmemenge von Degus in Abhängigkeit vom Ca-Gehalt der eingesetzten Rationen

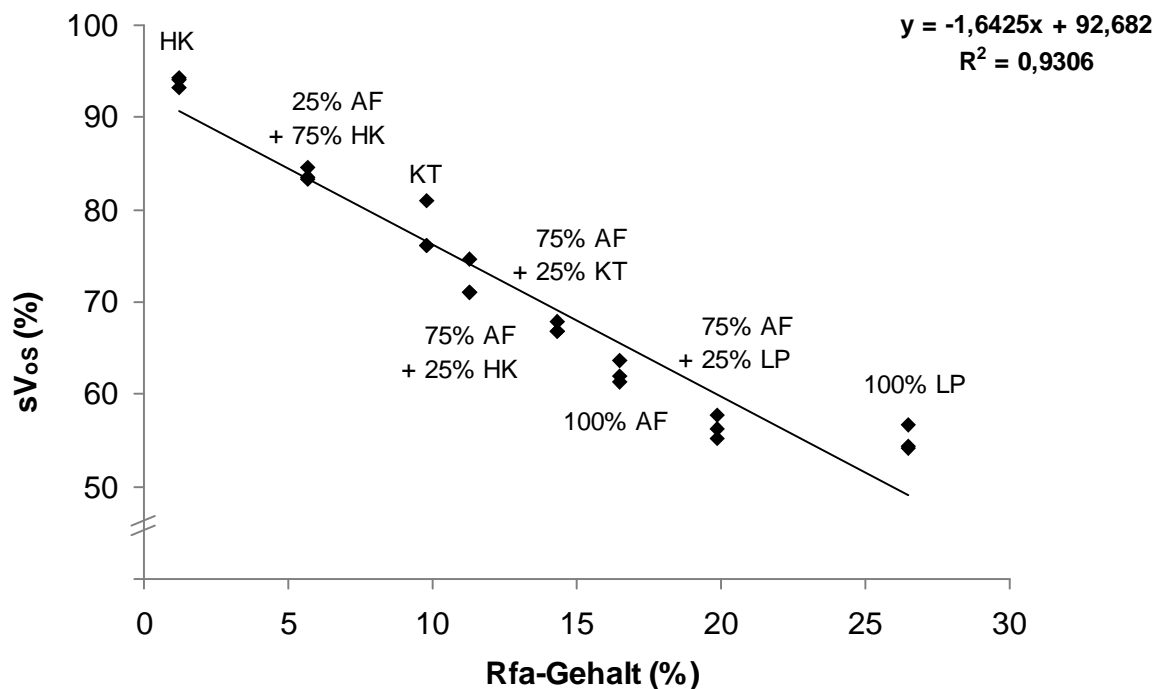
5.2.4 Verdaulichkeit der organischen Substanz bzw. der Rohfaser

Wie für Kaninchen (WENGER 1997), Meerschweinchen (TAU 1992, WENGER 1997) sowie Chinchilla (WENGER 1997) belegt werden konnte, hängt auch beim Degu die scheinbare **Verdaulichkeit der organischen Substanz (sV_{oS})** ganz maßgeblich vom Rfa-Gehalt des Futters ab. Durch Angebot von sechs im Rfa-Gehalt variierende Rationen (6,29 – 26,5 % Rfa in der TS) sowie durch Anwendung der Differenzmethode für die in den Rationen eingesetzten Komponenten Karottentrester (KT) und Haferkerne (HK) wurden die Rohnährstoffverdaulichkeiten (Versuchsphase B) von Degus ermittelt. Die sV_{oS} der aufgenommenen Haferkerne variierte zwischen 93,3 und 94,3 % bei einem Rohfasergehalt von 12 g Rfa/kg TS (s. Abb. 14). Für den Karottentrester (97,7 g Rfa/kg TS) wurden Verdaulichkeitsraten von 76,1 bis 81,0 % erreicht. Mittels linearer Regressionsanalyse der im Versuch ermittelten

Diskussion

Verdaulichkeiten der organischen Substanz von Degus wurde ersichtlich, dass je einem Prozent Steigerung des Rohfasergehaltes in der Ration die sV_{os} bei Degus um 1,64 Einheiten zurückging. So konnte zur Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz folgende Formel entwickelt werden (s. Abb. 14):

$$sV_{os} (\%) = 92,7 - 1,64 x \quad (x = \text{Rfa-Gehalt in \% der Futter-TS})$$



AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrester, LP = pelletierte Luzerne

Abb. 14: Die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz von Degus in Abhängigkeit vom Rfa-Gehalt im Futter

Lässt man die durch die Differenzmethode ermittelten Verdaulichkeiten der organischen Substanz für die Haferkerne und den Karottentrester unberücksichtigt und vergleicht die ermittelten Werte von Degus und Kaninchen (s. Abb. 15), so ist die Abhängigkeit der Verdaulichkeit der organischen Substanz vom Rfa-Gehalt der angebotenen Rationen beim Kaninchen stärker ausgeprägt als bei den Degus, d. h. letztere weisen eine höhere Fähigkeit zur Rfa-Verdauung auf. Nach der bei WENGER (1997) für das Zwergkaninchen angegebenen Gleichung zur Schätzung

Diskussion

der Verdaulichkeit der organischen Substanz ($sV_{OS} = 98,8 - 2,12 \cdot x$) zeigt das Kaninchen eine noch stärkere Abhängigkeit, die vermutlich dadurch zu erklären ist, dass in den Studien von WENGER (1997) ein Heu mit 34,5 % Rfa-Gehalt eingesetzt wurde. Aus Angaben früherer Arbeiten (FEKETE und GIPPERT 1985, NEHRING 1972) gehen geringere Abhängigkeiten für das Kaninchen hervor. In diesen Studien wurden jedoch durchweg größere Rassen als Zwergkaninchen eingesetzt. Zudem blieb außer Acht, dass nach KARASOV et al. (1986) die Verweildauer der Digesta mit der Größe des Tieres korreliert, was sich wiederum bedeutsam auf die Verdaulichkeit auswirkt. Dem stehen Untersuchungen von ZUMBROCK (2002) gegenüber, die belegen konnten, dass Zwergkaninchen aufgrund des kleineren Gesichtschädels gezwungen waren, das Futter vor dem Abschlucken intensiver zu kauen, während größere Rassen hierfür weniger Zeit beanspruchten und das Futter ohne längere Zerkleinerung abschluckten. Bedingt durch die damit intensivere Vermahlung beim Kauprozess konnten im Chymus der Zwergkaninchen insgesamt feinere Partikel nachgewiesen werden, die mit einer höheren Verdaulichkeit einhergingen. In einer Studie von FRITZ (2007) ergaben sich für den Degu allgemein geringere Kotpartikelgrößen als beim Hauskaninchen. Aufgrund dieser Ergebnisse und unter der Berücksichtigung der von ZUMBROCK (2002) beim Zwergkaninchen gemachten Beobachtungen sind die hier ermittelten höheren Verdaulichkeiten beim Degu im Vergleich zum Kaninchen nicht verwunderlich.

Diskussion

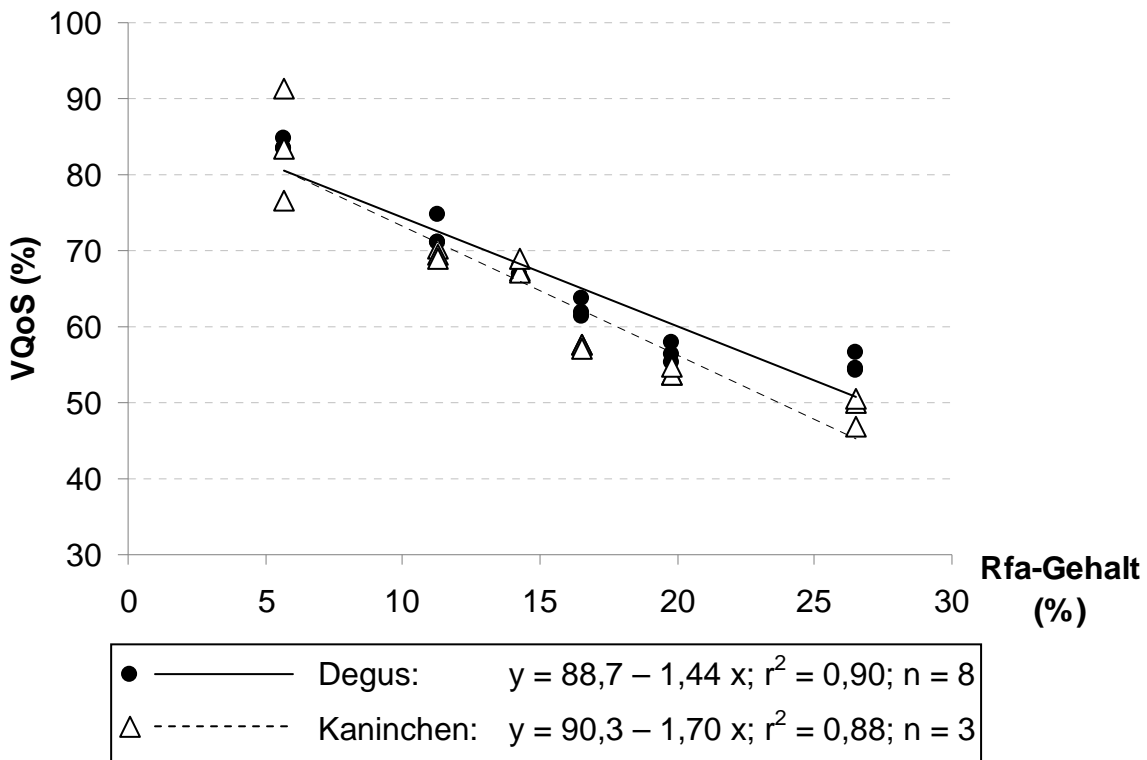


Abb. 15: Die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Substanz von Degus sowie Kaninchen in Abhängigkeit vom Rfa-Gehalt im Futter

Die Unterschiede in der oS-Verdaulichkeit zwischen Degus und Kaninchen lassen sich zudem auf diverse Verdauungsprozesse im Gastrointestinaltrakt zurückführen. Während Kaninchen rohfaserreiche Nahrungsanteile mit dem Hartkot ausscheiden und zugleich feinere Partikel im Caecum zurückgehalten werden (BJÖRNHAG 1981), zeigt der Degu keinen derartigen Separationsmechanismus (SAKAGUCHI und OHMURA 1992). Daher scheidet er – im Gegensatz zum Kaninchen, aber ähnlich dem Meerschweinchen – keine Caecotrophe aus. Während der Rfa-Gehalt in der Caecotrophe unabhängig vom Fasergehalt des Futters relativ konstant ist (Ø 14,5 % Rfa i. d. TS, HERRMANN 1989), weist der Rfa-Gehalt des vom Degu erneut aufgenommenen Kotes eine enge Korrelation zu dem des Futters auf (BOZINOVIC 1995). Allerdings kauen Degus ihre Faeces anders als Kaninchen (MADSEN 1939, KENAGY et al. 1980, 1999) vor dem Abschlucken, was wiederum zu einem besseren Aufschluss der Faserbestandteile und damit zu einer höheren Verdaulichkeit führt.

Dabei nehmen Degus bis zu 38 % ihrer täglich produzierten Kotmenge wieder auf (KENAGY et al. 1999). Die signifikanten Unterschiede in der Rfa-Verdaulichkeit zwischen Degus und Kaninchen sind vermutlich auch damit zu erklären, dass die Koprophagie in den Verdauungsversuchen nicht verhindert wurden und somit die unterschiedlichen Verdauungsstrategien von Degu und Kaninchen zum Tragen kommen konnten.

Größere Ähnlichkeiten hinsichtlich der Verdauungskapazität bestehen hingegen zwischen Degu und Meerschweinchen. Dieses betreibt – im Unterschied zum Kaninchen – keine Caecotrophie, sondern eine Koprophagie (SAKAGUCHI und OHMURA 1992), was somit den Verdauungsprozessen des Degus entspricht. Dementsprechend bestehen gute Übereinstimmungen der Regressionsgraden von Meerschweinchen ($y = 92,9 - 1,44x$ Rfa; $r = 0,94$; WENGER 1997) und Degu ($y = 88,7 - 1,44 x$; $r^2 = 0,90$; s. Abb. 15) bzw. der Korrelation zwischen Rfa-Gehalt im Futter und Verdaulichkeit der organischen Substanz.

5.2.5 Energiebedarf

Die aus den eigenen Untersuchungen gewonnenen Daten zur Energieaufnahme und KM-Entwicklung lassen leider keine allgemeinen Aussagen über den Energiebedarf adulter Degus zu, da der Beobachtungszeitraum zu kurz war und die Werte der Gewichtsentwicklung nicht gleichmäßig verteilt waren, sondern sich überwiegend im negativen Bereich befanden.

Aus diesem Grund wurden für eine Kalkulation zusätzlich Daten von BOZINOVIC (1995) sowie BOZINOVIC et al. (1997) herangezogen (s. Abb. 11). Die Berechnung der Energieaufnahme auf der Stufe der verdaulichen Energie (DE) erfolgte unter Anwendung der zuvor in den Verdaulichkeitsstudien (Versuchsphase B) ermittelten Schätzformel zur Verdaulichkeit der organischen Substanz (sV_{oS} ; s. Kapitel 5.2.4). Daraufhin wurde die sV_{oS} der Verdaulichkeit der Bruttoenergie (sV_{GE}) gleichgesetzt und mit der GE-Aufnahme multipliziert. Nach der in Abbildung 11 dargestellten

Diskussion

Abhängigkeit der KM-Entwicklung von der Aufnahme an verdaulicher Energie müssten Degus im Erhaltungsstoffwechsel täglich 76,0 kJ DE pro 100 g KM aufnehmen, um ihre Körpermasse konstant halten zu können. Würde man die Daten von BOZINOVIC (1995) nicht berücksichtigen, ergäbe sich mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,49 eine tägliche Energieaufnahme von 66,4 kJ DE pro 100 g KM für den Erhaltungsbedarf.

Um jedoch belastbare Aussagen über den Energiebedarf adulter Degus machen zu können, fehlt es an Daten, die sich bezüglich der KM-Entwicklung mehr im positiven Bereich befinden. Unklar ist, warum die Degus mit einer Energieaufnahme von 52,5 kJ DE pro 100 g KM an Körpermasse zugelegt haben, während sie bei höheren DE-Aufnahmen – wenn auch nur geringfügig – Gewichtsverluste zeigten. Da diese Energieaufnahme auf kalkulierten Werten basiert, d. h. nicht auf Ergebnissen aus einem Verdaulichkeitsversuch, könnte die „tatsächliche“ Energieaufnahme höher liegen. Dies würde jedoch auch für die anderen Futtermittel gelten und ist daher auszuschließen. Ein anderer Aspekt ergibt sich aus dem hohen Gehalt an Pektinen im Karottentrestler. Pektine zeichnen sich durch ihre hohe Wasserbindungskapazität aus (DROCHNER et al. 2004), welche dazu führt, dass der Dünndarm- und Coloninhalt eine höhere Füllung aufweist, was sich damit auch positiv auf die Körpermasse auswirkt, wie es PIRMAN et al. (2007) bei der Ratte nachgewiesen haben. Die bei der Verdauung von Pektinen entstehenden kurzkettigen Fettsäuren (hauptsächlich Essigsäure) üben zudem einen trophischen Effekt auf das Epithel von Caecum (FUKUNAGA et al. 2003) sowie Colon (LUPTON et al. 1988) aus, was ebenfalls zu einer Massenzunahme führen soll (wobei fraglich ist, inwieweit dieses bei den Ermittlungen der Körpermasse auch tatsächlich zum Tragen kommt).

