

Aus dem Institut für Tieranatomie
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tieranatomie (I), insbesondere
Systematische und Topographisch-klinische Anatomie
Vorstand: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. H.-G. Liebich

Anfertigung unter der Leitung
von PD Dr. Sven Reese

Abdominale Sonographie beim Degu (*Octodon degus*, Molina 1782)

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

vorgelegt von

Barbara Gneiser
aus
Memmingen

München 2006

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer

Referent: Priv.-Doz. Dr. S. Reese

Korreferentin: Univ.-Prof. Dr. U. Matis

Tag der Promotion: 10. Februar 2006

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht.....	3
2.1	Allgemeine Informationen zu <i>Octodon degus</i>	3
2.1.1	Einteilung in das zoologische System und Verbreitung.....	3
2.1.2	Geschichtliche Aspekte	7
2.2	Biologische Daten.....	8
2.3	Anatomie	10
2.3.1	Körperbau und Zähne	10
2.3.2	Sinnesorgane	12
2.4	Habitat und Lebensweise.....	14
2.5	Fortpflanzung	16
2.5.1	Zyklus.....	16
2.5.2	Trächtigkeit.....	17
2.5.3	Neugeborene	19
2.6	Anatomie der Bauchhöhlenorgane	20
2.6.1	Gastrointestinaltrakt	21
2.6.2	Milz.....	27
2.6.3	Nebennieren.....	27
2.6.4	Urogenitaltrakt.....	27
2.7	Anwendung der abdominalen Sonographie bei kleinen Heimtieren	33
2.7.1	Ratte und Maus.....	33
2.7.2	Meerschweinchen, Kaninchen und Frettchen	37
3	Material und Methoden.....	42
3.1	Material.....	42
3.1.1	Technische Ausrüstung.....	42
3.1.2	Anatomische Vorstudie	43

Inhaltsverzeichnis

3.1.3	Allgemeines zu den untersuchten Tieren	43
3.2	Methoden	44
3.2.2	Vorstudien zur Tierfixation und zum geeigneten Ultraschallsystem	45
3.2.3	Untersuchungsgang und Dokumentation	46
4	Ergebnisse	47
4.1	Ultraschallsondenvergleich	47
4.1.1	Durchführbarkeit des Untersuchungsganges	47
4.1.2	Organdarstellung	48
4.2	Fixation und Durchführung der sonographischen Untersuchung	49
4.3	Anatomische und sonographische Darstellung abdominaler Organe beim Degu	50
4.3.1	Gastrointestinaltrakt	51
4.3.2	Darmanhangsdrüsen	64
4.4	Milz	76
4.4.1	Topographische Anatomie der Milz	76
4.4.2	Sonographische Darstellung der Milz	77
4.5	Nebennieren	79
4.5.1	Topographische Anatomie der Nebennieren	79
4.5.2	Sonographische Darstellung der Nebennieren	79
4.6	Urogenitaltrakt	80
4.6.1	Nieren	81
4.6.2	Harnblase	86
4.6.3	Weibliche Geschlechtsorgane	89
4.6.4	Männliche Geschlechtsorgane	98
5	Diskussion	106
5.1	Vorbereitung der Tiere für die abdominale Sonographie	106

Inhaltsverzeichnis

5.2	Technische Voraussetzungen für die abdominale Sonographie beim Degu	107
5.3	Handhabung des Degus bei sonographischen Untersuchungen	108
5.3.1	Fixierungsmaßnahmen.....	108
5.3.2	Zeitregime und Stressbelastung.....	109
5.4	Bauchhöhlensonographie beim Degu	110
5.4.1	Gastrointestinaltrakt	110
5.4.2	Milz.....	113
5.4.3	Urogenitaltrakt.....	113
5.4.4	Klinische Relevanz der abdominalen Sonographie beim Degu.....	120
5.5	PW- und Farbdopplersonographie der großen abdominalen Gefäße beim Degu	121
5.6	Fazit.....	123
6	Zusammenfassung.....	124
7	Summary.....	126
8	Literaturverzeichnis	127

1 Einleitung

Die Sonographie hat sich in den letzten Jahrzehnten in der Medizin stetig weiter entwickelt und ist in der klinischen Diagnostik neben den verschiedenen Röntgenverfahren als eines der zentralen bildgebenden Diagnoseverfahren etabliert. Entscheidende Vorteile dieses Verfahrens sind, dass es nicht invasiv ist, Verlaufsuntersuchungen ohne Gefahr von Nebenwirkungen gestattet und sich dabei bei hoher Aussagekraft schnell und kostengünstig einsetzen lässt.

Die Möglichkeit, nicht invasiv – und damit auch tierschutzgerecht – Verlaufsuntersuchungen durchführen zu können, machte dieses Untersuchungsverfahren schon früh auch für den Einsatz in tierexperimentellen Forschungsvorhaben attraktiv. So wurde in den letzten Jahren an Ratte und Maus gezeigt, dass die Sonographie vor allem für die Tumorforschung ein wichtiges Diagnostikum darstellt, das nicht nur geeignet ist, z. B. Leber- und Hodentumore an sich (63, 91, 102), sondern auch deren hämodynamische Veränderungen während einer angiogenetischen Therapie mit Hilfe der Dopplersonographie nachzuweisen (54, 75). Andere Studien z. B. von Gaschen et al. (52) machten deutlich, dass die Sonographie in Organtransplantationsversuchen bei Ratten Ergebnisse lieferte, die mit denen von MRI und von der Histologie vergleichbar waren. Untersucht wurden hierbei die anatomischen und hämodynamischen Veränderungen von Nephropathien, die durch Organtransplantationen entstanden waren. Ähnlich positive Ergebnisse ergaben sich für die Sonographie bei den Untersuchungen von Kiessling et al. (83) im Vergleich zum MRI und von Berlin et al. (10) im Vergleich zur Radiologie.

Wie diese Untersuchungen zeigen, bestehen weite Einsatzmöglichkeiten der Sonographie in der tierexperimentellen Forschung. Für eine weitere Verbreitung dieser tierschutzgerechten Methode besteht aber noch ein großer Forschungsbedarf zur Ermittlung von sonographischen Referenzdaten und zur Etablierung moderner sonographischer Untersuchungsmethoden für die verschiedenen Versuchstierspezies, zu denen auch der Degu (*Octodon degus*) zählt.

Octodon degus ist eine in Chile beheimatete Nagetierart, die in den letzten Jahren als Tiermodell eine zunehmende Bedeutung gewonnen hat. Gründe für die zunehmende Beliebtheit dieser Spezies als Versuchstier sind seine hohe Anpassungsfä-

higkeit an verschiedene Haltungs- und Versuchsbedingungen (44, 179), seine lange Lebenserwartung und seine tagaktive Lebensweise (67, 110). Diese dem Menschen ähnliche Tagaktivität ermöglichte es z. B., den Degu als Tiermodell zur Erforschung des Jetlag-Phänomens beim Menschen und der damit verbundenen zirkadianen Rhythmik zu etablieren (70, 72, 71, 96, 110). Weitere Einsatzgebiete stellen die Bereiche der Diabetes- (110, 114, 160, 179), Alzheimer- (180), Plazenta- (12, 81, 84), Verhaltens- (15, 34, 36, 37, 80) und Neugeborenenforschung (18, 127, 128, 141, 151) dar. Degu-Versuchstierbestände existierten 1997 in Chile, USA und Europa (55).

Dem weiteren Einsatz des Degus als Versuchstier steht jedoch bisher ein Mangel an Referenzdaten entgegen. So ist die sonographische Untersuchungstechnik bei dieser Spezies bisher nicht etabliert, und es fehlt an sämtlichen Referenzdaten zu Form, Lage, Größe, Echotextur und Echogenität der verschiedenen Organe, Daten, deren Kenntnis für einen sinnvollen und aussagekräftigen Einsatz der Sonographie in einem Versuchsvorhaben unabdingbar ist.

Neben der zunehmenden Bedeutung der Degus in der tierexperimentellen Forschung erfreut sich diese Tierart in den letzten Jahren auch wachsender Beliebtheit im Heimtierbereich; die Tierart ist deshalb auch zunehmend als Patient in der tierärztlichen Praxis vertreten. Einer modernen Ansprüchen in der Kleintierpraxis genügenden medizinischen Versorgung dieser Tiere steht allerdings bisher auch der Mangel an grundlegenden Referenzdaten entgegen.

Somit sind grundlegende sonographische Untersuchungen zur physiologischen Organdarstellung beim Degu, wie sie in dieser Dissertation erarbeitet werden sollen, nicht nur von tierexperimenteller Relevanz, sondern auch von veterinärmedizinisch-klinischem Interesse.

2 Literaturübersicht

Der Literaturteil dieser Dissertation befasst sich mit allgemeinen Angaben zu *Octodon degus*, mit der Anatomie seiner Bauchhöhlenorgane und mit dem bisherigen Kenntnisstand über Möglichkeiten und Grenzen der abdominalen Sonographie bei kleinen Heimtieren.

2.1 Allgemeine Informationen zu *Octodon degus*

Um ein Verständnis für das Verhalten und den daraus resultierenden notwendigen Umgang mit Degus bei Untersuchungen zu erlangen, ist es wichtig, grundlegendes Wissen über diese Tierart zu besitzen. Im Folgenden soll deshalb allgemein über Biologie und Verhalten von *Octodon degus* informiert werden.

2.1.1 Einteilung in das zoologische System und Verbreitung

Obwohl die ursprüngliche Trennung von altweltlichen Stachelschweinverwandten (Hystricomorpha) und neuweltlichen Meerschweinchenartigen (Caviomorpha) im Zuge der Neugliederung der Ordnung Rodentia aufgehoben und beide in der neuen Unterordnung der Stachelschweinverwandten (Hystricognathi) zusammengefasst wurden (19), wird in aktueller zoologischer Literatur der Degu wieder häufig zu den Caviomorpha gezählt (107, 163, 168). Innerhalb der Unterordnung Hystricognathi ist die Überfamilie Octodontoidea (Trugrattenartige) die größte Überfamilie mit sechs Familien (Octodontidae, Echimyidae, Ctenomyidae, Abrocomidae, Capromyidae und Myocastoridae) (19).

Octodontidae, die Familie der Trugratten, setzt sich heute aus fünf rezenten Gattungen (Octodon, Octodontomys, Octomys, Aconaemys und Spalacopus) zusammen, die in Peru, Argentinien, Bolivien und Chile beheimatet sind (169).

Die Gattungsbezeichnung „Octodon“, zu der die in dieser Arbeit untersuchte Spezies zählt, wurde aufgrund der Achterform der Backenzahnkaufäche eingeführt, wobei Hutterer (62) allerdings darauf hinweist, dass innerhalb der Familie Octodontidae eben gerade „Octodon“ im Gegensatz zu den meisten anderen Octodontidae-Spezies diese typische Achterform fehlt.

Heute unterscheidet man vier Octodonarten, die alle in Chile beheimatet sind bzw. waren:

Octodon degus, *Octodon lunatus*, *Octodon bridgesii* und *Octodon pacificus*. Die Selbstständigkeit von *Octodon lunatus* und *Octodon bridgesii* wird jedoch von Contreras et al. (29) bezweifelt, und Gallardo und Kirsch (49) konnten mit Hilfe von DNA-Analysen nachweisen, dass *Octodon lunatus* und *Octodon bridgesii* näher miteinander verwandt sind als mit *Octodon degus*. Hutterer (62) weist darauf hin, dass *Octodon pacificus* als primitivste Octodonspezies angesehen werden könnte, weil dieser Nager geographisch isoliert und in Abwesenheit von gleich großen Konkurrenten auf der Insel Mocha lebte. Sehr wahrscheinlich hatten *Octodon pacificus* und *Octodon bridgesii* einen gemeinsamen Vorfahren, denn beide zeigen eine ähnliche Morphologie und ähnliche Habitatansprüche. Diese beiden Arten sind mehr im südlichen Chile zu finden und scheinen begrenzt auf den Lebensraum Wald aufzutreten; im Gegensatz dazu sind *Octodon degus* und *Octodon lunatus* mehr an das Leben im halbtrockenen Buschland angepasst, wobei man vor allem *Octodon degus* in offener Buschlandschaft antrifft (62, 150). Tabelle 1 gibt die Einteilung der Gattung *Octodon* innerhalb des zoologischen Systems wieder, wie sie in aktueller zoologischer Literatur zu finden ist (163). Generell wird bei vielen Autoren jedoch *Octodon pacificus* außer Acht gelassen (14, 61), diese Art wird jedoch vollständigshalber bei der unten aufgeführten Einteilung mit berücksichtigt.

Klasse	Mammalia
Unterklasse	Eutheria, Placentaria
Ordnung	Rodentia
Unterordnung	Caviomorpha
Überfamilie	Octodontoidea Waterhouse, 1839
Familie	Octodontidae Waterhouse, 1839
Unterfamilie	Octodontinae Waterhouse, 1839
Gattung	<i>Octodon</i>
Arten	<i>Octodon degus</i> <i>Octodon lunatus</i> <i>Octodon bridgesii</i> <i>Octodon pacificus</i>

Tabelle 1: Einteilung der Gattung *Octodon* in das zoologische System

***Octodon degus* (MOLINA, 1782)**

Synonyme: Sciurus degus MOLINA, 1782
 Octodon cummingii BENNETT, 1832
 „Degú común“: der gewöhnliche Degu
 „ratón cola en trompeta“: die Trompetenschwanzmaus
 “bori“(66)

Vorkommen:

Octodon degus bevorzugt vor allem die offene, karge Buschlandschaft der Küstenregion bis ins Gebirge (westliche Anden) auf 1200 m bis 1800 m, vom 28. bis 35. südlichen Breitengrad. Ursprünglich war er in Nord- und Zentralchile von der nördlichen Provinz Atacama (Vallenar) bis ins südliche Colchagua und Curico (26, 66, 169, Schema 1) anzutreffen. In den letzten Jahren zeigte sich allerdings eine stärkere Beschränkung des Nagers auf Bereiche in Zentralchile (150). Ob der „gewöhnliche Degu“ tatsächlich bis auf 1800 Höhenmeter anzutreffen ist, ist nach den Untersuchungen von Rosenmann und Morris (145) fraglich, weil die geringe Toleranz des Nagers gegenüber niedrigem Sauerstoffpartialdruck nach Ergebnissen dieser Studie nur eine Höhenlage bis ca. 1300 m zulässt. Im Gegensatz zu *Octodon lunatus*, *Octodon bridgesii* und anderen Mitgliedern der Familie Octodontidae ist *Octodon degus* tagaktiv (25, 29).

***Octodon lunatus* (OSGOOD 1943)**

Synonym: „Degú de la costa“: der Küsten-Degu (66)

Vorkommen:

Über die letzten Jahrzehnte hinweg war *Octodon lunatus* spärlich vertreten in der Küstenregion der Provinzen Coquimbo, Aconcagua und Valparaíso, von den Hügeln der Küste bis auf die Höhe von Limache in 1200 m in Zentralchile und im Bereich vom 29. bis 33. südlichen Breitengrad (66, 169, Schema 1). 2003 begrenzte sich sein Gebiet auf den zentralchilenischen Küstenabschnitt vom Nationalpark Fray Jorge bis

Quilpué und auf die Anden nahe Santiago. *Octodon lunatus* bevorzugt als Habitat im Gegensatz zu *Octodon degus* dichtere Vegetation (150).

***Octodon bridgesii* (WATERHOUSE, 1844)**

Synonyme: *Octodon bridgesi* WATERHOUSE, 1844

Octodon bridgesii TROUESSART, 1881

„Degú de los matorrales“: der Dickicht- oder Wald-Degu (66)

Vorkommen:

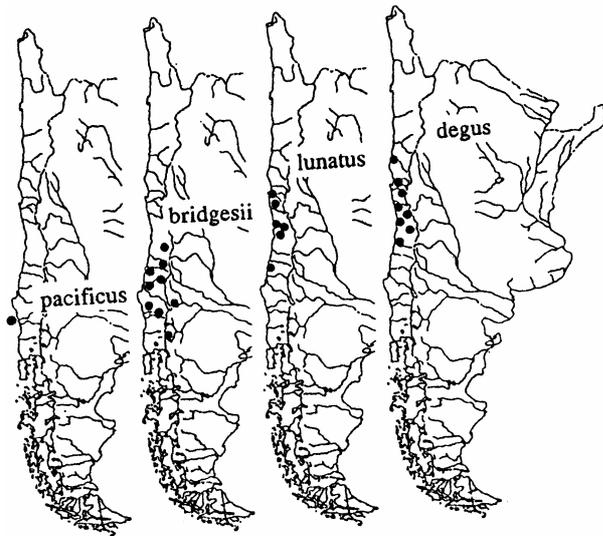
Früher war *Octodon bridgesii* am Fuße der Anden zwischen 980 und 1800 Höhenmetern in den Provinzen O'Higgis, Colchagua, Curico und in der Provinz Concepción in Zentralchile zwischen dem 34. und 37. Breitengrad beheimatet (66, 169, Schema 1). Aufgrund der Reduktion der dichten Vegetation, dem Lebensraum dieser Deguart, findet sich *Octodon bridgesii* heute nur noch im südlichen Teil von Zentralchile (150).

***Octodon pacificus* n.sp.**

Synonym: Pazifik-Degu

Vorkommen:

1994 beschrieb Hutterer (62) zwei adulte und zwei juvenile Exemplare, die 1959 auf der Isla Mocha der Provinz Arauea gefangen worden waren (Schema 1) und sich seitdem in der Sammlung des Alexander Koenig Museums in Bonn befinden. Seit 1959 ist kein Exemplar auf der Insel mehr gefunden worden, obwohl Fangversuche sowohl von Pefaur und Yánez (122) als auch von Saavedra et al. (149) unternommen wurden. Es fanden sich aber Reste dieser Spezies an archäologischen Fundorten, was darauf hinweist, dass *Octodon pacificus* vor etlichen tausend Jahren auf der Insel anwesend war. Dort lebte diese Spezies im dichten Valdivian Wald, der zu dieser Zeit große Teile der Insel überzog.



Schema 1: Verteilungsgebiete von *O. pacificus*,
O. bridgesii, *O. lunatus* und *O. degus*
 1994 in Chile (62)

2.1.2 Geschichtliche Aspekte

Juan Ignacio Molina, ein chilenischer Jesuitenpater, verließ 1767 Chile, um nach Italien zu gehen. Seine Aufzeichnungen, die ersten über die gesamte chilenische Fauna und Flora überhaupt, veröffentlichte er 1782 in Form seines Buches „Saggio sulla storia natural del Chili“, das in den folgenden Jahren unter anderem von Brandis ins Deutsche („Versuch einer Naturgeschichte von Chili“ (108)) übersetzt wurde (120). In seinen Aufzeichnungen bezeichnete Molina *Octodon degus* damals als „Sciurus degus“ (108) und ordnete ihn fälschlicherweise den Hörnchenartigen zu. Dem Jesuitenpater zu Ehren bekam *Octodon degus* später den Beinamen: MOLINA, 1782.

Erstmals von 1960 bis 1963 besaß der Zoo Frankfurt/Main zwölf Degus unbekannter Herkunft als Geschenk aus privater Hand (161). Im April 1964 wurden 20 native Degus in Lampa, Chile, eingefangen und zu Forschungszwecken ins Institute of Technology in Massachusetts in die USA exportiert. Abkömmlinge dieser Tiere waren später auch vom National Zoological Park und von der University of Vermont zu beziehen (87). Von dort aus gelangten Degus auch nach Europa, wo vor allem unter Weir am Welcome Institute of Comparative Physiology in London intensiv mit Degus

geforscht wurde (173). Die meisten der in deutschen Zoos gehaltenen Degus gingen damals auf diesen Zuchtstamm aus den USA zurück. Im Vergleich zu den Ende der achtziger, Anfang der neunziger Jahre importierten chilenischen Wildfängen waren die in Laboren gehaltenen Degus kleiner, gedrungener, kurzköpfiger, kurzschwänziger, ihre Ohren waren dunkel pigmentiert und ihre Fellfarbe war graubraun und nicht gelb- bis orangebraun wie die der Wildfänge (161). Ehrlich (38) berichtet dagegen, dass die „Heimtier-Degus“ heute oft etwas größer sind als die wild lebenden. Heute dürfte die Anzahl der scheuen Wildfänge deutlich reduziert sein, weil handzahme Degus aus der Privatzucht auf dem Heimtiermarkt vorhanden sind. Sporon und Mettler (161) erwähnen, dass ungewiss ist, ob es sich bei den nach Europa verbrachten Degus um verschiedene Unterarten oder gar verschiedene Arten handelte oder ob die Merkmalsabweichungen von den heimischen Octodonarten durch Inzucht bedingt waren. Nach Meinung beider Autoren kann es aber durchaus möglich sein, dass sich einzelne Tiere der Art *Octodon lunatus* unter den Labordegus bzw. Wildfängen befanden, die für das unterschiedliche Aussehen verantwortlich waren (161).

2.2 Biologische Daten

Die Angaben zu biologischen Daten des Degus variieren sehr stark in der Literatur. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Daten, die sich in Veröffentlichungen finden lassen. Die Spanne der Werte zeigt jedoch, dass es deutliche individuelle Unterschiede gibt. Über Angaben z.B. zum Zyklusgeschehen beim Degu herrschen auch heute noch Unsicherheiten. So stehen die Ergebnisse der Studie von Labyak und Lee (92), die auf einen regelmäßigen ovariellen Zyklus hinweisen, im Widerspruch zu Weirs Angaben (172, 173).

Schwanzlänge: (19, 66, 120, 134, 179)	7,5 cm – 16,5 cm
Kopf-Rumpf-Länge: (19, 38, 134, 137, 169)	Adulttiere: 9,5 - 19,5 cm Neugeborene: 4,0 – 5,5 cm
Körpergewicht: (19, 26, 41, 43, 79, 78, 110, 134, 169, 172, 173, 179)	Normalgewicht Adult: 170 - 260 g Trächtiges Weibchen: bis 300 g Neugeborene: 10 – 16 g

Zitzen: (106, 173)	4 pro Seite, von inguio-medial nach axio-lateral divergierend
Körpertemperatur: (26, 78, 92, 136, 144)	37,1°C bis 38,5°C (abhängig von Tageszeit und Bewegungsmöglichkeit)
Lebenserwartung: (41, 53, 96, 110, 161)	In freier Wildbahn: ca. 1 Jahr In Gefangenschaft: ca. 3 – 7 Jahre (bis 10 Jahre möglich)
Geschlechtsreife: (86, 95, 96, 110, 169, 173)	Weiblich: Zyklusbeginn mit 12 – 16 Wochen, mit ca. 200 g Körpergewicht Männlich: ca. 3 Monate Weitere Angaben: frühestens mit 46 Tagen, durchschnittlich mit 6 Monaten
Zyklus: (53, 88, 92, 96, 110, 142, 172, 173)	In freier Wildbahn: saisonal östrisch, mit Anöstrus im Sommer und im Herbst In Gefangenschaft: ganzjähriger Fortpflanzungsmodus, Zyklus von 18 – 21 Tage mit spontaner lutealer Phase Evtl. induzierte Ovulation Postpartum Östrus; bei fehlender Befruchtung: folgende Zyklen wohl erst nach dem Absetzen
Fortpflanzungsfähigkeit: (96)	Weiblich: ca. 4,5 Jahre, dann Rückgang der Fortpflanzungsrate Männlich: lebenslang
Konzeptionsalter: (86, 179)	Ca. 6 Monate, mit ca. 205 g Körpergewicht
Gestationszeit: (15, 19, 66, 138, 140, 172)	87 – 93 Tage
Plazentatyp: (12, 81, 84, 138)	Discoidale Form, labyrinthisch, hämomonochorial, mit Ausbildung einer Sub-Plazenta
Wurfanzahl pro Jahr: (15, 26, 48, 96, 142, 169, 181)	In freier Wildbahn: ein Wurf im Frühjahr (September, Ende der Regenzeit, großes Futterangebot), zwei Würfe bei ausreichendem Futterangebot In Gefangenschaft: bis zu 4 Würfe, ganzjährig Die Jungtiere sind Nestflüchter.

Wurfgröße: (48, 66, 110, 172)	1 - 10; durchschnittlich: 5 - 6
Säugezeit: (15, 96, 106, 172, 173)	Ca. 4 Wochen, mindestens 2 Wochen Absetzgewicht: ca. 60 - 80 g
Trennung vom Muttertier: (106)	Mit ca. 6 - 8 Wochen

Tabelle 2: Biologische Angaben zu *Octodon degus*

2.3 Anatomie

Bei den für die sonographischen Untersuchungen in dieser Arbeit verwendeten Degus handelt es sich um die Spezies *Octodon degus*, deshalb beziehen sich alle folgenden Angaben auf diese Art.

2.3.1 Körperbau und Zähne

Seinem Aussehen nach erinnert der Degu aufgrund seiner Größe und Körpergestalt auf den ersten Blick an eine Ratte (147) – daher rührt wohl auch die Bezeichnung „Trugratte“. Der Kopf ist jedoch kürzer, abgerundeter und rechteckiger als der einer Ratte (110, 161). Die auffällig großen Ohren sind schwarz pigmentiert und leicht behaart (179). Der kurze Hals lässt das Erscheinungsbild des Degus trotz der Körperlänge von 9,5 cm - 19,5 cm (ohne Schwanz) (19, 38, 134, 137, 169) plump wirken. Tatsächlich ist der Körperbau aber kompakt und sehr beweglich und ermöglicht dadurch schnelle und geschickte Bewegungen in den engen Tunnelsystemen. Generell wird das Gewicht meist in der Bandbreite von 130 g – 300 g (26, 41, 110) angegeben, wobei trächtige Degus gemäß Najecki und Tate (110) über 400 g wiegen können. Meist erreichen trächtige Weibchen aber nur ein Gewicht von bis zu 300 g (161).

Der Schwanz ist kürzer als der Körper, wobei die Länge individuell variiert. In der Literatur finden sich unterschiedliche Zahlenangaben zur Schwanzlänge des Degus, wobei die Spanne von 7,5 cm – 16,5 cm (19, 66, 120, 134, 179) den enormen Spielraum deutlich macht. Im Gegensatz zur Ratte ist der Schwanz des Degus borstig be-

haart, jedoch weniger als bei den anderen Gattungsspezies (179). Der Schwanz endet in einer schwarzen Quaste aus locker aufgefächerten Haaren. Nach Mettler (106) soll der erhobene Schwanz mitsamt der Quaste die Funktion einer hinterherwehenden „Alarmflagge“ bei der Flucht in die Höhle haben. Allgemein dient der Schwanz jedoch als Balancierhilfe (66) und als Kommunikationsmittel (106). Aus der Schwanzform soll sich auch die chilenische Bezeichnung „ratón cola de trompeta“ (Trompetenschwanzmaus) ergeben haben (161).

Als Besonderheit zeigt der Deguschwanz eine sog. Sollbruchstelle (Autotomie), die es dem Nager in freier Wildbahn ermöglicht, sich vielleicht gerade noch mal einem feindlichen Schwanz-Beutegriff zu entziehen (20). Diese Eigenschaft muss auch dringend beim Umgang mit dem Tier beachtet werden, da dieselbe Reaktion auch beim Hochnehmen am Schwanz, wie es bei Ratten üblicherweise praktiziert wird, ausgelöst werden kann. Eine Fixierung am Schwanz kann dazu führen, dass der Degu sich mehrmals dreht, wodurch die Schwanzhaut einreißt und - ohne stark zu bluten - abrutscht. Das freiliegende fleischige Schwanzende stirbt nach wenigen Tagen meist komplikationslos ab und wird vom Degu abgenagt, eventuell bedingt durch den Juckreiz (110, 161). Zurück bleibt ein mehr oder weniger stark ausgeprägter Stummelschwanz, der nicht wieder nachwächst.

Die Vordergliedmaßen mit jeweils vier Zehen und einem rudimentären Daumen dienen dem Graben, Klettern und Rennen (66). Sporon und Mettler (161) stellen jedoch fest, dass die Gliedmaßen nicht besonders an diese genannten Aufgaben angepasst sind und dass die Fingerfertigkeit der Ratte vom Degu nicht erreicht wird. Hutterer (62) macht aufgrund ihrer eigenen Untersuchungen und derer von Bennett (7) darauf aufmerksam, dass der Daumen des *Octodon degus* nicht wie von Osgood (120) beschrieben einen Nagel, sondern eine Kralle trägt. Dagegen hat der Daumen des *Octodon pacificus* eindeutig einen Nagel (62).

Die recht langen Hintergliedmaßen wirken sich günstig auf die Sprungfähigkeit aus und besitzen fünf Zehen mit jeweils einer Kralle (66). Deutlich sichtbar werden die Krallen von langen, hellen, kammähnlichen Borsten überzogen (179), die in dieser deutlichen Form an den Vordergliedmaßen nicht zu finden sind. Auch die typischen, körnigen Fußsohlen sind an den Hintergliedmaßen besser ausgebildet und dienen

zusammen mit den Krallen dem festen Halt beim Klettern in Ästen und auf Felsen (66, 161).

Vergleichbar zu anderen Nagern besitzt der Degu 20 Zähne mit einer Zahnformel von 1013/1013. Die meißelförmigen Incisivi sind wurzellos und somit ständig nachwachsend (Merkmal der Ordnung Rodentia); ihre Vorderflächen sind wie bei vielen Nagern (110) durch eine zusätzliche, sehr widerstandsfähige, orange-gelbe Schmelzschicht gehärtet. Wie bei allen Nagetieren fehlen die Canini, und zwischen den Incisivi und den Backenzähnen befindet sich ein breites Diastema. Die Backenzähne besitzen eine flache Krone mit einer tiefen Schmelzfalte (179). Im Vergleich zu den anderen Octodonspezies hat *Octodon degus* die einfachste Molarenform, die ziemlich symmetrisch ist und noch am ehesten einer Achterform ähnelt (62). Generell ist es möglich, mit Hilfe der Inzisionen der Backenzähne die vier Octodonarten zu differenzieren (62, 179).

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass das Nageverhalten beim Degu besonders stark ausgeprägt ist, was bei der Haltung dieser Tiere unbedingt beachtet werden muss (161).

2.3.2 Sinnesorgane

Alle Sinnesorgane sind beim Degu gut ausgebildet.

Das Sehvermögen ist bei diesem tagaktiven Nagetier nach Mettler (106) wesentlich besser ausgebildet als bei anderen Nagern, im Vergleich zum Chinchilla ist der Degu ein ausgesprochenes Augentier. Seine großen Augen befinden sich seitlich am Schädel und ermöglichen dadurch einen Blickwinkel von fast 360°, der einen guten Überblick über die Umgebung gewährleistet. Allerdings überschneiden sich die Gesichtsfelder nur in einem kleinen Bereich, was dazu führt, dass das räumliche Sehvermögen reduziert und somit eine Abschätzung der Entfernung eines Objektes mit den Augen erschwert ist (147). Auch unbewegte Objekte können nur schwer wahrgenommen werden. Die Retina besitzt Stäbchen und zwei Typen von Zäpfchen, so genannte M- (medium-wavelength-sensitivity) und S-Zäpfchen (short-wavelength-sensitivity). Eine Besonderheit dieser S-Zäpfchen bei der Gattung Octodon (wie auch bei Ratte, Maus, Gerbil und Hamster) ist, dass die Sensitivität dieser S-Zäpfchen nicht wie bei vielen anderen Säugetieren im Bereich zwischen 420 nm – 450 nm (blau)

liegt, sondern nahe dem UV-Bereich (360 nm). Die Untersuchungen von Chávez et al. (25) zeigten auch, dass die ventrale Körperfläche der Degus (Hals und Thorax) – im Gegensatz zu dorsalen Bereichen - sowie frischer Urin eine deutliche UV-Reflexion aufweisen. Die Autoren gehen davon aus, dass durch das Aufrichten der Tiere während eines Alarmes andere Gruppenmitglieder durch die exponierten UV-reflektierenden Körperteile zusätzlich gewarnt werden. Die nur schwach (10 % - 20 %) reflektierende dorsale Körperfläche hat dagegen den Vorteil, dass tagaktive Raubvögel den Nager schlechter erkennen können. Auch frischer Urin reflektiert UV und ermöglicht es dem Degu, häufig verwendete Pfade und Sandbadeplätze nicht nur olfaktorisch, sondern auch visuell zu erkennen. Die Differenzierung zwischen frisch abgesetztem und altem Urin dient somit der Orientierung, was besonders bei weiten Nahrungsgebieten von Bedeutung ist. Nachteilig ist jedoch, dass diese Pfade und Wälzplätze auch von Raubvögeln lokalisiert werden können. Wozu allerdings nachtaktive Nagetiere, wie *Octodon lunatus* und *Octodon bridgesii*, die UV-Wahrnehmung benötigen, ist ungeklärt. Laut Roth (147) ist das Farbsehen nur gering ausgebildet und beschränkt sich hauptsächlich auf die Farben Rot und Gelb. Untersuchungen von Chávez et al. (25) zeigten jedoch, dass die höchste Sensitivität der M-Zäpfchen im grünen Farbbereich (500 nm) liegt.

Der Bulbus olfactorius ist gut entwickelt und lässt auf einen gut ausgebildeten Geruchssinn schließen. Die Fähigkeit zur Wahrnehmung und Beurteilung von Gerüchen ermöglicht den Degus Wachsamkeit, Revierabgrenzung, Erkennung von Familien- und Verbandsmitgliedern und Partnersuche und übernimmt somit im Sozialleben des Nagers eine bedeutende Funktion (161). Als Markierungsmittel dienen neben kleine Urintröpfchen Drüsensekrete und Kot.

Die großen Ohren des Degus sind zwar im Gegensatz zum Chinchilla weniger beweglich, lassen sich aber im Ruhezustand etwas zusammenfallen (106). Wie bei vielen anderen Nagetieren auch geht man beim Degu von einer Gehörschwelle von bis zu 100.000 Hertz aus (147). Der Gehörsinn dient der Erkennung von Feinden und ermöglicht eine intraspezifische Kommunikation durch eine umfangreiche Lautsprache, die sich aus unterschiedlichen Kontakt-, Warn- und Abwehrlauten zusammensetzt (48, 110, 137).

Mit Hilfe feiner Vibrissen im Bereich der Nase und am Körper ist der Degu in der Lage, sich bei Dunkelheit und in Höhlensystemen zu orientieren; er ist somit optimal an seine Lebensbedingungen in freier Wildbahn angepasst (147, 161).

2.4 Habitat und Lebensweise

Der Degu war ursprünglich in Nord- und Zentralchile beheimatet (26, 62, 66, 169), findet sich aber heute hauptsächlich in Zentralchile (150). In diesem Gebiet stellt er den einzigen endemischen, tagaktiven kleinen Säuger und - mit einer geschätzten Dichte von 75 Tieren pro Hektar (abhängig vom Nahrungsangebot) - den wirtschaftlich bedeutendsten Schädner dar (48, 79). Das halbtrockene, mediterrane Klima in diesem Gebiet ist geprägt von einem kalten und feuchten Winter und einem heißen und trockenen Sommer mit einer typischen Trockenzeit (15). Entsprechend karg und trocken stellt sich der Lebensraum des Degus dar: Buschlandschaft (deshalb die Bezeichnung „Strauchratte“ (38)) in Kombination mit unterschiedlich weiter, ungeschützter Landschaft (68, 95) und Felsen (179). Lediglich die Möglichkeit zum Bau von Tunnelsystemen muss gewährleistet sein. Als Kulturfolger und landwirtschaftlicher Schädner („agricultural pest“) wird dieser Nager in seiner Heimat intensiv mit Fallen und Pestiziden (13) bekämpft, weil er in der Lage ist, die ganze Ernte in einem Radius von 4 m um sein jeweiliges Höhlensystem völlig zu zerstören (66).

Octodon degus sind sehr soziale und kommunikative Tiere. Sie leben in lockeren Kolonien mit bis zu mehreren tausend Tieren, wobei sich diese Kolonien aus Gruppen von 5 – 10 Adulttieren (1 - 3 Männchen) und ihren Jungtieren zusammensetzen (38, 96). Vásquez (165) und Ebensperger (35) gehen jedoch davon aus, dass die Gruppen meist aus nur 2 bis 4 Individuen bestehen. Jede Gruppe hat ihr eigenes Territorium und Höhlensystem, das gegen andere Gruppen verteidigt wird (48).

Das umfangreiche unterirdische Gangsystem mit mehreren Ein- und Ausgängen und mehreren Kammern und Gängen dient als Rückzugsmöglichkeit vor hohen Außentemperaturen, vor Beutegreifern und als Vorratskammer (66, 93, 144). Gemeinsames Höhlenbauen findet meist während der Wintermonate statt, weil zu dieser Jahreszeit das Erdreich weicher und somit besser zu bearbeiten ist (35). Es werden aber auch verlassene Bauten von Cururos und Chinchillas bezogen (66). Die Höhlenzugänge sind über Pfade miteinander verbunden, und außerhalb von häufig genutzten Höhlen

finden sich Sandbadeplätze und nahe dem Zugang ein Hügel aus Steinen, getrocknetem Kuhdung und Ästen. Fulk (48) beschreibt, dass die Vertreibung von Eindringlingen aus dem Territorium meist mit anschließender Hügelbildung oder -vergrößerung durch den Gewinner verbunden war und dass die Zerstörung eines Hügels verstärkt zu Kämpfen und zur Vertreibung des ursprünglichen männlichen Hügelbesitzers führte. Der Autor zieht daraus den Schluss, dass der Hügel anscheinend eine Art Statussymbol darstellen muss (48).

Je nach Jahreszeit zeigen Degus ein unterschiedliches Aktivitätsmuster außerhalb des Höhlensystems, das von der Tagestemperatur bestimmt wird. Im Winter ist es unimodal mit ganztägiger Aktivität, im Sommer ist es bimodal mit insgesamt zwei Aktivitätsspitzen, eine in den frühen Morgen- und eine in den späten Nachmittagsstunden (15, 48, 78, 93). Außerdem ist im Sommer eine Dämmerungsaktivität möglich (79). Grund dafür ist die geringe Fähigkeit des Nagers, hohen Außentemperaturen mit Transpiration zu begegnen (48, 93, 144). Lagos et al. (93) berichten von Individuen, die bereits bei Lufttemperaturen von über 30°C hyperthermische Symptome zeigten.

So verbringt der Degu im Sommer die Zeit während der hohen Außentemperaturen von über 45°C in seinem Höhlensystem. Selbst während der sommerlichen Morgen- und späten Nachmittagsstunden mit Temperaturen zwischen 10°C und 40°C (78) erfolgen 50 % der Aktivität im Schatten der Sträucher (15, 78). Dennoch genügt die verbleibende Zeit von 4,5 Stunden täglich zur Futtersuche und -aufnahme, um den physiologischen Energieanforderungen zu begegnen (15). Während der Wintermonate stellen die Tagestemperaturen keine Einschränkungen dar, und eine Aktivität unter direkter Sonneneinstrahlung ist während des gesamten Tages möglich (78). Generell ermöglicht es die zeitliche Flexibilität der Aktivität dem Degu, über das gesamte Jahr seine thermale Homeostase aufrechtzuerhalten und seine Energiebedürfnisse zu decken (15).

Die natürliche Nahrung des herbivoren Nagers setzt sich zusammen aus Gras, Blättern, Rinde, Wurzeln, Knollen, Kräutern und vereinzelt aus Samen und Früchten (66, 79, 110). Durch das Abrinden von Obstbäumen und Weinreben sowie das Eindringen in Getreide- und Gemüsegelder werden in Chile immense Schäden verur-

sacht (48, 66, 179). Zudem nützt der Degu die Möglichkeit der Koprophagie, um über das gesamte Jahr seinen Nährstoffbedürfnissen zu begegnen (80).

Für etliche Raubtiere und –vögel stellt der Nager selbst eine Nahrungsgrundlage dar (37, 66, 179). Auch der Mensch soll in früheren Zeiten archäologischen Funden nach Degus gegessen haben (157).

2.5 Fortpflanzung

Degus zeigen in freier Wildbahn einen saisonellen Fortpflanzungsmodus mit Kopulation zu Winterbeginn, der Geburt der Jungen im Frühling und einer anöstrischen Phase im Sommer und Herbst. Je nach Futterangebot ergibt sich ein weiterer Wurf im Dezember, und je nach Breitengrad des jeweiligen Habitats kann es zu Verschiebungen innerhalb des Fortpflanzungsrythmus kommen, der von den klimatischen Bedingungen (Regenzeit) abhängig ist (104, 142, 166, 181).

Unter Laborbedingungen pflanzen sich Degus in der nördlichen Hemisphäre mit zwei bis drei Würfen (110) über das gesamte Jahr hinweg fort (169). Ausnahmen treten auf, wenn die Umweltbedingungen (Nahrungsangebot und Klimaregime) für mehrere Würfe zu widrig sind (173). Gerade bei Wildfängen zeigten sich je nach ursprünglichem Habitat unterschiedliche Fortpflanzungszeiträume. So war der Fortpflanzungsmodus der Degukolonie, mit der Weir (173) in London arbeitete, deutlich saisonell, während die Degus von Boraker und Woods an der Universität von Vermont über das gesamte Jahr hinweg Junge hatten, Letztere jedoch mit Geburtsspitzen im Dezember und Juli, August (88).

2.5.1 Zyklus

Zur Zykluslänge und Ovulationsform beim Degu finden sich in der Literatur unterschiedliche Angaben. Weir (172) erklärt, dass weibliche *Octodon degus* keinen regulären Zyklus zeigen und die Ovaraktivität abhängig ist von der Stimulation durch einen Bock. Dennoch beobachtete sie eine regelmäßige Öffnung der Vagina jeweils über einen Zeitraum von 3 bis 21 Tagen. Die Östrusbestimmung allein durch Vulvaadspektion erweist sich nach dieser Autorin als schwierig, obwohl muköses Sekret sezerniert wird und gelegentlich eine Vulvaschwellung beobachtet werden kann.

Kleinman et al. (88) erwähnen in diesem Zusammenhang, dass in ihrer Degukolonie

im US National Zoological Park einige der isoliert gehaltenen weiblichen Degus einen anscheinend normalen Zyklus mit einer Öffnung der Vagina im Abstand von 20 bis 30 Tagen zeigten, während bei anderen Weibchen keine sichtbaren Zykluserscheinungen erkennbar waren. Nach Johnson (74) ist die Vaginalmembran über 3 bis 21 Tagen geöffnet, und der Östrus, der drei Stunden dauert, fällt in den Zeitraum der Membranöffnung. Außerdem geht dieser Autor beim Degu von einer induzierten Ovulation aus.

Mit Hilfe von täglichen mikroskopischen Vaginallavageuntersuchungen ermittelten Labyak und Lee (92) dagegen eine regelmäßige Zyklusdauer von 20.5 ± 0.5 Tagen bei freiem Zugang zu Futter und Wasser und einem Lichtprogramm von jeweils 12 Stunden Licht und Dunkelheit. Problematisch dabei war, dass die Vagina aufgrund der Vaginalmembran für die Lavage nur während eines Zeitraums von drei bis fünf Tagen pro Zyklus zugänglich war. Anhand zusätzlicher Parameter wie Körpertemperatur- und Aktivitätsveränderungen teilten die Autoren den Zyklus des weiblichen Degus in eine Proöstrus-, eine Östrus-, eine Postöstrus- und eine Metöstrusphase ein. Im Gegensatz zu üblichen nachtaktiven Labornagern wie Ratte und Maus besitzt der Degu, bedingt durch den langen Ovarialzyklus, eine spontane luteale Phase (96).

2.5.2 Trächtigkeit

Angaben über den Eintritt der Geschlechtsreife beim Degu variieren sehr in der Literatur. Während Weir (173) von einem Eintrittsalter von mindestens 63 Tagen, aber durchschnittlich sechs Monaten ausgeht, legt Wilson (176) nach eigenen Beobachtungen den Eintritt bei einem Alter von 46 Tagen fest, und nach Najecki und Tate (110) liegt der Beginn der Geschlechtsreife bei drei bis vier Monaten. Die weiblichen Degus von Weir (172) im Welcome Institute für Vergleichende Physiologie in London konzipierten zum ersten Mal mit einem Körpergewicht von ca. 200 g. Lee (96) berichtet, dass die weibliche Fortpflanzungsfähigkeit im Alter von circa 4,5 Jahren nachlässt.

Männliche Degus sind mit 12 Wochen fortpflanzungsfähig, haben aber zu diesem Zeitpunkt die volle Körpergröße noch nicht erreicht. Dies ist erst im Alter von sechs bis acht Monaten der Fall (96).

Die Trächtigkeitsdauer ist beim Degu wie bei anderen Hystricomorpha relativ lang. Sie wird mit einer Zeitspanne von 87 bis 93 Tagen angegeben, der Zeitraum von 77 Tagen bei Mettler (106) scheint eine Ausnahme zu sein. Durchschnittlich kann man von einer Gestationsphase von 90 Tagen sprechen. Die Laktation ist beim Degu diejenige Phase im Fortpflanzungsgeschehen, die dem Organismus die meiste Energie abverlangt. Deshalb fällt die Gebärphase in freier Natur immer in einen Zeitraum mit maximalem Futterangebot, was in Chile nach Beginn der Regenzeit der Fall ist (142, 166).

