

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 Meerschweinchen (*Cavia aperea f. porcellus*, L. 1758)**

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

vorgelegt von

Nina Heidi Bitzinger  
aus  
München

München 2008

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

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. Braun
Berichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. Reese
Korreferent:	Univ.-Prof. Dr. Goldberg

Tag der Promotion: 8. Februar 2008

*Meiner Familie*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Abstammung und zoologische Einordnung.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Geschichte und Domestikation .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>Biologie, Lebensweise und physiologische Daten .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4</b>	<b>Anatomie .....</b>	<b>9</b>
2.4.1	Thorax .....	9
2.4.2	Gastrointestinaltrakt.....	9
2.4.2.1	Magen .....	10
2.4.2.2	Intestinum tenue .....	11
2.4.2.3	Intestinum crassum .....	12
2.4.2.4	Anmerkungen zur Physiologie der Verdauung .....	14
2.4.2.5	Darmanhangsdrüsen .....	15
2.4.3	Milz .....	17
2.4.4	Nebennieren .....	17
2.4.5	Harnorgane.....	18
2.4.6	Männliche Geschlechtsorgane.....	19
2.4.6.1	Hoden und Nebenhoden .....	19
2.4.6.2	Samenleiter .....	20
2.4.6.3	Akzessorische Geschlechtsdrüsen.....	20
2.4.6.4	Urethra und Penis.....	22
2.4.7	Weibliche Geschlechtsorgane .....	22
2.4.7.1	Ovarien und Eileiter .....	22
2.4.7.2	Uterus.....	22
2.4.7.3	Vagina .....	23
2.4.7.4	Urethra .....	23
2.4.7.5	Anmerkungen zur Fortpflanzung des Meerschweinchens .....	23
<b>2.5</b>	<b>Abdominale Sonographie bei Heimtieren.....</b>	<b>26</b>
2.5.1	Ratte und Maus .....	26
2.5.2	Kaninchen.....	29
2.5.3	Frettchen und Degu.....	30
2.5.4	Meerschweinchen.....	32
<b>3</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Material .....</b>	<b>37</b>
3.1.1	Technische Ausrüstung .....	37
3.1.2	Tiere .....	37
<b>3.2</b>	<b>Methoden.....</b>	<b>38</b>
3.2.1	Vorbereitung der Tiere zur sonographischen Untersuchung .....	38
3.2.2	Durchführung der Ultraschalluntersuchung .....	38

# Inhaltsverzeichnis

<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>40</b>
<b>4.1</b>	<b>Gastrointestinaltrakt</b>	<b>40</b>
4.1.1	Magen	40
4.1.2	Dünndarm	41
4.1.3	Dickdarm	41
4.1.4	Darmanhangsdrüsen	44
4.1.4.1	Leber mit Gallenblase	44
4.1.4.2	Pankreas	49
<b>4.2</b>	<b>Milz</b>	<b>49</b>
<b>4.3</b>	<b>Nebennieren</b>	<b>50</b>
<b>4.4</b>	<b>Harnorgane</b>	<b>52</b>
4.4.1	Nieren	52
4.4.2	Harnblase	55
<b>4.5</b>	<b>Männliche Geschlechtsorgane</b>	<b>57</b>
4.5.1	Hoden und Nebenhoden	57
4.5.2	Akzessorische Geschlechtsdrüsen	58
<b>4.6</b>	<b>Weibliche Geschlechtsorgane</b>	<b>60</b>
4.6.1	Ovarien	60
4.6.2	Uterus	62
4.6.3	Trächtigkeitsnachweis	63
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>65</b>
<b>5.1</b>	<b>Vorbereitung und Durchführung der Ultraschalluntersuchung</b>	<b>65</b>
<b>5.2</b>	<b>Gastrointestinaltrakt</b>	<b>67</b>
5.2.1	Magen	67
5.2.2	Darmtrakt	68
5.2.3	Darmanhangsdrüsen	68
<b>5.3</b>	<b>Milz</b>	<b>69</b>
<b>5.4</b>	<b>Nebennieren</b>	<b>70</b>
<b>5.5</b>	<b>Harnorgane</b>	<b>70</b>
5.5.1	Nieren	70
5.5.2	Harnblase	71
<b>5.6</b>	<b>Männliche Geschlechtsorgane</b>	<b>72</b>
5.6.1	Hoden mit Nebenhoden	73
5.6.2	Akzessorische Geschlechtsdrüsen	73
<b>5.7</b>	<b>Weibliche Geschlechtsorgane</b>	<b>73</b>
5.7.1	Ovarien	73
5.7.2	Uterus	75
5.7.3	Trächtigkeit	76

## Inhaltsverzeichnis

<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>78</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>80</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>82</b>

# 1 Einleitung

Trotz immer beengterer Wohnverhältnisse in Großstädten und Ballungsräumen und häufiger Haltungsverbote für Hunde und Katzen, ist der Wunsch der Menschen, vor allem der Kinder, nach tierischen Hausgenossen ungebrochen. Aus diesem Grund erfreuen sich in den letzten Jahren vor allem kleine Heimtiere und Exoten wachsender Beliebtheit. Insbesondere die Zahl der als Hobbytiere gehaltenen Meerschweinchen, Kaninchen und Kleinnager nimmt dank niedriger Anschaffungs- und Unterhaltskosten, begrenztem Platzbedarf und ihrer vermeintlich anspruchslosen Haltung in den Haushalten stetig zu. Dies bestätigen Berichte aus den tierärztlichen Kliniken und Praxen (112), die sich nun in zunehmendem Maße mit den Problemen und Erkrankungen dieser Spezies konfrontiert sehen.

Mit der Aufwertung zum Heimtier und Gefährten ist jedoch auch der Anspruch der Besitzer an die tiermedizinische Versorgung ihrer Schützlinge gestiegen (32). Dazu gehören außer adäquaten Fachkenntnissen des medizinischen Personals auch verbesserte therapeutische Möglichkeiten und der Einsatz moderner diagnostischer Verfahren. Vor allem die Ultraschalluntersuchung ist in diesem Zusammenhang zu nennen. Dank ihrer relativ einfachen und schnellen Durchführbarkeit, ihres nicht-invasiven Charakters und ihres hohen diagnostischen Stellenwertes ist sie in der Kleintiermedizin bereits als Routineverfahren der bildgebenden Diagnostik etabliert. Mit dem technischen Fortschritt und der Entwicklung hochfrequenter Schallköpfe mit guter Auflösung im Nahfeld mehren sich nun in den letzten Jahren auch die Berichte über die erfolgreiche Anwendung bei Heimtieren.

Während die Sonographie bei Ratte und Maus vor allen Dingen in der tierexperimentellen Forschung zum Einsatz kommt, handelt es sich bei den untersuchten Frettchen, Kaninchen und Nagern wie Meerschweinchen und Degus überwiegend um Tiere aus der Heimtierhaltung. Beim Frettchen steht dabei die Diagnostik von Endokrinopathien (2, 7, 92, 108, 115) und Nierenveränderungen (44) im Vordergrund, die Ultraschalluntersuchung beim Degu wurde bisher nur in einer Arbeit (41) ausführlich behandelt. Ein Großteil der bisherigen Untersuchungen und Falldarstellungen bei Kaninchen und Meerschweinchen betrifft dagegen den Harn- und Geschlechtsapparat (11, 29, 30, 40, 56, 57, 93, 110, 117, 120, 130), da diese besonders häufig Ursache klinischer Beschwerden sind. Beschreibungen der übrigen Abdominalorgane und deren Darstellbarkeit sowie Informationen zum sonographi-

## Einleitung

schen Erscheinungsbild sind dagegen insbesondere beim Meerschweinchen allenfalls lückenhaft vorhanden. Aus diesem Grund erschien es sowohl sinnvoll als auch angebracht, eine systematische Untersuchung aller Organe der Bauchhöhle des Meerschweinchens vorzunehmen, um Untersuchungstechnik und Normalbefunde zu dokumentieren, Möglichkeiten der Darstellung zu erforschen und sonoanatomische Besonderheiten hervorzuheben.

## 2 Literaturübersicht

Dieser Teil der Dissertation befasst sich mit allgemeinen Angaben zu Herkunft, Geschichte und Biologie des Hausmeerschweinchens, mit seiner Anatomie, sowie mit dem derzeitigen Kenntnisstand zur Anwendung der Sonographie bei dieser und anderen Heimtierspezies.

### 2.1 Abstammung und zoologische Einordnung

Das Meerschweinchen gehört zur Ordnung der Nagetiere (Rodentia) (52, 131, 142, 143). Obwohl die taxonomische Einordnung des Meerschweinchens in die Ordnung Rodentia von verschiedenen Autoren aufgrund von Aminosäuresequenzanalysen (46, 80) und der Untersuchung des mitochondrialen Genoms (27) in der Vergangenheit angezweifelt wurde, bleibt sie nach neueren Untersuchungen von Philippe (102) und Cao et al. (20) dennoch am wahrscheinlichsten. In der Unterordnung Hystricognathi (Stachelschweinverwandte), der u.a. auch die beliebten Heimtierspezies Chinchilla und Degu angehören, wird die Familie Caviidae (Meerschweinchen) mit zwei Unterfamilien geführt: Dolichotinae (Maras) und Caviinae (eigentliche Meerschweinchen) (131). Als Vorfahren des heutigen Hausmeerschweinchens gelten Vertreter der Gattung *Cavia* (Wildmeerschweinchen), die neben den Gattungen *Galea* (Wieselmeerschweinchen), *Microcavia* (Zwergmeerschweinchen) und *Kerodon* (Bergmeerschweinchen) in der Unterfamilie Caviinae zusammengefasst werden (25, 48, 131, 136).

Klasse	Mammalia
Unterklasse	Eutheria
Ordnung	Rodentia
Unterordnung	Hystricognathi
Überfamilie	Cavioidea
Familie	Caviidae
Unterfamilie	Caviinae
Gattung	<i>Cavia</i>
Art	<i>Cavia aperea</i> f. <i>porcellus</i> <i>Cavia porcellus</i> (Linnaeus 1758) (Hausmeerschweinchen)

**Tabelle 1: Einordnung des Meerschweinchens in das zoologische System**

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Meerschweinchen und ihrer Verwandten ist der südamerikanische Kontinent. Dort bewohnen sie die unterschiedlichsten Lebensräume zwischen Kolumbien und Argentinien, von Flachland-Sümpfen bis zum Hoch-

gebirge, mit Ausnahme der kalten Bereiche des äußersten Südens und des tropischen Regenwaldes im Amazonasbecken (6, 43, 48, 52, 129). Am weitesten verbreitet sind Angehörige der Art *Cavia aperea* (Wildmeerschweinchen) – sie sind u.a. in Peru, Uruguay, Guayana (früher Guiana), Brasilien und Argentinien zu finden (48). Über die genaue Abstammung des Hausmeerschweinchens herrscht Uneinigkeit in der Literatur. Sehr wahrscheinlich stammt es jedoch von den Unterarten *Cavia aperea tschudii* und *Cavia aperea cutleri* ab, die im Süden Perus und Norden Chiles Höhenlagen der Anden zwischen 1600 – 4200 m mit permanentem Graswuchs besiedeln (13, 43, 48, 52, 74, 137, 138). Sie leben in gemischtgeschlechtlichen Gruppen von ca. 4 – 20 Tieren (einem Männchen, mehreren Weibchen und ihren Jungen) in Höhlen oder flachen Erdbauten, die sie z.T. selbst graben oder von anderen Tieren übernehmen. Wildmeerschweinchen sind überwiegend dämmerungsaktiv, zeigen jedoch auch tagsüber Aktivitätsphasen (43, 138). Ihre Nahrung besteht hauptsächlich aus Gräsern und Kräutern, die sie in zwei Äsungsphasen (frühmorgens und spät nachmittags) zu sich nehmen (13, 74). Als reviertreue und sehr gesellige Tiere grasen sie in Rudeln, wobei sie ausgetretene und labyrinthartig verzweigte Trampelpfade zwischen ihren Futter- und Ruheplätzen nutzen und ständig über sogenannte Stimmföhlungs-laute in Verbindung stehen (43, 48, 58, 71, 74).

## 2.2 Geschichte und Domestikation

Meerschweinchen gehören zu den ältesten Haustieren der Neuen Welt. Es wird davon ausgegangen, dass die Domestikation durch die Inkas bereits 1000 v. Chr. begann (13, 48, 74). Diese Annahme wird gestützt durch Vasenfunde aus dieser Zeit mit Abbildungen von Meerschweinchen (48, 74). Manche Autoren (43, 90) vermuten sogar, dass sie schon zwischen 5000 und 4000 v. Chr. in Menschenobhut gehalten wurden. Die Inkas züchteten Meerschweinchen als Schlacht- und Opfertiere für ihre Götter. Vor allem braune und braunweiß gescheckte Tiere wurden dem Sonnengott geopfert oder Verstorbenen mit ins Grab gegeben (48, 121). Auch heute noch werden Meerschweinchen in Bergdörfern der Anden ähnlich gehalten wie seit Jahrtausenden (90, 95, 129). Fast jede Familie hält mehrere Tiere in ihrem Haus, wo sie meist frei umherlaufen und mit Küchenabfällen ernährt werden. In der Regel kümmern sich die Frauen und Kinder der Familie um die Tiere, welche traditionell auch als Geschenk für Kinder von Verwandten zu speziellen Gelegenheiten Verwendung finden. Aber auch als Fleischlieferanten (6, 90, 121) zum Verzehr zu besonderen An-

## Literaturübersicht

lassen wie formellen Verhandlungen, Eheschließungen oder Tauffeiern sind sie noch heute von Bedeutung. Nebenbei dient der Meerschweinchenkot als reichhaltiger organischer Dünger für Gärten, Obstbäume und Maisfelder. Schließlich finden Meerschweinchen Einsatz in der traditionellen Medizin (90). Bleiben beispielsweise bewährte Hausmittel wirkungslos, reibt ein Volksmediziner den Patienten von Kopf bis Fuß mit einem lebenden Meerschweinchen ab, eröffnet dann die Bauchhöhle des Tieres und untersucht dessen Organe. Danach stellt er eine Diagnose oder verschreibt eine Therapie.

Nach der Entdeckung Amerikas durch die Spanier und Pizarros Eroberung Perus 1530 gelangten Meerschweinchen mit spanischen Seefahrern und holländischen Kaufleuten nach Europa (106, 121, 136). Auf den langen Überfahrten dienten sie v.a. als lebender Fleischvorrat für die Besatzung (48). Laut der Überlieferung von Cumberland 1886 hatten die Spanier die kleinen Tiere auf peruanischen Märkten entdeckt und wegen ihrer Ähnlichkeit mit kleinen Schweinchen sowie ihrer Herkunft (damals dachte man, Indien entdeckt zu haben) Porco da India / Porcella da India / Cochon d'Inde genannt (136). Bereits 1554 wurden sie in verschiedenen Ländern Mitteleuropas in Tierschauen und Orangerien gezeigt (74). Im gleichen Jahr wurden sie erstmals durch den Schweizer Naturforscher und Arzt Konrad Gessner in der Literatur beschrieben (43, 48). Die weitere Erforschung des domestizierten Meerschweinchens ist dem deutschen Zoologen Alfred Nehring zu verdanken, der bei Ausgrabungen auf dem Totenfeld von Ancon in Peru im Jahr 1889 Meerschweinchenmumien in Inkagräbern entdeckte und näher untersuchte. Dabei fand er verwandtschaftliche Merkmale zwischen den vom Schweizer Zoologen Tschudi beschriebenen Wildmeerschweinchen und den bereits weitgehend domestizierten Tieren der Inkas (48). Aufgrund ihres freundlichen Wesens und ihrer Anspruchslosigkeit hinsichtlich Haltung und Pflege erfreuten sich die possierlichen Tiere bald wachsender Beliebtheit und verbreiteten sich schnell in ganz Europa, auf den britischen Inseln und ab dem 17. Jahrhundert auch in den USA (106, 136). Entgegen ihrer Bestimmung in Südamerika wurden Meerschweinchen in Europa allerdings nur als zoologische Attraktion und Spieltier für Kinder gezüchtet; nahrungswirtschaftlich blieben sie bedeutungslos (74). Dank ihrer Fortpflanzungsfreudigkeit und der Fortschritte in der biologischen und medizinischen Forschung erlangten sie im 19. Jahrhundert außerdem große Bedeutung für die Wissenschaft. Nach ihrem ersten Einsatz als Labortier im Jahr 1780 von Lavoisier zur Messung der Wärmeproduktion (3, 95)

verwendete Robert Koch um 1870 Meerschweinchen in der Tuberkuloseforschung sowie Emil v. Behring bei seinen Arbeiten zur Immunitätslehre und Diphtheriebekämpfung (74). Seither sind sie aus der Versuchstierkunde kaum noch wegzudenken und werden u.a. in der pharmazeutischen Forschung und Entwicklung, in der Immunologie sowie in Studien über Ascorbinsäure-Metabolismus, Infektionskrankheiten, Hypervitaminose D und Gehörfunktion eingesetzt (3, 95).

Die Herkunft des englischen Namens des Hausmeerschweinchens, „guinea pig“, ist nicht sicher geklärt. Eine Hypothese lautet, dass die Tiere nach ihrer Ankunft in Europa für 1 Guinea (englische Goldmünze, entspricht 21 Shilling) verkauft wurden und aufgrund ihres großen Kopfes, kurzen und dicken Halses, gedrungenen Körpers und der den Schweinen ähnelnden Lautäußerungen ihren Namen erhielten (25, 90, 136). Eine andere besteht darin, dass „Guinea pig“ eine Abwandlung von „Guiana pig“ darstellt, da die Tiere womöglich aus dem südamerikanischen Guiana nach Europa importiert wurden. Außerdem ist es möglich, dass die Tiere von Südamerika aus über die westafrikanische Guineaküste an Bord von Sklavenschiffen nach Europa gelangten und deshalb fälschlicherweise von ihrer Abstammung aus Guinea ausgegangen wurde (25, 90, 136). Schließlich könnte „guinea“ einfach eine Bezeichnung für „fremd, ausländisch“ sein (25, 136). Der deutsche Name „Meerschweinchen“ lässt sich dagegen relativ einfach herleiten: das Schweinchen, das über das Meer kam (6, 136). Seinen wissenschaftlichen Namen *Cavia aperea* f. *porcellus* bekam das Meerschweinchen mit Linnés 10. Auflage von „Systema Naturae“ im Jahr 1758 (74, 140).

### **2.3 Biologie, Lebensweise und physiologische Daten**

Wie oben bereits beschrieben, sind die wildlebenden Verwandten der Hausmeerschweinchen überwiegend dämmerungsaktive Tiere, die in Rudeln lebend in einem festen Revier Höhlen oder flache Erdbauten bewohnen und sich überwiegend von Gräsern und Kräutern ernähren (13, 43, 48, 58, 138). Die Reviere werden von dem dominanten Männchen gegenüber anderen verteidigt, männliche Nachkommen werden mit Erreichen der Geschlechtsreife aus der Kolonie vertrieben (43, 121). Die Tiere eines Verbundes stehen ständig miteinander über Stimmfühlungslaute in Kontakt. Bei Nahen von Gefahr werden Warnlaute ausgestoßen, woraufhin sie mit Flucht oder Schreckstarre reagieren (48, 58, 74, 107). Außerdem verfügen sie über ein umfangreiches Repertoire an Kommunikationslauten, wie z.B. gurrenden und schnur-

## Literaturübersicht

renden Werbelauten, Begrüßungspfeifen und Behaglichkeits-„Murmeln“ (95, 121). Wildmeerschweinchen wiegen im Durchschnitt 450 – 700 g und werden mit ca. 55 – 70 Tagen geschlechtsreif. Sie halten keinen Winterschlaf (121, 138, 143). Die weiblichen Tiere sind polyöstrisch, dennoch zeigen sie einen saisonalen Vermehrungszyklus mit einer Ruhepause im Winter (58, 74).

Das domestizierte Hausmeerschweinchen ist etwas größer und schwerer als das Wildmeerschweinchen, die Tragzeit ist ca. eine Woche länger (129). Die Einflüsse der Domestikation sind deutlich sichtbar: ein runderer Kopf, größere Ohren, die normalerweise nicht aufgestellt sind, dickere Beine und Füße, ein plumperer Körper und eine weniger behäbige Fortbewegungsweise (48, 129). Außerdem unterscheiden sie sich durch gezielten Zuchteinsatz in Färbung und Fellstruktur von der Wildform. Ursprünglich wurden Meerschweinchen drei Rassen zugeordnet (48, 95, 107, 143). Zum Ersten ist das Glatthaar- oder Englische Meerschweinchen mit eng anliegendem, kurzem, glattem Haar. Zum Zweiten ist das Rosetten- oder Abessinische Meerschweinchen zu nennen. Es ist durch kurze Haare und 8-12 über den Körper verteilte Wirbel gekennzeichnet. Die dritte Variante ist das Langhaarmeerschweinchen oder auch Peruaner genannt. Wie der Name schon suggeriert, besitzt es lange, glatte Haare mit zwei Wirbeln. Dadurch fällt das Fell über den Nacken nach vorn, es entsteht ein kurzer Pony. Diese drei Standardrassen existierten in verschiedenen ein-, zwei- oder sogar dreifarbigen Variationen. Durch Kreuzungen zwischen diesen drei Standards entstanden im Lauf der Zeit immer neue Rassen (48, 138). Inzwischen werden sieben Kurzhaar-, acht Langhaar- sowie drei weitere Rassen unterschieden und es kommen stetig neue hinzu.

Meerschweinchen erfreuen sich wegen ihrer relativen anspruchslosigkeit hinsichtlich Haltung und Pflege sowie ihres gutmütigen Wesens v.a. bei Kindern großer Beliebtheit. Dennoch sind einige Grundvoraussetzungen zu erfüllen, um Schäden und Krankheiten zu vermeiden. So sollten Meerschweinchen als sehr gesellige Tiere niemals alleine gehalten werden. Die Haltung in Paaren oder auch größeren Gruppen (ein Männchen, mehrere Weibchen) ist in der Regel unproblematisch (43). Kaninchen sind als Partner für Meerschweinchen nicht geeignet (48). Als herbivore Tiere, die sich ursprünglich überwiegend von Gras und Kräutern ernähren, benötigen auch die Hausmeerschweinchen eine rohfaserreiche Nahrung sowie eine ausreichende Versorgung mit dem essentiellen Vitamin C (58, 61, 75). In menschlicher Obhut empfiehlt sich die Fütterung mehrerer kleiner Portionen am Tag, da die Tiere auf-

## Literaturübersicht

grund ihrer nur schwach ausgeprägten Magen- und Darmmuskulatur auf ständigen Nachschub angewiesen sind, um einen Weitertransport der Nahrung zu gewährleisten (48, 70). Heu sollte als Grundfutter ad libitum angeboten werden, ergänzend können Gras, Kräuter, Salate sowie fast alle Obst- und Gemüsesorten gereicht werden. Jedoch sollte unbedingt auf einwandfreie Ware geachtet werden, da sonst Verdauungsstörungen resultieren könnten (43, 54, 138). Handelsübliche Mischfuttermittel können ebenfalls verfüttert werden, doch ist hierbei Vorsicht geboten. Oft ist die Zusammensetzung stark schwankend oder bestimmte Zutaten werden von den Tieren selektiert, was zu Über- bzw. Unterversorgung mit einzelnen Nährstoffen führen kann. Wegen der größeren Energiedichte der meist mit Getreide und Sämereien angereicherten Fertigmischungen besteht auch die Gefahr von Adipositas und übermäßigem Zahnwachstum aufgrund mangelnder Aufnahme von Rohfaser infolge schnellerer Sättigung (43, 64).

Im Folgenden sind einige physiologische Daten aus der Literatur zusammengefasst.

Körperlänge (6, 54, 95)	20 – 35 cm
Körpergewicht, adulte Tiere ♂ (17, 121, 137, 138) ♀ (6, 121, 137, 138)	1000 – 1200 (- 1800) g 700 – 1000 g
Lebenserwartung (58, 75, 121, 138)	6 – 8 (- 15) Jahre
Körperinnentemperatur (95, 106, 107)	37,2 – 39,5 °C
Geschlechtsreife ♂ (48, 136) ♀ (113, 136, 138)	6. – 10. Lebenswoche, früher möglich 4. – 6. Lebenswoche
Zuchtreife ♂ (48, 58) ♀ (61, 113)	2,5 – 6 Monate 3 – 5 Monate
Hodenabstieg (48, 138)	6. Lebenswoche
Zitzen (3, 58, 107)	2, inguinal
Zykluslänge (3, 43, 106, 121, 138)	13 – 21 (15 – 19) Tage
Östruslänge (43, 48, 121, 136)	24 – 50 Std., Hauptbrunst ca. 8 – 12 Std.
Ovulation (43, 48, 74, 107)	Spontan, 10 Std. nach Brunstbeginn

## Literaturübersicht

Trächtigkeitsdauer (3, 6, 113, 121)	58 – 72 (Ø 63 – 68) Tage
Wurfgröße (90, 106, 113)	1 – 6 (Ø 2 – 4)
Geburt (3, 43, 106)	10 – 30 Min., 3 – 7 Min. zwischen Jungen
Geburtsgewicht (43, 61, 106)	50 – 115 (Ø 80 – 90) g
Tageszunahme (48, 138)	4 – 7 g
Säugeperiode (13, 107, 113)	Ca. 3 Wochen oder bis 150 – 180 g
Würfe pro Jahr (6, 48, 74, 121)	4 – 5 möglich, Ø 3,7

**Tabelle 2: Physiologische Daten**

## 2.4 Anatomie

In diesem Kapitel wird näher auf die anatomischen Besonderheiten von *Cavia aperea* f. *porcellus* eingegangen.

### 2.4.1 Thorax

Das Herz des Hausmeerschweinchens ist stumpf-kegelförmig und füllt einen großen Teil der Brusthöhle aus. Die Herzspitze ist leicht nach links-kaudal gerichtet, das rechte Atrium ist größer als das linke (43). Die Länge der Herzachse beträgt ca. 2 cm, der Umfang an der Herzbasis ca. 5 – 6 cm (48). Das relative Herzgewicht wird mit durchschnittlich 0,43% (0,25 – 0,58%) angegeben (43).

Die beiden durch die Pleura voneinander getrennten Lungenhälften umgeben das Herz fast vollständig (48). Die größere rechte besteht aus vier Lappen (Lobus cranialis, medius, accessorius und caudalis), die linke aus drei (Lobus cranialis, medius und caudalis). Der Atemtyp beim Meerschweinchen ist vorwiegend kostal, unterstützt durch die große Beweglichkeit der letzten 4 – 5 frei endenden Rippen (43). Die Bronchialmuskulatur ist stark ausgeprägt, was in Stresssituationen zu massiven Bronchospasmen und, resultierend daraus, zu mehr oder weniger großflächigen Atelektasen führen kann. Durch die konsekutive arterielle Hypoxämie gilt die Lunge daher beim Meerschweinchen als das Hauptschockorgan, worauf bei jeglicher Manipulation und Untersuchung Rücksicht genommen werden muss (4, 32, 43, 50).

### 2.4.2 Gastrointestinaltrakt

Im folgenden Kapitel werden die topographischen Verhältnisse des Magens, des Darms und der Darmanhangsdrüsen näher beschrieben (Abb. 1 und Abb. 2).

## Literaturübersicht

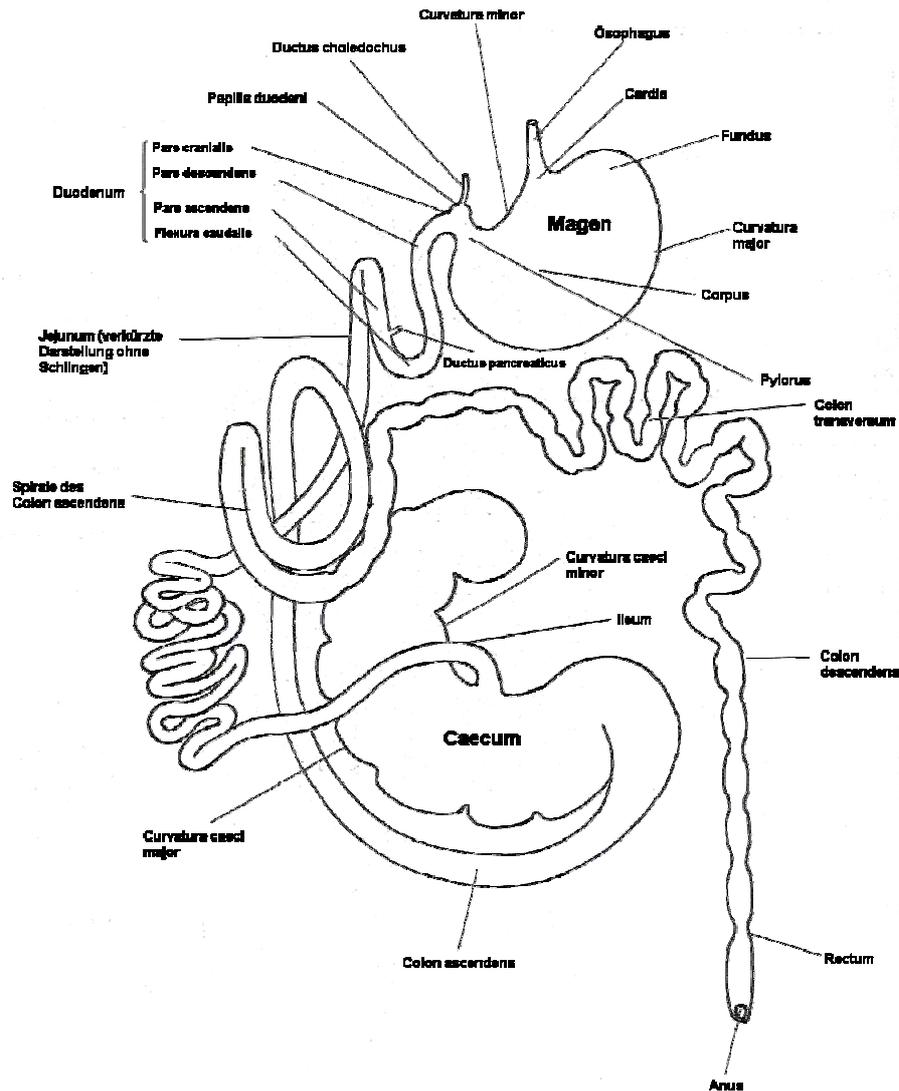


Abb. 1: Schema Gastrointestinaltrakt des Meerschweinchens (nach 25)

### 2.4.2.1 Magen

Der einhöhlige Magen von *Cavia aperea f. porcellus* liegt größtenteils links im kranialen Teil der Abdominalhöhle im Bereich der 7. – 11. Rippe (43, 45, 48, 70, 138). Seine Facies parietalis steht in Kontakt mit der kaudalen Fläche des linken Leberlappens und die Facies visceralis mit Anteilen des Dünndarms, der Milz und evtl. der linken Niere. Die Incisura angularis zwischen Ösophagus und Curvatura minor beherbergt den Lobus caudatus der Leber (25). Das Fassungsvermögen des in Cardia, Fundus, Corpus und Pylorus unterteilten Magens beträgt ca. 20 – 30 ml, je nach Füllungszustand kann er sich bis zur Nabelgend ausdehnen (48, 70). Auffällig ist die außer im Pylorusbereich nur sehr dünne Tunica muscularis der Magenwand. Aus diesem Grund ist weder das Erbrechen bei dieser Tierart, noch der Futterbreittransport durch Eigenkontraktionen möglich (43, 48, 70). Dies bedeutet, dass das Meer-

schweinechen auf kontinuierliche Futteraufnahme angewiesen ist, welche durch das Nachschieben neuen Futters den Weitertransport des Mageninhalts nach einer Verweildauer von einer halben bis zwei Stunden (max. 7 – 8 Stunden) durch den Pylorus in das Duodenum gewährleistet (48, 107). Der pH-Wert im Magen beträgt ca. 1,5 – 2, da die gesamte Drüschleimhaut an der Bildung eines speichelähnlichen, sauren Verdauungssekrets beteiligt ist (48).