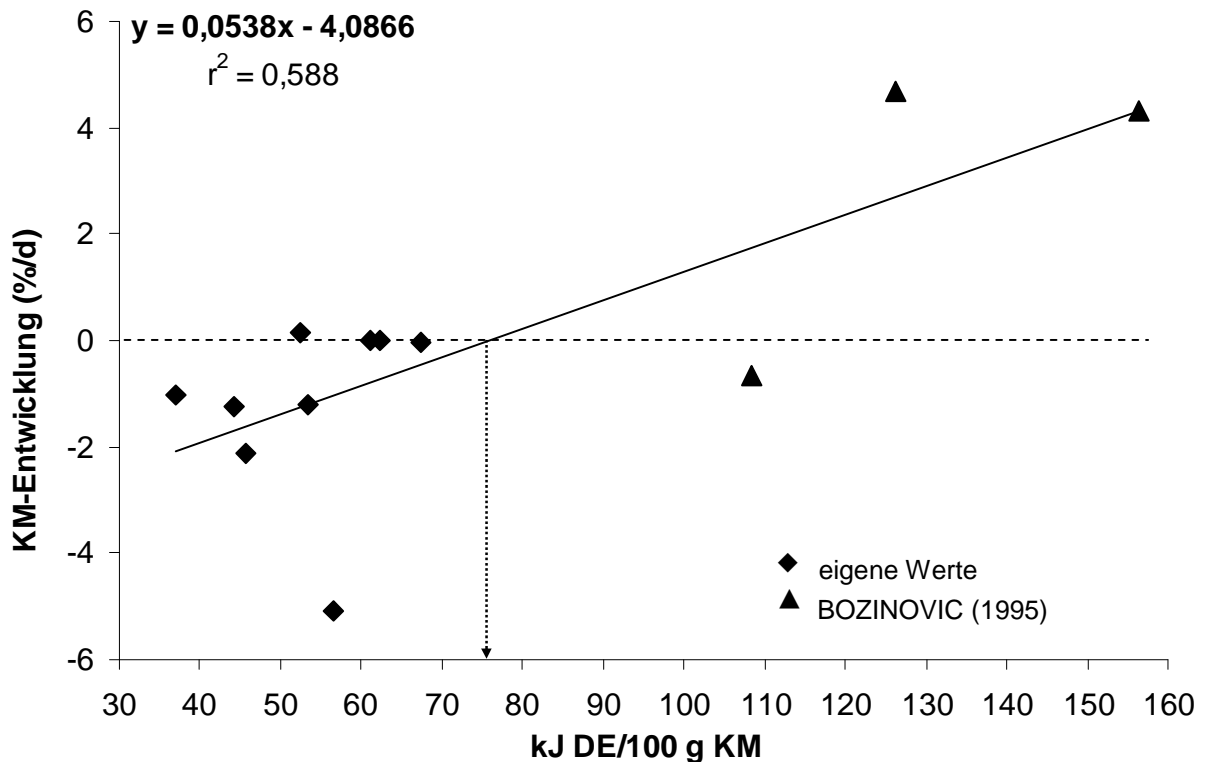


Abb. 16: Abhängigkeit der KM-Entwicklung von der DE-Aufnahme [eigene Werte sowie Angaben nach BOZINOVIC (1995)]

5.3 Mineralstoffhaushalt

5.3.1 Bedeutung des Ca-Gehaltes im Futter für die Verdaulichkeit sowie die Ausscheidung überschüssigen Calciums

In der Literatur sind unterschiedliche Strategien der Ca-Exkretion für „Dickdarm-Verdauer“ belegt. Während die Ratte und das Chinchilla mit der Nahrung aufgenommenes bedarfsüberschreitendes Calcium vorwiegend mit dem Kot ausscheiden (COHN et al. 1968, HANSEN 2012), eliminieren das Kaninchen und Meerschweinchen dieses hauptsächlich über den Harn (KAMPHUES et al. 1986, O'DELL 1957, MEYER et al. 1996). Die Ergebnisse aus den vorliegenden Untersuchungen zur Ca-Exkretion von Degus bestätigen frühere Vermutungen, dass Calcium von Degus ebenfalls überwiegend renal ausgeschieden wird. Da die

Diskussion

scheinbare Verdaulichkeit ebenso wie die Ausscheidungsrate des Calciums mit steigender Ca-Aufnahme zunahm (s. Tab. 28), ist für den Degu ebenfalls ein passiver, bedarfsunabhängig regulierter Transport des Calciums aus dem Verdauungskanal – ähnlich dem des Kaninchens (KAMPHUES et al. 1986) – anzunehmen. Die Effekte einer hohen Ca-Aufnahme sind vergleichend für Degu, Chinchilla und Kaninchen in Tabelle 28 dargestellt.

Tab. 28: Aufnahme, Verdaulichkeit (sV), Exkretion sowie Konzentration von Calcium bei Degu, Chinchilla sowie Kaninchen bei calciumreicher Fütterung

Reaktion auf Ca ↑	Degu (eigene Werte)	Chinchilla (HANSEN 2012)	Kaninchen (KAMPHUES et al. 1986)
Ca-Gehalt FM g/kg TS	29,9	17,9	40,3
Ca-Aufnahme mg/Tier/d	114 ± 23,6	261 ± 49,7	1092 (mg/kg LM/d)
sV %	65,9 ± 2,49	3,25 ± 5,69	71,0 ± 4,00
<u>Ca-Exkretion</u> mg/d	38,8 ± 6,37	254 ± 56,7	k. A.
<u>über Kot</u> %	34,3 ± 2,49	97,1	k. A.
<u>Ca-Exkretion</u> mg/d	72,5 ± 16,8	3,49 ± 0,98	k. A.
<u>über Harn</u> %	64,8 ± 14,9	1,31	74,0 ± 2,00
Ca-Konz. Harn mg/ml	21,6 ± 21,2	k. A.	13,1

k. A. = keine Angaben

Für Ratten postulierten ARMBRECHT et al. (1979) die Förderung einer aktiven Ca-Absorption bei sehr niedrigen Ca-Gehalten im Futter. Dieser Effekt ist beim Degu nicht zu beobachten, da bei einem Ca-Gehalt von 3,37 g/kg TS nur eine scheinbare Ca-Verdaulichkeit von 3,42 % erreicht wurde. Bei diesem geringen Ca-Gehalt und der ebenso geringen Verdaulichkeit des Calciums erfolgte eine vollständige Elimination, die mit circa 97 % über den Kot und mit 3,66 % über den Harn stattfand. Ein relevanter Aspekt, der für die Resorption von Calcium eine Rolle spielt, ist die Art der Calciumverbindung, die mit dem Futter aufgenommen wird. Die calciumarme Ration bestand aus 75 % Haferkernen und 25 % pelletiertem Alleinfutter, welche im nativen Zustand angeboten wurden. Der Ca-Gehalt der Ration wurde anhand der

Diskussion

Analysenergebnisse beider Komponenten kalkuliert. Laut Herstellerinformationen enthalten die Pellets Calciumcarbonat (1,3 %) als Ca-Zulage sowie Luzernegrünmehl mit originär hohem Ca-Gehalt. Im Gegensatz zu Calciumphosphat wird das schwerer lösliche Calciumcarbonat aber nur in geringerem Umfang verwertet (PANSU et al. 1993), da die Retentionszeit im Darm nicht ausreichend ist, um das nicht gelöste Calcium in die für die Absorption notwendige ionisierte Form zu überführen. Eventuell könnte auch der natürliche Oxalsäure-Gehalt, des in den Pellets enthaltenen Luzernegrünmehls, die Ca-Resorption durch Komplexbildung mit dem aufgenommenen Calcium negativ beeinflusst haben.

Der circa zehnmal höhere Ca-Gehalt beim ausschließlichen Angebot von pelletierter Luzerne beeinflusste sowohl die Futter- als auch die Wasseraufnahme und führte zu einem signifikanten Anstieg des täglich abgesetzten Harnvolumens (3,68 ml/Tier). Jedoch trat dabei kein „Verdünnungseffekt“ im Harn auf, was durch eine mittlere Ca-Konzentration von 21,6 mg/ml belegt wird.

Der intestinale, vom Vitamin D-abhängige aktive Transportmechanismus für Calcium, der bei Kaninchen nur bei einem geringen Ca-Gehalt des Futters (4,5 g/kg TS) zum Tragen kommt (KAMPHUES et al. 1986), könnte beim Degu eine Rolle spielen, da die Voraussetzung einer für die „Aktivierung“ des Vitamin D notwendigen UV-Strahlung durch seine Tagaktivität gegeben wäre. Es konnte allerdings kein Effekt des Vitamin D-Gehalts (1000 I. E./kg uS), der vom Hersteller dem Futter zugesetzt worden war, beobachtet werden. In zukünftigen Versuchen sollte jedoch eine kontrollierte Supplementierung von Vitamin D in Erwägung gezogen werden, um einen möglichen Einfluss auf die Ca-Absorption beim Degu zu überprüfen.

Effekte einer calciumarmen bzw. -reichen Fütterung auf die Ca-Konzentrationen im Blut wurden nicht berücksichtigt. Diese würden jedoch genauere Aussagen zum Ca-Stoffwechsel beim Degu zulassen. Anders als bei den meisten Säugetieren, deren Ca-Spiegel im Blut unabhängig von der Ca-Zufuhr relativ straff geregelt ist und daher konstant bleibt, steigt beim Kaninchen die Ca-Konzentration im Blut mit Erhöhung

Diskussion

der Ca-Aufnahme (CHAPIN und SMITH 1967, KAMPHUES et al. 1986). Zur genaueren Charakterisierung des Ca-Stoffwechsels beim Degu sollte dieser Faktor nicht unberücksichtigt bleiben; Limitierungen ergeben sich hier eventuell aufgrund der Probenmengen.

Die erhöhte renale Elimination des Calciums beim Degu scheint – wie für andere koprophage Spezies, mit Ausnahme von Chinchilla und Ratte – einen gewissen Vorteil darzustellen, da bei einer erhöhten faecalen Exkretion Teile des aufgenommenen Calciums durch die Reingestion wiederholt zur Ausscheidung anfallen würden, wie es schon KAMPHUES et al. (1986) postulierten. Doch bleibt die Frage ungeklärt, warum Degu und Chinchilla, die derselben zoologischen Untergruppe (*Hystricognatha*) angehören sowie mehr oder weniger denselben natürlichen Lebensraum nutzen, ein so unterschiedliches Exkretionsverhalten zeigen. Hinzu kommen – wenn auch nur vereinzelt – Fallberichte über das Auftreten von Harnsteinen beim Chinchilla (HICKING et al. 1981, JONES et al. 1995, SPENCE und SKAE 1995), obwohl nach Untersuchungen von HANSEN (2012) die faecale Exkretion überwiegt. Für den Degu mit einem vorwiegend renalen Exkretionsverhalten sind hingegen bisher in der Literatur keinerlei Berichte über Urolithiasis bekannt. Dies ist aber auch möglicherweise darauf zurückzuführen, dass der Anteil des Degus am Klientel in Kleintierpraxen relativ gering ist (FEHR 1999, 2012), was sich vermutlich auf die Diskrepanz zwischen Behandlungskosten und materiellem Wert des Tieres zurückführen lässt.

Der Degu nimmt nach seinem Exkretionsverhalten für Calcium folgende Stellung unter den kleinen „Dickdarm-Verdauern“ ein:

Ratte, Chinchilla	≠	Degu	=	Kaninchen, Meerschweinchen
-------------------	---	-------------	---	----------------------------

Bisher gibt es kaum Untersuchungen an Degus bezüglich ihres Bedarfs an Mineralstoffen. In der Literatur wird entweder auf die Bedarfswerte von Ratten (EDWARDS 2009) oder Meerschweinchen (NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1995) verwiesen.

Diskussion

JEKL et al. (2011c, d) beobachteten in ihren Untersuchungen zur Zahngesundheit von Degus, dass bei einem Ca : P-Verhältnis von 1 : 1 sowie unter dem Einfluss einer UV-Licht-Exposition Veränderungen der Zähne (Entfärbung der Incisivi, abnormes Zahnlängenwachstum) auftraten, die bei einem Ca : P-Verhältnis von 2 : 1 nicht nachweisbar waren und schlussfolgerten hieraus einen Ca-Mangel. Ähnliches ist auch von Chinchillas bekannt, dabei konnte HANSEN (2012) in Studien an Chinchillas nachweisen, dass das Zahnlängenwachstum sowie Färbungen der Zähne unabhängig vom Ca-Gehalt und dem Ca : P-Verhältnis im Futter sind.

Das durch die ausschließliche Fütterung von pelletierter Luzerne bestehende Ca : P-Verhältnis von 10 : 1 ließ keine Effekte bei den Degus erkennen, jedoch waren die Versuchszeiträume auch relativ kurz (max. 14 Tage inkl. Adaptation), so dass noch keine erkennbaren Auswirkungen auftraten.

Die Exkretion des Phosphors erfolgte bei geringer Ca-Aufnahme ungefähr zu gleichen Teilen über Kot und Harn mit einer allenfalls leichten Tendenz zur fäkalen Ausscheidung (52,0 %). Mit forcierter Ca-Aufnahme reduzierte sich die P-Verdaulichkeit von 48,0 auf -12,8 %. Eine ähnliche Beobachtung machten auch KAMPHUES et al. (1986) in ihren Versuchen mit Kaninchen, die einen Rückgang von 30 auf 10 % der scheinbaren P-Verdaulichkeit bei hohem Ca-Gehalt im Futter (20 g/kg TS) ermittelten. Obwohl die Ca-Verdaulichkeit angestiegen ist, dürfte durch die forcierte Ca-Aufnahme eine ausreichend hohe Ca-Konzentration im Chymus erreicht worden sein, die zur Bildung von schwer löslichen Calciumphosphaten im Darm und damit zur Abnahme der P-Verdaulichkeit geführt hat. Dies führten auch KAMPHUES et al. (1986) als Grund für die gesunkene P-Verdaulichkeit an. Auch CHEEKE und AMBERG (1973) konnten nachweisen, dass nach Austausch von Ca-Carbonat durch das sehr schwer lösliche Ca-Oxalat eine Reduzierung der P-Verdaulichkeit ausblieb. Diese im Chymus gebildeten Ca-Phosphate dürften auch den hohen Gehalt an faecal ausgeschiedenem Phosphor (113 %) erklären.

Der negative Effekt einer erhöhten Ca-Aufnahme auf die Mg-Verdaulichkeit, wie er für das Pferd (TELEB 1984) oder die Ratte (FORBES 1963) beschrieben ist, konnte

für Degus nicht nachgewiesen werden. Diese Tiere wiesen einen signifikanten Anstieg der Mg-Verdaulichkeit nach forcierter Ca-Aufnahme von 37,7 auf 90,6 % auf (Mg-Gehalte in den Rationen: 2,07 bzw. 1,91 g/kg TS). Auch KAMPHUES et al. (1986) konnten die Ergebnisse von FORBES (1963) für das Kaninchen nicht bestätigen. Das vermehrt aufgenommene Calcium wirkt im Darm als eine Art „kompetitiver Inhibitor“ für das Magnesium, was dazu führt, dass größere Mengen ionisiertes Magnesium absorbiert werden können, welches bei geringen Ca-Aufnahmen an Liganden gebunden wäre und nicht für die Resorption zur Verfügung stünde. Dieses Phänomen wurde von SMITH und McALLAN (1966) im Dünndarm von Kälbern beobachtet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Degu im Exkretionsverhalten starke Parallelen zum Kaninchen zeigt und weniger zum „näher verwandten“ Chinchilla. Somit ist auch eine gewisse Disposition zur Urolithiasis für den Degu zu vermuten, wenn auch bisher keine entsprechenden Fälle bekannt wurden. Die Vermeidung einer Überversorgung mit Calcium ist angeraten, jedoch sollten weiterführende Studien mit Vitamin D-Supplementierung sowie Erfassung von Ca-Konzentrationen im Blut bei variierenden Ca-Aufnahmen folgen, um den Ca-Stoffwechsel des Degus noch eingehender charakterisieren zu können.

5.3.2 Einfluss des K-Gehalts im Futter auf den Harn-pH-Wert

Bei Fütterung einer Ration bestehend aus 75 % Haferkernen und 25 % pelletiertem Alleinfutter wurde ein für Herbivore untypisch niedriger Harn-pH von durchschnittlich 6,20 gemessen. Normalerweise bewegt sich dieser bei kleinen Pflanzenfressern im Bereich von 8 – 9 (EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005). Durch Kalkulation der DCAB (Dietary Cation-Anion Balance) mittels einer Formel nach BEEDE (1992) wurde überprüft, inwieweit das Futter an dieser Azidierung des Harns beteiligt sein könnte (s. Tab. 29). Der für Getreide typischerweise niedrige Gehalt an Kationen (Na^+ , K^+ und Ca^{2+}) sowie eher hohe Anionen-Gehalt (Cl^-) führte zu einem geringen DCAB-Wert, der sich in einem sauren pH-Wert des Harns widerspiegelte. Dies entspricht auch Beobachtungen beim Pferd (MUELLER et al. 2001), wo nach

Diskussion

Verabreichung krafftutterreicher Rationen Harn-pH-Werte im Bereich von 7,40 gemessen wurden. Anders als bei RALSTON et al. (1994), welche die azidierende Wirkung auf den Stärkegehalt der Rationen zurückführten, waren die von MUELLER et al. (2001) erzielten Ergebnisse unabhängig vom Stärkegehalt. Ein Effekt des hohen Stärkegehaltes (475 g/kg TS) der aus 75 % Haferkernen und 25 % pelletiertem Alleinfutter bestehenden Ration ist auch hier nicht auszuschließen. Denn mit Rücknahme des Haferanteils und Zulage stärkefreier Komponenten (z. B. pelletierte Luzerne) verlagerte sich die DCAB zugunsten der Kationen und bewirkte eine Erhöhung des pH-Wertes im Harn bis in den für Herbivore typischen Bereich von 8 bis 9 (s. Tab. 29).