Weil die Vagina nach einer erfolgten Kopulation mit Hilfe des Deckpfropfes verschlossen wird, geht Weir (172) davon aus, dass es sich beim Degu um eine induzierte Ovulation handelt. Weiterführende Untersuchungen zur Ovulationsform wurden beim Degu bisher nicht veröffentlicht. Die Kopulation selbst dauert nur einige Sekunden (152).

In den Anfangszeiten der Forschung mit Degus wurde die Trächtigkeit meist palpatologisch ermittelt. Najecki und Tate (110) gingen dazu über, eine Trächtigkeit anhand der Kombination „red ring“ und Körpergewichtszunahme zu bestätigen, da aufgrund der üblichen Untersuchungstechnik Probleme in Form von kleinen Würfen auftraten. Bei dem sog. „red ring“ handelt es sich um ein rötliches Vaginalsekret, das am Anfang der Trächtigkeit durch die vorübergehende Vaginaöffnung ausgeschieden wird. Nach Einführung dieser Untersuchungstechnik verbesserte sich das „Wurfsergebnis“ deutlich. Auch Mettler (106) erwähnt, dass es durch fehlende Ruhe im letzten Trächtigkeitstertel zu Aborten kommen kann.

Nach erfolgreicher Kopulation finden sich beim Degu nach 4,5 Tagen Blastozysten im Uterus. Am Tag 6,5 – 7 kommt es zur antimesometrialen Implantation vom interstitiellen Typ; die Amnionhöhle bildet sich nach 12 – 13 Tagen (138, 140), die Chorioallantois nach 30 bis 35 Tagen. Generell handelt es sich beim Degu wie bei anderen Caviomorpha um eine discoide, hämochoriale und labyrinthische Plazenta (81, 84, 138). Darüber hinaus ist diese Gruppe durch die deutliche Ausbildung einer dauerhaften Dottersackplazenta und einer Sub-Plazenta charakterisiert. Die Dottersackplazenta ist zusammen mit der Chorioallantois für den fetomaternalen Austausch zuständig. Sie lässt sich in einen viszeralen und einen parietalen Dottersackanteil einteilen, wobei der viszerale in direktem Kontakt mit der

Endometriumoberfläche steht, der parietale die Fortsetzung auf die Chorioallantois ist. Die Plazenta discoidalis stellt die hämochoriale Verbindung mit dem Uterus dar. Sie besitzt eine labyrinthische Zone im mittleren Bereich der Plazentascheibe und ein so genanntes Interlobium, eine Zone mit wabiger Struktur, die sich im äußeren Bereich der Plazenta, aber auch innerhalb des Labyrinths findet. Im Gegensatz zu anderen Hystricognathen ist die Chorioallantois beim Degu durch den nur geringen Einschub von Interlobiumanteilen in die labyrinthische Zone nur wenig gefaltet (105). Wie bei allen Caviomorpha befindet sich unter der Chorioallantois eine so genannte Sub-Plazenta, deren Funktion bis heute unbekannt ist; man geht aber von einer sekretorischen Funktion aus (105). Ähnlich der Plazenta vom Meerschweinchen und vom Menschen besitzt der Degu trophoblastische Poren. Jedoch ist nach wie vor nicht geklärt, ob diese Poren bei allen drei genannten Spezies Teil des kompletten trophoblastischen Porensystems sind (81, 84).

Rojas et al. (140) unterteilen die embryonale Entwicklung beim Degu in fünf Abschnitte: die Entwicklung vor der Implantation (Tag 0 bis 4,5), die Entwicklung kurz nach der Implantation (Tag 6,5 bis 20), das Somitenstadium (ab Tag 24), die Embryonen (Tag 37 bis 56) und das fetale Stadium (ab Tag 56). Bei diesen Autoren finden sich auch genaue Angaben zur Länge der Embryonen bzw. Föten ab der 4. Trächtigswoche. Obwohl vor allem am Anfang der Trächtigkeit die Embryonen langsam wachsen, besitzt der Degu im Vergleich zu anderen Caviomorpha eine der kürzesten Trächtigsweiten.

2.5.3 Neugeborene

Die Wurfgröße beim Degu variiert je nach Alter des Weibchens und der Anzahl der vorausgegangenen Würfe zwischen 1 und 10, liegt aber im Durchschnitt bei 5 (173) bzw. 6,8 Jungen (169). Das Geschlechtsverhältnis bei Geburt beträgt 100 weibliche zu 110 männlichen Tieren, und der Entwicklungsstand der Neugeborenen mit einem durchschnittlichen Gewicht von circa 14 g (143, 172, 177) und einer Länge von circa 4 cm (137) ist bei Degus sehr weit fortgeschritten. Die Jungen stellen eine Miniaturform der Adulten dar, können bereits am Tag der Geburt ihr Körpergewicht tragen und bewegen sich in gut koordinierter Form (137). Jedoch variieren die Berichte über den Entwicklungsstand je nach Laboratorium. So waren die Jungen der Degukolonie

in London mit anfangs geschlossenen Augen und nur spärlichem Fellbewuchs weniger weit entwickelt (172) als die Neugeborenen in Vermont, die bereits bei Geburt voll behaart waren und die Augen offen hatten (137). Auch Mettler (106) berichtet, dass die Augen bei Geburt halb oder aber bereits ganz offen sind. Der Entwicklungsstand in freier Natur ist dagegen nicht bekannt. Dennoch sind Degus im Vergleich zu anderen üblichen Labornagern wie Ratte und Maus weiter entwickelt und somit besser geeignet zur Erforschung von „frühkindlichen“ Erfahrungen und Entwicklungen (137). Im Gegensatz zu anderen Nagern tritt beim Degu kein Infantizid auf, die Jungen werden sogar von anderen säugenden Muttertieren im Nest mitversorgt (34). Zur Kommunikation dienen weniger olfaktorische als akustische Formen (175). Auch kommt es gelegentlich zu einer gemeinschaftlichen Nutzung der Nistplätze von *Octodon degus* und *Abrocoma bennetti*, der Chinchillaratte (48). Die natürliche Säugezeit erstreckt sich über einen Zeitraum von vier bis sechs Wochen. Frühestmöglich können die Jungen jedoch im Alter von zwei Wochen abgesetzt werden (169, 172, 173). Bereits in den ersten Tagen kauen die Jungen auf Einstreu, nehmen trockene Kotstippchen und nach sechs bis sieben Tagen festes Futter auf (137). Andere Autoren berichten, dass festes Futter im Alter von zwei Wochen gefressen wird (96, 177). In freier Natur erscheinen die Jungen zum ersten Mal an der Oberfläche im Alter von drei Wochen (48). Nach Weir (172) ist der beste Zeitpunkt zum Absetzen der Beginn des ersten Fellwechsels, der an der Nase beginnt; Lee (96) setzte ihre Degus im Alter von vier bis fünf Wochen mit einem Gewicht von 60 g bis 70 g ab. Eine Trennung vom Muttertier ist nach Mettler (106) nach 6-8 Wochen möglich. Bei Isolation nach dem Absetzen kommt es bei Degus zu ernsthaften Verhaltensstörungen, die sich später in Form von Verängstigung gegenüber Artgenossen und schwieriger Handhabung durch den Menschen ausdrücken (90, 96).

2.6 Anatomie der Bauchhöhlenorgane

In der Literatur finden sich nur wenig Publikationen, die sich mit der Topographie (55, 57) bzw. mit der arteriellen Blutversorgung einzelner abdominaler Organe des Degus befassen (56, 55, 57, 167). Sonstige anatomische Details werden vom Degu nur am Rande erwähnt, ohne dass sie näher erläutert werden (43, 45).

2.6.1 Gastrointestinaltrakt

Eine ausführliche topographische Beschreibung des Gastrointestinaltraktes von *Octodon degus* findet sich bei Gonzalez (57) und Gonzalez und Feder (55). Die folgende Beschreibung des Gastrointestinaltraktes beim Degu beruht vollständig auf diesen beiden Veröffentlichungen.

2.6.1.1 Magen

Je nach Füllungszustand befindet sich der Magen kaudoverdorsal gerichtet in der Regio hypochondriaca sinistra oder reicht über diese hinaus. In Form eines gekrümmten Sackes besitzt er eine *Curvatura major* und eine *Curvatura minor*. An Letzterer mündet im dorsalen Drittel der Oesophagus, und weiter rechts befindet sich die *Pars pylorica* mit dem Pylorus. An der *Facies parietalis* steht der Magen mit dem *Lobus hepatis sinister lateralis* und *Lobus hepatis sinister medialis* in Kontakt und liegt mit seiner *Curvatura minor* auf dem kaudalen Teil des *Processus papillaris*. Mit einem kleinen dorsalen Anteil berührt er das Zwerchfell. Die *Facies visceralis* des Magens stößt linkerseits an die Milz und an den *Lobus sinister* des Pankreas, in der Körpermitte an das *Corpus pancreatis*, den *Lobus pancreatis dexter* sowie an das *Duodenum descendens*, ventral schließlich sich die Jejunalschlingen an. Abhängig von der Zaekumlage kann es in der linken Bauchhöhle zum Kontakt zwischen Zaekum und Magen kommen.

2.6.1.2 Darm

Intestinum tenue

Der anatomische Bau des Dünndarms beim Degu unterscheidet sich nicht nennenswert von dem anderer, herkömmlicher Nagetiere wie Ratte und Maus.

Duodenum

Das Duodenum gliedert sich beim Degu, vergleichbar zu anderen Säugetieren, in drei Abschnitte: in die *Pars cranialis duodeni*, die *Pars descendens duodeni* und in die *Pars ascendens duodeni*. Die *Pars cranialis duodeni* hat ihren Ursprung am Pylorus, verläuft rechts kraniodorsal und geht mit der *Flexura duodeni cranialis* in die

Pars descendens über. Letztere verläuft kaudal und steht sowohl mit dem Lobus hepatis dexter lateralis, dem Processus caudatus des Lobus caudatus der Leber als auch an ihrem Margo mesenterialis mit dem Lobus pancreatis dexter in Verbindung. Ventral der rechten Niere und rechten Nebenniere geht sie in die Flexura duodeni caudalis über, die über die Mediane nach links zieht.

Die anschließende Pars ascendens duodeni verläuft auf der linken Körperseite kranial, berührt die Facies visceralis des Magens und wendet sich kranial der Arteria mesenterica cranialis in Form der Flexura duodenojejunalis über rechts nach kaudal. Am Margo mesenterialis der Pars ascendens duodeni befindet sich das Corpus pancreatis.

Jejunum

Das Jejunum hat seinen Ursprung an der Flexura duodenojejunalis, es befindet sich in Form von zahlreichen Windungen ventral in der Bauchhöhle und wird nur bis auf Höhe des Nabels vom Omentum majus bedeckt. Kaudal davon liegt es direkt der ventralen Bauchdecke an. Kraniodorsal stehen die Windungen sowohl mit dem Duodenum als auch mit dem Colon transversum, kranioventral mit dem Magen und kaudodorsal meistens mit dem quer verlaufenden Anteil des Colon ascendens in Verbindung. Je nach Magenfüllung kann sich das Jejunum auch weiter kranial am Margo acutus des Lobus hepatis dexter medialis, eventuell sogar am Lobus hepatis sinister medialis befinden. Rechts der Windungen liegt der Hauptteil des Colon ascendens und in den meisten Fällen links und kaudal das Zaekum. Je nach Zaekumlage kann das Jejunum auch in Kontakt mit dem Hodenfettpolster oder dem Uterus stehen.

Ileum

Je nach Lage des Zaekums variiert die Position des medial davon liegenden Ileums. So verläuft es nach Gonzalez' (57) Untersuchungen hauptsächlich kaudokranial, kann aber auch kraniokaudal zu finden sein. Selten dagegen zieht es von links kaudal nach rechts kranial. Als Besonderheit des Ileums soll angemerkt werden, dass dem Degu eine Plica iliocaecalis fehlt.

Intestinum crassum

Der Dickdarm lässt sich in das Zaekum, das Colon und das Rektum unterteilen; er zeigt beim Degu einige Besonderheiten in Bezug auf Form und Lage.

Zaekum

Das Zaekum setzt sich aus drei Abschnitten zusammen: dem Caput caeci, dem Corpus caeci und der Apex caeci. Zusätzlich finden sich bei allen Tieren eine große und kleine Krümmung und eine Facies dexter und Facies sinister mit jeweils einer Taenia caeci. Im Bereich der Facies dexter der kleinen Krümmung mündet am Caput caeci das Ileum mit dem Ostium ileale. Ebenfalls an der rechten Seitenfläche des Blinddarmkopfes liegt bei den meisten Tieren das Ostium caecocolicum mit dem Ursprung des Colon ascendens.

Innerhalb der Bauchhöhle zeigt das Zaekum geschlechtunabhängig, aber füllungsabhängig eine sehr große Lagevariabilität aufgrund der fehlenden serösen Verbindungen (keine Plica iliocaecalis, keine Plica caecocolica) zu den Nachbarorganen. Lediglich das Mesocaecum inseriert an der Facies dextra. Der große Bewegungsfreiraum ermöglicht damit verschiedene Formen, eine Sack-, Schnecken-, U- und S-Form.

Nach den Ergebnissen von Gonzalez (57) kann der Blinddarm drei verschiedene Lagevarianten einnehmen. Bei der Mehrzahl der Tiere beanspruchte das Zaekum dabei den Platz ventral und links in der Bauchhöhle; bei einem einzigen von 20 Degus lag das gesamte Zaekum dagegen in der rechten Hälfte des Abdomens (57). Je nach Lageposition der einzelnen Blinddarmabschnitte berühren diese wiederum unterschiedliche Nachbarorgane. Eine Beschreibung dieser Beziehungen erfolgt bei den jeweils betroffenen Organen.

Kolon

Das Kolon besteht auch beim Degu - wie bei anderen Säugetieren - aus drei Abschnitten, dem Colon ascendens, dem Colon transversum und dem Colon descendens.

Der erste Kolonabschnitt, das Colon ascendens, hat seinen Ursprung am Ostium caecocolicum an der Facies dextra der kleinen Krümmung des Caput caeci; er lässt

sich in einen Anfangs-, einen Mittel- und einen Endabschnitt einteilen. Abhängig von der Lage des Blinddarmkopfes variiert der Anfangsabschnitt des Colon ascendens sehr stark. Generell befindet sich der Mittelabschnitt des Colon ascendens nach Gonzalez (57) im rechten abdominalen Bereich in Kontakt mit der Leber, den Jejunalschlingen und dem Zaekum. Dieser Darmabschnitt zeigt dabei zwei verschiedene Formen, entweder (in den meisten Fällen) eine scheibenförmige Gestalt oder eine kraniokaudal verlaufende Schlinge. Beide Formen setzen sich aus einem Gyrus centripedalis, einer Flexura centralis und einem Gyrus centrifugalis zusammen, die über das Mesocolon ascendens miteinander verbunden sind. Die Scheibenform entsteht, indem sich jeder Gyrus mit einer zentripetalen bzw. zentrifugalen Windung von 540° um die Flexura centralis als Mittelpunkt dreht.

Bei drei Degus fand Gonzalez (57) als Mittelabschnitt des Colons ascendens eine Schlinge, die sich dadurch ergibt, dass die beiden Gyri sich nicht in Form einer Scheibe zusammenlegen, sondern dass die Flexura centralis auf der linken Abdomenhälfte im Bereich des Beckeneingangs zu liegen kommt. Bei dieser Konfiguration verläuft der Gyrus centrifugalis ventral des Gyrus centripedalis.

Das Colon transversum zeigt einen transversalen Verlauf von rechts nach links kaudal der Facies visceralis des Magens und geht nach einer kaudal gerichteten Wendung zwischen Magen und linker Niere in das Colon descendens über.

Bei der einen Hälfte der untersuchten Tiere von Gonzalez (57) verlief dieser Colonabschnitt in ein bis vier dorsoventral gerichteten Schlingen, bei der anderen gradlinig. Je nach Form und Lage der anderen Organe berührt das Colon transversum rechts das Pankreas und links die Facies visceralis des Magens, dorsal das Duodenum ascendens und ventral und kaudal die Jejunalschlingen.

Dorsal und in der linken abdominalen Seite befindet sich das Colon descendens, das sich der Medianen entlang ventral der Lendenwirbelsäule fortsetzt, um ins Rektum überzugehen. Dabei berührt es auf seinem Weg kaudal die linke Niere und steht bei einzelnen Degus in Kontakt zur linken Nebenniere. Bei den männlichen Tieren liegt es im kaudalen Bereich an der linken Samenblasendrüse und bei den weiblichen dorsal auf dem Corpus uteri.

Rektum

Der Endabschnitt des Dickdarms, der in den Canalis analis mündet, findet sich ventral des Kreuzbeins und der ersten Schwanzwirbel. Bis in den Bereich des dritten Lendenwirbels liegt das Rektum intraperitoneal und anschließend retroperitoneal und war am Kreuzbein sowie an den ersten Schwanzwirbeln durch Bindegewebe befestigt.

2.6.1.3 Darmanhangsdrüsen

Leber mit Gallenblase

Die Leber liegt überwiegend rechts und vollständig im intrathorakalen Bereich des Abdomens. Sie hat eine konvexe Facies diaphragmatica und eine konkave Facies visceralis. Deutliche Incisurae interlobares unterteilen die Leber in verschiedene Lappen, wodurch sich ein Lobus hepatis sinister lateralis, ein Lobus hepatis sinister medialis, ein Lobus quadratus, ein Lobus hepatis dexter lateralis, ein Lobus hepatis medialis sowie ein Lobus caudatus ergeben.

Der größte Leberlappen, der Lobus hepatis sinister lateralis, hat durch den Kontakt zum Magen eine Impressio gastrica und durch den mit dem Ösophagus eine Impressio oesophagea.

Der Lobus hepatis sinister medialis ist wesentlich kleiner als der linke laterale Leberlappen und berührt mit seiner Facies visceralis die Pars pylorica des Magens.

Dorsal der Incisura ligamenti teretis, zwischen Lobus hepatis sinister medialis und Lobus hepatis dexter medialis, liegt der kleine und dreieckige Lobus quadratus, der beim Degu nicht immer deutlich abgesetzt ist.

Die Viszeralfläche des Lobus hepatis dexter medialis weist ventral eine deutliche Impressio duodenalis durch die Pars cranialis duodeni auf.

Der größere Lobus hepatis dexter lateralis besitzt an seiner Facies visceralis einen Teil der Impressio renalis, die von der rechten Niere gebildet wird und sich auf dem Processus caudatus des Lobus caudatus fortsetzt.

Der Lobus caudatus liegt dorsal der Vena portae und setzt sich aus dem Processus papillaris und dem Processus caudatus zusammen. Sein Processus papillaris erstreckt sich auf die Vena portae und wird von der Curvatura minor des Magens durch das Ligamentum hepatogastricum getrennt. Dorsal am Processus caudatus liegt die

tiefe Impressio renalis, die in diesem Bereich von der Vena cava caudalis medial durchzogen wird. Zusätzlich findet sich an der Facies visceralis dieses Processus eine Impressio duodenalis, gebildet durch die Pars descendens duodeni.

Die gut ausgebildete Vesica fellea ist in der oberen Hälfte der Incisura ligamenti teretis in der Fossa vesicae felleae zwischen dem Lobus hepatis sinister medialis und dem Lobus hepatis dexter medialis eingebettet. Aufgrund ihrer Lage und ihres geringen Umfangs ist sie weder von der Facies diaphragmatica noch von der Facies visceralis aus sichtbar. Der dazugehörige Ductus choledochus stellt die Fortsetzung der Verbindung des Ductus hepaticus communis aus der Leber mit dem Ductus cysticus aus der Gallenblase dar. Er gelangt im Ligamentum hepatoduodenale zum Pars cranialis duodeni, um hier zu münden.

Erwähnenswert ist, dass die Leber der Degus im Vergleich zur Leber der Wistarratte eine wesentlich höhere Aktivität der mikrosomalen Enzyme, die pharmakologische Substanzen metabolisieren, aufweist. Dadurch ergibt sich einerseits eine extrem hohe Toleranz gegenüber den pharmakologischen Effekten von Morphin (97), andererseits aber eine höhere Sensibilität gegenüber Organophosphatpestiziden wie Malathion (13).

Pankreas

Die breitflächige Bauchspeicheldrüse verläuft dorsal in der kranialen Bauchhöhle transversal von rechts nach links zwischen den Serosalamellen des großen Netzes und denen des Mesoduodenum. Sie reicht dabei von der Facies visceralis des Magens bis zur Milz.

Die Bauchspeicheldrüse zeigt sich nach Gonzalez' Untersuchungen (57) als ein läppchenförmiges, hellrosarotes Drüsengewebe und lässt sich in das Corpus pancreatis, den Lobus pancreatis dexter und den Lobus pancreatis sinister unterteilen. Als weitere Strukturen finden sich ein Anulus pancreaticus für den Durchtritt der Vena portae und im Bereich der Flexura duodeni caudalis ein Fenestrum pancreatis, das vollständig von Pankreasgewebe umgeben und von einer Serosadoppellamelle des Mesoduodenum überzogen ist. Die eigentliche Organform kann aber individuell variieren.

In Pankreaszellen von Degus konnten Herpesviren nachgewiesen werden, die sich in dieser Form auch in der Speicheldrüse finden ließen (46, 159). Außerdem zeigten

sich Alpha-Zell-Kristalle sowie Inselzellamyloidosen (46, 99). Liss et al. (99) und Fox und Murphy (46) bringen letztere zwei Phänomene in Verbindung mit Diabetes mellitus. Spear et al. (160) bestätigen dies jedoch nicht, sondern interpretieren diese Phänomene als Alterserscheinungen.

2.6.2 Milz

Die Milz liegt fast vollständig in der Regio hypochondriaca sinistra zwischen der Facies parietalis des Magens und der Pars costalis des Zwerchfells. Ihre längliche, zungenförmige Gestalt mit einem dreieckigen Querschnitt ist dorsoventral und kraniokaudal gerichtet. Ihre Facies medialis mit dem Hilus lienis berührt den Magen, ihre Facies lateralis das Zwerchfell (57).

In der HE-Färbung lässt sich bei der Milz des Degus als Besonderheit feststellen, dass die Milzsinusoide von endothelialen Zellen kubischer Morphologie umgeben sind. Dadurch entsteht ein typisches drüsenartiges Erscheinungsbild, was für die mikroskopische Milzstruktur unüblich ist (109).

2.6.3 Nebennieren

Über die Nebennieren des Degus ist lediglich bekannt, dass sie bezogen auf das Körpergewicht im Vergleich zur weißen Labormaus (mit gleicher Körpergröße) eine ungewöhnliche Größe aufweisen (50, 110). Galli und Marusic (50) geben das Gewicht der Nebennieren im Verhältnis zu 100 g Körpergewicht mit 104 +/- 14 mg an. Murphy et al. (109) bestimmten bei einer Gruppe von 68 Tieren ein durchschnittliches Nebennieren-Körpergewicht-Verhältnis von 0,08 %.

Als Besonderheit synthetisiert die Nebenniere beim Degu im Gegensatz zu Ratte und Maus Cortisol und Corticosterone als Hauptcorticoide (50).

2.6.4 Urogenitaltrakt

Üblicherweise besteht der Urogenitaltrakt aus den Harnorganen und aus den weiblichen bzw. männlichen Geschlechtsorganen. Für sonographische Untersuchungen beim Degu relevante anatomische Angaben über den Ureter, die Harnblase und die Urethra konnten trotz intensiver Literaturrecherche nicht gefunden werden.

2.6.4.1 Nieren

Über die Anatomie der Nieren des Degus finden sich in der Literatur kaum Informationen. Lediglich im Zusammenhang mit Untersuchungen zur physiologischen Konzentrationsfähigkeit der Nieren sind einzelne anatomische Angaben vorhanden. Nach Fonda und Horst (45) ist die Niere des Degus glatt und einwarzig und besitzt ein relativ gut ausgebildetes Nierenmark mit sekundären Markpyramiden und ein komplexes Nierenbecken mit spezialisierten „Fornices“. Ein oder zwei Ductus papillari(e)s münden an der Papilla renalis. Absolute Größenangaben fehlen in der Literatur.

Als funktionelle Besonderheit verfügen die Nieren des Degus über ein sehr hohes Urinkonzentrationsvermögen von 4338 +/- 82 mosm/kg nach Wasserentzug und 756 +/- 197 mOsm/kg bei normalem Wasserhaushalt (31). Nach Untersuchungen an Degus in freier Wildbahn variiert die durchschnittliche Urinosmolalität je nach Futterangebot zwischen 3137 +/- 472 mosmol/kg im Sommer und 1123 +/- 472 mosmol/kg im Winter (16). Außerdem hat der Degu die ungewöhnliche Fähigkeit, einerseits Kalium im Urin zu einem höheren Prozentsatz zu konzentrieren als Natrium und andererseits Magnesium zu retinieren (6).

In einer Studie überprüften Galli et al. (50), ob beim Degu ein ähnlicher Harnkonzentrierungsmechanismus vorliegt, wie er vom Gerbil bekannt ist. Das dafür beim Gerbil verantwortliche Hormon 19-Hydroxy-11-deoxycortisol, das von den Nebennieren sezerniert wird, konnte beim Degu jedoch nicht nachgewiesen werden.

2.6.4.2 Weibliche Geschlechtsorgane

Bei der äußeren Adspektion lassen sich von den weiblichen Geschlechtsorganen des Degus die Gesäugeleiste, der deutliche Harnröhrenzapfen und die Vulva erkennen.

Das Deguweibchen besitzt vier Zitzenpaare, ein inguinale und drei weitere laterale, die auf einer Linie zwischen Hinter- und Vordergliedmaßen angeordnet sind (110, 179). Außerhalb der Vagina mündet das Ostium urethrae externum. In diesem Bereich befindet sich eine deutliche Vorwölbung, bei der es sich nach Sassenburg (152) und Ewringmann und Glöckner (40) um den so genannten Harnröhrenzapfen handelt, an dem die Urethra mündet. Fehr et al. (43) bezeichnen diesen Bereich dagegen als Präputium clitoris und weisen darauf hin, dass diese Vorwölbung leicht mit dem Prä-

putium des männlichen Degus bei der Geschlechtsdifferenzierung verwechselt werden kann. Der Anogenitalabstand ist jedoch beim Bock größer als beim weiblichen Degu (43).

Wie die meisten anderen Hystricomorpha auch hat der weibliche Degu eine Vaginalmembran, die jedoch sehr fragil ist und bei manchen Tieren über Wochen hinweg teilweise oder komplett perforiert sein kann, ohne dass es sich dabei um einen pathologischen Zustand handelt (174).

Ovarien

Das Ovar ist bei adulten Degus ovoid und liegt in der Nähe des kaudalen Nierenpols. Dabei ist es über das Mesovarium und die Tuba uterina über das Mesosalpinx mit der dorsalen Bauchhöhlenwand verbunden. Die Oberfläche des Ovars ist typischerweise glatt, weder Follikel noch Gelbkörper wölben sich deutlich vor. Üblicherweise liegen die Oozyten unter der Tunica albuginea, wobei eine Zentrierung vor allem an den Polen erfolgt. Wie bei Chinchillas und Plainviscachas treten auch beim Degu polyovoide Follikel auf. Obwohl die Geschlechtsreife bei weiblichen Degus erst mit circa sechs Monaten erreicht wird, lässt sich mindestens ein großer (500 µm) Follikel bereits im Alter von zwei Wochen nachweisen. Diese Follikel, meist polyovoid, ovulieren aber nicht, sondern bilden sich zurück, manchmal sogar in Form eines haemorrhagischen Corpus luteum. Weir und Rowlands (174) sehen darin eine Möglichkeit, die ungewünschten polyovoiden Follikel bereits im frühen Lebensabschnitt zu eliminieren. Im Gegensatz zum Meerschweinchen findet sich im Ovar des Degus reichlich interstitielles Gewebe, das eine vakuolenförmige Struktur aufweist und eventuell Cholesterol oder andere Steroidvorstufen sezernieren kann. Auch scheint dieses Gewebe in der fortgeschrittenen Trächtigkeit zu luteinisieren. In der Ausbildung von reichlich luteinisierendem Gewebe bei Hystricomorphen sehen Weir und Rowlands (174) eine Notwendigkeit für die Aufrechterhaltung der langen Trächtigkeitsdauer.

Uterus

Nach Ewringmann und Glöckner (40) handelt es sich beim Uterus des Degus um einen Uterus duplex, dessen beide Hörner im kaudalen Bereich durch ein Ligamen-

tum intercornuale miteinander verbunden sind, jedoch mit jeweils einer eigenen Cervix in die Vagina münden.

2.6.4.3 Männliche Geschlechtsorgane

Der männliche Geschlechtsapparat unterscheidet sich in einzelnen Bereichen von den generellen Formen bei männlichen Säugetieren, jedoch werden viele dieser Besonderheiten von anderen caviomorphen Nagern geteilt (26).

Die männlichen Geschlechtsorgane des Degus sind von außen gekennzeichnet durch den perianalen Kreis in der Regio inguinalis und einen nach kaudal gerichteten Penis.

Der perianale Kreis, ein ellipsenförmiger, schwach behaarter Hautbezirk mit deutlich rauher Oberflächenstruktur (43), ist circa 25 mm lang und 15 mm breit und leicht identifizierbar. Darunter liegt ein Paar subkutaner, dünner Muskeltaschen, die von je einem M. cremaster gebildet werden und zu beiden Seiten paramedian des Penis liegen. Sie beinhalten die Cauda epididymidis des jeweiligen Nebenhodens (26). Ein speziell für den Hoden ausgebildetes Skrotum fehlt generell bei allen Hystricomorpha (173).

Der Penis findet sich im Präputium, kranial des perianalen Kreises. Er setzt sich zusammen aus dem Baculum (Os penis), aus den zwei Corpora cavernosa penis, den zwei Corpora spongiosa penis und der Glans penis (30, 26, 43). Die Corpora cavernosa penis sind so eng miteinander verbunden, dass man auch von nur einem Corpus cavernosum sprechen könnte; sie ermöglichen im erigierten Zustand die Ausrichtung des Penis in kranialer Richtung (26).

Hoden

Über die tatsächliche Lage der Hoden und die dazu passende anatomische Beschreibung gehen die Meinungen innerhalb der Publikationen auseinander. Zwar sind sich die Autoren einig, dass die Hoden sich intraabdominal im inguinalen Bereich befinden, ob sich aber nur der Nebenhodenschwanz oder der gesamte Hoden im Kremastersack befindet, darüber gehen die Meinungen auseinander.

So zählt Bedford (3) *Octodon* zu der Gruppe der natürlichen Kryptorchiden und erklärt, dass die Hoden von *Octodon* subintegumental im Kremastersack liegen. Dabei

liegt das Cauda epididymidis beim Degu direkt unter der Hautoberfläche neben dem Penis. Die Hodenlage kann nach Bedfords Auffassung nicht als skrotal bezeichnet werden, weil die Hoden aus der abdominalen Höhle nicht ausreichend heraustreten. In einer weiteren Publikation 1982 greifen Bedford et al. (4) den Begriff des natürlichen Kryptorchismus noch einmal auf und weisen darauf hin, dass diese Hodenlokalisierung auch bei der Moschusspitzmaus (*Suncus murinus*) zu finden ist.

Nach Contreras und Bustos-Obregón (26) liegen die Hoden intraabdominal im Bereich des perianalen Kreises und steigen nie in eine skrotale Position ab. Lediglich der Schwanz des Nebenhodens befindet sich im Kremastersack. Die Bezeichnung dieses Zustandes als fakultativer Kryptorchismus durch Weir (173) wird von Contreras und seinen Kollegen abgelehnt, und es wird eine Klassifizierung als Typ 3 auf einer willkürlich gewählten Skala von 1 bis 6 der testikulären Migration bei Säugetieren vorgeschlagen. Nach Angaben von Sassenburg (152) letztendlich befinden sich die Hoden in einer vom M. cremaster verschlossenen Bauchhöhlenausbuchtung und lassen sich durch einen leichten Druck in die Regio inguinalis verschieben.

Die Hoden sind längsoval und spitzen sich kaudal zu. In der Mitte eines jeden Hodens befindet sich ein Mediastinum testis. Nach Fehr et al. (43) beträgt der Hodendurchmesser an der breitesten Stelle 4 mm – 6 mm, die Länge 8 mm – 18 mm. Der Funiculus spermaticus wird von Fettgewebe umgeben (43), und der Plexus pampiniformis ist nur reduziert ausgebildet (26).

Aufgrund des jahreszeitabhängigen Reproduktionszyklus variieren die Aktivität, die Größe und das Frischgewicht (0,1 g – 10 g) der Hoden von frei lebenden männlichen Degus (26). Allgemein kann man aber wohl von einem Wert zwischen 2,09 g und 2,45 g ausgehen (119). Contreras und Bustos-Obregón (27) weisen jedoch darauf hin, dass das Hodengewicht in keiner Beziehung zum Körpergewicht oder zum Alter des wild lebenden Degus steht.

Nebenhoden

Der Epididymidis legt sich an der dorsolateralen Fläche dem Hoden eng an. Er setzt sich aus drei Anteilen zusammen, dem Caput, dem Corpus und der Cauda epididymidis.

Das Caput epididymidis und die Cauda epididymidis befinden sich am kranialen bzw. kaudalen Hodenpol und sind im Gegensatz zum dünnen Nebenhodenkörper deutlich

ausgebildet. Während Nebenhodenkopf und –schwanz an der äußeren Hodenkante sitzen, windet sich das Corpus epididymidis mehr nach innen und erweckt dadurch den Eindruck, hinter den Hoden zu treten. Nebenhodenkopf und –körper werden von einem Fettkörper umgeben, der abhängig vom Ernährungszustand des Degus unterschiedlich stark ausgeprägt ist (26, 43). Wie oben bereits erwähnt, befindet sich die Cauda epididymidis im Kremastersack. Durch diese Lage und thermisch isoliert durch den gering durchbluteten Fettkörper kann die für die Spermien-speicherung notwendige niedrigere Körpertemperatur garantiert werden (28, 26).

Samenleiter

Der Ductus deferens ist 3,3 cm lang und hat einen Durchmesser von 1 mm. Er zieht von der inneren Grenze der Cauda epididymidis Richtung Beckenhöhle, um dort im Bereich der Prostata in die Urethra zu münden (26).

Akzessorische Geschlechtsdrüsen

Die Glandulae genitales accessoriae bestehen beim männlichen Degu aus den paarigen Glandulae vesiculares, den paarigen Glandulae prostaticae und den paarigen Glandulae bulbourethrales.

Samenblasendrüse

Die paarigen, mit zahlreichen Divertikeln versehenen (173) Glandulae vesiculares bestehen aus einem weit ausladenden vorderen Abschnitt und einem zugespitzten hinteren. In frischem Zustand wiegen die Drüsen abhängig von der Jahreszeit zwischen 0,047 g und 0,350 g (27). Auf ihrem Weg Richtung Urethra verlaufen sie beid-seits parallel zum jeweiligen Ductus deferens, bevor beide unabhängig voneinander in den kranialen Anteil der Pars prostatica der Urethra münden. Dabei erfolgt der Eintritt der Samenblasendrüsen dorsal des Ductus deferens. Nach Fehr et al. (43) liegen die Samenblasendrüsen den Hoden kranial und medial an und sind mit ihnen über je ein gefäßführendes Gekröse verbunden.

Das Sekret der Glandulae vesiculares bildet zusammen mit dem der Prostata den Kopulationspfropf, der als hilfreicher Kopulationsindikator verwendet werden kann (173).

Vorsteherdrüse

Die Prostata ist beim männlichen Degu gut entwickelt und umgibt die beiden Ductus deferentes und die paarigen Glandulae vesiculares beim Eintritt in die Urethra. Die Drüsen bestehen aus drei paarigen, eng aneinander liegenden lateralen Prostatalappen: dem anterioren, dem medialen und dem posterioren. Diese Lappen setzen sich aus verzweigten tubulären Strukturen zusammen, deren Gänge sich zu terminalen Sammelgängen zusammenschließen, die an der dorsalen Grenze der Pars prostatica urethrae münden. Bei adulten Tieren ist die Prostata 18 mm lang und 1,5 mm dick und erscheint abgeflacht, in die Länge gezogen und herzförmig. Die Drüsenlappen spitzen sich kaudal zur Mediane hin zu, während sie nach kranial von der Medianen aus divergieren (26).

Harnröhrenzwiebeldrüse

Die kugelförmigen, paarigen Drüsen mit einem Durchmesser von 5,8 mm sind in Form einer Leiste mit der Urethra verbunden. Diese Leiste besitzt einen Gang mit einer Länge von 8,3 mm und einen Durchmesser von 0,5 mm. Außerdem besteht ein enger Kontakt zum M. bulbospongiosus und zum M. levator ani (26).

2.7 Anwendung der abdominalen Sonographie bei kleinen Heimtieren

Diente die abdominale Sonographie im Kleintierbereich zunächst hauptsächlich der klinischen Diagnostik bei Hund und Katze (11, 23, 76, 85, 94, 125, 123, 170, 171), so gewinnt diese moderne Untersuchungsmethode in den letzten Jahren durch die Entwicklung von höherfrequenten Schallköpfen auch bei kleinsten Labor- und Heimtieren wie Ratte, Maus, Meerschweinchen, Kaninchen und Frettchen zunehmend an Bedeutung.

2.7.1 Ratte und Maus

Ratte und Maus stellen seit vielen Jahren gängige Tierversuchsmodelle dar, da sie unter Versuchsbedingungen gut zu handhaben und leicht vermehrbar sind. Ein Bereich der Forschung an diesen Tieren befasst sich mit der Etablierung neuer Diag-

nostikverfahren, die neben den diagnostischen Zielen auch zur Erfüllung der drei „R“s (Refinement, Replacement, Reduction) beitragen. Die Sonographie stellt dabei ein herausragendes Instrumentarium dar, das den Nachweis von Organ- und Perfusionsveränderungen zulässt, ohne die Tiere einer Sektion unterziehen zu müssen. Gleichzeitig ermöglicht sie es, Verlaufsuntersuchungen durchzuführen, die besonders in der Tumorforschung von großer Bedeutung sind. In der Regel werden diese kleinen Nager nur unter Narkose bzw. Sedation sonographisch untersucht, es gibt aber eine Studie von Winters et al. (178), bei der die Nieren von Mäusen ohne Sedation sonographisch beurteilt wurden.

Abdominale B-Bild-sonographische Untersuchungen erfolgten bei der Ratte in den letzten Jahren unter anderem im Bereich des Dünndarms. Dabei verglichen Berlin et al. (10) die diagnostische Genauigkeit der Sonographie (10 MHz-Sonde) mit der Röntgendarstellung bei Dünndarmobstruktionen, die vor allem bei Kindern eine klinische Relevanz darstellen. Bei dieser Studie ergab sich, dass die Ultraschalluntersuchung wesentlich genauer war als die röntgenologische; die Autoren verbanden mit diesen Ergebnissen die Hoffnung, den sonographischen Einsatz im Bereich der Dünndarmobstruktionen bei Kindern voranzutreiben.

Bei Mäusen wurde die abdominale Sonographie in den letzten Jahren zur Untersuchung der autosomal-rezessiven polyzystischen Nierenerkrankungen eingesetzt (164, 178), einer Untersuchungsmethode, die 1997 erstmals von Winters et al. (178) bei Mäusen mit diesen Nierenveränderungen eingeführt wurde. Dabei zeigte sich, dass die sonographischen Nierengrößen von veränderten und nicht veränderten Nieren mit den postmortem Werten von Preminger et al. (131) vergleichbar waren. Unter Sweeney et al. (164) wurde die Nachweismethode bei gleichem Krankheitsbild aufgegriffen, um pharmakologische Auswirkungen auf die Zystenbildung zu überprüfen. Neben der Ermittlung von therapeutischen Auswirkungen auf die Nierenerkrankung wurden in dieser Studie mit Hilfe einer 15 MHz-Sonde gewonnene sonographische Daten mit histologischen und Nierenfunktionswerten verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Nierenlänge mit Hilfe des Ultraschalls vor allem in den ersten Lebensstagen der Tiere mit einer Genauigkeit von 98-99 % ermittelt werden konnte.

2003 gelang es Chang et al. (24) an unsedierten und unrasierten Mäusen mit Hilfe einer 14 MHz-Sonde die Morphologie und die Größe der Embryonen ab Trächtig-

keitstag 7,5 bis 18,5 festzustellen. Die Autoren wiesen darauf hin, dass die abdominale Sonographie bei trächtigen Mäusen eine hervorragende Methodik bietet, bestimmte embryonale Entwicklungsstadien anzusprechen; dadurch kann bei anschließender Embryogewinnung verhindert werden, dass unnötig Muttertiere getötet werden, deren Feten nicht den gewünschten Entwicklungsstatus aufweisen.

Neben dem Einsatz der B-Bild-Sonographie bei Organveränderungen und Trächtigkeiten findet diese Diagnostikmethode aber auch Anwendung bei pathologischen Veränderungen von großen Gefäßen. So zeigten Knipp et al. (89), dass die sonographische Ermittlung des Aortadurchmessers mit einer 10 MHz-Sonde bei Ratten und Mäusen bei Aortaaneurysmen eine praktische Alternative zur Videomikroskopie darstellte, obwohl die Bestimmung des transversalen Gefäßdurchmessers sich als schwierig erwies. Die Autoren weisen darauf hin, dass sich neben der Ermittlung des Durchmessers die sonographische Aortadarstellung auch zur Überprüfung von pharmakologischen Auswirkungen und zur Feststellung von Thromben und Gefäßwandverdickungen eignet.

Bei der Tumorforschung an Ratte und Maus findet sowohl die B-Bild- als auch die Dopplersonographie ihren Einsatz. Generell dient dabei die B-Bild-Sonographie dem Nachweis von Organveränderungen, während die Dopplersonographie Aufschluss über die Perfusionszustände der Tumoren ermöglicht.

Bereits 1983 untersuchten Ikinger et al. (63) die Nachweismöglichkeit von induzierten Hodentumoren mit Hilfe einer 8 MHz-Schallsonde und erklärten, dass (zum damaligen Zeitpunkt) die Ultraschallmethodik zur Erkennung von akuten Hodenerkrankungen effektiver sei als die Szintigraphie und die Dopplersonographie.

1999 stellten Kuriyama et al. (91) bei induzierten Lebertumoren an Ratten unter Verwendung einer 8,7 MHz-Sonde fest, dass die Sonographie eine hilfreiche und nicht-invasive Möglichkeit bietet, die Entstehung von Cholangiocarcinomen zu überwachen. Die Autoren schlugen aufgrund ihrer positiven Erfahrungen die Anwendung der Sonographie für andere maligne intrahepatische Neoplasien wie metastatische Lebertumore und hepatozelluläre Karzinome vor. Die Untersuchung der letztgenannten Tumorform unternahmen Mai et al. (102) und überprüften die Sensitivität und Spezifität der Ultraschalluntersuchung für den Nachweis der Leberzellkarzinome bei sedierten Mäusen mit Hilfe einer 15 MHz-Sonde. Dabei ergab sich, dass für den Nach-

weis von Leberknoten die Sensitivität bei 75 %, die Spezifität bei 100 % und die Nachweisgenauigkeit bei 88,5 % lagen. Für die Detektion von lokalen Leberveränderungen ergaben sich etwas geringere Werte (Sensitivität 60 %, Spezifität 97 %, Genauigkeit 75,9 %). Ähnliche Werte ermittelten bereits Lisi et al. (98) für die Wahrscheinlichkeit der sonographischen Leberknotendarstellung bei amerikanischen Waldmurmeltieren (woodchucks) mit induziertem humanem hepatocellulärem Karzinom (HCC).

Neben der Tumorauffindung in abdominalen Organen ist die Darstellung der Tumorperfusion zur Überprüfung der Wirkung von z.B. angiogenetischen Hemmstoffen von Interesse. Untersuchungen dieser Art erfolgen mit Hilfe der Dopplersonographie, wobei oft zusätzlich intravaskuläre Kontrastmittel in Form von „Microbubbles“ verwendet werden (21, 75), die die Darstellung von kleinen Mikrogefäßen ermöglichen. Kamotani et al. (75) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass mit Hilfe der in ihrer Studie erarbeiteten Dopplersonographie mit „Microbubbles“ die vaskulären Wachstumseigenschaften von Tumoren bei Mäusen erforscht werden könnten.

Sowohl Goertz et al. (54) als auch Emoto et al. (39) überprüften mit Hilfe der Dopplersonographie den Effekt einer antivaskulären Therapie auf die Tumordurchblutung bei Mäusen. Dabei kamen Goertz et al. (54) zu dem Schluss, dass die Dopplersonographie eine wichtige Methode bei der Darstellung des Blutflusses in oberflächlichen Tumoren vor allem in präklinischen, therapeutischen Studien sein kann. Jedoch ist es ihrer Meinung nach wahrscheinlich, dass weder die Dopplersonographie noch andere diagnostische Geräte, wie das MRI, allen Anforderungen an die Messung von Blutflüssen gerecht werden können.