### **2.4.2.2 Intestinum tenue**

Der Dünndarm stellt mit einer Länge von ca. 125 - 150 cm den längsten Teil des Gastrointestinaltraktes dar (25, 43, 58). Er liegt kaudal von Leber und Magen, größtenteils rechts dorsal in der Bauchhöhle (107) und wird unterteilt in Duodenum, Jejunum und Ileum. Im Duodenum werden dem bereits sehr flüssigen Nahrungsbrei alkalisch wirkende Gallensäften zugeführt, somit dessen saurer pH abgepuffert. Die gesamte Dünndarmschleimhaut sezerniert zusätzlich eine Flüssigkeit mit hohem Hydrogencarbonatanteil, was die aktive Tätigkeit der im Dickdarm ansässigen Mikroorganismen begünstigt (48).

### **Duodenum**

Das ca. 10 – 12 cm lange, s-förmige, rosafarbene Duodenum gliedert sich analog zu anderen Säugetieren in die Anteile Pars cranialis, Pars descendens, Pars transversa und Pars ascendens (25, 126). Die Pars cranialis liegt kranial und rechts des Pylorus. Ungefähr 5 mm distal des Magenausgangs mündet der Ductus choledochus auf der Papilla duodeni. Die Pars descendens befindet sich dorsal des Jejunum und ist ventral mit dem Colon ascendens verbunden. Im weiteren Verlauf kommt die Pars transversa rechts dorsal des Jejunums zu liegen, wiederum über die Plica duodenocolica in Kontakt mit der Spirale des Colon ascendens. Der letzte Teil des Duodenums, die Pars ascendens, verläuft von medial und dorsal des Colon ascendens zunächst nach kranial, dann nach kaudal und links, wo sie ungefähr auf Höhe des kaudalen rechten Nierenpols ins Jejunum übergeht (25). Der Ductus pancreaticus mündet ca. 8 – 10 cm distal des Pylorus nahe der Flexura duodenojejunalis in die Pars ascendens duodeni. Im Bereich zwischen Pars descendens, transversa und ascendens befindet sich der kaudale Teil der Bauchspeicheldrüse (25, 28).

### **Jejunum**

Das stark gewundene, bräunlich-rosafarbene Jejunum ist mit 95 - 130 cm der längste Abschnitt des Darms. Es liegt größtenteils ventral des Duodenums und kaudodorsal

des Magens in der rechten mittleren und hinteren Bauchgegend und ist an seinem langen Gekröse girlandenartig aufgehängt (25, 48, 126).

### **Ileum**

Dieser letzte Abschnitt des Intestinum tenue ist mit 2 – 10 cm relativ kurz. Es liegt dorsal, durch die Plica ileocaecalis in engem Kontakt mit dem Caecum, in das es durch die Valva ileocaecalis auf der Papilla ileocaecalis, 5 mm links des Ostium caecocolicum, an dessen Curvatura minor mündet (25, 126).

### **2.4.2.3 Intestinum crassum**

Der Dickdarm misst ca. 85 - 95 cm in der Länge. Auch dieser Teil des Verdauungsapparates weist die typische Unterteilung in Caecum, Colon und Rectum auf. Der Hauptteil der Verdauungsprozesse, in erster Linie der Zelluloseaufschluss, findet in Caecum und Colon statt (25, 48, 126).

### **Caecum**

Das sehr voluminöse, hufeisenförmige, ca. 15 – 20 cm lange Caecum gliedert sich in Caput, Corpus und Apex caeci (43, 48, 107, 126, 127). Der Blinddarmkopf liegt dabei ventral in der linken Lendengegend (126), während sich Corpus und Apex caeci bei Betrachtung von dorsal entgegen dem Uhrzeigersinn über die Mediane auf die rechte Körperseite krümmen (25). Das dünnwandige Organ füllt bis zu einem Drittel der Bauchhöhle aus. Außerdem werden eine Curvatura minor und eine Curvatura major unterschieden (48, 107, 113, 126); letztere ist im Bereich des Corpus caeci über die Plica caecocolica mit dem Colon verbunden (127). Zusätzlich sind drei Bandstreifen (Taenia dorsalis, ventralis und medialis entlang der Curvatura minor) ausgebildet, was zahlreiche sackförmige Ausbuchtungen, die Haustra caeci, hervorbringt (25, 107, 113, 126, 127). Mit dem Ostium caecocolicum mündet das Caecum ins Colon (127).

### **Colon**

Das dunkelgrün gefärbte Colon weist eine Länge von ca. 70 – 75 cm auf (25, 126). Sein erster Abschnitt, das Colon ascendens, beginnt am Ostium caecocolicum und zieht zunächst kranial entlang der Curvatura major des Caecums, verbunden mit diesem durch die Plica caecocolica. Anschließend krümmt es sich nach kaudal in einer engen Spirale (Ansa spiralis coli) mit je zwei zentripetalen und zentrifugalen Windungen und setzt sich danach weiter nach kranial bis direkt kaudal der Leber fort. Dabei können am perlschnurartigen Aussehen bereits erste Kotbällchen erkannt werden.

## Literaturübersicht

Der nächste Abschnitt ist das Colon transversum, welches nach links und dorsal zieht und dabei das proximale Duodenum kreuzt. Es legt sich im linken Teil der Bauchhöhle in mehrere Windungen und geht schließlich in den letzten Teil des Colons, das Colon descendens, über. Dieses setzt sich als relativ gerade verlaufender Abschnitt nach kaudal und medial fort, wo es schließlich ins Rectum mündet (25, 45, 126, 127).

### Rectum

Das nur wenige Zentimeter lange, gerade verlaufende Rectum bildet den letzten Abschnitt des Dickdarms und mündet in den ca. 5 mm langen Canalis analis (25).

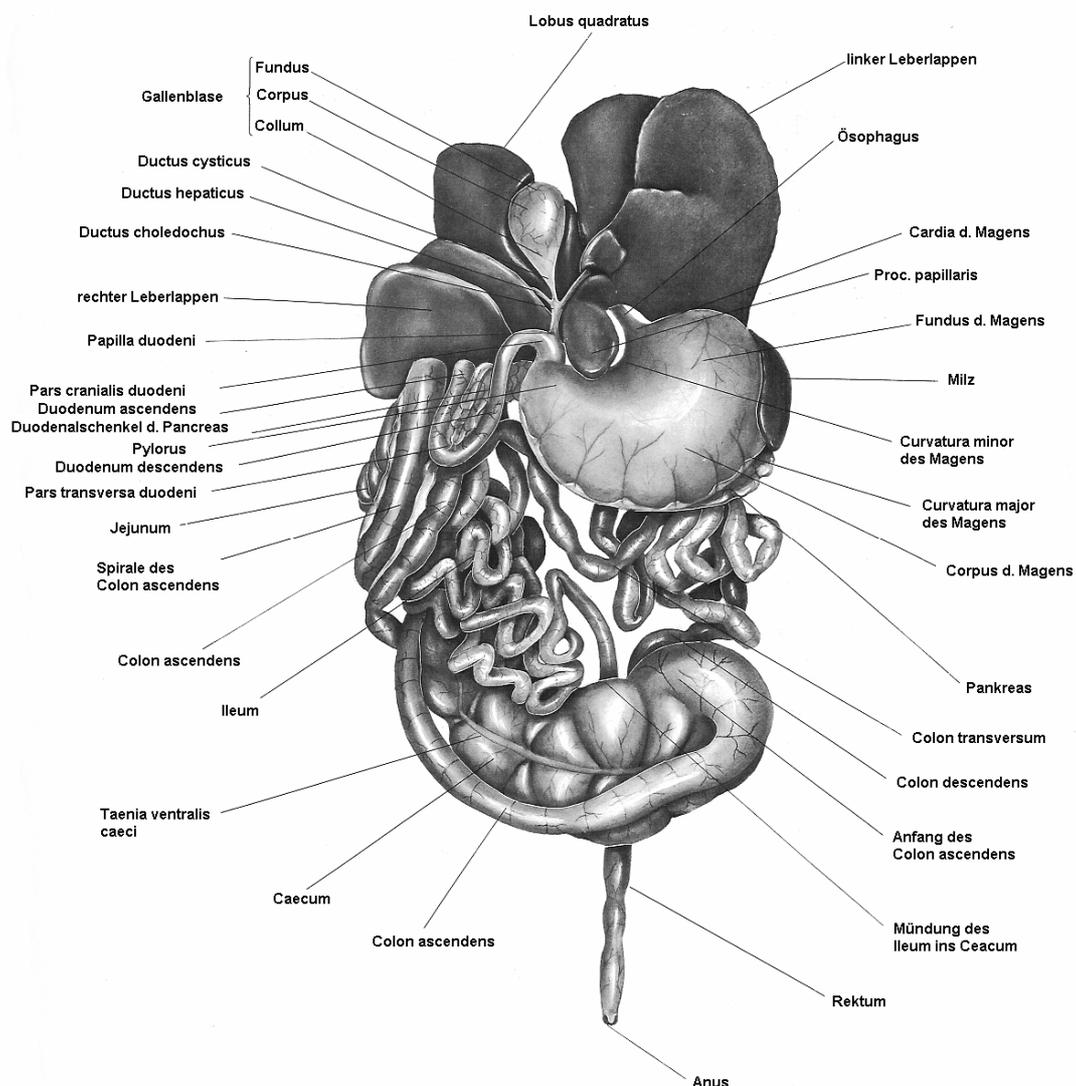


Abb. 2: Gastrointestinaltrakt, Ventralansicht (nach 25)

### 2.4.2.4 Anmerkungen zur Physiologie der Verdauung

Meerschweinchen verbringen einen großen Teil des Tages mit Fressen. Über 24 Stunden nehmen sie bis zu 100 kleine Mahlzeiten zu sich (48, 113, 138). Dabei sollte die Ration zu mindestens 15% aus Rohfaser bestehen (48, 58, 75, 138), da sie sonst anfangen, Haare, Teppichfasern o.ä. aufzunehmen, was zu Durchfällen bzw. Bildung von Bezoaren führen kann (8, 32, 42, 138). Dem mikrobiellen Zelluloseaufschluss kommt also beim Meerschweinchen als streng herbivorem Tier besondere Bedeutung zu (32, 43, 48). Diese Prozesse finden vor allem im großen Caecum, der Gärkammer des Verdauungstraktes, das bis zu 65% des gesamten Gastrointestinalinhaltes fassen kann (3, 70, 113, 138), und im Anfangsabschnitt des Colons statt. Hauptsächlich daran beteiligt ist die nahezu ausschließlich grampositive Darmflora bestehend aus Bifidobakterien, Laktobazillen und *Bacillus* spp. (32, 43, 48, 68, 113). Gramnegative Bakterien wie *E. coli* und Clostridien fehlen oder sind nur in äußerst geringen Mengen vorhanden (3, 138), weshalb ihre Anwesenheit bei bakteriologischen Kotuntersuchungen diagnostisch aussagekräftig ist (132). Eine Vermehrung coliformer Keime, z.B. bei Anwendung von Antibiotika mit überwiegend grampositivem Wirkspektrum, würde durch Endotoxinresorption zum Schock oder gar zum Tod des Tieres führen (8, 68, 73, 75, 137, 138). Über den enterohepatischen  $\text{NH}_3$ -Kreislauf gelangt Harnstoff durch Diffusion ins Caecum (48, 58), wo er von Ureasebildnern in Ammoniak und  $\text{CO}_2$  gespalten wird. Während das  $\text{CO}_2$  abgeatmet wird, steht das Ammoniak den Darmbakterien als Stickstoffquelle für die Synthese von Aminosäuren zur Verfügung (43, 48). Die Mikroorganismen des Darms spalten nun noch vorhandene Kohlenhydrate und schließen die Zellulose auf, das Resultat sind flüchtige, organische Säuren (Essig-, Propion- und Buttersäure), die der Energieversorgung der Dickdarmschleimhaut dienen (32, 43, 48, 138). Außerdem wird ein saures Milieu (pH 4,5 – 6,8) geschaffen, was wiederum die Ansiedlung gramnegativer coliformer Keime verhindert (48). Ein weiterer wichtiger Punkt ist die mikrobielle Synthese von Vitamin B und K. Diese können jedoch nicht sofort aufgenommen werden, sondern werden periodisch mit dem Blinddarmkot (Caecotrophe) ausgeschieden, den die Tiere unmittelbar vom Anus wieder fressen (32, 48, 113, 138). Diese spezielle Kotform ist etwas heller und weicher als der normale Kot, sowie mit einer Muzinschicht überzogen, die Schutz vor der Magensäure bietet (32, 48). Neben Vitaminen enthält die Caecotrophe auch Eiweiß und Bakterien zur Erneuerung der Darmflora (48, 138). Meerschweinchen haben somit die Möglichkeit entwickelt, sich trotz ihrer kargen Nahrung

mit wichtigen Nährstoffen selbst zu versorgen. Dagegen ist mit dem Verlust der L-Gulonolactonoxidase auch der Synthesemechanismus für Vitamin C verloren gegangen. *Cavia aperea* f. *porcellus* ist demzufolge auf eine exogene Zufuhr angewiesen (43, 61, 75, 138). Die gesamte Passagedauer der Nahrung durch den Gastrointestinaltrakt dauert zwischen 4 – 5 Stunden und mehreren Tagen aufgrund der Caecotrophie. Die Durchschnittsangaben schwanken zwischen 13 – 30 Stunden bzw.  $66,2 \pm 3,7$  Stunden (48, 113).

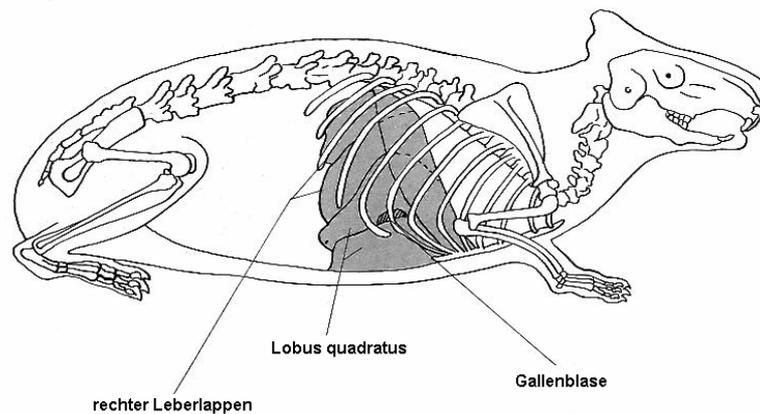
### 2.4.2.5 Darmanhangsdrüsen

#### Leber und Gallenblase

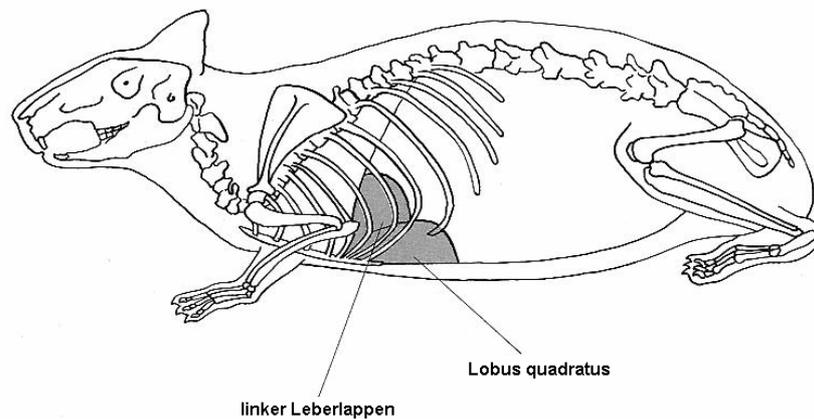
Die Leber des Meerschweinchens liegt zu größeren Teilen rechts im intrathorakalen Teil der Bauchhöhle kaudal dem Zwerchfell an (Abb. 3 und Abb. 4). Das dunkelrotbraune Organ besitzt eine konvexe Facies diaphragmatica und eine konkave Facies visceralis, welche links vom Magen und rechts von den Darmschlingen begrenzt wird. Tiefe Einschnitte bedingen eine deutliche Lappung der Leber (25, 48). Hinsichtlich der Nomenklatur der Leberlappen herrscht in der Literatur Uneinigkeit. Rubarth (116) unterscheidet zwei Hauptteile, wobei jeder aus einem Haupt- und einem akzessorischen Lappen besteht, sowie einen Lobus caudatus und einen Processus papillaris. Quesenberry et al. (107) beschreiben einen Lobus hepatis dexter, medialis, sinister lateralis und medialis, caudatus und quadratus. Bei Cooper, Schiller (25) wiederum findet sich ein Lobus quadratus mit einem rechten und linken Anteil, ein einheitlicher Lobus hepatis sinister, ein Lobus hepatis dexter lateralis und medialis, sowie ein Lobus caudatus mit einem Processus caudatus und papillaris. Laut dieser Beschreibung ist der Lobus quadratus der größte Leberlappen. Er liegt in der Medianen, weiter ventral als die anderen Lappen und teilt sich in einen rechten und linken Sublobus, getrennt durch die Fissura lig. teretis. Am rechten Sublobus befindet sich die Fossa vesicae felleae. Der Lobus hepatis sinister ist rechteckig in der Form, liegt links der Medianen und besitzt eine tiefe Einbuchtung auf seiner Viszeralfläche, die den Magen beherbergt. Der in einen lateralen und einen medialen Sublobus unterteilte Lobus hepatis dexter ist eher oval und rechts der Medianen gelegen. Laterodorsal am Lobus hepatis dexter lateralis ist die Impressio renalis für die rechte Niere ausgebildet. Der kleinste Lappen ist der Lobus caudatus, an dem ein Processus caudatus (nach rechts gerichtet) und ein Processus papillaris (nach links gerichtet), verbunden durch einen Isthmus, unterschieden werden können. Der Lobus caudatus

## Literaturübersicht

liegt dorsomedial in engem Kontakt mit der Curvatura minor und Incisura angularis des Magens. Die dünnwandige, ovale Gallenblase besitzt etwa die Größe einer kleinen Kirsche (48). Nach der Beschreibung von Cooper, Schiller (25) und Göbel, Ewringmann (43) ist sie in die Fossa vesicae felleae des Lobus quadratus eingebettet. Es werden ein Fundus, ein Corpus und ein Collum unterschieden, aus dem der Ductus cysticus entspringt und zur Leberpforte zieht. Dort mündet der Ductus hepaticus communis und bildet mit dem Ductus cysticus den Ductus choledochus, der anschließend weiter zu seiner Mündung im Duodenum verläuft.



**Abb. 3: Leber in situ, Ansicht von rechts (nach 25)**



**Abb. 4: Leber in situ, Ansicht von links (nach 25)**

## Pankreas

Die Bauchspeicheldrüse des Meerschweinchens ist länglich, flach und V-förmig gelappt (25). Ihre Abmessungen betragen ca. 8 x 1 x 0,5 cm (28). Sie liegt in der kranialen Hälfte der Bauchhöhle kaudal des Magens und besteht aus einem Lobus pancreatis cranialis und einem Lobus pancreatis caudalis, die sich zum Corpus

pancreatis vereinigen. Der kaudale Lappen liegt entlang der longitudinalen Achse der Milz. Der längere Lobus cranialis verläuft im dorsalen Blatt des Omentum majus und endet an der Krümmung des Duodenums. Der Lobus caudalis verläuft im Omentum entlang der Curvatura major des Magens. Der Ausführungsgang der Bauchspeicheldrüse, der Ductus pancreaticus, mündet im Duodenum ascendens, ca. 7 cm vom Gallengang entfernt. Einen Ductus pancreaticus accessorius besitzt das Meerschweinchen nicht (25).

### **2.4.3 Milz**

Die im Querschnitt dreieckige und ca. 2,5-3 x 0,8-1 x 0,3-0,4 cm große Milz (24, 48) befindet sich im kranialen Teil der Bauchhöhle auf der linken Seite kaudal des Zwerchfells. Sie liegt lateral der Curvatura major des Magens und kraniallateral und ventral der linken Niere (25). Verbindungen bestehen über das Ligamentum gastrolienale zum Magen sowie über das schmale Ligamentum phrenicolienale zum Zwerchfell (24).

### **2.4.4 Nebennieren**

Die paarigen ovalen Nebennieren befinden sich beiderseits am kranio-medialen Pol der Nieren (Abb. 5) (25). Die etwas länglichere und schwerere (81) linke Nebenniere besitzt eine konkave Dorsalfläche, über die Hilusgefäße der Niere ziehen. Sie liegt in der Nachbarschaft von Milz, Ligamentum gastrolienale und Pancreas. Die dorso-laterale Fläche schmiegt sich dem kranioventralen Rand der Niere an, mit ihrer Medialfläche berührt sie den linken Zwerchfellspfeiler. Die rechte, etwas weiter kranial gelegene Nebenniere passt sich mit ihrer konkaven Form der kranio-medialfläche der rechten Niere an, steht im Gegensatz zur linken Nebenniere jedoch nicht in Kontakt mit den Nierengefäßen. Ventral grenzt die rechte Nebenniere an die Leber und kranial an den rechten Zwerchfellspfeiler (25).

## Literaturübersicht

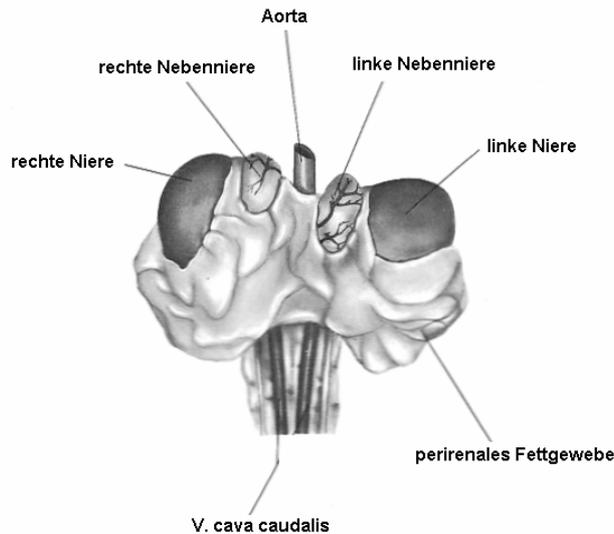


Abb. 5: Situs Nebennieren (nach 25)

### 2.4.5 Harnorgane

#### Nieren

Die dunkelbraunroten, bohnenförmigen Nieren befinden sich retroperitoneal beiderseits der Wirbelsäule im kranialen Abdomen, hochdorsal in Fettgewebe eingebettet (25, 43, 48, 109). Mit der flachen Dorsalfläche liegen sie der dorsalen Bauchwand fest an, die leicht konvexe Ventralfläche ist mit Bauchfell überzogen. Die laterale Kante ist abgerundet und konvex, die mediale dagegen schärfer, konkav und zur Mitte hin zum Hilus vertieft (109). Die rechte Niere befindet sich etwas weiter kranial als die linke: erstere reicht ungefähr vom 12. Interkostalraum bis zum 2. oder 3. Lendenwirbel, letztere von der 13. Rippe bis zum 3. oder 4. Lendenwirbel (25, 48, 109, 113). Die rechte Niere grenzt kranial an den Lobus hepatis dexter lateralis mit seiner Impressio renalis. Man unterscheidet Nierenrinde und Nierenmark. Die längliche Papilla renalis mündet in das trichterförmige Pelvis renalis (25, 48, 109).

#### Ureteren

Die Harnleiter entspringen aus dem Nierenbecken, verlaufen retroperitoneal neben der Aorta in einer von der Lendenmuskulatur gebildeten Furche kaudoventral und medial und münden dicht nebeneinander mit schlitzförmigen Öffnungen auf der Dorsalfläche der Harnblase (25, 48, 109). Sie messen ca. 80 mm in der Länge und durchschnittlich 2 mm im Durchmesser (25, 43).

### **Harnblase**

Die birnenförmige, dünnwandige Harnblase ist je nach Füllungszustand erbsen- bis kirschgroß (25, 48, 109). Bei geringer Füllung liegt sie gänzlich im Becken, kann sich jedoch über die Beckensymphyse hinaus ausdehnen (25, 43). Unterschieden werden von kranial nach kaudal Apex, Corpus und Cervix vesicae. Dorsal der Harnblase verläuft das Colon descendens sowie beim männlichen Tier die Ductus deferentes bzw. Uterus und Zervix beim weiblichen Tier (25). Der Urin des Meerschweinchens ist physiologischerweise gelblich trüb, der pH ist alkalisch (ca. 8 – 9) und er enthält zahlreiche Kristalle, vor allem Calciumcarbonat und Ammoniumphosphat (43, 107, 113).

### **Urethra**

Die Harnröhre wird im Zusammenhang mit den Geschlechtsorganen erörtert.

## **2.4.6 Männliche Geschlechtsorgane**

Die Geschlechtsbestimmung anhand der Adspektion des äußeren Genitales ist beim Meerschweinchen in jedem Alter möglich (48, 61, 107). Beim Bock lässt sich der Penis aus dem deutlich ausgeprägten Präputium leicht durch sanften Druck auf die kaudale Bauchregion ausschachten. Der Abstand zwischen Anal- und Genitalöffnung ist beim männlichen Tier größer als beim weiblichen. Möglicherweise ist ein flacher Spalt zwischen Anus und Präputium sichtbar, wo die beiden Skrotaltaschen aneinander stoßen. Bei adulten Tieren sind außerdem die Hoden gut zu fühlen. Im Folgenden werden nun auch die äußerlich nicht sichtbaren Strukturen näher erläutert.

### **2.4.6.1 Hoden und Nebenhoden**

Die Hoden des Meerschweinchens stellen zwei walzenförmige, leicht gekrümmte Organe rechts und links neben der Präputialtasche und des Anus dar (48, 59). Embryonal werden sie unweit der Nieren angelegt und wandern dann allmählich durch den Leistenkanal bis in die nur schwach vorgewölbten Skrotaltaschen, zwei Ausbuchtungen der kaudoveralen Abdominalwand (25, 32, 43, 48). Da der Leistenkanal sehr weit und lebenslang offen ist, können die Hoden auch bei adulten Tieren zeitweilig in die Abdominalhöhle zurückgezogen werden (3, 43, 48, 58, 113, 138). Die kraniokaudal ausgerichteten Organe messen ca. 25 mm in der Länge und 15 mm in der Breite (25). Der Nebenhoden ist, wie bei anderen Tierarten, in ein Caput, ein Corpus und eine Cauda epididymidis unterteilt. Dabei kommt der größte Anteil des Nebenhodens, der Nebenhodenkopf, kranial des Hodens zu liegen. Der

Körper verläuft entlang des medialen Randes des Hodens in Richtung kaudal. Der Nebenhodenschwanz befindet sich fest angeschmiegt am kaudalen Hodenpol (25, 59). Hoden und Nebenhodenkopf werden kranial von einem mächtigen Fettkörper (Corpus adiposum testis) kappenartig umfasst. (32, 43, 48, 138).

### **2.4.6.2 Samenleiter**

Vom Nebenhodenkopf aus ziehen Ductus epididymides in Richtung Nebenhodenschwanz, wo sie sich zum Ductus deferens vereinigen. Dieser ist ca. 40 – 60 mm lang, verläuft zunächst dorsomedial entlang des Hodens, passiert den Leistenkanal, beschreibt eine langgezogene Schleife in der Bauchhöhle und zieht schließlich dorsal der Harnblase und ventral der Ureteren zum Beckenstück der Harnröhre, wo er gemeinsam mit den akzessorischen Geschlechtsdrüsen mündet (25, 48, 59).

### **2.4.6.3 Akzessorische Geschlechtsdrüsen**

#### **Glandulae vesiculares**

Von manchen Autoren auch Vesiculae seminales genannt, sind die paarigen Samenblasendrüsen die größten der akzessorischen Geschlechtsdrüsen (25, 48). Es handelt sich um ca. 10 cm lange und 6 – 9 mm dicke, schlauchförmige, gewundene, blind endende Strukturen, die kraniodorsal von Harnblase und Ductus deferentes liegen (Abb. 6) und direkt dorsokaudal von diesen in die Urethra münden (25, 43, 107, 113). Aufgrund ihrer Größe reichen sie in die Abdominalhöhle (32, 107). Ihr Sekret ist an der Bildung des nach der Begattung die Vagina verschließenden Pfropfes beteiligt (25, 43, 48, 136).

#### **Glandulae coagulationae**

Diese paarigen Drüsen sind pyramidenförmig, gelappt und bräunlich-rosa gefärbt. Sie liegen dorsolateral, in engem Kontakt mit den Samenblasendrüsen, kraniodorsal des dorsalen Lappens der Prostata, sowie kaudal der Harnblase und lateral der Urethra (Abb. 6). Jede der beiden Drüsen besitzt einen Ausführungsgang, der auf dem Colliculus seminalis in die Urethra mündet. Das Sekret bildet den Hauptbestandteil des Vaginalpfropfes nach der Begattung (25, 43, 136).

#### **Prostata**

Die paarige Prostata des Meerschweinchenbockes besteht aus je einem Lobus dorsalis und einem Lobus ventralis, welche durch den dorsal gelegenen Isthmus prostatae verbunden sind. Die Drüsen liegen kaudomedial der Gll. coagulationae und

lateral der Basis der Samenblasendrüsen und der Ductus deferentes (Abb. 6). Der Isthmus bedeckt dorsal die Ausführungsgänge der Gll. vesiculares, die Samenleiter und die Gll. coagulationae. Die Ausführungsgänge der Prostata (je ein Gang aus den ventralen und mehrere aus den dorsalen Lappen) münden am Colliculus seminalis in die Urethra (25, 43, 48).

### Glandulae bulbourethrales

Die Harnröhrenzwiebeldrüsen sind ebenfalls paarig angelegt, bräunlich-gelb, oval und gelappt. Sie liegen weiter kaudal als die anderen akzessorischen Geschlechtsdrüsen, ungefähr auf Höhe des kaudalen Randes der Beckensymphyse und ventrolateral des Rektums (Abb. 6). Jede der beiden Drüsen besitzt einen einzelnen Ausführungsgang, der am Übergang von Pars pelvina zur Pars spongiosa in die Urethra mündet (25).