Tab. 29: K-Gehalt und kalkulierter DCAB-Wert im Futter sowie pH-Wert im Harn von Degus bei Fütterung unterschiedlicher Rationen

Ration (in %)		K-Gehalt		DCAB*	Harn pH-Wert
AF	HK/KT/LP	g/kg TS	meq/kg TS		
25	75 (HK)	7,63	195	169	6,20 ± 0,33 ^a
75	25 (HK)	10,9	279	249	8,18 ± 0,85 ^b
75	25 (KT)	17,0	435	405	8,84 ± 0,29 ^{c,d}
100	-	14,2	364	331	7,72 ± 1,02 ^{b,d}
75	25 (LP)	18,7	478	402	8,74 ± 0,12 ^e
-	100 (LP)	27,7	709	543	8,39 ± 0,22 ^f

* DCAB (meq/kg TS) = (meq Na/kg TS + meq K/kg TS) – (meq Cl/kg TS + meq S/kg TS);
AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

5.4 Einfluss zuckerreicher Rationen auf die Gesundheit von Degus im Hinblick auf ihre Prädisposition für Diabetes mellitus

Dem Degu wird eine besondere Disposition für Diabetes mellitus zugesprochen (NAJECKI und TATE 1999, KEEBLE 2001, BROWN und DONELLY 2001, SPORON und METTLER 2002, ROTH 2003, GUMNIOR 2005, SASSENBURG 2008), weshalb diese Spezies diesbezüglich auch gerne als Modelltier im Humanbereich eingesetzt wird. Aufgrund einer höheren Aldose-Reduktase-Aktivität in der Linse (VARMA et al. 1977) wird dabei häufig das Auftreten von Katarakten als Folge des Diabetes mellitus beobachtet (WEIR 1970, FOX et al. 1975, MURPHY et al. 1980, DATILES und FUKUI 1989, ALTMANN et al. 1994, ROTH 2003, MÜLLER 2011). Meist erfolgt die Diagnose der Katarakte schon **vor** der Entdeckung eines Diabetes mellitus. SPORON und METTLER (2002) vermuten, dass viele der heutzutage als Heimtier gehaltenen Degus von Laborlinien abstammen, die für die Forschung am Diabetes mellitus gezüchtet wurden; daher unterstellten sie eine genetische Disposition als Grund für das häufige Auftreten von Diabetes mellitus bei Degus. Weiterhin werden auch andere auslösende Faktoren, wie Amyloidose (MURPHY et al., HELLMANN et al. 1990) oder Cytomegalie-Viren (FOX und MURPHY 1979) diskutiert. Am häufigsten wird jedoch eine kohlenhydrat- bzw. hier insbesondere zuckerreiche Ernährung als Ursache der vorher genannten Erkrankungen angeführt (NAJECKI und TATE 1999, KEEBLE 2001, BROWN und DONELLY 2001, ROTH 2003, EWRINGMANN und GLÖCKNER 2005, SASSENBURG 2008). Dieser Zusammenhang wurde bisher nur durch ein verringertes Auftreten sekundärer Katarakte oder verbesserter Fertilitätsraten nach einer Futterumstellung (BROWN und DONELLY 2001) gestützt. Mit dieser vorliegenden Arbeit wurde erstmals ein Fütterungsversuch mit zuckerreichen Futtermitteln unter kontrollierten Bedingungen beim Degu durchgeführt, um den Einfluss einer zuckerreichen Ernährung auf den Gesundheitszustand von Degus zu prüfen.

Aufgrund des relativ langen Versuchszeitraumes von acht Wochen wurden die Degus in einer Gruppe und in möglichst „praxisnaher“ Umgebung (Voliere mit darin verbleibendem Nagematerial) gehalten. Die Erhebung von Blutglukose-

Diskussion

Konzentrationen wurde für diesen Versuch ausgesetzt, da die Degus bei diesem Vorgehen wiederholt dem mit einer Blutabnahme verbundenen Stress sowie einem Narkoserisiko ausgesetzt gewesen wären. Die Abnahme von Blut in ausreichender Menge zur Bestimmung des Blutglukosespiegels gilt nur bei (per Inhalation) narkotisierten Degus als erfolversprechend. Zudem war die Anzahl an verfügbaren Versuchstieren zu gering, um eventuelle Verluste ausgleichen zu können. Daher wurde als nicht invasive Methode zur Diabetes-Diagnostik die Verwendung von semiquantitativen Harn-Teststreifen speziell für Glukose gewählt. Die Augen jedes Tieres wurden zusätzlich im Rahmen der wöchentlichen Erfassung der Körpermasse auf eine mögliche Linsentrübung hin untersucht, da unbekannt ist, in welchem Zeitraum Katarakte auftreten, wenn der Diabetes mellitus experimentell, d. h. durch die Fütterung ausgelöst wird. Nach einem in Degus mittels Streptozotocin induzierten Diabetes mellitus bildeten sich innerhalb von vier Wochen Katarakte aus (DATILES und FUKUI 1989). In der soeben genannten Studie wurden aber auch Blutglukosewerte von über 500 mg/dL (27,8 mmol/L) erreicht, die um ein Vielfaches höher waren als Werte von anderen Degus (2,9 – 4 mmol/L), welche ebenfalls an Katarakten erkrankten. Daher sollte das Auftreten von Katarakten bei gleichzeitig normalen Blutglukosekonzentrationen differential-diagnostisch abgeklärt werden, da u. a. auch ein sekundärer Hyperparathyreoidismus Katarakte zur Folge haben kann (CLARK und OLFORT 1986).

Im Rahmen dieses Versuches konnten weder eine Glukosurie noch makroskopisch erkennbare Linsentrübungen festgestellt werden. Auch der allgemeine Gesundheitszustand der Degus, der täglich kontrolliert wurde, war bis auf einen versuchsunabhängigen Ausfall eines Tieres, durchweg unauffällig. Polydipsie konnte nicht beobachtet werden, die Tränkwasseraufnahme betrug 0,04 bzw. 0,45 ml/g TS, durch das Angebot von Saffutter war aber von vornherein eine höhere Gesamtwasseraufnahme gegeben. Da keine Erfassung der täglichen Harnvolumina stattfand, ist eine Polyurie generell nicht auszuschließen, welche aber auch durch die erhöhte Gesamtwasseraufnahme fälschlicherweise als solche interpretiert werden könnte.

Diskussion

Bei ausschließlichem Angebot von Möhren bzw. Zuckerrüben kamen die Degus auf eine tägliche Zuckeraufnahme von 3,92 bzw. 4,74 g pro Tier (2,2 – 2,6 g Zucker/100 g KM). Ob diese Aufnahmemengen auch zu entsprechenden Blutglukosekonzentrationen geführt haben, ist nicht bekannt. Jedoch ist sicher, dass keine Glukose im Harn auftrat, da in sämtlichen mittels Teststreifen getesteten Harnproben Glukose nicht nachweisbar war. Dies ist ein Indiz dafür, dass eben keine hohen Blutglukose-Konzentrationen erreicht wurden. Andererseits könnte dies durch eine rasche Normalisierung des Blutglukosespiegels verhindert worden sein. Die biologische Aktivität des Insulins von hystricomorphen Nagern beträgt nur zwischen 1 – 10 % im Vergleich zu anderen Säugetieren (HUANG et al. 1986, NISHI und STEINER 1990), weswegen andere Kompensationsmechanismen, wie eine erhöhte Insulin-Konzentration oder eine vermehrte Anzahl von Insulinrezeptoren, zur Regulierung hoher Blutglukosespiegel angenommen werden (OPAZO et al. 2004).

Grundsätzlich sind Glukosewerte im Blut von Degus mit Vorbehalt zu werten, da sowohl bei klinisch gesunden Tieren erhöhte Werte, als auch bei erkrankten Tieren Werte im Normalbereich gefunden werden konnten. Hinzu kommt der in der Literatur nicht einheitlich angegebene Referenzbereich, somit sollte der Blutglukosespiegel als alleiniger Indikator für einen Diabetes mellitus nicht herangezogen werden.

Vermutlich war der Versuchszeitraum zu kurz, um entsprechende Symptome hervorzurufen, daher sollte in weiterführenden Untersuchungen ein längerer Versuchszeitraum gewählt werden. Es sollte jedoch bedacht werden, dass eine zuckerreiche Ernährung allein nicht zwingend zu einem Diabetes mellitus führen muss.

Abschließend kann auf Grundlage dieses Versuches postuliert werden, dass eine tägliche Zuckeraufnahme zwischen 4 – 5 g/Tier über einen Zeitraum von circa zwei Monaten keine nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit von Degus hatte.

6. Zusammenfassung

Hommel, Diana: Untersuchungen an Degus (*Octodon degus*) zur Futter- und Wasseraufnahme sowie zur Verdaulichkeit von Nährstoffen bei Angebot unterschiedlicher Futtermittel

Die eher lückenhaften Kenntnisse zur Ernährungs- und Verdauungsphysiologie des Degus sowie Anfragen von Tierhaltern und Tierärzten zur art- bzw. bedarfsgerechten Versorgung mit Futter und Wasser, zum spezies-typischen Verdauungsvermögen für Rohfaser, zur möglichen Disposition für Urolithiasis oder einen Diabetes mellitus bei zuckerreicher Fütterung gaben Anlass zu den vorliegenden Untersuchungen an Degus (*Octodon degus*). Daher wurden in verschiedenen Versuchsphasen bei Angebot unterschiedlicher Futtermittel Grunddaten zur Futter- und Wasseraufnahme, zur Nährstoffverdaulichkeit (teils im Vergleich zum Zwergkaninchen) sowie zum Ca-Haushalt erhoben. Darüber hinaus interessierte die Frage, ob bei Angebot gängiger zuckerreicher Futtermittel nachteilige Effekte auf die Gesundheit von Degus (Diabetes mellitus) zu erwarten sind.

Zur Generierung von Basisdaten zur Futter- sowie Wasseraufnahme (**Versuchsphase A**) erhielten adulte Degus (n/Gruppe = 3 - 4) sechs verschiedene Futtermittel (Heu, pelletiertes Alleinfutter für Kaninchen, Karottentrestler, Haferkerne, Birnen und Weißkohl) nach einer entsprechenden Adaptation ad libitum über mindestens fünf Tage bei freiem Zugang zu Tränkwasser (Nippeltränken).

Um Daten zur Nährstoffverdaulichkeit gewinnen zu können, wurden acht adulten Degus in drei Gruppen zu zwei bzw. drei Tieren sechs Rationen mit steigendem Rohfasergehalt (Rfa) im Verdaulichkeitsversuch über fünf Tage angeboten (**Versuchsphase B**). Zur besseren Einschätzung, d. h. zum Vergleich der Fähigkeit zur Rfa-Verdauung, erhielten drei Zwergkaninchen parallel dieselben Rationen ebenfalls über fünf Tage.

Zur genaueren Untersuchung des Ca-Haushalts (**Versuchsphase C**) fanden Versuche mit acht Degus in *speziellen Bilanzkäfigen* statt, um die Harnmenge sowie

Zusammenfassung

-zusammensetzung entsprechend analysieren zu können. Das Angebot bestand hierbei aus einem calciumarmen bzw. calciumreichen Futter (über acht Tage nach fünftägiger Adaptation). Aqua dest. stand auch hier den Tieren ad libitum als Tränkwasser zur Verfügung. Des Weiteren erfolgten Untersuchungen zu Volumen, Zusammensetzung sowie Qualität des Harns bei Fütterung der sechs schon in den Verdaulichkeitsversuchen eingesetzten Rationen (**Versuchsphase D**).

Zur Überprüfung der Verträglichkeit zuckerreicher Futtermittel erhielt eine Gruppe von sechs Degus über einen Zeitraum von acht Wochen Möhren bzw. Zuckerrüben [Zuckergehalt: 55 bzw. 75 % i. d. Trockenmasse (TS)] sowie Wasser ad libitum. Täglich wurden das Allgemeinbefinden der Tiere kontrolliert und kontinuierlich die Augen jedes Tieres auf evtl. Linsentrübungen untersucht. Im Abstand von höchstens sieben Tagen wurde der frisch abgesetzte Harn auf eine mögliche Glukosurie getestet.

Die wesentlichen Ergebnisse sind nachfolgend aufgeführt:

Grunddaten zur Futter- und Wasseraufnahme von Degus (Versuchsphase A):

- Die tägliche TS-Aufnahme variierte zwischen 2,5 und 5,6 g/100 g Körpermasse (KM) bzw. sogar 6,7 g/100 g KM (Heu: 24,5 % Rfa i. d. TS) bei ad libitum Angebot.
- Bei einer täglichen DE-Aufnahme im Bereich von ~ 55 – 65 kJ/100 g KM konnten die adulten Degus ihre Körpermasse aufrecht erhalten.
- Die tägliche Tränkwasseraufnahme variierte zwischen 1,39 ml/g TS (Heu) und 1,92 ml/g TS (Haferkerne). Mit der Aufnahme von Saftfutter (Birnen/Weißkohl) war eine wesentlich höhere Wasseraufnahme verbunden (8 – 9 ml/g TS).

Rohnährstoffverdaulichkeit von Degus im Vergleich zum Zwergkaninchen (Versuchsphase B):

- Erst ab Rfa-Gehalten von > 16 % in der TS traten Unterschiede in der Verdaulichkeit der organischen Substanz zwischen Degus und Kaninchen auf.
- Die Degus zeigten eine signifikant höhere Verdaulichkeit der Rohfaser (zwischen 6 – 18 Prozentpunkten höhere Werte) als die Zwergkaninchen.
- Zur Schätzung der Verdaulichkeit der organischen Substanz in Abhängigkeit vom Rfa-Gehalt in der TS kann folgende Regressionsgleichung verwendet werden:

$$sV_{OS} (\%) = 92,7 - 1,64 \times (x = \text{Rfa-Gehalt in \% der Futter-TS})$$

Mineralstoffhaushalt bei Degus (Versuchsphase C und D):

- Bei geringem Ca-Gehalt im Futter variierte die scheinbare Ca-Verdaulichkeit um 3,4 %, während bei hoher Ca-Aufnahme Werte von 66 % beobachtet wurden.
- Bei höheren Werten für die scheinbare Verdaulichkeit von Calcium und Magnesium erfolgte die Elimination überschüssiger Mengen vorwiegend renal (massiver Anstieg der Ca-Konzentration im Harn auf bis zu 21,6 mg/ml)
- Weder bei geringer noch bei hoher Ca-Aufnahme wurden nennenswerte P-Mengen über den Harn ausgeschieden (allerdings bestand generell eine niedrige P-Versorgung bei einem ungünstigen Ca : P – Verhältnis).
- Wie von anderen Tieren bekannt, erfolgte die Elimination von Natrium, Kalium und Chlorid nahezu vollständig renal.
- „Krafftutterreiche“ Rationen bewirkten eher niedrigere Harn-pH-Werte ($\bar{\varnothing}$ 6,2), während bei höheren K-Gehalten im Futter die pH-Werte auf bis zu 8,8 anstiegen.
- Das spezifische Gewicht im Harn von Degus variierte zwischen 1028 und 1082.

Einfluss zuckerreicher Rationen auf die Gesundheit von Degus (Versuchsphase E):

- Eine zuckerreiche Fütterung (553 bis 753 g Zucker/kg TS Futter) über \leq 8 Wochen von Degus führte weder zu Linsentrübungen noch zur Glukosurie.

Schlussfolgerungen: Gegenüber dem Kaninchen zeigen Degus eine beachtliche Fähigkeit zur Rfa-Verdauung, was mit der Koprophagie in Zusammenhang stehen dürfte (nach älteren Studien sollen bis zu 38 % der täglich produzierten Kotmenge wieder aufgenommen werden!). Zudem ist eine ausschließliche Heufütterung bei moderaten Rfa-Gehalten als möglich anzusehen. In Bezug auf den Ca-Haushalt ähneln Degus den Kaninchen und Meerschweinchen (Disposition für Ca-haltige Harnkonkremente bei hohen Ca-Aufnahmen). Eine zuckerreiche Fütterung über einen Zeitraum von acht Wochen ließ keinerlei negative Effekte im Hinblick auf die häufig diskutierte Disposition des Degus für einen nutritiv bedingten Diabetes mellitus erkennen.

7. Summary

Hommel, Diana: Studies on degus (*Octodon degus*) regarding feed and water intake and digestibility of nutrients offered different feedstuffs

The rather incomplete knowledge of the nutritional and digestive physiology of degus, as well as requests from pet owners and veterinarians on species-appropriate or on needs-based supply of feed and water, on the species-typical digestive capacity for crude fibre, on the possible disposition for urolithiasis or diabetes mellitus in sugar-rich feeding caused to the present studies on degus (*Octodon degus*). Therefore, basic data on feed and water intake, nutrient digestibility (partly compared to that of dwarf rabbit) as well as on the calcium balance were collected in different trial phases while offering different feedstuffs. Furthermore, there was the question whether offering the usual sugar-rich feedstuffs could be expected to have adverse effects on the health of degus (diabetes mellitus).

To generate basic data on feed and water intake (**trial phase A**) adult degus (n/group = 3 - 4) were offered six different feeds (hay, commercial rabbit feed, carrot pulp, husked oat, pears and white cabbage) ad libitum with free access to drinking water (nipple drinkers) on at least five days after a corresponding adaptation period.

Collecting data on the nutrient digestibility (**trial phase B**) eight adult degus in three groups of two or three animals were offered six diets containing rising crude fibre contents (CF) in digestibility trials for five days. For a better evaluation (i. e. comparing the ability of crude fibre digestibility) three dwarf rabbits were also offered simultaneously the same diets over five days.

To examine the calcium balance (**trial phase C**) trials with eight degus took place in *special balance cages* for a corresponding analysis of the volume and composition of urine. The feed supply consisted of a low-calcium and calcium-rich diet, respectively (for over eight days after a five-day-adaptation). Again aqua dest. was available as drinking water for the animals ad libitum. Furthermore, investigations on volume, composition and quality of urine were carried out by feeding the six diets have already been used in the digestibility trials (**trial phase D**).