Parallel zu der Anwendung der Sonographie wurden bei beiden Tiermodellen auch Studien durchgeführt, die sowohl die sonographischen (83) als auch die dopplersonographischen Darstellungsmöglichkeiten (52, 83) mit denen des MRIs verglichen. Gaschen et al. (52) wiesen aufgrund ihrer Erfahrungen mit beiden Diagnostika darauf hin, dass der Ultraschall im Vergleich zum MRI zwar billiger und praktischer zu handhaben ist, die Auswertung der Befunde aber wesentlich stärker von der Fähigkeit und Erfahrung des Untersuchers abhängt. Nachteilig gegenüber dem MRI zeigte sich laut Kiessling et al. (83) bei der Dopplersonographie auch die Beschränkung der Bewertung auf eine Schnittebene, die bei hoher Variabilität der Tumorvaskularisation nicht

repräsentativ sein kann. Eine Verbesserung dieser Einschränkungen in der Beurteilung von Tumorvaskularisationen wird, nach Meinung der Autoren, vielleicht in Zukunft die Entwicklung von neuen sonographischen 3D Darstellungsmethoden und von Software für die kontrastunterstützte Sonographie ermöglichen.

2.7.2 Meerschweinchen, Kaninchen und Frettchen

Während die Dopplersonographie bei gängigen Nagern wie Ratte und Maus heute bereits im Bereich der Tumorforschung häufig Anwendung findet, beschränkt sich der Einsatz der sonographischen Diagnostik bei Meerschweinchen, Kaninchen und Frettchen vor allem auf das gängige zweidimensionale Real-Time-Verfahren. Dies ist dadurch bedingt, dass die Sonographie bei letztgenannten Tieren hauptsächlich in der tierärztlichen Praxis Anwendung findet und die Tiere dabei nicht routinemäßig für die Untersuchung narkotisiert werden. Dennoch zeigte Gorgas (58) in ihrer Studie, dass die Dopplersonographie sogar für die Nierenuntersuchung nicht sedierter Frettchen geeignet ist.

In vielen Fällen kommt für die Untersuchung von den drei kleinen Heimtieren eine Untersuchungssonde mit einer Frequenz von 5-10,5 MHz zum Einsatz (8, 51, 64, 113, 125, 154, 162). Lediglich bei den Untersuchungen von Niebergalla (112), Frings (47) und Gorgas (58) wurden Sonden mit einer mittleren Frequenz von 12 MHz verwendet.

Bei Meerschweinchen und Kaninchen ist vor allem die Darstellung des Urogenitaltraktes von Interesse, weil diese Tiere häufig mit Veränderungen dieser Organe in der Praxis vorgestellt werden. In vielen Fällen handelt es sich dabei um Harnwegsinfektionen oder um Mineralstoffablagerungen in Form von Kristallen (162), Harngrieß (112) oder - im fortgeschrittenen Stadium und bei geringer Urinausscheidung - in Form von Harnsteinen (112, 162). Generell werden Urolithen aber nicht nur in der Harnblase (51, 112, 133), sondern auch im Nierenbecken, im Ureter (162) und in der Urethra gefunden. Ziel der sonographischen Untersuchung ist es deshalb, neben der Feststellung der Steine auch deren exakte Lokalisation zu bestimmen, um therapeutische Maßnahmen einleiten und die Prognose abschätzen zu können. Im Vergleich zur Röntgenuntersuchung hat die Sonographie den Vorteil, dass der Stein direkt lokalisiert und seine Größe bestimmt werden können (133). Außerdem kann die röntgenologische Darstellung von abdomina-

len Organen vor allem beim Meerschweinchen durch den inhomogenen Ingestagehalt des Darmtraktes erschwert sein, was vor allem für die Nieren gilt (162).

Beim Meerschweinchen dient die Ultraschalluntersuchung des Urogenitaltraktes aber nicht nur der Diagnose von Harnwegsveränderungen, sondern auch der von Ovarialzysten, Trächtigkeiten und von Uterusanomalien wie z.B. Tumoren (64, 112, 154). Früher konnten Ovarialzysten beim Meerschweinchen nur palpatorisch (bei großen Zubildungen) oder nach dem Tod bei der Obduktion diagnostiziert (77) werden. Deshalb wurde nur selten über pathologische Veränderungen dieser Art in der Literatur berichtet. Durch den verstärkten Einsatz der Sonographie zur Untersuchung des Abdomens häuften sich die Feststellungen von Ovarialzysten beim Meerschweinchen (8, 112, 113) in den letzten Jahren, auch wenn diese Tiere selten wegen symmetrischer Alopezie oder palpierbarer Veränderungen im kaudodorsalen Bereich in der Tierarztpraxis vorgestellt wurden (112, 113). Der Einsatz anderer gängiger Diagnostikinstrumente wie der Radiographie gestaltete sich für den Zystennachweis aufgrund der ähnlichen Darstellung von Ovarialzysten, Trichobenzoaren und abdominalen Tumoren (8) als schwierig. Dagegen lässt die Sonographie eine Differenzierung der flüssigkeitsgefüllten Zysten eindeutig zu (8, 112, 113).

Neben dem Nachweis von Ovarialzysten erwies sich die abdominale Sonographie auch sinnvoll für den Trächtigkeitsnachweis beim Meerschweinchen. So konnte mit Hilfe einer 5 MHz-Sonde die Trächtigkeit ab dem 16. Tag erkannt und ab dem 19. Tag mit 100%iger Sicherheit diagnostiziert werden (64). Bei der Verwendung einer 7,5 MHz-Sonde war dagegen bereits am 11. Trächtigkeitstag eine Diagnose möglich (154).

Über die oben genannten Einsatzgebiete hinaus wird in der Literatur auch über den Nachweis von Nebennierentumoren durch Gaschen et al. (51) und von einem Leberabszess bzw. einem Abszess im Beckenbereich (9) berichtet.

Vergleichbar zum Meerschweinchen wurde auch beim Kaninchen die Sonographie bisher hauptsächlich für Untersuchungen des Urogenitaltraktes eingesetzt. Dabei standen neben der Urolithiasis-Diagnostik (42, 133) Untersuchungen des Uterus im Mittelpunkt. Adenokarzinome und uterine Hyperplasien sind häufige Erkrankungen vor allem der Zwergkaninchen (121, 135), das sonographische Bild dieser Erkrankungen wurde von Sommerville (158) beschrieben. Auch Niebergalla (112) bestätigte bei ihren sonographischen und radiologischen Untersuchungen von Zwergkaninchen das häufige Auftreten

von Gebärmutterveränderungen. Hinweise auf solche Veränderungen ergaben sich sonographisch in Form von Wandverdickungen, zystischen Wandbereichen, Verkalkungen und flüssigkeitsgefüllten Uteruslumina.

Neben den Untersuchungen zu Uterusveränderungen dient die Sonographie beim Kaninchen als wichtiges Instrumentarium für die Trächtigkeitsdiagnostik. Aufgrund einer möglichen Pseudogravidität ist der Nachweis von vaginalen Spermien bei diesem Heimtier nicht verlässlich, und eine palpatorische Untersuchung kann erst nach dem 14. Trächtigkeitstag erfolgreich durchgeführt werden. Im Vergleich zu Letzterem konnten Inaba et al. (65) mit Hilfe des Ultraschalls (5 MHz-Sonde) bei einem Kaninchen von zehn die Trächtigkeit bereits am 6. Tag nachweisen. Ein sicherer positiver Befund bei allen Tieren ergab sich aber erst am Tag 9. Die Schätzung der Wurfgröße zwischen Tag 12 und 20 variierte mit einer Differenz von +/- 2. Unter Verwendung einer Sonde mit einer Frequenz von 7,5 MHz gelang es Scherer (154), die Trächtigkeit beim Kaninchen bereits mit 8 Tagen sicher nachzuweisen.

Sonographische Untersuchungen wurden beim Kaninchen aber auch in der tierexperimentellen Forschung eingesetzt. So untersuchten Ackerman et al. (2) bei anästhesierten Kaninchen mit induzierten Vx2 Nierenkarzinomen den Einsatz der Sonographie mit einer 7,5 MHz- und einer 5 MHz-Linearsonde. Dabei wurde unter anderem die Nachweismöglichkeit des Tumors mit dem Ultraschall im Vergleich zur renalen Angiographie und zur exkretorischen Urographie überprüft. Als Ergebnis zeigte sich, dass bei bekannter Lokalisation der Tumor eine Woche nach Induktion bei 50 % der Tiere sonographisch nachgewiesen werden kann. Zu diesem Zeitpunkt war weder eine Detektion über die Angiographie noch über die Urographie möglich.

Zu den sonographischen Untersuchungen beim Frettchen finden sich in der Literatur vor allem Angaben zur Diagnostik von Nebennierentumoren (1, 111, 146), die mit die häufigste Tumorform bei diesen Tieren darstellen.

2004 stellte Frings (47) in ihrer Studie zur abdominalen Sonographie beim nicht narkotisierten Frettchen eine umfangreiche Arbeit vor, die die Möglichkeiten der sonographischen Diagnostik bei diesem Heimtier aufzeigt. Dabei wies sie darauf hin, dass die sonographische Untersuchung des Abdomens eine hervorragende Möglichkeit darstellt, Veränderungen der Milz (Splenomegalie, Lymphome), der Nebenniere (Nebennierentumore), der Nieren (Nierenzysten, Mineralstoffablagerungen bzw. Nierenkalzinosen,

Hydronephrosen) und Geschlechtsorgane (Ovarialtumore, Stumpfpymetritiden) zu diagnostizieren. Prostataveränderungen aufgrund von Nebennierentumoren konnte Frings nicht nachweisen, was aber ihrer Meinung nach an der geringen Anzahl von männlichen Tieren mit Hyperöstrogenismus in der Studie gelegen haben mag. Gerade zur Differenzierung von ovariellen und adrenalem Hyperöstrogenismus bei den weiblichen Frettchen erwies sich die Sonographie als zuverlässiges und unverzichtbares Diagnostikum. Einschränkungen ergaben sich bei der Fähe jedoch bei der Zyklusdiagnostik, da das Auflösungsvermögen der 12 MHz-Sonde zu gering war, um ovarielle Funktionsgebilde anzusprechen.

Obwohl eine Zyklusbestimmung sonographisch nicht möglich ist, erwies sich diese bildgebende Untersuchungsmethode für Frettchenzüchter zum Trächtigkeitsnachweis und zur Bestimmung des Gestationsstadiums als aussagekräftige Methode. Untersuchungen von Peter et al. (126) an narkotisierten Frettchen zeigten, dass eine erstmalige sonographische Darstellung der Feten am Tag 12 nach dem Deckakt möglich war. In diesem Trächtigkeitsstadium konnten auch fetale Blutgefäße aufgezeigt werden.

Gorgas (58) führte die Studie von Frings (47) am Frettchen fort, begrenzte dabei ihre Untersuchungen jedoch auf die sonographische Diagnostik von Nierenveränderungen. Dabei kamen neben der B-Bild-Sonographie die Farb- und PW-Dopplersonographie zum Einsatz. Ähnlich wie bei Frings (47) wurden die Tiere nicht narkotisiert, die verwendete Sonde besaß eine mittlere Frequenz von 12 MHz.

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigten pathologische Nierenveränderungen in Form von Nierenzysten und Mineralstoffablagerungen bzw. Nierenkalzinosen, die bereits von Frings (47) sonographisch diagnostiziert worden waren. Darüber hinaus zeigte sich, dass im Gegensatz zu Hund und Katze beim Frettchen nur größere Nierengefäße dopplersonographisch dargestellt werden konnten. Dies begründete Gorgas (58) mit dem kleineren Gefäßdurchmesser und der damit verbundenen geringeren Fließgeschwindigkeit und erklärte, dass dadurch der diagnostische Wert dieser Gefäßdarstellung für den Nachweis von z.B. Nierentumoren und -infarkten bei den Frettchen deutlich verringert würde. Mit Hilfe der PW-Dopplersonographie wurden Fließprofile dargestellt, deren Kurvenverlauf prinzipiell denen von Hund, Katze und Mensch ähnelte, jedoch folgte aufgrund der niedrigen Gefäßcompliance dem frühsystolischen Peak keine weitere Spitze. Unterschiede bei den Fließprofilen von normalen und veränderten Nieren konnten nicht festgestellt werden. Bei der Auswertung der winkelunabhängigen renalen

Parameter RI und PI zeigte sich, dass diese vom Allgemeinbefinden des Frettchens abhängig waren und im Vergleich zu anderen Tierarten niedrige Normalwerte aufwiesen. Gorgas (58) brachte dies mit der hohen Herzfrequenz der Frettchen und der damit verbundenen Abnahme der Compliance in Verbindung. Interessanterweise hatte auch das Geschlecht bei dieser Tierart Einfluss auf die Fließgeschwindigkeit.

Anhand der Studie von Gorgas (58) zeigte sich, dass sowohl die Farbdopplersonographie aufgrund des geringen Gefäßdurchmessers als auch die Bewertung von messbaren Parametern der PW-Dopplersonographie für die Diagnostik von Nierenveränderungen beim Frettchen zum damaligen Zeitpunkt nur bedingt aussagefähig waren.

3 Material und Methoden

3.1 Material

In diesem Unterkapitel werden die technische Ausrüstung, die Durchführung der anatomischen Vorstudien und die untersuchten Tiere vorgestellt.

3.1.1 Technische Ausrüstung

Für die abdominalen sonographischen Untersuchungen der Degus standen zwei moderne Ultraschallsysteme zur Verfügung, das Phillips Sonos 7500 mit der 15 MHz-Linearsonde (15-6L) (Abb. 1) und das Siemens Sonoline Elegra mit der 6-13 MHz-Linearsonde (VF 13-5) (Abb. 2).

Die Aufzeichnung der Ultraschallbilder erfolgte digital über ein im Ultraschallgerät integriertes, magnetoptisches Diskettenlaufwerk. Für die Auswertung der Ultraschallbilder des Philips Sonos 7500 war es notwendig, die Bilder von der MO-Diskette auf einen Computer zu überführen und sie von einem speziellen, zum Philips Sonos 7500 gehörenden Computerprogramm (Qlab) in Tif-Format umwandeln zu lassen. Die anschließende Ausmessung der Nieren und Nebennieren erfolgte mit Hilfe des Bildanalyseprogramms „UTHSCSA Image Tool for Windows Version 2.02“ (San Antonio, USA).



Abb. 1: 15 MHz-Linearsonde (Philips Sonos 7500)



Abb. 2: 6-13 MHz-Linearsonde (Siemens Sonoline Elegra)

3.1.2 Anatomische Vorstudie

Detaillierte abdominale anatomische Darstellungen von *Octodon degus* sind bis auf die Studie von Gonzalez (57) über die Topographie intraperitonealer Organe ohne Geschlechtsorgane in der Literatur nur spärlich vorhanden. Aus diesem Grunde wurde zur anatomischen Orientierung eine Vorstudie an vier toten Degus (zwei weiblichen und zwei männlichen) durchgeführt. Bei diesen Tieren handelte es sich um Degus aus der Heimtierhaltung, die unabhängig von dieser Dissertation aus unbekannter Ursache verstorben waren.

Im Laufe der systematischen Sektion erfolgte mit Hilfe einer digitalen Spiegelreflexkamera von Nikon (D70S) eine digitale Bilddokumentation der abdominalen Organe und deren Topographie.

3.1.3 Allgemeines zu den untersuchten Tieren

Für die sonographische Untersuchung von Degus ohne medikamentelle Ruhigstellung ist es dringend notwendig, dass die Degus handzahn sind, da die Stressbelastung für die Tiere aufgrund der ungewohnten Fixierung (Umfassung ähnlich der eines Greifvogelgriffes!) sonst zu groß ist; auch macht – ohne diese Voraussetzung - das instinktive Fluchtverhalten eine sonographische Untersuchung unmöglich. Zudem sind verängstigte Degus bissig und fügen dem Untersucher erheblich blutende und schmerzhaft Bissverletzungen zu!

Bei den untersuchten 24 (13 weiblichen und 11 männlichen) Degus handelte es sich ausschließlich um privat gehaltene Tiere, die von den Haltern zur sonographischen Untersuchung vorgestellt wurden. Die jeweilige Untersuchungsdauer wurde auf 20 Minuten begrenzt, um die Stressbelastung für das einzelne Tier gering zu halten. Um bei jedem Tier einen kompletten abdominalen Untersuchungsgang zu ermöglichen, mussten die Degus deshalb wiederholt vorgestellt werden.

Vor jeder Sitzung wurde eine Anamnese aufgenommen. Außerdem wurden die Tiere adspektorisch auf ihr Allgemeinbefinden hin kontrolliert, und ihr Körpergewicht wurde bestimmt. Dabei fiel keines der Tiere durch ein gestörtes Allgemeinbefinden auf.

Die meisten der vorgestellten Degus stammten aus einer Gruppenhaltung zu mehreren Tieren, eine sichere Einzeltieridentifizierung war durch den Halter nicht möglich.

Deshalb wurden zusätzlich Aufzeichnungen über individuelle Merkmale wie Schwanzlänge, Kerben am Ohr und Pigmentveränderungen an der Nase gemacht, um eine spätere sichere Zuordnung des jeweiligen Degus zu garantieren. 3 Tiere waren zwischen 8 und 10 Monate, 4 zwischen 2 und 2,5 Jahre und 17 zwischen 3 und 3,5 Jahre alt. Das Körpergewicht der Degus lag bei den männlichen bei 259 +/- 16,6 g, bei den weiblichen bei 217 +/- 25,8 g, wobei das Gewicht des jeweiligen Degus bei wiederholter Vorstellung bis zu 5 g variierte.

Fünf weibliche Degus wurden zur Abklärung einer möglichen Trächtigkeit vorgestellt, weil sie unbeabsichtigt Kontakt zu einem Bock gehabt hatten. Der mögliche Deckzeitpunkt war bis auf eine Differenz von vier Tagen bekannt. Zwischen der zweiten und der dritten Trächtigungswoche erfolgte die erste Untersuchung, die aufgrund des unsicheren Befundes bei vier Tieren in der folgenden Woche wiederholt werden musste. Nach dieser Untersuchung stellte sich heraus, dass insgesamt zwei Weibchen trächtig waren. Diese beiden Degus wurden daraufhin wöchentlich für Kontrolluntersuchungen vorgestellt. Dabei wurde die jeweilige Untersuchungszeit auf maximal 10 Minuten reduziert und die Untersuchung nur auf die Gebärmutter beschränkt. Trotz der Vorsichtsmaßnahmen kam es bei einem der Weibchen in der 6. Trächtigungswoche aus ungeklärten Umständen zum Abort, worauf diese Untersuchungsreihe an trächtigen Tieren ganz abgebrochen wurde.

3.2 Methoden

Die Methodik beinhaltet Angaben zur Vorbereitung der Tiere zur sonographischen Untersuchung, zu den beiden Vorstudien - Fixation und geeignetes Ultraschallsystem - und zum Untersuchungsgang mit Durchführung der Dopplersonographie.

3.2.1.1 Vorbereitung der Degus für die sonographische Untersuchung

Ein kompletter Futterentzug über 6 bis 24 Stunden, wie er für die abdominale Sonographie bei Hund und Katze (103, 130) etabliert ist, führt beim Degu zum Aufgasen des Gastrointestinaltraktes, was eine sonographische Untersuchung aufgrund der Reverberationen unmöglich macht. Grundsätzlich muss beim Degu im Magendarmtrakt deshalb immer mit Ingesta- und Gasansammlungen gerechnet werden. Einige

Tiere wurden 24 Stunden vor der Untersuchung auf Heufütterung umgestellt. Diese Methode bewährte sich in Hinsicht auf die Kooperationsbereitschaft der Degus, weil angebotenes kohlenhydratreiches Futter während der Untersuchung besser angenommen wurde.

Um eine für die sonographische Untersuchung ausreichende Ankopplung der Sonde an die Tierkörperoberfläche zu garantieren, wurde das Fell des Degus zwischen Rippenbogen und Becken entfernt. Für die Untersuchung der Nieren war es notwendig, die rasierte Fläche nach lateral auszuweiten. Um die Tiere nicht unnötig durch die Rasur zu beunruhigen, wurde ein kleiner und leiser Akkuscherer (Contura von Wella, Darmstadt) verwendet. Dieses Gerät zeichnet sich dadurch aus, dass es durch seine Kompaktheit für kleine Oberflächen sehr gut geeignet ist und ein für die sonographische Untersuchung ausreichendes Scherergebnis liefert. Bei erneuten Untersuchungen innerhalb von vier Wochen musste meist nicht nachgeschoren werden.

Das für die Untersuchung notwendige Kontaktgel wurde vor der Auftragung auf die Deguhaut in der Handfläche vorgewärmt. Zunächst wurde die rasierte Hautfläche mit Gel eingerieben, und anschließend wurde auch der Schallkopf je nach Notwendigkeit wiederholt mit Gel bedeckt. Auf die Aufbringung von Alkohol zur Hautentfettung wurde verzichtet, weil dies zu einer zusätzlichen Auskühlung aufgrund der Verdunstungskälte führt. Aus demselben Grund wurde das Kontaktgel auch vorgewärmt.

Nach Beendigung der Untersuchung wurde das Ultraschallgel mit Zellstoff möglichst vollständig entfernt, damit der Nager bei anschließendem Fellputzverhalten so wenig wie möglich davon aufnahm.

3.2.2 Vorstudien zur Tierfixation und zum geeigneten Ultraschallsystem

Für die Durchführung der Untersuchungen mussten sowohl eine geeignete Fixierungs- und Lagerungsmethode als auch ein geeignetes Ultraschallsystem gefunden werden, die zum einen mit der Kooperation des Degus, zum anderen mit den Untersuchungsanforderungen vereinbar waren.

Zur Fixation standen vier Möglichkeiten zur Auswahl: die Fixation in Rückenlage ohne Nackengriff, die in Rückenlage mit Nackengriff und Lagerung in der Handfläche des Untersuchers, die stehende Lagerung mit Nackengriff und die Fixation mit Brust-

griff in vertikaler Tierposition. Die ersteren drei Fixationen wurden bereits bei Meerschweinchen und Kaninchen bzw. bei Ratte, Maus und Gerbil erfolgreich für die Sonographie eingesetzt; die stehende Lagerung mit Nackengriff wird von Ewringmann und Glöckner (40) für die Degufixierung empfohlen.

Aufgrund der Körpergröße der Degus kamen nur Ultraschallsonden mit einer Frequenz von über 10 MHz in Frage, wie sie sich bereits bei Ratten für sonographische Untersuchungen bewährt hatten (Kapitel 2.7.1). Es standen zwei Ultraschallsysteme (Philips 7500 oder Siemens Sonoline Elegra) mit zwei verschiedenen Sonden (15 MHz bzw. 6-13 MHz) zur Verfügung. Beide Systeme wurden in einer Vorstudie hinsichtlich ihrer Eignung für die abdominale Sonographie beim Degu getestet.

3.2.3 Untersuchungsgang und Dokumentation

Soweit beim Degu möglich wurde der sonographische Untersuchungsgang nach den veterinärmedizinisch etablierten Mustern von Hund und Katze durchgeführt (103, 130). Entgegen dem üblichen Untersuchungsgang wurde jedoch mit der aufwendigen Leberuntersuchung begonnen, weil dabei größte Kooperationsbereitschaft des Tieres gefordert war und sich bei Zufütterung die Untersuchungsbedingungen aufgrund des zunehmend gefüllten Magens verschlechterten. Anschließend erfolgten die sonographische Untersuchung der Organe der linken und rechten Bauchhöhle und zum Schluss die der Harnblase und der distalen Geschlechtsorgane. Dabei wurde jedes Organ hinsichtlich seiner Form und Lage, seiner Echogenität und Echotextur erfasst. Bei der Niere und Nebenniere wurden zusätzlich Organgrößmessungen durchgeführt.

Die Durchführung der dopplersonographischen Untersuchungen zur Bestimmung der Blutflussparameter großer abdominaler Gefäße an drei Degus ohne vorherige Sedierung erfolgte nur exemplarisch und nicht systematisch. Dafür wurde das Gefäß zunächst mit Hilfe des Farbdopplers im Sagittalschnitt identifiziert und anschließend das Messtor im Gefäßlumen positioniert. Um sowohl das Messtor als auch den Blutfluss gleichzeitig beurteilen zu können, musste der Modus zur parallelen Darstellung von B- und M-Mode auf dem Bildschirm gewählt werden.

4 Ergebnisse

Der Teil „Ergebnisse“ dieser Arbeit spaltet sich in zwei Gliederungsbereiche. Im ersten Teil werden die technischen Voraussetzungen und die Handhabung der Degus bei der abdominalen Sonographie beschrieben; der zweite Teil präsentiert die Ergebnisse der abdominalen sonographischen Untersuchungen. Dabei wird einführend die topographische Anatomie anhand von Situsbildern dargestellt, und anschließend werden ihre sonographische Echogenität und Echotextur erläutert. Außerdem werden die für den Degu eingeführten Standardebenen erklärt und absolute Größen von Nieren und Nebennieren angegeben.

4.1 Ultraschallsondenvergleich

In Form einer Vorstudie wurden die beiden Ultraschallsysteme Philips 7500 mit einer 15 MHz-Linearsonde und das Siemens Sonoline Elegra mit einer VF13-5-Linearsonde (6-13 MHz) auf ihre Einsatzfähigkeit beim Degu überprüft. Dabei wurden die Durchführbarkeit des Untersuchungsvorganges und die Ergebnisse der Organdarstellung bei gleicher Gerätegrundeinstellung miteinander verglichen.

4.1.1 Durchführbarkeit des Untersuchungsganges

Die breite Sonde des Siemens Ultraschallsystems erschwerte im Gegensatz zur kleinen 15 MHz-Sonde des Philips 7500 die Ankopplung an die ventrale Bauchwand beim Degu. Deshalb war wesentlich mehr Ultraschallkontaktgel notwendig, was dazu führte, dass das Gel das Fell des Tieres durchnässte. Dies erschwerte nicht nur das Fixieren des Degus, sondern beeinträchtigte auch das Komfortverhalten des Tieres. Neben dem erhöhten Verbrauch von Ankopplungshilfsmitteln erschwerte die lange und breite VF13-5-Sonde den sonographischen abdominalen Untersuchungsgang. Ergaben sich in der Sagittalebene lediglich Ankopplungsschwierigkeiten im Bereich des Rippenbogens, so traten in der Transversal- und Dorsalschnittebene (vor allem bei den Nieren) doch erhebliche Untersuchungsprobleme auf, da der Bereich zwischen Oberschenkel und Rippenbogen der Sonde nicht genügend Platz bot. Die Transversaldarstellung der Leber gestaltete sich durch das Abgleiten des Schallkopfes auf dem Rippenbogen problematisch, was auch dazu führte, dass die Koopera-

tionsbereitschaft des Degus durch das ständige Rippenbogenreiben stark reduziert wurde. Bei der Harnblase bzw. den männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen war die transversale Wiedergabe mit der langen Sonde nur in den Fällen möglich, wo der Degu gewillt war, seine Hintergliedmaßen unphysiologisch breit abzuspreizen.

4.1.2 Organdarstellung

Vorteilhaft bei der langen VF13-5-Sonde des Siemens Ultraschallsystems war, dass sie ein breites Sichtfeld öffnete, das einen schnellen Überblick über die Lage der abdominalen Organe beim Degu ermöglichte. War das Auffinden der Nieren z.B. mit der 15 MHz-Sonde des Philips Ultraschallsystems individuell unterschiedlich schwierig, so waren die Nieren mit der Sonde des Siemens Ultraschallsystems beim Aufsetzen der Sonde an der jeweiligen Position meist sofort darstellbar. Auch erhielt der Untersucher einen besseren Eindruck von der tatsächlichen Organgröße z.B. der Niere, weil das komplette Organ mitsamt seiner Umgebung in einem Ultraschallbild durch die VF13-5-Sonde aufgezeigt werden konnte.

Deutliche Unterschiede zwischen den beiden Sonden ergaben sich bei der Detaildarstellung der abdominalen Organe. Aufgrund der breiten Ankopplungsfläche der VF13-5-Sonde gestaltete es sich schwierig, einzelne Organe ohne störende Ankopplungsartefakte sonographisch aufzuzeigen. Auch wirkten sich die Schallartefakte der Organumgebung - in erster Linie bedingt durch den ingestagefüllten Gastrointestinaltrakt - auf die Organdarstellung negativ aus. Das gesamte Ultraschallbild war dadurch wie von einem Grauschleier überzogen, der sich auch nicht durch Veränderungen der Systemgrundeinstellungen wesentlich entfernen ließ. Außerdem war die störende atembedingte Bewegung der Organe bei der Siemenssonde ausgeprägter sichtbar, was die „verschwommene“ Organdarstellung verstärkte. So waren einzelne größere Organe zwar ansprechbar, aber sonographisch nicht ausreichend beurteilbar. Feine Strukturen wie Wandschichtungen, Vena portae Aufzweigungen, Uterus oder die akzessorischen Geschlechtsdrüsen ließen sich mit der VF13-5-Sonde nicht identifizieren. Für solche kleinen Strukturen war die Auflösung dieser Sonde zu gering. Selbst die großen abdominalen Gefäße, die sich mit Hilfe der 15 MHz-Sonde immer nachweisen ließen, waren mit der Sonoline-Elegra-Sonde überhaupt nicht sicher darstellbar.

Grundsätzlich ließ sich deshalb feststellen, dass das Philips 7500 mit seiner 15 MHz-Sonde für die abdominale sonographische Untersuchung beim Degu dem Siemens Sonoline Elegra mit seiner VF13-5-Sonde nicht nur wegen seiner besseren Auflösung, sondern auch wegen der besseren Sondenhandhabung während der Untersuchung vorzuziehen war. Aus diesem Grund erfolgten alle weiteren sonographischen Untersuchungen mit der 15 MHz-Linearsonde des Philips 7500 Ultraschallsystems.

4.2 Fixation und Durchführung der sonographischen Untersuchung

Als geeignetste Position für die sonographische Untersuchung erwies sich der lockere Brustgriff mit stehender Position auf beiden Hintergliedmaßen, da diese physiologische Stellung zur Erkundung der Umgebung von Natur aus von diesen Tieren eingenommen wird. Dabei nimmt die linke Handfläche des Untersuchers den Rücken des Tieres auf, während der Mittelfinger und der Daumen von hinten leicht den Brustkorb umfassen. Oft genügt es auch schon, den Degu seine Vordergliedmaßen auf den Mittelfinger und den Daumen des Untersuchers auflegen zu lassen. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Finger keinen Druck ausüben, der die Atmung behindert und das Tier beunruhigt (Abb. 3). Ein Handschuh für die fixierende Hand ist meist notwendig, weil Degus sehr neugierig sind und zur Überprüfung der Schmackhaftigkeit der fixierenden Finger gerne ihre Nagezähne einsetzen. Außerdem führen ihre scharfen Krallen bei einer ungeschützt fixierenden Hand zu Hautläsionen.

Alle anderen Fixierungsversuche scheiterten an den Abwehr- und Fluchtreaktionen des Degus. Die bei Hund, Katze, Frettchen, Meerschweinchen und Kaninchen übliche Rückenlagerung bei der abdominalen sonographischen Untersuchung erwies sich beim unседierten Degu ebenso wie eine Fixierung durch den Brustgriff ohne festen Stand des Tieres als völlig ungeeignet. Auch konnte eine von Kaninchen und Gerbil bekannte Körperstarre durch den Nackengriff beim Degu nicht ausgelöst werden, sondern diese Fixierungsform führte zu panischen Zappelbewegungen des Degus.

Um den quirligen Degu während der Untersuchung zu beschäftigen, wurde ihm unterschiedliches Nagerfutter angeboten. Je nach individuellen Vorlieben setzte dieses

sich aus Getreidepresslingen, Maiskörnern, getrocknetem Löwenzahn oder Karotten zusammen. Dabei musste für ständigen Nachschub gesorgt sein. Manche Tiere ließen sich auch durch akustische Reize (Pfeifgeräusche) von dem für sie monotonen Untersuchungsgang ablenken.



Abb. 3: Fixierung eines Degus für die sonographische Untersuchung

4.3 Anatomische und sonographische Darstellung abdominaler Organe beim Degu

In den folgenden Abschnitten wird die sonographische Darstellung der abdominalen Organe beim Degu aufgezeigt und erläutert.

Übersichtshalber ist die Beschreibung dieser sonographischen Darstellungen nach Organsystemen gegliedert, obwohl der eigentliche Untersuchungsgang mit der Leber begann und mit der Harnblase endete.

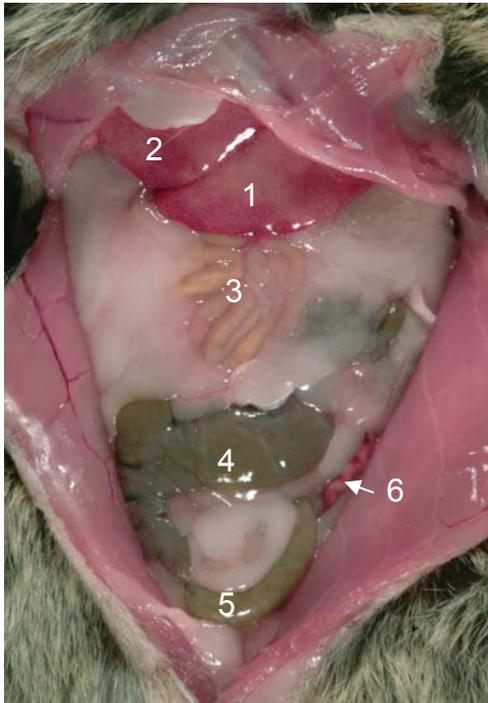
Der weiße „Balken“ rechts unten im Ultraschallbild gibt die tatsächliche Länge in Millimetern wieder. In der Tierskizze neben den Ultraschallbildern zeigt ein schwarzer „Balken“ die jeweilige Position der Ultraschallsonde an.

Generell konnten, mit Ausnahme des Pankreas und des rechten Ovars, alle abdominalen Organe des Degus reproduzierbar sonographisch dargestellt werden.

4.3.1 Gastrointestinaltrakt

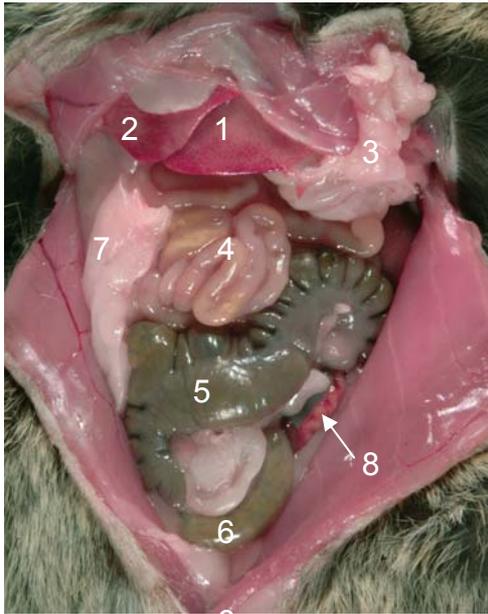
Der Gastrointestinaltrakt setzt sich aus dem Magen, dem Darm mit seinen unterschiedlichen Abschnitten und den Anhangsdrüsen Leber und Pankreas zusammen.

Nach Öffnung der Bauchdecke, Anbringung jeweils eines Entlastungsschnittes entlang des Rippenbogens und nach dem Zurseiteklappen der Bauchlappen erhielt man den in Abb. 4 sichtbaren Blick auf Anteile des Gastrointestinaltraktes des Degus. Dabei zeigten sich Anteile des Lobus hepatis sinister lateralis und medialis und je nach individueller Lagerung der Darmabschnitte Teile des Jejunums, des Corpus und der Apex caeci und des Colon ascendens. Je nach Ernährungszustand des Degus befand sich mehr oder weniger Fett im Mesocolon ascendens und im Omentum majus. Wurde das Omentum majus kranial weggeklappt, so wurden die ventralen Anteile der Jejunalschlingen und des Zaekums freigelegt (Abb. 5). Beim weiblichen Tier reichte der Verdauungstrakt bis vor die Beckenhöhle (Abb. 4, 5), während beim Degubock im kaudalen Bereich Platz für die intraabdominalen Hoden notwendig war.



- 1 Lobus hepatis sinister lateralis
- 2 Lobus hepatis sinister medialis
- 3 Jejunalschlingen
- 4 Caecum
- 5 Anfangsabschnitt Colon ascendens
- 6 linkes Uterushorn

Abb. 4: Abdominaler Situs nach Öffnung der Bauchdecke



- 1 Lobus hepatis sinister lateralis
- 2 Lobus hepatis sinister medialis
- 3 großes Netz (kranial geklappt)
- 4 Jejunalschlingen
- 5 Caecum
- 6 Anfangsabschnitt Colon ascendens
- 7 Mesocolon ascendens
- 8 linkes Uterushorn

Abb. 5: Abdominaler Situs nach Entfernung des Mesogastrium dorsale

4.3.1.1 Magen

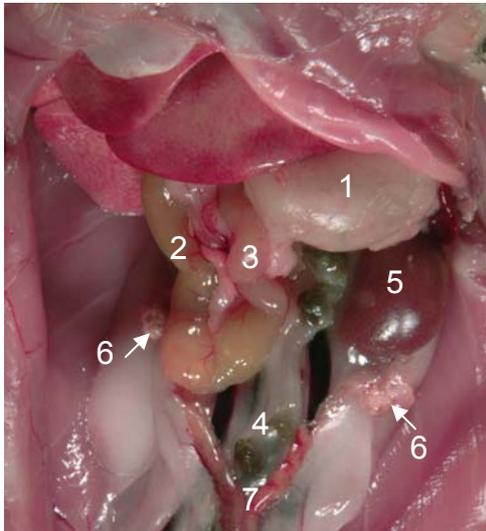
Topographische Anatomie des Magens

Nach Entfernung des Darmtraktes vom Ileum bis zum Colon descendens wurden der Magen und die Anfangsabschnitte des Dünndarms freigelegt (Abb. 6).

Der einhöhlige Magen lag kaudal der Leber leicht schräg zur Körperachse mit dem Fundus ventriculi links lateral kraniodorsal und der Pars pylorica in der Medianen kaudoventral in der linken kranialen Bauchhöhle. Dabei waren abhängig vom Füllungszustand unterschiedlich große Anteile intrathorakal. Umgeben wurde der Magen vom Omentum majus, das je nach Ernährungszustand unterschiedlich stark von Fett durchsetzt war. Das Omentum minor verband den Magen mit der Leberpforte.

Mit seiner Facies parietalis stand der Magen in Kontakt mit dem Lobus hepatis sinister lateralis und medialis, dem Processus papillaris des Lobus caudatus und dorsal mit einem kleinen Zwerchfellausschnitt. Dorsal berührte er das Colon transversum. Seine Facies visceralis grenzte linkerseits an die Milz und an den Lobus sinister des Pankreas, in der Medianen an das Duodenum ascendens und an das Corpus und

den Lobus dexter des Pankreas und je nach Füllungszustand an die linke Niere und die linke Nebenniere. Kaudal stand der Magen auch mit Jejunum- und Zaekumabschnitten und ventral mit der Bauchwand in Berührung.



- 1 Magen
- 2 Duodenum descendens
- 3 Duodenum ascendens
- 4 Colon descendens mit Kotpellets
- 5 linke Niere
- 6 linkes und rechtes Ovar
- 7 Uterus

Abb. 6: Aufsicht von ventral nach Entfernung von Netz-, Dünn- und Dickdarmanteilen

Sonographische Darstellung des Magens

Der Magen war bei allen untersuchten Degus unterschiedlich stark mit Futter gefüllt, ein leerer Magen wurde nie angetroffen. Je nach Füllungszustand überdeckte der Magen die linke Nebenniere und kraniale Anteile der linken Niere.

Während der sonographischen Untersuchung wurde er anhand mehrerer Sagittal- und Transversalschnitte dargestellt. Dabei wurde der Schallkopf links kaudal des Rippenbogens aufgesetzt und der Magen von lateral nach medial durchgemustert. Je nach Futterzusammensetzung war der Mageninhalt inhomogen oder homogen echo-gen und zeigte je nach Gasgehalt einen mehr oder weniger stark ausgeprägten Schallschatten (Abb. 7). Peristaltische Ingestabewegungen waren nicht darstellbar. Eine deutliche Wiedergabe der Magenwandschichtung war meist nur in schallkopfnahen Bereichen möglich, weil durch die Schallauslöschung schallkopferne Strukturen vom Schallschatten überlagert wurden. Die Magenwand wies beim Degu eine typische Fünfschichtung auf (Abb. 8), die sich jedoch bei schräger Anschallung nur

dreischichtig darstellen ließ, weil sich die Tunica muscularis, die Tela submucosa und die Tunica mucosa dann nicht mehr voneinander differenzieren ließen (Abb. 8). Bei mäßiger Magenfüllung ließen sich im Querschnitt in schallkopfnahen Bereichen andeutungsweise die Magenschleimhautfalten identifizieren (Abb. 7), in den meisten Fällen waren die Schleimhautfalten jedoch verstrichen.

Aufgrund der durch die Ingesta bedingten Schallauslöschung war es nicht möglich, einzelne Abschnitte des Magens direkt anzusprechen. Die Pars cardiaca konnte mit Hilfe der hyperechogenen Futterboli, die bei Zufütterung abgeschluckt wurden, aufgezeigt werden.

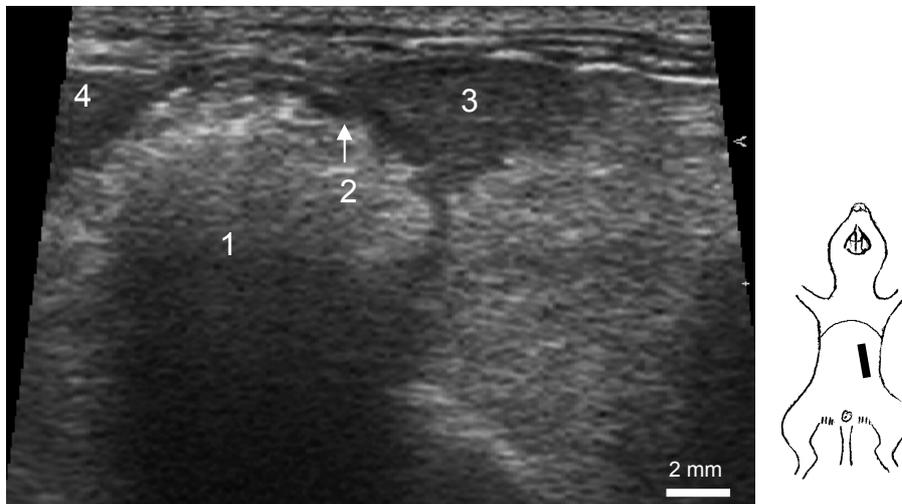


Abb. 7: Transversalschnitt des Magens

- 1 Magen mit distaler Schallauslöschung
- 2 Magenwand mit angedeuteten Magenfalten
- 3 Milztransversalschnitt
- 4 Lobus hepatis sinister lateralis

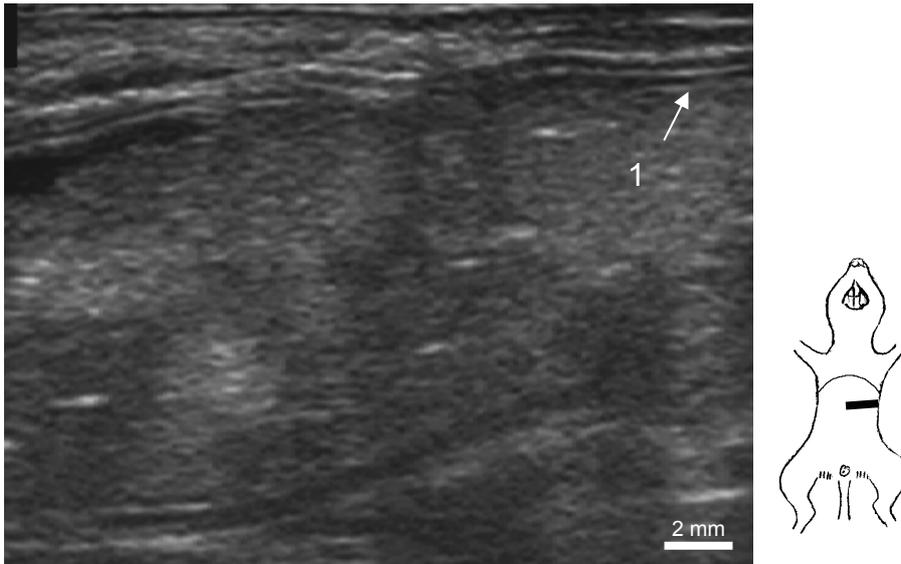


Abb. 8: Longitudinalschnitt des Magens

Fünfschichtung der Magenwand (Pfeil) von außen nach innen:

1. echogene Tunica serosa
2. hypoechogene Tunica muscularis
3. echogene Tela submucosa
4. hypoechogene Tunica mucosa
5. echogene Magenschleimhautoberfläche

4.3.1.2 Darm

Topographische Anatomie des Darmtraktes

Der Darm - und hier vor allem der Dickdarm - beanspruchte beim Degu als typischem Dickdarmfermenter einen Großteil der abdominalen Höhle. Kennzeichnend für diesen Nager war die große Lagevariabilität vor allem des Zaekums aufgrund des fehlenden Ligamentum iliocaecalis und der fehlenden Plica caecocolica. Auch das Colon ascendens konnte sich sowohl in Form einer Scheibe als auch einer Schlinge zusammenlagern, fand sich aber hauptsächlich rechts in der Bauchhöhle.

Anhand der Abb. 5 sollen kurz die Lageverhältnisse des Darmes erläutert werden:

Das Intestinum tenue beschränkte sich bei 3 von 4 seziierten Tieren auf den kranialen abdominalen Bereich zwischen Colon ascendens rechts und Magen bzw. Caput caeci links. Bei einem der männlichen Degus fanden sich Jejunumschlingen auch in der kaudalen Bauchhöhle zwischen Dickdarmabschnitten und Hoden.