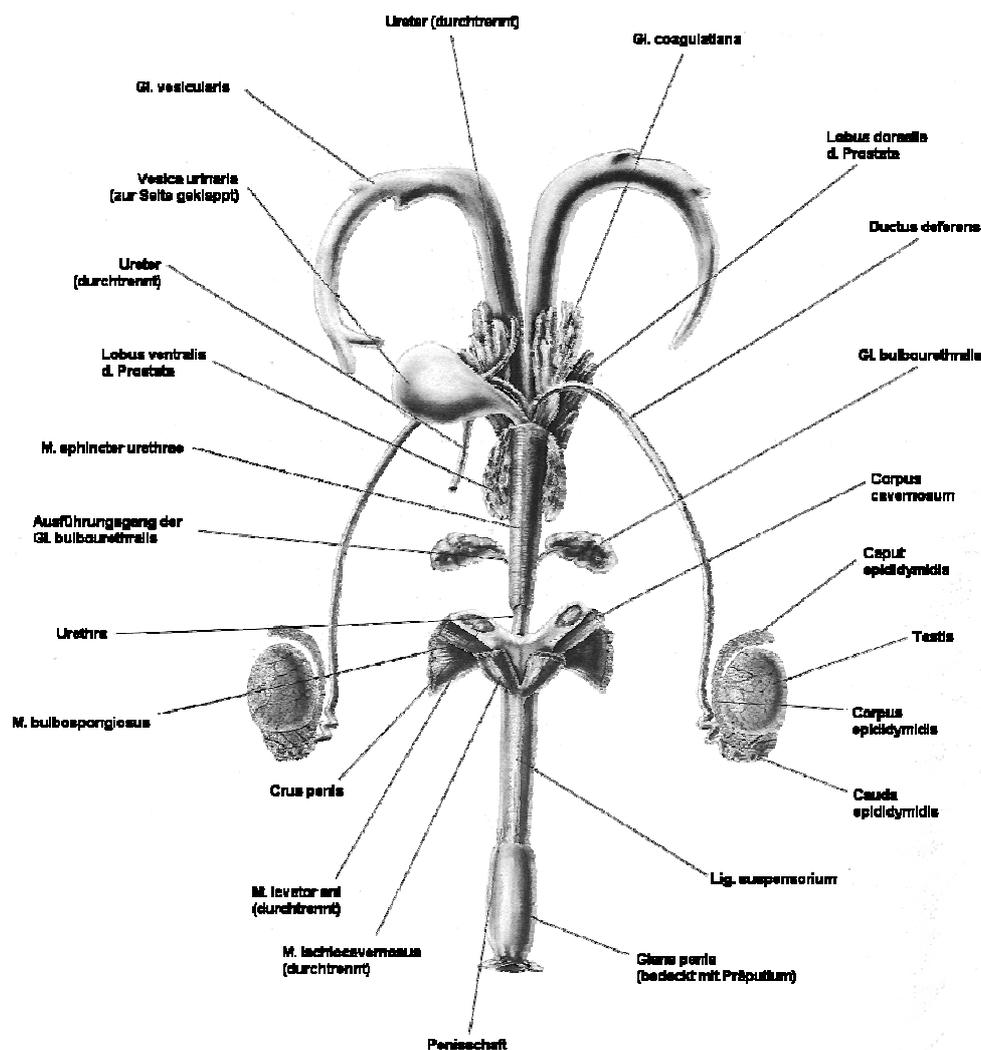


Abb. 6: Männlicher Geschlechtsapparat, Ventralansicht (nach 25)

#### **2.4.6.4 Urethra und Penis**

Die Urethra beim Bock gliedert sich in eine Pars pelvina und eine Pars spongiosa. Die Pars pelvina beginnt am Harnblasenhals und geht ungefähr auf Höhe des kaudalen Randes der Beckensymphyse in die Pars spongiosa über. Die Mündung der akzessorischen Geschlechtsdrüsen, der Colliculus seminalis, liegt etwa 5 mm kaudal des Harnblasenhalses (25). Der Penis des Meerschweinchens ist ca. 40 – 50 mm lang (43) und besitzt einen ungefähr 10 mm langen Penisknochen (48, 107, 138).

#### **2.4.7 Weibliche Geschlechtsorgane**

Die Adspektion der geschlechtstypischen Merkmale des weiblichen Meerschweinchens beginnt in der Perinealregion, die eine Y-förmige Vertiefung enthält (107, 113). Die beiden Äste des Y weisen nach kranial und umgeben die Urethramündung. In der Mitte befindet sich die Vaginalöffnung, am kaudalen Ende der Anus (61, 107, 113). Männliche und weibliche Meerschweinchen besitzen in der Inguinalregion ein Zitzenpaar, Milchdrüsen sind jedoch nur bei weiblichen Tieren ausgebildet (4, 25, 48).

##### **2.4.7.1 Ovarien und Eileiter**

Die gelblich-weißen, längsovalen, leicht dorsoventral abgeflachten und in der Bursa ovarica am kaudalen Nierenpol gelegenen Ovarien sind ca. 3 – 6 x 2 – 4 x 2 – 3 mm groß (25, 43, 48, 104). Es können eine Facies medialis und lateralis sowie eine Extremitas tubaria und uterina unterschieden werden (25). Blutgefäße und Nerven ziehen von dem kaudal angehefteten kurzen Mesovarium zum Hilus ovarii am medialen Rand des Organs (25, 104). Der Eileiter verläuft hauptsächlich lateral in der Bursa ovarica zum gleichseitigen Ende des Uterushorns (25), wo er etwas exzentrisch mündet (104). Nach Cooper, Schiller ist er ca. 50 – 60 mm (25), laut Preisseecker ca. 6 mm lang und bis 1 mm dick (104). Auffallend ist das große Infundibulum, welches etwas seitlich und unterhalb des Ovars liegt (104).

##### **2.4.7.2 Uterus**

Das Meerschweinchen besitzt einen Uterus bicornis, der sich im dorsalen Teil der Bauchhöhle benachbart zum Caecum und anderen Anteilen des Intestinaltraktes sowie zur Harnblase befindet (25, 32, 43). Die beiden Hörner sind 30 – 50 mm lang, beim nichtträchtigen Tier ca. 5 mm im Durchmesser und verlaufen zwischen Eileiter und Corpus uteri (19, 25, 48, 104). Dabei liegen sie im kaudalen Bereich auf einer Länge von ca. 10 mm parallel, verbunden durch das Ligamentum intercornuale. Die

Hörner vereinigen sich nun äußerlich zum kurzen Corpus uteri, innen jedoch bleibt die Trennung durch ein muskulöses Septum, das Velum uteri, bis kurz vor der Zervix erhalten. Diese ist mit 4 – 5 mm ebenfalls kurz, befindet sich ventral des Colon descendens und ist häufig mit der dorsalen Harnblasenwand verwachsen. Die Aufhängung der Gebärmutter in der Bauchhöhle wird durch das fettreiche Mesometrium gewährleistet (25, 32, 104).

### **2.4.7.3 Vagina**

Die Vagina des Meerschweinchens liegt zwischen Cervix uteri und Vulva und ist 30 – 40 mm lang, bis 6 mm weit und durch im darüberliegenden Rektum befindliche Kotballen dorsoventral abgeflacht (25, 48, 104). Sie endet mit dem Ostium vaginae, welches außer im Östrus und der Geburt durch eine epitheliale Membran verschlossen ist, die durch Verkleben zweier Schleimhautleisten zustande kommt (43, 48, 107, 113, 138). Laut Cooper, Schiller (25) kann die Vagina auch zwischen dem 20. und 35. Tag der Trächtigkeit physiologischerweise geöffnet sein.

### **2.4.7.4 Urethra**

Die Harnröhre ist beim Meerschweinchen-Weibchen ein ca. 20 mm langer und 2 – 3 mm dicker, gerader Kanal zwischen Harnblase und Ostium urethrae (25). Die Mündung der Urethra erfolgt extravaginal, kranial der Klitoris (25, 43, 61, 104).

### **2.4.7.5 Anmerkungen zur Fortpflanzung des Meerschweinchens**

Junge Meerschweinchenböcke werden ungefähr im Alter von 6 bis 10 Wochen geschlechtsreif, jedoch wird auch schon von früheren erfolgreichen Begattungen berichtet (48, 136). Die Weibchen kommen das erste Mal mit ca. 4 bis 6 Lebenswochen in die Brunst (48, 136). Trotzdem empfiehlt es sich, Böcke erst mit 2,5 bis 6 Monaten decken zu lassen (48, 58, 61). Weibchen sollten erst mit 3 bis 5 Monaten belegt werden, spätestens aber mit 11 Monaten, da es sonst durch Verschluss der Beckensymphyse zu Geburtsschwierigkeiten kommen kann (3, 32, 61, 113). Meerschweinchen zeigen einen polyöstrischen Vermehrungszyklus, in freier Wildbahn mit einer Ruhepause im Winter (32, 43, 48, 58, 74, 107). Die Zykluslänge wird in der Literatur mit 13 – 21 Tagen, meist 15 – 19 Tagen angegeben (25, 32, 43, 61, 107, 113, 136), wobei vier Phasen unterschieden werden. Der Proöstrus dauert ca. 1 bis 1 ½ Tage (maximal 4 Tage) und äußert sich in beginnender Vulvaschwellung sowie einer Vorwölbung der die Vagina verschließenden epithelialen Membran durch Ansammlung von Scheidensekret (25, 48, 104). Im Östrus schwillt das äußere Genitale weiter an,

die Vaginalmembran reißt ein und gibt den Weg in die Scheide frei. Weitere Anzeichen sind Lordose, Nervosität, Unruhe und Wühlen in der Einstreu. Mit 24 bis maximal 50 Stunden und einer Hochbrunst von 8 – 12 Stunden ist der Östrus die kürzeste Phase des Zyklus (4, 32, 43, 48, 61, 74, 113, 121, 136, 138). Die Ovulation erfolgt spontan ca. 10 Stunden nach Beginn der Brunst (43, 48, 74, 107, 113, 136). Die beiden anschließenden Phasen, Metöstrus und Diöstrus, haben eine Dauer von 2 ½ - 3 (1 ½ - 5) Tagen bzw. 14 ½ - 18 Tagen; während dieser Zeit und des folgenden Proöstrus bleibt die Scheide nach Neubildung der epithelialen Membran wieder verschlossen (48). Kommt es während der Brunst zur Paarung, bildet sich in der Vagina ein Schleimpfropf aus den Sekreten der Gll. vesiculares und coagulationae, der die Scheide für mehrere Stunden bis zwei Tage verschließt und dann herausfällt (25, 43, 48, 61, 95, 113, 136). Anschließend formt sich die Vaginalmembran neu und bleibt bis zum Ende der Trächtigkeit bestehen. Die Befruchtung findet im Eileiter ca. 3 – 8 Stunden nach der Ovulation statt, obwohl die Eizelle ca. 20 Stunden befruchtungsfähig bleibt. Nach 3 – 3 ½ Tagen post coitum können Blastozysten im Uterus nachgewiesen werden, die Implantation erfolgt antimesometrial am 6. – 7. Tag (114). Die Tragzeit ist bei *Cavia aperea* f. porcellus mit 58 – 72, im Durchschnitt 63 – 68, Tagen relativ lang. Sie wird jedoch maßgeblich durch die Anzahl der Jungtiere beeinflusst: bei großen Würfen ist die Trächtigkeitsdauer kürzer als bei kleinen (3, 25, 32, 43, 48, 74, 113, 136, 139). Die Versorgung der Embryonen und Feten im Uterus wird durch eine discoide, labyrinthische, hämomonochoriale Plazenta mit für hystricomorphe Nager charakteristischer Subplazenta und Gegenstrom-Prinzip gewährleistet (79, 89). Die Hauptplazenta besteht aus mehreren Lappen, dazwischen befindet sich interlobuläres Synzytium. Unter der eigentlichen Plazenta, getrennt durch eine Schicht fetalen Mesenchyms, liegt die Subplazenta, deren Funktion bis heute ungeklärt ist (89). Ab der 4. – 5. Woche der Trächtigkeit kann diese palpatorisch einigermaßen sicher diagnostiziert werden (4, 48, 61, 74, 95, 113). Ab der 6. Trächtigkeitswoche lassen sich Skelettanteile der Jungtiere im Röntgenbild darstellen (113). Des weiteren nehmen trächtige Weibchen schnell an Gewicht zu (z.T. verdoppelt sich das Gewicht), spätestens 2 Wochen vor der Geburt ist das Abdomen stark umfangsvermehrt (3, 48, 95, 113). Eine Besonderheit betrifft die Symphysis pelvis, deren Ausbildung alters- und geschlechtsspezifisch unterschiedlich ausgeprägt ist. Beim Jungtier ist eine Synchronrose, beim älteren männlichen Tier eine Synostose, beim nichtträchtigen Weibchen eine Syndesmose zu finden (43). Beim trächtigen

## Literaturübersicht

Weibchen beginnt sich ein bis zwei Wochen ante partum die Beckensymphyse unter Relaxineinfluss zu einem breiten Band zu weiten. Kurz vor der Geburt können die Schambeine bis zu 2 cm auseinanderweichen, also so weit, dass ein Finger bequem dazwischen passt (Daumenprobe). Zusätzlich lockert sich die Kreuz-Darmbein-Verbindung, was eine passive Beweglichkeit ermöglicht (43, 48, 138). Die Geburt kann zu jeder Tageszeit erfolgen, häufig jedoch nachts (48). Die Muttertiere zeigen weder Unruhe noch Nestbauverhalten (3, 43, 48, 61). Sie verbleiben in hockender Stellung mit leicht gespreizten Hinterbeinen und bringen im Verlauf von 10 – 30 Minuten meist 2 – 4 Junge zur Welt, jeweils mit 3 – 7 Minuten zwischen den einzelnen Feten, die sie aus den Eihäuten befreien (4, 43, 106, 138). Erstgebärende haben oft nur 1 – 2 Junge, während die Anzahl mit zunehmendem Alter der Elterntiere ansteigt (6 – 8 sind möglich) (43, 48). Die Jungtiere werden als Nestflüchter in weit entwickeltem Zustand geboren, vollständig behaart, mit offenen Augen und der Befähigung, sich bereits kurz nach der Geburt selbständig fortzubewegen und feste Nahrung aufzunehmen (3, 43, 48, 61, 74, 95, 143). Ein Zahnwechsel ist bei Meerschweinchen meist nicht zu beobachten, da dieser in der Regel bereits intrauterin abgeschlossen ist (43, 58). Nach Hamel (48) werden die Milchzähne zwischen dem 43. und 49. Tag der Trächtigkeit ausgebildet und bis zum 55. Tag wieder resorbiert. Nur sehr selten erfolgt der Zahnwechsel in den ersten Lebenstagen (138). Das Geburtsgewicht ist, wie die Länge der Trächtigkeit, abhängig von der Wurfgröße: je mehr Junge, desto geringer das Gewicht des einzelnen (74). Im Durchschnitt wiegen sie 80 – 90 g, bei kleinen Würfen bis 115, bei großen nur 50 g (17, 107, 136). Junge mit einem Gewicht von weniger als 50 g überleben meist nicht (3, 17, 61, 136). Kurze Zeit nach der Geburt wird das Muttertier wieder brünstig. Die Zeitangaben in der Literatur sind jedoch unterschiedlich und variieren von frühestens 1 ½ - 2 Stunden bis spätestens 15 – 48 Stunden post partum (3, 48, 61, 90, 107, 113, 136, 138). Das Weibchen kann in diesem Östrus erneut gedeckt werden. Somit sind bei sehr produktiven Meerschweinchen 4 – 5 Würfe pro Jahr möglich, der Durchschnitt liegt bei 3,7 (6, 48, 74, 121). Die Säugeperiode dauert ca. 3 - 4 Wochen oder bis die Jungen ein Gewicht von 150 – 180 g erreicht haben (3, 13, 43, 48, 61, 95, 107, 113, 139, 143).

## **2.5 Abdominale Sonographie bei Heimtieren**

Durch den Fortschritt in der Medizintechnik hin zu höherfrequenten Schallköpfen und das größere Angebot an erschwinglichen Geräten und fachbezogenen Aus- und Fortbildungsveranstaltungen gewann die Sonographie auch im Bereich der Veterinärmedizin in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Nicht zuletzt aufgrund ihrer einfachen und schnellen Durchführung, ihrer Reproduzierbarkeit und der Tatsache, dass sie als nicht invasives Verfahren in der Regel keine Anästhesie erfordert, gehört die Ultraschalluntersuchung bei Hund und Katze mittlerweile zu den Routineverfahren der bildgebenden Diagnostik. Sie findet neben der Echokardiographie ein breites Anwendungsgebiet in der Darstellung der Bauchhöhlenorgane mit ihren Erkrankungen und im Rahmen der Trächtigkeitsdiagnose und -überwachung. Vielfach wurde in Studien sogar ihre Überlegenheit gegenüber anderen diagnostischen Verfahren bewiesen. So zeigten beispielsweise Tyrrell und Beck (134), dass die Sonographie bei der Diagnose gastrointestinaler Fremdkörper eine höhere Aussagekraft als die Röntgenuntersuchung besitzt. Baez et al. (5) zeigten in ihrer Untersuchung der IBD der Katze eine bessere Übereinstimmung der histologischen Ergebnisse mit dem sonographischen als dem endoskopischen Befund.

Dank der stetigen Weiterentwicklung der Geräte (hochfrequente Sonden von kleiner Größe, gute Auflösung im Nahfeld etc.) kann dieses Verfahren nun auch bei kleineren Tieren erfolgreich angewendet werden. Gerade im Zusammenhang mit der stetig wachsenden Anzahl an kleinen Heimtieren, die in der tierärztlichen Praxis vorstellig werden, und der gesteigerten Erwartungshaltung ihrer Besitzer an die Behandlung stellt die Sonographie eine Bereicherung im diagnostischen Repertoire des Tierarztes dar. Im Folgenden wird die Anwendung bei den beliebtesten Heimtierspezies in Praxis und Forschung näher erläutert.

### **2.5.1 Ratte und Maus**

Ultraschalluntersuchungen bei Ratte und Maus werden vorwiegend zu Forschungszwecken durchgeführt. Da diese kleinen Nager leicht zu halten, züchten und handhaben sind, stellen sie beliebte Tierversuchsmodelle für die medizinische Wissenschaft dar. Vor allem im Bereich der Tumorforschung wurden zahlreiche Untersuchungen zu Tumorwachstum, Gefäßentwicklung und Therapiemonitoring durchgeführt. Dabei kam neben dem gängigen B-Bild-Verfahren zur Darstellung tu-

morbedingter Organveränderungen auch die Dopplersonographie zur Untersuchung der Tumorvaskularisation zum Einsatz.

Ein Beispiel hierfür liefert die Untersuchung von Ikinger et al. (55), die schon im Jahr 1983 die Möglichkeiten der Sonographie bei der Diagnose von experimentell induzierten Hodentumoren erkannten. Mai et al. (85) untersuchten 61 weibliche transgene Mäuse, um mittels hochfrequentem Ultraschall Hepatokarzinome zu diagnostizieren. Dazu wurden die Mäuse anästhesiert, die Leber einmal untersucht und die Tiere anschließend euthanasiert. Die Ergebnisse von Sonographie und Sektion wurden verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass Läsionen in der Leber bereits ab einer Größe von 2 mm nachweisbar waren. Für knotige Veränderungen ermittelten die Autoren für die transabdominale Sonographie eine Sensitivität von 75%, eine Spezifität von 100% und eine Genauigkeit von 88,5%, für fokale Prozesse lagen die Werte mit 60%, 97% bzw. 75,9% etwas niedriger. Kuriyama et al. (76) erzeugten Lebertumore bei Ratten mittels oraler Gabe von Thioacetamid und verfolgten deren Wachstum mittels Ultraschall. Sie stellten fest, dass die Sonographie eine hilfreiche Methode ist, Lebertumore zu erkennen und deren Entwicklung zu überwachen, ohne das Tier dafür töten zu müssen. Auch Bonnin et al. (16) kamen bei ihrer Studie an 12 transgenen Mäusen mit Hepatokarzinomen zu dem Schluss, dass die Sonographie ein sehr hilfreiches, nicht invasives und reproduzierbares Verfahren zur Überwachung des Tumorwachstums und der Neoangiogenese bei dieser Art von Neoplasie darstellt. Sie erzeugten Lebertumore bei den männlichen Tieren durch Expression des SV40-T Antigens, die weiblichen Tiere blieben tumorfrei und bildeten die Kontrollgruppe. Anschließend wurden die Tiere in regelmäßigen Abständen mittels Ultraschall untersucht. Anhand von Darstellungen im B-Bildverfahren wurde das Lebertumolvolumen errechnet, außerdem Blutflussgeschwindigkeiten in den Tumor versorgenden Gefäßen gemessen. Bereits in der 8. Woche (hyperplastisches Stadium) waren die Veränderungen sowohl im Lebertumolvolumen, als auch in den Blutflussgeschwindigkeiten eindeutig messbar. In der Studie von Fleischer et al. (37) wurde die Vaskularisierung von transplantierten Tumoren bei 20 Mäusen mit einem Farbdopplersystem zwei- und dreidimensional untersucht und mit dem histologischen Ergebnis verglichen. Dabei lieferte die dreidimensionale Farbdopplersonographie das bessere Ergebnis. Auch Delorme et al. (26) beschäftigten sich mit der Farbdoppler gestützten Darstellung kleiner Gefäße bei einem Tumor in einer Maus. Sie benutzten einen 7 MHz-Schallkopf, um den Durchmesser von Gefäßen im und um den Tumor

nach einer Kontrastmittelapplikation zu messen. Sie stellten fest, dass mit dieser Schallfrequenz nur Gefäße in der Tumorumgebung dargestellt werden konnten. Nach ihrer Schätzung können Gefäße mit einem Durchmesser von 80 – 140 µm oder mehr erkannt werden, solche mit einem Durchmesser von 40 µm oder weniger dagegen nicht. Doch dass sich nicht nur Lebertumore mit Ultraschall erfolgreich beobachten lassen, zeigten Nestler et al. (91) in ihrer Studie. Ratten wurden Gliomzellen intracerebral injiziert, anschließend nach Kraniektomie das Wachstum der Neoplasien mittels transkutaner Sonographie verfolgt. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass Ultraschall ein einfaches und verlässliches Instrument für häufige Beurteilung des Tumorwachstums und intravitales Monitoring ist.

Neben der Tumorforschung kommt die Sonographie auch in pädiatrischen Tiermodellen zum Einsatz. So konnten Berlin et al. (14) beispielsweise die Überlegenheit der Sonographie gegenüber der Röntgenuntersuchung bei der Diagnose der Dünndarmobstruktion in Ratten beweisen. Die Untersuchungen wurden mit einer 10 MHz Schallsonde durchgeführt und zeigten, dass Ultraschall das sensitivere und präzisere Verfahren ist. Außerdem wiesen die Autoren darauf hin, dass bei nichtdiagnostischen Röntgenaufnahmen Kontrastmitteluntersuchungen oder Computertomogramme erstellt werden müssten, welche nicht nur zeitaufwändig und teuer, sondern auch mit Strahlenbelastung und eventuell Sedation des pädiatrischen Patienten verbunden seien. Die Sonographie könnte daher eine vielversprechende alternative Untersuchungsmethode darstellen.

Ein wichtiges Anwendungsgebiet in der Forschung wie auch in der Heimtierpraxis ist die Sonographie des Urogenitaltraktes. Winters et al. (144) untersuchten 1997 sieben Tage alte Mäuse auf das Vorhandensein der autosomal rezessiv vererbten polyzystischen Nierenerkrankung. 2003 verwendeten Chang et al. (23) eine 14 MHz-Schallsonde, um Größe und Morphologie von 7,5 bis 18,5 Tage alten Mäuseembryonen im Mutterleib zu bestimmen, da oftmals Embryonen eines gewissen Alters benötigt würden und die rechnerische Methode zur Altersdetermination ungenau sei. Sie stellten fest, dass die Sonographie wegen ihrer schnellen, nicht-invasiven und keine Sedation erfordernden Durchführbarkeit und der hohen Genauigkeit ihrer Aussage eine geeignete Methode darstellt, das exakte Alter der Embryonen zu bestimmen. Die nicht invasive Feststellung der Trächtigkeit ist jedoch auch in der tierärztlichen Praxis von Bedeutung. Die frühestmögliche positive Diagnose konnte

mit einer 7,5 MHz-Sonde am Tag 8 der Trächtigkeit gestellt werden, der Herzschlag der Feten war am 14. Tag zu erkennen (30, 120).

### **2.5.2 Kaninchen**

Über die Sonographie bei Kaninchen wird in den letzten Jahren zunehmend berichtet. Meist handelt es sich um privat gehaltene Tiere, die in der tierärztlichen Praxis vorgestellt werden. Am häufigsten kommt der Ultraschall dabei zur Untersuchung der Harn- und Geschlechtsorgane zum Einsatz, die häufig Ursachen klinischer Symptome sind. In seiner Vortragszusammenfassung beschreibt Engelke (30) seine Erfahrungen mit der Untersuchung von Zwergkaninchen mittels 7,5 MHz-Schallkopf. Die Vorbereitung des Patienten (Schur, Alkohol- und Ultraschallgelapplikation) und der Untersuchungsgang waren analog zu Hund und Katze, die Lagerung erfolgte dagegen nicht in Rücken- oder Seitenlage, sondern in aufrechter Position oder „auf dem Schallkopf sitzend“. Probleme traten teilweise durch den geringen Füllungszustand der Harnblase, die ja einen wichtigen Orientierungspunkt bei der abdominalen Sonographie darstellt, sowie durch die Kleinheit der Patienten und die anatomischen Besonderheiten der Pflanzenfresser (großes Volumen des Gastrointestinaltraktes mit schallreflektierenden Gasansammlungen) auf. Dennoch ist laut dem Autor die Ultraschalluntersuchung eine sinnvolle Ergänzung zu Palpation und Röntgen, vor allem bei Veränderungen des Urinabsatzes und der Urinmorphologie aufgrund von Urolithiasis und Harnblasengrieß, bei palpablen Umfangsvermehrungen oder unklaren Röntgenbefunden, Veränderungen der Gebärmutter neoplastischer Art oder im Sinne des Hämometra-Pyometrakomplexes, sowie zur Feststellung der Trächtigkeit und deren Überwachung. Rappold (110) und Niebergall (93) gehen nach ihren Untersuchungen sogar davon aus, dass sich Erkrankungen der Harnblase mittels Sonographie besser darstellen lassen als mit anderen bildgebenden Verfahren. Beispielsweise könne zwischen Harngrieß und einem Stein unterschieden, die exakte Lokalisation und die Größe eines Konkrementes bestimmt und sekundäre Auswirkungen wie Ureterstau oder Hydronephrose erkannt werden. Auch bezüglich Veränderungen des Uterus, die beim Kaninchen relativ häufig vorkommen, ist die Sonographie der Röntgenuntersuchung überlegen, da das Ultraschallbild gewisse Rückschlüsse auf die Art der Erkrankung zulässt, das Röntgenbild jedoch nur eine Größenzunahme des Organs zeigt. Über die Anwendung der Sonographie zur Trächtigkeitsdiagnose berichteten Inaba et al. (57) bereits im Jahr 1986. Sie verwendeten eine 5 MHz-Schallsonde zur täglichen Untersuchung von 20 Kaninchen nach

der Paarung. Erste Anzeichen einer Trächtigkeit waren am 6. Tag zu erkennen, am 9. Tag erreichte die Genauigkeit der Diagnose 100%. Am Tag 12 waren Feten im Uterus nachweisbar, ab Tag 18 auch die Wirbelsäule und der Herzschlag. Außerdem konnte das Alter der Feten anhand des Uterusdurchmessers und die Wurfgröße mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  geschätzt werden. Scherer (120) konnte bei ihrer Studie mit einem 7,5 MHz-Schallkopf die Trächtigkeit schon am 8. Tag sicher diagnostizieren, den Herzschlag am Tag 13 darstellen. Auch sie kam zu dem Schluss, dass die Sonographie eine geeignete Methode ist, eine Trächtigkeit so früh wie möglich auf nicht invasive Weise zeitlich exakt zu bestimmen.

Doch nicht nur Veränderungen im Bereich der Harn- und Geschlechtsorgane sind Indikationen für eine Ultraschalluntersuchung. Auch zur Abklärung extragastrointestinaler Ursachen bei inappetenten Kaninchen bietet die Sonographie eine Alternative zu Palpation und Röntgen (51).

Neben der Anwendung in der tierärztlichen Praxis wird die Sonographie auch in der Forschung eingesetzt. Ackerman et al. (1) verglichen Ultraschall mit Angiographie und Ausscheidungsurographie bei induzierten Vx2 Nierenkarzinomen in Kaninchen. Sie erzeugten die Tumoren durch Injektion einer Tumorzellsuspension in die Nieren der Tiere und untersuchten sie in wöchentlichen Abständen mit einer 5 und 7,5 MHz-Schallsonde, wobei bei der Hälfte der untersuchten Kaninchen bereits eine Woche post injectionem der Tumor nachgewiesen werden konnte. Einige Tiere wurden zu den gleichen Zeitpunkten auch einer Angiographie und Ausscheidungsurographie unterzogen; dabei konnten die Veränderungen jedoch erst nach zwei Wochen diagnostiziert werden. Die Autoren schlossen daraus, dass in ihrer Studie die Sonographie im Vergleich zu den anderen beiden Methoden geeigneter zum Nachweis kleiner Läsionen ist und dass sie als nicht invasives Verfahren ein wertvolles Instrument bei vermuteter Nierentumorse darstellt.