Summary

Testing the tolerance of sugar-rich feedstuffs, a group of six degus were fed carrots and sugar beets [sugar content: 55 or 75 % on dry matter basis (DM)] over a period of eight weeks as well as giving them water ad libitum. The general condition of the animals was controlled daily and the eyes of each animal were checked continuously for a potential clouding of the lenses. The freshly passed urine was tested for a possible glucosuria over a period of no more than seven days.

The main findings are listed below:

Basic data on the feed and water intake of degus (trial phase A):

- The daily DM intake varied between 2.5 and 5.6 g DM/100 g body weight (bw) or even 6.7 g /100 g bw (hay: 24.5 % CF in DM) offered ad libitum.
- When daily DE intake was in the range of ~ 55 - 65 kJ/100 g bw the adult degus could maintain their body weight.
- The daily intake of drinking water varied between 1.39 ml/g DM (hay) and 1.92 ml/g DM (husked oat). The intake of fresh feed (pears/white cabbage) was connected to a much higher water intake (8 - 9 ml/g DM).

Nutrient digestibility of degus in comparison to dwarf rabbits (trial phase B):

- Only from a CF content of > 16 % in DM differences in the digestibility of organic matter between degus and rabbits occurred.
- The degus showed a significantly higher digestibility of crude fibre (between 6 - 18 percentage points higher values) than the dwarf rabbits.
- The following regression formula can be used to estimate the apparent digestibility of organic matter (app. dig._{OM}) which depends on the content of the CF in DM:

$$\text{app. dig.}_{\text{OM}} = 92.7 - 1.64 \times (\%) \quad (x = \text{CF content in \% DM of feed})$$

Mineral balance in degus (trial phase C and D):

- At low Ca content in feed apparent Ca digestibility varied by 3.4 %, while values of 66 % were observed at high Ca intake.
- At higher values regarding the apparent digestibility of calcium and magnesium, the elimination of surplus quantities was predominantly renal (massive increase of

Summary

Ca concentration in the urine up to 21.6 mg/ml).

- Neither at low nor at high Ca intakes significant quantities of P were excreted via urine (however a generally low P supply existed in an improper Ca : P - ratio).
- As known of other animals the elimination of sodium, potassium and chloride happened almost completely renal.
- "High concentrated" feed rations resulted in rather lower urinary pH values (Ø 6.2), while at greater K contents in the feed pH levels increased up to 8.8.
- Specific gravity in urine of degus varied from 1028 to 1082.

Influence of sugar-rich rations on the health of degus (trial phase E):

- A sugar-rich feeding (553 to 753 g sugar/kg DM of feed) of degus over a period of ≤ 8 weeks led neither to the clouding of lenses nor to glucosuria.

Conclusions: Compared to the rabbit degus showed a remarkable ability of CF digestibility, which should be seen in the context of the coprophagy (according to older studies up to 38 % of the daily produced amount of feces should be reingested!). In addition, feeding exclusively hay at moderate CF levels is assumed to be possible. As regards the Ca balance, degus are similar to the rabbit and guinea pig (disposition for Ca containing urinary concrements at high Ca intakes). A sugar-rich feeding over a period of eight weeks had no negative effects in terms of often discussed disposition to nutritional diabetes mellitus in the degu.

8. Literaturverzeichnis

ALEXANDER, R. McN. (1993):

The energetics of coprophagy: a theoretical analysis.
J. Zool. 230, 629–637

ALTMANN, D., I. SCHWENDENWEIN u. K. WAGNER (1994):

Zu Biologie, Haltung, Ernährung und Erkrankungen des Degus (Octodon degus).
Verh.ber. Erkr. Zootiere 36, 277-292

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION (2010):

Diagnosis and classification of diabetes mellitus.
Diabetes Care 33, S62-S69

ANTOLÍN-GONZÁLEZ, I., H. URÍA, D. TOLIVIA u. A. MENÉNDEZ-PELÁEZ (1993):

The harderian gland of the rodent *Octodon degus*: a structural and ultrastructural study.
Tissue and Cell 25 (1), 129-139

ARMBRECHT, H. J., T. V. ZENSER, M. E. BRUNS u. B. B. DAVIS (1979):

Effect of age on intestinal calcium absorption and adaptation to dietary calcium.
Am. J. Physiol. 236 (6), E769-E774

BARASH, D. P. (1980):

The influence of reproductive status on foraging by hoary marmots (*Marmota caligata*).
Behav. Ecol. Sociobiol. 7 (3), 201-205

BARNES, R. H. (1962):

Nutritional implications of coprophagy.
Nutr. Rev. 20 (10), 289-291

BARNES, R. H. u. G. FIALA (1959):

Effects of the prevention of coprophagy in the rat.
J. Nutr. 68, 603-614

BECKER, M. I., A. E. DE IOANNES, C. LEON u. L. A. EBENSPERGER (2007):

Females of the communally breeding rodent, *Octodon degus*, transfer antibodies to their offspring during pregnancy and lactation.
J. Reprod. Immunol. 74 (1-2), 68-77

BEDFORD, J. M., M. BERRIOS u. G. L. DRYDEN (1982):

Biology of the scrotum. IV. Testis location and temperature sensitivity.
J. Exp. Zool. 224 (3), 379-388

Literaturverzeichnis

- BEEDE, D. K. (1992):
The DCAB concept: Transition rations for dry pregnant cows.
Feedstuffs 28, 14-19
- BELLAMY, D. u. B. J. WEIR (1972):
Urine composition of some hystricomorph rodents confined to metabolism cages.
Comp. Biochem. Physiol. 42A, 759-771
- BENNETT, E. T. (1832):
Characters of a new genus of rodent Mammalia, presented by Mr. Cuming.
Proc. Zool. Soc. Lond. 2, 46-48
- BENNETT, E. T. (1841):
On the genus Octodon and on its relations with *Ctenomys*, Blainv., and
Poephagomys, F. Cuv.: including a description of a new species of *Ctenomys*.
Trans. Zool. Soc. Lond. 11, 75-86
- BESSELMANN, D. u. J. M. HATT (2004):
Diabetes mellitus bei Kaninchen und Nagern
Tierärztl. Prax. 32 (K), 370-376
- BJÖRNHAG, G. (1981):
Separation and retrograde transport in the large intestine of herbivores.
Livest. Prod. Sci. 8, 351-360
- BOSCO, C. u. C. BUFFET (2008):
Immunohistochemical identification of the extravillous trophoblast during the
placentation of the degu (*Octodon degus*).
J. Exp. Zool. B: Mol. Dev. Evol. 310, 534-539
- BOSCO, C., C. BUFFET, M. A. BELLO, R. RODRIGO, M. GUTIERREZ u. G.
GARCÍA (2007):
Placentation in the degu (*Octodon degus*): analogies with extrasubplacental
trophoblast and human extravillous trophoblast.
Comp. Biochem. Physiol. 146A (4), 475-485
- BOWDICH, T. E. (1821):
An analysis of the natural classifications of mammalia: for the use of students and
travellers.
J. Smith, Paris
- BOZINOVIC, F. (1995):
Nutritional energetics and digestive responses of an herbivorous rodent (*Octodon
degus*) to different levels of dietary fiber.
J. Mammal. 76 (2), 627-637

- BOZINOVIC, F. u. P. GALLARDO (2006):
The water economy of South American desert rodents: From integrative to molecular physiological ecology.
Comp. Biochem. Physiol. 142C, 163-172
- BOZINOVIC, F. u. F. F. NOVOA (1997):
Metabolic costs of rodents feeding on plant chemical defenses: a comparison between an herbivore and an omnivore.
Comp. Biochem. Physiol. 117A (4), 511-514
- BOZINOVIC, F., F. F. NOVOA u. P. SABAT (1997):
Feeding and digesting fiber and tannins by an herbivorous rodent, *Octodon degus* (Rodentia: Caviomorpha).
Comp. Biochem. Physiol. 118A (3), 625-630
- BOZINOVIC, F., P. A. GALLARDO, G. H. VISSER u. A. CORTÉS (2003):
Seasonal acclimatization in water flux rate, urine osmolality and kidney water channels in free-living degus: molecular mechanisms, physiological processes and ecological implications.
J. Exp. Biol. 206, 2959-2966
- BOZINOVIC, F., L. D. BACIGALUPE, R. A. VÁSQUEZ, G. H. VISSER, C. VELOSO u. G. J. KENAGY (2004):
Cost of living in free-ranging degus (*Octodon degus*): seasonal dynamics of energy expenditure.
Comp. Biochem. Physiol. 137A, 597-604
- BRANCH, L. C. (1993):
Social organization and mating system of the plains viscacha (*Lagostomus maximus*).
J. Zool., Lond. 229 (3), 473-491
- BRAUN, S. u. H. SCHEICH (1997):
Influence of experience on the representation of the "mothering call" in frontoparietal and auditory cortex of pups of the rodent *Octodon degus*: FDG mapping.
J. Comp. Physiol. 181A, 697-709
- BRAUN, K., R. ANTEMANO, C. HELMEKE, M. BUCHNER u. G. POEGGEL (2009):
Juvenile separation stress induces rapid region- and layer-specific changes in S100 β - and glial fibrillary acidic protein-immunoreactivity in astrocytes of the rodent medial prefrontal cortex.
Neuroscience 160 (3), 629-638
- BRAUN, K., P. KREMZ, W. WETZEL, T. WAGNER u. G. POEGGEL (2002):
Influence of parental deprivation on the behavioral development in *Octodon degus*: modulation by maternal vocalizations.
Dev. Psychobiol. 42 (3), 237-245

- BRAUN, K., E. LANGE, M. METZGER u. G. POEGGEL (2000):
Maternal separation followed by early social deprivation affects the development of monoaminergic fiber systems in the medial prefrontal cortex of *Octodon degus*.
Neuroscience 95 (1), 309-318
- BROWN, C. u. T. M. DONNELLY (2001):
Cataracts and reduced fertility in degus (*Octodon degus*). Contracts secondary to spontaneous diabetes mellitus.
Lab Animal (NY), 30 (6), 25-26
- BROWN, R. C., J. KELLEHER u. M. S. LOSOWSKY (1979):
The effect of pectin on the structure and function of the rat small intestine.
Br. J. Nutr. 42 (3), 357-365
- BRÜGGEMANN, H. (1937):
Ausnutzungsversuch an Kaninchen als Grundlage neuzeitlicher Kaninchenfütterung.
in: Biedermanns Zentralblatt für Agrikulturchemie und rationellen
Landwirtschaftsbetrieb. Abt. B: Tierernährung 6
Akad. Verlag.-Ges., Leipzig, 374–393
- BRUSKI, A. u. A. EWRINGMANN (2005):
Degu.
in: GÖBEL, T. u. A. EWRINGMANN (Hrsg.):
Heimtierkrankheiten – Kleinsäuger, Amphibien, Reptilien.
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 188-198
- BUNCE, G. E., J. KINOSHITA u. J. HORWITZ (1990):
Nutritional factors in cataract.
Annu. Rev. Nutr. 10, 233-254
- BUSTOS-OBREGÓN, E. u. O. RAMIREZ (1997):
Ageing and testicular function in *Octodon degus*.
Andrologia 29 (6), 319-326
- BUSTOS-OBREGÓN, E., J. IPINZA u. A. SPOTORNO (1977):
Biología del Octodon degus.
Medio Ambiente 3, 70-73
- CHAPIN, R. E. u. S. E. SMITH (1967):
The calcium tolerance of growing and reproducing rabbits.
Cornell Vet. 57, 480-491
- CHÁVEZ, A.E., F. BOZINOVIC, L. PEICHL u. A. G. PALACIOS (2003):
Retinal spectral sensitivity, fur coloration, and urine reflectance in the genus *Octodon*
(Rodentia): implications for visual ecology.
Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 44 (5), 2290-2296

- CHEEKE, P. R. u. J. W. AMBERG (1973):
Comparative calcium excretion by rats and rabbits.
J. Anim. Sci. 37 (2), 450-454
- CHUN, W., T. BAMBA u. S. HOSODA (1989):
Effect of pectin, a soluble dietary fiber, on functional and morphological parameters
of the small intestine in rats.
Digestion 42 (1), 22-29
- CLARK, J. D. u. E. D. OLFORT (1986):
Rodents
in: M. E. Fowler (Eds.): Zoo & Wild Animal Medicine.
Verlag Saunders (W.B.) Philadelphia, Second Edition, S. 735
- M. CLAUSS, J. C. CASTELL, E. KIENZLE, P. SCHRAMMEL, E. S. DIERENFELD, E.
J. FLACH, O. BEHLERT, W. J. STREICH, J. HUMMEL u. J-M. HATT (2007):
Mineral absorption in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*) as compared with the
domestic horse.
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 91 (5-6), 193-204
- COHN, S. H., T. M. TEREZ u. E. A. GUSMANO (1968):
Effect of varying calcium intake on the parameters of calcium metabolism in the rat.
J. Nutr. 94, 261-267
- COLBY, L. A., H. G. RUSH, M. M. MAHONEY u. T. M. LEE (2012):
Degu.
in: M. A. SUCKOW, K. A. STEVENS u. R. P. WILSON (Eds.): The laboratory rabbit,
guinea pig, hamster and other rodents.
Academic Press, 1031-1053
- CONTRERAS, L. u. E. BUSTOS-OBREGÓN (1980):
Anatomy of reproductive tract in *Octodon degus* Molina: A nonscrotal rodent.
Archs. Androl. 4 (2), 115-24
- CORTÉS, A., M. ROSENMANN u. C. BAEZ (1990):
Función del riñón y del pasaje nasal en la conservación del agua corporal en
roedores simpátridos de Chile central.
Rev. Chil. Hist. Nat. 33, 279-291
- CORTÉS, A., C. ZULETA u. M. ROSENMANN (1988):
Comparative water economy of sympatric rodents in a Chilean semi-arid habitat.
Comp. Biochem. Physiol. 91A (4), 711-714
- DANZL, P. (2002):
Genügsame Nager: die richtige Ernährung von Degus.
Rodentia 7, 35-37

- DANZL, P. (2004):
Die Sprache der Degus – so kommunizieren die Strauchratten.
Rodentia 18, 35-37
- DATILES, M. B. u. H. FUKUI (1989):
Cataract prevention in diabetic *Octodon degus* with Pfizer's sorbinil.
Curr. Eye Res. 8 (3), 233-237
- DAVIS, T. M. (1975):
Effects of familiarity on agonistic encounter behavior in male degus (*Octodon degus*).
Behav. Biol. 14, 511-517
- DEMMENT, M. W. u. P. J. VAN SOEST (1985):
A nutritional explanation for body-size patterns of ruminant and nonruminant herbivores.
Am. Nat. 125 (5), 641-672
- DROCHNER, W., A. KERLER u. B. ZACHARIAS (2004):
Pectin in pig nutrition, a comparative review.
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 88 (11-12), 367-380
- Ebensperger, L. A. (2001):
No infanticide in the hystricognath rodent, *Octodon degus*: does ecology play a role?
Acta Ethol. 3, 89–93
- EBENSPERGER, L. A. u. F. BOZINOVIC (2000a):
Communal burrowing in the hystricognath rodent, *Octodon degus*: a benefit of sociality?
Behav. Ecol. Sociobiol. 47, 365-369
- EBENSPERGER, L. A. u. F. BOZINOVIC (2000b):
Energetics and burrowing behaviour in the semifossorial degu *Octodon degus* (Rodentia: Octodontidae).
J. Zool. 252, 179-186
- EBENSPERGER, L. A. u. M. J. HURTADO (2005a):
On the relationship between herbaceous cover and vigilance activity of degus (*Octodon degus*).
Ethology 111, 593-608
- EBENSPERGER, L. A. u. M. J. HURTADO (2005b):
Seasonal changes in the time budget of degus, *Octodon degus*.
Behaviour 142, 91-112

- EBENSPERGER, L. A. u. P. K. WALLEM (2002):
Grouping increases the ability of the social rodent, *Octodon degus*, to detect predators when using exposed microhabitats.
OIKOS 98, 491-497
- EBENSPERGER, L. A., M. J. HURTADO u. C. LÉON (2007):
An experimental examination of the consequences of communal versus solitary breeding on maternal condition and the early postnatal growth and survival of degu, *Octodon degus*, pups
Animal Behaviour 73, 185-194
- EBENSPERGER, L. A., M. J. HURTADO u. R. RAMOS-JILIBERTO (2006a):
Vigilance and collective detection of predators in degus (*Octodon degus*).
Ethology 112, 879-887
- EBENSPERGER, L. A., M. J. HURTADO u. I. VALDIVIA (2006b):
Lactating females do not discriminate between their own young and unrelated pups in the communally breeding rodent, *Octodon degus*.
Ethology 112, 921-929
- EBENSPERGER, L. A., C. VELOSO u. P. K. WALLEM (2002):
Do female degus communally nest and nurse their pups?
J. Ethol. 20 (2), 143-146
- EDWARDS, M. S. (2009):
Nutrition and behaviour of degus.
Vet. Clin. North Am. Exotic Anim. Pract. 12 (2), 237 – 253
- EWRINGMANN, A. u. B. GLÖCKNER (2005):
Leitsymptome bei Meerschweinchen, Chinchilla und Degu. Diagnostischer Leitfaden und Therapie.
Enke Verlag, Stuttgart
- FEHR, M. (1999):
Diagnosen und Gründe für die Vorstellung von Heimtieren in der tierärztlichen Praxis.
in: KAMPHUES, J., P. WOLF u. M. FEHR (Hrsg.):
Praxisrelevante Fragen zur Ernährung kleiner Heimtiere (Kleine Nager, Frettchen, Reptilien), 2. Oktober 1999, Hannover, 1-3
- FEHR, M. (2012):
persönliche Mitteilung, Hannover am 3. Mai 2012
Klinik für Heimtiere, Reptilien, Zier- und Wildvögel,
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Bünteweg 9, 30559 Hannover
- FEHR, M. u. S. RAPPOLD (1997):
Harnsteinbildung bei 20 Meerschweinchen.
Tierärztl. Praxis 5, 543-547