Das Duodenum fand sich in der Medianen und rechts paramedian, das Jejunum im Bereich zwischen Colon ascendens und Corpus caeci und das Ileum je nach Lage des Jejunums und des Caput caeci als Verbindungsstück zwischen diesen beiden Darmabschnitten. Lagebeständig waren dabei nur das Duodenum descendens und das Duodenum ascendens. Das rechts paramedian liegende Duodenum descendens grenzte kranial an die Leber, rechts an das Colon ascendens, medial an den Lobus pancreatis dexter im Mesoduodenum descendens, ventral und kaudal an Zaekum- und Jejunumabschnitte und dorsal an die rechte Niere und Nebenniere.

Benachbart zu dem nahe der Medianen gelegenen Duodenum ascendens fanden sich links kranial der Magen, rechts der rechte Pankreaslappen, kranial mediane Leberanteile, kaudal und ventral Zaekum und Jejunumanteile und dorsal die rechte Niere mit Nebenniere. Das Jejunum und das Ileum standen je nach eingenommener Position mit unterschiedlichen Organen in Kontakt.

Das gut ausgebildete Intestinum crassum nahm einen Großteil des kaudalen Abdomens ein und bestand aus dem Zaekum, dem Kolon und dem Rektum.

Kennzeichnend für das Zaekum war seine große Lagevariabilität. Dabei nahm immer ein Teil von ihm (meist das Caput caeci) die linke Bauchhöhleseite kaudal der linken Niere und kranial des Beckeneingangs bzw. - bei den männlichen Degus – kranial des linken Hodens ein. Die restlichen Zaekumanteile (Corpus und Apex caeci) fanden sich entweder auch im linken Abdomen oder quer zur Körperachse in der kaudalen Medianen und in der linken Abdomenhälfte in Kontakt zum Colon ascendens. Je nach Füllungszustand und Position lag der Blinddarm in Nachbarschaft linkerseits zur lateralen und ventralen Bauchwand, zur Niere, zur Milz, zum Hoden und Ovar und rechterseits zum Colon ascendens, zum rechten Hoden und zur ventralen Bauchwand. Außerdem grenzte das Zaekum an die dorsal gelegenen Uterushörner, an das linke Ovar und an die paarigen Glandulae vesiculares. Bei hohem Füllungsgrad erreichte dieser Dickdarmabschnitt kranial die Curvatura major des Magens.

Typisch für den Blinddarm war seine Poschenreihe an der Curvatura major, die durch die beiden Taeniae caeci gebildet wurde und deutlich ausgeprägt war.

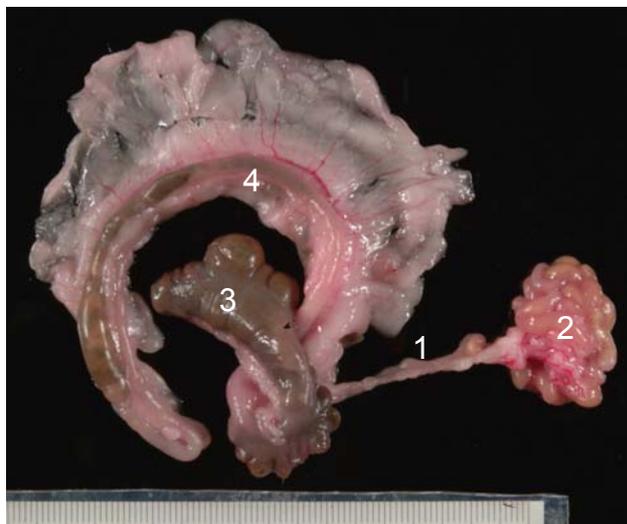
Der Hauptanteil des Colon ascendens war in der rechten Abdomenhälfte entweder in Form einer Scheibe oder in der einer Schlinge anzutreffen und überlagerte Anteile der rechten Niere und bei den weiblichen Tieren das rechte Ovar und rechte Anteile

des Uterus. Kranial hatte es Kontakt zum Lobus caudatus der Leber, in der Medianen zum Zaekum und – bei den männlichen Degus - kaudal zum rechten Hoden.

Das Colon transversum verlief bei allen vier seziierten Tieren in gestrecktem Verlauf transversal und ging zwischen Magen und linker Niere in das Colon descendens über. Dabei stand es kranial in Kontakt mit der Curvatura major des Magens und ventral mit Jejunumschlingen.

Links, hoch dorsal, makroskopisch durch Kotstippchen erkennbar, zog das Colon descendens Richtung Mediane kaudal und stand auf seinem Weg lateral mit der linken Niere und ventral mit dem Duodenum ascendens und Jejunumschlingen, dem Zaekum, dem Uterus und den Glandulae vesiculares in Berührung. Dorsal setzte es sich auf Höhe der Harnblase in das Rektum fort, das im Anus mündete.

Abb. 9 zeigt die rekonstruierte Darmanordnung, nachdem diese Darmanteile dem Präparat (Abb. 5) entnommen worden waren, wobei das Jejunum übersichtshalber nach außen verlagert wurde. Die fehlenden Anteile des Duodenums, die Pars cranialis duodeni, das Duodenum descendens und ascendens mit Pankreasanteilen wurden separat entnommen und finden sich in Abb. 6.



- 1 Ileum
- 2 Jejunum
- 3 Caecum
- 4 Colon ascendens
(Schlingenform)

Abb. 9: Jejunum, Ileum, Caecum und Colon ascendens nach Entnahme aus der Bauchhöhle

Sonographische Darstellung des Darmtraktes

Dünndarm

Der Dünndarm konnte bei 19 von 24 Tieren im kranialen Abdomen kaudal des Magens zwischen Zaekum und Colon ascendens sonographisch identifiziert werden. Bei den anderen 5 männlichen Degus fanden sich Dünndarmabschnitte auch im kaudalen Bereich der Bauchhöhle zwischen Zaekum bzw. Colon ascendens und Hoden.

Beim Aufsetzen der Ultraschallsonde rechts paramedian direkt kaudal des Rippenbogens ließ sich die Pars descendens duodeni aufgrund ihrer konstanten Lage sicher identifizieren (Abb. 10). Sie verlief von kranial nach kaudal und ging ventral der rechten Niere in die Flexura duodeni über. Erfolgte die Ankopplung eine Sondenbreite weiter links, so ließ sich die Pars duodeni ascendens darstellen. Die Jejunumschlingen fanden sich bei den meisten Tieren im kranialen Abdomen und konnten durch Sagittal- und Transversalschnitte links kaudal des Magens und in der Medianen zwischen Zaekum bzw. Colon ascendens aufgezeigt werden. Das Ileum konnte sonographisch nicht separat angesprochen werden.

Kennzeichnend für den Dünndarm war seine ausgeprägte Peristaltik, die während der sonographischen Untersuchung deutlich sichtbar war. Der fünfschichtige Wandaufbau ließ sich beim Degu nicht regelmäßig aufzeigen. Dies war nur der Fall, wenn die Schallwellen genau senkrecht auf die Darmwand auftrafen (Abb. 10, 11). Andernfalls zeigte sich wie beim Magen nur eine Dreischichtung (Abb. 12), und die physiologische Dünndarmwand besaß eine Dicke von ca. 0,6 mm. Je nach Ingestazusammensetzung (Flüssigkeit; Gemisch aus Gas, Flüssigkeit und Futterpartikeln; Gas) war der Darminhalt anechogen (Flüssigkeit), echogen (Gemisch aus Gas, Flüssigkeit und Futterpartikeln) oder hyperechogen (Gas) mit Reverberationen.

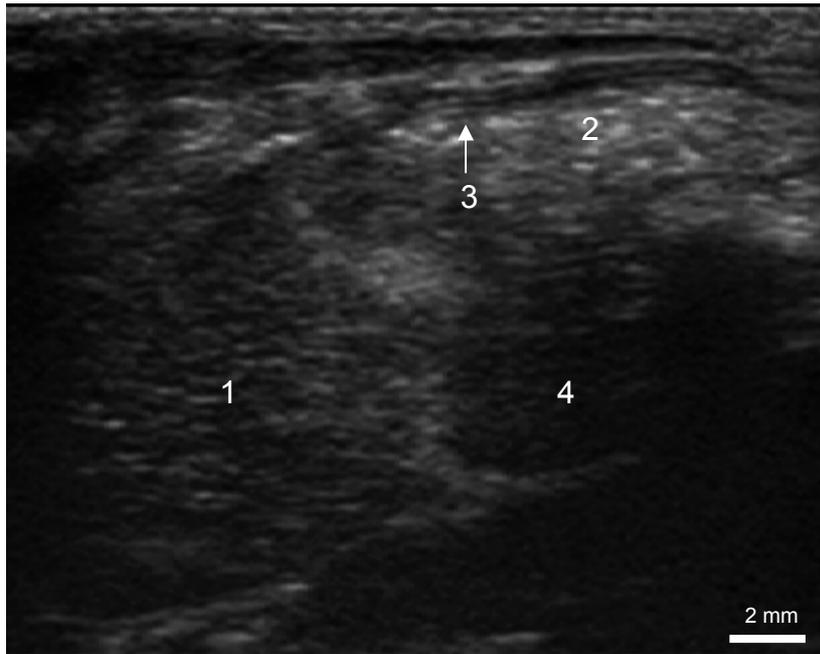


Abb. 10: Sagittalschnitt rechts

- 1 Lobus caudatus der Leber
- 2 Duodenum descendens
- 3 Fünfschichtige Dünndarmwanddarstellung
- 4 rechte Niere (Nierenrinde)

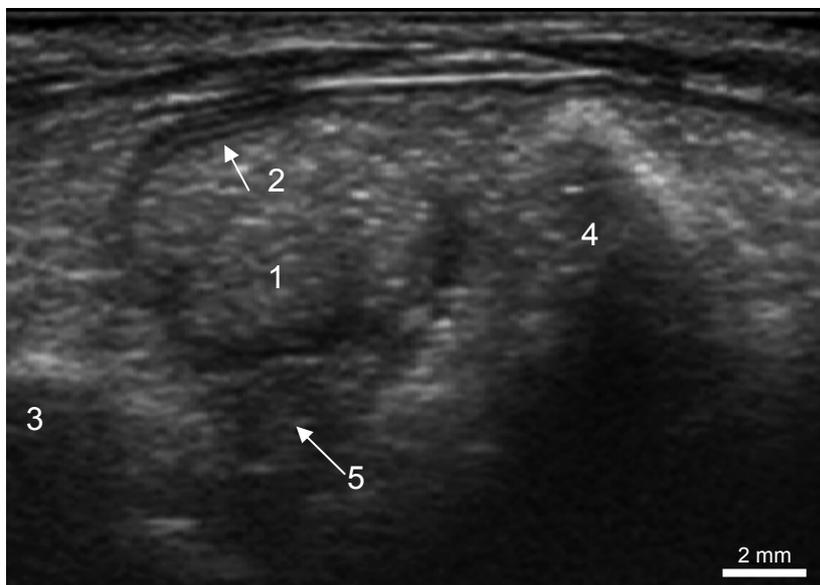


Abb. 11: Transversalschnitt rechts

- 1 Duodenum descendens gefüllt mit Ingesta
- 2 Fünfschichtige Dünndarmwanddarstellung
- 3 Colon ascendens
- 4 Caecum
- 5 Uterushorn rechts

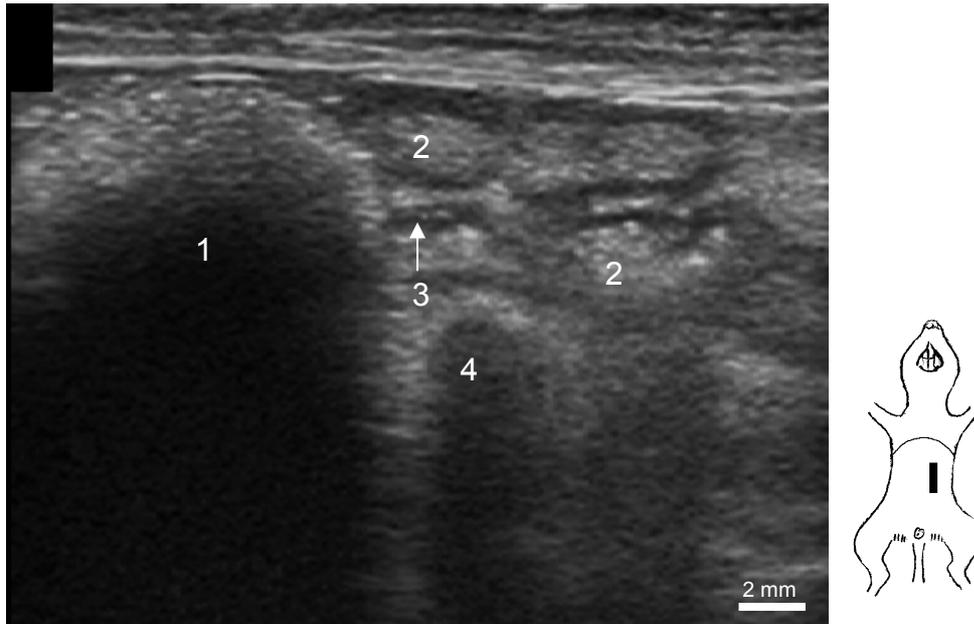


Abb. 12: Sagittalschnitt

- 1 Magen mit Schallschatten
- 2 Dünndarm
- 3 Dreischichtige Dünndarmwanddarstellung
- 4 Colon transversum mit Schallschatten

Blinddarm und Dickdarm

Wurde der Schallkopf links kaudal des Magens aufgesetzt, so stellte sich bei allen untersuchten Degus ein Anteil des Blinddarms dar. Ausgehend von dieser Schallkopfstellung orientierte man sich im weiteren Verlauf der Zaekumuntersuchung an der Curvatura caeci major mit der Poschenreihe. In Blinddarmbereichen ohne Poschen war eine Differenzierung vom Anfangsabschnitt des Colon ascendens jedoch nicht sicher möglich. Da das Zaekum nicht in seiner ganzen Länge von umgebenden Strukturen abgrenzbar war, war die Blinddarmlage sonographisch nicht komplett darstellbar.

Im Sagittalschnitt ließ sich das Zaekum aufgrund seiner Poschenreihe, die von den beiden Taeniae caeci an der Curvatura caeci major gebildet wurde, sonographisch eindeutig identifizieren (Abb. 13). Dagegen stellten sich im Transversalschnitt die Poschen nicht dar, was die sichere Ansprache dieses Dickdarmabschnittes verhinderte.

Die Ingesta des Caekums war immer hyperechogen und inhomogen; distal zeigte sich ein deutlicher Schallschatten (Abb. 13).

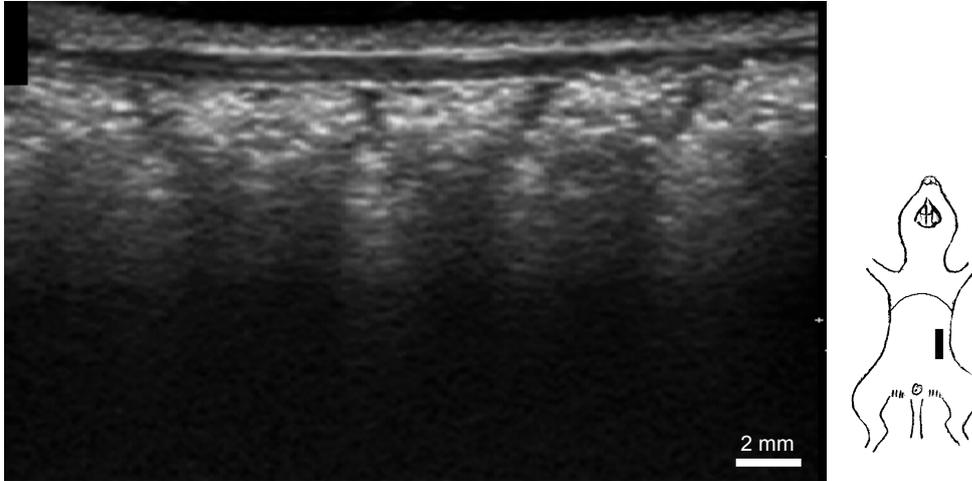


Abb. 13: Sagittalschnitt: Caecum mit Poschen

Das Colon ascendens befand sich bei allen untersuchten Degus im gesamten rechten lateralen Anteil des Abdomens von der Leber bis kurz vor die Beckenhöhle bzw. den rechten Hoden.

Für die sonographische Untersuchung dieses Dickdarmteils wurde die Sonde rechts kaudal des Rippenbogens transversal und longitudinal aufgesetzt und kaudal bewegt.

Im Sagittalschnitt ließen sich sowohl bei der Schlingen- als auch bei der Scheibenkonfiguration zwei untereinander gelagerte Darmanteile darstellen, wobei bei Letzterer - bedingt durch die Schallauslöschung der Ingesta - die weiter dorsal gelegenen Darmlängsschnitte verdeckt wurden.

Abhängig von der Ausbildung einer Scheibe bzw. einer Schlinge ergaben sich im sonographischen Transversalschnitt je nach Schnittstelle bis zu sechs (Abb. 14), bzw. immer zwei Darmquerschnitte (Abb. 15). Je nach Ingestazusammensetzung zeigten sich diese Darmquerschnitte meist in Form einer hyperechogenen, inhomogenen Echogenität und besaßen immer einen deutlichen distalen Schallschatten bzw. Reverberation-Artefakte, bedingt durch das Gas im Dickdarmlumen.

Zur Differenzierung von Transversalschnitten des rechts gelegenen Colon ascendens gegenüber Querschnitten von dort manchmal anzutreffenden Dünndarmanteilen dienten zum eine die in einer Reihe angeordneten Colon ascendens Querschnitte mit

der distalen Schallauslöschung und zum anderen die geringere Peristaltikbewegung der Ingesta im Dickdarm.

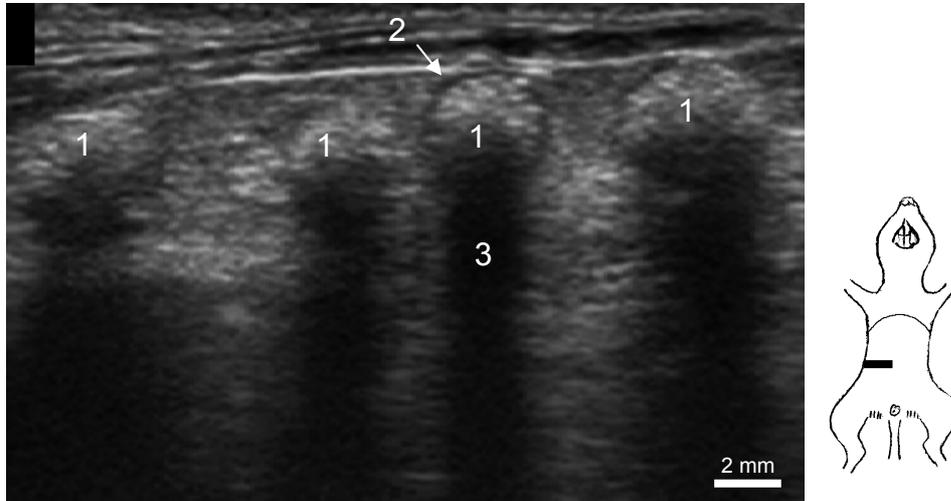


Abb. 14: Transversalschnitt: Colon ascendens in Scheibenkonfiguration

- 1 Ingesta
- 2 hypoechogene Dickdarmwand
- 3 distaler Schallschatten

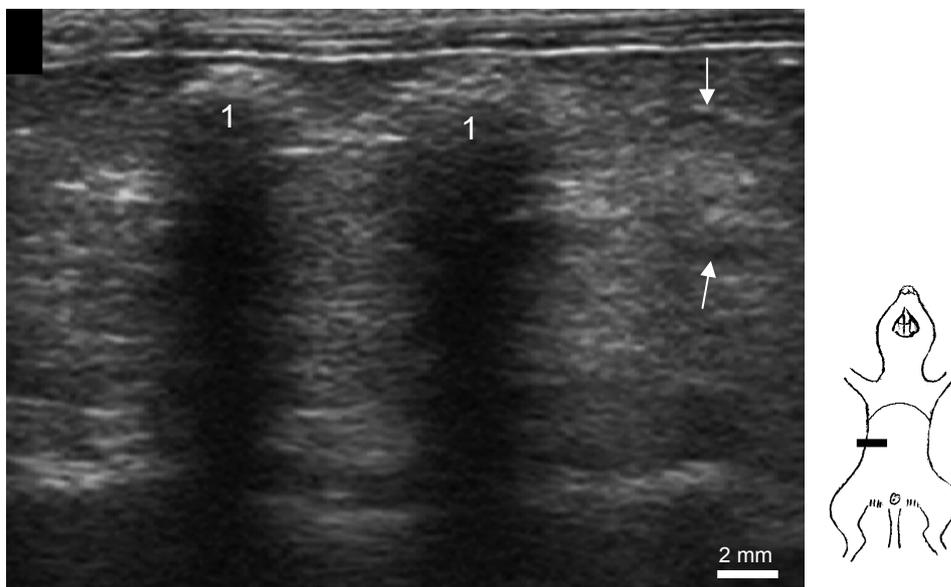


Abb. 15: Colon ascendens in Schlingenform (1) und Duodenum descendens (Pfeile)

Kaudo-dorsal des Magens verlief das Colon transversum, das sich durch sagittales Aufsetzen des Schallkopfes links kaudal des Magens auffinden ließ. Bei deutlicher

Magenfüllung lag es im Schallschatten der Ingesta und konnte deshalb nicht dargestellt werden. Sonst zeigte es sich im sonographischen Querschnitt in rundlicher Form mit einer hyperechogenen Kuppel und einem distalen Schallschatten (Abb. 12).

Hoch dorsal in der linken abdominalen Hälfte verlief das Colon descendens ventral der Lendenwirbelsäule kaudal. Die Sondenposition zur Darstellung dieses Dickdarmabschnittes lag transversal zur Körperachse zwischen Magen und linker Niere.

Im sonographischen Transversalschnitt zeigte sich das Colon descendens als kreisrunde Gestalt mit einer hyperechogenen Kuppel, einem folgenden homogenen, echoärmeren Inhalt und einem anschließenden distalen Schallschatten (Abb. 16).

Die Bereiche des Colon descendens, die keine ovalen Kotstippchen enthielten, ließen sich sonographisch nicht identifizieren.



Abb. 16: Transversalschnitt des Colon descendens

- 1 Colon descendens mit Schallschatten
- 2 kranialer Nierenpol links (Nierenrinde)
- 3 Längsschnitt durch die Milz
- 4 Lobus hepatis sinister lateralis

Das Rektum fand sich, indem die Harnblase im Transversalschnitt dargestellt wurde. Da der Dickdarmendabschnitt meist mit Kotstippchen und Gas angefüllt war, zeigte es sich transversal in Form einer hyperechogenen Kuppel (Gas) mit der anschließenden - durch Totalreflexion bedingten - Schallauslöschung (Abb. 44, 66).

Grundsätzlich konnte bei allen Dickdarmabschnitten der fünfschichtige Wandaufbau sonographisch nicht wiedergegeben werden. Bei senkrechtem Auftreffen der Schallwellen zeigte sich eine äußere, hyperechogene Linie (Grenzfläche zwischen umgebendem Gewebe und Serosa), eine mittlere anechogene (Tunica muscularis, Tela submucosa und Tunica mucosa) und innen wiederum eine hyperechogene Linie (Übergang zwischen Tunica mucosa und Ingesta) (Abb. 15). Die vor allem im Sagittalschnitt sonographisch sichtbaren Peristaltikbewegungen waren nur gering ausgeprägt.

4.3.2 Darmanhangsdrüsen

Zu den Darmanhangsdrüsen zählen die Leber und das Pankreas; Letzteres konnte sonographisch nicht dargestellt werden.

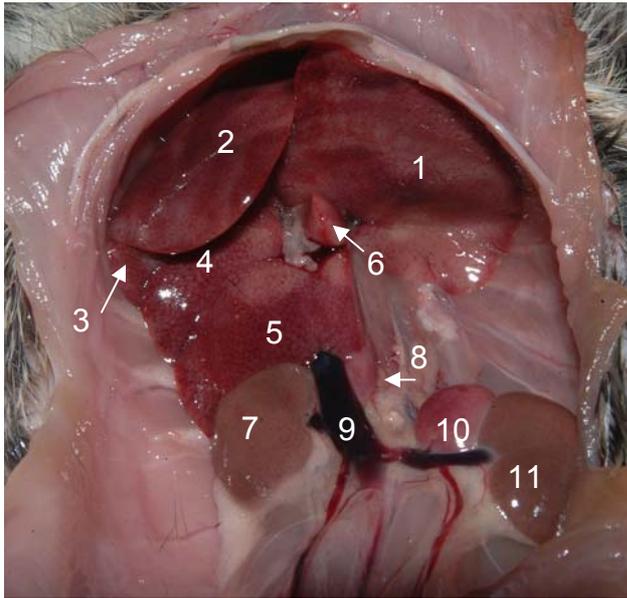
4.3.2.1 Leber

Topographische Anatomie der Leber

Die Leber befand sich bei den Degus größtenteils intrathorakal. An ihrer viszeralen Fläche stand sie links mit dem Magen, zur Medianen hin mit den Anfangsabschnitten des Duodenums, rechts mit der rechten Niere, Nebenniere und dem Colon ascendens, ventral mit der Bauchdecke bzw. dem Sternum mit Processus xiphoideus sowie individuell mit Jejunumschlingen in Kontakt (Abb. 4, 5, 6, 17). Darüber hinaus berührte sie die laterale Bauchwand, und ihre konvexe Facies diaphragmatica schloss kaudal an das Zwerchfell an.

Die Leber des Degus wies eine deutliche Lappengliederung auf, wie sie bereits von Gonzalez (57) beschrieben wurde. Der Margo sinister und der Margo ventralis der Leberlappen besaßen einen scharfen Rand; der Margo dorsalis und der Margo dexter waren dagegen stumpf.

Abb. 17 zeigt die anatomischen Verhältnisse nach Entfernung des Gastrointestinaltraktes.



- 1 Lobus hepatis sinister lateralis
- 2 Lobus hepatis sinister medialis
- 3 Lobus hepatis dexter medialis
- 4 Lobus hepatis dexter lateralis
- 5 Lobus caudatus: Proc. caudatus
- 6 Lobus caudatus: Proc. papillaris
- 7 rechte Niere
- 8 rechte Nebenniere
- 9 Vena cava caudalis
- 10 linke Nebenniere
- 11 linke Niere

Abb. 17: kraniales Abdomen nach Entfernung des Magendarmtraktes und der Milz

Sonographische Darstellung der Leber

Grundsätzlich war es für die sonographische Untersuchung der Leber erforderlich, die Verstärkung und die Eindringtiefe individuell anzupassen. In einzelnen Fällen war ein Wechsel vom Linear- in das Sektorbild für die Leberbeurteilung hilfreich.

Mit Hilfe von sagittalen und transversalen Schnittebenen wurde die Leber systematisch dargestellt. Dabei waren beim Degu sechs sagittale und zwei rechte transversale Standardschnittebenen möglich.

Die Untersuchung der Leber in den Sagittalebene erfolgte dabei ausgehend von links nach rechts, wobei die Sagittalschnitte durch die Ankopplung des Schallkopfes direkt kaudal des Rippenbogens in der jeweiligen Ebene erzielt wurden.

Sagittalebene I: Abhängig von der Magenfüllung unterschiedlich große Anteile des Lobus hepatis sinister lateralis (Abb. 18)

Sagittalebene II: Anteile des Lobus hepatis sinister lateralis und medialis mit Querschnitten von Lebergefäßen (Abb. 19)

Sagittalebene III: Aorta mit Anteil des Lobus hepatis sinister medialis (Abb. 20)

Sagittalebene IV: Leberhilus mit Vena portae, umgebendem Leberparenchym und dorsaler Vena cava caudalis (Abb. 21)

Sagittalebene V: Gallenblase (Abb. 22)

Sagittalebene VI: Lobus caudatus mit rechter Niere in der Impressio renalis sowie Parenchymanteilen des Lobus hepatis dexter lateralis und medialis (Abb. 23)

Für die transversale sonographische Leberuntersuchung wurde die Linearsonde kaudal des Rippenbogens rechts bzw. links des Processus xiphoideus aufgesetzt und anschließend schrittweise kranioventral bis kraniodorsal gekippt, um eine vollständige Leberbeurteilung zu ermöglichen. Dabei erfolgte die Untersuchung getrennt pro Körperseite, wobei das Durchscannen immer von ventral nach dorsal durchgeführt wurde. Generell kam es dabei zu Überschneidungen der Schnittebenen in der Medianen.

Transversale Standardebenen wurden nur für die rechte Leberhälfte eingeführt, weil sich hier lagetypische Strukturen wie die Gallenblase, die Vena cava caudalis, die Vena portae und die Aorta finden ließen, die eine reproduzierbare Schnitfführung zuließen. Dennoch muss bei jeder Leberuntersuchung auch der linke Leberanteil systematisch durchgemustert werden (Abb. 24).

Die Ebene I ergab sich durch die transversale Aufsetzung des Schallkopfes mit kranialer Kippung. Für die Ebene II wurde zunächst die rechte Nebenniere mit einer Schallkopfposition äußerst rechts am Übergang zwischen ventraler und lateraler Bauchwand aufgesucht und anschließend die Sonde kranial verschoben.

Transversalebene I: Vesica fellea (Abb. 25)

Transversalebene II: Rechte Nebenniere, Querschnitt Aorta, Vena cava und Vena portae (Abb. 26)

In der sonographischen Wiedergabe war die physiologische Leberoberfläche glatt, und das Leberparenchym zeigte eine mittlere Echogenität mit homogener Echowerteilung. Lediglich die Lebergefäße mit ihren anechogenen Lumen schoben sich zwischen das homogene Parenchym. Verzweigungen der Vena portae ließen sich von denen der Venae hepaticae durch ihr deutlich hyperechogenes Wandecho differen-

zieren. Voraussetzung dafür war jedoch, dass das jeweilige Gefäß von den Schallwellen senkrecht getroffen wurde (Abb. 18, 24).

Im Vergleich zur Milz (Abb. 7) war das Leberparenchym geringgradig anechogener, im Vergleich zur Nierenrindenechogenität dagegen deutlich hypoechogener (Abb. 39). Die Echotextur der Leber war im Gegensatz zur Milz inhomogener.

Die Vesica fellea fand sich rechts paramedian und war je nach Füllungszustand unterschiedlich groß. Bei senkrechtem Schallaufreffen zeigte die dünne Gallenblasenwand ein deutliches hyperechogenes Austrittsecho (Abb. 22). Die Gallenflüssigkeit stellte sich typischerweise sonographisch anechogen dar mit einer je nach Füllungszustand mehr oder weniger angedeuteten distalen relativen Schallverstärkung mit inkomplettem Schallschatten. Die Gallengänge ließen sich beim Degu sonographisch im physiologischen Zustand nicht nachweisen.

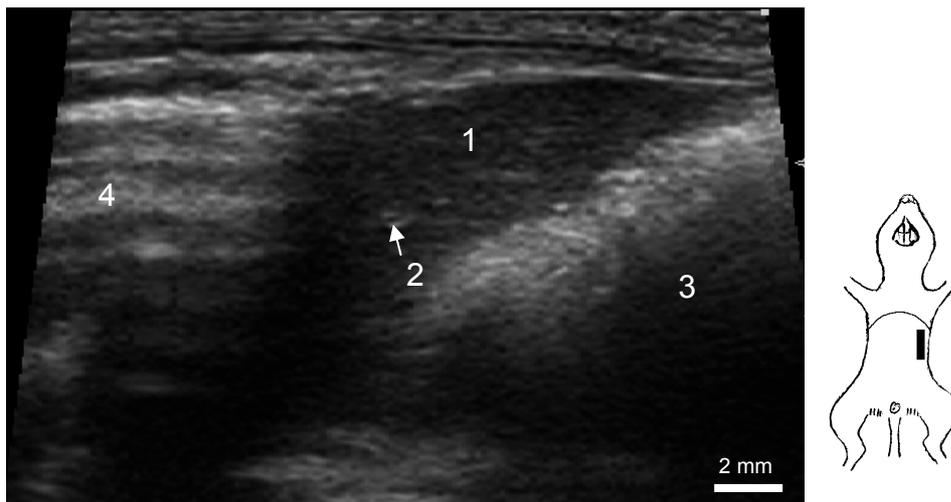


Abb. 18: Sagittalebene I der Leber

- 1 Lobus hepatis sinister lateralis
- 2 Ramus sinister der Vena portae
- 3 Magen mit Schallauslöschung
- 4 Reverberationen der Lunge

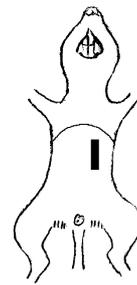


Abb. 19: Sagittalebene II der Leber

- 1 Lobus hepatis sinister lateralis
- 2 Magen

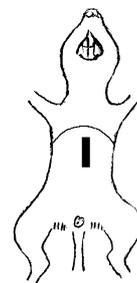
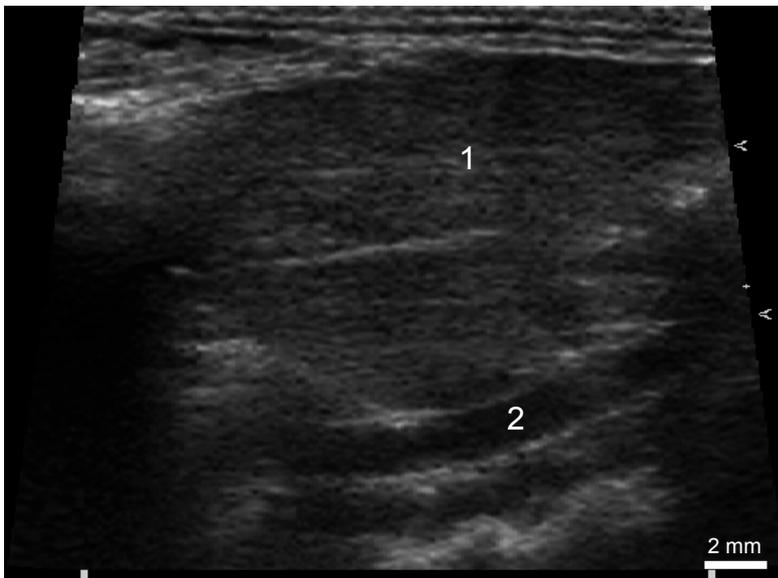


Abb. 20: Sagittalebene III der Leber

- 1 Leberparenchym
- 2 Aorta

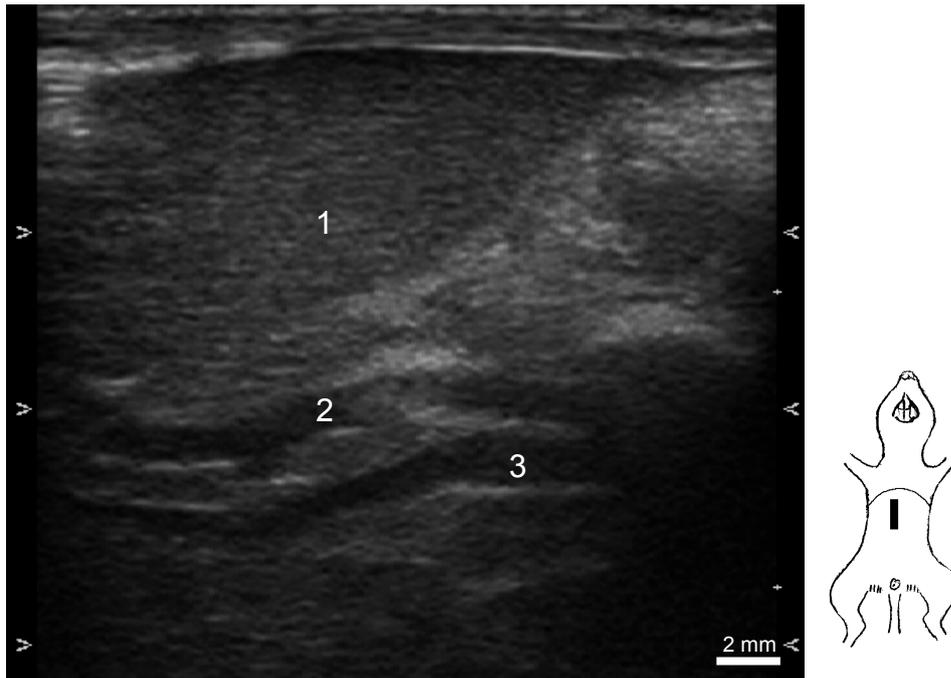


Abb. 21: Sagittalschnittebene IV der Leber

- 1 Leberparenchym
- 2 Vena portae
- 3 Vena cava caudalis

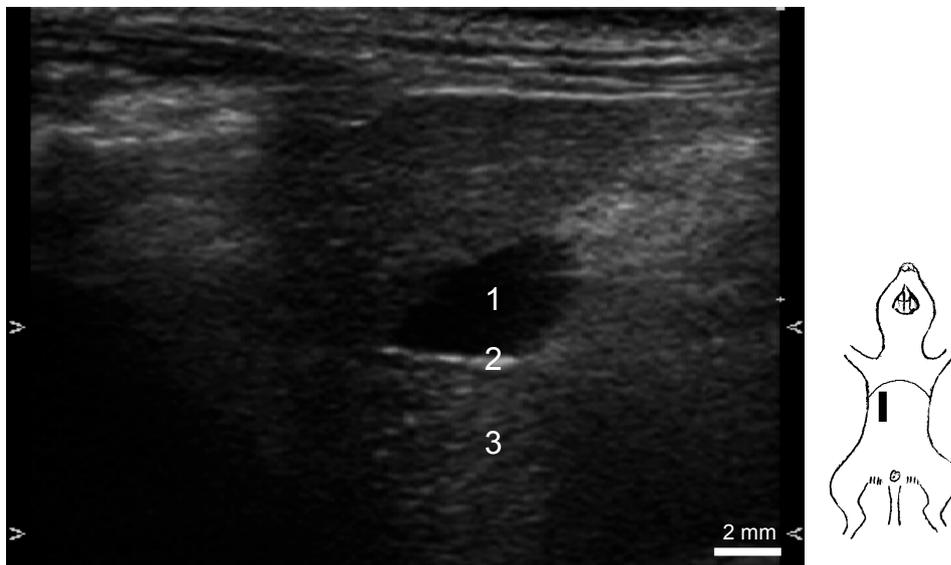


Abb. 22: Sagittalschnittebene V der Leber

- 1 Gallenblasenlumen
- 2 Gallenblasenwand
- 3 Schallverstärkung

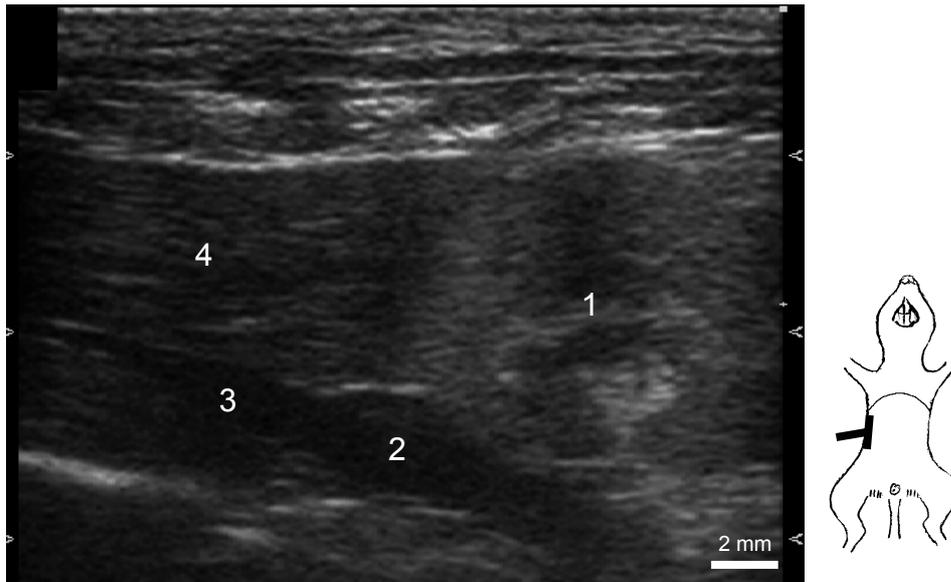


Abb. 23: Sagittalebene VI der Leber

- 1 rechte Niere
- 2 angedeutete rechte Nebenniere
- 3 Vena cava caudalis
- 4 Proc. caudatus des Lobus caudatus

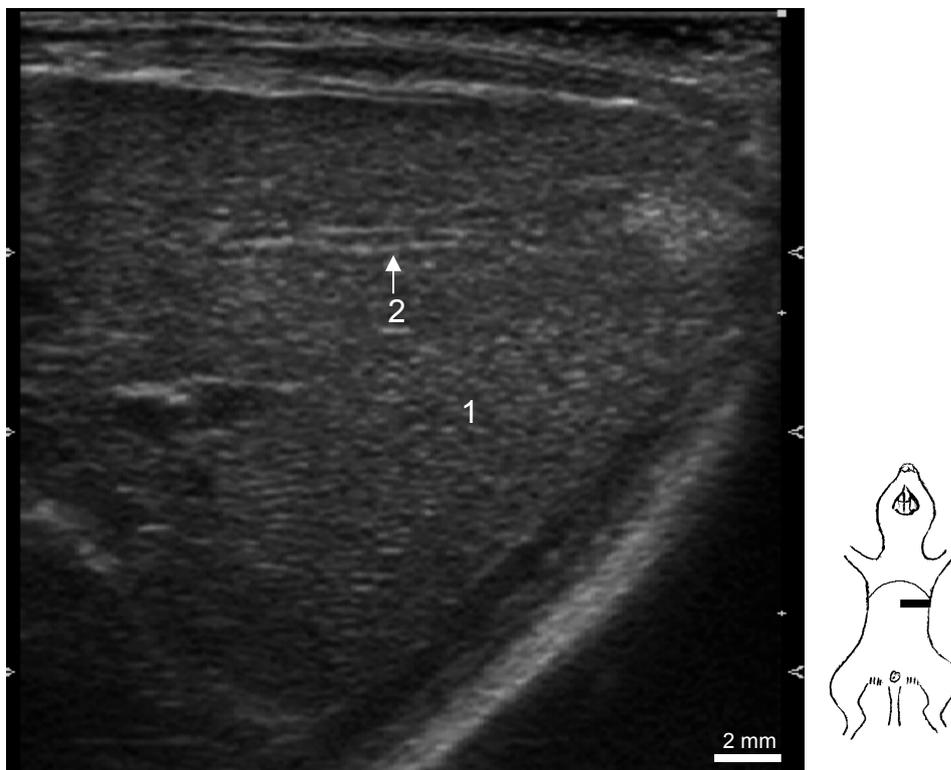


Abb. 24: Transversalschnitt linke Leberanteile

- 1 Leberparenchym
- 2 Ramus sinister der Vena portae

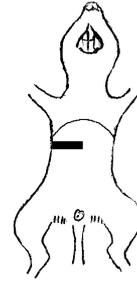


Abb. 25: Transversalebene I rechts

- 1 Gallenblase
- 2 Leberparenchym
- 3 Vena portae

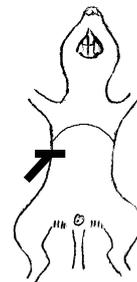


Abb. 26: Transversalebene II rechts

- 1 Leberparenchym
- 2 Aorta
- 3 Nebenniere
- 4 Vena cava caudalis
- 5 Vena portae

Durch den Einsatz der Dopplersonographie ließen sich bei drei Degus die großen abdominalen Gefäße im Bereich der Leber identifizieren.

Die sagittale Darstellung der Vena portae und Vena cava caudalis (Abb. 27) erfolgte in der sagittalen Leberebene IV, für die transversale Gefäßdarstellung wurde der Schallkopf anschließend um 90° gedreht (Abb. 28).

Die Vena portae verlief ventral der Vena cava caudalis und zweigte sich nach Eintritt durch die Leberpforte in ihre Einzeläste auf, die sich im Anfangsbereich sonographisch verfolgen ließen (Abb. 27).

Den Blutfluss der Vena portae im PW-Doppler zeigt Abb. 29.

Der Verlauf der Vena cava caudalis dorsal der Vena portae ließ sich im B-Modus bis zum Durchtritt am Zwerchfell verfolgen. Die Abb. 27 und 28 geben dieses Gefäß im Farbdopplermodus im transversalen und sagittalen Schnitt wieder, die Abb. 30 zeigt die Blutfließkurven in der PW-Doppler-Wiedergabe.