### **2.5.3 Frettchen und Degu**

Vor allem bei mittelalten bis alten Frettchen sind endokrine Erkrankungen nicht selten. Die Diagnose kann in vielen Fällen durch eine Ultraschalluntersuchung gesichert werden. Insbesondere Veränderungen der Nebennieren des Frettchens lassen sich, ähnlich wie bei Hund und Katze, gut mittels Sonographie darstellen (7). Dies beschreiben u.a. Rosenthal et al. (115) im Jahr 1993. Sie untersuchten 39 Frettchen mit klinischen Symptomen eines Hyperadrenokortizismus (Vulvaschwellung, bilateral

symmetrische Alopezie des Rumpfes, Polydipsie und Polyurie) mit Ultraschall und fanden bei 19 von ihnen eine Umfangsvermehrung einer Nebenniere. Da die meisten Tiere weder übermäßig hohe Serumcortisol- und Corticosteronspiegel noch Auffälligkeiten im ACTH-Stimulationstest zeigten, empfehlen die Autoren die Diagnosestellung anhand der klinischen Symptomatik, der Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung oder der intraoperativen Erkennung vergrößerter Nebennieren. Neuwirth et al. (92) konnten dies in ihrer Studie an 7 Frettchen mit Nebennierentumor bestätigen. Sie fertigten von allen Tieren Röntgenaufnahmen an und untersuchten sie mit einer 7 MHz-Ultraschallsonde; von einem Tier wurde zusätzlich ein MRI erstellt. Während die Veränderungen (unilaterale Vergrößerung oder abnorme Form) der Nebennieren nur bei einem Tier auf der Röntgenaufnahme ersichtlich waren, konnten sie sonographisch bei allen 7 Frettchen dargestellt werden. Auch im MRI war die Veränderung zu identifizieren. Dementsprechend folgerten die Autoren, dass die Sonographie eine effektive Methode zur Diagnose und Lokalisation von Nebennierenerkrankungen beim Frettchen darstellt. In einer weiteren Untersuchung (2) an 2 Frettchen wurde eine 7,5 MHz-Schallsonde eingesetzt, um den klinischen Verdacht einer Nebennierenveränderung zu erhärten. In beiden Fällen konnte ein vergrößertes Organ gefunden werden, eine Computertomographie oder Szintigraphie waren nicht mehr notwendig. Obwohl das Ultraschallbild keinen Aufschluss über die Dignität einer Veränderung gibt, sind Ackermann et al. (2) der Meinung, dass die Sonographie sehr hilfreich in der Darstellung morphologischer Abweichungen der Nebennieren ist und gleichzeitig auch die Überprüfung anderer Bauchhöhlenorgane auf Tumormetastasen erlaubt. Sie stellt damit eine nicht invasive Alternative zur Laparotomie dar. Eine weitere bei Frettchen relativ häufig vorkommende endokrine Erkrankung ist das Insulinom. Laut Quesenberry und Rosenthal (108) lassen sich die Veränderungen des Pankreas selbst aufgrund ihrer geringen Größe meist nicht im Ultraschallbild darstellen. Doch könnte der sonographische Nachweis einer Leberlipidose oder von Infiltraten der Leber in Form von Metastasen eine wichtige Hilfe bei der Prognosestellung bieten.

Doch nicht nur die endokrinen Organe lassen sich bei Frettchen gut untersuchen. Gorgas (44) beschäftigte sich mit der Darstellung der Nieren sowohl im B-Mode, als auch mit der Dopplersonographie. Sie führte die Untersuchung an 38 unsedierten Frettchen in Rückenlage nach Schur und Ultraschallgelapplikation durch. Die Nieren ließen sich bei allen Tieren mit der verwendeten 12 MHz-Schallsonde in den drei

Standardebenen darstellen. Auffällig war das relativ häufige Auftreten zystischer Veränderungen im Nierenrindenbereich und Nephrokalzinosen. Der Verlauf der Blutgefäße der Niere wurde mittels Dopplersonographie ermittelt.

In der Arbeit von Frings (38) 2004 wird die Untersuchung aller Abdominalorgane beschrieben. Außer dem unveränderten Pankreas, dem gesunden, nichtträchtigen Uterus der nichtträchtigen Fähe, dem Harnleiter und der Prostata bei kastrierten Rüden ließen sich alle Organe gut darstellen. Besonders der Lymphonodus mesentericus cranialis war bei allen Tieren leicht aufzufinden. Auch eine Splenomegalie trat relativ häufig auf, ohne jedoch von klinischen Symptomen begleitet zu sein. Pathologische Veränderungen umfassten hauptsächlich zystische Veränderungen der Nieren, Nephrokalzinosen, Nebennierentumore und Lymphadenopathien.

Mit der Entwicklung sehr hochfrequenter Ultraschallsysteme können dank des guten Auflösungsvermögens immer kleinere Tiere sonographisch untersucht werden. 2006 berichtet Gneiser (41) über ihre Untersuchung von 24 Degus mit einer 15 MHz-Schallsonde. Die Kooperation der Tiere vorausgesetzt, konnte sie bis auf die Ureteren, das rechte Ovar und das unveränderte Pankreas alle Organe der Bauchhöhle darstellen. Obwohl erschwert durch den teils gasgefüllten, voluminösen Darmtrakt der Nager, gelang es nach Schur, Ultraschallgelapplikation und in aufrechter Haltung Schnittebenen für die einzelnen Organe einzuführen und reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen.

### **2.5.4 Meerschweinchen**

Dank der fortschrittlichen Technik wird die Sonographie auch beim Meerschweinchen bereits des öfteren eingesetzt. Besonders häufig finden sich Berichte über Untersuchungen der Harn- und Geschlechtsorgane. Vor allem die Urolithiasis stellt ein häufiges Problem dar. Da Meerschweinchen überschüssig aufgenommenes Calcium und Magnesium nicht wie Hund und Katze über die Galle, sondern über die Niere ausscheiden, steigt bei weiteren begünstigenden Faktoren wie geringem Harnvolumen oder bakteriellen Infektionen die Gefahr der Konkrementbildung (33, 88, 97). Diese Mineralstoffablagerungen können in Form von Harngrieß auftreten, der sich im Ultraschallbild als zahlreiche sedimentierende Echos darstellt (84). Jedoch ist seine Anwesenheit nicht zwangsläufig mit klinischen Symptomen verbunden. Niebergall (93) fand bei mehr als  $\frac{3}{4}$  der von ihr mittels Ultraschall untersuchten klinisch gesunden Meerschweinchen diese Veränderungen in der Harnblase, bei den Tieren mit kli-

nischer Symptomatik waren es sogar über 90%. Kommt es zu einer Verdichtung der Kristalle, können solide Steine entstehen, die im sonographischen Erscheinungsbild als hyperechogene Struktur mit distaler Schallauslöschung erkannt werden können (84). Urolithen treten am häufigsten in der Harnblase auf (32, 35, 128, 133), doch auch die Nierenbecken (32, 128), die Ureteren (32, 40, 128, 130) oder die Urethra (32, 35, 63, 124) können betroffen sein. Dabei scheinen vor allem ältere weibliche Meerschweinchen aufgrund der Einengung der extravaginalem Mündung der Harnröhre durch das Präputium clitoridis und der daraus resultierenden Ablagerung von Kristallen an dieser Stelle prädisponiert zu sein (35, 99, 100, 106, 110). Obwohl sich die in der Regel calciumhaltigen Konkremente im Röntgenbild gut darstellen lassen (35, 99, 110, 138), kann der Ultraschall als ergänzendes diagnostisches Verfahren wichtige Hinweise auf die Art der Ablagerung (Harngrieß oder Stein) und die Größe, deren genaue Lokalisation und eventuelle sekundäre Veränderungen wie Zystitis bei Vorliegen einer Blasenwandverdickung oder -aufrauung, Ureterstau und Hydro-nephrose liefern (21, 40, 110, 130, 138). Allein die Tatsache, dass Meerschweinchen physiologischerweise häufig Urin absetzen und die Blase deshalb aufgrund ihres geringen Füllungszustands in manchen Fällen nur schwer auffindbar ist, könnte eine Einschränkung bei der Ultraschalluntersuchung darstellen (30).

Ein weiteres sehr häufig auftretendes Problem des älteren weiblichen Meerschweinchens ist die zystische Veränderung der Ovarien. Diese geschlossenen Höhlen mit epithelialer Auskleidung sind mit klar-gelblicher Flüssigkeit gefüllt (65, 94, 117). Sie entstehen, wie auch beim Menschen und der Katze, aus dem Rete ovarii und befinden sich meist in der Hilusregion des Ovars (65, 94, 105, 117). Die Größe der Zysten kann sehr unterschiedlich sein und von 5 µm bis 7 cm im Durchmesser reichen. Dabei sind kleine Zysten häufig multipel, größere dagegen eher solitär (94, 117). Ätiologie und Pathogenese der Zystenentwicklung sind bis heute unklar, doch konnten Nielsen et al. (94) eine signifikante Beziehung zwischen dem Alter der Tiere und der Prävalenz der Zysten (je älter das Tier, desto wahrscheinlicher das Vorkommen der Zysten), sowie zwischen dem Alter und dem maximalen Zystendurchmesser (ältere Tiere hatten größere Zysten) herstellen. Nulliparie bzw. eine oder mehrere vorausgegangene Trächtigkeiten hatten keinen Einfluss auf die Zystenbildung (94). Das Auftreten klinischer Symptome wie Anorexie, Depression und Umfangsvermehrung des Abdomens scheint mit einer Zystengröße von mehr als 15 mm assoziiert zu sein, wenn die Zysten durch ihre Dimension Druck auf andere Organe ausüben oder diese

aus ihrer normalen Lage verdrängen (11, 32, 111, 117, 138). Neben den beschriebenen Symptomen können auch eine Reduktion in der Fruchtbarkeit durch Druckatrophie des Ovargewebes (11, 65, 99, 117) oder bei hormonell aktiven Zysten bilateral symmetrischer Haarausfall in den Flanken auftreten (11, 32, 94, 99, 111, 137). Nach Ewringmann und Glöckner (32), Nielsen et al. (94), O'Rourke (99) und Ruelokke et al. (117) ist die Sonographie die beste Methode zur Diagnostik der Ovarialzysten. Sie sind im Ultraschallbild kaudal bis kaudolateral der Nieren als oftmals gekammerte, rundliche, scharf begrenzte und anechogene Bereiche mit distaler Schallverstärkung (da flüssigkeitsgefüllt) erkennbar (30). Röntgenologisch lassen sich die Zysten lediglich als weichteildichte Umfangsvermehrungen kaudal der Nieren darstellen, was keine Unterscheidung zwischen zystischen und soliden Veränderungen erlaubt (11, 117). Palpatorisch lassen sich nur größere Zysten diagnostizieren (65). Allerdings könnten ausgedehnte intestinale Gasansammlungen die sonographische Darstellung der Eierstöcke durch Überlagerung und Schallreflexion beeinträchtigen (30).

Neben der Erkennung von Zysten eignet sich die Ultraschalluntersuchung auch zur Diagnose neoplastischer Erkrankungen der Eierstöcke. Burns (18) beschreibt den Fall eines 4-jährigen Meerschweinchens mit einer Umfangsvermehrung des rechten Ovars. Die Diagnose Granulosazelltumor wurde histopathologisch anhand einer ultraschallgeführten Biopsie gestellt.

Die sonographische Darstellung des gesunden, nichtgraviden Uterus des Meerschweinchens gelingt nicht in allen Fällen. Niebergall (93) konnte bei einzelnen Tieren ihrer Untersuchung das Corpus uteri identifizieren, die Verfolgung in die Hörner war jedoch nicht möglich. Veränderungen an der Gebärmutter, wie z.B. Leiomyome, sind aber mit einer geeigneten hochfrequenten Sonde bereits ab einer geringen Größe erkennbar (103). Auch Eatwell (29) beschreibt 5 Fälle uteriner Erkrankungen, die anhand von Röntgen- und Ultraschallbildern entdeckt und nach Ovariohysterektomie pathologisch untersucht wurden. Die Diagnosen lauteten Endometritis, zystische Endometriumhyperplasie, Pyometra und Leiomyom. Auffällig war, dass alle betroffenen Tiere ebenfalls Ovarialzysten aufwiesen, was einen Zusammenhang zwischen Ovar- und Uterusveränderungen nahe legt.

Ein Hauptanwendungsgebiet der Sonographie der Geschlechtsorgane ist die Trächtigkeitsuntersuchung. Bereits 1975 verwendete Weiss (141) die Ultraschall-Doppler-

## Literaturübersicht

Technik und einen 2 MHz-Schallkopf, um fetales Leben bei verschiedenen Tierarten, u.a. auch Meerschweinchen, zu detektieren. Inaba und Mori (56) führten 1986 eine Studie mit einer 5 MHz-Sonde durch und konnten eine Trächtigkeit mit 100%iger Sicherheit am Tag 19 der Gravidität, fetale Wirbelsäule und Herzschlag ab Tag 34 beobachten. Eine weitere Verbesserung konnte mit einer 7,5 MHz-Schallsonde durch Scherer (120) erzielt werden. Sie konnte die Trächtigkeit bereits am elften, den Herzschlag am vierzehnten Tag nachweisen und folgerte, dass die Sonographie ein sehr gutes, nicht invasives Verfahren sei, die Gravidität so früh wie möglich zu bestätigen.

Abgesehen von Veränderungen am Harn- und Geschlechtstrakt kann die Sonographie auch bei Erkrankungen der anderen Abdominalorgane wichtige Informationen und Hinweise für die Diagnose- oder Prognosestellung liefern. Künzel und Hittmair (69) beispielsweise konnten bei einem einzeln gehaltenen Langhaarmeerschweinchen mit intermittierender Inappetenz, Gewichtsverlust, Mattigkeit, Unruhe, diffuser Alopezie und einem gesteigerten Säuberungsverhalten den aufgrund der klinischen und radiologischen Untersuchung geäußerten Verdacht auf ein Trichobezoar im Magen anhand der Sonographie bestätigen. Da die Haaransammlungen, die häufig infolge eines Rohfasermangels oder Unterbeschäftigung bei nicht artgerechter Haltung insbesondere bei langhaarigen Rassen auftreten (8, 69), im Verdauungstrakt allein durch Röntgennativaufnahmen meist nicht sicher diagnostiziert werden können und eine Kontrastmitteluntersuchung oft mit großem Stress für die Tiere verbunden ist, stellt die Sonographie eine gute Alternative dar (69). Auch in Fällen palpabler Umfangsvermehrungen des Abdomens ist die Ultraschalluntersuchung nicht selten dem Röntgen an Aussagekraft überlegen. Beregi et al. (12) beschreiben in ihrer Studie zwei Meerschweinchen mit Anorexie, Gewichtsverlust und Depression, bei denen sich mittels 7,5 – 10,5 MHz-Schallsonde im Beckenbereich bzw. assoziiert mit der Leber eine flüssigkeitsgefüllte, anechogene Struktur mit echoreichen Punkten und hyperechogener dicker Begrenzung darstellen ließen und somit den Verdacht auf Abszess begründeten. Im Röntgenbild waren die Umfangsvermehrungen lediglich als weichteildichte Veränderungen erkennbar, während im Ultraschallbild neben der ungefähren Größe und genauen Lokalisation auch die Organzugehörigkeit bestimmt werden konnten. Dies bestätigte sich in einer weiteren Untersuchung an fünf Meerschweinchen (10), bei denen mittels Röntgen, Ultraschall und Histopathologie ein Milzhämatom, ein Hämangiom von Milz bzw. Uterus, ein Spindelzelltumor und ein Ovarteratom diagnostiziert werden konnten. Zusätzlich konnte als weiterer Vorteil der

## Literaturübersicht

Sonographie die innere Struktur der Organe beurteilt und die Anwesenheit von Metastasen ausgeschlossen werden. Außerdem können dank des hohen Auflösungsvermögens moderner Schallsonden auch kleinere Strukturen wie die Nebennieren identifiziert werden, insbesondere wenn diese, wie bei Gaschen et al. (40), tumorös alteriert und vergrößert sind. Obwohl neoplastische Erkrankungen bei Meerschweinchen insgesamt eher selten auftreten, stellt das maligne Lymphom, meist in der leukämischen Form auftretend, eine der häufigsten Tumorarten dar (67). Für die Darstellung von Veränderungen wie soliden Knoten, vergrößerten Lymphknoten und Körperhöhlenergüssen, die im Rahmen des Krankheitsbildes entstehen können, eignet sich die Sonographie nach Hartmann et al. (49) ebenfalls gut.

Trotz der zahlreichen Hinweise in der Literatur auf die Anwendung der Ultraschalluntersuchung beim Meerschweinchen, finden sich kaum Beschreibungen der physiologischen Sonoanatomie und –morphologie. Lediglich die Beschreibung des Harn- und weiblichen Geschlechtsapparates von Niebergall (93) und die Untersuchung von Leber mit Gallenblase, Milz, Niere und Harnblase von Beregi et al. (9) bieten genauere Informationen. Über die Sonographie der männlichen Geschlechtsorgane, des Gastrointestinaltrakts sowie der Nebennieren existieren nur wenige oder keine Berichte.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Material

In diesem Kapitel werden die technische Ausrüstung und die untersuchten Tiere näher beschrieben.

##### 3.1.1 Technische Ausrüstung

Für die sonographische Untersuchung der Meerschweinchen wurde das Ultraschallsystem Siemens Sonoline Elegra mit einer 6 – 13 MHz-Linearsonde des Typs VF 13-5 verwendet. Die Dokumentation der Ultraschallbilder erfolgte digital über ein in das Ultraschallgerät integriertes magnetoptisches Diskettenlaufwerk. Anschließend wurden die Bilder zur Auswertung und weiteren Bearbeitung von der MO-Diskette auf die Festplatte eines PC übertragen.

##### 3.1.2 Tiere

Bei den untersuchten Meerschweinchen handelte es sich ausschließlich um privat gehaltene Tiere, die von ihren Haltern zur sonographischen Untersuchung vorgestellt wurden. Vor Beginn der Ultraschalluntersuchung wurde eine Anamnese aufgenommen, eine kurze Allgemeinuntersuchung durchgeführt und das Körpergewicht bestimmt. Von den insgesamt 30 untersuchten Meerschweinchen waren 17 weiblich, 10 männlich und 3 männlich kastriert. Nur bei einem Tier war das Allgemeinbefinden gestört, es wurde zur weiteren Abklärung eines Verdachts auf Urolithiasis überwiesen. Ein Tier wurde zur Bestätigung einer vermuteten Trächtigkeit vorgestellt. Das Alter der Meerschweinchen reichte von 5 Monaten bis 5,75 Jahren.

<b>Alter (Jahre)</b>	< 1	1 – 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
<b>Anzahl Tiere</b>	4	6	9	5	2	4

Das Körpergewicht der untersuchten Tiere lag bei den Weibchen bei durchschnittlich  $981 \pm 98,5$  g, bei den unkastrierten Böcken bei  $979 \pm 80,6$  g und bei den kastrierten Böcken bei  $1002 \pm 98,7$  g. Die Meerschweinchen gehörten 7 unterschiedlichen Rassen an. Am häufigsten waren Englische und Abessinische Meerschweinchen vertreten, gefolgt von Peruanern bzw. Kreuzungen daraus, Merinos, Shelties, Coronets und Texel.

## **3.2 Methoden**

Nachfolgend wird näher auf die Vorbereitung der Tiere zur sonographischen Untersuchung und deren Durchführung eingegangen.

### **3.2.1 Vorbereitung der Tiere zur sonographischen Untersuchung**

Um zusätzlichen Stress für die Tiere und ein übermäßiges Aufgasen des Gastrointestinaltraktes zu vermeiden, wurde auf den bei Hund und Katze üblichen Futterentzug vor der Untersuchung verzichtet. Die Meerschweinchen wurden von ihren Besitzern in ihren gewohnten Transportbehältnissen zur Untersuchung gebracht. Nach Feststellung von Anamnese, Gewicht und Allgemeinzustand wurden die Tiere mit einer elektrischen Schermaschine zwischen Rippenbogen und Becken geschoren, um eine ausreichende Ankopplung der Ultraschallsonde an die Haut zu gewährleisten. Für die Darstellung der Nieren musste die Schur beidseits unmittelbar kaudal der letzten Rippen ca. zwei- bis dreifingerbreit nach lateral ausgedehnt werden. Anschließend wurde handelsübliches Ultraschall-Kontaktgel auf die rasierte Fläche aufgebracht. Je nach Bedarf wurde während der Untersuchung der Schallkopf erneut mit Gel bedeckt. Auf der Haut verbliebenes Kontaktmittel wurde nach Abschluss der Untersuchung mit Zellstoff gründlich entfernt, um die Aufnahme durch anschließendes Putzen möglichst gering zu halten. Die Lagerung der Tiere erfolgte in Rückenlage auf einem für die abdominale Sonographie von Hund und Katze gängigen Kissen, welches zum einen als weiche Unterlage, zum anderen gleichzeitig als Isolierung gegen Wärmeverlust diente. Für die Untersuchung der weit dorsal gelegenen Nieren war es bei einigen Tieren notwendig, sie leicht zur Seite zu kippen. Die Fixierung wurde vom jeweiligen Besitzer am einen und von einer weiteren Hilfsperson am anderen Extremitätenpaar übernommen. Da die Meerschweinchen wegen ihrer Haltung als Heimtiere an Handling gewöhnt waren, war eine Sedation bei keinem der Tiere erforderlich.

### **3.2.2 Durchführung der Ultraschalluntersuchung**

Der Untersuchungsgang wurde nach dem bei Hund und Katze etablierten Ablauf durchgeführt. Zunächst wurde die Harnblase aufgesucht, um die Geräteeinstellungen zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren. Anschließend erfolgte die Darstellung der übrigen Organe zunächst der linken, dann der rechten Seite der Bauchhöhle. In Einzelfällen wurde von diesem Schema dahingehend abgewichen, dass bei

## Material und Methoden

schlechter Darstellbarkeit eines Organs zunächst der Untersuchungsgang fortgesetzt und das betreffende Organ zu einem späteren Zeitpunkt erneut aufgesucht wurde. Die Organe der Abdominalhöhle wurden hinsichtlich ihrer Lage, Form, Echogenität und Echotextur untersucht. Standbilder der einzelnen Organe und deren Ansichten wurden auf eine magnetoptische Diskette gespeichert. Pro Tier wurde eine maximale Untersuchungsdauer von 30 Minuten nicht überschritten. Bei Anzeichen von Stress seitens der Tiere oder zunehmenden Abwehrbewegungen wurde die Untersuchung unter- bzw. vorzeitig abgebrochen. Bei dem trächtigen Meerschweinchen wurde die Zeit auf 10 Minuten reduziert und die Untersuchung auf die Gebärmutter beschränkt.

## 4 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der abdominalen sonographischen Untersuchung vorgestellt. Die einzelnen untersuchten Organe werden im Zusammenhang mit dem zugehörigen Organsystem besprochen.

### 4.1 Gastrointestinaltrakt

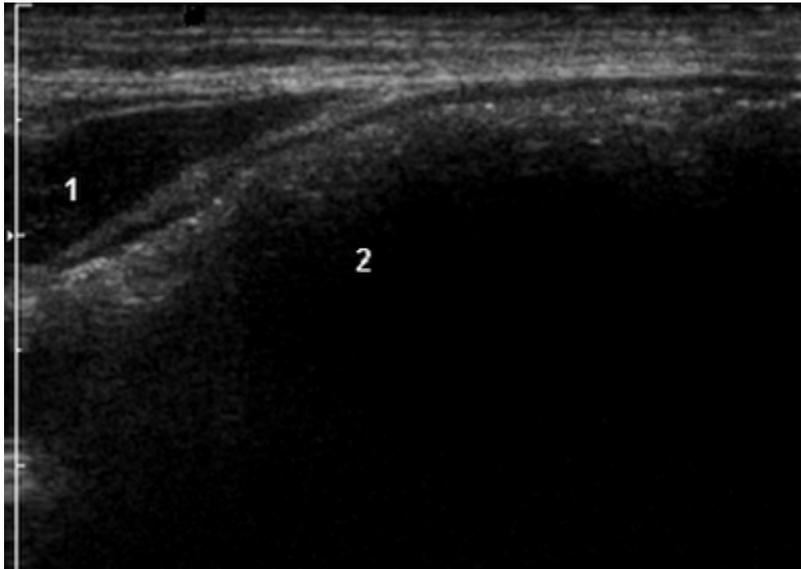
#### 4.1.1 Magen

##### Untersuchungstechnik

Zur Darstellung des Magens wurde der Schallkopf links der Medianen direkt kaudal des Rippenbogens zunächst in Längsrichtung aufgesetzt, was einem Transversalschnitt des Organs entspricht. Der Magen wurde von lateral nach medial durchgemustert. Anschließend wurde die Sonde um 90° gedreht und kranial sowie kaudal gekippt, um Sagittalschnitte zu erhalten.

##### Physiologische Befunde

Bei allen Tieren war der Magen in unterschiedlichem Maße mit Futter gefüllt, ein leerer Magen wurde bei dieser Untersuchung bei keinem der Meerschweinchen angetroffen. Andeutungsweise konnte bei einzelnen Tieren mit etwas geringerer Füllung eine minimale Fältelung der Schleimhaut beobachtet werden, meistens waren die Falten jedoch vollständig verstrichen. Generell war die Magenwand nur schallkopfnah zu beurteilen, da Ingesta und Gasansammlungen eine Schallauslöschung bewirkten und somit die Darstellung der schallkopffernen Anteile verhinderten (Abb. 7). Bei genau senkrechter Anschallung waren an der ventralen Magenwand andeutungsweise fünf, bei schrägem Auftreffen der Schallwellen lediglich drei Schichten erkennbar, da in diesem Fall die Tunica muscularis, Tela submucosa und Tunica mucosa nicht mehr voneinander unterschieden werden konnten. Der Mageninhalt stellte sich je nach Futterzusammensetzung grob- oder feinkörnig, mehr oder weniger homogen und echoreich dar. Die einzelnen Anteile des Magens konnten aufgrund des ausgeprägten Schallschattens nur unzureichend differenziert werden. Außerdem erschwerte der stark gefüllte Magen die Darstellung der kranialen Anteile der linken Niere und Nebenniere.



**Abb. 7: Magen im Sagittalschnitt**

1 linker Leberlappen

2 Fundus ventriculi mit Ingesta bedingtem Schallschatten

#### **4.1.2 Dünndarm**

Der Dünndarm des Meerschweinchens war sonographisch aufgrund seiner Lage im dorsalen rechten Quadranten der Abdominalhöhle mit der ihm ventral anliegenden, schallauslöschenden Dickdarmanteile nur unzureichend auszumachen.

#### **4.1.3 Dickdarm**

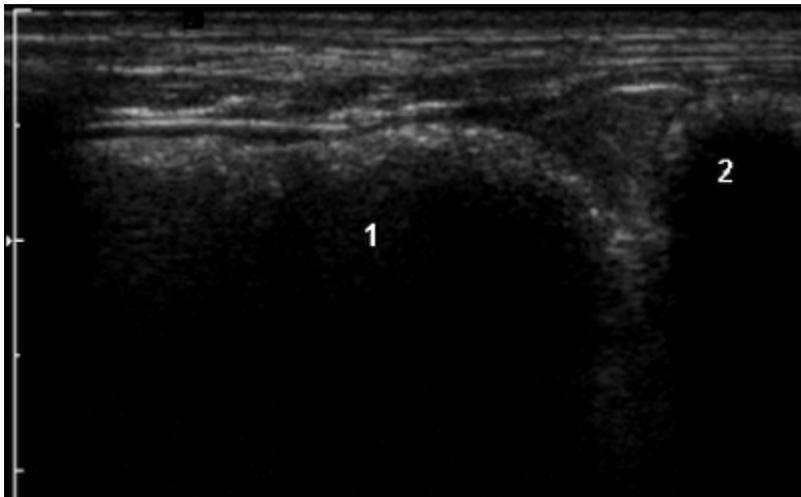
##### **Untersuchungstechnik und physiologische Befunde**

Mit Ausnahme des Colon descendens konnten alle Abschnitte des Dickdarms beim Meerschweinchen aufgefunden werden. Die Besprechung erfolgt in der Reihenfolge ihres Auftretens im Gastrointestinaltrakt.

Das Caecum des Meerschweinchens konnte beim Aufsetzen des Schallkopfes in der mittleren Abdominalregion kranial von Harnblase und Anfangsteil des Colon ascendens dargestellt werden (Abb. 8). Eine sagittale Schallkopfausrichtung entsprach hier einem Querschnitt durch das Organ, eine Drehung um 90° resultierte in einer Längsansicht. Durch Verschieben des Schallkopfes auf die rechte Körperseite konnte der Blinddarm in seinem Verlauf verfolgt werden. Bei Betrachtung des Organs im Längsschnitt waren Einziehungen der Darmwand zu erkennen, welche die Haustra caeci repräsentierten. Eine eindeutige Identifikation dieses Dickdarmteils war somit möglich. Die einzelnen Schichten der Darmwand konnten nicht unterschieden werden.

## Ergebnisse

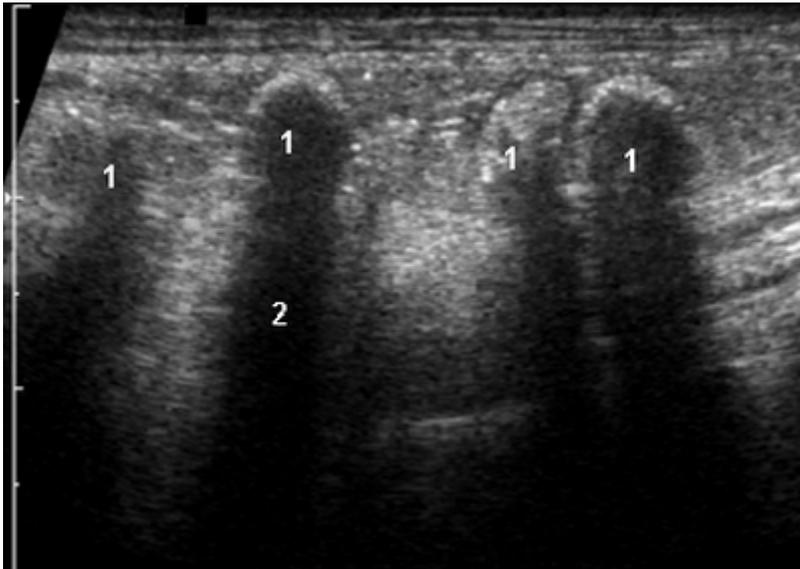
Der Blinddarminhalt war inhomogen und hyperechogen mit deutlichem distalen Schallschatten.



**Abb. 8: Caecum und Colon ascendens im Sagittalschnitt**

- 1 Caecum
- 2 Colon ascendens

Das Colon ascendens war an zwei Stellen im Abdomen aufzufinden. Zum einen konnte sein Anfangsteil bei Aufsetzen des Schallkopfes kranial der Harnblase zwischen dieser und dem Blinddarm dargestellt werden (Abb. 8). Zum anderen war die Colonspirale mit seinen je zwei zentripetalen und zentrifugalen Windungen kaudal der rechten Niere sichtbar (Abb. 9). Dazu wurde der Schallkopf an der rechten lateralen Bauchwand kaudal des Rippenbogens aufgesetzt und nach Aufsuchen der Niere im Dorsalschnitt geringfügig nach kaudal verschoben. Je nach Position der Sonde waren nur eine, zwei, drei oder alle vier Schlingen des Colon ascendens im Querschnitt abgebildet. Sie wiesen eine echoreiche, halbmondförmige Grenzlinie, sowie einen inhomogenen, hyperechogenen Inhalt mit ausgeprägtem distalen Schallschatten auf. Eine Wandschichtung war auch hier nicht zu erkennen.



**Abb. 9: Spirale des Colon ascendens im Sagittalschnitt**

- 1 Colon ascendens Schlingen mit Ingesta
- 2 distaler Schallschatten

Der nächste Abschnitt, das Colon transversum, war vor allem linksseitig anzutreffen. Durch Aufsetzen der Ultraschallsonde an der lateralen linken Bauchwand kaudal des Rippenbogens wurde zunächst die linke Niere im Dorsalschnitt aufgesucht, leichtes Verschieben des Schallkopfes nach kaudal brachte einen Transversalschnitt des Colon transversum und meist auch schon kraniale Anteile des Blinddarms ins Bild. Sonographisch stellte sich dieser Colonabschnitt als hyperechogenes, kuppelartiges Gebilde mit reflexreichem, inhomogenem Inhalt und distaler Schallauslöschung dar.