FEHR, M., L. SASSENBURG u. PEERNELE ZWART (2008):
Krankheiten der Heimtiere.
7., überarb. Aufl., Schlütersche, Hannover

FEHR, M., H. SCHANEN, D. GROF, H. WISSDORF u. H. GONZALEZ (1994):
Anatomische Grundlagen und Beschreibung einer Kastrationsmethode beim Degu
(*Octodon degus* Molina).
Kleintierpraxis 39 (12), 837-840

FEKETE, S. u. T. GIPPERT (1985):
Effect of crude fibre on protein utilization by rabbits.
J. Appl. Rabbit Res. 8, 31-38

FINE, J., F. W. QUIMBY u. D. D. GREENHOUSE (1986):
Annotated bibliography on uncommonly used laboratory animals: mammals.
I.L.A.R. news 29 (4), 3A-38A

FISCHER, G. M. (1940):
Contribución a la anatomía de los Octodontidos.
Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. (Santiago de Chile) 18, 103-124

FISCHER, R. B. u. G. F. MEUNIER (1985):
Responses to conspecifics' urine by the degu (*Octodon degus*).
Physiol. Behav. 34 (6), 999-1001

FISCHER, R. B., S. L. SMITH, P. J. WHITE u. G. F. MEUNIER (1986):
Sex differences during initial social contact in the degu (*Octodon degus*).
Behav. Proc. 12, 67-76

FONDA, B. J. u. G. HORST (1976):
Macroscopic and microscopic observations on renal morphology of the degu
(*Octodon degus*).
Anat. Rec. 184 (3), 404

FORBES, R. M. (1963):
Mineral utilization in the rat I. Effects of varying dietary ratios of calcium, magnesium
and phosphorus.
J. Nutr. 80, 321-326

FOX, J. G. u. J. C. MURPHY (1979):
Cytomegalic virus-associated insulinitis in diabetic *Octodon degus*.
Vet. Pathol. 16 (5), 625-628

FOX, J. G., J. C. MURPHY u. D. BORAKER (1975):
Diabetes mellitus in the rat-like hystricomorph, the degu (*Octodon degus*).
26th Annual Meeting of the American Association of Laboratory Animal Science,
Boston MA, 1975, 75

FRITZ, J. (2007):

Allometrie der Kotpartikelgröße von pflanzenfressenden Säugern, Reptilien und Vögeln.

Diss. med. vet., Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

FUENTES, E. R. u. J. A. SIMONETTI (1982):

Plant patterning in the chilean matorral: Are the roles of native and exotic mammals different?

in: Conrad C.E. u. Oechel W.C. (Hrsg.):

Proceedings of the Symposium on Dynamics and Management of Mediterranean Type Ecosystems (1981) San Diego, California. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Berkeley, California, USA, 227-233

FUENTES, E. R., F. M. JAKSIĆ u. J. A. SIMONETTI (1983):

European rabbits versus native rodents in Central Chile: effects on shrub seedlings. *Oecologia* 58, 411-414

FUKUNAGA, T., M. SASAKI, Y. ARAKI, T. OKAMOTO, T. YASUOKA, T. TSUJIKAWA, Y. FUJIYAMA u. T. BAMBA (2003):

Effects of the Soluble Fibre Pectin on Intestinal Cell Proliferation, Fecal Short Chain Fatty Acid Production and Microbial Population.

Digestion 67 (1-2), 42-49

FULK, G. W. (1975):

Population ecology of rodents in the semiarid shrublands of Chile.

Occ. Papers Mus., Texas Tech Univ. 33, 1-40

FULK, G. W. (1976):

Notes on the activity, reproduction and social behavior of *Octodon degus*.

J. Mamm. 57 (3), 494-505

GALEF, B. G. (1979):

Investigation of the functions of coprophagy in juvenile rats.

J. Comp. Physiol. Psychol. 93 (2), 295-305

GALLARDO, P., N. OLEA u. F. V. SEPÚLVEDA (2002):

Distribution of aquaporins in the colon of *Octodon degus*, a South American desert rodent.

Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 283, R779-R788

GALLARDO, P., S. HERRERA, K. SAFFER u. F. BOZINOVIC (2008):

Distribution of aquaporins in the nasal passage of *Octodon degus*, a South-American desert rodent and its implications for water conservation.

Rev. Chil. Hist. Nat. 81, 33-40

- GALLOWAY, J. H., D. GLOVER u. W. CLYDE FOX (1964):
Relationship of diet and age to metastatic calcification in guinea pigs.
Lab. Anim. Care 14, 6-12
- GEHRSTZ, S. (2001):
Degus und ihre Verwandten - Die Systematik und Biologie eines "neuen" Haustiers.
Rodentia 1, 61-64
- GOEL, N. u. T. M. LEE (1995):
Social cues accelerate reentrainment of circadian rhythms in diurnal female *Octodon degus* (Rodentia-Octodontidae).
Chronobiol. Int. 12 (5), 311-323
- GOEL, N. u. T. M. LEE (1996):
Relationship of circadian activity and social behaviors to reentrainment rates in diurnal *Octodon degus* (Rodentia).
Physiol. Behav. 59 (4/5), 817-826
- GOEL, N. u. T. M. LEE (1997):
Olfactory bulbectomy impedes social but not photic reentrainment of circadian rhythms in female *Octodon degus*.
J. Biol. Rhythms 12 (4), 362-370
- GOEL, N., T. M. LEE u. D. R. PIEPER (1998):
Removal of the olfactory bulbs delays photic reentrainment of circadian activity rhythms and modifies the reproductive axis in male *Octodon degus*.
Brain Res. 792, 229-236
- GOFF, J. P. (2004):
Minerals
in: REECE, W. O. (Hrsg.): Duke's physiology of domestic animals.
12. Aufl., Comstock Publishing
- GONZÁLEZ, M. (1990):
Topographie der Bauchhöhlenorgane beim Degu (*Octodon degus*, Molina 1782).
Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover
- GONZÁLEZ, M. u. F. FEDER (1997):
Lagevariationen von Caecum und Colon ascendens beim Degu (*Octodon degus*, Molina 1782).
Anat. Histol. Embryol. 26 (4), 305-310
- GORGAS, M. (1966):
Vergleichend-anatomische Untersuchungen am Magen-Darm-Kanal der Sciuromorpha, Hystricomorpha und Caviomorpha (Rodentia).
Z. Wiss. Zool. 175, 237-404

- GOVERNALE, M. M. u. T. M. LEE (2001):
Olfactory cues accelerate reentrainment following phase shifts and entrain free-running rhythms in female *Octodon degus* (Rodentia).
J. Biol. Rhythms 16 (5), 489-501
- GRÜNBERG, W. (1971):
Karbonat-Harnsteine herbivorer Säugetiere.
Zbl. Vet. Med. 18A (9), 767-796
- GUMNIOR, S. (2010):
DEGUS. Biologie, Haltung, Zucht., 2. Auflage
Natur und Tier – Verlag, Münster
- GUMPENBERGER, M., E. JEKLOVA, M. SKORIC, K. HAUPTMANN, L. STEHLIK, S. DENG G u. V. JEKL (2012):
Impact of a high-phosphorus diet on the sonographic and CT appearance of kidneys in degus, and possible concurrence with dental problems.
Vet. Rec. 170, 153
- GUTIÉRREZ, J. R. u. F. BOZINOVIC (1998):
Diet selection in captivity by a generalist herbivorous rodent (*Octodon degus*) from the chilean coastal desert.
J. Arid Environ. 39 (4), 601-607
- HAENSEL, J. (1982):
Zur Haltung und Zucht von Degus (*Octodon degus*) im Tierpark Berlin.
Elaphe 1-82, 49 – 51
- HAGENAUER, M. H. u. T. M. LEE (2008):
Circadian organisation of the diurnal caviomorph rodent, *Octodon degus*.
Biol. Rhythm Res. 39 (3), 269-289
- HANSEN, S. (2012):
Untersuchungen zum Ca-Stoffwechsel sowie zur Zahnlängenentwicklung und –zusammensetzung von Chinchillas bei Variation der Ca-Zufuhr und des Angebots von Nagematerial.
Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover
- HARDER, W. (1949):
Zur Morphologie und Physiologie des Blinddarmes der Nagetiere.
Verh. Dtsch. Zool. Ges. 43, 95–109
- HAYES, L. D., A. S. CHESH, R. A. CASTRO, L. O. TOLHUYSEN, J. R. BURGER, J. BHATTACHARJEE u. L. A. EBENSPERGER (2009):
Fitness consequences of group living in the degu *Octodon degus*, a plural breeder rodent with communal care.
Anim. Behav. 78, 131-139

- HEINE, A. u. T. GÖBEL (2001):
Degu. Haltung und Fütterung – mit klinischen Aspekten.
Kleintier konkret 4, 10-13
- HEINEMANN, D. (1980):
Trugrattenartige.
in: GRZIMEK, B. (Hrsg.): Grzimek's Tierleben.
Deutscher Taschenbuch Verlag, München
Band 11 Säugetiere 2, S. 414
- HELLMANN, U., C. WERNSTEDT, P. WESTERMARK, T. D. O'BRIEN, W. B. RATHBUN u. K. H. JOHNSON (1990):
Amino acid sequence from degu islet amyloid-derived insulin shows unique sequence characteristics.
Biochem. Biophys. Res. Comm. 169 (2), 571-577
- HELMEKE, C., K. SEIDEL, G. POEGGEL, T. W. BREDY, A. ABRAHAM u. K. BRAUN (2009):
Paternal deprivation during infancy results in dendrite- and time-specific changes of dendritic development and spine formation in the orbitofrontal cortex of the biparental rodent *Octodon degus*.
Neuroscience 163, 790-798
- HERRMANN, A. (1989):
Untersuchungen über die Zusammensetzung des Chymus im Magen-Darm-Kanal von Jungkaninchen in Abhängigkeit vom Rohfaser- und Stärkegehalt des Futters.
Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover
- HESSE, A., H.-J. STEFFENS u. C. GRAF (1998):
Pathogenetic factors of urinary stone formation in animals.
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 80 (1-5), 108-119
- HICKING, W., A. HESSE, M. GEBHARDT u. W. VAHLENSIECK (1981):
Analytische Untersuchungen an Harnsteinen von Säugetieren.
Fortschr. Urolog. Nephrol. 17, 40-49
- HOMAN R., J. C. HANSELMAN, S. BAK-MUELLER, M. WASHBURN, P. LESTER, H. E. LENSEN, S. L. PINKOSKY, C. CASTLE u. B. TAYLOR (2010):
Atherosclerosis in *Octodon degus* (degu) as a model for human disease.
Atherosclerosis 212 (1), 48-54
- HUME, I. D. u. G. J. FAICHNEY (1999):
Optimal digestive strategies in small mammalian herbivores.
Comp. Biochem. Physiol. 124A (1), S63

HUME, I. D. u. E. SAKAGUCHI (1991):

Patterns of digesta flow and digestion in foregut and hindgut fermenters.

in: TSUDA, T., Y. SASAKI u. R. KAWASHIMA (Hrsg.): Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants: *Proceedings of the Seventh International Symposium on Ruminant Physiology* held in Sendai, Japan, Sept. 1989

Academic Press Inc., 427-451

HUMMER, D. L., T. J. JECHURA, M. M. MAHONEY u. T. M. LEE (2007):

Gonadal hormone effects on entrained and free-running circadian activity rhythms in the developing diurnal rodent *Octodon degus*.

Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 292, R586-R597

HUTTERER, R. (1994):

Island rodents: a new species of *Octodon* from Isla Mocha, Chile (Mammalia: *Octodontidae*).

Z. Säugetierkd. 59, 27-41

INDUSTRIEVERBAND HEIMTIERBEDARF (IVH) e.V. (2010):

Der deutsche Heimtiermarkt 2010 – Struktur & Umsatzdaten.

[Internet: URL: <http://www.ivh-online.de/de/home/der-verband/daten-fakten/archiv/2010.html>]

INESTROSA, N. C., A. E. REYES, M. A. CHACÓN, W. CERPA, A. VILLALÓN, J. MONTIEL, G. MERABACHVILI, R. ALDUNATE, F. BOZINOVIC u. F. ABOITIZ (2005):

Human-like rodent amyloid- β -peptide determines Alzheimer pathology in aged wild-type *Octodon degu*.

Neurobiol. Aging 26, 1023-1028

IPINZA, R. J., H. M. TAMAYO u. S. J. ROTTMANN (1971):

Octodontidae en Chile.

Not. Mens. Mus. Nac. His. Nat. 16 (183), 3-10

IRIARTE, J. A., L. C. CONTRERAS u. F. M. JAKSIĆ (1989):

A long-term study of a small-mammal assemblage in the central chilean matorral.

J. Mammal. 70 (1), 79-87

JAKSIĆ, F. M. u. R. C. SORIGUER (1981):

Predation upon the european rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in mediterranean habitats of chile and spain: a comparative analysis.

J. Anim. Ecol. 50, 269-281

JECHURA, T. J., J. M. WALSH u. T. M. LEE (2000):

Testicular hormones modulate circadian rhythms of the diurnal rodent, *Octodon degus*.

Horm. Behav. 38, 243-249

- JECHURA, T. J., J. M. WALSH u. T. M. LEE (2003):
Testosterone suppresses circadian responsiveness to social cues in the diurnal rodent *Octodon degus*.
J. Biol. Rhythms 18 (1), 43-50
- JECHURA, T. J., C. D. STIMPSON u. T. M. LEE (2006):
Odor-facilitated reentrainment in male and female juvenile *Octodon degus*.
Physiol. Behav. 89, 617-622
- JÉCSAI J., M. TELEKI u. B. JUHÁSZ (1985):
Effect of caecotrophy on protein and amino acid metabolism of angora rabbits.
Acta Vet. Hung. 33 (1-2), 51-57
- JEKL, V., K. HAUPTMAN u. Z. KNOTEK (2011a):
Diseases in pet degus: a retrospective study in 300 animals.
J. Small Anim. Pract. 52 (2), 107-112
- JEKL, V., K. HAUPTMAN, E. JEKLOVA u. Z. KNOTEK (2011b):
Selected haematological and plasma chemistry parameters in juvenile and adult degus (*Octodon degus*)
Vet. Rec. 169 (3), 71
- JEKL, V., L. KREJCIROVA, M. BUCHTOVA u. Z. KNOTEK (2011c):
Effect of high phosphorus diet on tooth microstructure of rodent incisors.
Bone 49 (3), 479-484
- JEKL V., M. GUMPENBERGER, E. JEKLOVA, K. HAUPTMAN, L. STEHLIK u. Z. KNOTEK (2011d):
Impact of pelleted diets with different mineral compositions on the crown size of mandibular cheek teeth and mandibular relative density in degus (*Octodon degus*).
Vet. Rec. 168 (24), 641
- JENNESS, R., E. C. BIRNEY u. K. L. AYZAZ (1980):
Variation of L-gulonolactone oxidase activity in placental mammals.
Comp. Biochem. Physiol. 67B, 195 – 204
- JESSEAU, S. A. (2004):
Kin discrimination and social behavior in communally-nesting degus (*Octodon degus*).
Ph.D Thesis, University of Michigan, USA
- JESSEAU, S. A., W. G. HOLMES u. T. M. LEE (2008):
Mother-offspring recognition in communally nesting degus, *Octodon degus*.
Anim. Behav. 75 (2), 573-582

JESSEAU, S. A., W. G. HOLMES u. T. M. LEE (2009):
Communal nesting and discriminative nursing by captive degus.
Anim. Behav. 78, 1183-1188

JEZIERSKI, G., K. BRAUN u. M. GRUSS (2006):
Epigenetic modulation of the developing serotonergic neurotransmission in the semi-precocial rodent *Octodon degus*.
Neurochem. Int. 48, 350-357

JOHNSON, D. (2002):
Degus
Exotic DVM 4 (4), 39-42

JONES, R. J., R. STEPHENSON, D. FOUNTAIN u. R. HOOKER (1995):
Urolithiasis in a chinchilla.
Vet. Rec. 136 (15), 400

KAMPHUES, J. (2012):
Bewertung von Heu – was macht eine für Kaninchen gute Heuqualität aus?
4. Meller Kleinsäugertagung der Firma Bunny Tierernährungs GmbH
21. April 2012, Melle

KAMPHUES, J., P. CARSTENSEN, D. SCHROEDER, H. MEYER, H.-A. SCHOON u.
M. ROSENBRUCH (1986):
Effekte einer steigenden Calcium- und Vitamin D-Zufuhr auf den
Calciumstoffwechsel von Kaninchen.
J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 56, 191-208

KARASOV, W. H., E. PETROSSIAN, L. ROSENBERG u. J. M. DIAMOND (1986):
How do food passage rate and assimilation differ between herbivorous lizards and
nonruminant mammals?
J. Comp. Physiol. 156B (4), 599-609