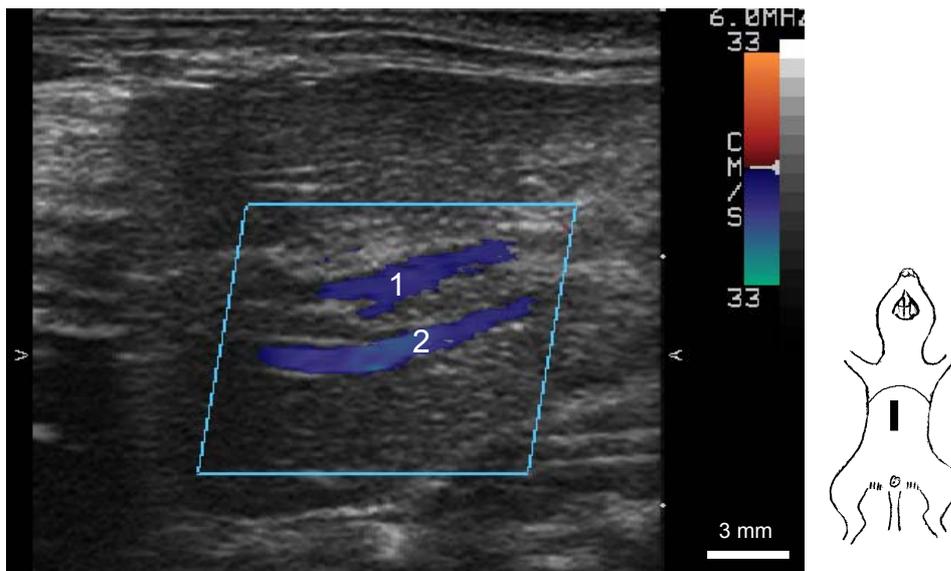


Abb. 27: Sagittalschnitt, Farbdopplerdarstellung

- 1 Vena portae
- 2 Vena cava caudalis

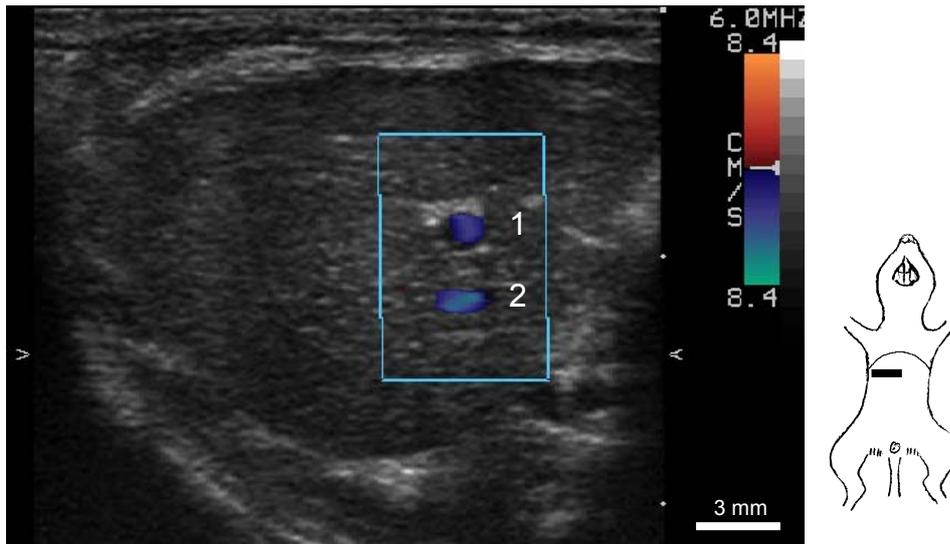


Abb. 28: Transversalschnitt rechts, Farbdopplerdarstellung

- 1 Vena portae
- 2 Vena cava caudalis (komprimiert)

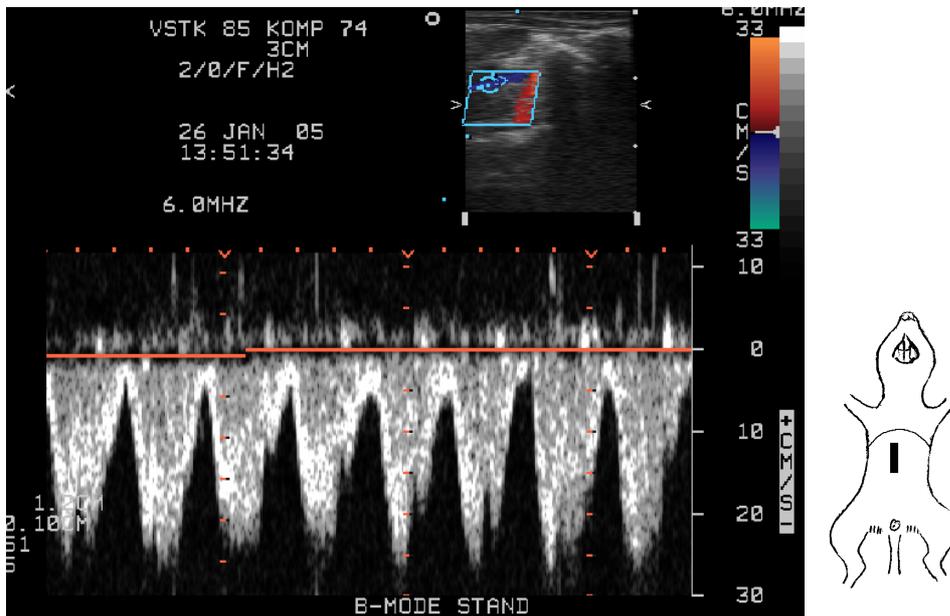


Abb. 29: Vena portae, PW-Doppler-Darstellung

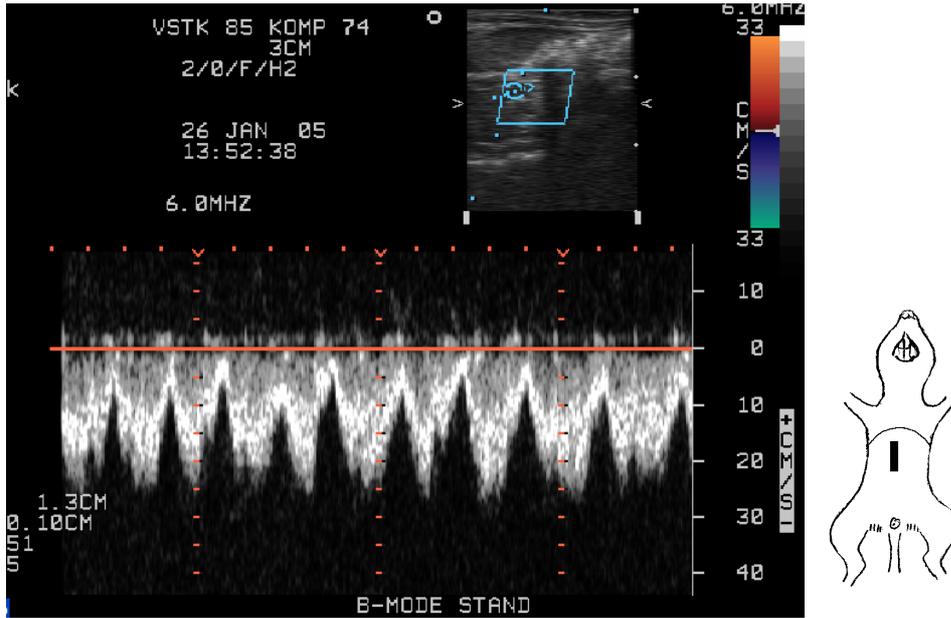


Abb. 30: Vena cava caudalis, PW-Doppler-Darstellung

Mit Hilfe der sagittalen Leberstandardebene III ließ sich die Aorta abdominalis im B-Modus identifizieren. Sowohl die Farb- (Abb. 31) als auch die PW-Dopplerdarstellung (Abb. 32) dieses Gefäßes erwiesen sich als schwierig. Bei der Farbdopplersonographie waren die hohe Herzfrequenz und die damit verbundene hohe Blutfließgeschwindigkeit hinderlich; bei der PW-Dopplerdarstellung erschwerte die Atmungsbewegung die Platzierung der Messsonde im Aortalumen.

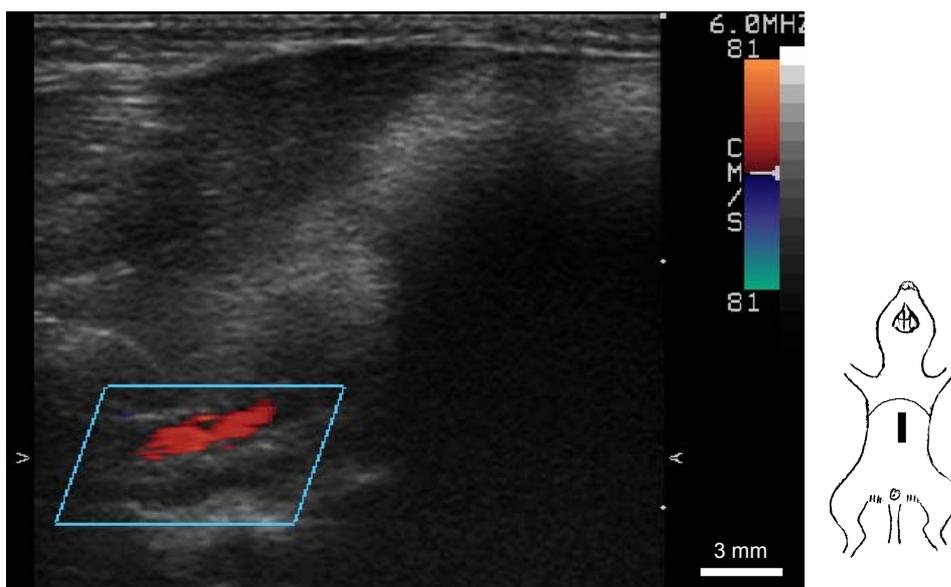


Abb. 31: Aorta abdominalis, Farbdopplerdarstellung

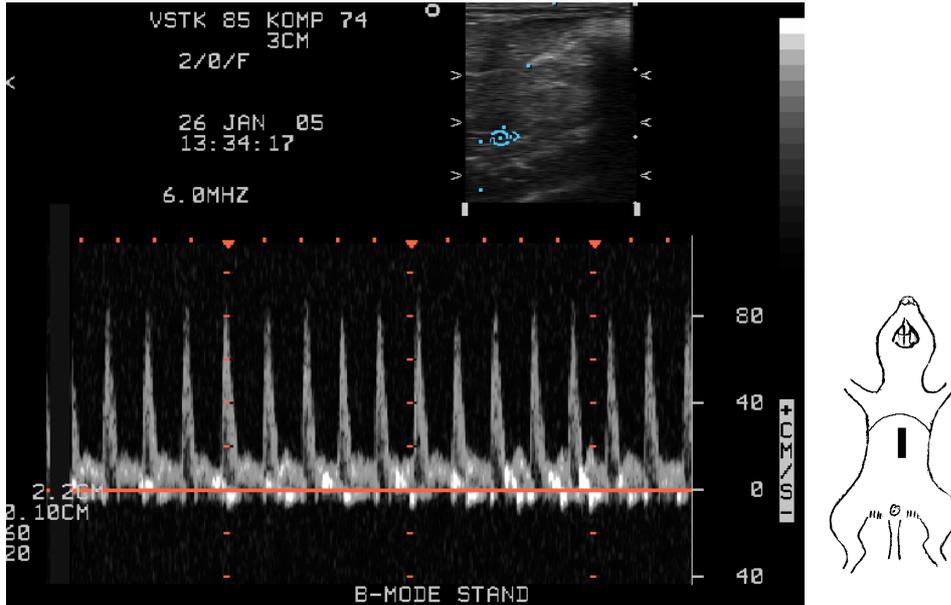
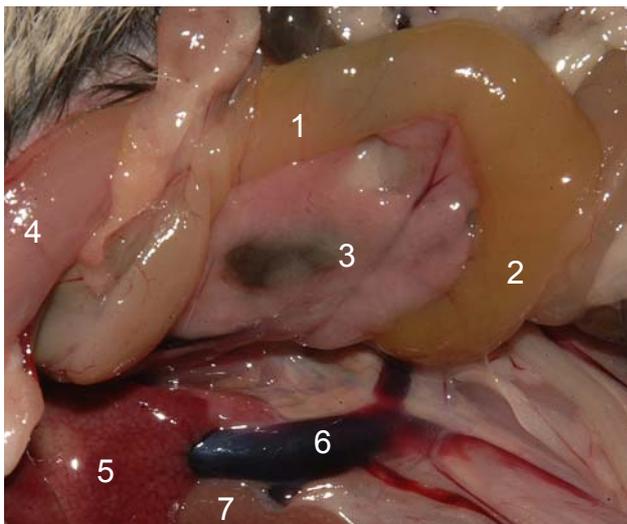


Abb. 32: Aorta abdominalis, PW-Dopplerdarstellung

4.3.2.2 Pankreas

Topographische Anatomie des Pankreas

Das hellrosafarbene Pankreas lag breitflächig im Bereich zwischen der Viszeralfläche des Magens, dem Duodenum descendens und ascendens und dem Colon transversum und befand sich teilweise im Mesoduodenum. Abb. 33 zeigt Teile des Pankreas zwischen Duodenum descendens und ascendens.



- 1 Duodenum descendens
- 2 Duodenum ascendens
- 3 Pankreas
- 4 linke, kraniale Bauchmuskulatur, Peritoneum
- 5 Lobus caudatus der Leber
- 6 Vena cava caudalis
- 7 rechte Niere

Abb. 33: Pankreasparenchym zwischen Duodenum descendens und ascendens (nach links und kranial geklappt)

Sonographische Darstellung des Pankreas

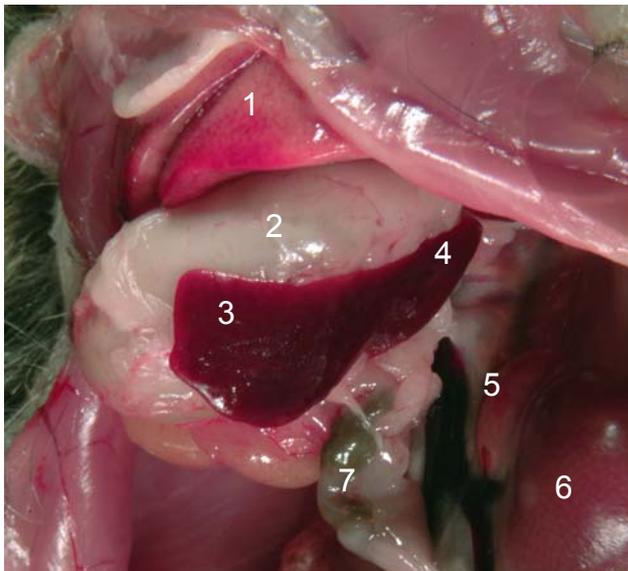
Das physiologische Pankreasparenchym ließ sich bei der sonographischen Untersuchung des Degus nicht identifizieren.

4.4 Milz

4.4.1 Topographische Anatomie der Milz

Die zungenförmige Milz des Degus befand sich - abhängig von der Magenfüllung - intrathorakal in der linken Regio hypochondriaca lateral zwischen dem Magen und der Bauchwand (Abb. 34). Dabei hatte sie Kontakt zum Magen, zur lateralen Bauchwand, zur linken Niere und gelegentlich auch zum Zaekum. Letzteres war abhängig vom Füllungszustand des Blinddarms.

Die Extremitas dorsalis der Milz war schmal und länglich, die Extremitas ventralis dagegen breiter, und im Querschnitt besaß die Milz eine dreieckige Form. Generell waren ihre Ränder scharf. Der dem Magen zugewendete Hilus war von Binde- und Fettgewebe umgeben, durch das die Gefäße und Nerven an die Milz herantraten.



- 1 Lobus hepatis sinister lateralis
- 2 Magen
- 3 Extremitas ventralis der Milz
- 4 Extremitas dorsalis der Milz
- 5 linke Nebenniere
- 6 linke Niere
- 7 Colon descendens mit Kotpellet

Abb. 34: Milz in situ (Magen nach rechts geklappt)

4.4.2 Sonographische Darstellung der Milz

Für die sonographische Untersuchung der Milz wurde das Organ in mehreren Sagittal- und Transversalschnitten durchgemustert.

Ausgangspunkt für die Längsschnitte der Milz war die Trias Magen, Milzquerschnitt und Niere im Dorsalschnitt (Abb. 36). Anschließend wurde der Schallkopf gedreht, bis die Milz sich im Längsschnitt darstellte. Dabei zeigten sich die Extremitas ventralis und - je nach Magenfüllung - unterschiedliche Anteile des Corpus lienalis im Nahfeld der Länge nach und umfassten kaudal typischerweise die linke Niere ventral (Abb. 35). Anschließend wurde der Milzverlauf ventrolateral bzw. kraniodorsal verfolgt. Aufgrund der intrathorakalen Lage der Extremitas dorsalis war es notwendig, die kranialen Milzanteile im Sagittalschnitt über die laterale Bauchwandankopplung darzustellen.

Die Untersuchung der Milz in der transversalen Ebene erfolgte nach Drehung des Schallkopfes um 90° aus der Sagittalschnittebene. Auch hier war die Darstellung kranialer Milzanteile nur über die Ankopplung an der rippengestützten lateralen Bauchwand möglich. Generell ließ sich jedoch immer mit längs der linken ventralen Bauchwand aufgesetzter Sonde ein kleiner Ausschnitt der Milz zusammen mit dem Magen und der linken Niere darstellen (Abb. 7).

Das homogene Milzparenchym zeigte sich beim Degu in Form einer mittleren Echogenität. Dabei war es etwas geringer echogen als die linke Nierenrinde (Abb. 36), jedoch geringgradig echogener als das Leberparenchym. Die feine, regelmäßige, hyperechogene Milzkapsel ließ sich nur bei senkrechter Anschallung darstellen (Abb. 35). Bei deutlicher Zaekumfüllung und bei einer Schallkopfankeopplung an der lateralen Bauchwand fand sich die Extremitas ventralis ventral des Zaekums.

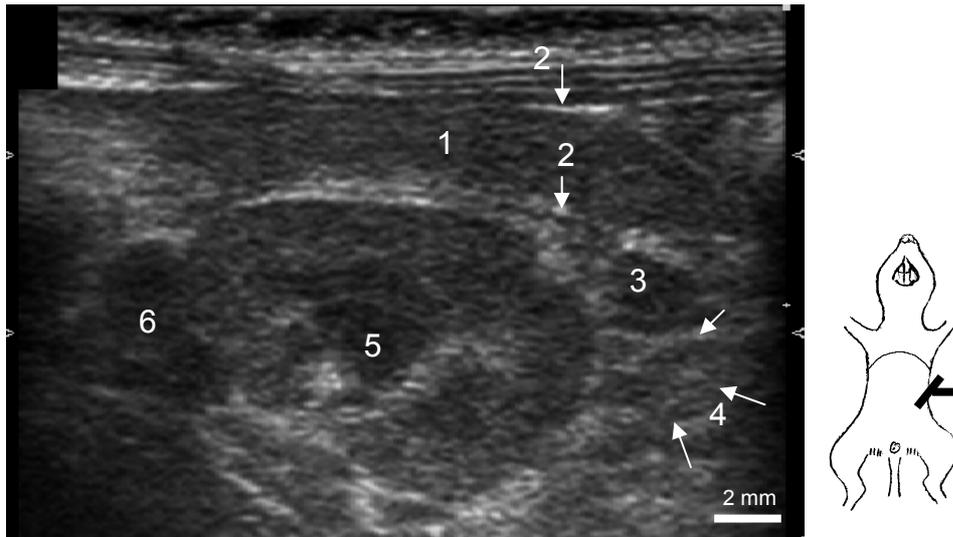


Abb. 35: Longitudinalschnitt der Milz

- 1 Extremitas ventralis der Milz
- 2 Milzkapsel
- 3 Jejunumschlinge
- 4 linkes Ovar (Pfeile)
- 5 linke Niere (Dorsalschnitt)
- 6 linke Nebenniere

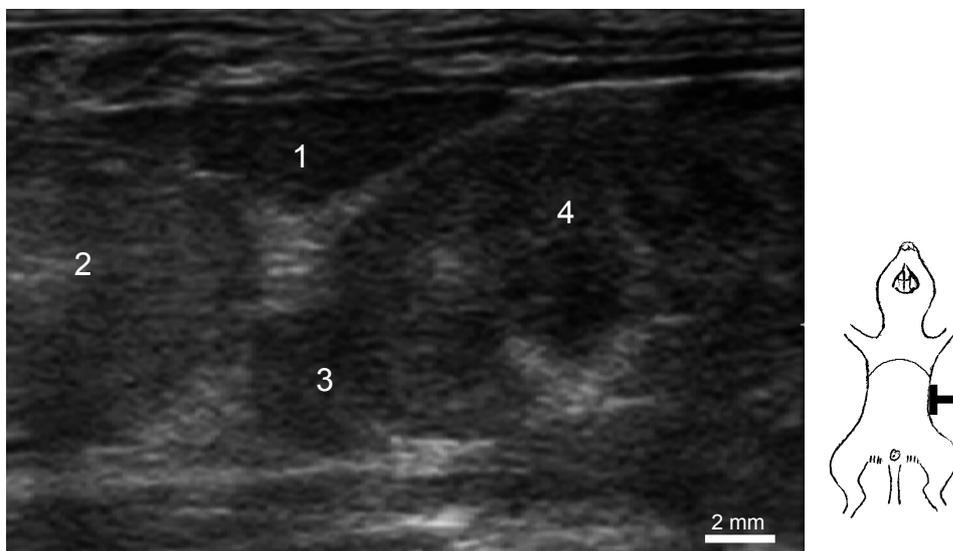


Abb. 36: Transversalschnitt der Milz

- 1 Milz
- 2 Magen
- 3 linke Nebenniere
- 4 linke Niere

4.5 Nebennieren

4.5.1 Topographische Anatomie der Nebennieren

Die Nebennieren (ca. 6 mm x 4 mm) befanden sich retroperitoneal und lagerten sich kranio-medial an die jeweilige Niere an (Abb. 38). Die linke Nebenniere wurde begrenzt kranioventral vom Magen, mediodorsal von der Aorta, lateral von der linken Niere und kaudal von der Vena renalis. Die kranio-medial an die rechte Niere anschließende rechte Nebenniere wurde kranial vom Lobus caudatus der Leber umgeben. Medial wurde sie durch die Aorta und ventral durch die Vena cava caudalis begrenzt (Abb. 38). Außerdem befanden sich ventral das Duodenum descendens und Duodenum ascendens und lateral das Colon ascendens.

Der Nebennierenquerschnitt zeigte eine deutliche Gliederung in Rinde und Mark.

4.5.2 Sonographische Darstellung der Nebennieren

Die sonographische Darstellung der Nebennieren war beim Degu erschwert, weil diese beiden Organe sich bei manchen Tieren entweder links in der Schallauslöschung des Magens oder rechts in der von Dünndarmanteilen befanden. In diesen Fällen waren die jeweiligen Nebennieren nur andeutungsweise identifizierbar.

Bei 21 von 24 Tieren konnte die linke, bei 19 von 24 die rechte Nebenniere dargestellt werden. Dabei wurde zunächst die jeweilige Niere im Dorsalschnitt aufgesucht und anschließend der Schallkopf individuell gekippt, damit die kranial anliegende Nebenniere komplett durchgemustert werden konnte. Das gleiche Verfahren wurde im Transversalschnitt mit einem um 90° gedrehten Schallkopf durchgeführt.

Die Nebennieren waren dabei im Vergleich zur Niere echoärmer und zeigten bei senkrechtem Schallaufreffen eine deutliches Ein- und Austrittsecho (Abb. 37). Die Nebennierenrinde ließ sich sonographisch nicht vom Nebennierenmark differenzieren.

Für die Messungen wurde die Schnittebene mit der maximalen Länge und Breite des Organs ausgewertet. Geschlechtsspezifische Größenunterschiede der Nebennieren waren nicht feststellbar. Tabelle 3 gibt die Größenverhältnisse mit dem arithmetischem Mittel und mit der Standardabweichung wieder.

Linke Nebenniere (n=21)	Arithmetisches Mittel	Standardabweichung
Länge	5,5	0,5
Breite	4,2	0,5
Rechte Nebenniere (n=19)	-	-
Länge	5,4	0,7
Breite	3,9	0,6

Tabelle 3: Größenangaben für die linke und rechte Nebenniere des Degus in Millimetern

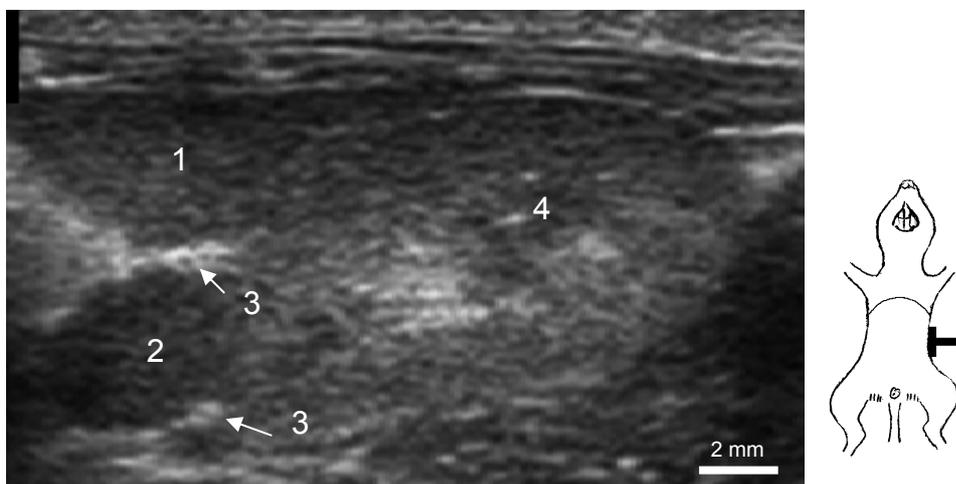


Abb. 37: Sagittalschnitt der linken Nebenniere

- 1 Milz
- 2 linke Nebenniere
- 3 Eintritts- und Austrittsecho der Nebenniere
- 4 linke Niere

4.6 Urogenitaltrakt

Der Urogenitaltrakt setzt sich aus dem Harntrakt und den Geschlechtsorganen zusammen. Außer dem rechten Ovar konnten alle Organe des Urogenitaltraktes sonographisch dargestellt werden; die harnleitenden Strukturen, Ureter und Urethra, ließen sich dagegen im physiologischen Zustand sonographisch nicht nachweisen.

4.6.1 Nieren

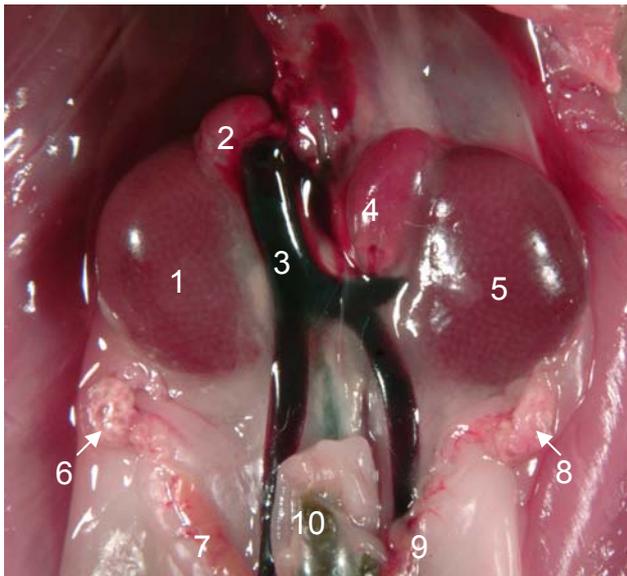
Topographische Anatomie der Nieren

Die Nieren (ca. 13 mm x 10 mm) lagen retroperitoneal, kranial flankiert von der jeweiligen Nebenniere. Sie wurden dorsal von einer Fettkapsel umgeben, die abhängig vom Ernährungszustand unterschiedlich stark ausgeprägt war.

Die linke Niere stand mit ihrer Extremitas cranialis an ihrer Facies ventralis mit der Curvatura major des Magens und mit dem Milzkörper in Kontakt (Abb. 34). Kranio-medial schloss sich direkt die linke Nebenniere an. Auf den kaudalen Nierenpol folgte das linke Ovar (Abb. 38), und ventral lagerte sich das Zaekum je nach Füllungsstatus unterschiedlich weit an die linke Niere an.

Im Vergleich zur linken Niere war die rechte Niere weiter kranial positioniert. Ihre Extremitas cranialis befand sich in der Impressio renalis des Lobus caudatus der Leber und stand medial mit der linken Nebenniere in direktem Kontakt. Des Weiteren wurde die rechte Niere medial von der Vena cava caudalis und ventral vom Duodenum descendens und teilweise vom Colon ascendens begrenzt. An ihre Extremitas caudalis schloss sich das rechte Ovar an (Abb. 38).

Der Dorsalschnitt durch den Nierenhilus ließ eine deutliche Gliederung der bohnenförmigen Niere in Nierenrinde, Nierenmark und Nierenbecken erkennen.



- 1 rechte Niere
- 2 rechte Nebenniere
- 3 Vena cava caudalis
- 4 linke Nebenniere
- 5 linke Niere
- 6 rechtes Ovar
- 7 rechtes Uterushorn
- 8 linkes Ovar
- 9 linkes Uterushorn
- 10 Colon descendens mit Kotpellet

Abb. 38: Nieren mit Nebennieren nach Entfernung des Magendarmtraktes und Teilresektion der Vena cava caudalis

Sonographische Darstellung der Niere

Die sonographische Nierenuntersuchung erforderte meist eine zusätzliche Schür an der lateralen Bauchwand, da aufgrund des ausgeprägten Dickdarmtraktes die Sicht auf die Nieren andernfalls oft verwehrt blieb. Am Ultraschallgerät war außerdem eine individuelle Einstellung der Verstärkung, der Tiefenverstärkung und des Fokus (vor allem für die rechte Niere) notwendig.

Als Standardschnittebenen der Nieren waren beim Degu regelmäßig der Dorsal- und der Transversalschnitt durchführbar, mit deren Hilfe das Organ durchgemustert wurde. Aufgrund der Überlagerung links vom Zaekum und rechts vom Colon ascendens war es nicht möglich beurteilbare Sagittalschnitte der Nieren zu erzielen.

Um den Dorsalschnitt zu erhalten, wurde der Schallkopf möglichst hoch dorsal an der lateralen Bauchwand aufgesetzt und ventral gekippt. Ausgangspunkt für den Transversalschnitt war je nach Niere der Transversalschnitt des kaudalen Magens bzw. der des Lobus caudatus der Leber. Von hier aus bewegte man die Sonde kaudal, bis das Nierenparenchym sichtbar wurde. Um die Genauigkeit der Schnittebene zu überprüfen, wurde zunächst für jede Schnittebene der Hilusschnitt dargestellt, der auch zur Dokumentation diente. War die Niere nicht exakt dorsal bzw. transversal im Nierenhilus angeschnitten, musste der Schallkopf zusätzlich individuell gedreht werden.

Im Dorsalschnitt (Abb. 39) sowie im Transversalschnitt (Abb. 40) ließ die Niere individuell eine unterschiedlich deutliche Differenzierung von Rinde und Mark zu. Dabei stellte sich in den meisten Fällen die Medulla renalis hypoechogener als die Cortex renalis dar (Abb. 36). Bei einzelnen Tieren zeigte sich die Medulla ähnlich echogen wie die Cortex. Im Vergleich zu Leber und Milz war die Echogenität der Cortex gering echogener als das Milzparenchym (Abb. 36), aber wesentlich echogener als das Leberparenchym (Abb. 39).

Die glatte Nierenkapsel stellte sich bei senkrechtem Anschauen im Sonogramm als feine hyperechogene Linie dar (Abb. 39).

Das physiologische Nierenbecken ließ sich sonographisch nicht identifizieren. Jedoch zeigte der Sinus renalis, in dem das Nierenbecken liegt, im Hilus sowohl im Dorsal- als auch im Transversalschnitt die Form eines breiten, hyperechogenen „V“,

das bei gekippter Schnittführung durch den Hilus schmaler und spitzer wurde (Abb. 40).

Die rechte und linke Niere waren in ihrer größten Länge, Breite und Höhe annähernd gleich groß. Auch zwischen männlichen und weiblichen Tieren gab es keine auffälligen Größenunterschiede. Tabelle 4 zeigt die Größenverhältnisse beider Nieren in Form vom arithmetischen Mittel und der Standardabweichung.

Linke Niere (n=24)	Arithmetisches Mittel	Standardabweichung
Länge	13,9	1,1
Breite	9,7	1,0
Höhe	11,0	1,4
Rechte Niere (n=24)	-	-
Länge	14,5	0,8
Breite	9,7	1,0
Höhe	10,5	1,2

Tabelle 4: Größenangaben der linken und rechten Niere des Degus in Millimetern

Mit Hilfe der Farbdopplersonographie konnte bei drei Degus der Gefäßbaum vom Hilus in die Niere (Abb. 41) dargestellt werden. Mit dem PW-Doppler ließ sich die Blutfließkurve der Arteria interlobaris wiedergeben (Abb. 42). Dafür wurden die Gefäße im Dorsalschnitt der Niere erfasst, das Ultraschallsystem auf den jeweiligen Dopplermodus umgestellt und eine individuelle Einstellung für das jeweilige Gefäß vorgenommen.

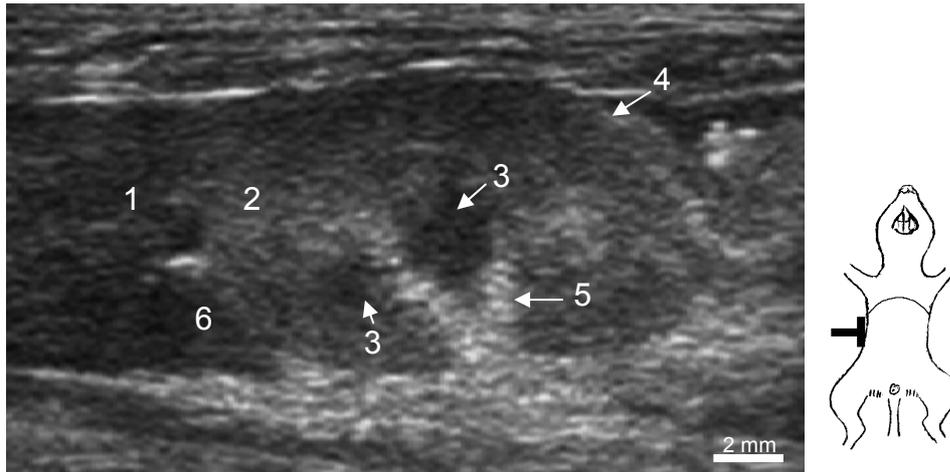


Abb. 39: Dorsalschnitt der rechten Niere

- 1 Fossa renalis des Lobus caudatus der Leber
- 2 Nierenrinde
- 3 Nierenmark
- 4 Nierenkapsel
- 5 Sinus renalis
- 6 rechte Nebenniere

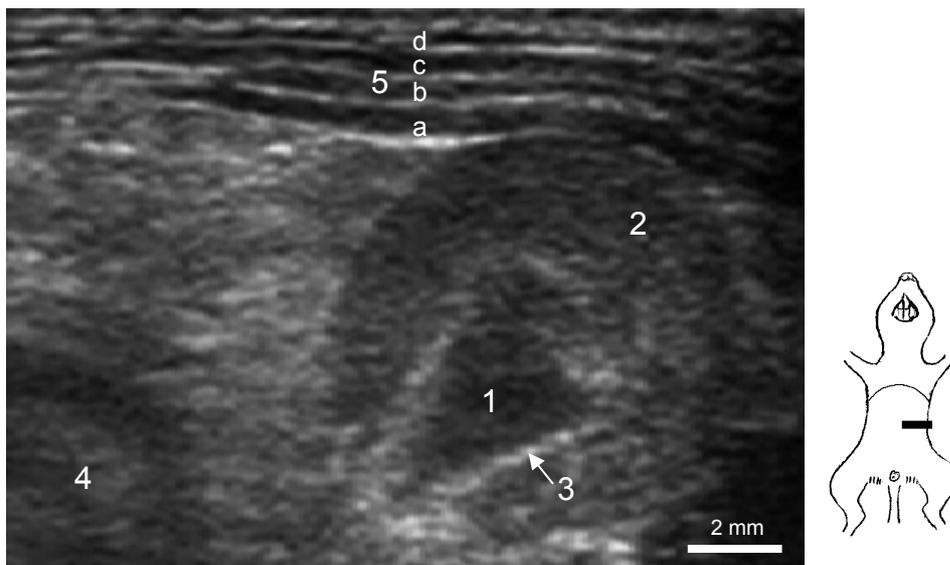


Abb. 40: Transversalschnitt der linken Niere

- 1 Nierenmark
- 2 Nierenrinde
- 3 Sinus renalis
- 4 Magen
- 5 Bauchdeckenschichtung:
 - a M. transversus abdominis
 - b M. obliquus internus
 - c M. obliquus externus
 - d Subcutis

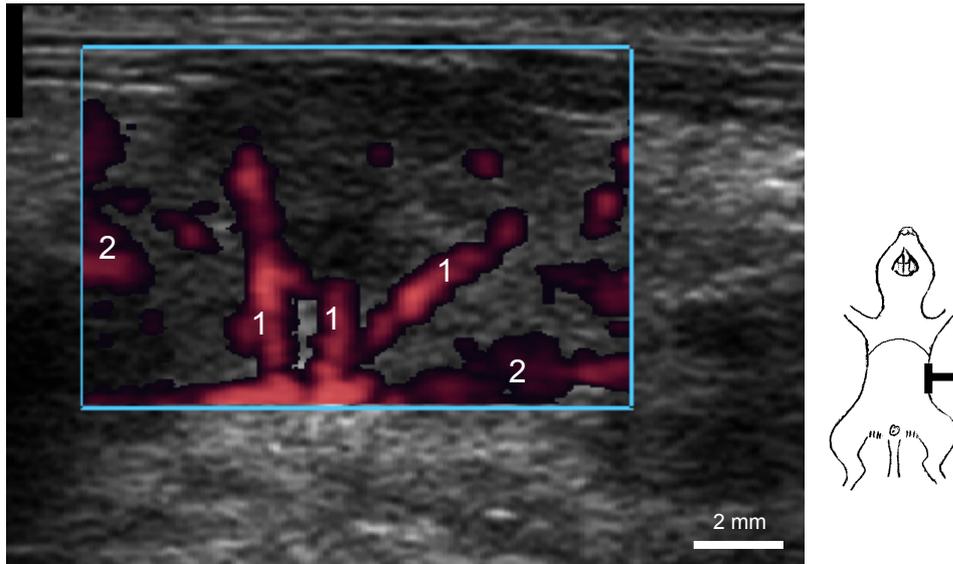


Abb. 41: Arteriae interlobares der linken Niere, Farbdopplerdarstellung

- 1 Arteriae interlobares
- 2 Atmungsbedingte Bewegungsartefakte

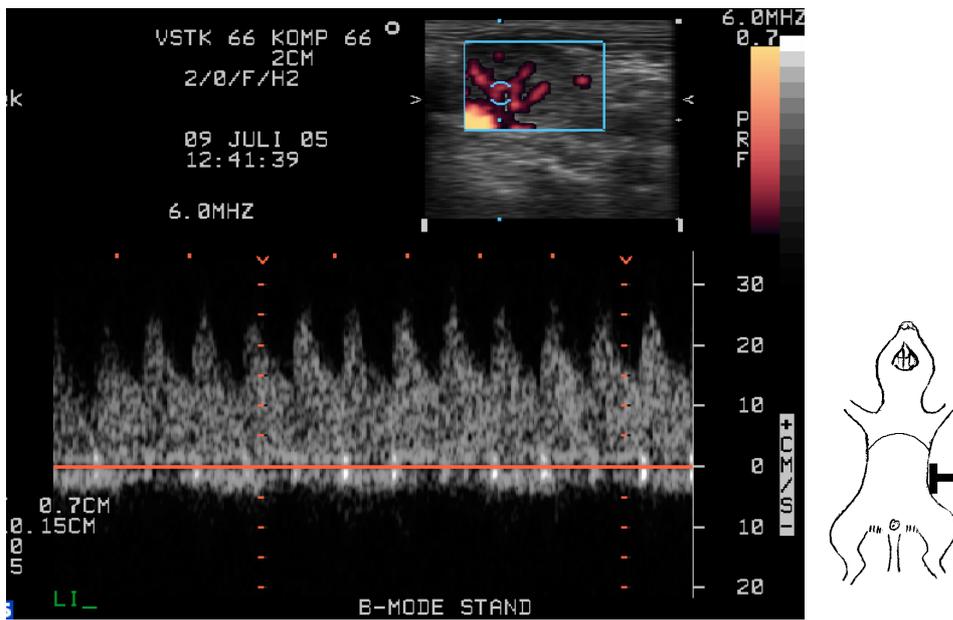


Abb. 42: Arteria interlobaris, PW-Doppler-Darstellung

4.6.2 Harnblase

Topographische Anatomie der Harnblase

An die Harnblase grenzten kranial und lateral links Zaekum-, rechts Zaekum- bzw. Colon ascendens-Anteile, die sich auch ventral anlagerten. Bei den männlichen Degus saß zusätzlich beiderseitig jeweils ein Hoden (Abb. 61). Dorsal fanden sich das Rektum und Anteile der Lobi prostaticae posteriores, der Glandulae vesiculares (Abb. 61) bzw. des Uterus (Abb. 46). Je nach Ernährungszustand des Tieres war die Harnblase im kaudalen Bereich von unterschiedlich viel Fettgewebe umgeben.

Sonographische Darstellung der Harnblase

Zur Untersuchung der Harnblase des Degus musste die Schallverstärkung leicht reduziert werden, um störende schallkopfnaher Artefakte zu verhindern. Die Ankopplung des Schallkopfes erfolgte in der Medianen, kranial des Os pubis. Anschließend wurde die Harnblase in der sagittalen (Abb. 43) sowie in der transversalen Ebene durchgemustert (Abb. 50, 65).

Die Harnblase des Degus war im Sagittalschnitt birnenförmig, im Transversalschnitt rund, wurde jedoch je nach Füllungszustand im kranialen Bereich von Anteilen des Zaekum oder des Colon ascendens überlagert (Abb. 66).

Die Harnflüssigkeit war anechogen mit einer ausgeprägten distalen Schallverstärkung, die als akustisches Fenster für die sonographische Darstellung von dorsal der Harnblase gelegenen Strukturen - wie Uterus und Prostata - hilfreich war.

Im gefüllten Zustand stellte sich die Harnblasenwand bei senkrechtem Anschallen in Form dreier Linien dar, einer echoreichen an der Wandaußenfläche, einer hypoechoenen Mittellinie (Tunica muscularis) und einer echogenen an der Schleimhautoberfläche (Abb. 43).

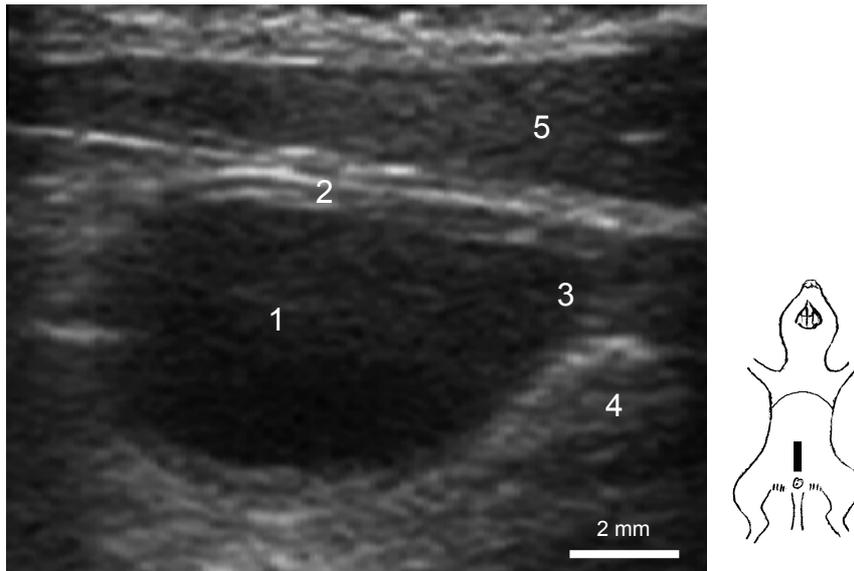


Abb. 43: Sagittalschnitt der Harnblase

- 1 Harnblasenlumen
- 2 Dreischichtung der Harnblasenwand
- 3 Harnblasenhals
- 4 Rektum (angeschnitten)
- 5 M. rectus abdominis

Pathologische Befunde der Harnblase

Bei vier Degus konnte eine geringgradige Ansammlung von flockigen, hyperechogenen Reflexen in der Harnbase sonographisch festgestellt werden. Durch schnelle Bewegungen des Schallkopfes auf der kaudalen Bauchdecke konnten die Partikel in der Harnflüssigkeit aufgewirbelt werden (Abb. 44). Bei einem weiteren Degu war außerdem eine verdickte Harnblasenwand festzustellen (Abb. 45).

Bei der Nachuntersuchung drei Wochen nach Befunderhebung und Futterumstellung auf luzernefreie Kost, konnten in allen fünf Fällen keine Harnblasenveränderungen mehr festgestellt werden.