Das Colon descendens war aufgrund seiner im Vergleich zu Caecum und Colon ascendens dorsaleren Lage und der damit verbundenen Überlagerung durch diese Darmabschnitte nicht eindeutig zu identifizieren.

Der letzte Teil des Dickdarms, das Rektum, konnte bei allen Tieren dorsal der Harnblase nachgewiesen werden (Abb. 23). Die Ankopplung der Ultraschallsonde erfolgte hierfür transversal zur Körperachse in der Medianen im kaudalen Abdominalbereich vor dem Os pubis. Der so im Querschnitt getroffene Enddarm war als echoreiche, kuppelförmige Linie mit inhomogenem, hyperechogenem Inhalt und distaler Schallauslöschung zu erkennen. Eine Unterscheidung der Darmwandschichten war auch in diesem Abschnitt nicht möglich.

## **4.1.4 Darmanhangsdrüsen**

### **4.1.4.1 Leber mit Gallenblase**

#### **Untersuchungstechnik**

Für die Untersuchung der Leber wurden Verstärkung und Eindringtiefe bei jedem Tier individuell angepasst. In manchen Fällen erwies es sich zusätzlich als sinnvoll, vom Linear- auf Sektorbild umzuschalten, um auch tief intrathorakal gelegene Anteile besser abbilden zu können.

Die Leber wurde nun anhand mehrerer Sagittal- und Transversalschnitte durchgemustert. Dazu wurde der Schallkopf zunächst auf der linken Seite kaudal der letzten Rippe in Längsrichtung aufgesetzt und dem Rippenbogen folgend über die Mediane nach rechts verschoben. Anschließend wurde die Ultraschallsonde zur Darstellung der Transversalebene um 90° gedreht, kaudal des Xiphoids angekoppelt und nach kraniodorsal gekippt.

#### **Physiologische Befunde**

Die Leber lag größtenteils rechts der Medianen im intrathorakalen Teil der Bauchhöhle. Die kraniale Begrenzung wurde durch die Zwerchfell-Lungen-Grenzfläche in Form einer hyperechogenen, gebogenen Linie gebildet. Kaudal der Leber befanden sich linksseitig der Magen, rechts schmiegte sich die Niere in die Fossa renalis. Die Leberoberfläche war glatt.

Um einen Überblick über das gesamte Organ zu erhalten, wurde die Leber anhand von mehreren Sagittal- und Transversalebene beurteilt. Auffällig war dabei die Lage der Gallenblase in der Medianen oder sogar etwas links davon, was eine Neuordnung der von Hund und Katze bekannten Standardebenen (96) für das Meerschweinchen erforderlich machte.

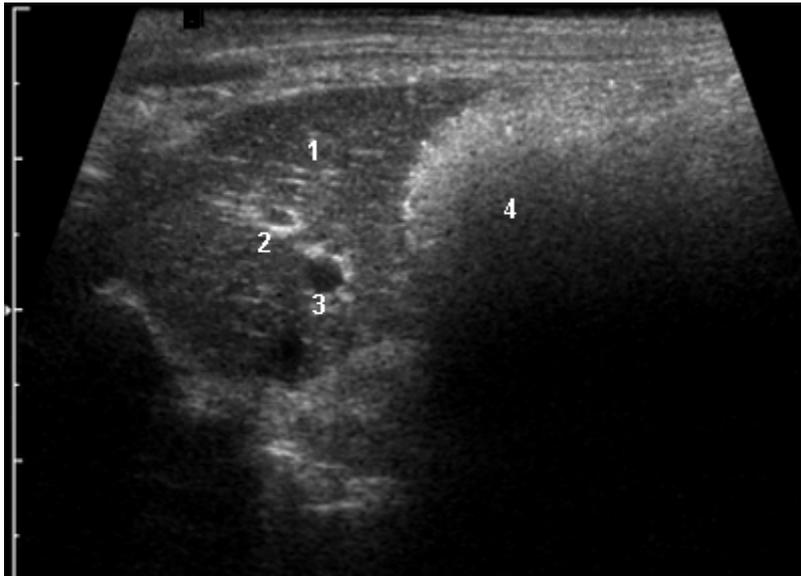
Die Transversalschnitte wurden überwiegend rechtsseitig angefertigt, da sich hier Strukturen wie Gallenblase und große Gefäße befinden und links nur wenig Lebergewebe anzutreffen ist. Reproduzierbar waren Querschnitte durch die Leberpforte und die Gallenblase (Abb. 16).

## Ergebnisse

- Sagittalebene I:** linker Leberlappen mit Querschnitten von Portalgefäßen und Lebervenen (Abb. 10)
- Sagittalebene II:** Aorta mit Anschnitten der Gallenblase (Abb. 11)
- Sagittalebene III:** Gallenblase mit Aorta und Vena portae (R. sinister) (Abb. 12)
- Sagittalebene IV:** Leberpforte mit Vena portae und Vena cava caudalis (Abb. 14)
- Sagittalebene V:** rechter Leberlappen mit in der Impressio renalis liegender rechter Niere (Abb. 15)

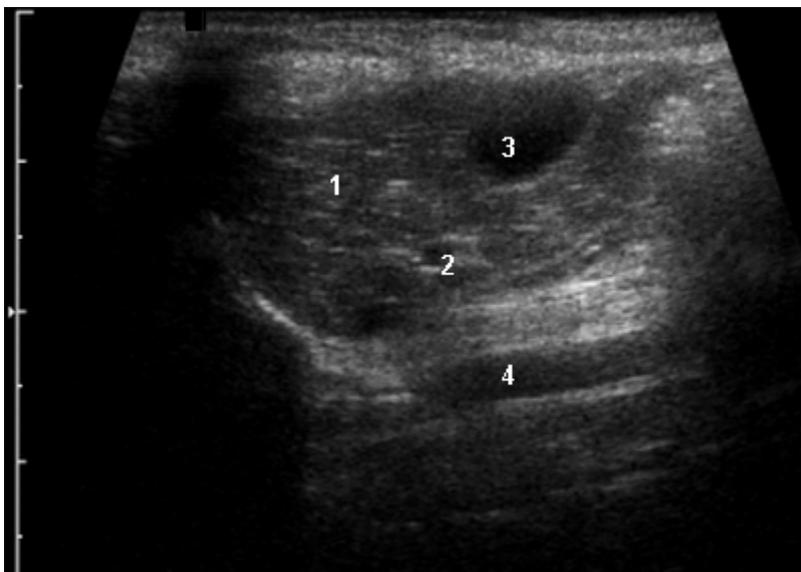
Das Leberparenchym zeigte sich gering bis mittel echogen mit einer homogenen Echoverteilung. Während sich die Nierenrinde echoreicher darstellte, war es verglichen mit der Milz von ähnlicher Echogenität, aber von inhomogenerer, grobkörniger Echotextur. Im Inneren des Organs befanden sich kleine, runde, anechogene Strukturen, teilweise mit hyperechogenem Rand, die als Lebervenen, Vena cava caudalis bzw. bei vorhandenem Wandecho als Äste der Vena portae identifiziert werden konnten. Gallengänge waren nicht zu ermitteln.

Die Gallenblase war als unterschiedlich große, mit anechogener Flüssigkeit gefüllte Struktur mit distaler Schallverstärkung zu erkennen. Sie lag eingebettet ins Lebergewebe des Lobus quadratus. Bei senkrechtem Auftreffen der Schallwellen war die Gallenblasenwand als dünne, echoreiche Linie darstellbar. Bei einem Meerschweinchen wies die Gallenblase einen Knick auf, was ihr ein septiertes Aussehen verlieh (Abb. 13).



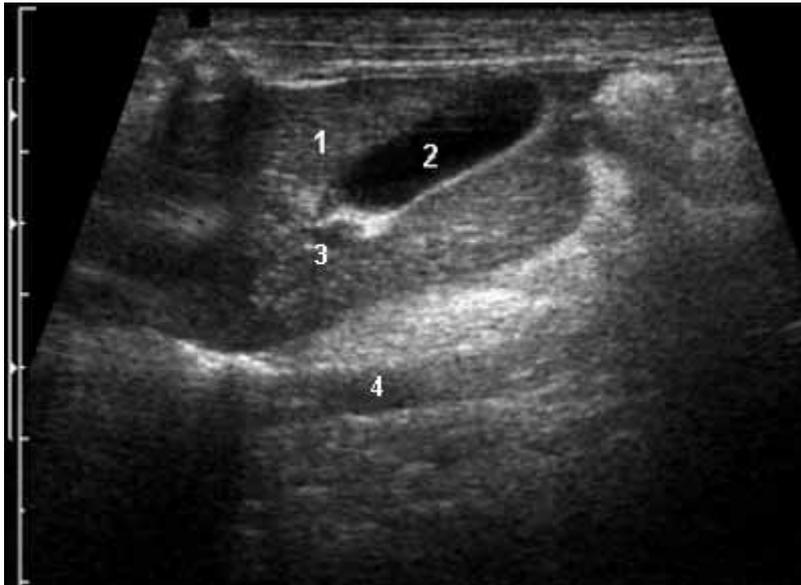
**Abb. 10: Sagittalebene I der Leber**

- 1 Leberparenchym
- 2 linker Hauptast der Vena portae
- 3 linker Hauptast der Vena hepatica
- 4 gefüllter Magen



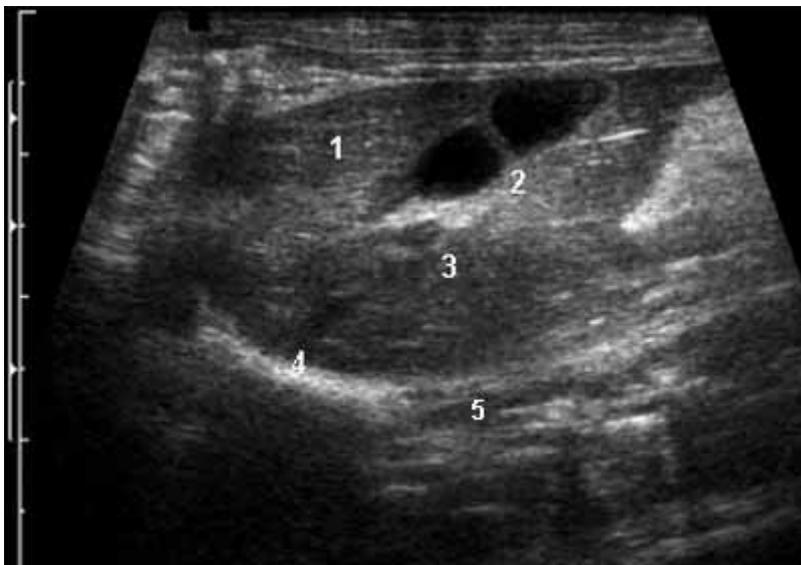
**Abb. 11: Sagittalebene II der Leber**

- 1 Leberparenchym
- 2 Ast der Vena portae
- 3 Gallenblase
- 4 Aorta



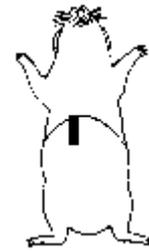
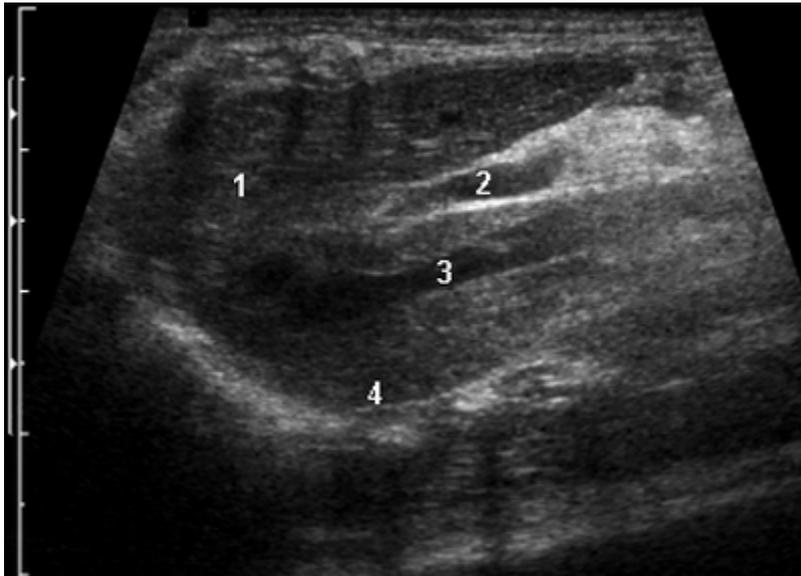
**Abb. 12: Sagittalebene III der Leber**

- 1 Leberparenchym
- 2 Gallenblase
- 3 Ramus sinister der Vena portae
- 4 Aorta



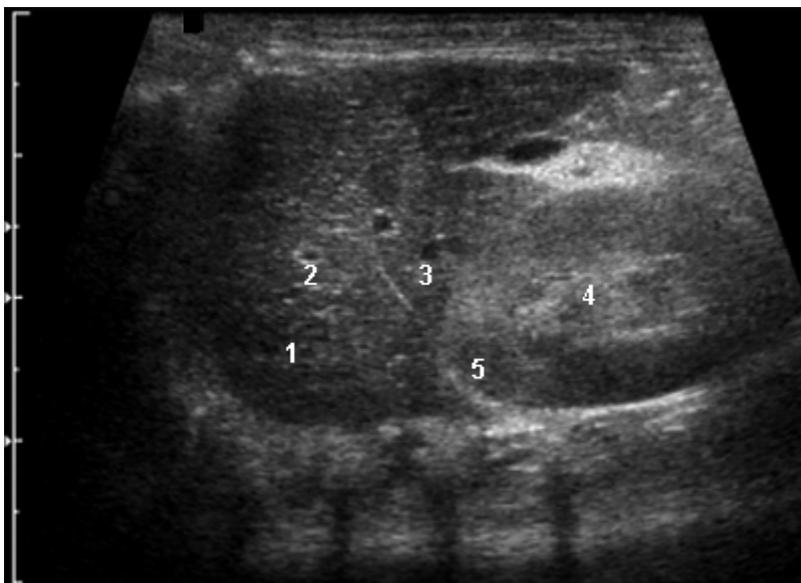
**Abb. 13: Sagittalebene III mit abgeknickter Gallenblase**

- 1 Leberparenchym
- 2 „Septum“ in der Gallenblase
- 3 Ramus sinister der Vena portae
- 4 Zwerchfell
- 5 Aorta



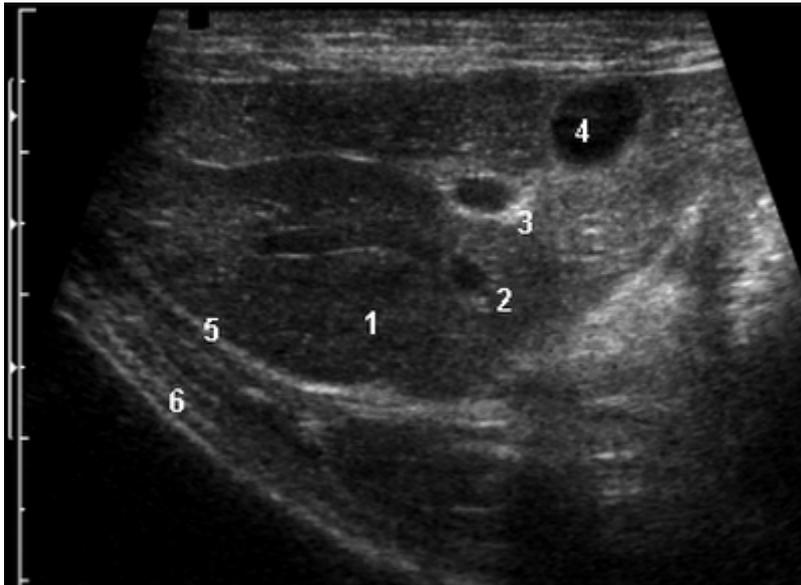
**Abb. 14: Sagittalebene IV der Leber**

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



**Abb. 15: Sagittalebene V der Leber**

- 1 Leberparenchym
- 2 rechter Hauptast der Vena portae
- 3 rechter Hauptast der Vena hepatica
- 4 rechte Niere
- 5 rechte Nebenniere



**Abb. 16: Leber im Transversalschnitt**

- 1 Leberparenchym
- 2 Vena cava caudalis
- 3 Vena portae
- 4 Gallenblase
- 5 Leberkapsel
- 6 Bauchdecke

#### **4.1.4.2 Pankreas**

Die unveränderte Bauchspeicheldrüse des Meerschweinchens konnte sonographisch nicht dargestellt werden.

## **4.2 Milz**

### **Untersuchungstechnik**

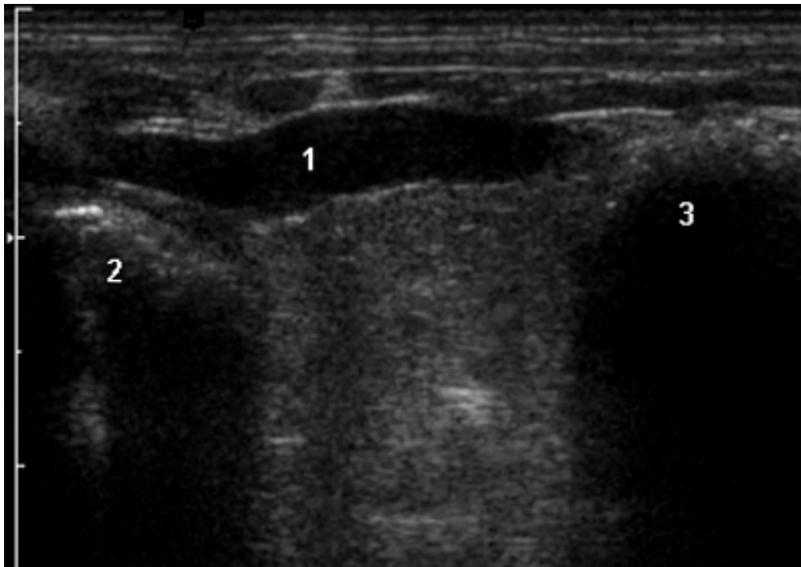
Zur Untersuchung der Milz wurde diese in mehreren Sagittal- und Transversalebene dargestellt. Dazu wurde zunächst die linke Niere im Dorsalschnitt aufgesucht, der Schallkopf anschließend leicht nach kranial verschoben und die Milz im Transversalschnitt identifiziert. Durch feine Bewegungen nach kranio-lateral bzw. kaudoventral wurde das gesamte Organ begutachtet. Um einen Längsschnitt der Milz zu erhalten, wurde der Schallkopf um 90° gedreht und das Organ seinem Verlauf folgend ebenfalls in mehreren Ebenen durchgemustert.

### **Physiologische Befunde**

Ausgehend von der linken Niere konnte die Milz zwischen deren kranialem Pol, dem Caecum bzw. Anfangsteil des Colon ascendens und dem Magen bei allen Tieren als

## Ergebnisse

oberflächlich und somit schallkopfnah gelegene Struktur identifiziert werden (Abb. 17). Im Querschnitt stellte sie sich flach dreieckig mit spitz zulaufenden Rändern dar, in der Längsansicht war sie länglich und schmal. Für die Darstellung der Extremitas dorsalis war es notwendig, den Schallkopf weit kranial an der lateralen Bauchwand anzukoppeln. Das Corpus lienalis und die Extremitas ventralis legten sich dem Magen und der linken Niere von lateral und ventral an. Bei genau senkrechtem Auftreffen der Schallwellen war die Milzkapsel als stark echoreiche Begrenzung des Organs zu erkennen. Das Parenchym der Milz zeigte eine feine, homogene Struktur mittlerer Echogenität. Dabei war es etwas echoärmer als die Nierenrinde und ähnlich echogen wie die Leber.



**Abb. 17: Längsdarstellung der Milz im Sagittalschnitt**

- 1 Milz
- 2 Magen
- 3 Anfangsteil des Colon ascendens

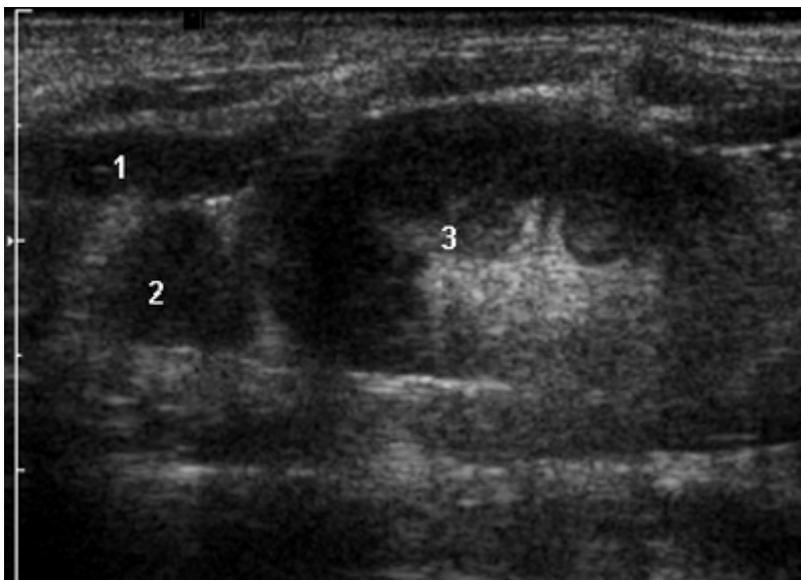
### 4.3 Nebennieren

#### Untersuchungstechnik

Um die sich kranio-medial an die Nieren anschmiegenden Nebennieren im Längsschnitt darzustellen, wurde zunächst die jeweilige Niere im Dorsalschnitt aufgesucht. Anschließend wurde der Schallkopf leicht gekippt, bis die Nebenniere erschien. Eine Drehung des Schallkopfes um 90° resultierte in einer Transversalansicht des Organs.

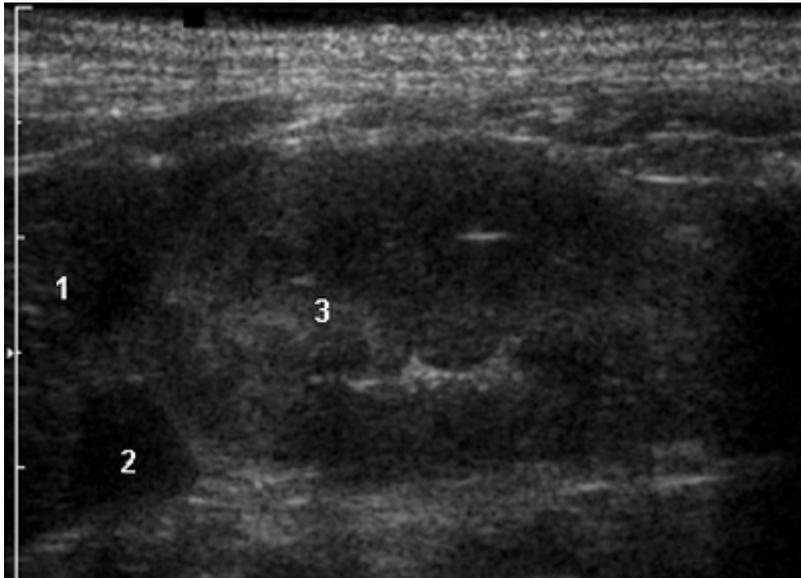
### Physiologische Befunde

Das Auffinden der Nebennieren war nicht bei allen Tieren dieser Studie möglich. Erschwert wurde die Untersuchung auf der linken Seite durch die Schallauslöschung des Magens, auf der rechten Seite durch Dünndarmanteile. Konnten die Nebennieren identifiziert werden, stellten sie sich echoärmer als die Nieren und das umliegende Gewebe dar (Abb. 18 und Abb. 19). Das Parenchym wies eine homogene Echotextur auf, eine Unterscheidung von Nebennierenrinde und –mark war nicht möglich. Bei senkrechtem Auftreffen der Schallwellen auf das Organ konnte ein hyperechogenes Ein- und Austrittsecho erkannt werden.



**Abb. 18: Linke Nebenniere und Niere im Dorsalschnitt**

- 1 Milz
- 2 linke Nebenniere
- 3 linke Niere



**Abb. 19: Rechte Nebenniere und Niere im Sagittalschnitt**

- 1 Leber
- 2 rechte Nebenniere
- 3 rechte Niere

## 4.4 Harnorgane

### 4.4.1 Nieren

#### Untersuchungstechnik

Für die sonographische Untersuchung der Nieren musste die Fokusposition und die Tiefenverstärkung individuell angepasst werden. Anschließend wurde versucht, die Nieren in sagittaler, dorsaler und transversaler Schnittebene darzustellen.

Auf der linken Seite wurde der Schallkopf paramedian, kaudal des Rippenbogens an der ventralen Bauchwand angekoppelt und die Niere im Sagittalschnitt aufgesucht. Um einen Dorsalschnitt zu erhalten, wurde die Sonde relativ weit nach lateral verschoben und leicht nach ventral gekippt, bis das Organ ins Blickfeld kam. Nach Drehung des Schallkopfes um 90° wurde die Niere im Transversalschnitt von kranial nach kaudal abgetastet. Die exakte Lage der Niere war individuell etwas unterschiedlich. Daher musste die Sonde, um eine optimale Schallposition zur Abbildung der einzelnen Ebenen zu erhalten, leicht gekippt oder gedreht werden.

Das Verfahren auf der rechten Seite entsprach prinzipiell dem auf der linken. Da die rechte Niere jedoch beim Meerschweinchen im Vergleich zur linken weiter kranial in

direktem Kontakt mit der Leber gelegen ist, musste der Schallkopf teilweise an der rippengestützten Bauchwand angekoppelt werden.

### **Physiologische Befunde**

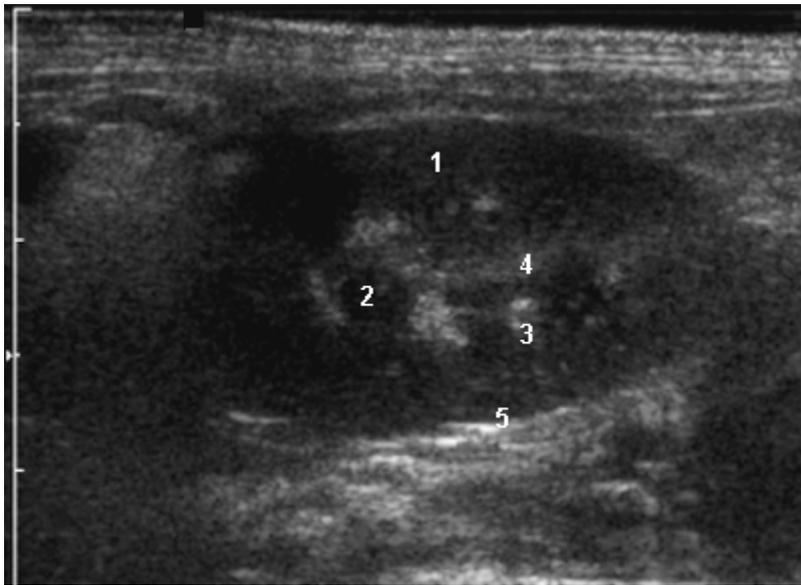
Obwohl beide Nieren bei allen untersuchten Tieren aufzufinden waren, gestaltete sich die Darstellung der drei Standardebenen oftmals schwierig. Beeinträchtigt wurde die Untersuchung linksseitig durch Überlagerungen des gefüllten Magens von kranial und des Colon transversum bzw. Caecum und Anfangsteil des Colon ascendens von kaudal, rechtsseitig durch die Spirale des Colon ascendens. Aussagekräftige Sagittal-, Dorsal- und Transversalschnitte waren deshalb nicht bei jedem Tier zu erhalten. Insbesondere das Auffinden auswertbarer Sagittalschnitte gelang nur bei einzelnen Tieren. Die Anfertigung eines Dorsalschnittes wurde zusätzlich durch die hochdorsale Lage der Niere erschwert, wobei trotz sorgfältiger und großzügiger Schur schnell die Grenze zum nicht rasierten Bereich erreicht wurde, was zu Artefakten in der sonographischen Abbildung führte.

Die linke Niere befand sich hochdorsal in der Abdominalhöhle, kaudal des gefüllten Magens, kranial von Colon transversum und Caecum sowie dorsomedial der Milz. Die rechte Niere war etwas schwieriger darzustellen, da sie weiter kranial in den letzten Interkostalräumen gelegen war. Sie grenzte mit ihrem kranialen Pol unmittelbar an den rechten Leberlappen, kaudal von ihr waren die halbmondförmigen, echoreichen Windungen der Colonspirale zu sehen.

Im Sagittalschnitt (Abb. 20) waren die Nieren des Meerschweinchens als längsovale Strukturen zu erkennen, im Dorsal- und Transversalschnitt (Abb. 21 und Abb. 22) waren sie eher rundlich in der Form. Die Oberfläche war glatt. Bei senkrechtem Auftreffen der Schallwellen auf das Organ war die Nierenkapsel als echoreiche Linie zu identifizieren. Das Parenchym der Niere zeigte drei voneinander abgrenzbare Regionen. Die außen liegende Rindenschicht war feinkörnig, homogen und von mittlerer Echogenität. Im Vergleich zum Nierenmark, ebenso wie zum Leber- und Milzparenchym, war sie damit echoreicher. Die innen liegende Markzone stellte sich meist echoärmer als die Cortex, zum Teil nahezu anechogen dar. Bei einzelnen Tieren war jedoch in manchen Schnittbildern die Echogenität von Nierenrinde und –mark kaum zu unterscheiden. In der dritten Region ließ sich das Nierenbecken an sich nicht darstellen. In der Sagittalansicht konnten aber die Ausbuchtungen des Nierenbeckens, die Recessus pelvis, dank des sie umgebenden Binde- und Fettgewebes als echo-

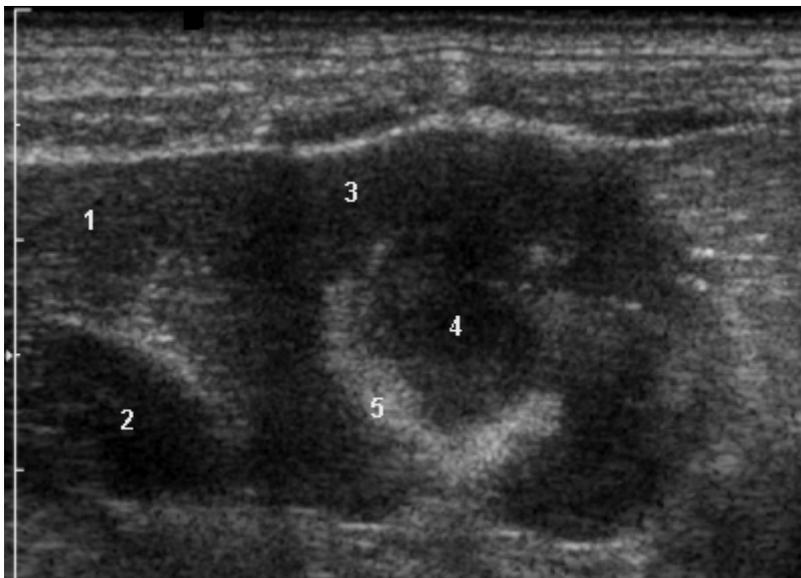
## Ergebnisse

gene, sichelförmige Linien erkannt werden. Im Dorsal- und Transversalschnitt zeigte sich der Sinus renalis, in dem das Nierenbecken liegt, V-förmig echoreich.