KAS, M. J. H. u. D. M. EDGAR (1998):
Crepuscular rhythms of EEG sleep-wake in a hystricomorph rodent, *Octodon degus*.
J. Biol. Rhythms 13 (1), 9-17

KAS, M. J. H. u. D. M. EDGAR (1999):
Circadian timed wakefulness at dawn opposes compensatory sleep responses after
sleep deprivation in *Octodon degus*.
Sleep 22 (8), 1045-1053

KEEBLE, A. (2001):
Endocrine diseases in small mammals.
In Pract. 23 (10), 570-585

KEEBLE, E. u. A. MEREDITH (2009):
BSAVA Manual of Rodents and Ferrets.
First Ed., John Wiley & Sons

KENAGY, G. J. u. D. F. HOYT (1980):
Reingestion of feces in rodents and its daily rhythmicity.
Oecologia 44, 403-409

KENAGY, G. J., S. M. SHARBAUGH u. K. A. NAGY (1989):
Annual cycle of energy and time expenditure in a golden-mantled ground squirrel population.
Oecologia 78 (2), 269-282

KENAGY, G. J., C. VELOSO u. F. BOZINOVIC (1999):
Daily rhythms of food intake and feces reingestion in the degu, an herbivorous Chilean rodent: optimizing digestion through coprophagy.
Physiol. Biochem. Zool. 72 (1), 78-86

KENAGY, G. J., R. F. NESPOLO, R. A. VÁSQUEZ u. F. BOZINOVIC (2002a):
A time-energy analysis of daytime surface activity in degus, *Octodon degus*.
Rev. Chil. Hist. Nat. 75, 149-156

KENAGY, G. J., R. F. NESPOLO, R. A. VÁSQUEZ u. F. BOZINOVIC (2002b):
Daily and seasonal limits of time and temperature to activity of degus.
Rev. Chil. Hist. Nat. 75, 567-581

KENAGY, G. J., R. A. VÁSQUEZ, B. M. BARNES u. F. BOZINOVIC (2004):
Microstructure of summer activity bouts of degus in a thermally heterogenous habitat.
J. Mammal. 85 (2), 260-267

KIND, K. L., P. M. CLIFTON, P. A. GRANT, P. C. OWENS, A. SOHLSTROM, C. T. ROBERTS, J. S. ROBINSON u. J. A. OWENS (2003):
Effect of maternal feed restriction during pregnancy on glucose tolerance in the adult guinea pig.
Am. J. Physiol. 284 (1), R140-R152

KIRCHGESSNER, M., F. X. ROTH, F. J. SCHWARZ u. G. I. STANGL (2008):
Tierernährung
12. Aufl., DLG Verlag Frankfurt/Main

KLEIMAN, D. G. (1974):
Patterns of behaviour in hystricomorph rodents.
in: ROWLANDS, I. W. and B. J. WEIR (Eds.): The biology of hystricomorph rodents: the proceedings of a symposium held at the Zoological Society of London on 7 and 8 June, 1973
Symp. Zool. Soc. Lond. 34, 171 – 209

- KLEIMAN, D. G. (1975):
The effects of exposure to conspecific urine on urine-marking in male and female degus (*Octodon degus*).
Behav. Biol. 14, 519-526
- KRAUS, C., F. TRILLMICH u. J. KÜNKELE (2005):
Reproduction and growth in a precocial small mammal, *Cavia magna*.
J. Mammal. 86 (4): 763-772
- KÜPFER, D. M. (2007a):
Ernährungsansprüche der südamerikanischen Degus (*Octodon degus*).
Degupedia Magazin 1, 1-13
- KÜPFER, D. M. (2007b):
Ernährungsansprüche des Degus – Teil 1: Ernährung in Natur und Menschenobhut.
Rodentia 40, 48-50
- KÜPFER, D. M. (2008):
Ernährungsansprüche des Degus – Teil 2: Degufutter selbst herstellen.
Rodentia 41, 52-53
- KULWICH, R., L. STRUGLIA u. P. B. PEARSON (1953):
The effect of coprophagy on the excretion of B vitamins by the rabbit.
J. Nutr. 49, 639-645
- KWONG, E. u. BARNES R. H. (1975):
Role of coprophagy in masking dietary deficiencies of cystine in the rat.
J. Nutr. 105 (11), 1457-1465
- LABYAK, S. E. u. T. M. LEE (1995):
Estrus- and steroid-induced changes in circadian rhythms in a diurnal rodent, *Octodon degus*.
Physiol. Behav. 58 (3), 573-585
- LAGOS, V. O., F. BOZINOVIC u. L. C. CONTRERAS (1995a):
Microhabitat use by a small diurnal rodent (*Octodon degus*) in a semiarid environment: thermoregulatory constraints or predation risk?
J. Mammal. 76 (3), 900-905
- LAGOS, V. O., L. C. CONTRERAS, P. L. MESERVE, J. R. GUTIÉRREZ u. F. M. JAKSIĆ (1995b):
Effects of predation risk on space use by small mammals: a field experiment with a Neotropical rodent.
OIKOS 74, 259-264

LAVOCAT, R. (1974):

What is a hystricomorph?

in: ROWLANDS, I. W. u. B. J. WEIR (Hrsg.): The biology of hystricomorph rodents: the proceedings of a symposium held at the Zoological Society of London on 7 and 8 June, 1973

Symp. Zool. Soc. Lond. 34, 7 – 20

LE BOULENGÉ, E. u. E. R. FUENTES (1978):

Quelques données sur la dynamique de population chez *Octodon degus* (rongeur Hystricomorphe) du Chili central.

La Terre et la Vie 32, 325-341

LEE, T. M. (2004):

Octodon degus: a diurnal, social, long-lived rodent.

ILAR J. 45 (1), 14-24

LIESEGANG, A., B. BURGER, M. CLAUSS u. G. KUHN (2008):

Intestinal calcium absorption capacity is dependent on dietary calcium content in rabbits.

Proc. 5th Europ. Zoo Nutr. Conf., Chester 2008, 8

LONG, C. V. (2007):

Vocalisations of the degu (*Octodon degus*), a social Caviomorph rodent.

Bioacoustics 16, 223-244

LONG, C. V. (2009):

Pups of the degu (*Octodon degus*) include ultrasonic frequencies in care-eliciting calls.

Proc. Inst. Acoustics 31 (1), 237-244

LONG, C. V. u. L. A. EBENSPERGER (2010):

Pup growth rates and breeding female weight changes in two populations of captive bred degu (*Octodon degus*), a precocial caviomorph rodent.

Reprod. Domest. Anim. 45 (6), 975-982

LUPTON J.R., D. M. CODER u. L. R. JACOBS (1988):

Long-term effects of fermentable fibers on rat colonic pH and epithelial cell cycle.

J. Nutr. 118 (7), 840-845

MADSEN, H. (1939):

Does the rabbit chew the cud?

Nature 143, 981-982

MAHONEY M. M., B. V. ROSSI, M. H. HAGENAUER u. T. M. LEE (2011):
Characterization of the estrous cycle in *Octodon degus*.

Biol. Reprod. 84 (4), 664-671

MESERVE, P. L. (1981):

Trophic relationships among small mammals in a Chilean semiarid thorn scrub community.

J. Mammal. 62 (2), 304-314

MESERVE, P. L., J. R. GUTIÉRREZ u. F. M. JAKSIĆ (1993):

Effects of vertebrate predation on a caviomorph rodent, the degu (*Octodon degus*), in a semiarid thorn scrub community in Chile.

Oecologia 94, 153-158

MESERVE, P. L., R. E. MARTIN u. J. RODRIGUEZ (1983):

Feeding ecology of two Chilean caviomorphs in a central mediterranean savanna.

J. Mammal. 64 (2), 322-325

MESERVE, P. L., R. E. MARTIN u. J. RODRIGUEZ (1984):

Comparative ecology of the caviomorph rodent *Octodon degus* in two Chilean mediterranean-type communities.

Rev. Chil. Hist. Nat. 57, 79-89

MESERVE, P. L., J. R. GUTIÉRREZ, J. A. YUNGER, L. C. CONTRERAS u. F. M. JAKSIĆ (1996):

Role of biotic interactions in a small mammal assemblage in semiarid Chile.

Ecology 77 (1), 133-148

MESS, A. (2007a):

The subplacenta in *Octodon degus* and *Petromus typicus*—two hystricognath rodents without significant placental lobulation.

J. Exp. Zool. 308B, 172-188

MESS, A. (2007b):

Development of the chorioallantoic placenta in *Octodon degus* — a model for growth processes in caviomorph rodents?

J. Exp. Zool. 308B, 371-383

MESS, A., N. ZAKI, M. KADYROV, H. KORR u. P. KAUFMANN (2007):

Caviomorph placentation as a model for trophoblast invasion.

Placenta 28, 1234-1238

MEYER, H., J. ZENTEK, P. ADOLPH, A. TAU u. R. MISCHKE (1996):

Untersuchungen zur Ernährung des Meerschweinchens - III. Nettoabsorption, renale Exkretion sowie Bedarf an Mengenelementen.

Kleintierpraxis 41, 275-286

MOHAWK, J. A. u. T. M. LEE (2005):

Restraint stress delays reentrainment in male and female diurnal and nocturnal rodents.

J. Biol. Rhythms 20 (3), 245-256

- MOHAWK, J. A., K. CASHEN u. T. M. LEE (2005):
Inhibiting cortisol response accelerates recovery from a photic phase shift.
Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 288, R221-R228
- MOLINA, G. I. (1782):
Saggio sulla storia naturale del Chili.
Stamperia di S. Tomaso d'Aquino, Bologna
- MOYAD, M. A. (1987):
Effects of gossypol, a proposed male human oral contraceptive, on reproductive activity in *Octodon degus*.
Adv. Contracept. Deliv. Syst. 3, 299-328
- MÜLLER, M. (1982):
Beitrag zu den Spontankrankheiten der Meerschweinchen.
Wien, Vet.med. Uni., Diss.
- MÜLLER, K. (2011):
Endokrine Erkrankungen bei Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla und Degu.
Kleintierpraxis 8, 425-433
- MUELLER, R. K., S. R. COOPER, D. R. TOPLIFF, D. W. FREEMAN, C. MAC ALLISTER u. S. D. CARTER (2001):
Effect of dietary cation-anion difference on acid-base status and energy digestibility in sedentary horses fed varying levels and types of starch.
J. Equine Vet. Sci. 21, 498-502
- MURPHY, J. C., T. P. CROWELL, K. M. HEWES, J. G. FOX u. M. SHALEV (1980):
Spontaneous lesions in the degu.
in: MONTALI, R. J. u. G. MIGAKI (Hrsg.): The comparative pathology of zoo animals. Proceedings of a symposium held at the National Zoological Park, Smithsonian Institution, Washington, October 2-4, 1978.
Smithsonian Institution Press, Washington, 437-444
- NAJECKI, D. L. u. B. TATE (1999):
Husbandry and management of the degu (*Octodon degus*).
Lab Anim. 28 (3), 54-62
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1995):
Nutrient Requirements of Laboratory Animals. 4th Ed.
The National Academies Press, Washington D.C.
- NAVIA, J. u. C. HUNT (1974):
Nutrition, nutritional diseases and nutrition research applications.
in: WAGNER, E. u. P. MANNING (Hrsg.): The biology of the guinea pig.
Acad. Press, New York, 235-267

Literaturverzeichnis

- NAYA, D. E., L. A. EBENSPERGER, P. SABAT u. F. BOZINOVIC (2008):
Digestive and metabolic flexibility allows female degus to cope with lactation costs.
Physiol. Biochem. Zool. 81 (2), 186-194
- NEHRING, K. (1972):
Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde, 7. Aufl.
Neumann Verlag, Radebeul und Berlin
- NEVILLE, R. J. W., B. J. WEIR u. N. R. LAZARUS (1973):
Insulins of hystricomorph rodents.
Diabetes 22 (11), 851-853
- NEVILLE, R. J. W., B. J. WEIR u. N. R. LAZARUS (1974):
Hystricomorph insulins.
in: ROWLANDS, I. W. u. B. J. WEIR (Hrsg.): The biology of hystricomorph rodents:
the proceedings of a symposium held at the Zoological Society of London on 7 and 8
June, 1973
Symp. Zool. Soc. Lond. 34, 417-435
- NISHI, M. T. u. D. F. STEINER (1990):
Cloning of complementary DNAs encoding islet amyloid polypeptide, insulin, and
glucagon precursors from a New World rodent, the degu, *Octodon degus*.
Mol. Endocrinol. 4 (8), 1192-1198
- NOWAK, R. M. (1999):
Walker's Mammals of the World. Vol. 2, 6th Ed.
The Johns Hopkins University Press, Baltimore, London
- O'DELL, B. L., E. R. MORRIS, E. E. PICKETT u. A. G. HOGAN (1957):
Diet composition and mineral balance in guinea pigs.
J. Nutr. 63, 65-77
- OKANOYA, K., N. TOKIMOTO, N. KUMAZAWA, S. HIHARA u. A. IRIKI (2008):
Tool-use training in a species of rodent: the emergence of an optimal motor strategy
and functional understanding.
PLoS One 3 (3), e1860
- OPAZO, J. C., M. SOTO-GAMBOA u. F. BOZINOVIC (2004):
Blood glucose concentration in caviomorph rodents.
Comp. Biochem. Physiol. 137A, 57-64
- OPAZO, J. C., R. E. PALMA, F. MELO u. E. P. LESSA (2005):
Adaptive evolution of the insulin gene in Caviomorph rodents.
Mol. Biol. Evol. 22 (5), 1290-1298

- ORZEKOWSKY, H. (2012):
persönliche Mitteilung
Harnsteinanalysezentrum Bonn, Theaterplatz 14, 53117 Bonn
- OSGOOD, W. H. (1943):
The mammals of Chile.
Field Mus. Nat. Hist., Zool. Ser. 30, 1-268
- OVTCHAROFF JR., W. u. K. BRAUN (2001):
Maternal separation and social isolation modulate the postnatal development of synaptic composition in the infralimbic cortex of *Octodon degus*.
Neuroscience 104 (1), 33-40
- PANSU D., C. DUFLOS, C. BELLATON u. F. BRONNER (1993):
Solubility and intestinal transit time limit calcium absorption in rats.
J. Nutr. 123, 1396–1404
- PERRYMAN, J. I. (2011):
Circadian and homeostatic components of sleep across sex and development in the diurnal rodent, *Octodon degus*.
University of Michigan, Diss.
- PHILLIPS, C. A. u. D. K. BORAKER (1975):
Preparation of rhinovirus antisera in the south american hystricomorph rodent, *Octodon degus*.
Exp. Biol. Med. 148 (1), 208-210
- PICKARD, D. W. u. C. E. STEVENS (1972):
Digesta flow through the rabbit large intestine.
Am. J. Physiol. 222 (5), 1161-1166
- PINE, R. H. H., S. D. MILLER u. M. L. SCHAMBERGER (1979):
Contributions to the mammalogy of Chile.
Mammalia 43, 339-376
- PIRMAN, T., M. C. RIBEYRE, L. MOSONI, D. RÉMOND, M. VRECL, J. SALOBIR u. P. P. MIRAND (2007):
Dietary pectin stimulates protein metabolism in the digestive tract.
Nutrition 23 (1), 69-75
- PITCHER, T. u. R. BUFFENSTEIN (1994):
Passive uptake in the small intestine and active uptake in the hindgut contribute to the highly efficient mineral metabolism of the common mole-rat, *Cryptomys hottentotus*.
Br. J. Anim. Nutr. 71, 573-582

POEGGEL, G. u. K. BRAUN (1996):

Early auditory filial learning in degus (*Octodon degus*): behavioral and autoradiographic studies.

Brain Res. 743, 162-170

POEGGEL, G., L. NOWICKI u. K. BRAUN (2003):

Early social deprivation alters monoaminergic afferents in the orbital prefrontal cortex of *Octodon degus*.

Neuroscience 116, 617-620

POPOVIĆ, N., B. BANO-OTÁLORA, M. A. ROL, M. CABALLERO-BLEDA, J. A. MADRID u. M. POPOVIĆ (2009):

Aging and time-of-day effects on anxiety in female *Octodon degus*.

Behav. Brain Res. 200, 117-121

QUIRICI, V., R. A. CASTRO, J. OYARZÚN u. L. A. EBENSPERGER (2008):

Female degus (*Octodon degus*) monitor their environment while foraging socially.

Anim. Cogn. 11, 441-448

QUISPE, R., C. P. VILLAVICENCIO, A. CORTÉS u. R. A. VÁSQUEZ (2009):

Inter-population variation in hoarding behaviour in degus, *Octodon degus*.

Ethology 115, 465-474

RABEHL, N., P. WOLF u. J. KAMPHUES (1998):

Basic data for feeding hamsters.

J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 80 (1-5), 220-225

RAFTERY, A. (2010):

Degu husbandry and medicine.

Proc. Brit. Vet. Zool. Soc. April 2010, 19

RALSTON, S. L. (1994):

The effect of diet on acid-base status and mineral excretion in horses.

Equine Pract. 16, 10-13

REDFORD, K. H. u. J. F. EISENBERG (1992):

Mammals of the Neotropics Vol. 2: The Southern Cone, Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay.

University of Chicago Press, Chicago

REYNOLDS, T. J. u. J. W. WRIGHT (1979):

Early postnatal physical and behavioural developments of degus (*Octodon degus*).