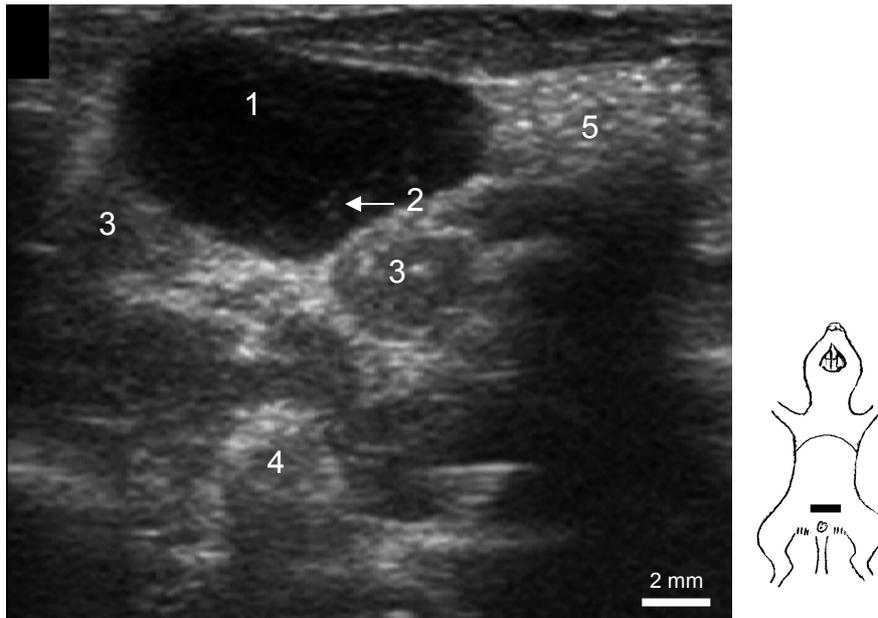


Abb. 44: Transversalschnitt der Harnblase

- 1 Harnblasenlumen
- 2 reflexreiche Echos
- 3 rechtes und linkes Uterushorn
- 4 Rektum
- 5 Caecum

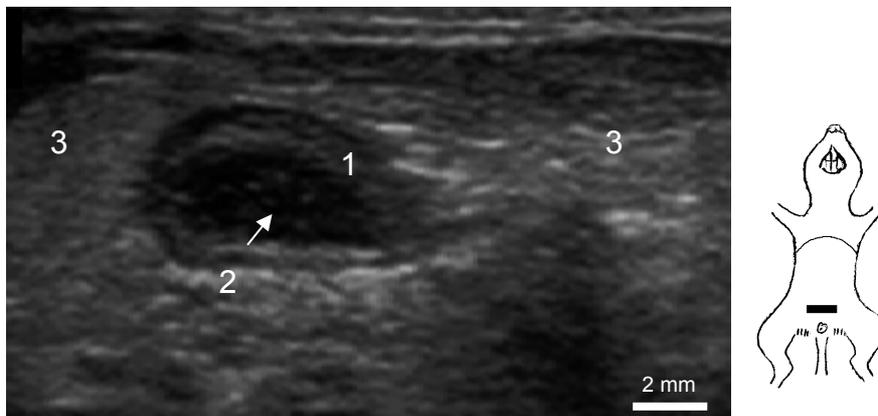


Abb. 45: Transversalschnitt der Harnblase (Zystitis)

- 1 verdickte Harnblasenwand
- 2 reflexreiche Echos
- 3 Hoden

4.6.3 Weibliche Geschlechtsorgane

Die inneren Geschlechtsorgane der weiblichen Degus setzen sich aus dem Uterus duplex und den beiden Ovarien zusammen. Sonographisch ließen sich der Uterus und bei einzelnen Tieren das linke Ovar darstellen. Das rechte Ovar war bei keinem der 13 weiblichen Tiere zu identifizieren.

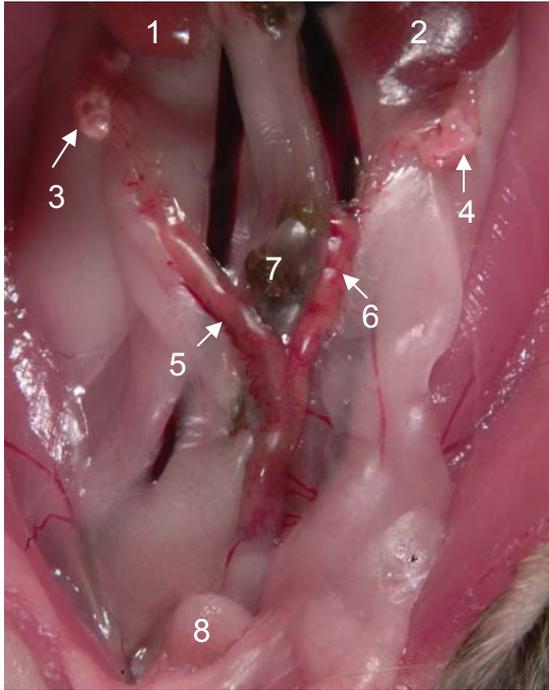
Erwähnt werden soll auch die sonographische Wiedergabe der Klitoris, die zwar nicht zu den abdominalen Organen zählt, aber sonographisch angesprochen werden konnte.

Topographische Anatomie der weiblichen Geschlechtsorgane

Bei äußerer Adspektion des fast haarlosen Anogenitalbereiches fiel beim weiblichen Degu der deutliche Harnröhrenzapfen auf.

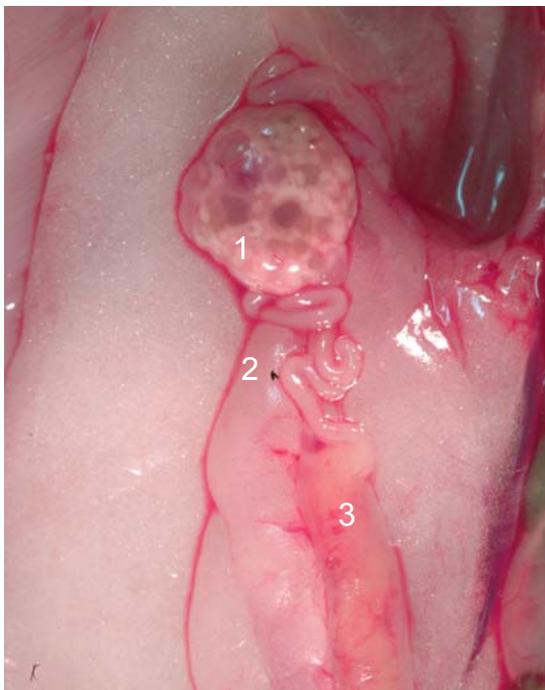
Der Uterus des weiblichen Degus bestand aus zwei Cornua uteri (ca. 1,5 mm Durchmesser), die im kaudalen Bereich makroskopisch miteinander eine Einheit bildeten, dann eng aneinander lagen und anschließend kranial divergierten. Die Uterushörner befanden sich ventral der inneren Lendenwirbelmuskulatur zwischen dem dorsalen Colon descendens und dem ventralen Zaekum bzw. Colon ascendens. Je nach Ernährungszustand waren sie dorsal in unterschiedlich reichlichem Fettgewebe eingebettet. Zwischen den Uterus und das Rektum schob sich die Harnblase, auch hier fand sich je nach Ernährungszustand unterschiedlich viel Fettgewebe (Abb. 46).

Die beiden kleinen, rundlichen Ovarien (ca. 3 mm Durchmesser) lagen kaudal des jeweiligen kaudalen Nierenpols hoch dorsal unter der Lendenmuskulatur auf Fettgewebe. Sie wurden überlagert links vom Zaekum bzw. rechts vom Colon ascendens. Kleine Funktionskörper waren makroskopisch erkennbar. Beidseitig verband je eine gewundene Tuba uterina das Ovar mit dem jeweiligen Cornu uteri (Abb. 47).



- 1 rechte Niere
- 2 linke Niere
- 3 rechtes Ovar
- 4 linkes Ovar
- 5 rechtes Uterushorn
- 6 linkes Uterushorn
- 7 Colon descendens mit Kotpellet
- 8 Harnblase

Abb. 46: weibliche Geschlechtsorgane nach Entfernung des Magen-darmtraktes



- 1 Ovar mit Funktionskörpern
- 2 Tuba uterina
- 3 Cornu uteri

Abb. 47: Cornu uteri, Tuba uterina und Ovar in situ (rechts)

Sonographische Darstellung der weiblichen Geschlechtsorgane

Klitoris

Die Klitoris fand sich ventral des Os pubis und stellte sich im Tansversalschnitt mit einer im Vergleich zur Umgebung geringen Echogenität dar (Abb. 48). Kaudal teilte sie sich in ihre beiden Crura clitoridis auf, die am Arcus ischiadicus ihren Ansatz hatten (Abb. 49).

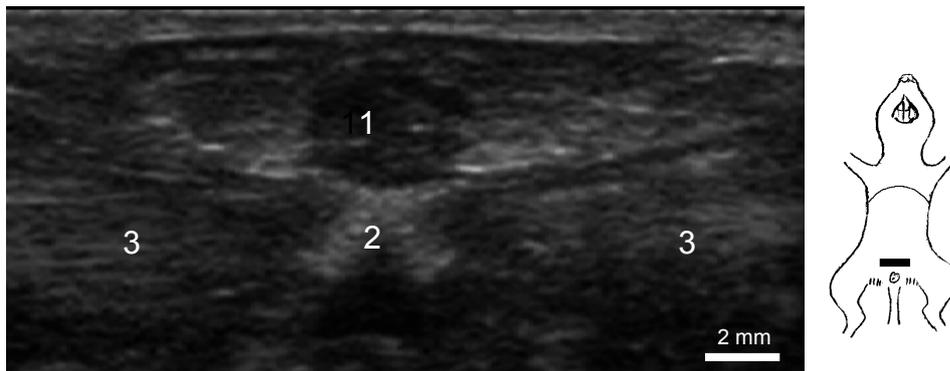


Abb. 48: Transversalschnitt der Clitoris

- 1 Clitoris
- 2 Os pubis
- 3 Oberschenkelmuskulatur

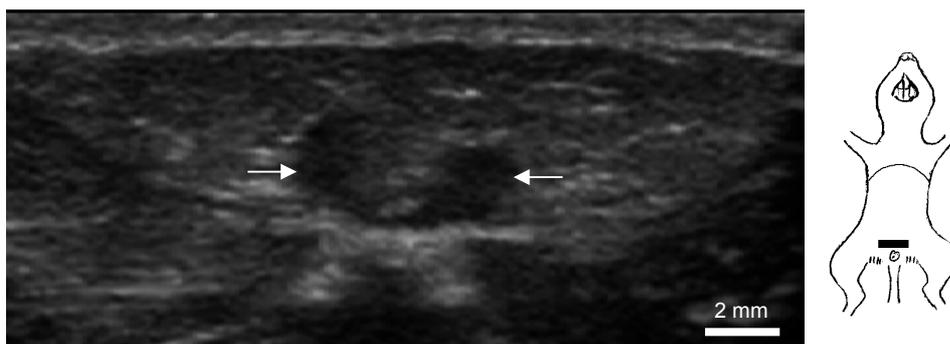


Abb. 49: Crura clitoridis (Pfeile)

Uterus

Aufgrund der Schallauslöschung durch den Ingestagehalt des Zaekum bzw. des Colon ascendens konnten – bis auf drei Ausnahmen (Abb. 11) - nur die kaudalen Anteile des Uterus dargestellt werden, die dorsal der Harnblase lagen. Vorteilhaft erwies

sich dabei die Harnblase als akustisches Fenster.

Bei 10 von 13 weiblichen Degus gelang es, den Uterus reproduzierbar im Transversalschnitt anzusprechen. Im Sagittalschnitt war dagegen eine Differenzierung von umgebendem Gewebe unsicher.

Um die Schnittebenen zu erhalten, wurde der Schallkopf vergleichbar zu den unter 4.6.2 beschriebenen Schnittebenen bei der Harnblasenuntersuchung aufgesetzt und der Fokus in den Bereich dorsal der Harnblase positioniert.

Im Transversalschnitt zeigten sich zwei im Vergleich zur Umgebung inhomogene, hypoechogene, ovale Gebilde (Durchmesser: $1,7 \pm 0,2$ mm), die eng miteinander in Kontakt standen, von denen aber jedes für sich identifizierbar war. Ein Uteruslumen war im physiologischen Zustand nicht zu erkennen. Auch in kaudalen Bereichen war es nicht möglich, die makroskopisch verschmolzenen Uterushörner sonographisch als einheitlichen Corpus uteri darzustellen.

Bei drei weiblichen Degus zeigte sich bei Mehrfachuntersuchungen im Abstand von einer Woche, dass der Organquerschnitt zum Zeitpunkt einer Untersuchung variierte ($2,3 \pm 0,2$) und eine geringere Echogenität besaß. Ein Uteruslumen war auch in diesen Fällen nicht auszumachen (Abb. 51).

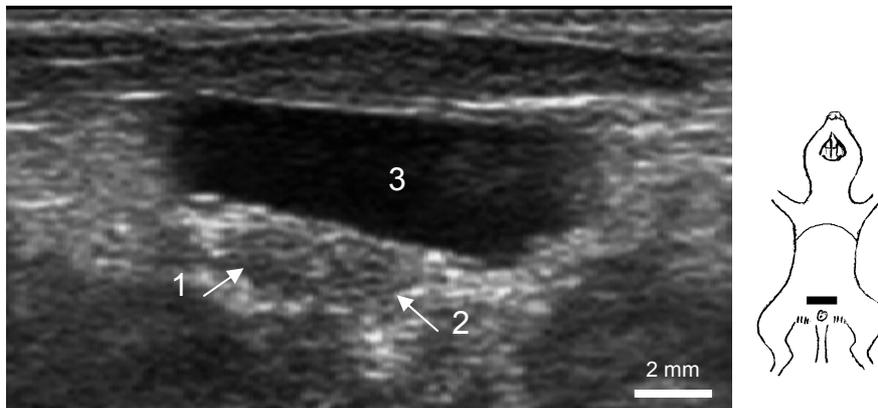


Abb. 50: Transversalschnitt des Uterus (Anöstrus)

- 1 rechtes Uterushorn
- 2 linkes Uterushorn
- 3 Harnblasenlumen

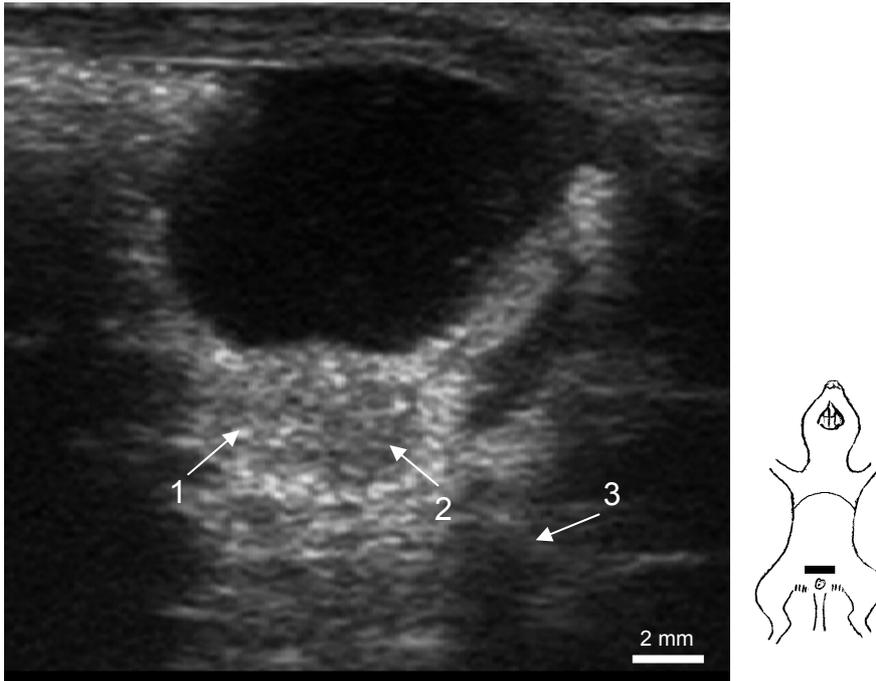


Abb. 51: Transversalschnitt des Uterus (Östrus)

- 1 rechtes Uterushorn
- 2 linkes Uterushorn
- 3 Rektum

Ovarien

Die kleinen, hoch dorsal, kaudal der jeweiligen Nierenpole gelegenen Ovarien konnten nur bei einzelnen Tieren (4 von 13) auf der linken Körperseite sonographisch identifiziert werden. Das rechte Ovar - bei 9 Degus auch das linke - war dagegen aufgrund des ventral anliegenden Dickdarms nicht darstellbar.

Zum Auffinden der Ovarien wurde zunächst die Niere in ihrer dorsalen Schnittebene wiedergegeben und das Ovar kaudal des hinteren Nierenpols identifiziert. Aufgrund der geringen Ovargröße durfte der Schallkopf nur in kleinen Schritten weiterbewegt werden, um das Organ nicht zu übersehen.

Durch die anschließende Drehung des Schallkopfes um 90° konnte das Ovar auch im Transversalschnitt dargestellt werden.

Im Vergleich zur Nierenrinde zeigte sich das Ovarparenchym echogener und setzte sich in seiner Echogenität nur gering vom umgebenden Gewebe ab. Funktionskörper ließen sich nicht ausmachen (Abb. 35).

Sonographischer Trächtignachweis

Zwei Degus befanden sich bei der ersten Vorstellung zur Trächtignachweisuntersuchung zwischen der zweiten und dritten Trächtignachweiswoche. Der Decktermin war mit einer Zeitspanne von 4 Tagen bekannt. Deshalb wurde der Tag, an dem der Bock aus dem Käfig genommen worden war, als Trächtignachweistag 0 definiert.

Der Nachweis von Fruchtanlagen war bei einem Degu am Tag 20 der Trächtignachweis möglich; die Fruchtanlagen stellten sich im Transversal- wie auch im Sagittalschnitt als kleine, rundliche Gebilde dar. Je nach Schnittebene waren homogene mittel-echogene Uterusbereiche oder anechogenes Fruchtwasser mit mittel- bis hyper-echogenen fötalen Anteilen sichtbar (Abb. 52, 53).

Bei dem anderen Degu konnte ein positiver Trächtignachweis erst am Tag 27 diagnostiziert werden. Es zeigte sich jedoch, dass diese Feten trotz zeitlich späterem Trächtignachweisbefund bereits größer waren.

Die Plazentascheibe konnte am Tag 34 sonographisch identifiziert werden und stellte sich in der Verlängerung der Nabelschnur als homogener, echoärmerer Bereich dar (Abb. 54).

Zum gleichen Zeitpunkt war es auch möglich, die Nabelschnur durch ihre beiden echogenen Linien innerhalb der anechogenen Amnionflüssigkeit deutlich aufzuzeigen (Abb. 55) und ihren Blutfluss dopplersonographisch wiederzugeben (Abb. 57). Ebenso konnten ab dem 34. Tag die Herzaktionen der Embryonen sowohl im bewegten sonographischen B-Bild als auch mit Hilfe des Farbdopplers dargestellt werden (Abb. 58).

Bis zum Abbruch der Untersuchungen am 41. Trächtignachweistag konnten bei keinem Embryo Organe identifiziert werden (Abb. 56).

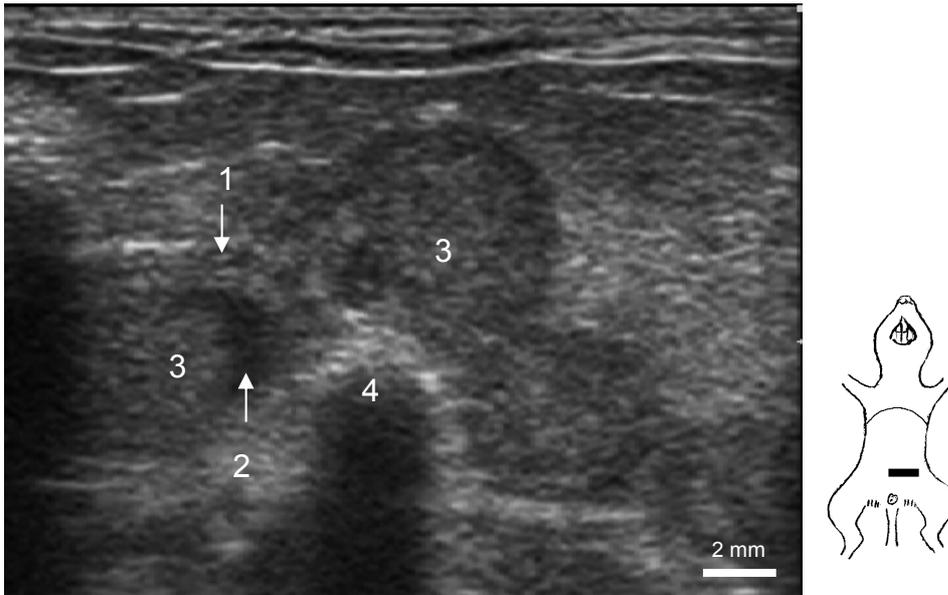


Abb. 52: Transversalschnitt: Trächtigkeitstag 20

- 1 Uteruswand
- 2 Fruchtwasser
- 3 Embryo
- 4 Colon descendens

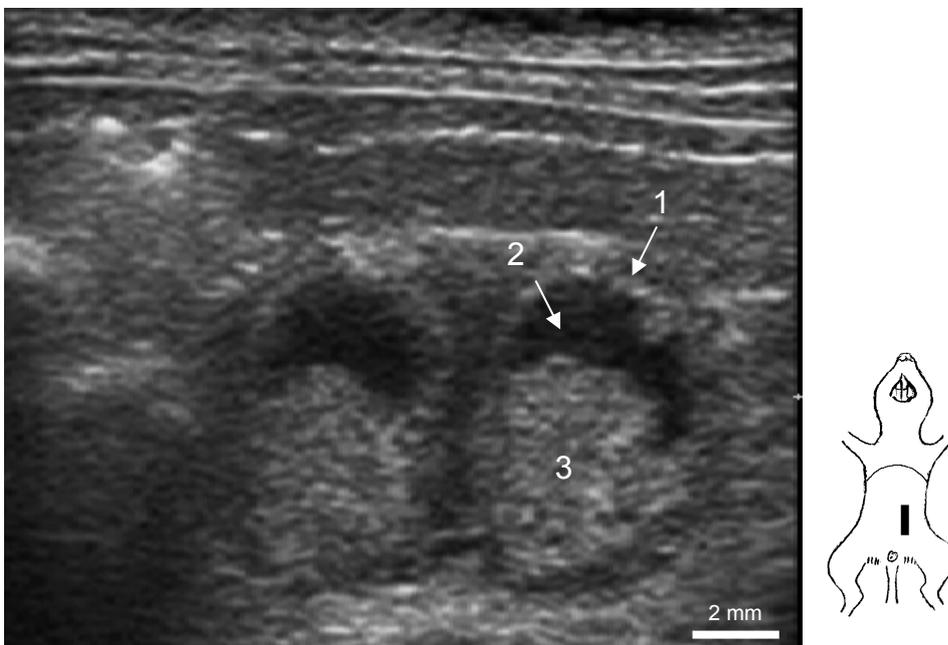


Abb. 53: Sagittalschnitt: Trächtigkeitstag 20

- 1 Uteruswand
- 2 Fruchtwasser
- 3 Embryo

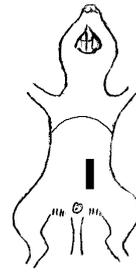
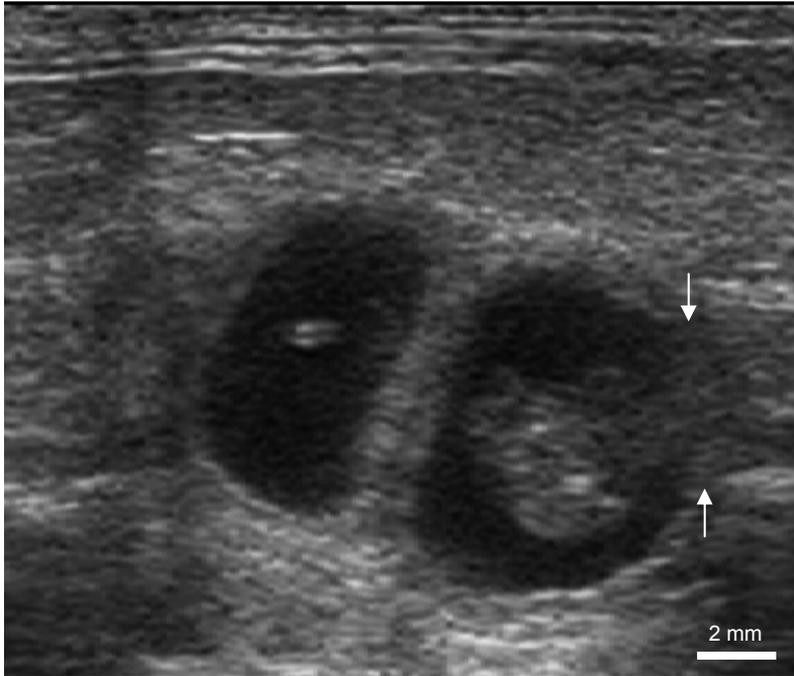


Abb. 54: Plazentascheibe (Pfeile), 34. Trächtigkeitstag

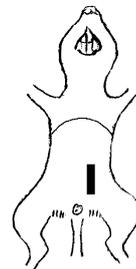
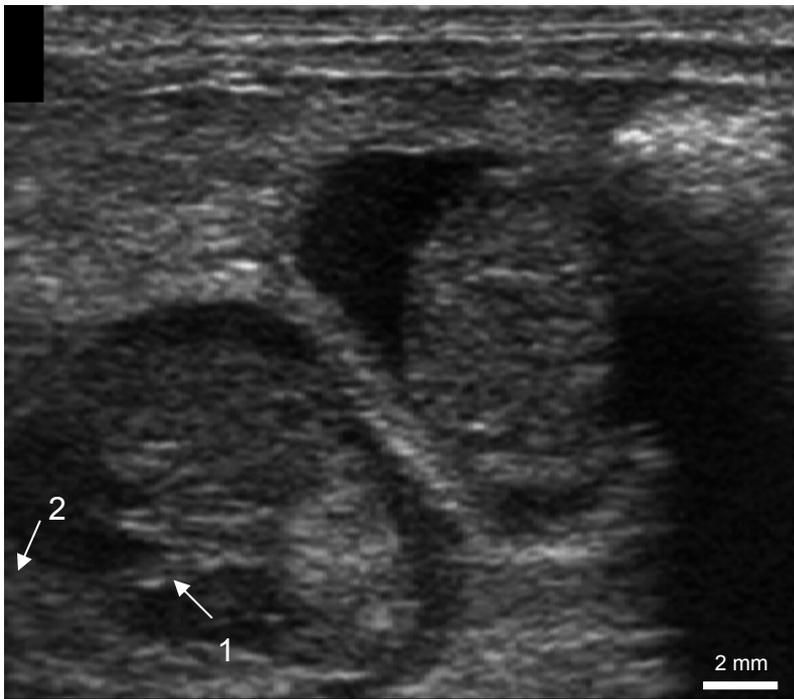


Abb. 55: Darstellung der Nabelschnur (1) und Plazentascheibe (2)

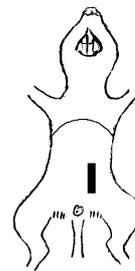


Abb. 56: Trächtigkeitstag 41

- 1 Hinterextremität
- 2 Pfote

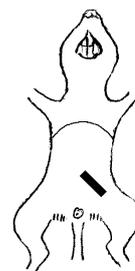
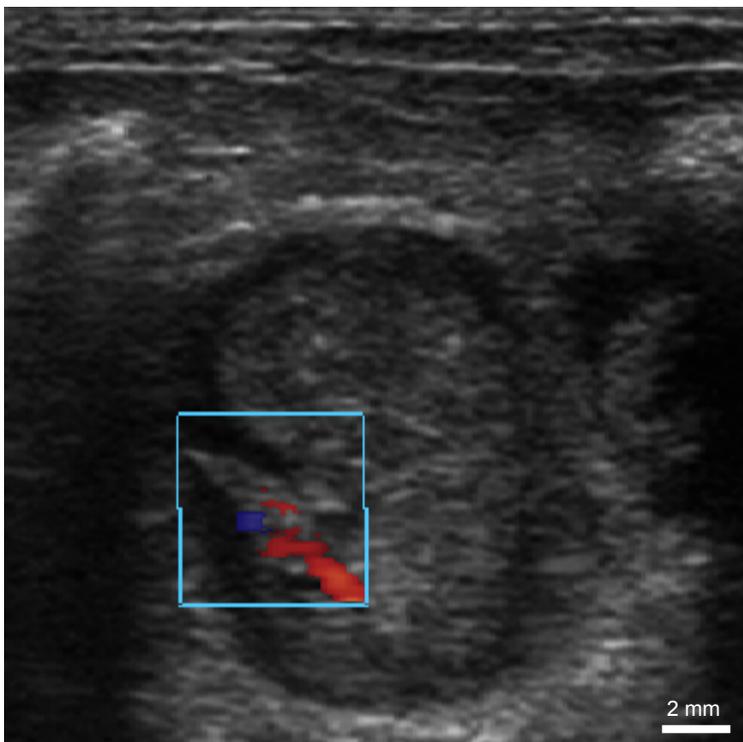


Abb. 57: Arteria umbilicalis, Farbdopplerdarstellung

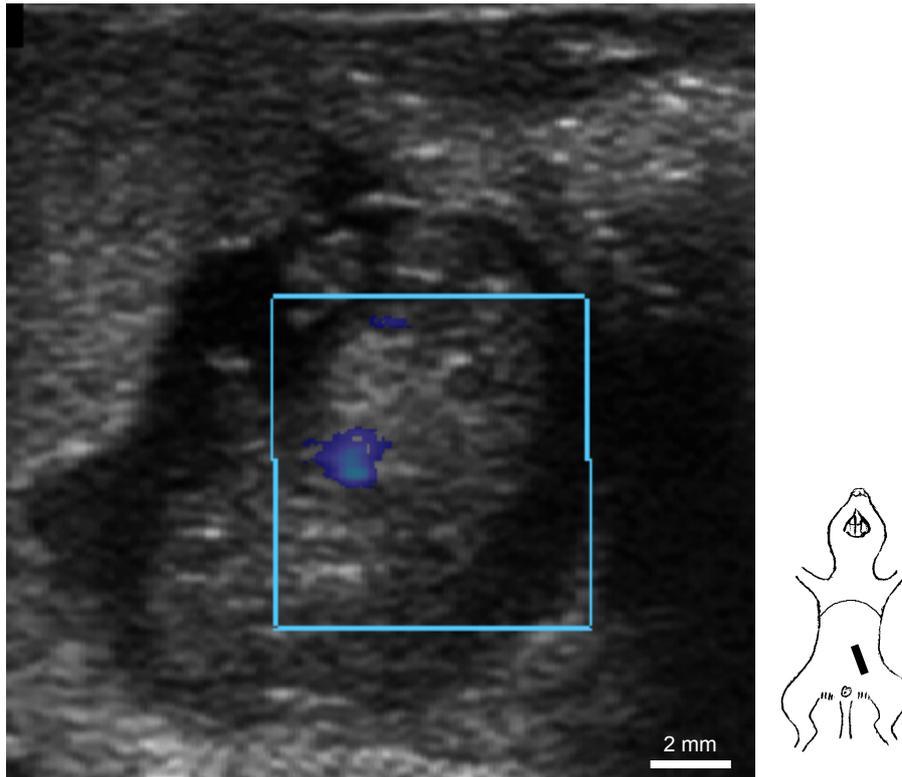


Abb. 58: Fötales Herz, Farbdopplerdarstellung

4.6.4 Männliche Geschlechtsorgane

Die männlichen abdominalen Geschlechtsorgane des Degubocks setzen sich zusammen aus den beiden Hoden mit Nebenhoden, der Prostata und den paarigen Glandulae vesiculares. Alle diese Organe ließen sich sonographisch nachweisen.

Topographische Anatomie der männlichen Geschlechtsorgane

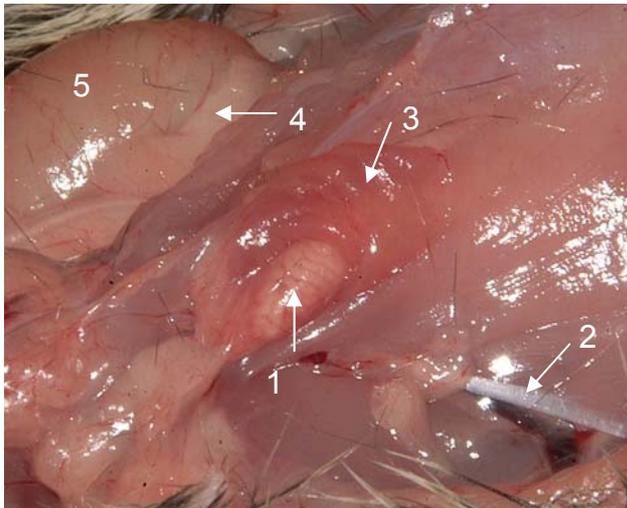
Bei der äußerlichen Adspektion des männlichen Genitaltraktes war ein nur fein behaarter, perianaler Bereich erkennbar mit dem im Präputium liegenden Penis und dem Anus. Die Hoden wölbten sich bei normaler Körperhaltung lediglich geringgradig vor, ließen sich aber zum Teil palpieren. Auffällig war hierbei ihre gute Beweglichkeit.

Nach Entfernung der Haut in der Regio inguinalis zeigte sich ein farblich dunklerer, abgrenzbarer Bereich, der sog. Kremastersack, der vom M. cremaster gebildet wird. Der kaudale Teil des Nebenhodenschwanzes trat hier durch den Inguinalspalt und befand sich im kleinen Processus vaginalis (Abb. 59). Das feine Ligamentum caudae epididymidis, das die Cauda epididymidis im Processus vaginalis fixiert, war

makroskopisch sichtbar.

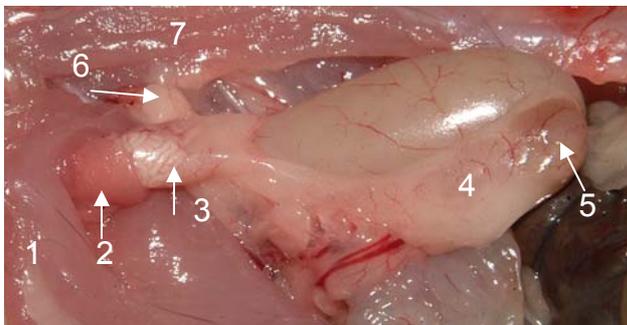
Die ovalen Hoden des männlichen Degus fanden sich intraabdominal im Bereich der Regio inguinalis. Der Nebenhoden lag dem Hoden dorsolateral an und wies ein prominentes Caput epididymidis, einen schmalen, vom Fettkörper umgebenen Corpus epididymidis und eine deutliche Cauda epididymidis mit dem durchschimmernden Ductus epididymidis auf. Je nach Ernährungszustand überzog der mehr oder weniger gut ausgebildete Fettkörper den Nebenhodenkörper und zum Teil den Nebenhodenkopf (Abb. 60, 61).

Der Ductus deferens als Verbindung zwischen Hoden und Urethra verlief ausgehend von der Cauda epididymidis im Mesoductus deferens und mündete im Bereich der Prostata in die Urethra (Abb. 61).



- 1 Cauda epididymidis
- 2 Ligamentum inguinale
- 3 Kremastersack
- 4 Corpus epididymidis im Fettkörper
- 5 rechter Hoden, extraabdominal

Abb. 59: linker Kremastersack mit Caput epididymidis; rechter Hoden extraabdominal nach Öffnung des Kremastersackes



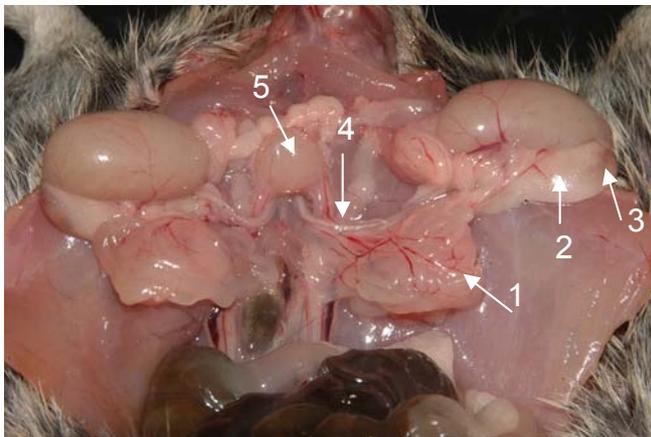
- 1 linke, ventrale Bauchdecke
- 2 M. cremaster
- 3 Cauda epididymidis
- 4 Corpus epididymidis
- 5 Caput epididymidis
- 6 Harnblase
- 7 M. rectus abdominis

Abb. 60: linker Hoden in situ nach Längseröffnung des Leistenkanals und Lateralklappen der linken Bauchdecke

Als akzessorische Geschlechtsdrüsen besaß der männliche Degu sowohl die paarigen Glandulae prostaticae, die paarigen Glandulae vesiculares als auch die paarigen Glandulae bulbourethrales, wobei nur die Prostata und die Glandulae vesiculares für die abdominale Sonographie relevant waren.

Die Prostata setzte sich auf beiden Seiten aus je einem Lobus prostatica posterior, einem Lobus prostatica media und einem Lobus prostatica anterior zusammen. Im abdominalen Situs ließen sich nur Anteile der Lobi posteriores dorsal der Harnblase erkennen. Das restliche Parenchym der Prostata befand sich in der Beckenhöhle und war daher bei der sonographischen Untersuchung von der ventralen Bauchwand aus nicht zugänglich.

Die deutlich ausgeprägten paarigen Glandulae vesiculares erstreckten sich dorso-medial über Teile der Hoden, mit denen sie auf jeder Seite über eine Gekrösefalte verbunden waren. Makroskopisch besaßen sie zwei ausladende kraniale Anteile, die mit vielen flüssigkeitsgefüllten, weißlich-hellrosaroten, transparenten Divertikeln versehen waren (Abb. 61).



- 1 rechte Glandula vesicularis
- 2 rechtes Corpus epididymidis im Fettkörper
- 3 rechtes Caput epididymidis
- 4 rechter Ductus deferens
- 5 Harnblase

Abb. 61: abdominale männliche Geschlechtsorgane, Hoden lateral geklappt

Sonographische Darstellung der männlichen Geschlechtsorgane

Mit Hilfe der 15 MHz-Linearsonde ließen sich beim männlichen Degu alle intraabdominalen Anteile der Geschlechtsorgane identifizieren.

Hoden mit Nebenhoden

Für die sonographische Darstellung der Hoden mit Nebenhoden des männlichen Degus war eine sorgfältige Rasur im inguinalen Bereich erforderlich, um Ankopplungsartefakte vor allem im kaudalen Bereich zu verhindern.

Grundsätzlich waren bei den Hoden und Nebenhoden alle drei Schnittebenen (Sagittal-, Transversal- und Dorsalschnitt) durchführbar. Dabei war es in manchen Fällen notwendig, mit einem Finger den jeweiligen Hoden kaudal in der Bewegungsfreiheit einzuschränken, um eine ausreichende Ankopplung der Sonde zu gewährleisten.

Für die sagittale sonographische Untersuchung der Hoden mit Nebenhoden wurde der Schallkopf paramedian aufgesetzt. Davon ausgehend wurde anschließend der jeweilige Hoden lateral durchgemustert.

Um einen Transversalschnitt zu erhalten, musste der Degu möglichst weit gespreizt auf seinen Hintergliedmaßen stehen, damit die Sonde transversal in der Regio inguinalis Ankopplung fand. Die Untersuchung begann am jeweiligen kranialen Hodenpol und wurde kaudal fortgesetzt.

Der Dorsalschnitt konnte je nach Kooperationsbereitschaft des Degus von der Lateralen oder von der Medianen aus durchgeführt werden.

Sonographisch stellte sich das Hodenparenchym homogen mit mittlerer Echogenität und feiner Textur dar (Abb. 62, 63, 64). Die dünne Serosa, die den Hoden und Nebenhoden umgab, zeigte sich bei senkrechtem Auftreffen der Schallwellen als hyperechogene, dünne Grenzlinie zum umgebenden Gewebe. Das feine, hyperechogene Mediastinum testis ließ sich nur bei exakter Schnittführung durch die Organmitte im Sagittal- oder Dorsalschnitt nachweisen (Abb. 63). Es war aufgrund seiner feinen Ausbildung in der Transversalebene nicht zu identifizieren.

Das Nebenhodenparenchym der Cauda epididymidis ließ sich sowohl im Dorsal- als auch im Transversalschnitt darstellen und war geringgradig anechogener als das Hodenparenchym (Abb. 62). Dagegen zeigte sich der Hodenfettkörper mit dem Corpus epididymidis deutlich echogener (Abb. 64).

Generell ließen sich vom Nebenhoden das Caput und die Cauda epididymidis differenzieren, wobei ein Teil des Nebenhodenschwanzes im Kremastersack dargestellt werden konnte (Abb. 62). Das dünne Corpus epididymidis war von Fett umgeben und ließ sich von diesem sonographisch nicht abgrenzen.

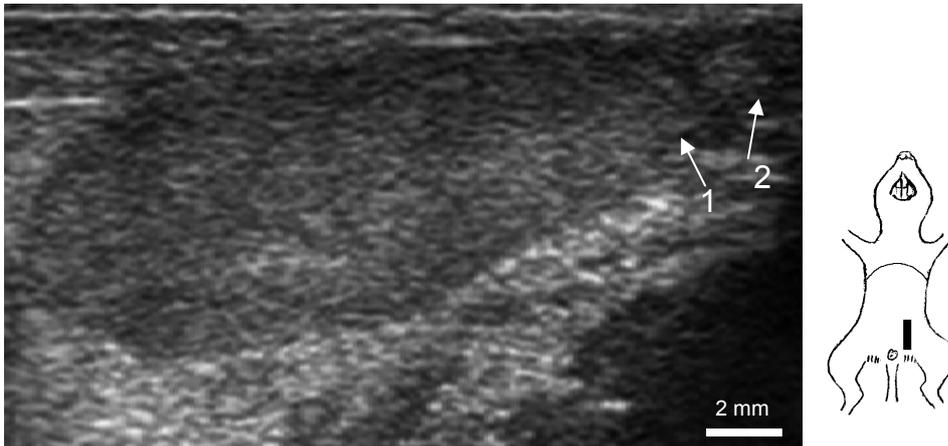


Abb. 62: Sagittalschnitt des Hodens, Cauda epididymidis intraabdominal (1) und im Kremastersack (2)



Abb. 63: Mediastinum testis (Pfeil)

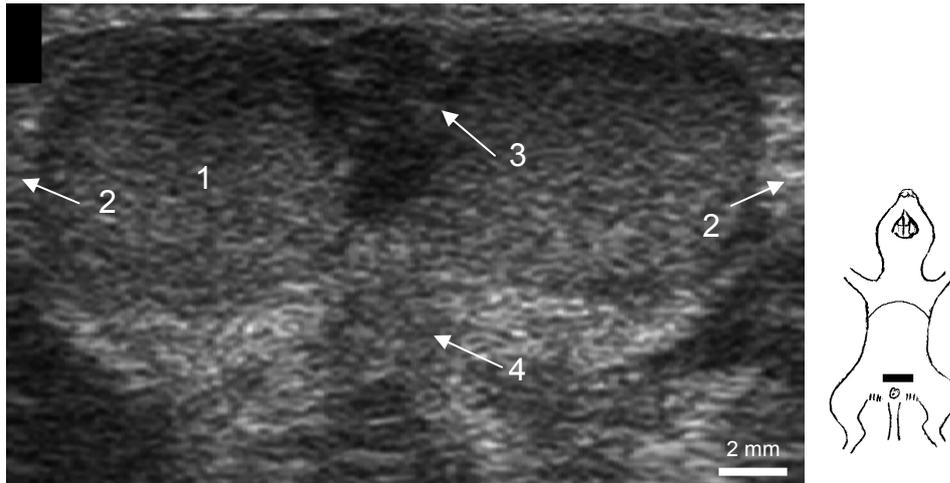


Abb. 64: Transversalschnitt der Hoden

- 1 rechter Hoden
- 2 Fettkörper um das Corpus epididymidis
- 3 Penis
- 4 Rektum

Prostata

Ausgehend von der ventralen Bauchwand konnten nur die kranialen Bereiche der Prostata sonographisch angesprochen werden. Dabei ließen sich beide Lobi prostatica posteriores sicher nur in der Transversalschnittebene von der Umgebung differenzieren. Dazu wurde zunächst die Harnblase transversal dargestellt und der Fokus in deren dorsalen Bereich positioniert.

Im Transversalschnitt zeigte der kraniale Prostatabereich einen rundlichen Querschnitt, (Abb. 65) und das Prostataparenchym war von mittlerer Echogenität mit feiner, homogener Textur.