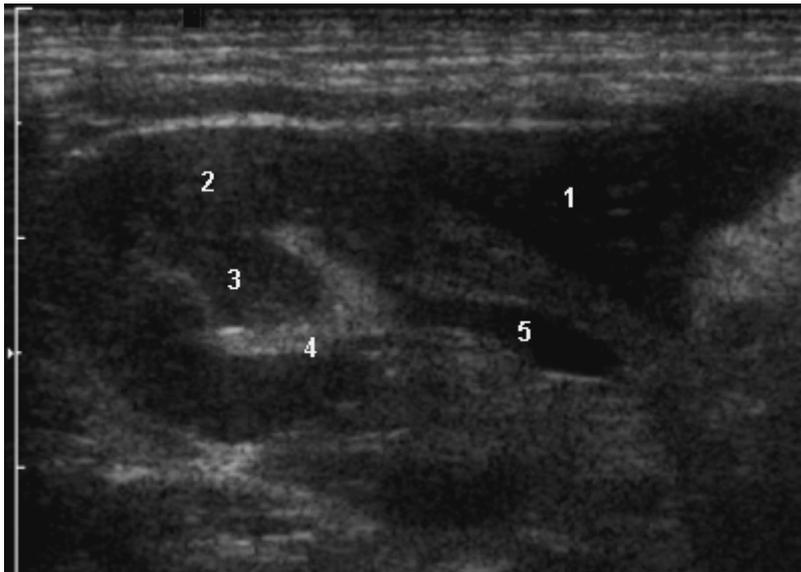
**Abb. 20: Linke Niere im Sagittalschnitt**

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1 Nierenrinde     | 4 Sinus renalis |
| 2 Nierenmark      | 5 Nierenkapsel  |
| 3 Recessus pelvis |                 |



**Abb. 21: Rechte Niere und Nebenniere im Dorsalschnitt**

- |                     |
|---------------------|
| 1 Leberparenchym    |
| 2 rechte Nebenniere |
| 3 Nierenrinde       |
| 4 Nierenmark        |
| 5 Sinus renalis     |



**Abb. 22: Rechte Niere im Transversalschnitt**

- 1 Leberparenchym
- 2 Nierenrinde
- 3 Nierenmark
- 4 Sinus renalis
- 5 Vena renalis

#### **4.4.2 Harnblase**

##### **Untersuchungstechnik**

Die Untersuchung der Harnblase erfolgte anhand mehrerer Sagittal- und Transversalschnitte. Dazu wurde der Schallkopf in der kaudalen Abdominalregion kranial des Os pubis zunächst in der Medianen aufgesetzt und anschließend leicht nach lateral gekippt, um Längsschnitte zu erhalten. Eine Drehung der Sonde um 90° ergab eine Darstellung der Harnblase im Querschnitt. Das Organ wurde von Blasenscheitel bis –hals durchgemustert.

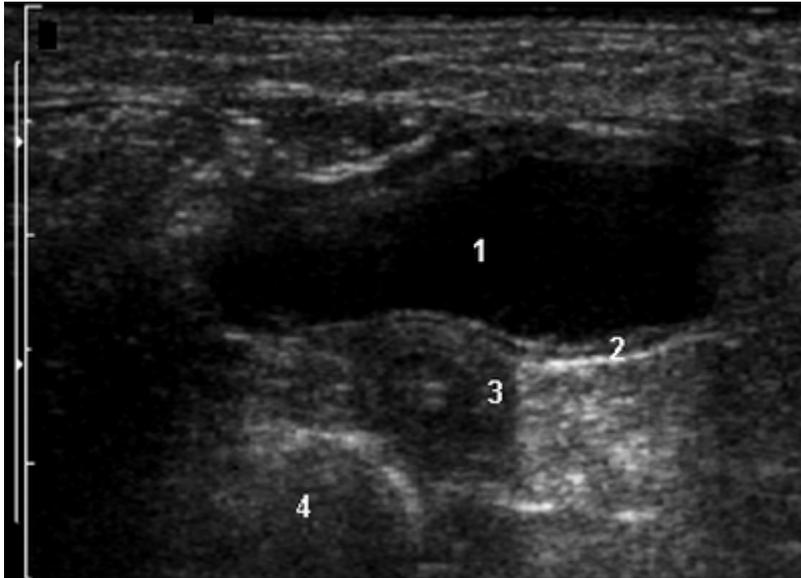
##### **Physiologische Befunde**

Im Längsschnitt stellte sich die Harnblase birnenförmig, im Transversalschnitt queroval dar. Durch das kranial der Blase gelegene Caecum und Colon ascendens wurde je nach Füllungszustand der Blasenscheitel teilweise überlagert. Im Querschnitt traten häufig Abweichungen von der querovalen Form durch das gefüllte Rektum und bei weiblichen Tieren durch den Uterus auf (Abb. 23).

Die dünne Wand der Harnblase erschien bei senkrechter Anschallung als echoreiche Doppellinie (Abb. 23), entsprechend der Schleimhautoberfläche und der Grenzfläche Blasenwand zum umgebenden Gewebe, mit dazwischen liegender echoarmer Tu-

## Ergebnisse

nica muscularis. Bei schrägem Auftreffen der Schallwellen waren die einzelnen Schichten nicht zu differenzieren. Der in der Harnblase enthaltene Urin war im physiologischen Zustand anechogen. Distal der Harnblase war eine ausgeprägte Schallverstärkung zu erkennen, die als akustisches Fenster für dorsal gelegene Strukturen, wie die Gebärmutter, von Nutzen war.



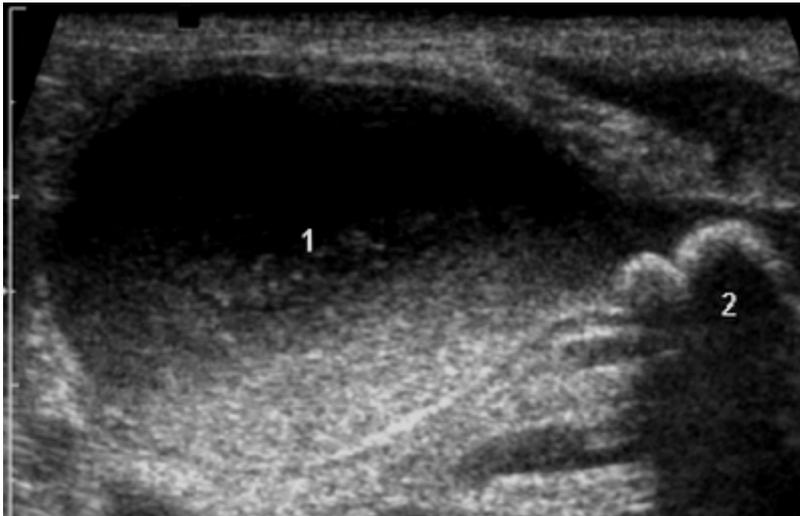
**Abb. 23: Harnblase im Transversalschnitt**

- 1 Harnblasenlumen
- 2 Dreischichtung der Harnblasenwand
- 3 Zervix
- 4 Rektum

### **Pathologische Befunde**

Bei insgesamt 22 Tieren wurden in der Harnblase wenige bis zahlreiche reflexreiche, sedimentierende Echos festgestellt, die sich durch variierenden Druck des Schallkopfes auf die Bauchdecke aufwirbeln ließen.

Ein Meerschweinchen, das wegen des Verdachts auf Urolithiasis vorgestellt wurde, wies eine große Anzahl an hyperechogenen Reflexen auf. Zusätzlich waren am Harnblasenhals zwei halbrunde, reflexreiche Echos mit distaler Schallauslöschung zu erkennen (Abb. 24).



**Abb. 24: Harnblase im Sagittalschnitt (Urolithiasis)**

1 hochgradige Ansammlung reflexreicher Echos

2 rundliche, stark echogene Gebilde mit Schallschatten im Harnblasenhals

## **4.5 Männliche Geschlechtsorgane**

### **4.5.1 Hoden und Nebenhoden**

#### **Untersuchungstechnik**

Für die Untersuchung der Hoden war eine gründliche Schur im Inguinalbereich unerlässlich, um störende Artefakte durch noch verbliebene Haare zu vermeiden. Die Hoden der unkastrierten Meerschweinchen wurden durch die Ankopplung des Schallkopfes paramedian in der kaudalen Abdominalregion aufgesucht und in medio-lateraler Richtung durchgemustert. Nach Drehung des Schallkopfes um 90° erfolgte die Darstellung in der Transversalebene. Das Organ wurde über seine gesamte Länge von kranial nach kaudal untersucht.

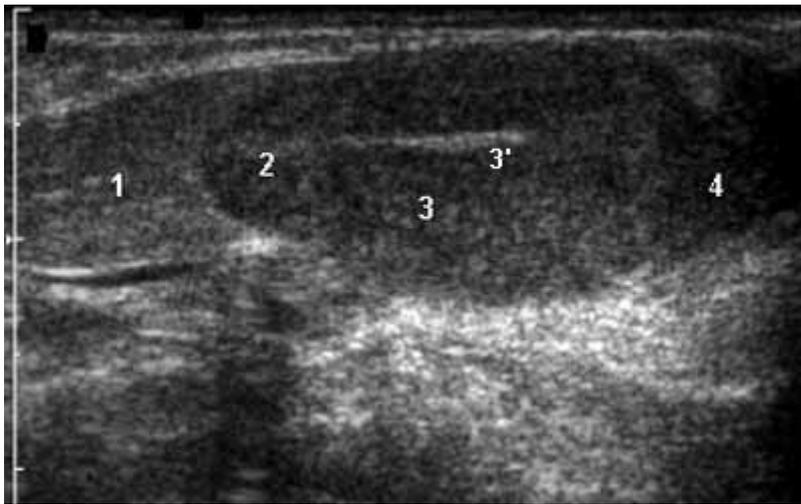
#### **Physiologische Befunde**

Der Hoden des Meerschweinchen (Abb. 25) erschien im Sagittalschnitt längsoval, im Querschnitt rundlich. Das Parenchym war homogen, von feinkörniger Echotextur und mittlerer Echogenität. Die glatte Oberfläche war durch eine feine, echoreiche Linie begrenzt. Das Mediastinum testis war in der Organmitte im Längsschnitt als dünne, hyperechogene Linie zu erkennen, die sich von kranial aus individuell unterschiedlich weit ins Innere des Organs fortsetzte. Auch in der Transversalebene konnte das Mediastinum als echoreicher Punkt im kranialen Teil des Hodens differenziert werden.

## Ergebnisse

Vom Nebenhoden konnten lediglich Caput und Cauda epididymidis dargestellt werden. Im Vergleich zum Hodengewebe erschienen die Nebenhodenanteile homogen hypoechoген (Abb. 25).

Der mächtige, den Hoden und Nebenhoden umgebende Fettkörper war deutlich echogener als das Hodenparenchym (Abb. 25).



**Abb. 25: Hoden im Sagittalschnitt**

- 1 Hodenfettkörper
- 2 Nebenhodenkopf
- 3 Hodenparenchym mit Mediastinum testis (3')
- 4 Nebenhodenschwanz

### 4.5.2 Akzessorische Geschlechtsdrüsen

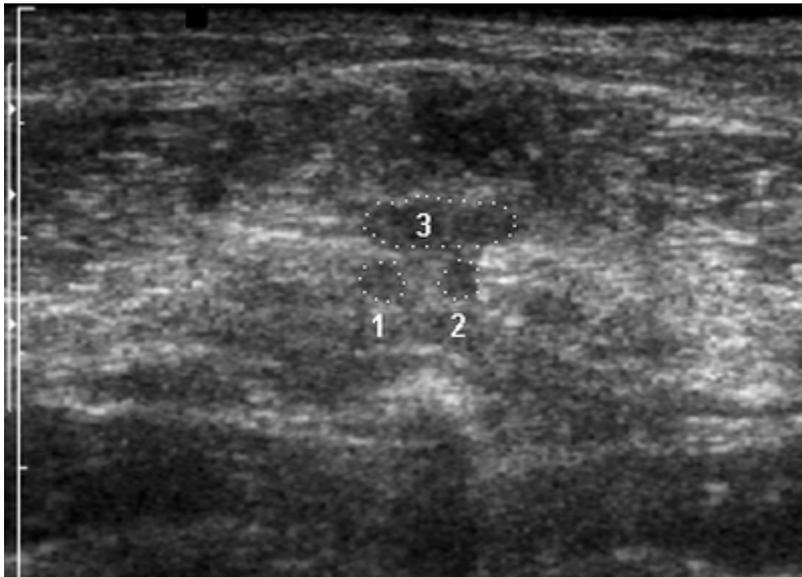
#### Untersuchungstechnik

Von den akzessorischen Geschlechtsdrüsen des Meerschweinchens konnte lediglich die große Glandula vesicularis dargestellt werden. Prostata, Glandulae bulbourethrales und Glandulae coagulationae konnten nicht sicher vom umliegenden Gewebe differenziert werden.

Der Schallkopf wurde in transversaler Richtung median in der kaudalen Abdominalregion vor dem Os pubis aufgesetzt, um einen Querschnitt der Harnblase zu erhalten. Danach wurde die paarige Samenblasendrüse durch Kippen und Verschieben des Schallkopfes nach kaudal im dorsalen und dorsolateralen Bereich der Harnblase aufgesucht.

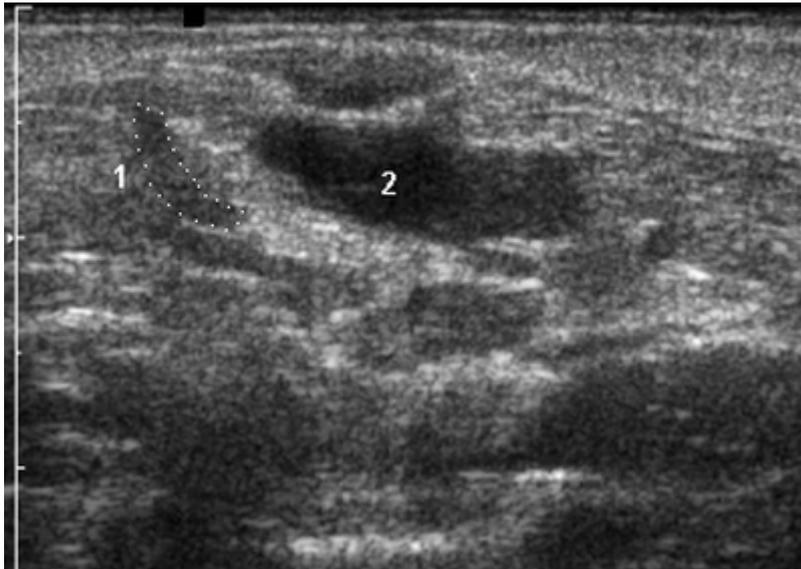
### Physiologische Befunde

Die paarigen Samenblasendrüsen stellten sich im Querschnitt als kleine, rundliche Strukturen dar, die im kaudalen Bereich parallel zueinander knapp dorsal der Harnblase verliefen (Abb. 26). Bei ihrer Verfolgung nach kranial drifteten sie zunehmend nach lateral auseinander, bis sie im schrägen Anschnitt als längliche, schlauchförmige Strukturen dorsolateral der Harnblase erkennbar wurden (Abb. 27). Die Samenblasendrüsen waren im Vergleich zu ihrer Umgebung deutlich hypoechogen.



**Abb. 26: Gll. vesiculares im Transversalschnitt**

- 1 rechte Gl. vesicularis
- 2 linke Gl. vesicularis
- 3 Harnblasenhals



**Abb. 27: Rechte Gl. vesicularis**

- 1 Gl. vesicularis (schräg angeschnitten)
- 2 Harnblase

## 4.6 Weibliche Geschlechtsorgane

### 4.6.1 Ovarien

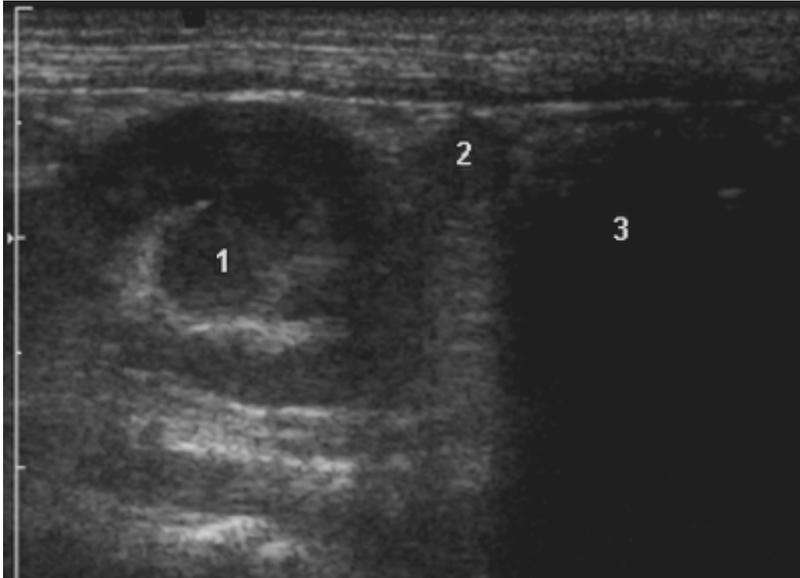
#### Untersuchungstechnik

Die Untersuchung der Eierstöcke erfolgte ausgehend von einem Dorsalschnitt der gleichseitigen Niere. Anschließend wurde das Ovar an deren kaudalem Pol aufgesucht und im Längs-, sowie nach Drehung des Schallkopfes um 90° auch im Querschnitt dargestellt.

#### Physiologische Befunde

Unveränderte Ovarien konnten nur bei zwei der 17 weiblichen Meerschweinchen auf der linken Seite gefunden werden. Generell wurde die Darstellung des linken Eierstocks durch ventral davon liegende Teile des Colon transversum bzw. Caecum, die des rechten durch das kaudal der rechten Niere gelegene Colon ascendens behindert. Bei den beiden Tieren lag das Ovar dem kaudalen Nierenpol an (Abb. 28). Es war rund in der Form und wies eine der Nierenrinde vergleichbare oder geringfügig größere Echogenität auf. Im Gegensatz zur Umgebung war das Organ jedoch deutlich echoärmer. Funktionsgebilde konnten nicht differenziert werden.

## Ergebnisse

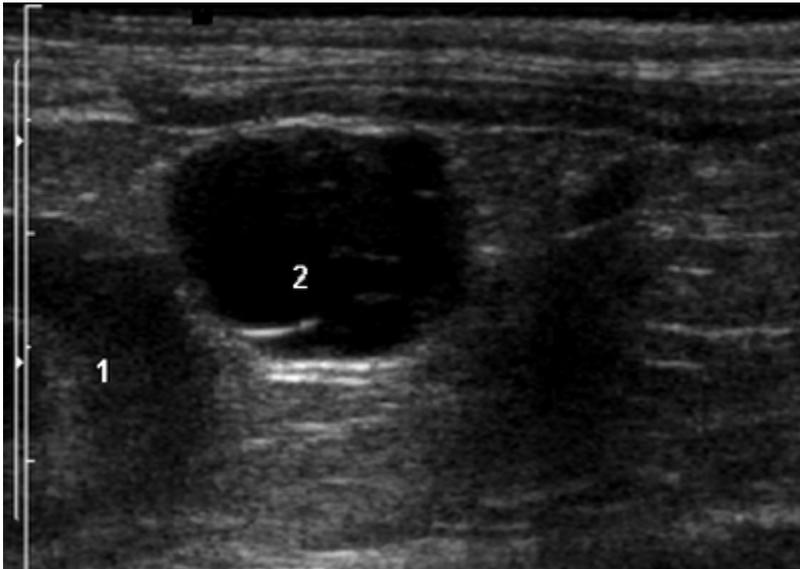


**Abb. 28: Linkes Ovar im Dorsalschnitt**

- 1 linke Niere
- 2 linkes Ovar
- 3 Anfangsteil des Colon ascendens

### **Pathologische Befunde**

Bei sieben der 17 weiblichen Tiere konnten ein-, meist aber beidseits kaudal der Nieren unterschiedlich große, scharf abgegrenzte, rundliche bis ovale Gebilde nachgewiesen werden. Sie stellten sich echofrei mit deutlicher distaler Schallverstärkung dar. Vereinzelt fanden sich im Inneren echoreiche Linien, die das Organ in mehrere Kammern unterteilten (Abb. 29). Bei senkrechter Anschallung war eine echoreiche Grenzlinie zu beobachten. Eigentliches Eierstocksgewebe war nicht mehr zu identifizieren. Die betroffenen Tiere zeigten keinerlei klinische Symptome.



**Abb. 29: Zystisches linkes Ovar im Dorsalschnitt**

- 1 Cortex der linken Niere
- 2 gekammerte Ovarialzyste

## 4.6.2 Uterus

### Untersuchungstechnik

Es wurde versucht, die Gebärmutter des Meerschweinchens sowohl im Längs-, als auch im Querschnitt darzustellen. Dazu wurde der Schallkopf wie bei der Untersuchung der Harnblase zunächst in sagittaler Richtung in der kaudalen Abdominalregion kranial des Os pubis aufgesetzt. Zur Erzielung eines Transversalschnittes wurde der Schallkopf um 90° gedreht.

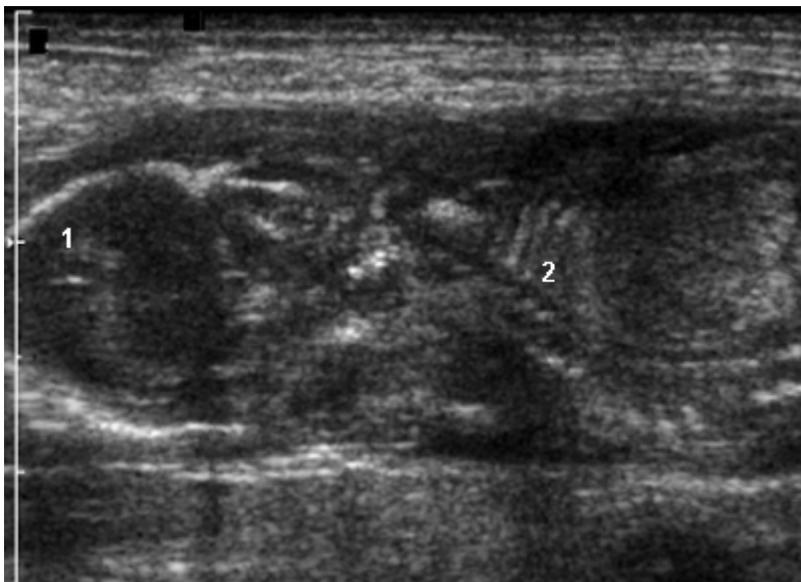
### Physiologische Befunde

Sonographisch konnte die Gebärmutter nur im Bereich dorsal der Harnblase dargestellt werden. Die weiter kranial gelegenen Anteile waren aufgrund der Schallauslöschung, bedingt durch das mit Gas und Ingesta gefüllte Caecum und Colon, nicht mehr zu verfolgen. Die gefüllte Harnblase fungierte bei der Untersuchung als akustisches Fenster. Dennoch konnte die unveränderte Gebärmutter im Längsschnitt nicht sicher von ihrer Umgebung abgegrenzt werden. Im Transversalschnitt dagegen war das einheitliche Corpus uteri bzw. die Cervix uteri bei allen weiblichen Tieren zu identifizieren. Es war als rundliche Struktur mittlerer Echogenität und feinkörniger Textur zu erkennen (Abb. 23). Im Vergleich zur Umgebung verhielt es sich hypoechogen. Die Lage variierte bei den einzelnen Tieren von unmittelbar dorsal bis fast late-

ral der Harnblase und ventral bis ventrolateral des Rektum. Einzelne Schichten der Wand oder ein Lumen waren nicht zu beobachten.

### 4.6.3 Trächtignachweis

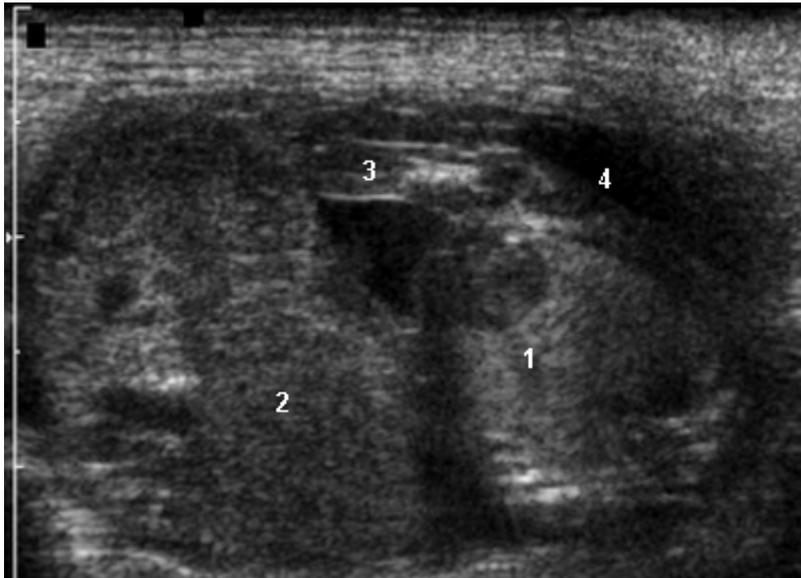
Ein weibliches Meerschweinchen wurde zur Bestätigung einer vermuteten Trächtigkeit zur Ultraschalluntersuchung vorgestellt. Der Deckzeitpunkt war nicht bekannt. Beim Abtasten des Abdomens konnten mehrere Fruchtanlagen dargestellt werden. Sie erschienen in der Transversalansicht rundlich, im Sagittalschnitt längsoval (Abb. 30). Die äußere Begrenzung bildete die mittel echogene, homogene Uteruswand. Im Inneren konnten die fetalen Anteile aufgrund ihrer mittleren bis starken Echogenität leicht von dem sie umgebenden anechogenen Fruchtwasser unterschieden werden. In einigen Schnittbildern konnten Teile des Skeletts, wie Schädel und Rippen, als hyperechogene Strukturen mit distalem Schallschatten erkannt werden (Abb. 30). Auch Anteile der fetalen Leber konnten abgegrenzt werden (Abb. 31). Des Weiteren war der Herzschlag der Feten nachweisbar. Eine definitive Aussage über die Anzahl der Feten konnte nicht getroffen werden.



**Abb. 30: Sagittalschnitt eines Fetus**

- 1 Schädel
- 2 Rippen

## Ergebnisse



**Abb. 31: Fetus**

- 1 Kopf
- 2 Leber
- 3 Gliedmaße
- 4 Fruchtwasser

## 5 Diskussion

Über die Durchführbarkeit von Ultraschalluntersuchungen bei Meerschweinchen wird in der Literatur bereits durch verschiedene Autoren berichtet. Jedoch handelt es sich dabei meist um Falldarstellungen oder Untersuchungen des Urogenitaltraktes. Deshalb war die Zielsetzung dieser Studie, systematisch sonographische Normalbefunde an allen Organen der Abdominalhöhle zu erheben bzw. Grenzen dieses Verfahrens für deren Darstellung aufzuzeigen.

### 5.1 Vorbereitung und Durchführung der Ultraschalluntersuchung

Obwohl einige Autoren über zufriedenstellende Ergebnisse der sonographischen Untersuchung beim Meerschweinchen mit der Verwendung einer 5 - 7,5 MHz-Schallsonde berichten (29, 30, 40, 49, 56, 94, 120), erwies sich der mit einer Mittenfrequenz von 12 MHz arbeitende Schallkopf des hier verwendeten Ultraschallsystems als äußerst vorteilhaft. So konnten dank des hohen Auflösungsvermögens und der guten Detailerkennbarkeit auch sehr kleine Strukturen im Abdomen von *Cavia aperea* f. *porcellus* dargestellt werden.

Voraussetzung für eine aussagekräftige Darstellung der Abdominalorgane allerdings war, neben der Applikation eines handelsüblichen Ultraschallgels, die gründliche Schur des Fells vom Rippenbogen bis zum Becken, im kranialen Bereich zusätzlich ca. zwei- bis dreifingerbreit nach lateral wegen der hochdorsalen Lage der Nieren. Unterblieb sie oder erfolgte sie nicht weit genug nach allen Seiten, war eine ausreichende Ankopplung der Ultraschallsonde nicht gewährleistet. Die Folge waren Artefakte, welche die einwandfreie Abbildung der Organe einschränkten oder gar verhiinderten. Diese Tatsache sollte dem Tierbesitzer in jedem Fall vor Beginn der Untersuchung erläutert werden. Im Gegensatz zum Degu (41) waren die Haare zwar bei allen in dieser Studie untersuchten Meerschweinchen unabhängig von ihrer Rasse innerhalb weniger Wochen ohne Farb- oder Strukturveränderungen nachgewachsen, dennoch sollte dies, insbesondere bei Zucht- und Ausstellungstieren, sowie bei im Freien gehaltenen Meerschweinchen in den Wintermonaten bedacht werden.

Hinsichtlich der geeigneten Lagerung der Tiere für die Ultraschalluntersuchung herrschen in der Literatur unterschiedliche Meinungen. Während Engelke (30) beispiels-

weise eine aufrechte oder auf dem Schallkopf sitzende Position beschreibt, ziehen Beregi et al. (9), Kiefer et al. (66) sowie Niebergall (93) die Lagerung auf dem Rücken vor. In der vorliegenden Studie wurden die Meerschweinchen in Rückenlage auf einem U-förmigen Schaumstoffkissen, wie es für die abdominale Sonographie von Hund und Katze Verwendung findet, vom Tierbesitzer und einer weiteren Hilfsperson fixiert. Das Kissen diente dabei nicht nur als weiche Unterlage, sondern bot auch Isolierung gegen allzu große Wärmeverluste. Einzig die Form erwies sich bisweilen als nachteilig, da die hochgezogenen Ränder des Kissens bei der sonographischen Darstellung der weit dorsal gelegenen Nieren etwas hinderlich waren. Durch leichtes Kippen des Tieres auf die Seite konnte jedoch einfach und effektiv Abhilfe geschaffen werden.