Lab. Anim. 13, 93-99

ROBERTS, C. M. u. J. S. PERRY (1974):

Hystricomorph embryology.

in: ROWLANDS, I. W. u. B. J. WEIR (Hrsg.): The biology of hystricomorph rodents: the proceedings of a symposium held at the Zoological Society of London on 7 and 8 June, 1973

Symp. Zool. Soc. Lond. 34, 333-360

ROJAS, M.A., M. A. MONTENEGRO u. B. MORALES (1982):

Embryonic development of the degu, *Octodon degus*.

J. Reprod. Fertil. 66 (1), 31-38

ROJAS, M., O. RIVERA, G. MONTENEGRO u. C. BARROS (1977):

Algunas observaciones en la reproducción de la hembra silvestre de *Octodon degus*, Molina y su posible relación con la fenología de la vegetación.

Medio Ambiente (Chile) 3, 78-82

ROSEN, R. C. (1975):

Ontogeny of homeothermy in *Microtus pennsylvanicus* and *Octodon degus*.

Comp. Biochem. Physiol. 52A (4), 675-679

ROSENMAN, M. (1977):

Regulación térmica en Octodon degus.

Medio Ambiente 3, 127-131

ROTH, A. (2003):

Degu suffer from Diabetes.

Vet Impulse 12 (16), 6-7

SAAVEDRA, B. u. J. A. SIMONETTI (2003):

Holocene distribution of Octodontid rodents in central Chile.

Rev. Chil. Hist. Nat. 76 (3), 383-389

SABAT, P. u. F. BOZINOVIC (2008):

Do changes in dietary chemistry during ontogeny affect digestive performance in adults of the herbivorous rodent *Octodon degus*?

Comp. Biochem. Physiol. 151A (3), 455-460

SABAT, P. u. C. VELOSO (2003):

Ontogenic development of intestinal disaccharides in the precocial rodent *Octodon degus* (Octodontidae).

Comp. Biochem. Physiol. 134A (2), 393-397

SAKAGUCHI, E. (2003):

Digestive strategies of small hindgut fermenters.

Anim. Sci. J. 74 (5), 327-337

SAKAGUCHI, E. u. S. OHMURA (1992):

Fibre digestion and digesta retention time in guinea-pigs (*Cavia porcellus*), degus (*Octodon degus*) and leaf-eared mice (*Phyllotis darwini*).

Comp. Biochem. Physiol. 103A (4), 787-791

SAKAGUCHI E., H. ITOH, S. UCHIDA u. T. HORIGOME (1987):

Comparison of fibre digestion and digesta retention time between rabbits, guinea-pigs, rats and hamsters.

Br. J. Nutr. 58 (1), 149-158

SASSENBURG, L. (2008):

Degu.

in: GABRISCH, K. u. P. ZWART (Hrsg.): Krankheiten der Heimtiere.

Schlütersche, Hannover

7., überarb. Aufl., 213-238

SCHLATTERER, R. P., B. TORO, J. L. YÁÑEZ u. F. M. JAKSIĆ (1980):

Prey of the white-tailed kite in central Chile and its relation to the hunting habitat.

The Auk 97, 186-190

SCHRÖDER, A. (2000):

Vergleichende Untersuchungen zur Futteraufnahme von Zwergkaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla bei Angebot unterschiedlich konfektionierter Einzel- und Mischfuttermittel.

Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover

SCHWABE, K. (1995):

Futter- und Wasseraufnahme von Heimtieren verschiedener Spezies (Kaninchen, Meerschweinchen, Chinchilla, Hamster) bei unterschiedlicher Art des Wasserangebotes (Tränke vs. Safffutter).

Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover

SCIENCE NEWS (1974):

The degu – for immunology study.

Fed. Proc. 33, 118

SEIDEL, K., C. HELMEKE, G. POEGGEL u. K. BRAUN (2008):

Repeated neonatal separation stress alters the composition of neurochemically characterized interneuron subpopulations in the rodent dentate gyrus and basolateral amygdala.

Dev. Neurobiol. 68 (9), 1137-1152

SIMONETTI, J. A. u. E. R. FUENTES (1983):

Shrub preferences of native and introduced Chilean matorral herbivores.

Acta Oecol., Oecol. Applic. 4 (3), 269-272

Literaturverzeichnis

- SIMONETTI, J. A. u. G. MONTENEGRO (1981):
Food preferences by *Octodon degus* (Rodentia Caviomorpha): their role in the chilean matorral composition.
Oecologia 51, 189-190
- SIMPSON, G. G. (1941):
Vernacular names of South American mammals.
J. Mammal. 22 (1), 1-17
- SMITH, McALLAN (1966):
Binding of magnesium and calcium in the contents of the small intestine of the calf.
Brit. J. Nutr. 20, (4), 703-718
- SPEAR, G. S., M. V. CAPLE u. L. R. SUTHERLAND (1984):
The pancreas in the degu.
Exp. Mol. Pathol. 40 (3), 295-310
- SPENCE, S. u. K. SKAE (1995):
Urolithiasis in a chinchilla.
Vet. Rec. 136, 254
- SPORON, A. u. M. METTLER (2002):
Gesellige Degus.
Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart
- STEVENS, V.J., C. A. ROUZER, V. M. MONNIER u. A. CERAMI (1978):
Diabetic cataract formation: potential role of glycosylation of lens crystallins.
Proc. Nat. Acad. Sci. USA 75 (6), 2918-2922
- TAU, A. (1992):
Verdaulichkeit verschiedener Futtermittel beim Meerschweinchen in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt.
Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover
- TELEB, H. (1984):
Untersuchungen über den intestinalen Ca-Stoffwechsel beim Pferd nach variierender Ca-Zufuhr und einer Oxalatzulage.
Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover
- TELEKI M., J. JÉCSAI u. B. JUHÁSZ (1985):
Effect of caecotrophy on the nitrogen metabolism of angora rabbits.
Acta Vet. Hung. 33 (1-2), 41-49
- THACKER, E.J. u. BRANDT C. S. (1955):
Coprophagy in the rabbit.
J. Nutr. 55 (3), 375-385

TIERÄRZTLICHE VEREINIGUNG FÜR TIERSCHUTZ (TVT) e. V. (2011):
Merkblatt für Tierhalter – Degus. Stand April 2011
[Internet: URL: <http://www.tierschutz-tvt.de/merkblaetter.html>]

TOLIVIA, D., I. ANTOLÍN, A. MENÉNDEZ-PELÁEZ u. M. J. RODRÍGUEZ-COLUNGA (1992):
Lymphoid cells in the harderian gland of the rodent *Octodon degus*.
Anat. Rec. 234 (3), 438-42

TREMBLAY, M. (2005):
L'octodon. Nos amis les animaux.
Éditeur Le Jour, Québec, Kanada

TRIPATHI, B. J., R. C. TRIPATHI, N. S. C. BORISUTH, R. DHALIWAL u. D. DHALIWAL (1991):
Rodent models of congenital and hereditary cataract in man.
Lens Eye Toxic. Res. 8 (4), 373-413

TULLBERG, T. (1899):
Ueber das System der Nagethiere: eine phylogenetische Studie.
Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsala Ser. 3, 1-514

URETA, T., C. GONZÁLEZ, S. LILLO u. H. NIEMEYER (1971a):
Comparative studies on glucose phosphorylating isoenzymes of vertebrates - I. The influence of fasting and the nature of the diet on liver glucokinase and hexokinases of rodents.
Comp. Biochem. Physiol. 40B (1), 71-80

URETA, T., C. GONZÁLEZ u. H. NIEMEYER (1971b):
Comparative studies on glucose phosphorylating isoenzymes of vertebrates - II. Chromatographic patterns of glucokinase and hexokinases in the liver of rodents.
Comp. Biochem. Physiol. 40B (1), 81-91

VAN GROEN, T., I. KADISH, N. POPOVIĆ, M. POPOVIĆ, M. CABALLERO-BLEDA, B. BAÑO-OTÁLORA, P. VIVANCO, M. A. ROL u. J. A. MADRID (2011):
Age-related brain pathology in *Octodon degu*: Blood vessel, white matter and Alzheimer-like pathology.
Neurobiol. Aging 32, 1651-1661

VARMA, S. D. u. J. H. KINOSHITA (1976):
Inhibition of lens aldose reductase by flavonoids – their possible role in the prevention of diabetic cataracts.
Biochem. Pharmacol. 25 (22), 2505-2513

VARMA, S. D., A. MIZUNO u. J. H. KINOSHITA (1977):
Diabetic cataracts and flavonoids.
Science 195 (4274), 205-206

- VASQUEZ, R. A., L. A. EBENSPERGER u. F. BOZINOVIC (2002):
The influence of habitat on travel speed, intermittent locomotion and vigilance in a diurnal rodent.
Behav. Ecol. 13 (2), 182-187
- VELOSO, C. (1997):
Energética reproductiva del roedor precocial herbívoro *Octodon degus* (Rodentia: Octodontidae).
Santiago, Chile, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Diss., 165ff.
- VELOSO, C. u. F. BOZINOVIC (1993):
Dietary and digestive constraints on basal energy metabolism in a small herbivorous rodent.
Ecology 74 (7), 2003-2010
- VELOSO, C. u. F. BOZINOVIC (2000a):
Effect of food quality on the energetics of reproduction in precocial rodent, *Octodon degus*.
J. Mammal. 81 (4), 971-978
- VELOSO, C. u. F. BOZINOVIC (2000b):
Interplay between acclimation time and diet quality on basal metabolic rate in females of degus *Octodon degus* (Rodentia: Octodontidae).
J. Zool. 252, 531-533
- VELOSO, C. u. G. J. KENAGY (2005):
Temporal dynamics of milk composition of the precocial caviomorph *Octodon degus* (Rodentia: Octodontidae).
Rev. Chil. Hist. Nat. 78, 247-252
- VERZI, D. H. u. A. ALCOVER (1990):
Octodon bridgesi Waterhouse, 1844 (Rodentia: Octodontidae) in the Argentinian living mammalian fauna.
Mammalia 54, 61-67
- VON ENGELHARDT, W. u. G. BREVES (2005):
Physiologie der Haustiere
2. Aufl., Enke Verlag, Stuttgart
- WALKER, E. P. (1983):
Mammals of the World.
John Hopkins Univ. Press, Baltimore
2nd Edition, 829-833

Literaturverzeichnis

WATERHOUSE, G. E. (1839):

Observations on the Rodentia, with a view to point out the groups, as indicated by the structure of the crania in this order of mammals.

Mag. Nat. Hist. n. s. 3, 90-96

WATERHOUSE, G. E. (1844):

On various Skins of Mammalia from Chile, with notes relating to them by Mr. Thomas Bridges.

Proc. Zool. Soc. Lond. Part XII., 153-157

WATERHOUSE, G. E. (1848):

A natural history of the Mammalia, Rodentia.

Hyppolyte Bailliere, London

Vol. 2, 848 pp.

WEIR, B. J. (1970):

The management and breeding of some more hystricomorph rodents.

Lab. Anim. 4, 83 – 97

WEIR, B. J. (1974):

Reproductive characteristics of hystricomorph rodents.

in: ROWLANDS, I. W. u. B. J. WEIR (Hrsg.): The biology of hystricomorph rodents: the proceedings of a symposium held at the Zoological Society of London on 7 and 8 June, 1973

Symp. Zool. Soc. Lond. 34, 265-301

WEIR, B. J. (1975):

Rodentia; Family: Octodontidae

in: WALKER, E. P.: Mammals of the world. 3rd Ed.

John Hopkins Univ. Press, Baltimore

WENGER, A. K. (1997):

Vergleichende Untersuchungen zur Aufnahme und Verdaulichkeit verschiedener rohfaserreicher Rationen und Futtermittel bei Zwergkaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla.

Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover

WENTKER, M. (1996):

Untersuchungen zur Fütterungspraxis von Großpapageien (Feldstudie) sowie zum Futterwert (Zusammensetzung, Akzeptanz und Verdaulichkeit) der wichtigsten Einzelfuttermittel für Graupapageien.

Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover

WHITE, P., R. FISCHER u. G. MEUNIER (1982):

The lack of recognition of lactating females by infant *Octodon degus*.

Physiol. Behav. 28 (4), 623-625

WILLIAMS, V. J. u. W. SENIOR (1985):

The effects of coprophagy in the adult rat on rate of passage of digesta and on digestibility of food fed ad libitum and in restricted amounts.

J. Nutr. 115 (9), 1147-1153

WILSON, S. C. (1982):

Contact-promoting behavior, social development, and relationship with parents in sibling juvenile degus (*Octodon degus*).

Dev. Psychobiol. 15 (3), 257-268

WILSON, S. C. u. D. G. KLEIMAN (1974):

Eliciting play: a comparative study.

Amer. Zool. 14, 341-370

WILSON, D. E. u. D. M. REEDER (2005):

Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference. 3rd Ed.

Johns Hopkins University Press, Baltimore

WOLF, P. (2009):

Störungen im Verdauungstrakt bei Kleinsäugetern – Welche diätetischen Maßnahmen helfen?

Kleintier konkret 3, 25-30

WOLF, P. u. J. KAMPHUES (1992):

Bedeutung des Schärens bzw. Entspelzens bei der Futteraufnahme von Ziervögeln für die Bewertung verschiedener Sämereien als Futtermittel.

Proc. Soc. Nutr. Physiol. 1, 99- 100

WOLF, P. u. J. KAMPHUES (2001):

Kleine Nager und Kaninchen. Empfehlungen zur Fütterung.

Kleintier konkret 1, 16-20

WOLF, P. u. J. KAMPHUES (2012):

Probleme im Schweinebestand infolge einer fehlerhaften Mineralstoffversorgung.

in: KAMPHUES, J. und P. WOLF (Hrsg.):

Tiernahrung für Tierärzte – Gesundheit und Leistung von Schweinen unter dem Einfluss von Futter und Fütterung, 3. Mai 2012, Hannover, 29-36

WOLF, P., L. BUCHER, B. ZUMBROCK u. J. KAMPHUES (1997):

Untersuchungen zur Wasseraufnahme von Kaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla als Heimtiere – Grunddaten und Einflussfaktoren

in: Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V. (Hrsg.):

15. Internationale Tagung über Haltung und Krankheiten der Kaninchen, Pelztiere und Heimtiere, 9. – 10. Mai 2007, Celle, 108-115

Literaturverzeichnis

WOODS, C. A. (1972):

Comparative myology of jaw, hyoid and pectoral appendicular regions of New and Old World hystricomorph rodents.

Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 147 (3), 115-198

WOODS, C. A. u. D. K. BORAKER (1975):

Octodon degus.

Mamm. Spec. 67, 1-5

WORGUL, B. u. H. ROTHSTEIN (1975):

Congenital cataracts associated with disorganized meridional rows in a new laboratory animal: the degu (*Octodon degus*).

Biomed. 23 (1), 1-4

YÁÑEZ J. L. (1976):

Ecoetología de *Octodon degus*.

Universidad de Chile, Santiago, BS thesis

ZENTEK, J., H. MEYER, P. ADOLPH, A. TAU u. R. MISCHKE (1996):

Untersuchungen zur Ernährung des Meerschweinchens. II. Energie- und Eiweißbedarf.

Kleintierpraxis 41, 107-116

ZENTRALVERBAND ZOOLOGISCHER FACHBETRIEBE DEUTSCHLANDS e. V. (2012):

Presse-Info aus der Heimtierbranche: Die Deutschen begeistern sich für Heimtiere.

Wiesbaden, 20. Juni 2012 / pma 0612

[Internet: <http://www.zzf.de/presse/meldungen/284.html>]

sowie laut persönlicher Mitteilung von Frau A. Schreiber

Wiesbaden am 10. September 2012

ZUMBROCK, B. (2002):

Untersuchungen zu möglichen Einflüssen der Rasse auf die Futteraufnahme und –verdaulichkeit, Größe und Füllung des Magen-Darm-Traktes sowie zur Chymusqualität bei Kaninchen (Deutsche Riesen, Neuseeländer und Zwergkaninchen).

Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover

9. Anhang

Tab. 30: Körpermasse sowie KM-Entwicklung der **Degus** (n/Gruppe: 3/3/2) sowie **Kaninchen** (n/Gruppe: 1/1/1) in den Verdaulichkeitsversuchen über 5 Tage

Ration (in %)		g KM Beginn		g KM-Ende		KM-Entwicklung (%)	
AF	HK/KT/LP	Degus	Kaninchen	Degus	Kaninchen	Degus	Kaninchen
25	75 (HK)	517 ± 152	1252 ± 69,0	513 ± 153	1278 ± 47,0	-0,90 ± 0,66	2,14 ± 1,90
75	25 (HK)	515 ± 165	1528 ± 358	504 ± 163	1544 ± 362	-2,23 ± 0,66	1,09 ± 1,49
75	25 (KT)	522 ± 160	1432 ± 502	522 ± 162	1450 ± 521	0,04 ± 0,39	0,97 ± 1,38
100	–	521 ± 158	1937 ± 129	502 ± 153	1889 ± 150	-3,85 ± 0,32	-2,51 ± 1,95
25	75 (LP)	506 ± 154	1162 ± 98,0	487 ± 150	1187 ± 102	-3,88 ± 0,73	2,12 ± 0,22
–	100 (LP)	429 ± 139	1024 ± 104	403 ± 137	1021 ± 91,0	-6,32 ± 1,78	-0,36 ± 1,32

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrester, LP = pelletierte Luzerne

Tab. 31: Futteraufnahme (in g uS) der **Degus** (n/Gruppe: 3/3/2) sowie **Kaninchen** (n/Gruppe: 1/1/1) in den Verdaulichkeitsversuchen über 5 Tage

Ration (in %)		Futteraufnahme (g uS/5 d)	
AF	HK/KT/LP	Degus	Kaninchen
25	75 (HK)	132 ± 38,5	214 ± 77,1
75	25 (HK)	132 ± 42,0	279 ± 22,0
75	25 (KT)	133 ± 40,7	364 ± 154
100	–	88,6 ± 26,8	323 ± 27,3
25	75 (LP)	132 ± 27,1	299 ± 19,4
–	100 (LP)	75,5 ± 18,6	259 ± 26,3

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrester, LP = pelletierte Luzerne

Anhang

Tab. 32: Aufnahme der Rohnährstoffe (in g/5 d) der **Degus** (n = 3/3/2) über 5 Versuchstage

Ration (in %)		Aufnahme der Rohnährstoffe (g/5 d)					
AF	HK/KT/LP	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	NfE
25	75 (HK)	117 ± 34,4	113 ± 33,1	18,5 ± 5,42	5,58 ± 1,64	7,36 ± 2,15	81,4 ± 23,9
75	25 (HK)	116 ± 37,1	109 ± 35,0	19,4 ± 6,18	4,35 ± 1,39	13,2 ± 4,24	72,5 ± 23,2
75	25 (KT)	117 ± 36,0	107 ± 37,6	17,6 ± 5,39	2,94 ± 0,90	16,7 ± 5,13	69,2 ± 21,2
100	–	78,2 ± 23,7	72,4 ± 21,9	13,8 ± 4,17	2,15 ± 0,65	12,9 ± 3,90	43,5 ± 13,2
25	75 (LP)	116 ± 23,8	106 ± 21,7	20,7 ± 4,24	3,03 ± 0,62	22,8 ± 4,73	59,4 ± 12,1
–	100 (LP)	67,0 ± 16,5	58,9 ± 14,5	12,1 ± 2,99	1,53 ± 0,38	17,8 ± 4,37	27,4 ± 6,73

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Tab. 33: Aufnahme der Rohnährstoffe (in g/5 d) der **Kaninchen** (n = 1/1/1) über 5 Versuchstage

Ration (in %)		Aufnahme der Rohnährstoffe (g/5 d)					
AF	HK/KT/LP	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	NfE
25	75 (HK)	181 ± 53,9	175 ± 50,8	27,6 ± 8,06	9,00 ± 2,01	9,30 ± 6,18	128 ± 33,6
75	25 (HK)	246 ± 19,4	232 ± 18,1	40,7 ± 3,34	9,57 ± 0,66	26,2 ± 2,96	156 ± 11,5
75	25 (KT)	322 ± 136	300 ± 127	48,1 ± 21,2	8,06 ± 3,48	45,8 ± 20,1	190 ± 79,4
100	–	323 ± 27,3	263 ± 22,3	50,1 ± 4,24	7,83 ± 0,66	47,0 ± 3,97	158 ± 13,4
25	75 (LP)	263 ± 17,1	239 ± 15,5	46,8 ± 3,05	6,83 ± 0,44	52,2 ± 3,55	134 ± 8,43
–	100 (LP)	230 ± 23,3	202 ± 20,5	41,7 ± 4,23	5,25 ± 0,53	61,1 ± 6,19	94,2 ± 9,55

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Anhang

Tab. 34: Abgesetzte Kotmenge (in g uS) der **Degus** (n/Gruppe: 3/3/2) sowie **Kaninchen** (n/Gruppe: 1/1/1) in den Verdaulichkeitsversuchen über 5 Tage

Ration (in %)		Kotabsatz (g uS/5 d)	
AF	HK/KT/LP	Degus	Kaninchen
25	75 (HK)	25,9 ± 8,40	47,9 ± 39,7
75	25 (HK)	44,9 ± 15,3	102 ± 3,77
75	25 (KT)	51,2 ± 17,7	155 ± 105
100	–	45,7 ± 15,2	183 ± 13,7
25	75 (LP)	71,1 ± 17,0	159 ± 11,4
–	100 (LP)	31,7 ± 7,16	119 ± 16,6

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Tab. 35: Rohrnährstoffkonzentration im Kot (g/kg TS) der **Degus** (n/Gruppe: 3/3/2)

Ration (in %)		g/kg uS TS	g/kg TS				
AF	HK/KT/LP		oS	Rp	Rfe	Rfa	NfE
25	75 (HK)	803 ± 2,52	887 ± 1,23	148 ± 0,26	27,2 ± 6,53	276 ± 16,1	435 ± 20,3
75	25 (HK)	738 ± 23,3	888 ± 2,31	123 ± 4,30	21,8 ± 2,57	284 ± 1,59	459 ± 1,76
75	25 (KT)	774 ± 11,5	884 ± 127	128 ± 4,54	17,6 ± 4,03	280 ± 3,10	454 ± 10,8
100	–	674 ± 8,52	889 ± 1,81	96,2 ± 2,45	14,0 ± 2,50	305 ± 3,16	473 ± 4,52
25	75 (LP)	723 ± 18,2	895 ± 2,10	119 ± 4,09	23,7 ± 2,55	339 ± 1,95	414 ± 4,57
–	100 (LP)	906 ± 12,1	917 ± 2,35	144 ± 3,51	29,8 ± 2,11	431 ± 5,34	313 ± 6,94

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Anhang

Tab. 36: Rohrnährstoffkonzentration im Kot (g/kg TS) d. **Kaninchen** (n/Gruppe: 1/1/1)

Ration (in %)		g/kg uS TS	g/kg TS				
AF	HK/KT/LP		oS	Rp	Rfe	Rfa	NfE
25	75 (HK)	831 ± 46,8	887 ± 11,1	176 ± 21,2	32,4 ± 7,04	243 ± 20,3	437 ± 9,08
75	25 (HK)	822 ± 79,4	896 ± 4,17	145 ± 12,2	18,2 ± 1,76	290 ± 14,2	443 ± 9,61
75	25 (KT)	806 ± 18,3	901 ± 0,98	145 ± 10,4	26,5 ± 15,0	300 ± 3,60	434 ± 15,0
100	–	725 ± 52,1	895 ± 2,19	104 ± 8,63	14,0 ± 2,50	319 ± 3,53	455 ± 4,60
25	75 (LP)	836 ± 26,3	911 ± 3,36	104 ± 2,99	23,7 ± 2,55	365 ± 4,47	418 ± 8,57
–	100 (LP)	930 ± 38,8	936 ± 1,98	127 ± 5,72	29,8 ± 2,11	485 ± 11,1	299 ± 15,0

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrester, LP = pelletierte Luzerne

Tab. 37: Faecale Rohrnährstoffverluste (in g/5 d) der **Degus** über 5 Versuchstage

Ration (in %)		faecale Rohrnährstoffverluste (g/5 d)					
AF	HK/KT/LP	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	NfE
25	75 (HK)	20,8 ± 6,78	18,4 ± 6,04	3,08 ± 1,01	0,59 ± 0,30	5,81 ± 2,16	8,96 ± 2,58
75	25 (HK)	34,6 ± 12,9	30,8 ± 11,5	4,31 ± 1,71	0,73 ± 0,21	9,86 ± 3,71	15,9 ± 5,88
75	25 (KT)	39,6 ± 13,8	35,0 ± 12,3	5,11 ± 1,92	0,72 ± 0,39	11,1 ± 3,77	17,9 ± 6,00
100	–	30,9 ± 10,0	27,4 ± 8,91	2,96 ± 0,92	0,44 ± 0,20	9,42 ± 3,09	14,6 ± 4,66
25	75 (LP)	51,7 ± 11,5	46,3 ± 10,3	6,13 ± 1,21	1,21 ± 0,17	17,5 ± 3,98	21,4 ± 4,97
–	100 (LP)	28,7 ± 6,44	26,3 ± 5,96	4,11 ± 0,90	0,86 ± 0,23	12,4 ± 2,91	8,98 ± 1,96

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrester, LP = pelletierte Luzerne

Anhang

Tab. 38: Faecale Rohrnährstoffverluste (in g/5 d) d. **Kaninchen** über 5 Versuchstage

Ration (in %)		faecale Rohrnährstoffverluste (g/5 d)					
AF	HK/KT/LP	TS	oS	Rp	Rfe	Rfa	NfE
25	75 (HK)	34,3 ± 24,0	30,6 ± 21,6	5,87 ± 3,71	1,07 ± 0,62	8,57 ± 6,63	15,0 ± 10,6
75	25 (HK)	78,9 ± 6,16	70,7 ± 5,36	11,5 ± 1,87	1,44 ± 0,24	22,9 ± 1,21	27,2 ± 14,9
75	25 (KT)	112 ± 62,1	101 ± 55,9	16,2 ± 9,56	3,46 ± 3,55	32,8 ± 17,5	0,97 ± 1,38
100	–	125 ± 10,5	112 ± 9,65	13,1 ± 1,77	2,13 ± 0,30	39,9 ± 3,59	57,0 ± 4,46
25	75 (LP)	121 ± 7,08	110 ± 6,05	12,5 ± 1,01	2,92 ± 0,41	44,1 ± 2,26	50,5 ± 3,18
–	100 (LP)	110 ± 11,1	103 ± 10,6	14,0 ± 0,88	3,20 ± 0,52	53,4 ± 6,06	32,9 ± 3,01

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Tab. 39: Bruttoenergiegehalt (GE), die sb. Verdaulichkeit der GE (VQ GE) sowie Gehalt an verdaulicher Energie in den eingesetzten Rationen der **Degus** u. **Kaninchen**

Ration (in %)		GE (MJ/kg TS)	VQ GE (%)		MJ DE/kg TS	
AF	HK/KT/LP		Degus	Kaninchen	Degus	Kaninchen
25	75 (HK)	19,0	83,6 ± 0,68 ^a	84,3 ± 5,69 ^a	15,9	16,0
75	25 (HK)	18,7	72,4 ± 1,64 ^a	71,6 ± 0,53 ^a	13,5	13,4
75	25 (KT)	18,2	68,2 ± 1,43 ^a	69,1 ± 4,97 ^a	12,4	12,6
100	–	18,4	63,1 ± 0,98 ^a	60,7 ± 0,27 ^b	11,6	11,2
25	75 (LP)	18,1	56,7 ± 1,03 ^a	57,4 ± 0,72 ^b	10,3	10,4
–	100 (LP)	17,7	52,0 ± 3,95 ^a	52,6 ± 1,32 ^a	9,20	9,31

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne; ⁿ = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen (p < 0,05) durch unterschiedliche Buchstaben in höher gestellter Position gekennzeichnet.

Anhang

Tab. 40: Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe von **Degus** bei Angebot im Rfa-Gehalt variierender Rationen

Ration (in %)		scheinbare Verdaulichkeit (%)				
AF	HK/KT/LP	oS	Rp	Rfe	Rfa	NfE
25	75 (HK)	83,8 ± 0,72 ¹	84,2 ± 1,99 ¹	89,9 ± 2,64 ¹	22,5 ± 7,87 ^{1,2,4-6}	88,9 ± 0,31 ¹
75	25 (HK)	72,3 ± 2,07 ²	78,2 ± 2,30 ²	83,0 ± 0,68 ²	26,7 ± 5,70 ²	78,4 ± 1,50 ²
75	25 (KT)	67,2 ± 0,69 ³	71,4 ± 2,48 ³	76,5 ± 6,65 ²	34,5 ± 2,82 ^{2,3}	75,1 ± 1,17 ³
100	–	62,3 ± 1,20 ⁴	78,6 ± 0,35 ²	80,1 ± 3,78 ²	27,6 ± 2,91 ^{1,2,4-6}	66,6 ± 1,02 ⁴⁻⁶
25	75 (LP)	56,5 ± 1,27 ⁵	70,3 ± 0,30 ³	59,7 ± 3,09 ³	23,6 ± 2,36 ^{1,2,4-6}	64,1 ± 1,50 ⁴⁻⁶
–	100 (LP)	55,1 ± 1,37 ⁵	65,9 ± 1,07 ⁴	43,8 ± 2,24 ⁴	30,2 ± 1,60 ¹⁻⁴	67,0 ± 1,75 ⁴⁻⁶

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne; ⁿ = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen (p < 0,05) durch unterschiedliche Zahlen in höher gestellter Position gekennzeichnet.

Tab. 41: Scheinbare Verdaulichkeit der Rohnährstoffe von **Kaninchen** bei Angebot im Rfa-Gehalt variierender Rationen

Ration (in %)		scheinbare Verdaulichkeit (%)				
AF	HK/KT/LP	oS	Rp	Rfe	Rfa	NfE
25	75 (HK)	83,8 ± 7,30 ¹	80,0 ± 8,46 ¹	88,6 ± 5,07 ^{1,2}	12,8 ± 16,9 ¹	89,1 ± 5,09 ¹⁻³
75	25 (HK)	69,6 ± 0,71 ²	71,9 ± 2,67 ¹⁻³	85,0 ± 1,51 ^{1,2}	12,4 ± 5,58 ^{2,3}	82,6 ± 9,32 ¹⁻³
75	25 (KT)	67,8 ± 1,07 ^{1,2,3}	73,5 ± 2,98 ¹⁻³	75,8 ± 1,85 ^{3,4}	28,4 ± 1,86 ^{2,3}	75,2 ± 0,71 ^{2,3}
100	–	57,4 ± 0,32 ⁴	74,0 ± 2,33 ¹⁻⁵	72,8 ± 2,09 ^{3,4}	15,0 ± 0,48 ⁴⁻⁶	64,1 ± 0,17 ^{4,6}
25	75 (LP)	54,0 ± 0,71 ⁵	73,2 ± 0,99 ¹⁻⁵	57,0 ± 7,73 ⁵	15,4 ± 2,28 ⁴⁻⁶	62,2 ± 0,28 ⁵
–	100 (LP)	49,0 ± 1,97 ⁶	64,8 ± 1,10 ⁶	39,5 ± 3,98 ⁶	12,5 ± 5,28 ⁴⁻⁶	65,0 ± 0,58 ^{4,6}

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne; ⁿ = Bei der statistischen Auswertung sind signifikante Mittelwertsdifferenzen (p < 0,05) durch unterschiedliche Zahlen in höher gestellter Position gekennzeichnet.

Anhang

Tab. 42: Scheinbare Verdaulichkeit der Mengenelemente von **Degus** bei Angebot im Rfa-Gehalt variierender Rationen

Ration (%)		scheinbare Verdaulichkeit (%)					
AF	HK/KT/LP	Ca	Mg	P	Na	K	Cl
25	75 (HK)	3,41 ± 3,46	38,1 ± 3,23	48,3 ± 2,65	90,2 ± 4,07	77,6 ± 5,14	97,1 ± 0,63
75	25 (HK)	7,77 ± 10,4	29,9 ± 7,57	27,1 ± 8,20	94,3 ± 0,96	86,8 ± 0,88	97,4 ± 0,50
75	25 (KT)	8,72 ± 4,74	34,2 ± 2,40	13,3 ± 2,86	93,8 ± 2,09	90,8 ± 1,66	97,5 ± 0,36
100	–	16,0 ± 5,52	44,4 ± 2,08	27,7 ± 5,19	85,2 ± 1,70	89,1 ± 1,72	97,7 ± 0,39
25	75 (LP)	32,4 ± 0,66	66,1 ± 1,96	5,27 ± 9,13	85,2 ± 5,86	90,5 ± 4,66	97,2 ± 0,87
–	100 (LP)	65,4 ± 3,00	90,6 ± 0,84	-13,5 ± 8,38	92,9 ± 5,55	94,8 ± 1,22	97,5 ± 0,54

AF = pelletiertes Alleinfutter, HK = Haferkerne, KT = Karottentrestler, LP = pelletierte Luzerne

Danksagung

Bei Herrn Prof. Dr. Josef Kamphues bedanke ich mich herzlich für die Überlassung des Themas sowie für die großzügig gewährte Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Frau Dr. Petra Wolf danke ich für die Betreuung während der Versuchsphase, die Unterstützung bei Vorträgen und Präsentationen sowie für die effektive Hilfestellung in der Endphase und geduldige Durchsicht des Manuskripts.

Allen Mitarbeitern des Instituts für Tierernährung, insbesondere dem Tierpflegermeister Herrn Mike Patzer und seinem Team sowie dem Laborpersonal um Herrn Dipl. Ing. Chem. Peter Rust möchte ich herzlich für die gute Arbeitsatmosphäre und ihre allzeit freundliche und hilfsbereite Unterstützung danken.

Meinen Mitdoktoranden danke ich für die Hilfestellung beim wöchentlichen „Degu-Wiegen“ und für die Durchsicht unzähliger Entwürfe von Vorträgen, Präsentationen und Kapiteln zu dieser Arbeit sowie für ihre unerschöpfliche Anteilnahme.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern und Großeltern, die mir das Studium sowie die Anfertigung dieser Arbeit ermöglicht haben und ihre unermüdlichen Rückhalt, den ich in dieser Zeit erfahren habe. Meinen Freunden danke ich ebenfalls für ihre Zuversicht und stetige Aufmunterung.