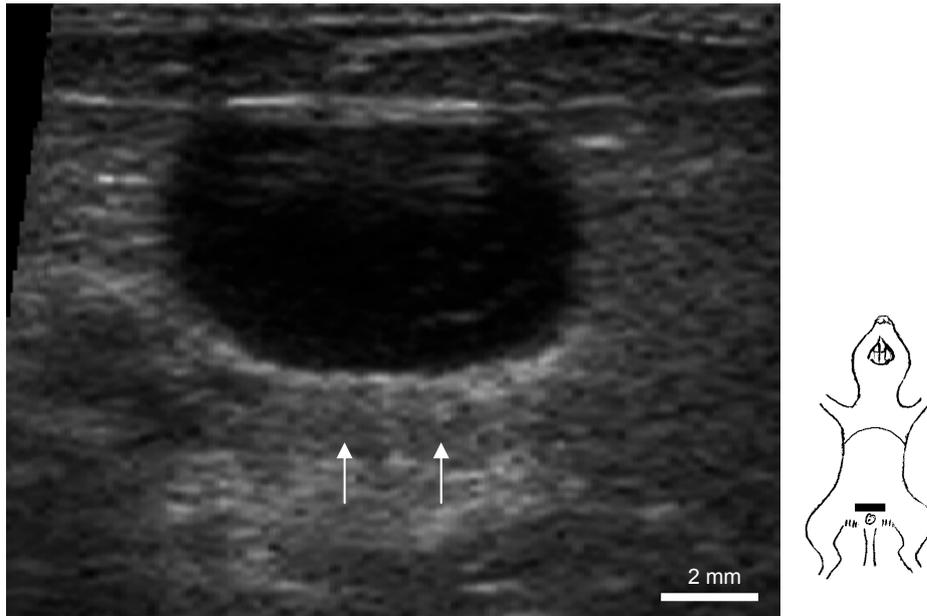


Abb. 65: Transversalschnitt der Prostata (Pfeile)

Glandula vesicularis

Die paarigen Glandulae vesiculares waren beim männlichen Degu makroskopisch deutlich erkennbar. Sie lagerte sich mit ihren feinen Divertikeln dorsolateral der Harnblase und dorsomedial dem jeweiligen Hoden an.

Sonographisch ließen sich die Samenblasendrüsen aufgrund ihrer „Schmetterlingsflügelform“ im nach kaudal gekippten Transversalschnitt darstellen. Bedingt durch ihre visköse Substanz in den Divertikeln setzte sie sich als hypoechogene Struktur von ihrer Umgebung ab (Abb. 66).

Im Sagittalschnitt fand sie sich dorsal des Hodens und zeigte sich gröber und gering hypoechogener als das Hodenparenchym. Eine Darstellung im Dorsalschnitt war aufgrund der schallauslöschenden Dickdarmanteile an der rechten und linken Bauchwand nicht möglich.

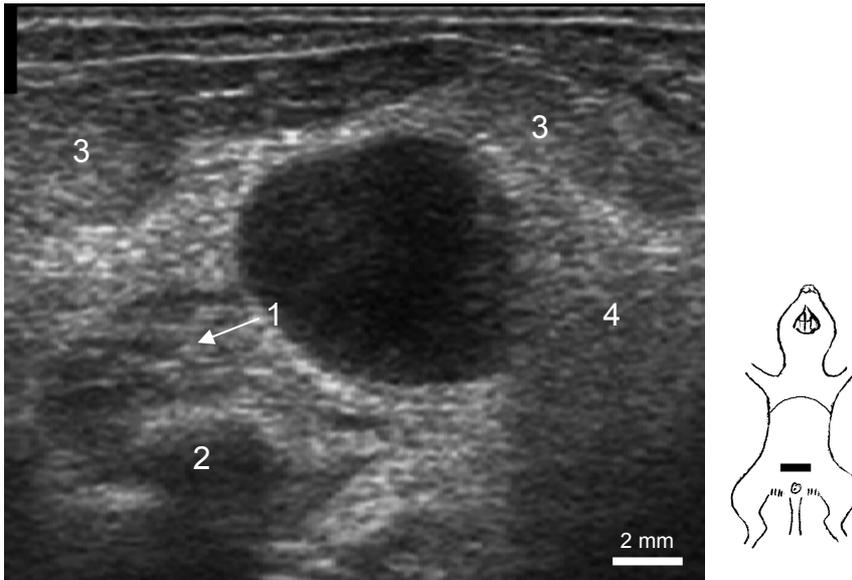


Abb. 66: Transversalschnitt der Glandula vesicularis, kaudal gekippt

- 1 rechte Glandula vesicularis
- 2 Rektum
- 3 kranialer Pol des rechten und linken Hodens
- 4 Schallauslöschung der Apex caeci

5 Diskussion

Zur sonographischen Untersuchung der abdominalen Organe bei *Octodon degus* liegen bisher keine Erfahrungswerte in der Literatur vor. Lediglich Ewringmann und Glöckner (40) erwähnen die prinzipielle Möglichkeit der abdominalen Sonographie beim Degu mit einer Sondenfrequenz von 10 MHz.

Ziel dieser Studie war es daher, Möglichkeiten und Grenzen der abdominalen Sonographie beim Degu aufzuzeigen und Besonderheiten in der Handhabung und in der Organdarstellung bei diesem chilenischen Nagetier zu erarbeiten.

5.1 Vorbereitung der Tiere für die abdominale Sonographie

Der Versuch, Degus ohne vorheriges Fellscheren sonographisch zu untersuchen, indem man mit Hilfe von Alkohol Fellbereiche scheidelt, erwies sich als nicht sinnvoll, weil die Strähnen breite und störende Ankopplungsartefakte hervorriefen. Eine aussagekräftige sonographische Darstellung einzelner Organe war dadurch nicht gewährleistet. Außerdem musste ohne Rasur auch mehr Schallgel verwendet werden, das das Fell verklebte, die Fixierung erschwerte und nach der Untersuchung nicht vollständig entfernbar war. Dies führt einerseits beim Degu zu einem verstärkten Körperwärmeentzug durch die Verdunstungskälte und andererseits zur vermehrten oralen Aufnahme des Kontaktgels. Es waren zwar hinsichtlich einer eventuellen Unverträglichkeit von Ultraschallkontaktgel beim Degu keine Literaturhinweise vorhanden, jedoch ist ein Fall beschrieben, wo Katzenwelpen Gelreste vom Gesäuge des Muttertieres aufgenommen hatten und anschließend kurzfristig unter Durchfall litten (129). Deshalb war aus eben genannten Gründen eine sorgfältige Schur beim Degu unverzichtbar. Eine zusätzliche Anwendung von Alkohol zur Verbesserung der Ankopplung der Sonde erwies sich dagegen beim Degu als nicht notwendig.

Um sich ein späteres Nachscheren der lateralen Bauchwand für die Darstellung der Nieren im Dorsalschnitt zu ersparen, empfiehlt es sich, bereits vor der Untersuchung diesen Bereich sorgfältig mitzurasierieren. Dabei genügt es, wenn das Fell in einer Höhe von ca. 1,5 cm zwischen Flanke und Rippenbogen entfernt wird. Bei den weiblichen Degus muss man dabei jedoch auf die feinen, dunkelbraunen, ca. 1 mm langen Zitzen an der lateroventralen Bauchwand achten.

Der kleine Akkuscherer Contura von Wella (Darmstadt) eignete sich zur Rasur hervorragend. Die in der Kleintierpraxis gängige Schermaschine Favorita von Aesculap erwies sich beim unseidierten Degu aufgrund der Gerätegröße als unhandlich und zeigte dadurch ein schlechtes Schurergebnis. Außerdem war dieses Gerät sehr laut, was zu einer verringerten Kooperationsbereitschaft der Degus führte und damit die potentielle Verletzungsgefahr erhöhte. Eine Rasur nur mit Hilfe eines Naßrasierers oder einer Scherklinge ist bei einem nicht seidierten Degus obsolet.

Je nach Tier und Jahreszeit dauerte es von 3 Wochen (Frühjahr) bis zu drei Monaten (Herbst, Winter), bis das geschorene Fell vor allem im Flankenbereich wieder nachgewachsen war. Es empfiehlt sich deshalb, den Degu-Besitzer auf das langsame Nachwachsen des Fells aufmerksam zu machen.

5.2 Technische Voraussetzungen für die abdominale Sonographie beim Degu

In der Literatur wurde bisher für die sonographische Untersuchung von Ratte und Maus nur von Sondenfrequenzen in Höhe von 8 MHz bis 15 MHz berichtet (10, 63, 89, 91, 178). Dabei kam aber erst in neuerer Zeit vor allem bei Mäusen eine Frequenz von 15 MHz zum Einsatz (102, 164). Da der Degu von seiner Körpergröße eher einer Ratte als einer Maus gleicht, sollte zunächst mit Hilfe einer Vorstudie geklärt werden, welche Sondengröße und -frequenz sich am besten für die abdominale Untersuchung dieses Nagers eignete. Dabei zeigte sich, dass Ultraschallsonden für die Untersuchung des Degus nicht länger als 2 bis 3 cm sein dürfen, wie sie in Form von so genannten „Fingertipsonden“ erhältlich sind. Zusätzlich muss eine sehr hohe Auflösung gewährleistet sein, um die feinen anatomischen Strukturen differenzieren zu können. Beide Anforderungen erfüllte die 15 MHz-Linearsonde von Philips. Obwohl Ewringmann und Glöckner (40) für die sonographische Untersuchung des Degus eine Sondenfrequenz von 10 MHz empfehlen, kam der 6-13 MHz-Schallkopf von Siemens (VF13-5-Linearsonde) beim Degu sowohl bei der Auflösungsfähigkeit als auch in der Handhabung an seine Grenzen. Der Vorteil der größeren Eindringtiefe, den die VF13-5-Sonde gegenüber der Linearsonde von Philips bietet, kommt bei der sonographischen Untersuchung des kleinen Degus nicht zum Tragen, weil eine Eindringtiefe von 2 - 3 cm für die Organdarstellung ausreicht. Zu beachten ist jedoch,

dass Ultraschallsonden mit z.B. 20 MHz, wie sie bereits auf dem Markt vorhanden sind, in der Regel eine Eindringtiefe von unter 2 cm besitzen, was wiederum für die Sonographie beim Degu zu wenig ist. Dies zeigt, dass nicht nur eine möglichst hohe Sondenfrequenz für die Wahl der richtigen Sonde ausschlaggebend sein darf, sondern auch andere Kriterien mit einbezogen werden müssen.

5.3 Handhabung des Degus bei sonographischen Untersuchungen

Die sonographische Untersuchung von Degus ohne medikamentelle Ruhigstellung ist zwar bei sehr handzahmen Degus von einer Person allein durchführbar, wie bei der Untersuchung von anderen Heimtieren erwies sich jedoch eine zusätzliche Hilfsperson als sehr nützlich. Es zeigte sich bei den Untersuchungen als vorteilhaft, dass der Untersucher selbst den Degu mit der linken Hand hält, während seine rechte Hand die Sonde führt. Die Hilfsperson bedient dabei während der Untersuchung das Ultraschallgerät.

Im Gegensatz zum Gerbil, der sicher und ruhig in der Hand liegt, ist man bei der Untersuchung des Degus sehr auf seine Mitarbeit angewiesen, die je nach Tagesform unterschiedlich gut ausgeprägt ist. Bei mangelnder Bereitschaft sollte man grundsätzlich lieber eine Untersuchung verschieben als die Stressbelastung für Tier und Untersucher unnötig zu erhöhen.

5.3.1 Fixierungsmaßnahmen

Ohne ausreichende Fixierungsmaßnahmen ist die Sonographie der Bauchhöhle beim Degu nicht durchführbar. Deshalb war es notwendig, eine Methode zu etablieren, die sowohl mit dem Verhalten des Degus als auch mit der Organdarstellung vereinbar war.

Weder Lagerungen in Rückenposition noch der Nackengriff wurden von den Degus akzeptiert. Sogar die von Ewringmann und Glöckner (40) empfohlene Fixierung in stehender Position mit Nackengriff führte zu heftigsten Zappelbewegungen, die eine Durchführung der sonographischen Untersuchung unmöglich machten.

Die unter 4.2 beschriebene stehende Fixierung mit lockerem Brustgriff des Degus während der Rasur und der abdominalen Untersuchung erfolgt entweder durch den Untersucher selbst oder durch eine Hilfsperson. Eine rutschfeste Unterlage erhöht die Standfestigkeit des Degus und erleichtert ihm das Stehen auf den Hintergliedmaßen.

Die stehende Fixierungsmethode hat Vorteile, was die Durchführbarkeit betrifft, aber Nachteile für den Untersucher und die Organdarstellung.

Obwohl nur ein Degu mit heftigen Beißabwehrreaktionen auf die Fixierung reagierte, ist es dennoch ratsam, die fixierende Hand mit einem Handschuh zu schützen.

Der Versuch, den Degu mit Hilfe einer dicken Kartonröhre zu fixieren, um den Abstand zwischen Nagezähnen und Fingern zu erhöhen, scheiterte an der Akzeptanz der Röhre durch die Tiere. Auch auf die Organdarstellung wirkt sich die stehende Fixierungsmethode nachteilig aus. So verlagert sich der ingestagefüllte Darmtrakt aufgrund der Schwerkraft in Richtung Harnblase und behindert die sonographische Befunderhebung vor allem an den weiblichen Geschlechtsorganen. Eine Verbesserung kann dadurch erreicht werden, dass man versucht, den Degu am Körper des Untersuchers anzulehnen und den Lendenwirbelbereich des Nagers z.B. mit einem Handtuchwulst zu stabilisieren. Dadurch kippt der Degu in eine leicht rückenlagige Position, was die Untersuchung deutlich erleichtert.

5.3.2 Zeitregime und Stressbelastung

Die Untersuchungszeit wurde allgemein auf maximal 20 Minuten pro Tier und Untersuchungsgang (10 Minuten bei trächtigen Degus) reduziert, um die Stressbelastung für den Nager gering zu halten. War ein Tier bei einer Vorstellung unkooperativ, wurde die Untersuchung an einem anderen Termin wiederholt.

Keiner der 24 untersuchten Degus zeigte während oder in den Tagen nach der sonographischen Untersuchung Verhaltensänderungen irgendwelcher Art, die auf eine erhöhte Stressbelastung oder auf sonstige negative Auswirkungen der Untersuchungen hätten hinweisen können. Gegen eine Überbelastung sprach auch, dass die Tiere während der Untersuchung das angebotene Futter gerne aufnahmen und einige Degus sogar in einen oberflächlichen Schlaf fielen, obwohl sie auf ihren Hintergliedmaßen standen.

Deshalb kann allgemein festgestellt werden, dass es aus oben genannten Gründen nicht obligatorisch notwendig war, den Untersuchungsgang zeitlich zu beschränken, solange das individuelle Verhalten des Degus beachtet wurde und sich die Untersuchungszeit an seiner Kooperationsbereitschaft orientierte.

5.4 Bauchhöhlen-sonographie beim Degu

Neben den in Kapitel 5.2 angesprochenen notwendigen Voraussetzungen in Bezug auf Ultraschallsystem und -sonde (Größe und Frequenz) zeigte sich die hohe Atemfrequenz als weitere Herausforderung bei der sonographischen Organdarstellung beim Degu. Diese hohe Atemfrequenz führte zu einer erheblichen Organbewegung und damit zu einer „verschwommenen“ Organwiedergabe, was die Aussagekraft des Ultraschallbildes erschwerte. Während beim Hund der Untersucher durch den „Maulschluss“ die Atembewegung reduzieren kann, ist dies beim Degu nicht möglich. Durch einen ruhigen Umgang mit dem Nager kann lediglich die durch die Aufregung bedingte erhöhte Atemfrequenz auf das Normalniveau gesenkt werden. In jedem Fall ist aber auf eine bestmögliche Ultraschallsystemgrundeinstellung vor allem hinsichtlich der Tiefenverstärkung und der Fokusplatzierung zu achten.

5.4.1 Gastrointestinaltrakt

Ähnlich wie beim Meerschweinchen stellt der Gastrointestinaltrakt beim Degu aufgrund der Ingesta- und Gasansammlung eine Herausforderung für die Bauchhöhlen-sonographie dar. Ist es bei Hund, Katze (130) und Frettchen (47) möglich, die Tiere einige Stunden vor der Untersuchung hungern zu lassen, ist dies bei Pflanzenfressern nicht sinnvoll, weil das „Fasten“ leicht zu Tympanien führt, die die sonographische Organwiedergabe zusätzlich erschweren bzw. ganz verhindern. Bei Fleischfressern (Hund, Katze, Frettchen) erleichtert auch der im Vergleich zu Pflanzenfressern (Meerschweinchen, Degu) kurze Dickdarm die sonographische Darstellung abdominalen Organe. Allgemein sind der ausgeprägte Dickdarm und die Gasansammlung in dessen Lumen bei vegetarischen Heimtieren aber nicht nur für die Sonographie, sondern auch für andere bildgebende Verfahren wie die Radiologie hinderlich (51).

Wie bei Hund, Katze (100, 124) und Frettchen (47) war auch beim Degu der fünfschichtige Wandaufbau des Gastrointestinaltraktes sowohl beim Magen als auch beim Intestinum tenue nachweisbar. Beim Dickdarm des Degus war diese Differenzierung - wie beim Frettchen beschrieben (47) - nicht möglich, weil der Darmanteil zu sehr mit Ingesta angefüllt war.

Die fünfschichtige Wanddarstellung gelang beim Degu jedoch nur dann, wenn die Schallwellen auf die Magen- bzw. Darmwand unmittelbar senkrecht auftrafen. Sonst zeigte sich die Wand wie beim Frettchen beschrieben (47) nur dreischichtig, weil eine sonographische Differenzierung von Tunica muscularis, Tela submucosa und Tunica mucosa nicht mehr möglich war. Somit kann das Auftreten einer dreischichtigen Darmwand beim Degu durchaus physiologisch sein, was bei der Abgrenzung zu pathologischen Veränderungen Beachtung finden muss.

Magen

Der links kranial in der abdominalen, z. T. auch in der thorakalen Höhle gelegene Magen stellte sich beim Degu sonographisch ähnlich dar wie bei Hund, Katze und Frettchen (47, 100, 124).

Aufgrund der fehlenden Möglichkeit der nüchternen Vorstellung zur sonographischen Untersuchung sind beim Degu die Schleimhautfalten der Magenwand durch die Ingestafüllung meist völlig verstrichen und somit sonographisch nicht darstellbar. Ein typisches Bild der Magenrosette ließ sich bei keinem der untersuchten Degus darstellen. Lassen sich hingegen rosettenförmige Magenschleimhautfalten beim Degu sonographisch wiedergeben, so ist dies – vergleichbar zum Frettchen (47) - immer als Hinweis auf Inappetenz zu bewerten, und neben Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes (Magenulcus (109), Gastroenteritis (152)) müssen auch Zahnprobleme bedacht werden, wie sie gerade bei Nagetieren häufig auftreten (40, 152).

Obwohl der Pylorus beim Degu anatomisch deutlich ausgeprägt ist, ließ er sich sonographisch nicht ansprechen, da bedingt durch den Mageninhalt der Schallschatten keine Differenzierung von Magenabschnitten ermöglichte.

Darmtrakt

Beim Meerschweinchen stellt die abdominale Sonographie eine bildgebende diagnostische Alternative dar bei denjenigen Tieren, bei denen das Röntgenbild aufgrund des mit Ingesta gefüllten Darmtraktes keine sichere Befunderhebung zulässt (51, 162). Beim Degu zeigte sich jedoch, dass auch die sonographische Darstellung abdominaler Organe durch die Schallauslöschung des Darmtrakts (Ingesta und Gas) erschwert wird. Dies ist besonders im Bereich des ausgeprägten Zaekums der Fall, das durch seine distale Schallauslöschung den sonographischen Zugang zu dorsal gelegenen Organen wie dem Uterus oder Anteilen der linken Niere verhindert.

Darmanhangsdrüsen

Die Darstellung des physiologischen Leberparenchyms in Bezug auf Echogenität und Echotextur entsprach der von Hund, Katze (115, 155) und Frettchen (47).

Aufgrund der geringen Eindringtiefe durch die ausgeprägte Magenfüllung ergaben sich nur selten Vorteile durch einen Wechsel vom Linear- in das Sektorbild, wie er z.B. für die Leberuntersuchung beim Frettchen empfohlen wird (47). Auch der Versuch, mit Hilfe des Schallkopfes den Magen wie beim Kaninchen zurückzudrängen, um ein breiteres Leberfeld beurteilen zu können, führte zu heftigen Abwehrbewegungen des Degus. Aus diesem Grund wurde zur Sagittalschnittebene I die Sagittalschnittebene II eingeführt, wie sie bei Hund und Katze (115), nicht aber beim Frettchen (47) üblich ist. Durch diese Schnittebene ergab sich die Möglichkeit einer breitflächigeren Parenchymbeurteilung.

Für die Gallenblase wurde die Sagittalschnittebene V eingeführt, weil sie sich nicht regelmäßig mit der Aorta zusammen in der Ebene III darstellen ließ. Die bei Katzen (100) und Frettchen (47) nachgewiesene Septierung der Gallenblase wurde bei keinem der untersuchten Degus gefunden.

Das Pankreas des Degus ließ sich - ähnlich wie beim Frettchen (47) auch - im physiologischen Zustand sonographisch nicht darstellen.

5.4.2 Milz

Die sonographische Milzuntersuchung beginnt bei Hund, Katze und Frettchen (116, 47) an der Extremitas dorsalis des Organs. Dies war beim Degu nicht möglich, da der Milzkopf intrathorakal liegt und aufgrund des mit Ingesta und Gas gefüllten Magens sonographisch von der ventralen Bauchwand aus nicht darstellbar war. Lediglich durch die Ankopplung an den lateralen Brustkorb zeigte sich das dorsale Ende der Milz, unterbrochen von der Schallauslöschung der Rippen.

Zu beachten ist, dass sich das Milzparenchym im Gegensatz zu Hund, Katze (116, 156) und Frettchen (47) nur geringgradig hypoechogener als die Nierenrinde darstellt.

5.4.3 Urogenitaltrakt

Im Vergleich zu anderen kleinen Heimtieren zeigten die Degus bis auf die männlichen Geschlechtsorgane keine anatomischen und somit sonographischen Besonderheiten. Der Ureter ließ sich aufgrund seiner feinen Struktur und des von ventral anliegenden Darmtraktes im physiologischen Zustand nicht darstellen. Ähnliches galt für den nicht trächtigen Uterus, der sich aufgrund des Darmtraktes nur im Bereich dorsal der Harnblase identifizieren ließ.

Nieren mit Nebennieren

Standardmäßig waren beim Degu nur der Dorsal- und der Transversalschnitt bei der Nierendarstellung beurteilbar. Ein Sagittalschnitt, wie er als dritte Standardebene bei Hund, Katze (69, 117), Frettchen (47), (Zwerg-)Kaninchen und Meerschweinchen (112) etabliert ist, war bei den Degus in Einzelfällen zwar durchführbar, aber die mangelnde Bildqualität aufgrund der Darmingesta und der Atembewegung erlaubte nur eine eingeschränkte diagnostische Aussage.

Ähnlich wie beim Meerschweinchen ließ sich bei einzelnen Degus die Medulla renalis in ihrer Echogenität nicht von der Cortex renalis unterscheiden (112). Dies muss beachtet werden, damit nicht eine fehlende Differenzierung als pathologische Nierenveränderung eingestuft wird. Versuche, das sonst im Vergleich zur Nierenrinde hypoechogene Nierenmark bei einer fehlenden Abgrenzung über die Tiefenverstärkung zu korrigieren, waren erfolglos.

Für das sonographische Auffinden der Nebennieren orientiert man sich bei Kleintieren (47, 103) neben benachbarten Organen an der Vena cava caudalis für die rechte Nebenniere und der Aorta für die linke Nebenniere. Dies ist beim Degu nicht notwendig, weil die Nebennieren aufgrund ihrer Größe und ihrer Lage kranio-medial des jeweiligen kranialen Nierenpols leicht identifiziert werden können.

Die Nebennieren des Degus sind im Vergleich zu seiner Körpergröße recht groß und ließen sich am besten im Dorsalschnitt der Niere darstellen. Wie bei anderen Kleintieren auch (47, 118) wiesen die Nebennieren im Ultraschallbild eine geringe Echogenität auf. Eine Differenzierung von Rinde und Mark war auch beim Degu, vergleichbar zum Frettchen (47), nicht möglich.

Harnblase

Im Gegensatz zu Hund und Katze (130), bei denen man sich für die Einstellung der tiefenabhängigen Verstärkung und der Gesamtverstärkung in den meisten Fällen an der Harnblase orientiert, ist dies beim Degu nicht sinnvoll. Aufgrund der oberflächlichen Harnblasenlage kommt es im Nahfeld zu deutlichen Reverberationen, die durch die Reduzierung der Verstärkung ausgeglichen werden müssen. Diese für die Harnblase geeignete Verstärkung ist aber für die Darstellung z.B. der Leber nicht ausreichend und muss als Besonderheit bei der abdominalen Sonographie des Degus beachtet werden.

Bei insgesamt 5 von 24 Tieren konnten feine, hyperechogene Reflexe in der Harnblase nachgewiesen werden, die bei einem Degu in Verbindung mit einer verdickten Harnblasenwand auftraten. Die reflexreichen Echos zeigten dabei ein ähnliches sonographisches Bild, wie es von Harngrieß bei anderen Kleintieren (47, 101) bekannt ist. Da die Tiere keine klinischen Anzeichen einer Zystitis zeigten, wurde von den Besitzern keine weitergehende Abklärung gewünscht, so dass die Verdachtsdiagnose nicht durch eine Harnuntersuchung gestützt werden konnte.

Meerschweinchen, die wie die Degus zu den Caviomorpha zählen, werden regelmäßig aufgrund von unspezifischen klinischen Symptomen wie Apathie und Gewichtsverlust, in manchen Fällen in Kombination mit Harnabsatzschwierigkeiten, für die sonographische Untersuchung vorgestellt (112, 133). Ursache für solche klinischen Symptome können unter anderem Urolithen oder Harngrießansammlungen

sein. Beide Formen zeigen sich sonographisch als hyperechogene Struktur im Bereich der harnableitenden Wege mit anschließendem Schallschatten bzw. als feine, sedimentierende reflexstarke Echos im Harnblasenlumen. In ihrer Studie konnte Rappold (133) nachweisen, dass es sich bei diesen Ausfällungen beim Meerschweinchen meist um Kalziumverbindungen - Kalziumcarbonat und Kalziumphosphat – handelt, weil durch die Aufnahme von alkalischen Carbonaten bei Pflanzenfressern der Harn-pH alkalisch wird und die oben genannten Verbindungen in diesem Milieu bevorzugt ausfallen. In Kombination mit geringer Flüssigkeitsaufnahme und durch Fütterung von Trockenfutter kommt es zu einer weiteren Anreicherung der Kristalle im Urin. Die Autorin weist aber darauf hin, dass bei Meerschweinchen - wie auch beim Kaninchen - auch physiologischerweise Harnkristalle auftreten. Beim Kaninchen steht nach Carstensen (22) die Zäkotrophie im Zusammenhang mit der erhöhten Kalziumverdaulichkeit. Auch vom Degu wird berichtet, dass er Koprophagie betreibt, um in Zeiten geringen Nahrungsangebotes seinen Energiehaushalt auszugleichen (80). Heine und Göbel (60) und Ewringmann und Glöckner (40) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass es sich beim Degu dabei um Blinddarmkot – und somit, wie beim Kaninchen, um Zäkotrophie - handelt. Es ist jedoch nicht bekannt, ob diese Form der Reingestion auch beim Degu - vergleichbar zum Kaninchen (22) - zu einer erhöhten Kalziumverdaulichkeit führt.

In der Literatur konnten keine Hinweise auf das Auftreten von Harngrieß beim Degu gefunden werden, lediglich Ewringmann und Glöckner (40) berichten von selten beim Degu vorkommenden Harnsteinen. Wie sich aus dem Vorbericht ergab wurden die fünf Tiere, bei denen im Rahmen dieser Untersuchungen Harnblasenveränderungen festgestellt wurden, in den Tagen vor der Untersuchung vermehrt mit Luzerneheu (kalziumreich) gefüttert. Nach Futterumstellung auf luzernefreie Kost, konnten drei Wochen später bei einer Nachuntersuchung sonographisch keine Hinweise auf Harngrieß mehr gefunden werden. Dies bestärkt den Verdacht, dass es sich bei den echoreichen Reflexen in der Harnblase um Harngrieß handeln könnte. Ob der Degu – vergleichbar den Verhältnissen beim Meerschweinchen (133) – bei kalziumreicher Fütterung zur Harngrießbildung neigt und welche Rolle die Koprophagie dabei spielt, müsste anhand einer Fütterungsstudie überprüft werden.

Der Degu mit der verdickten Harnblasenwand zeigte das sonographische Bild einer chronischen Zystitis mit einer unscharfen Mukosaschicht in Kombination mit zahlreichen, reflexreichen Echos (101).

Weibliche Geschlechtsorgane

Uterus

Im Gegensatz zu Frettchen (47) und Meerschweinchen (112), aber ähnlich wie beim Zwergkaninchen (112), war beim weiblichen Degu der Uterus am besten im Transversalschnitt dorsal der Harnblase nachweisbar. Bei der sagittalen Darstellung konnte er dagegen nur mit Hilfe des Farbdopplers sicher von einem Gefäß differenziert werden.

War der Uterus bei fast allen Tieren sonographisch klein und unscheinbar, so zeigten sich bei drei weiblichen Tieren eine geringere Echogenität und ein größerer Organ Durchmesser. Ähnliche Beobachtungen wurden bei keinem weiteren Degu gemacht. Deshalb konnten zunächst pathologische Veränderungen nicht ausgeschlossen werden. Bei einer Nachuntersuchung eine Woche später stellte sich der Uterus jedoch wieder klein und unscheinbar dar. Diese Uterusveränderungen könnten auf den erhöhten Einfluss von Östrogen während des Östrus zurückzuführen sein. Darauf weist auch die Tatsache hin, dass es sich bei der Veränderung lediglich um ein vorübergehendes Phänomen handelte. Ähnliche sonographische Befunde sind auch von anderen Tieren während des Östrus bekannt. So zeigte sich z.B. bei Fähen, dass nur der während der Ranz der ödematisierte Uterus identifizierbar war (47).

Ovarien

Lediglich bei vier von dreizehn weiblichen Degus gelang es, das linke Ovar von seiner Umgebung zu differenzieren. Das rechte Ovar konnte bei keinem der untersuchten weiblichen Degus dargestellt werden.

Bereits während der anatomischen Voruntersuchungen wurde die sonographische Darstellbarkeit durch direktes Aufsetzen der Ultraschallsonde auf die Ovarien überprüft. Dabei zeigte sich, dass selbst bei direkter, intraabdominaler Sonographie dieses Organ nur minimal von seiner Umgebung abgrenzbar war. Ursache dafür ist, dass die Ovarien sehr klein sind, aus reichlich interstitiellem Gewebe bestehen (174)

und dorsal von Fettgewebe umgeben werden. Sowohl Bindegewebe als auch Fettgewebe stellen sich im Ultraschallbild deutlich echogen dar, wodurch eine Differenzierung voneinander erschwert wird. Bedenkt man außerdem, dass unter physiologischen Situsbedingungen das Zaekum bzw. das Colon ascendens die Ovarien von ventral bedeckt, so erklärt sich auch, warum die Eierstöcke mit dem ventral aufgesetzten Schallkopf nicht nachweisbar waren. Lediglich im Dorsalschnitt gelang es, bei einzelnen Tieren das linke Ovar sonographisch wiederzugeben. Voraussetzung dafür war jedoch, dass die Zaekumlage bzw. der Ceacumfüllungszustand die Ovardarstellung nicht verwehrte.

Warum das rechte Ovar bei keinem der weiblichen Degus in einer Schnittebene dargestellt werden konnte, ist unklar. Der Grund könnte sein, dass das Colon ascendens, das direkt an die rechte Niere anschließt und an der lateralen, rechten Bauchwand anliegt, durch seinen Ingestagehalt die Identifizierung verhinderte.

Obwohl die physiologischen Ovarien sonographisch schwer von ihrer Umgebung identifizierbar sind, kann man davon ausgehen, dass sich raumfordernde, pathologische Veränderungen in Form von z.B. Zysten und Tumoren - ähnlich wie beim Meerschweinchen - sonographisch leichter darstellen lassen (8, 112, 113).

Trächtignachweis und Trächtignstadien

Der sonographische Trächtignachweis spielt in der Veterinärmedizin heutzutage bereits bei den kleinen Heimtieren eine bedeutende Rolle. So ermöglicht diese Untersuchungsmethode z.B. bei Kaninchen (Trächtigndauer: 31–32 Tage) und Meerschweinchen (Trächtigndauer: 60–69 Tage) einen sicheren Trächtignnachweis am Tag 9 der Trächtignheit (65) bzw. am 19 Tag (64).

Die sonographischen Untersuchungen an zwei trächtignen Deguweibchen zeigten, dass sich eine positive sonographische Diagnose selbst am Tag 20 der Trächtignheit bei geringer Fötenanzahl und ausgeprägter Schallauslöschung durch den Intestinaltrakt nicht erheben ließ, obwohl die Ausbildung der Amnionhöhle bei Degus um diesen Zeitraum nach Rojas et al. (140) am Tag 12–14 der Trächtignheit stattfindet und somit auch anechogene Bereiche im Uterus sonographisch darstellbar sein müssten. Deshalb sind Nachuntersuchungen bei negativem Ergebnis für einen sicheren Trächtignausschluss beim Degu unbedingt notwendig.

Bei Hund und Katze (153) ist eine Organdarstellung im Fetus erst in der zweiten

Trächtigkeitshälfte (ca. ab dem 31. Tag) möglich. Bei den beiden untersuchten Degus konnten sogar am 41. Trächtigkeitstag in den Feten sonographisch noch keine einzelnen Organe differenziert werden. Der Grund hierfür liegt in der sehr langsamen Entwicklung der Embryonen in der ersten Hälfte der Trächtigkeit wie sie von Rojas et al. (140) für den Degu gezeigt wurde. So ist nach diesen Autoren erst nach dem 55. Tag die Embryogenese abgeschlossen und eine Benennung der Frucht als Fötus statthaft.

Diese Angaben zur sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung beim Degu (Kapitel 4.6.3) erheben jedoch keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit und sollen lediglich Anhaltspunkte darstellen, da nur zwei trächtige Tiere untersucht wurden und der Deckzeitpunkt lediglich mit einer Spanne von vier Tagen bekannt war. Diese Zeitspanne ist zwar – gemessen an der langen Trächtigkeitsdauer des Degus - für die fetale Entwicklung weniger von Bedeutung, für die exakte zeitliche Bestimmung des z.B. frühestmöglichen Trächtigkeitssnachweises ist der genaue Deckzeitpunkt jedoch essentiell.

In der sechsten Trächtigkeitswoche kam es bei einem der beiden trächtigen Degus ca. 48 Stunden nach einer sonographischen Trächtigkeitsuntersuchung zum Abort. Um das zweite Muttertier zu schonen, wurden an ihm ab diesem Zeitpunkt keine Untersuchungen mehr durchgeführt.

Najecki und Tate (110) berichten, dass durch die Palpation des Abdomens weiblicher Degus für die Trächtigkeitsdiagnose die Anzahl der Nachkommen in ihrer Kolonie reduziert war, Abortgeschehen werden aber nicht beschrieben. Mettler (106) empfiehlt einen vorsichtigen Umgang mit den Tieren im letzten Trächtigkeitsdrittel und weist in diesem Zusammenhang auf mögliche Fehlgeburten hin.

In ihrer Zusammenfassung von sonographischen Studien an verschiedenen Säugtierarten (vor allem an Mäusen und Hamstern) weisen Jensch und Brent (73) darauf hin, dass sich keinerlei Hinweise auf Aborte, kongenitale Missbildungen oder neurale Verhaltensveränderungen durch die Anwendung von Ultraschall in den vorgeschriebenen Energiebereichen ergaben.

Da während der sonographischen Untersuchung Sorgfalt gewahrt wurde (Reduzierung der Untersuchungsdauer, vorsichtiger Umgang) und auch keine sonstigen Manipulationen vorgenommen wurden, konnte ein Zusammenhang zwischen sono-

graphischer Untersuchung und Abortgeschehen nicht erkannt werden. Auch sprechen die Ergebnisse von Jensch und Brent (73), die gleiche Untersuchungsform bei beiden trächtigen Degus und der lange Zeitraum zwischen Untersuchung und Abort gegen die Ultraschalluntersuchung als Abortauslöser. Dennoch bleibt eine Restunsicherheit vorhanden, weil beide Degus aus der gleiche Haltungform stammten und somit andere Abortursachen wie Fütterung und Handhabung unwahrscheinlich sind.

Beim jetzigen Stand der Kenntnisse kann also der sonographische Trächtigkeitssnachweis beim Degu für die tierärztliche Praxis nicht empfohlen werden, weil zum einen eine Frühträchtigkeit nicht sicher erkannt werden kann und zum anderen durch das Handling von trächtigen Degus eventuell ein Abort ausgelöst werden kann.

Männliche Geschlechtsorgane

Die intraabdominale Lage der Hoden ist eine Besonderheit des Degus und muss besonders bei der Kastration Beachtung finden (43).

Makroskopisch ließ sich im Hodenlängsschnitt bei keinem der beiden anatomischen Präparate das feine Mediastinum testis nachweisen. Dies mag aber an der weichen Konsistenz der Organpräparate oder an der nicht ganz exakten Schnittführung durch die Hodenmitte gelegen haben.

Sonographisch dagegen konnte das Mediastinum testis individuell unterschiedlich deutlich in Form einer feinen hyperechogenen Linie in der Organmedianen in der sagittalen und dorsalen Schnittebene aufgezeigt werden. Dazu war es jedoch notwendig, dass der Hoden exakt in der Organmedianen dargestellt wurde. Im Transversalschnitt war das Mediastinum testis aufgrund seiner feinen Struktur nicht vom umgebenden Hodenparenchym differenzierbar.

Die paarigen Glandulae vesiculares sind beim Degu ähnlich deutlich ausgeprägt wie beim männlichen Meerschweinchen und führt bei Letzterem gelegentlich zu einer pathologischen Fehleinschätzung im Röntgenbild (51). Trotz der Tatsache, dass diese paarige akzessorische Geschlechtsdrüse beim Degu keine in der Literatur bekannte, klinische Bedeutung besitzt, müssen ihre anatomische Lage und Dimension dennoch bekannt sein, um nicht z.B. bei der Kastration durch versehentliches Öffnen der feinen Vesikel Wundheilungsstörungen hervorzurufen (43).

5.4.4 Klinische Relevanz der abdominalen Sonographie beim Degu

Trotz umfangreicher Literaturrecherche konnten nur wenige Informationen zu abdominalen Organveränderungen beim Degu gefunden werden (109, 40). Grundsätzlich wird in der Literatur sehr wenig über Krankheiten des Degus berichtet; auch die eigenen Untersuchungen an 24 Tieren wiesen auf keine pathologischen Veränderungen hin. Dennoch hat die abdominale Sonographie ihre Berechtigung bei diesem kleinen Nager.

Die Publikation von Murphy et al. (109) ermöglicht einen Überblick über verschiedenste Erkrankungen, die bei 189 Degus im Alter von 2 bis 60 Monaten bei der Sektion diagnostiziert worden waren. Dabei handelte es sich meist um Einzeltiererekrankungen. Auffällig waren dabei drei Krankheitskomplexe, die bei verhältnismäßig vielen Tieren festgestellt werden konnten: eine fettige Leberdegeneration (35 Degus), eine noduläre kortikale Nebennierenhyperplasie (18 Degus) und eine chronische Nephrose (10 Degus). Diese Organveränderungen sollen im Folgenden im Bezug auf ihre sonographische Darstellung erläutert werden.

Eine Leberverfettung ist nach Ewringmann und Glöckner (40) die häufigste Veränderung der Leber bei Caviomorpha; beim Degu ist sie auf eine zu energiereiche Fütterung (Getreide) zurückzuführen. Auch Weir (172) und Donnelly et al. (33) weisen auf eine Adipositasgefahr bei einer *ad libitum* Fütterung von Degus hin. In diesem Zusammenhang wird beim Degu auch – vergleichbar zum Meerschweinchen - von Gravitätstoxikosen berichtet, die bei mehreren übergewichtigen weiblichen Degus gegen Ende der Trächtigkeit zum Tode führten. Eine ausgeprägte Fettleber ließ sich dabei bei allen betroffenen Tieren diagnostizieren (109).

Obwohl bei allen untersuchten Degus der eigenen Studie keine Leberveränderungen auffielen, kann davon ausgegangen werden, dass sich auch beim Degu, ähnlich wie z. B. bei Katzen, eine ausgeprägte fettige Infiltration der Leber sonographisch in Form einer erhöhten Echogenität des Parenchyms (117) darstellt.

Über Veränderungen der Nebennieren wurde bereits beim Frettchen (1, 111, 146, 47) und beim Meerschweinchen (51) berichtet und auf deren sonographische Diagnostikmöglichkeit hingewiesen. Deshalb ist es wahrscheinlich, dass die nodulären Veränderungen der Nebennieren des Degus sonographisch in Form von inho-

mogenen Bereichen in äußeren Nebennierenbezirken nachweisbar sind. Im Gegensatz zu Frettchen und Meerschweinchen ließen sich in der Literatur aber keine Angaben zu klinischen Symptomen finden.

Murphy et al. (109) erwähnen im Zusammenhang mit Nephrosen beim Degu, dass diese Nierenveränderungen bei einem von 189 seziierten Degus deutlich den Veränderungen bei der chronischen progressiven Nephrose (CPN) bei Ratten glichen. Bei neun weiteren Degus traten diese Veränderungen in gemilderter Form auf. Bei der CPN der Ratte sind die Nieren vergrößert, ihre Oberfläche ist körnig, scheckig und weist oft kleine Zysten auf. Ein alimentärer Zusammenhang konnte bei diesem Nagetier nicht ausgeschlossen werden (32). Da die Nieren beim Degu sonographisch gut darstellbar und beurteilbar sind, kann man davon ausgehen, dass sich Nephrosen in oben beschriebener Form durch ihre veränderte Echogenität und die deutliche Organvergrößerung wiedergeben lassen.

Ebenso sonographisch darstellen lassen sich Zystitiden (Abb. 45) und endometriale Hyperplasien, wobei Letztere beim Degu nur sehr selten auftreten (40).

5.5 PW- und Farbdopplersonographie der großen abdominalen Gefäße beim Degu

Mit Hilfe von modernen Dopplerverfahren ist es möglich, die Hämodynamik der Blutflüsse in Gefäßen mit verschiedenen Blutflußparametern zu charakterisieren. Diese Form der sonographischen Untersuchung wurde bei Ratte und Maus bisher nur unter Narkose durchgeführt (39, 52, 54, 83). Die Untersuchungen zeigten, dass Blutflüsse unter Medikation zwar reproduzierbar sind, aber nicht den Werten unter physiologischen Bedingungen entsprechen. Da gerade in der Heimtierdiagnostik eine Sedation nicht standardmäßig durchgeführt wird, wurde exemplarisch bei drei unsezierten Degus unter üblicher Fixation versucht, die großen abdominalen Gefäße im Leberbereich wie die Aorta abdominalis, die Vena cava caudalis und die Vena portae sowohl mit Hilfe der Farb-, als auch mit der PW-Dopplersonographie darzustellen. Ebenso wurde mit den Arteriae interlobares der Niere verfahren. Dabei zeigte sich, dass die Dopplersonographie und hier besonders die PW-Dopplersonographie beim nicht sedierten Degu eine große Herausforderung an das Ultraschallsystem und den Untersucher darstellen. Dies war zum einen auf die begrenzte Kooperationsbereit-

schaft des Degus zurückzuführen, zum anderen auf die physiologischen Gegebenheiten wie kleine Gefäßlumina, hohe Herzfrequenz und atmungsbedingte Organbewegungen. So führte die Atembewegung in Kombination mit dem geringen Gefäßdurchmesser dazu, dass die Platzierung der Messsonde im Gefäßzentrum während der individuellen Geräteeinstellung nur schwer aufrechtzuerhalten war. Zudem stellte sich heraus, dass das Ultraschallsystem, obwohl es sich um ein High-End-Gerät handelte, im Dopplermodus durch die sehr hohe Herzfrequenz von 300 bis 500 Schlägen pro Minute beim Degu an seine Grenzen stieß.

Trotz oben beschriebener Probleme gelang es mit viel Geduld bei allen Versuchen, die Vena portae, Vena cava caudalis, Aorta und die Arteriae interlobares der Nieren sowohl mit Hilfe des Farbdopplers darzustellen als auch ihre jeweiligen Blutflusskurven mit dem PW-Doppler zu ermitteln (Abb. 27-32, 41, 42). Generell waren dabei die venösen Gefäße leichter wiederzugeben, da die arterielle Gefäßwandbewegung zusätzlich ein limitierender Faktor war.

Ähnlichkeiten zu den Blutflusskurven anderer Kleintiere zeigten sich bei der Aorta abdominalis und der Arteria interlobaris, deren Kurvenmorphologie annähernd der von Beaglewelpen im Alter von 15 Tagen (139) bzw. der von Frettchen (58) glich. Auffällige Unterschiede zu Hunde- und Katzenwelpen ergaben sich jedoch in der Kurvenform der Vena cava caudalis und der Vena portae. Hanenberg (59) weist darauf hin, dass bei Katzenwelpen mit einer Herzfrequenz von über 190 Schlägen pro Minute (Degu: zwischen 300 und 500 Herzschläge pro Minute) die Blutflusskurve der Vena cava caudalis monophasisch ist. Tatsächlich stellte sich die Kurve beim Degu aber bi- und triphasisch dar. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch bei der Vena portae, die außerdem im Gegensatz zu Hund- (139) und Katzenwelpen (59) pulsatiler als die Vena cava caudalis ist und eine höhere Fließgeschwindigkeit als Letztere aufwies. Ursache für die Pulsatilität dieser Gefäße kann nach Hanenberg die Abhängigkeit der Kurvenmorphologie von hohen Atmungsfrequenzen sein, wie sie sich bei den kleinen Degus finden.