Der Ablauf der Untersuchung erfolgte in Anlehnung an das etablierte Verfahren bei Hund und Katze. Ausgehend von der Harnblase wurden zunächst die Organe der linken, dann die der rechten Körperseite dargestellt und durchgemustert. Tiefenverstärkung und Fokusposition wurden dabei individuell und je nach Organ bzw. interessierendem Bereich angepasst. Da die Tiere von ihren Besitzern nur einmal zur Untersuchung vorgestellt werden konnten, wurde versucht, alle Organe der Abdominalhöhle während des Untersuchungsganges bestmöglich abzubilden. Aufgrund der Beeinträchtigung durch futter- und gasgefüllte Anteile des Magen-Darm-Traktes waren jedoch zeitweise einige Strukturen nur unzureichend darstellbar. In diesem Fall wurde die Untersuchung zunächst fortgesetzt und das betreffende Organ zu einem späteren Zeitpunkt nochmals aufgesucht. Ähnlich wurde verfahren, wenn das zu untersuchende Meerschweinchen kurz vorher Urin abgesetzt hatte und die Harnblase deshalb aufgrund zu geringer Füllung nicht beurteilt werden konnte. Diese wurde dann zum Ende des sonographischen Untersuchungsganges, wenn sie sich wieder etwas gefüllt hatte, erneut dargestellt.

Obwohl sich alle Meerschweinchen in dieser Studie sehr kooperativ zeigten, wurde die Untersuchungsdauer auf maximal 30 Minuten begrenzt. Die Zeit wurde bei dem trächtigen Tier sogar auf 10 Minuten reduziert und die Untersuchung auf die des graviden Uterus beschränkt, um einer übermäßigen Stressbelastung und damit der Gefahr einer Trächtigkeitstoxikose (39) oder eines Aborts, wie beim Degu (41) beobachtet, vorzubeugen. Es bleibt jedoch festzustellen, dass selbst Meerschweinchen, die nicht an tagtägliches Handling gewöhnt waren, die Manipulationen sehr gut und ohne Folgeerscheinungen tolerierten. Viele bedurften sogar nur einer sehr lockeren Fixa-

tion, schienen sie doch fast in einen oberflächlichen Schlaf zu fallen. Ab einer Untersuchungsdauer von ca. 20 Minuten jedoch wurden einige Tiere zunehmend unruhig und wehrhaft. Sie wurden dann vorübergehend in normale Stellung verbracht und die Untersuchung nach kurzer Ausruhphase fortgesetzt. Eine Sedation war bei keinem der vorgestellten Tiere notwendig.

## **5.2 Gastrointestinaltrakt**

Im Vergleich zu Hund, Katze (53, 82, 87) und auch Frettchen (38) gestaltet sich die Sonographie des Magen-Darm-Traktes beim Meerschweinchen schwieriger und weniger aussagekräftig. Schallschatten und Artefakte, bedingt durch Ingesta und Gasansammlungen, stellen in vielen Fällen ein Hindernis bei der Beurteilung der einzelnen Strukturen dar (77). Besonders die Hauptgärkammern Caecum und Colon, die eine große räumliche Ausdehnung im ventralen Abdomen besitzen, können den Einblick in dorsal von ihnen gelegene Bereiche erheblich einschränken oder sogar gänzlich verhindern (30, 66, 111). Zusätzlich ist eine 12- bis 24-stündige Nahrungskarenz, wie bei Hund und Katze (82) empfohlen, bei Heimtieren wegen ihres intensiven Stoffwechsels (75) bzw. der dadurch noch stärkeren Gasentwicklung (32) nicht praktikabel.

### **5.2.1 Magen**

Der vor allem links im kranialen Teil der Bauchhöhle gelegene Magen war bei allen Tieren mit Futter gefüllt. Dies entspricht dem physiologischen Zustand, da Meerschweinchen wegen der gering ausgebildeten Eigenmuskulatur des Magens auf ständigen Nachschub angewiesen sind (43). Um den Weitertransport des Futters in den Dünndarm zu gewährleisten, verbringen sie deshalb den größten Teil des Tages mit der Nahrungsaufnahme. Dementsprechend war die bei der nüchternen Katze typische Magenrosette (82) bei keinem der untersuchten Tiere zu erkennen, ebenso wenig wie Magenschleimhautfalten, die aufgrund des Füllungszustandes weitgehend verstrichen waren. Würde bei einem Meerschweinchen ein leerer Magen angetroffen, wäre dies ein Hinweis auf eine Anorexie, deren Ursache z.B. eine Zahnerkrankung (15), Pharyngitis, ein Kieferabszess oder -tumor (86) oder auch ein raumfordernder Prozess in der Bauchhöhle (32) sein könnte. Hinsichtlich des fünfschichtigen Wandaufbaus unterschied sich der Magen des Meerschweinchens nicht von dem von Hund, Katze, Frettchen und Degu (38, 41, 82, 87, 101). Eine Differenzierung der einzelnen Abschnitte des Magens war wegen der gas- und ingestabedingten

Schallauslöschung anhand des sonographischen Bildes nicht möglich. Dennoch kann die Ultraschalluntersuchung im Krankheitsfall wichtige diagnostische Hinweise liefern, beispielsweise im Falle von Bezoaren (8, 69) oder Rotationen (78) von Magen und Milz.

### **5.2.2 Darmtrakt**

Bei Hund und Katze stellt die Sonographie auch im Bereich des Darmtraktes ein wertvolles diagnostisches Hilfsmittel dar, da sie im Vergleich zu den Pflanzenfressern einen größeren Einblick in die einzelnen Abschnitte erlaubt und somit eine (patho-)morphologische und funktionelle Beurteilung ermöglicht (82). Ähnlich wie beim Degu (41) wurden beim Meerschweinchen viele Strukturen im dorsalen Abdomen durch die Schallauslöschung der ausgeprägten Dickdarmanteile Caecum und Colon ganz oder teilweise überlagert, was eine Beurteilung einschränkte oder verhinderte. Dies galt insbesondere für die vorwiegend im rechten dorsalen Quadranten gelegenen Dünndarmteile sowie Nieren, Nebennieren und Ovarien. Dagegen gelang die Darstellung der einzelnen Dickdarmabschnitte, die sich als sehr lagekonstant erwiesen, bei allen Tieren. Die anatomischen Verhältnisse, wie im Kapitel 2.4.2.3 beschrieben, konnten demnach anhand der Ultraschalluntersuchung nachvollzogen werden.

### **5.2.3 Darmanhangsdrüsen**

Die intrathorakal und vorwiegend rechts der Medianen gelegene Leber stellte sich beim Meerschweinchen hinsichtlich ihrer Echogenität und -textur fast analog zu Hund, Katze, Frettchen und Degu dar. Sie war gering bis mittel echogen, besaß ein homogenes Echomuster und auch die Zeichnung der Gefäße entsprach dem gewohnten Bild (22, 38, 53, 87, 111, 125). Im Vergleich zur Nierenrinde verhielt sich das Leberparenchym hypoechogen, wie Gneiser (41) schon beim Degu feststellen konnte. Gegenüber der Milz ergaben sich Unterschiede hinsichtlich der Echogenität (53, 125), die in dieser Studie bei beiden Organen sehr ähnlich war. Da keines der hier untersuchten Tiere klinische Symptome zeigte, scheint es sich nicht um eine pathologische Abweichung zu handeln. Veränderungen in der Echogenität des Parenchyms, z.B. in Form einer Verstärkung, können aber durchaus Hinweis auf eine Krankheit sein. Sie tritt mitunter bei einer Leberlipidose auf, die sowohl alimentär als auch toxisch infolge einer mit Inappetenz einhergehenden Erkrankung bedingt sein kann (32, 111). Die Sonographie kann in diesen Fällen wertvolle Dienste in der Abgrenzung zu Neoplasien, Leberstauungen (32) und –abszessen (12) leisten.

Auch das Bild der Gallenblase des Meerschweinchens glich dem der anderen Tierarten (22, 53, 87, 111, 125). Lediglich in ihrer Lage bestand ein Unterschied, der eine Neudefinition der für Hund und Katze eingeführten Standardebenen (96) für das Meerschweinchen notwendig machte. Im Gegensatz zu genannten Tierarten war die Gallenblase nämlich nicht rechtsseitig, sondern in der Medianen zu finden; je nach Füllungszustand war sie sogar bis auf die linke Seite zu verfolgen. Aus diesem Grund wurden die von Hund, Katze und Frettchen bekannten Sagittalebene III und IV (38, 96) beim Meerschweinchen in umgekehrter Reihenfolge angeordnet. Die bei einem Tier festgestellte scheinbare Septierung der Gallenblase entspricht dem von Katze und Frettchen bekannten Bild und ist bei diesen nicht als pathologisch einzustufen (38, 125). Da das betroffene Meerschweinchen keinerlei klinische Symptome aufwies, dürfte diese Annahme auch hier Gültigkeit besitzen.

Die Darstellung der unveränderten Bauchspeicheldrüse des Meerschweinchens gelang, ähnlich wie häufig bei Hund und Katze (22, 53, 82), Frettchen (38) und Degu (41), trotz des hochauflösenden Schallkopfes nicht. Inwieweit ein pathologisch verändertes Pankreas, beispielsweise bei einem gelegentlich vorkommenden Insulinom (32) oder bei Diabetes mellitus (31, 135) im Ultraschallbild zu identifizieren ist, bedarf weiterer Untersuchungen.

### **5.3 Milz**

Die auf der linken Körperseite der Abdominalwand direkt anliegende Milz konnte bei allen Meerschweinchen in dieser Studie zwischen Magen und Niere aufgefunden und durchgemustert werden. Wie schon Beregi et al. (10) feststellten, ist die Sonographie der Milz daher auch beim Meerschweinchen ein wertvolles Verfahren zur Diagnostik von Umfangsvermehrungen oder strukturellen Abweichungen. Auffallend war jedoch die im Vergleich zu Hund, Katze (22, 87, 125) und Frettchen (38) geringere Echogenität des Organs. So stellte sie sich gegenüber der Leber ungefähr gleich echogen, gegenüber der Nierenrinde deutlich echoärmer dar. Dies muss bei der Untersuchung berücksichtigt werden und ist nach den Ergebnissen dieser Studie kein Hinweis auf eine pathologische Veränderung.

## 5.4 Nebennieren

Zum Auffinden der im Vergleich zur Körpergröße sehr prominenten Nebennieren des Meerschweinchens war eine Orientierung an Aorta links bzw. Vena cava caudalis rechts, wie für Hund, Katze (53, 82, 87) und Frettchen (38) empfohlen, nicht nötig. Einfacher war das Aufsuchen der Organe ausgehend vom kranialen Pol der gleichseitigen Niere. Dazu wurde ein Dorsalschnitt der Niere erstellt und durch leichtes Verschieben und Kippen des Schallkopfes nach kraniomedial die Nebenniere ins Bild gebracht. Bisweilen war die Darstellung auf der linken Seite allerdings durch den gefüllten Magen, auf der rechten Seite durch Darmteile und deren Schallschatten eingeschränkt. Analog zu den Kleintieren (22, 38, 53, 77, 82, 87) waren sie als hypoechogene Strukturen zu erkennen. Eine Unterscheidung zwischen Rinde und Mark war, wie beim Degu (41), nicht möglich.

## 5.5 Harnorgane

Zu den Bestandteilen des Harntraktes, die bei allen Meerschweinchen darzustellen waren, gehören die Nieren sowie die Harnblase. Die nicht pathologisch veränderten Ureteren konnten aufgrund ihrer geringen Größe und des ventral von ihnen gelegenen, schallauslöschenden Darms nicht identifiziert werden.

### 5.5.1 Nieren

Prinzipiell waren die Nieren beim Meerschweinchen, wie bereits von Niebergall (93) festgestellt, in allen drei definierten Standardebenen darzustellen. Aussagekräftige Sagittal-, Dorsal- und Transversalschnitte konnten jedoch lediglich bei einzelnen Tieren gewonnen werden. Hinderlich waren hier vor allem die großen Dickdarm-Anteile mit ihrem ausgeprägten Schallschatten, die den Blick auf die dorsal gelegenen Nieren verwehrten oder derart einschränkten, dass eine verlässliche diagnostische Aussage nicht getroffen werden konnte. Für das Auffinden der Dorsalebene musste zusätzlich auf eine hinreichend weit lateral ausgedehnte Schur geachtet werden, da sonst durch die Ankopplung im Fell störende Artefakte auftraten.

Mit Ausnahme einzelner Tiere, bei denen sich in bestimmten Anschnitten die Nierenrinde vom –mark kaum in ihrer Echogenität unterschied, zeigten die Nieren des Meerschweinchens das von Hund, Katze (22, 53, 60, 77, 87) und Frettchen (38) gewohnte Bild einer echogenen Rinden- und echoärmeren bis anechogenen Markzone (9). Die oben beschriebene Abweichung wurde bereits in der Untersuchung von Nie-

bergall (93) an Meerschweinchen und von Gneiser (41) an Degus beobachtet und scheint bei diesen Heimtierspezies nicht zwangsläufig auf einen pathologischen Prozess zurückzuführen zu sein.

### **5.5.2 Harnblase**

Entgegen der Feststellung von Engelke (30) war die Harnblase bei nahezu allen Tieren in dieser Studie gut gefüllt und ließ sich problemlos darstellen. Nur ausnahmsweise kam es vor, dass einzelne Tiere kurz vor der Untersuchung Harn abgesetzt hatten und die Harnblase deshalb aufgrund des geringen Füllungszustandes nicht sicher beurteilt werden konnte. In diesen Fällen wurde der Untersuchungsgang zunächst fortgesetzt und die Harnblase am Ende erneut aufgesucht. In der Zwischenzeit hatte sich die Blase wieder etwas gefüllt, so dass eine Auswertung möglich war.

Im sonographischen Bild entsprach die Harnblase prinzipiell dem gewohnten Bild von Hund, Katze (22, 53, 84) und Frettchen (38). Die Feststellung von Niebergall (93), dass die typische Birnenform nur bei einzelnen Tieren, häufiger dafür eine Formveränderung durch anliegende Darmteile zu finden ist, konnte bestätigt werden. Wie bei anderen Tieren war die Wand der Harnblase im gefüllten Zustand glatt und dünn, die enthaltene Harnflüssigkeit anechogen mit distaler Schallverstärkung.

Bei insgesamt 22 Meerschweinchen konnten in der Harnblase wenige bis zahlreiche sedimentierende, reflexreiche Echos nachgewiesen werden, die sich durch schnelle Bewegungen des Schallkopfes auf der Bauchdecke aufwirbeln ließen. Da das sonographische Bild dem von Harngrieß bei Hund und Katze (84) glich, wurde diese Diagnose auch für die betroffenen Meerschweinchen angenommen. Anzeichen einer Zystitis in Form einer Harnblasenwandaufrauung oder -verdickung konnten nicht gefunden werden. Ähnliche Befunde wurden bereits von anderen Autoren für Meerschweinchen (40, 93), Kaninchen (30, 93) und Degus (41) erhoben. Rappold (110) postuliert sogar, dass Kristalle bei Meerschweinchen und Kaninchen physiologischerweise vorkommen.

Das Meerschweinchen, welches zur Bestätigung einer Urolithiasis vorgestellt wurde, ließ in der Harnblase ebenfalls eine große Menge Harngrieß erkennen. Zusätzlich befanden sich im Blasenhalss zwei halbrunde, stark echogene Gebilde mit distalem Schallschatten, bei denen es sich der sonographischen Erscheinung nach um Harnblasensteine handelte. Im Allgemeinen stellt die Urolithiasis vor allem bei Meerschweinchen und Kaninchen ein häufiges Problem dar, was auf die Besonderheiten

insbesondere des Calciumstoffwechsels bei diesen Tierarten zurückzuführen ist (32). Da mit der Nahrung aufgenommenes Calcium nicht bedarfsorientiert, sondern zu ca. 80 % resorbiert und der Überschuss im Gegensatz zu anderen Tierarten renal ausgeschieden wird, neigen die Nager zu Mineralstoffablagerungen und Konkrementbildung in den Harnwegen (88). Begünstigend für die Kristallbildung wirken sich der physiologisch alkalische pH des Urins (32), bakterielle Infektionen (72, 97) oder Begleiterkrankungen wie Diabetes mellitus (100), sowie die Verfütterung sehr calciumreicher Nahrungsmittel (supplementierte Fertigmischungen, Luzerne, Löwenzahn, Petersilie etc.) (32, 33, 72) aus. Die klinischen Symptome sind abhängig von der Ausprägung und der Lokalisation der Veränderungen, können diese doch als Harngrieß oder solide Steine unterschiedlicher Größe und Oberfläche, sowie in Nieren, Ureteren, Harnblase oder Urethra auftreten (34, 35, 63, 72, 100, 110, 124, 128, 130, 133). Sie reichen von unspezifischen Symptomen wie Inappetenz und gestörtem Allgemeinbefinden bis hin zu Schmerzen und Auffälligkeiten beim Harnabsatz wie Harndrang, Strangurie und Hämaturie (32, 72, 128, 133). Die Diagnose lässt sich, da die Konkreme meist aus Calciumcarbonat und Calciumphosphat bestehen (35, 110, 123), mittels einer Röntgenaufnahme stellen. Eine sonographische Untersuchung kann diese bestätigen und gleichzeitig Hinweise auf die genaue Lokalisation und Größe der Urolithen sowie eventuell bereits aufgetretene Folgeerkrankungen wie z.B. Zystitis, Ureterdilataion oder Hydronephrose (32, 40, 130, 145) liefern. Die Therapie besteht in der (meist chirurgischen) Entfernung der Urolithen (32, 34) und begleitender Maßnahmen (Flüssigkeitssubstitution, Antibiose, Futterumstellung etc.). Befinden sich die Harnsteine in der Urethra, was nach Angaben in der Literatur (110) aufgrund der anatomischen Verhältnisse häufiger bei weiblichen Meerschweinchen der Fall ist, besteht auch die Möglichkeit der Zertrümmerung mit einem Zahnsteinentfernungsgerät (63, 124).

Bezüglich einer Alters- und Geschlechtsverteilung konnte im Rahmen dieser Studie keine Aussage getroffen werden.

### **5.6 Männliche Geschlechtsorgane**

Obwohl die männlichen Geschlechtsorgane in der Literatur nur selten als Ursprung pathologischer Veränderungen, wie z.B. Neoplasien oder Entzündungen (32), genannt werden, kann die Sonographie unter Umständen wertvolle diagnostische Hinweise liefern. Vor allem in Bezug auf die bisweilen auftretenden Abszesse infolge

Unverträglichkeiten des Nahtmaterials nach Kastration (12) ist die Ultraschalluntersuchung ein geeignetes Mittel, einen klinischen Verdacht zu erhärten.

### **5.6.1 Hoden mit Nebenhoden**

Die Hoden des Meerschweinchens stellten sich im sonographischen Bild analog zu jenem des Hundes (22, 82) dar. Neben einem feinkörnig homogenen Parenchym mittlerer Echogenität konnte das Mediastinum testis als echodichte Struktur im Inneren des Organs sowohl im Längs-, als auch im Querschnitt identifiziert werden. Vom Nebenhoden waren nur Kopf und Schwanz eindeutig zu differenzieren, eine umfassende Beurteilung des gesamten Nebenhodens war demnach nicht möglich. Wie bei Hund und auch Degu (41) war das Parenchym im Vergleich zum Hoden echoärmer. Im Gegensatz dazu war der dem Hoden kappenartig aufgesetzte, beim Meerschweinchen relativ große Fettkörper deutlich echogener.

### **5.6.2 Akzessorische Geschlechtsdrüsen**

Im Gegensatz zum älteren Rüden, bei dem Erkrankungen der Prostata nicht selten auftreten und mittels sonographischer Untersuchung oftmals diagnostiziert werden können (53, 77), finden sich nur wenige Hinweise in der Literatur (118) auf ähnliche Probleme beim Meerschweinchen. Auch die Abgrenzung der Prostata im physiologischen Zustand gelang im Rahmen dieser Untersuchung nicht.

Die beim Meerschweinchenbock mit ca. 10 cm sehr großen und weit ins Abdomen ragenden Samenblasendrüsen ließen sich dagegen kaudodorsal bis dorsolateral der Harnblase als schmale, schlauchförmige bzw. im Querschnitt runde, echoarme Strukturen darstellen. Bei den hin und wieder auftretenden Konkrementen der Gll. vesiculares (32), die röntgenologisch bisweilen nicht eindeutig von solchen des Harntrakts zu unterscheiden sind, kann die Sonographie wichtige Hinweise zur Lokalisation und somit für die Diagnosestellung liefern.

## **5.7 Weibliche Geschlechtsorgane**

### **5.7.1 Ovarien**

Die Identifikation der Eierstöcke gelang in dieser Studie bei neun der 17 weiblichen Meerschweinchen. Generell wurde die Untersuchung durch die ventral anliegenden, schallauslöschenden Anteile von Colon transversum und Caecum links und Colon ascendens rechts stark beeinträchtigt oder gar verhindert. Dies könnte, in Kombina-

tion mit der oft schwierigen Abgrenzbarkeit vom umliegenden Binde- und Fettgewebe der Grund sein, weshalb Engelke (30) und Beregi et al. (9) die unveränderten Eierstöcke mit einer 7,5 bzw. 7,5 – 10,5 MHz-Schallsonde nicht auffinden konnten. Bei Niebergall (93) dagegen wird die Darstellung bei mehreren Tieren mit einer 12,5 MHz-Sonde beschrieben.

Bei zwei der in dieser Studie untersuchten Tiere stellten sich die Ovarien als runde, homogene Strukturen nahe dem kaudalen Pol der Nieren dar, die in ihrer Echogenität der Nierenrinde glichen, im Vergleich zur Umgebung aber deutlich echoärmer erschienen. Da beide Tiere zum Zeitpunkt der Untersuchung unter einem Jahr alt waren und das sonographische Bild dem von Eierstöcken bei anderen Tierarten (38, 41, 83, 87) entsprach, wurde angenommen, dass es sich hierbei um unveränderte Ovarien handelte. Bei beiden Tieren ließ sich allerdings jeweils nur das linke Ovar darstellen. Funktionsgebilde konnten nicht differenziert werden. Bei den restlichen sieben Meerschweinchen waren die Ovarien als unterschiedlich große, scharf abgegrenzte, rundliche bis ovale Gebilde mit anechogenem Inhalt und teils deutlicher distaler Schallverstärkung zu erkennen. Vereinzelt fanden sich im Inneren echoreiche Linien, die das Organ in mehrere Kammern unterteilten. Eigentliches Ovargewebe, wie oben bei den zwei jungen Meerschweinchen beschrieben, konnte nicht gefunden werden. Obwohl keine Verlaufsuntersuchungen möglich waren und die Zyklusphase nicht bekannt war, wurde aufgrund der Größe und des typischen Erscheinungsbildes (30, 122) die Diagnose Ovarialzysten gestellt. Klinische Symptome waren bei keinem der betroffenen Meerschweinchen aufgetreten.

Laut den Angaben in der Literatur sind Ovarialzysten beim Meerschweinchen ein sehr häufiger Befund. Quattropiani (105) postuliert sogar, dass sie möglicherweise eine normale Alterserscheinung darstellen könnten. Die genaue Ursache ist zwar noch nicht geklärt, doch wird eine Dysfunktion einer Ionenpumpe im Rete ovarii angenommen, was zu einer Wasseransammlung innerhalb dieser Struktur führt (117). Die Folge ist eine zystische Veränderung des Eierstocks. Dabei scheinen kleine Zysten eher multipel zu sein, solche ab einer Größe von 2 cm treten meist solitär auf (105, 117). Grundsätzlich lassen sich zwei Arten von Zysten unterscheiden: hormonell aktive und inaktive. Während die hormonell aktiven trotz ihrer oftmals geringen Größe offensichtliche Symptome wie bilateral symmetrische Alopezie der Flanken oder Aggressivität gegenüber Artgenossen hervorrufen (11, 29, 32, 99, 117), scheinen die hormonell inaktiven Zysten erst ab einem Durchmesser von mehr als 1,5 cm

Probleme zu bereiten (11, 117). Die auftretenden klinischen Symptome können dann in der Regel mit der Verdrängung anderer Organe bzw. mit einer Druckatrophie des Ovargewebes erklärt werden. Prinzipiell ist die Möglichkeit einer Gravidität jedoch trotz Vorhandenseins von Ovarialzysten gegeben (105), mit zunehmendem Alter scheinen sie sich jedoch negativ auf die Fertilität auszuwirken (65, 117). Allerdings stehen sie in Verdacht, sich begünstigend auf pathologische Veränderungen des Uterus (29, 65) auszuwirken. Schließlich bestätigen mehrere Autoren (29, 65, 94) einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Alter der Meerschweinchen und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Zysten bzw. zwischen Alter und Größe der Zysten. So steigen mit zunehmendem Alter der Tiere sowohl Inzidenz als auch Durchmesser der Zysten. Erfolgte die Diagnosestellung früher palpatorisch oder mittels Röntgenuntersuchung (32, 138), ist die Sonographie heutzutage das Verfahren der Wahl (32, 99, 117). Neben der einfachen und sicheren Anwendung kann im Ultraschallbild, anders als beim Röntgen, eindeutig zwischen zystischen und soliden Veränderungen differenziert werden.

Im Gegensatz zu Eierstockszysten sind neoplastische Veränderungen der Ovarien beim Meerschweinchen selten. Einzelne Fallberichte (10, 18, 47) beschreiben Teratome oder Granulosazellumore. Auch in diesen Fällen kann die Sonographie neben den röntgenologischen Verfahren wertvolle Dienste leisten.

### **5.7.2 Uterus**

Entgegen der Erkenntnisse von Engelke (30), Beregi et al. (9) und Niebergall (93), die den unveränderten und nicht trächtigen Uterus beim Meerschweinchen mit einem 7,5, 7,5-10,5 bzw. 12,5 MHz-Schallkopf nicht identifizieren konnten, gelang dies in der vorliegenden Untersuchung durchaus. Ähnlich wie bei Kaninchen (93) und Degu (41) war die Darstellung des Corpus- oder Cervixbereichs im Querschnitt dorsal der Harnblase möglich. Die Gebärmutter zeigte sich als rundliche Struktur mittlerer Echogenität, die hinsichtlich ihrer Lage, analog zum Hund (82), eine gewisse Variabilität aufwies. War sie bei einigen Tieren auf einer Linie zwischen dorsal gelegem Rektum und ventral gelegener Harnblase zu erkennen, kam sie bei anderen Tieren weiter lateral versetzt zu liegen. Im Längsschnitt war die Gebärmutter nicht eindeutig von ihrer Umgebung zu differenzieren. Auch die Verfolgung des Uterus nach kranial scheiterte an der Überlagerung mit schallauslöschenden Dickdarmenteilen.

Pathologische Veränderungen der Gebärmutter sind bei Meerschweinchen zwar weniger verbreitet als bei Kaninchen, können aber durchaus klinische Symptome hervorrufen. Neben den eher selten auftretenden Endometritiden (32) dominieren die durch ovariale Dysfunktion mit nachfolgender hormoneller Imbalanz verursachten endometrialen Hyperplasien (29) und Neoplasien. Dies sind insbesondere Leiomyome (29, 36), Adenome und Adenokarzinome (32), doch auch Hämangiome (10) und zystische Entartungen (98, 117) sind beschrieben. Auffallend ist das gehäufte Auftreten diverser Gebärmutterveränderungen bei gleichzeitiger Anwesenheit von Ovarialzysten (117). In dieser Studie konnten allerdings bei keinem der weiblichen Tiere abnorme Befunde erhoben werden. Für die Diagnose pathologischer Prozesse ist die Sonographie jedoch sowohl beim Kaninchen (93) als auch beim Meerschweinchen neben der Röntgenuntersuchung ein wertvolles und aussagekräftiges Verfahren.

### **5.7.3 Trächtigkeit**

Die möglichst frühe Erkennung einer Trächtigkeit bzw. pathologischer Prozesse, die von Besitzern und Züchtern gleichermaßen gewünscht wird, stellt seit ihren Anfängen ein Hauptanwendungsgebiet der Sonographie dar (62, 119) und wird bereits seit den 70er Jahren praktiziert. Wurden in den Anfängen Fruchtbewegungen und Herzschlag der Feten mittels Doppler-Technik detektiert (141), kommt heutzutage vor allem die zweidimensionale Real-Time-Sonographie zur Anwendung. Mit dem technischen Fortschritt hin zu immer höherfrequenten Schallköpfen konnten auch bei zunehmend kleineren Patienten zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden. In Kombination mit dem gesteigerten Interesse an der Haltung und Zucht von Heimtieren lag der Schritt zum Einsatz der Sonographie auch bei diesen Spezies nahe.

Bezüglich der Gravidität beim Meerschweinchen existieren mehrere Berichte in der Literatur. Während Inaba und Mori (56) mit einer 5 MHz-Schallsonde eine sichere Aussage zur Trächtigkeit erst am Tag 19 treffen konnten, gelang dies Scherer (120) mit einer 7,5 MHz-Sonde bereits am Tag 11, der Herzschlag des Fetus war am Tag 14 zu erkennen.

In der Frühträchtigkeit ist als erstes Anzeichen ein flüssigkeitsgefüllter Uterus darstellbar, der jedoch wegen seines ähnlichen Aussehens sorgfältig gegenüber Darmschlingen oder Gefäßen abgegrenzt werden muss. Embryonale Strukturen sind in der Folge als reflexreiche Binnenechos im Inneren der Fruchtblasen zu erkennen. Im

## Diskussion

Anschluss erfolgt die Anlage der Organe, der fetale Herzschlag wird sichtbar. In der zweiten Hälfte der Gravidität werden die Organanlagen ausdifferenziert und die Knochen mineralisiert, was im Ultraschallbild anhand der Schallschatten deutlich wird (77, 119, 122).

In der vorliegenden Studie wurde lediglich ein tragendes weibliches Tier, und dieses zur Bestätigung einer vermuteten Trächtigkeit, vorgestellt. Im Uterus konnten mehrere Fruchtanlagen nachgewiesen werden. Da neben dem Herzschlag der Feten bereits mineralisierte Knochenstrukturen wie Schädel und Rippen mit distalem Schallschatten identifiziert werden konnten, musste es sich in diesem Fall um ein fortgeschrittenes Stadium der Gravidität handeln. Ein Deckzeitpunkt war leider nicht bekannt. Die genaue Anzahl der Feten konnte nicht festgestellt werden, weil aufgrund der Größe der Früchte nicht ausgeschlossen werden konnte, dass ein Junges versehentlich mehrmals gezählt wurde.

Um die Stressbelastung für das Muttertier so gering wie möglich zu halten und somit einer Trächtigkeitstoxikose (39) oder einem Abort, wie bei einem Degu (41) aufzutreten, vorzubeugen, wurde die Untersuchungszeit auf 10 Minuten begrenzt sowie auf die Untersuchung der restlichen Abdominalorgane verzichtet. Eine weitere Verfolgung der Fetalentwicklung war nicht möglich, da das Tier nur einmal zur sonographischen Untersuchung vorgestellt wurde.

## 6 Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, die sonographische Darstellbarkeit der Bauchhöhlenorgane des Meerschweinchens zu erforschen und in systematischer Weise zu beschreiben sowie geeignete Untersuchungstechniken und sonographische Normalbefunde zu dokumentieren. Hierzu wurden 28 klinisch gesunde Meerschweinchen verschiedener Altersstufen, Rassen und unterschiedlichen Geschlechts mit einer 6-13 MHz-Linearsonde in Rückenlage sonographisch untersucht und die Ergebnisse aufgezeichnet. Je ein weiteres Meerschweinchen wurde zur Abklärung einer vermuteten Urolithiasis bzw. zur Bestätigung einer Trächtigkeit vorgestellt.