Winkelunabhängige Blutflussparameter der Niere wurden nicht bestimmt, weil sich bereits beim Frettchen gezeigt hatte, dass die klinische Auswertung dieser Blutflussparameter aufgrund der Interaktion vieler Einflussfaktoren problematisch ist (58). Außerdem ist das Einsatzgebiet solcher Parameter beim Degu begrenzt, weil Nierenveränderungen bisher bei diesem Nager selten eine Rolle spielten. Induzierte

Organveränderungen wie z.B. Nierentumore beim Kaninchen (2) lassen sich dagegen eher mit Hilfe der B-Bild-Sonographie darstellen. Für die Ermittlung der Tumorvaskularisation könnte dagegen beim Degu, ähnlich wie bei Ratte und Maus bereits etabliert, die leichter anwendbare Farbdopplersonographie, eventuell mit Unterstützung von intravasalen Kontrastmitteln, Einsatz finden.

Die Verwendung der PW-Dopplersonographie ist bei unседierten Degus zwar möglich, aber für Untersuchungen unter Tierversuchsbedingungen weder praktikabel noch standardisierbar. Deshalb empfiehlt sich unter diesen Bedingungen eine Narkotisierung, wie sie bereits bei Ratte und Maus standardmäßig bei Doppleruntersuchungen durchgeführt wird (52, 75, 83).

5.6 Fazit

Die abdominale Sonographie bei *Octodon degus* ohne vorherige medikamentelle Ruhigstellung stellt eine Herausforderung sowohl für das technische Equipment als auch für den Untersucher dar. Voraussetzungen für eine aussagekräftige Organdarstellung sind eine hochauflösende Ultraschallsonde (15 MHz-Linearsonde) und ein dazugehöriges leistungsstarkes Ultraschallsystem, Bedingungen, die zurzeit nur in Forschungseinrichtungen oder gut ausgestatteten Tierkliniken vorhanden sind.

Grundsätzlich entspricht die Ultraschalldarstellungstechnik des Degus annähernd der von Hund und Katze, jedoch müssen tierartige Besonderheiten für die Schnittebenen-darstellung der Organe Beachtung finden, um eine Beurteilung der Parenchyme zu ermöglichen.

Die Untersuchungen am Degu zeigen, dass selbst bei kleinsten Heimtieren die sonographische Diagnostik mit bereits heute auf dem Markt befindlicher Technik möglich ist und reproduzierbare und aussagekräftige Ergebnisse liefert. Außerdem ist die abdominale Sonographie beim Degu nicht nur für die tierärztliche Heimtierpraxis mit zunehmenden diagnostischen Ansprüchen der Klientel, sondern auch für die Versuchstierkunde von Interesse, indem sie z. B. nicht invasive Reihenuntersuchungen ermöglicht, die wiederum den Belangen des Tierschutzes entgegenkommen.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser sonographischen Studie an 24 unsedierten, gesunden Degus war es die Durchführbarkeit der abdominalen Sonographie und die Darstellungsmöglichkeit der abdominalen Organe bei diesen Nagetieren zu überprüfen und Standardschnittebenen für einzelne Organe einzuführen. Zunächst wurden anhand von drei Vorstudien zwei unterschiedliche Ultraschallsysteme und unterschiedliche Fixierungsmethoden auf ihre Einsatzfähigkeit beim Degu überprüft. Eine weitere Vorstudie diente zur Erläuterung anatomischer Verhältnisse.

Bei den Voruntersuchungen zeigte sich, dass sich beim Degu zum einen eine kleine 15 MHz-Linearsonde zur Darstellung abdominalen Organe und zum anderen der lockere Brustgriff in stehender Position als Fixierungsmethode am besten eignete. Grundsätzlich war die abdominale Sonographie beim Degu erschwert durch seine individuell unterschiedlich ausgeprägte Kooperationsbereitschaft und durch den deutlich ausgeprägten Dickdarm. Dennoch konnten für sämtliche abdominalen Organe, bis auf das Pankreas und das rechte Ovar, Schnittebenen eingeführt werden, die reproduzierbar eine sonographische Darstellung der Organe zulassen.

Neben der allgemeinen sonographischen Darstellung der abdominalen Organe wurden bei zwei trächtigen Degus zwischen der zweiten und dritten Trächtigswoche bis zur sechsten Trächtigswoche im wöchentlichen Abstand Trächtigsuntersuchungen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass bei geringer Embryonenanzahl und ausgeprägter Schallauslöschung durch den Gasgehalt des Dickdarmes die Trächtigskeit noch um den Tag 20 übersehen werden kann. Außerdem abortierte einer der beiden Degus in der sechsten Trächtigswoche, wobei ein Zusammenhang zwischen dem sonographischen Untersuchungsgang und dem Abortgeschehen nicht sicher ausgeschlossen werden konnte. Aufgrund des unsicheren Frühträchtigsnachweises und der potentiellen Abortgefahr durch das Handling ist die Sonographie für Trächtigsdiagnosen beim Degu für die Praxis deshalb nicht zu empfehlen.

Bei drei Degus wurden zusätzlich Farbdoppler- und PW-Doppleruntersuchungen zur allgemeinen Überprüfung der Durchführbarkeit an unsedierten Degus durchgeführt. Dargestellt werden konnten hierbei die Vena portae, die Vena cava caudalis, die Aorta abdominalis und die Arteria interlobaris. Problematisch waren vor allem bei der PW-Doppleruntersuchung die kleinen Gefäßlumina und die Atembewegung der Or-

gane durch die hohe Atemfrequenz des Nagetieres.

Grundsätzlich ließ sich feststellen, dass die abdominale Sonographie am ungedienten Degu aufgrund der kleinen Organgröße ein hochauflösendes Ultraschallsystem erfordert und die Untersuchung sehr von der Kooperationsbereitschaft des Degus abhängt.

7 Summary

Abdominal sonography in the degu (*Octodon degus*, Molina 1782)

The aim of this sonographic study on 24 unsedated, healthy degus was to test the practicability of abdominal ultrasound and the possibility of the organ presentation of this rodent and to establish plain sections for individual organs. At first three preliminary tests were necessary to find out which of the two available ultrasound systems and which of four different fixation methods would work best for the degu. Another preliminary study was necessary to demonstrate the anatomical topography of the degu's abdominal organs.

These preliminary tests showed that a small 15 MHz linear transducer and a loose breast fixation provided the best examinational results. Generally the abdominal sonography of the degu was difficult because of the individual cooperation of the rodent and its prominent colon. Nevertheless it was possible to visualize all abdominal organs reproducibly except of the pancreas and the right ovary and to describe plain sections, which allowed an overall evaluation of each organ. Next to the general sonographic examinations of the abdominal organs two pregnant degus between the second and third week of pregnancy were examined weekly. This showed that pregnancy could not be detected even on day 20 of pregnancy if there were only a few embryos and dominant colon artifacts. Besides this one degu had an abortion in the sixth week of pregnancy and a connection between the sonographic examination and the abortion could not be ruled out for sure. Because of the uncertain early pregnancy diagnosis and a potential risk of abortion due to the handling, ultrasound examination for degus' pregnancy diagnosis is not recommendable for the veterinary practice.

Additionally three degus were tested on the practicability of color Doppler- and PW Doppler ultrasonography without sedation. The blood flow of the vena portae, the vena cava caudalis, the aorta abdominalis and the arteria interlobaris could be demonstrated. Above all PW Doppler ultrasonography was difficult because of the small vascular lumens and the organic movements due to the degu's high respiratory frequency.

In general the abdominal sonographic examination of the unsedated degu requires a highly resolving ultrasound system due to the small organs and the willingness of the degu to cooperate.

8 Literaturverzeichnis

- 1 Ackerman J., Carpenter J. W., Godshalk C. P., Harms C. A., 1994
Ultrasonographic detection of adrenal gland tumors in two ferrets
J Am Vet Med Assoc 205 (7): 1001-1003
- 2 Ackermann N., Hager D. A., Kaude I. V., 1989
Ultrasound appearance and early detection of VX2 carcinoma in the rabbit kidney
Vet Radiol 30: 88-96
- 3 Bedford J. M., 1978
Anatomical evidence for the epididymis as the prime mover in the evolution of the scrotum
Am J Anat 152: 483-508
- 4 Bedford J. M., Berrios M., Dryden G. L., 1982
Biology of the scrotum. IV. Testis location and temperature sensitivity
J Exp Zool 224 (3): 379-388
- 5 Bell G. I., 1991
Molecular defects in Diabetes Mellitus
Diabetes 40 (4): 413-422
- 6 Bellamy D., Weir B. J., 1972
Urine composition of some hystricomorph rodents confined to metabolism cages
Comp Biochem Physiol 42 (A): 759-771
- 7 Bennet E. T., 1841
On the genus *Octodon* and on its relations with *Ctenomys*, *Blainv.*, and *Poepbagomys*, F. Cur.: including a description of the new species of *Ctenomys*
Trans Zool Soc London 11: 75-86
- 8 Beregi A., Zorn S., 1999
Ultrasonic diagnosis of ovarian cysts in ten guinea pigs
Vet Radiol Ultrasound 40 (1): 74-76
- 9 Beregi A., Zorn S., Molnar V., Biro F., 2000
Ultrasonographic detection of abdominal abscesses in two guinea pigs
Acta Vet Hungarica 48 (3): 271-276
- 10 Berlin S. C., Goske M. J., Obuchowski N., Alexander F., Zepp R. C., Goldblum J. R., Godec K., 1998
Small bowel obstruction in rats: diagnostic accuracy of sonography versus radiography
J Ultrasound Med 17: 497-504

- 11 Bondestam S., Alitalo I., Kärkkäinen M., 1983
Real-time ultrasound pregnancy diagnosis in the bitch
J small Anim Pract 24: 145-151
- 12 Bosco C., 1997
Ultrastructure of the degu term placental barrier (*Octodon degus*): A labyrinthine hemomonochorial placental model
Med Sci Res 25 (1): 15-18
- 13 Bosco C., Rodrigo R., Moreno J., Munoz-Anrique C., 1999
Acute toxicity of malathion in the *Octodon degus*
Med Sci Res 27 (2): 113-115
- 14 Boussarie D., 1996
Octodon degus from Chile, a new pet rodent. A study of some biological data (OT: L'Octodon ou Dégue du Chili, nouveau rongeur de compagnie: étude de quelques données biologiques)
Prat Méd Chir Anim Comp 31 (1): 93-96
- 15 Bozinovic F., Bacigalupe L. D., Vasquez R. A., Visser G. H., Veloso C., Kenagy G. J., 2004
Cost of living in free-ranging degus (*Octodon degus*): seasonal dynamics of energy expenditure
Comp Biochem Physiol 137 (A): 597-604
- 16 Bozinovic F., Gallardo P. A., Visser R. H., Cortes A., 2003
Seasonal acclimatization in water flux rate, urine osmolality and kidney water channels in free-living degus: molecular mechanism, physiological processes and ecological implications
J Exp Biol 206: 2959-2966
- 17 Brandt H. P., 1972
Goldhamster, Meerschweinchen und andere Liebhabertiere in der Allgemeinpraxis
Prakt Tierarzt 13: 539-542
- 18 Braun K., Poeggel G., 2001
Recognition of Mother's voice evokes metabolic activation in the prefrontal cortex and lateral thalamus of *Octodon degus* pups
Neuroscience 103 (4): 861-864
- 19 Brockhaus – die Bibliothek, 1997
Grzimeks Enzyklopädie Säugetiere
Kindler Verlag GmbH, München,
Band 3: 8f., 143f., 254f.

- 20 Bustos-Obregón E., Ipinza J., Spotorno A., 1977
 Biología del *Octodon degus*
 Medio Ambiente 3: 70-73
- 21 Calderone J. B., Fenwick J. A., Jacobs G. H., 2001
 Photoreceptors, photopigments and visual capacities of a diurnal rodent, *Octodon degus*
 IOVS 42 (4): 956-B269
- 22 Carstensen P., 1984
 Untersuchungen zum Kalziumstoffwechsel ausgewachsener Kaninchen
 Vet Med Diss, Hannover
- 23 Cartee R. E., Rowles T., 1984
 Preliminary study of ultrasonographic diagnosis of pregnancy and fetal development in the dog
 Am J Vet Res 45: 1259-1265
- 24 Chang C. P., Chen L., Crabtree G. R., 2003
 Sonographic staging of the developmental status of mouse embryos in utero
 Genesis 36: 7-11
- 25 Chavez A. E., Bozinovic F., Peichl L., Paracios A. G., 2003
 Retinal spectral sensitivity, fur coloration, and urine reflectance in the genus *Octodon* (Rodentia): Implications for visual ecology
 IOVS, 44 (5): 2290-2296
- 26 Contreras L., Bustos-Obregon E., 1980
 Anatomy of Reproductive Tract in *Octodon degus* Molina: A nonscrotal rodent
 Arch Androl, 4: 115-124
- 27 Contreras L., Bustos-Obregón E., 1977
 Ciclo reproductivo anual en *Octodon degus* (Molina) macho
 Medio Ambiente 3 (1): 83-90
- 28 Contreras L. C., Rosenmann M., 1982
 Thermo regulation in the testis of *Octodon degus* a nonscrotal rodent
 Physiol Zool, 55 (2): 144-147
- 29 Contreras L. C., Torres-Mura J. C., Yanez J. L., 1987
 Bibliography of octodontid rodents: an eco-evolutionary hypothesis
 In: Studies in Neotropical mammalogy: essays in honor of Philip Hershkovitz
 Eds: Patterson B. D., Timm R. M.
 Fieldiana: Zoology, New Series 39: 401-411

- 30 Contreras L. C., Torres-Mura J. C., Spotorno A. E., 1993
Morphological variation of the glans penis of South American octodontid and abrocomid rodents
J Mamm 74: 926-935
- 31 Cortes A., Rosenmann M., Baez C., 1990
Kidney and nasal passage functions in body water conservation of sympatric rodents from central Chile
Rev Chil Hist Nat 63 (3): 279-292
- 32 Donnelly T. M., 1997
Kapitel 27: Disease problems of small rodents
In: Ferrets, Rabbits, and Rodents
Clinical medicine and surgery
Eds.: Hillyer E. V., Quesenberry K. E., 1997
WB Saunders Company, Philadelphia
- 33 Donnelly T. M., Fox J. G., Anderson L. C., Loew F. M., Quimby F. W., 2002
Biology and diseases of other rodents
Laboratory animal medicine
Academic Press, London, UK, Ed.2: 228-286
- 34 Ebensperger L. A., 2001
No infanticide in the hystricognath rodent, *Octodon degus*: does ecology play a role?
Acta Ethol 3: 89-93
- 35 Ebensperger L. A., Bozinovic F., 2000
Communal burrowing in the hystricognath rodent, *Octodon degus*: a benefit of sociality?
Behav Ecol Sociobiol 47 (5): 365-369
- 36 Ebensperger L. A., Caiozzi A., 2002
Male degus, *Octodon degus*, modify their dustbathing behavior in response to social familiarity of previous dustbathing marks
Rev Chil Hist Nat 75 (1): 157-163
- 37 Ebensperger L. A., Wallem P. K., 2002
Grouping increases the ability of the social rodent, *Octodon degus*, to detect predators when using exposed microhabitats
Oikos 98: 491-497
- 38 Ehrlich C., 2002
Der Degu (*Octodon degus*)
Rodentia 2 (1): 31-34

- 39 Emoto M., Ishiguro M., Iwasaki H., Kikuchi M., Kawarabayashi T., 2003
Effects of angiogenesis inhibitor TNP-470 on the growth, blood flow, and microvessel density in xenografts of human uterine carcinosarcoma in nude mice
Gyn Oncol 89 (1): 88-94
- 40 Ewringmann A., Glöckner B., 2005
Leitsymptome bei Meerschweinchen, Chinchilla und Degu
Enke Verlag, Stuttgart: 2, 6, 28f., 82-90, 93f., 104, 126, 135-138, 236-238, 282
- 41 Federation-Proceedings, 1974
The degu-for immunology study (*Octodon degus*): 33 (2): 118
- 42 Fehr M., 1990
Urolithiasis bei Kaninchen und Meerschweinchen
Prakt Tierarzt 10: 36
- 43 Fehr M., Schanen H., Grof D., Wissdorf H., Gonzalez H., 1994
Anatomische Grundlagen und Beschreibungen einer Kastrationsmethode beim Degu (*Octodon degus* Molina)
Kleintierpraxis, 39 (12): 837-840
- 44 Fine J., Quimby F. W., Greenhouse D. D., 1986
Annotated bibliography on uncommonly used laboratory animals: mammals
ILAR News 24 (4): 32
- 45 Fonda B. J., Horst R., 1976
Macroscopic and microscopic observations on renal morphology of the Degu
Octodon degus
Anat Rec 184 (3): 404
- 46 Fox J. G., Murphy J. C., 1979
Cytomegalic virus-associated insulinitis in diabetic *Octodon degus*
Vet Pathol 16: 625-628
- 47 Frings B., 2004
Abdominale Sonographie beim Frettchen (*Mustela putorius f. furo* L. 1758)
Vet Med Diss, München
- 48 Fulk G. W., 1976
Notes on the activity, reproduction and social behavior of *Octodon degus*
J Mamm 57 (3): 495-505
- 49 Gallardo M. H., Kirsch J., 2001
Molecular relationships among Octodontidae (Mammalia: Rodentia: Caviomorpha)
J Mamma Evol 8: 73-89

- 50 Galli S. M., Marusic E. T., 1975
Adrenal steroid biosynthesis by two species of South American rodents: *Octodon degus* and *Abrocoma benetti*
Gen Comp Endocrinol 28: 10-16
- 51 Gaschen L., Ketz C., Lang J., Weber U., Bacciarini L., Kohler I., 1998
Ultrasonographic detection of adrenal gland tumor and ureterolithiasis in a guinea pig
Vet Radiol Ultrasound 39 (1): 43-46
- 52 Gaschen L., Schuurman H. J., Bruttel K., Tanner M., Beckmann N., 2001
MRI and ultrasonographic detection of morphology and hemodynamic changes in chronic renal allograft rejection in the rat
J Magn Reson Imaging 13 (1): 232-241
- 53 Goel N., Lee T. M., 1995
Social cues accelerate reentrainment of circadian rhythms in diurnal female *Octodon degus* (Rodentia-Octodontidea)
Chronobiol Int 12 (5): 311-323
- 54 Goertz D. E., Yu J. L., Kerbel R. S., Burns P. N., Foster F. S., 2002
High-frequency Doppler ultrasound monitors the effects of antivasular therapy on tumor blood flow
Cancer Res 62 (22): 6371-6375
- 55 Gonzalez M., Feder F. H., 1997
Variation of the position of the cecum and ascending colon of the degu (*Octodon degus*, Molina 1782)
Anat Histol Embryol (Germany) 26 (4): 305-310
- 56 Gonzalez M., Feder F. H., König H. E., 1999
The arteries vascularizing the organs of the abdominal cavity of the Degu (*Octodon degus*, Molina 1782)
Wien Tierärztl Monat 86 (10): 348-354
- 57 Gonzalez M., 1990
Topographie der Bauchhöhlenorgane beim Degu (*Octodon degus*, Molina 1782)
Vet Med Diss, Hannover
- 58 Gorgas D., 2004
Sonographische Untersuchung der Nieren beim Frettchen (*Mustela putorius f. furo* L. 1758)
Vet Med Diss, München

- 59 Hanenberg I. M., 1998
Duplex- und Triplexsonographie abdominaler Gefäße bei Katzenwelpen in den ersten Lebenswochen
Med Vet Diss, München
- 60 Heine A., Göbel T., 2001
Degu-Haltung und Fütterung – mit klinischen Aspekten
Kleintier konkr 4: 10-13
- 61 Honeycutt R. L., Rowe D. L., Gallardo M. H., 2003
Molecular systematics of the South American caviomorph rodents: relationship among species and genera in the family Octodontidae
Mol Phylogenet Evol 26 (3): 476-489
- 62 Hutterer R., 1994
Island rodents: a new Species of Octodon from Isla Mocha, Chile (Mammalia: Octodontidae)
Z Säugetierkunde 59: 27-51
- 63 Ikinger U., Proussalis A., Bersch W., Mohring K., 1983
High-resolution sonography in experimentally induced scrotal pathology
Urol Int 38 (2): 102-108
- 64 Inaba T., Mori J., 1986
Use of echography in guinea-pigs for pregnancy diagnosis
Jap J Vet Sci 48 (3): 615-618
- 65 Inaba T., Mori J., Torii R., 1986
Use of echography in rabbits for pregnancy diagnosis
Jap J Vet Sci 48 (5): 1003-1006
- 66 Ipinza R. J., Tamayo H. M., Rottmann S. J., 1971
Octodontidae en Chile
Mus Nac Hist Nat Notic Mens (Santiago) 16 (183): 3-10
- 67 Jackson R. K., 1997
Unusual Laboratory Rodent Species: Research uses, care, and associated bio-hazards
Illar J 38 (1): 1-14
- 68 Jaksic F. M., Yáñez J. L., Fuentes E. R., 1981
Assessing a small mammal community in central Chile.
J Mamm 62: 391-396.

- 69 Janthur M., Lüerssen D., 1998
 Kapitel 10.5: Nieren und Harnleiter
 In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
 Eds: Poulsen Nautrup C., Tobias R.
 Schlütersche Verlag, Hannover, 2. Auflage: 210-227
- 70 Jechura T. J., Stimpson C. D., Lee T. M., 2002
 Odor specificity in the use of olfactory cues to accelerate reentrainment following phase advances in the diurnal rodent, *Octodon degus*
 Hor Behav 41 (4): 473
- 71 Jechura T. J., Stimpson C., Hummer D., Lee T., 2002
 Role of gonadal hormones in the development of a sex difference in free-running circadian rhythms in *Octodon degus*
 Hor Behav 41 (4): 473
- 72 Jechura T. J., Walsh J. M., Lee T. M., 2000
 Testicular hormones modulate circadian rhythms of the diurnal *Octodon degus*
 Hor Behav 38 (4): 243-249
- 73 Jensch R. P., Brent R. L., 1999
 Intrauterine effects of ultrasound: animal studies
 Teratology 59 (4): 240-251
- 74 Johnson D., 2002
 Degus
 Exotic DVM 4 (4): 39-42
- 75 Kamotani Y., Lee W. M. F., Arger P. H. Cary, T. W., Sehgal C. M., 2003
 Multigated contrast-enhanced power Doppler to measure blood flow in mice tumors
 Ultrasound in Med & Biol 29 (7): 977-984
- 76 Kantrowitz B. M., Nyland T. G., Feldman E. G., 1986
 Adrenal ultrasonography in the dog: detection of tumors and hyperplasia in hyperadrenocorticism
 Vet Radiol 27: 91-96
- 77 Keller L. S. F., Griffith J. W., Lang C. M., 1987
 Reproductive failure associated with cystic rete ovarii in Guinea pigs
 Vet Pathol 24: 335-339
- 78 Kenagy G. J., Nespolo R. F., Vásquez R. A., Bozinovic F., 2002
 Daily and seasonal limits of time and temperature to activity of degus
 Rev Chil Hist Nat 75 (3): 567-581

- 79 Kenagy G. J, Vásquez R. A., Nespolo R. F., Bozinovic F., 1997
A time-energy analysis of daytime surface activity in degus, *Octodon degus*
Rev Chil Hist Nat 75: 149-156
- 80 Kenagy G. J., Veloso C., Bozinovic F., 1999
Daily rhythms of food intake and feces reingestion in the degu, an herbivorous Chilean rodent: optimizing digestion through coprophagy
Physiol Biochem Zool 72: 78-86
- 81 Kertschanska S., Schroeder H., Kaufmann P., 1995
Are there transtrophoblastic pores in the hemomonochorial placenta of the degu (*Octodon degus*)?
Placenta 16 (6): A33
- 82 Kiefer I., Alef M., Müller F., Himmelsbacher P., Pott N., 2004
Sonographie bei Heimtieren
Ultraschall Med 2004: 25
- 83 Kiessling F., Krix M., Heilmann M., Vosseler S., Lichy M., Fink C., Farhan N., Kleinschmidt K., Schad L., Fusenig N E., Delorme S., 2003
Comparing dynamic parameters of tumor vascularization in nude mice revealed by magnetic resonance imaging and contrast-enhanced intermittent power Doppler sonography
Invest Radiol 38 (8): 516-524
- 84 King B. F., 1991
Ultrastructural evidence for transtrophoblastic channels in the chorioallantoic placenta of the degu
Placenta 12 (4): 406-407
- 85 Kleine L. J., Lamb C. R., 1989
Comparative organ imaging: the gastrointestinal tract
Vet Radiol 30: 123-141
- 86 Kleinman D. G., 1974
Patterns of behaviour in hystricomorph rodents
In: The biology of hystricomorph rodents
Eds: Rowlands I. W., Weir B. J.
New York: Academic press: 171-209
- 87 Kleinman 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

-
- 88 Kleinman D. G., Eisenberg J. F., Maliniaki E., 1979
Reproductive parameters and productivity of caviomorph rodents
In: Vertebrate Ecology in the Northern Neotropics
Ed: Eisenberg J. F.
Washington DC: Smithsonian Institute Press: 173-183
- 89 Knipp B. S., Ailawadi G., Sullivan V. V., Roelofs K. J., Henke P. K., Stanley J. C., Upchurch G. R. Jr., 2003
Ultrasound measurement of aortic diameters in rodent models of aneurysm disease
J Surg Res 112 (1): 97-101
- 90 Kooij M., Rietveld W. J., 1987
Octodon-degus a nocturnal rodent
Chronobiol 14 (2): 192
- 91 Kuriyama S., Tsujimoto T., Nakatani Y., Tsujinoue H., Yohiji H., Mitoro A., Yamazaki M., Okuda H., Toyokawa Y., Nagao S., Nishiwaki I., Fukui H., 1999
Sonographic estimation of liver tumor development induced by oral administration of thioacetamide in rat
In Vivo 13 (2): 129-134
- 92 Labyak S. E., Lee T. M., 1995
Estrus- and steroid-induced changes in circadian rhythms in a diurnal rodent, *Octodon degus*
Physiol Behav 58: 573-585
- 93 Lagos V. O., Bozinovic F., Contreras L. C., 1995
Microhabitat use by a small diurnal rodent (*Octodon degus*) in a semiarid environment: Thermoregulatory constraints or predation risk?
J Mamm 76 (3): 900-905
- 94 Lamb C. R., 1990
Abdominal ultrasonography in small animals: intestinal tract and mesentery, kidneys, adrenal glands, uterus, prostate
J of small anim pract 31: 294-304
- 95 LE Boulengé E., Fuentes E. R., 1978
Quelques donnees sur la dynamique de population chez *Octodon degus* (rongeur Hystricomorphe) du Chili central
Terre et Vie 32: 325-341
- 96 Lee T. M., 2004
Octodon degus: a diurnal, social, and long-lived Rodent
Ilar j 45:14-24

- 97 Letelier M. E., Sanches E., Del Villar E., 1984
Enhanced metabolism of morphine in *Octodon degus* compared to wistar rat
Gen Pharmac 15 (3): 403-406
- 98 Lisi D., Kondili L. A., Ramieri M. T., Guiseppetti R., Bruni R., Della Rocca C.,
De Santis A., Rapicetta M., 2003
Ultrasonography in the study of hepatocellular carcinoma in woodchucks
chronically infected with WHV
Lab Anim 37 (3): 233-240
- 99 Liss R. H., Fox J., Charest M., Murphy J., 1978
Preliminary report on a possible role for virus-like particles in diabetes in the
hystricomorph rodent, *Octodon degus*
18th Annual Meeting
Am Soc Cell Biol: VI2614
- 100 Lüerssen D., Janthur M., 1998
Kapitel 10: Bauch- und Beckenhöhle
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
Eds: Poulsen Nautrup C., Tobias R.
Schlütersche Verlag, Hannover, 2. Auflage: 165-289
- 101 Lüerssen D., Prüfer A., Janthur M., 1998
Kapitel 10.6.1: Harnblase
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
Eds: Poulsen Nautrup C., Tobias R.
Schlütersche Verlag, Hannover, 2. Auflage: 230-237
- 102 Mai W., Barraud L., Lefrancois L., Scoazec J. Y., Guerret S., Vray D., Merle P.,
Vitvitski-Trepo L., Trepo C., Janier M. F., 2004
Ultrasound detection of spontaneous hepato-cellular carcinomas in X/myc bi-
transgenic mice
Liver Int 24 (6): 651-657
- 103 Mattoon J. S., Auld D. M., Nyland T. G., 2002
Chapter 4: Abdominal ultrasound scanning techniques
In: Small animal diagnostic ultrasound
Eds: Nyland T. G., Mattoon J. S.
WB Saunders Company, Philadelphia, 2nd Edition: 69
- 104 Meserve P. L., Martin R., Rodríguez J., 1984
Comparative ecology of the caviomorph rodent *Octodon degus* in two Chilean
mediterranean-type communities
Rev Chil Hist Nat 57: 79-89

- 105 Mess A., Kaufmann P., 2003
Comparative Placentation
<http://medicine.ucsd.edu/cpa/degus.htm>
- 106 Mettler M., 1995
Alles über Chinchillas und Degus
Falken-Verlag, Niedernhausen: 79f., 93
- 107 Mickoleit G., 2004
Phylogenetische Systematik der Wirbeltiere
Dr. Friedrich Pfeil Verlag, München: 542-555
- 108 Molina G. I., 1782
Versuch einer Naturgeschichte von Chili
Übersetzt von J. D. Brandis
Friedrich Gotthold Jacobäer Leipzig: 269
- 109 Murphy J. C., Crowell T. P., Hewes K. M., Fox J. G., Shalev M., Montali R. J.,
Migaki G., 1980
Spontaneous lesions in the degu (Rodentia, Hystricomorpha: *Octodon degus*)
Comp pathol zoo anim: 437-444
- 110 Najecki D., Tate B., 1999
Husbandry and management of the degu
Lab Anim 28 (3):54-62
- 111 Neuwirth L., 1993
Adrenal neoplasia in seven ferrets
Vet Radiol Ultrasound 34: 340-346
- 112 Niebergalla A., 2003
Sonographische Befunderhebung am männlichen und weiblichen Harntrakt und
am weiblichen Geschlechtsapparat von Zwergkaninchen und Meerschweinchen
Vet Med Diss, Hannover
- 113 Nielsen T. D., Holt S., Ruelokke M. L., McEvoy F. J., 2003
Ovarian cysts in guinea pigs: Influence of age and reproductive status on
prevalence and size
J Small Anim Pract 44 (6): 257-260
- 114 Nishi M., Steiner D. F., 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: 1192-98

- 115 Nyland T. G., Mattoon J. S., Herrgesell E. R., Wisner E. R., 2002
 Chapter 6: Liver
 In: Small animal diagnostic ultrasound
 Eds: Nyland T. G., Mattoon J. S.
 W.B. Saunders Company, Philadelphia, 2nd Edition: 93-127
- 116 Nyland T. G., Mattoon J. S., Herrgesell E. R., Wisner E. R., 2002
 Chapter 7: Spleen
 In: Small animal diagnostic ultrasound
 Eds: Nyland T. G., Mattoon J. S.
 W.B. Saunders Company, Philadelphia, 2nd Edition: 128-143
- 117 Nyland T. G., Mattoon J. S., Herrgesell E. R., Wisner E. R., 2002
 Chapter 9: Urinary tract
 In: Small animal diagnostic ultrasound
 Eds: Nyland T. G., Mattoon J. S.
 W.B. Saunders Company, Philadelphia, 2nd Edition: 159-195
- 118 Nyland T. G., Mattoon J. S., Herrgesell E. R., Wisner E. R., 2002
 Chapter 10: Adrenal glands
 In: Small animal diagnostic ultrasound
 Eds: Nyland T. G., Mattoon J. S.
 W.B. Saunders Company, Philadelphia, 2nd Edition: 196-206
- 119 Obregon E. B., Ramirez O., 1997
 Aging and testicular function in *Octodon degus*
 Andrologia 29 (6): 319-126
- 120 Osgood W. H., 1943
 The mammals of Chile
 Field Mus Nat Hist, Zool Ser 30: 12, 108
- 121 Paul-Murphy J., 1997
 Chapter 19: Reproductive and urogenital disorders
 in: Ferrets, rabbits and rodents
 Eds: Hillyer E. V., Quesenberry K. E.
 W.B. Saunders Company, Philadelphia,: 202-203
- 122 Pefaur J. E., Yanez J., 1980
 Ecología descriptiva de la Isla Mocha (Chile), en relación al poblamiento de los
 vertebratos
 Bol Museo Nac Hist Nat, Chile 37: 103-112
- 123 Penninck D. G., Nyland T. G., Kerr L. Y., Fisher P. E., 1990
 Ultrasonographic evaluation of gastrointestinal disease in small animals
 Vet Radiol: 31

- 124 Penninck D. G., 2002
Chapter 11: Gastrointestinal tract
In: Small animal diagnostic ultrasound
Eds: Nyland T. G., Mattoon J. S.
W.B. Saunders Company, Philadelphia, 2nd Edition: 207-230
- 125 Penninck D. G., Nyland T. G., Fisher P. E., Kerr L. Y., 1989
Ultrasonography of the normal canine gastrointestinal tract
Vet Radiol 30: 272-276
- 126 Peter A. T., Bell J. A., Manning D. D., Bosu W. T. K., 1990
Real-time ultrasonographic determination of pregnancy and gestational age in ferrets
Lab Anim Science 40: 91-92
- 127 Poeggel G., Lange E., Hase C., Metzger M., Gulyaeva N., Braun K., 1999
Maternal separation and early social deprivation in *Octodon degus*: Quantitative changes of nicotinamide adenine dinucleotide phosphate-diaphorase-reactive neurons in the prefrontal cortex and nucleus accumbens
Neuroscience 94: 497-504
- 128 Poeggel G., Nowicki L., Braun K., 2003
Early social deprivation alters monoaminergic afferences in the orbital prefrontal cortex of *Octodon degus*
Neuroscience 116 (3): 617-620
- 129 Poulsen Nautrup C., 1998
Kapitel 3: Technische Grundlagen
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
Eds: Poulsen Nautrup C., Tobias R.
Schlütersche Verlag, Hannover, 2. Auflage: 31-59
- 130 Poulsen Nautrup C., 1998
Kapitel 5: Untersuchungstechniken
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
Eds: Poulsen Nautrup C., Tobias R.
Schlütersche Verlag, Hannover, 2. Auflage: 76-77
- 131 Preminger G. M., Koch W. E., Fried F. A., McFarland E., Murphy E. D., Mandell J., 1982
Murine congenital polycystic kidney disease: a model for studying development of cystic disease
J Urol 127: 556-560
- 132 Pump B., 1993
Urolithiasis bei Kaninchen
Prakt. Tierarzt 6: 552-559

- 133 Rappold S., 2001
Vergleichende Untersuchungen zur Urolithiasis bei Kaninchen und Meer-
schweinchen
Vet Med Diss, Hannover
- 134 Redford K. H., Eisenberg J. F., 1992
Mammals of the Neotropics
Vol 2. The southern cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay
Chicago: The University Chicago Press: 356-359
- 135 Redrobe S., 2000
Kapital 6: Urogenital system and disorders
in: Manual of rabbit medicine and surgery
Ed: Flecknell P.
British small animal veterinary association, Gloucester: 51
- 136 Refinetti R., 1996
Comparison of the body temperature rhythms of diurnal and nocturnal rodents
J Exper Zool 275: 67-70
- 137 Reynolds T. J., Wright T. J., 1979
Early postnatal and behavioural development of degus (*Octodon degus*)
Lab Anim 13: 93-99
- 138 Roberts C. M., Perry J. S., 1974
Hystricomorph embryology
In: The Biology of hystricomorph rodents
Eds: Rowland I. W., Weir B. J.
London: Academic Press 34: 333-360
- 139 Rohrweber I., 1999
Duplex- und Triplexsonographie großer Arterien und Venen bei Hundewelpen
in den ersten Lebenswochen
Med Vet Diss, München
- 140 Rojas M. A., Montenegro M. A., Morales B., 1982
Embryonic development of the degu, *Octodon degus*
J Reprod Fertil 66 (1): 31-38
- 141 Rojas M. A., Regadera J., Esponda P., Bustos-Obregon E., 1995
Postnatal evolution of the epididymis in *Octodon degus*: An immunohisto-
chemical and morphological study
Acta Anat 152 (4): 335-336

- 142 Rojas M., Rivera O., Montenegro G., Barros C., 1977
Alugnas observaciones en la reproduction de la hembra silvestre de *Octodon degus*
Medio Ambiente (Chile) 3: 78-82
- 143 Rosen R. C., 1975
Ontogeny of homeothermy in *Microtus Pennsylvanicus* and *Octodon degus*
Comp Biochem Physiol, 52A (4): 675-679
- 144 Rosenmann M., 1977
Regulación térmica en *Octodon degus*.
Medio Ambiente (Chile) 3: 127-131
- 145 Rosenmann M., Morris P. R., 1975
Metabolic response of highland and lowland rodents to stimulated high altitude and cold
Comp Biochem Physiol, 51A (4): 523-530
- 146 Rosenthal K. L., Peterson M. E., Quesenberry K. E., Hillyer E. V., Beeber N. L., Moroff S. D., Lothrop C. D., 1993
Hyperadrenocorticism associated with adrenocortical tumor or nodular hyperplasia of the adrenal gland in ferrets: 50 cases (1987-1991)
J Am Vet Med Assoc 203 (3): 271-275
- 147 Roth A., 2004
Degus, gesellig und topfit
Gräfe und Unzer Verlag, München: 8f.
- 148 Roth A., 2002
Diabetes beim Degu
Rodentia 2 (6): 42-44
- 149 Saavedra B., Quiroz D., Iriarte J., 2003
Past and present small mammals of Isla Mocha (south-central Chile)
Mamma Biol 68 (6): 365-371
- 150 Saavedra B., Simonetti J. A., 2003
Holocene distribution of Octodontid rodents in central Chile
Rev Chil Hist Nat 76 (3): 383-389
- 151 Sabat P., Veloso C., 2003
Ontogenic development of intestinal disaccharidases in the precocial *Octodon degus* (Octodontidae)
Comp Biochem Physiol 134A (2): 393-397

- 152 Sassenburg L., 2005
Kapitel 8: Degu
In: Krankheiten der Heimtiere
Eds: Gabrisch K., Zwart P.
Schlütersche Verlag, Hannover, 6. Auflage: 213-238
- 153 Schäfer D., Poulsen-Nautrup C, 1998
Kapitel 11.1.2; 11.1.3: Frühträchtigkeit; Fetalentwicklung
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
Eds: Poulsen Nautrup C., Tobias R.
Schlütersche Verlag, Hannover, 2. Auflage: 293-304
- 154 Scherer K., 1993
Trächtigkeitsdiagnose bei Kaninchen, Meerschweinchen und Ratte
Tierärztl Prax Suppl: 63-64
- 155 Scholz S., Lüerssen D., 1998
Kapitel 10.2: Leber und Gallenblase
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
Eds: Poulsen Nautrup C., Tobias R.
Schlütersche Verlag, Hannover, 2. Auflage: 181-197
- 156 Scholz S., Lüerssen D, 1998
Kapitel 10.4: Milz
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze
Eds: Poulsen Nautrup C., Tobias R.
Schlütersche Verlag, Hannover, 2. Auflage: 202-210
- 157 Simonetti J. A., Cornejo L. E., 1991
Archaeological evidence of rodent consumption in central Chile
Latin American Antiquity 2: 92-96
- 158 Sommerville L. M., 1998
Treatment of an uterine adenocarcinoma in a domestic rabbit by ovariohysterectomy
Vet Rec 142: 550-551
- 159 Spear G. S., Boraker D. K., 1980
The degu: A new model of spontaneous diabetes
Diabetes Suppl 29 (2): 512
- 160 Spear G. S., Caple M. V., Sutherland L. R., 1984
The pancreas of the degu
Exp Mol Pathol 40: 295-310

- 161 Sporon A., Mettler M., 2002
 Gesellige Degus
 Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart: 7-11
- 162 Stieger S. M., Wenker C., Ziegler-Gohm D., Fluckiger M., 2003
 Ureterolithiasis and papilloma formation in the ureter of a guinea pig
 Vet Radiol Ultrasound 44 (3): 326-329
- 163 Storch V., Welsch U., 2004
 Systematische Zoologie
 Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 6. Auflage : 756-763
- 164 Sweeney W. E. Jr., Hamahira K., Sweeney J., Garcia-Gatrell M., Frost P.,
 Avner E. D., 2003
 Combination treatment of PKD utilizing dual inhibition of EGF-receptor activity
 and ligand bioavailability
 Kidney Int 64 (4): 1310-1319
- 165 Vasquez R. A., 1997
 Vigilance and social foraging in *Octodon degus* (Rodentia: Octodontidae) in
 central Chile
 Rev Chil Hist Nat 70 (4): 557-563
- 166 Veloso C., Bozinovic F., 2000
 Effect of food quality on the energetics of reproduction in a precocial rodent,
Octodon degus
 J Mamm 81: 971-978
- 167 Ventura J., Gispert E., Lopez-Fuster M. J., 1996
 Arterial vascularization of the abdominal and pelvic regions in the degu, *Octo-*
don degus (Rodentia, Octodontidae)
 Anat Anz (Germany) 178 (3): 285-291
- 168 Verzi D. H., 1999
 The dental evidence on the differentiation on the ctenomyine rodents (Cavio-
 morpha, Octodontidae, Ctenomyinae)
 Acta Theriol, 44 (3): 263-282
- 169 Walker E. P., 1983
 Mammals of the World
 John Hopkins Press, Baltimore 2: 829-833
- 170 Walter P. A., Feeney D. A., Johnson G. R., Fletcher T. F., 1987
 Feline renal ultrasonography: qualitative analyses of image anatomy
 Am J Vet Res 48: 596-599

- 171 Walter P. A., Johnson G. R., Feeney D. A., O'Brien T. D., 1987
Renal ultrasonography in healthy cats
Am Jour Vet Res 48: 600-607
- 172 Weir B. J., 1970
The management and breeding of some more hystricomorph rodents
Lab Anim 4: 83-97
- 173 Weir B. J., 1974
Reproductive characteristics of hystricomorph rodents
In: The Biology of hystricomorph rodents
Eds: Rowland I. W., Weir B. J.
London: Academic Press 34: 265-301
- 174 Weir B. J., Rowlands I. W., 1974
Functional anatomy of the hystricomorph ovary
In: The Biology of hystricomorph rodents
Eds: Rowland I. W., Weir B. J.
Academic Press 34, London: 303-332
- 175 White P., Fischer R., Meunier G., 1982
The lack of recognition of lactating females by infant *Octodon degus*
Physiol Behav 28 (4): 623-625
- 176 Wilson S. G., 1982
Contact-promoting behavior, social development and relationship with parents
in sibling juvenile degus (*Octodon degus*)
Develop Psychobiol 15 (3): 257-268
- 177 Wilson S. G., Kleinman D. G., 1974
Eliciting play: a comparative study (*Octodon*, *Octodontomys*, *Pediolagus*,
Phoca, *Choeropsis*, *Ailuropoda*)
Amer Zool 14: 341-370
- 178 Winters W. D., McDonald R. A., Krauter L. D., 1997
The detection of murine autosomal recessive polycystic kidney disease using
real-time ultrasound
Pediatr Nephrol 11 (3): 337-338
- 179 Woods C. A., Boraker D. K., 1975
Octodon degus
Mammalian Species 67: 1-5
- 180 Young A. T., Lee T. M., 2002
Age effects on spatial and associative learning in female *Octodon degus*
Hor Behav 41 (4): 498

- 181 Zunino S., Saiz F., Yates L. R., 1992
Habitat use, density of *Octodon degus* and resource availability in Ocoa, La
Campana National Park, Chile
Rev Chil Hist Nat 65 (3): 343-355

Dank

Herzlich danke ich Herrn PD Dr. Sven Reese, der als mein Doktorvater viele Stunden in die Betreuung meiner Dissertation investierte; seine Kompetenz und die Möglichkeit, einen Ansprechpartner für alle auftauchenden Fragen und Probleme zu haben, waren mir eine überaus große Hilfe.

Bei Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. mult. H.-G. Liebich bedanke ich mich für die Bereitstellung des Arbeitsplatzes zur Durchführung meiner Untersuchungen am Institut für Tieranatomie (I).

Der Familie Staude und Frau Nina Bitzinger habe ich für ihr großes Entgegenkommen bei der Durchführung meiner Untersuchungen zu danken; ohne ihre Hilfe wäre diese Doktorarbeit nicht zustande gekommen.

Diese Dissertation entstand mit Hilfe der finanziellen Unterstützung durch die Hanns-Seidel-Stiftung im Rahmen eines Begabtenstipendiums aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Für die Betreuung während meiner Zeit als Promotionsstipendiat, für die finanzielle und ideelle Förderung bedanke ich mich bei der Hanns-Seidel-Stiftung recht herzlich.