Alle Tiere verhielten sich trotz der ungewohnten Lagerung sehr kooperativ, was eine Sedation überflüssig machte. Einschränkungen bei der Untersuchung ergaben sich lediglich durch den stets futtergefüllten Magen und die großen Gärkammern Caecum und Colon im ventralen Abdomen, die mit ihrem Schallschatten dorsal gelegene Strukturen überlagerten. Besonders betroffen waren davon die linke Nebenniere, die größtenteils im rechten dorsalen Quadranten gelegenen Dünndarmanteile und die Ovarien bei weiblichen Tieren. Insgesamt konnten jedoch alle Organe der Bauchhöhle außer dem Pankreas und dem unveränderten rechten Ovar reproduzierbar abgebildet und beurteilt werden.

Neben dem physiologischen Erscheinungsbild der Abdominalorgane konnten auch einige pathologische Befunde erhoben werden. Auffällig war vor allem das häufige Auftreten unterschiedlicher Mengen an Kristallen in der Harnblase, die sich als sedimentierende, reflexreiche Echos darstellten. In dieser Studie ließen sich diese bei 22 von 28 Tieren nachweisen, klinische Symptome traten jedoch nicht auf. Bei dem Meerschweinchen, das wegen des Verdachts auf Urolithiasis vorgestellt wurde, zeigten sich ebenfalls große Mengen an Harngrieß, sowie zwei Konkremente im Harnblasenhals. Als weitere pathologische Veränderung konnten bei 7 von 17 weiblichen Meerschweinchen ein- oder beidseitig Ovarialzysten diagnostiziert werden, die allerdings keinerlei klinische Symptome verursachten.

Schließlich wurde ein Meerschweinchen zur Bestätigung einer vermuteten Trächtigkeit untersucht. Im Ultraschallbild konnten mehrere Fruchtanlagen dargestellt und Skelettanteile wie Schädel und Rippen, sowie Anteile der Leber identifiziert werden. Eine genaue Bestimmung der Anzahl der Feten war in diesem fortgeschrittenen Trächtigkeitsstadium nicht mit Sicherheit möglich.

## Zusammenfassung

Insgesamt erwies sich die Sonographie mit wenigen Einschränkungen als sehr gut geeignet, die Organe der Abdominalhöhle beim Meerschweinchen abzubilden und zu beurteilen. Sie stellt somit neben der Röntgenuntersuchung ein wertvolles diagnostisches Verfahren dar und sollte auch bei dieser Tierart routinemäßig zum Einsatz kommen.

## 7 Summary

### **Abdominal ultrasonography in the guinea pig (*Cavia aperea* f. *porcellus*, L. 1758)**

The objective of this study was to explore the possibility of imaging the abdominal organs in the guinea pig, to describe them systematically and to document appropriate examination techniques, and normal sonographical findings. For this purpose, 28 clinically healthy guinea pigs of different age, race and gender were examined sonographically in dorsal recumbency using a 6 – 13 MHz linear transducer; the results were recorded. Additionally, one guinea pig was examined to confirm the diagnosis of urolithiasis, another to verify an assumed pregnancy.

Despite the unfamiliar positioning, all animals were very cooperative, making sedation unnecessary. Solely the ever food-filled stomach and the large hindgut in the ventral abdomen presented an obstacle in this study, since distal shadowing limited access to the dorsally located structures. This applies particularly to the left adrenal gland, those parts of the small intestine lying in the dorsal right quadrant, and the ovaries in female animals. In general, all organs of the abdominal cavity except for the pancreas and normal right ovary could be reproducibly visualised and evaluated.

Besides the physiological appearance of the abdominal organs, some pathological findings were noted. Especially striking was the frequent occurrence of varying amounts of crystals in the urinary bladder, which were visible as sedimenting hyperechoic reflexes. In the present study they could be observed in 22 out of 28 animals, without inducing any clinical symptoms though. The guinea pig with the suspected urolithiasis also showed a large amount of crystals and two uroliths in the neck of the urinary bladder. As another abnormality uni- or bilateral ovarian cysts causing no clinical signs were detected in 7 out of 17 female guinea pigs.

Finally, one guinea pig was examined for the confirmation of pregnancy. On the ultrasound image several fetuses were discovered, allowing identification of the liver and several skeletal parts, such as the skull and ribs. An accurate determination of the number of fetuses was not possible due to the advanced state of pregnancy.

Despite a few limitations, ultrasonography has proven to be very well suited to display and evaluate the guinea pig's abdominal organs. Therefore, it constitutes a

## Summary

very valuable diagnostic tool in addition to radiography and should hence be applied routinely in this species.

## 8 Literaturverzeichnis

- 1 Ackerman N., Hager DA., Kaude JV., 1989  
Ultrasound appearance and early detection of Vx2 carcinoma in the rabbit kidney  
Veterinary Radiology 30 (2): 88-96
- 2 Ackermann J., Carpenter JW., Godshalk CP., Harms CA., 1994  
Ultrasonographic detection of adrenal gland tumors in two ferrets  
JAVMA 205 (7): 1001-1003
- 3 Anderson LC., 1987  
Exotic Pet Medicine - Guinea Pig Husbandry and Medicine  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 17 (5): 1045-1060
- 4 Anderson NL., 1994  
Kapitel 10: Basic Husbandry and Medicine of Pet Rodents  
In: Saunders Manual of Small Animal Practice  
Eds. Birchard SJ., Sherding RG.  
W.B. Saunders Company, Philadelphia, S. 1385-1389
- 5 Baez JL., Hendrick MJ., Walker LM., Washabau RJ., 1999  
Radiographic, ultrasonographic, and endoscopic findings in cats with inflammatory bowel disease of the stomach and small intestine: 33 cases (1990 – 1997)  
J Am Vet Med Assoc 215 (3): 349-354
- 6 Bartenschlager EM., 1986  
Die Tiersprechstunde – Alles über Meerschweinchen  
Falken Verlag GmbH, S. 7-15
- 7 Barthez PY., Nyland TG., Feldman EC., 1998  
Ultrasonography of the adrenal glands in the dog, cat and ferret  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 28 (4): 869-885
- 8 Beck W., Wrieg HH., 1998  
Praktische Erfahrungen zur Diagnose und Therapie von ausgewählten gastrointestinalen und hepatogenen Störungen bei Kleinsäufern  
Der Praktische Tierarzt 79 (12): 1112-1121
- 9 Beregi A., Molnar V., Zorn S., Felkai C., Voros K., 2000  
Abdominal ultrasonography in pet guinea pigs  
Acta Veterinaria Hungarica 48 (3): 261-269
- 10 Beregi A., Molnar V., Perge E., Felkai C., 2001  
Radiography and ultrasonography in the diagnosis and treatment of abdominal enlargements in five guinea pigs  
J Small Anim Pract 42 (9): 459-463
- 11 Beregi A., Zorn S., Felkai F., 1999  
Ultrasonic diagnosis of ovarian cysts in ten guinea pigs  
Vet Radiol & Ultrasound 40 (1): 74-76

## Literaturverzeichnis

- 12 Beregi A., Zorn S., Molnar V., Biro F., 2000  
Ultrasonographic detection of abdominal abscess in two guinea pigs  
Acta Vet Hung 48 (3): 271-276
- 13 Berghoff, Peter C., 1989  
Kleine Heimtiere und ihre Erkrankungen  
Verlag Paul Parey, Berlin u.a.  
Band 1, S. 10-15
- 14 Berlin SC., Goske MJ., Obuchowski N., Alexander F., Zepp RC., Goldblum JR.,  
Godec K., 1998  
Small Bowel Obstruction in Rats: Diagnostic Accuracy of Sonography versus  
Radiography  
J Ultrasound Med 17: 497-504
- 15 Böhmer E., 1997  
Diagnostik und Therapie von Zahnerkrankungen bei Hasenartigen und Nagern  
18. Bayerischer Tierärztetag (Vortragszusammenfassung) München, S. 117-  
118
- 16 Bonnin P., Villemain A., Vincent F., Debbabi H., Silvestre JS., Contreres JO.,  
Levy BI., Tobelem G., Dupuy E., 2007  
Ultrasonic assessment of hepatic blood flow as a marker of mouse  
hepatocarcinoma  
Ultrasound Med Biol 33 (4): 561-570
- 17 Brandt, H.-P., 1972  
Goldhamster, Meerschweinchen und andere Liebhabertiere in der  
Allgemeinpraxis  
Der Praktische Tierarzt 13: 539-542
- 18 Burns RP., Paul-Murphy J., Sicard GK., 2001  
Granulosa cell tumor in a guinea pig  
JAVMA 218 (5): 726-728
- 19 Calislar T., 1985  
The genital organs of the rat (*rattus norvegicus*), the guinea pig (*cavia  
porcellus*) and the rabbit (*oryctolagus cuniculus*)  
Anatomia, Histologia, Embryologia 14: 166
- 20 Cao Y., Okada N. Hasegawa M., 1997  
Phylogenetic Position of Guinea Pigs Revisited  
Mol Biol Evol 14 (4): 461-464
- 21 Cartee RE., Selcer BA., Patton CS., 1980  
Ultrasonographic Diagnosis of Renal Disease in Small Animals  
JAVMA 176 (5): 426-430
- 22 Cartee RE., Hudson JA., Finn-Bodner S., 1993  
Diagnostic Imaging – Ultrasonography  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 23 (2): 345-377

## Literaturverzeichnis

- 23 Chang CP., Chen L., Crabtree GR., 2003  
Sonographic staging of the developmental status of mouse embryos in utero  
Genesis 36 (1): 7-11
- 24 Cohrs, P., Schulz L., 1958  
Blut und blutbildende Organe. Milz  
In: Pathologie der Laboratoriumstiere  
Eds. Cohrs P., Jaffé R., Meessen H.  
Springer Verlag, Berlin, Band 1, S. 341f.
- 25 Cooper G., Schiller AL., 1975  
Anatomy of the Guinea Pig  
Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts
- 26 Delorme S., Peschke P., Zuna I., van Kaick G., 2001  
Imaging the smallest tumor vessels using color Doppler ultrasound in an  
experiment  
Radiologe 41 (2): 168-172
- 27 D'Erchia AM., Gissi C., Pesole G., Saccone C., Arnason U., 1996  
The guinea-pig is not a rodent  
Nature 381: 597-600
- 28 Doerr W., Becker V., 1958  
Verdauungsorgane. Bauchspeicheldrüse  
In: Pathologie der Laboratoriumstiere  
Eds. Cohrs P., Jaffé R., Meessen H.  
Springer Verlag, Berlin, Band 1, S. 132f.
- 29 Eatwell K., 2003  
Ovarian and Uterine Disease in Guinea Pigs: a Review of 5 Cases  
Exotic DVM 5.5: 37-39
- 30 Engelke A., 1997  
Ultraschalluntersuchung der Harn- und Geschlechtsorgane beim  
Meerschweinchen und Zwergkaninchen  
43. Jahrestagung der Fachgruppe Kleintierkrankheiten der DVG  
(Vortragszusammenfassung) Hannover, S. 276-279
- 31 Ewringmann A., Göbel T., 1998  
Diabetes mellitus bei Kaninchen, Meerschweinchen und Chinchilla  
Kleintierpraxis 43 (5): 337-348
- 32 Ewringmann A., Glöckner B., 2005  
Leitsymptome bei Meerschweinchen, Chinchilla und Degu  
Enke Verlag, Stuttgart
- 33 Fehr, M., 1990  
Urolithiasis bei Kaninchen und Meerschweinchen  
Der Praktische Tierarzt 10: 36

## Literaturverzeichnis

- 34 Fehr M., 1997  
Erkrankungen und chirurgische Eingriffe am Urogenitaltrakt des Kleinsäugers  
18. Bayerischer Tierärztetag (Vortragszusammenfassung) München, S. 109-110
- 35 Fehr M., Rappold S., 1997  
Harnsteinbildung bei 20 Meerschweinchen (*Cavia porcellus*)  
Tierärztliche Praxis 25: 543-547
- 36 Field KJ., Griffith JW., Lang CM., 1989  
Spontaneous Reproductive Tract Leiomyomas in Aged Guinea-pigs  
J Comp Path 101: 287-294
- 37 Fleischer AC., Wojcicki WE., Donnelly EF., Pickens DR., Thirsk G., Thurman GB., Hellerqvist CG., 1999  
Quantified color Doppler sonography of tumor vascularity in an animal model  
J Ultrasound Med 18 (8): 547-551
- 38 Frings B., 2004  
Abdominale Sonographie beim Frettchen (*Mustela putorius f. furo* L. 1758)  
Vet Med Diss, München
- 39 Ganaway JR., Allen AM., 1971  
Obesity predisposes to pregnancy toxemia (ketosis) of guinea pigs  
Laboratory Animal Science 21 (1): 40-44
- 40 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
- 41 Gneiser B., 2006  
Abdominale Sonographie beim Degu (*Octodon degus*, Molina 1782)  
Vet Med Diss, München
- 42 Göbel T., 1997  
Häufige Magendarmmerkrankungen bei Kleinsäugetern, deren Diagnostik und Therapie  
18. Bayerischer Tierärztetag (Vortragszusammenfassung) München, S. 107-108
- 43 Göbel T., Ewringmann A., 2005  
Meerschweinchen  
In: Heimtierkrankheiten  
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 69f.
- 44 Gorgas D., 2004  
Sonographische Untersuchungen der Nieren beim Frettchen (*Mustela putorius f. furo* L. 1758)  
Vet Med Diss, München

## Literaturverzeichnis

- 45 Gorgas M., 1967  
Vergleichend-anatomische Untersuchungen am Magen-Darm-Kanal der Sciuromorpha, Hystricomorpha und Caviomorpha (Rodentia)  
Z wiss Zool 175: 237-404
- 46 Graur D., Hide WA., Li W-H., 1991  
Is the guinea-pig a rodent?  
Nature 351: 649-651
- 47 Gupta PP., Sarmah PC., 1985  
Malignant Ovarian Teratoma in a Guinea Pig  
Indian Vet J 62: 11
- 48 Hamel I., 2002  
Das Meerschweinchen als Patient  
Enke Verlag, Stuttgart, 2. Auflage
- 49 Hartmann K., Hein J., Ripken A., Majzoub M., Hirschberger J., Schulz B., 2001  
Leukämisches malignes Lymphom beim Meerschweinchen – zwei Fälle  
Tierärztl Prax 29: 256-263
- 50 Heimann W., Kunstyr I., 1976  
Krankheitsspektrum beim Meerschweinchen aus pathologisch-anatomischer Sicht  
Archiv für tierärztliche Fortbildung, Heft 4
- 51 Hein J., 2007  
Management des inappetenten Kaninchens  
23. Bayerische Tierärztetage (Vortragszusammenfassung) Nürnberg, S. 112-113
- 52 Herre W., Röhrs M., 1990  
Haustiere – zoologisch gesehen  
Gustav Fischer Verlag, 2. Auflage, S. 36
- 53 Hittmair K., 1997  
Ultraschall in der Kleintierpraxis  
Enke Verlag, Stuttgart
- 54 Hollmann P., 1993  
Das Meerschweinchen  
Bayerische Landestierärztekammer, München
- 55 Ikinger U., Prousalis A., Bersch W., Möhring K., 1983  
High-resolution sonography in experimentally induced scrotal pathology  
Urol Int 38 (2): 104-108
- 56 Inaba T., Mori J., 1986  
Use of Echography in Guinea Pigs for Pregnancy Diagnosis  
Japanese Journal of Veterinary Science 48: 615-618

## Literaturverzeichnis

- 57 Inaba T., Mori J., Torii R., 1986  
Use of Echography in Rabbits for Pregnancy Diagnosis  
Japanese Journal of Veterinary Science 48: 1003-1006
- 58 Isenbügel E., 1985  
Kap. 2: Meerschweinchen  
In: Heimtierkrankheiten  
Eds: Isenbügel E., Frank W.  
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 17f.
- 59 Jaffé R., Gavallér B., 1958  
Urogenitalsystem. Männliche Genitalorgane  
In: Pathologie der Laboratoriumstiere  
Eds. Cohrs P., Jaffé R., Meessen H.  
Springer Verlag, Berlin, Band 1, S. 381f.
- 60 Janthur M., Lüerssen D., 1998  
Kapitel 10.5: Nieren und Harnleiter, S. 210f.  
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze  
Eds. Poulsen Nautrup C., Tobias R.  
Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 2. Auflage
- 61 Johnston DE., 1991  
The Compendium Collection – Exotic Animal Medicine in Practice  
Veterinary Learning Systems, Trenton, New Jersey, S. 15f.
- 62 Kähn W., 1992  
Ultrasonography as a diagnostic tool in female animal reproduction  
Anim Reprod Sci 28: 1-10
- 63 Kallab A., Gries R., 1992  
Entfernung eines Harnröhrensteins bei einem weiblichen Meerschweinchen  
mittels Ultraschalles  
Wiener Tierärztliche Monatsschrift 79: 306, 308
- 64 Kamphues J., 2004  
Häufige Fütterungsfehler und Hinweise zur Diätetik (Kaninchen und  
Meerschweinchen)  
Fortbildungskurs der AG Gastroenterologie der DVG und der ATF  
(Fortbildungszusammenfassung) Hannover, S. 25-27
- 65 Keller LSF., Griffith JW., Lang CM., 1987  
Reproductive Failure Associated with Cystic Rete Ovarii in Guinea Pigs  
Vet Pathol 24: 335-339
- 66 Kiefer I., Alef M., Müller F., Himmelsbach P., Pott N., 2004  
Sonographie bei Heimtieren  
Ultraschall in der Medizin 25: 591
- 67 Kitchen DN., Carlton WW., Bickford AA., 1975  
A report of fourteen spontaneous tumors of the guinea pig  
Laboratory Animal Science 25 (1): 92-102

## Literaturverzeichnis

- 68 Krüger M., 2004  
Mikroflora des Verdauungskanals bei kleinen Heimtieren – Besonderheiten und Unterschiede  
Fortbildungskurs der AG Gastroenterologie der DVG und der ATF  
(Fortbildungszusammenfassung) Hannover, S. 4-5
- 69 Künzel F., Hittmair K., 2002  
Sonographische Diagnosestellung eines Trichobezoars bei einem Langhaarmeerschweinchen  
Wien Tierärztl Mschr 89: 66-69
- 70 Künzel F., 2004  
Gastrointestinale Erkrankungen von Kaninchen und Nagetieren  
Fortbildungskurs der AG Gastroenterologie der DVG und der ATF  
(Fortbildungszusammenfassung) Hannover, S. 6-13
- 71 Kunkel P., Kunkel I., 1964  
Beiträge zur Ethologie des Hausmeerschweinchens  
*Cavia aperea* f. *porcellus* (L.)  
Zeitschrift für Tierpsychologie 21: 602-641
- 72 Kunstyr I., Ernst H., Hackbarth H., Wullenweber M., 1989  
Fallbericht: Therapieresistente Hämaturie und Cystitis bei einem Meerschweinchen  
Kleintierpraxis 34 (7): 341-344
- 73 Kunstyr I., Heimann W., 1976  
Einige typische Krankheitsbilder beim Goldhamster und Meerschweinchen  
Archiv für tierärztliche Fortbildung 4: 25-38
- 74 Kunstyr I., Heimann W., Gärtner K., 1977  
Meerschweinchen als Liebhabertiere und Patienten  
Tierärztl Prax 5: 99-113
- 75 Kuntze A., 1992  
Praxisrelevante Erkrankungen bei Meerschweinchen und Goldhamster  
Monatshefte für Veterinärmedizin 47: 143-147
- 76 Kuriyama S., Tsujimoto T., Nakatani Y., Tsujinoue H., Yoshiji 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
- 77 Lamb CR., 1990  
Abdominal ultrasonography in small animals: Intestinal tract and mesentery, kidneys, adrenal glands, uterus and prostate  
Journal of Small Animal Practice 31: 295-304
- 78 Lee KJ., Johnson WD., Lang CM., 1977  
Acute gastric dilatation associated with gastric volvulus in the guinea pig  
Laboratory Animal Science 27 (5): 685-686

## Literaturverzeichnis

- 79 Leiser R., Kaufmann P., 1994  
Placental structure: in a comparative aspect  
Exp Clin Endocrinol 102: 122-134
- 80 Li W-H., Hide WA., Zharkikh A., Ma D-P., Graur D., 1992  
The Molecular Taxonomy and Evolution of the Guinea Pig  
J Hered 83: 174-181
- 81 Liebegott G., 1958  
Endokrine Drüsen. Nebennieren  
In: Pathologie der Laboratoriumstiere  
Eds. Cohrs P., Jaffé R., Meessen H.  
Springer Verlag, Berlin, Band 1, S. 502, 505
- 82 Lüerssen D., Janthur M., 1998  
Kapitel 10.1: Magen und Darm, S. 165f.  
Kapitel 10.3: Bauchspeicheldrüse, S. 197f.  
Kapitel 10.7: Nebennieren, S. 240f.  
Kapitel 10.10: Gebärmutter und Scheide, S. 260f.  
Kapitel 10.11: Skrotum, Hoden und Nebenhoden, S. 273f.  
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze  
Eds. Poulsen Nautrup C., Tobias R.  
Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 2. Auflage
- 83 Lüerssen D., Günzel-Apel A-R., Janthur M., Dieterich J., 1998  
Kapitel 10.9.2: Eierstöcke – Anatomische Grundlagen und sonographische  
Normalbefunde, S. 248f.  
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze  
Eds. Poulsen Nautrup C., Tobias R.  
Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 2. Auflage
- 84 Lüerssen D., Prüfer A., Janthur M., 1998  
Kapitel 10.6.1: Harnblase, S. 228f.  
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze  
Eds. Poulsen Nautrup C., Tobias R.  
Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 2. Auflage
- 85 Mai W. Barraud L., Lefrancois L., Scoazec JY, Guerret S., Vray D., Merle P.,  
Vitzvitski-Trepo L., Trepo C., Janier MF., 2004  
Ultrasound detection of spontaneous hepato-cellular carcinomas in X/myc  
bitransgenic mice  
Liver Int. 24 (6): 651-657
- 86 Marquardt H., Burkhardt E., 1989  
Odontoameloblastom am Oberkiefer eines Meerschweinchens  
Kleintierpraxis 34: 293-296
- 87 Mattoon JS., Auld DM., Nyland TG., 2002  
Kapitel 4: Abdominal Ultrasound Scanning Techniques  
In: Small Animal Diagnostic Ultrasound  
Eds. Nyland TG., Mattoon JS.  
Saunders, Philadelphia, 2. Auflage, S. 49f.

## Literaturverzeichnis

- 88 Meyer H., Zentek J., Adolph P., Tau A., Mischke R., 1996  
Untersuchungen zur Ernährung des Meerschweinchens  
Kleintierpraxis 41 (4): 275-286
- 89 Miglino MA., Carter AM., Ambrosio CE., Bonatelli M., De Oliveira MF., Dos Santos Ferraz RH., Rodrigues RF., Santos TC., 2004  
Vascular Organization of the Hystricomorph Placenta: a Comparative Study in the Agouti, Capybara, Guinea Pig, Paca and Rock Cavy  
Placenta 25: 438-448
- 90 Morales E., 1995  
The Guinea Pig  
The University of Arizona Press, Arizona
- 91 Nestler U., Lücke M., Jödicke A., Winking M., 2004  
Intra-vital ultrasonographic monitoring of intra-cerebral tumor growth in a rat glioma model: technical note  
Neurol Res 26 (7): 760-762
- 92 Neuwirth L., Isaza R., Bellah J., Ackerman N., Collins B., 1993  
Adrenal neoplasia in seven ferrets  
Veterinary Radiology & Ultrasound 34 (5): 340-346
- 93 Niebergall A., 2003  
Sonographische Befunderhebung am männlichen und weiblichen Harntrakt und am weiblichen Geschlechtsapparat von Zwergkaninchen und Meerschweinchen  
Vet Med Diss, Hannover
- 94 Nielsen TD., Holt S., Ruelokke ML., McEvoy FJ., 2003  
Ovarian cysts in guinea pigs: influence of age and reproductive status on prevalence and size  
J Small Anim Pract 44: 257-260
- 95 North D., 1999  
Kap. 23: The Guinea-Pig  
In: The UFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory Animals  
Ed. Poole, T.  
Blackwell Science Ltd., Oxford  
7. Auflage, Band 1: Terrestrial Vertebrates, S. 367f.
- 96 Nyland TG., Mattoon JS., Herrgesell EJ., Wisner ER., 2002  
Kapitel 6: Liver  
In: Small Animal Diagnostic Ultrasound  
Eds. Nyland TG., Mattoon JS.  
Saunders, Philadelphia, 2. Auflage, S. 93-127
- 97 Okewole PA., Odeyemi PS., Oladunmade MA., Ajagbonna BO., Onah J., Spencer T., 1991  
An outbreak of *Streptococcus pyogenes* infection associated with calcium oxalate urolithiasis in guineapigs (*Cavia porcellus*)  
Laboratory Animals 25: 184-186

## Literaturverzeichnis

- 98 Ong CD., 1987  
Endometrial cystic hyperplasia in a guinea pig  
Modern Veterinary Practice 68 (6): 368-369
- 99 O'Rourke DP., 2004  
Kapitel 24: Disease Problems of Guinea Pigs  
In: Ferrets, Rabbits, and Rodents  
Eds. Quesenberry KE., Carpenter JW.  
Saunders, 2. Auflage, S. 245-254
- 100 Peng X., Griffith JW., Lang CM., 1990  
Cystitis, urolithiasis and cystic calculi in ageing guineapigs  
Laboratory Animals 24: 159-163
- 101 Penninck DG., Nyland TG., Kerr LY., Fisher PE., 1990  
Ultrasonographic Evaluation of Gastrointestinal Diseases in Small Animals  
Veterinary Radiology 31 (3): 134-141
- 102 Philippe H., 1997  
Rodent Monophyly: Pitfalls of Molecular Phylogenies  
J Mol Evol 45: 712-715
- 103 Porter KB., Tsibris JCM., Porter GW., O'Brien WF., Spellacy WN., 1997  
Use of endoscopic and ultrasound techniques in the guinea pig leiomyoma model  
Lab Anim Sci 47 (5): 537-539
- 104 Preissecker E., 1958  
Urogenitalsystem. Weibliche Genitalorgane  
In: Pathologie der Laboratoriumstiere  
Eds. Cohrs P., Jaffé R., Meessen H.  
Springer Verlag, Berlin, Band 1, S. 392f.
- 105 Quattropani S., 1977  
Serous Cysts of the Aging Guinea Pig Ovary  
Anat Rec 188: 351-360
- 106 Quesenberry KE., 1994  
Exotic Pet Medicine II - Guinea Pigs  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 24 (1): 67-87
- 107 Quesenberry KE., Donnelly TM., Hillyer EV., 2004  
Kapitel 23: Biology, Husbandry, and Clinical Techniques of Guinea Pigs and Chinchillas  
In: Ferrets, Rabbits, and Rodents  
Eds. Quesenberry KE., Carpenter JW.  
Saunders, 2. Auflage, S. 232-244
- 108 Quesenberry KE., Rosenthal KL., 2004  
Kapitel 8: Endocrine Diseases  
In: Ferrets, Rabbits, and Rodents  
Eds. Quesenberry KE., Carpenter JW.  
Saunders, 2. Auflage, S. 79-90

## Literaturverzeichnis

- 109 Randerath E., Hieronymi G., 1958  
Urogenitalsystem. Erkrankungen der Harnorgane  
In: Pathologie der Laboratoriumstiere  
Eds. Cohrs P., Jaffé R., Meessen H.  
Springer Verlag, Berlin, Band 1, S. 358f.
- 110 Rappold S., 2001  
Vergleichende Untersuchungen zur Urolithiasis bei Kaninchen und  
Meerschweinchen  
Vet Med Diss, Hannover
- 111 Redrobe S., 2006  
Kapitel 15: Ultrasound of Exotic Species  
In: Diagnostic Ultrasound in Small Animal Practice  
Ed. Mannion P.  
Blackwell Science Ltd., Oxford, S. 301f.
- 112 Rheker I., 2001  
Untersuchungen zur Bedeutung der Heimtiere in der tierärztlichen Fortbildung  
in Bezug zur Entwicklung des Heimtieranteils am Gesamtaufkommen der  
Patienten der Klinik für kleine Haustiere, der Klinik für Zier- und Wildvögel sowie  
der Klinik für Fischkrankheiten der Tierärztlichen Hochschule Hannover  
Vet Med Diss, Hannover
- 113 Richardson VCG., 2000  
Diseases of Domestic Guinea Pigs  
Blackwell Science Ltd., Oxford  
2. Auflage, S. 14f., 39f., 50f.
- 114 Roberts CM., Perry JS., 1974  
Hystricomorph Embryology  
Symp Zool Soc Lond 34: 333-360
- 115 Rosenthal KL., Peterson ME., Quesenberry KE., Hillyer EV., Beeber NL., Moroff  
SD., Lothrop CD., 1993  
Hyperadrenocorticism associated with adrenocortical tumor or nodular  
hyperplasia of the adrenal gland in ferrets: 50 cases (1987-1991)  
JAVMA 203 (2): 271-275
- 116 Rubarth S., 1958  
Verdauungsorgane. Leber- und Gallenwege  
In: Pathologie der Laboratoriumstiere  
Eds. Cohrs P., Jaffé R., Meessen H.  
Springer Verlag, Berlin, Band 1, S. 157f.
- 117 Ruelokke ML., McEvoy FJ., Nielsen TD., Holt S., 2003  
Cystic Ovaries in Guinea Pigs  
Exotic DVM 5.5: 33-36
- 118 Samii VF., Dumonceaux G., Nyland TG., 1996  
Radiographic Diagnosis – Prostatitis in a Guinea Pig  
Veterinary Radiology & Ultrasound 37 (5): 357-358

## Literaturverzeichnis

- 119 Schäfer D., Poulsen Nautrup C., 1998  
Kapitel 11.1.2: Frühträchtigkeit, S. 293f.  
Kapitel 11.1.3: Fetalentwicklung, S. 297f.  
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze  
Eds. Poulsen Nautrup C., Tobias R.  
Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 2. Auflage
- 120 Scherer K., 2003  
Trächtigkeitsdiagnose bei Kaninchen, Meerschweinchen und Ratte  
Tierärztliche Praxis Sonderheft 63-64
- 121 Schmidt G., 1973  
Kleinsäuger  
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 17f., 150f.
- 122 Schmidt S., Schrag D., Giese B., 1986  
Ultraschalldiagnostik in der Gynäkologie beim Kleintier  
Tierärztl Prax 14: 123-141
- 123 Schmidtke HO., Schmidtke D., 1983  
Harnsteine bei Kleintieren  
Der Praktische Tierarzt 5: 440-442
- 124 Schneyer S., Meusel J., Petermann A., 2007  
Entfernung von Urethrastensteinen beim weiblichen Meerschweinchen mittels  
Ultraschallsonde  
Kleintiermedizin 5/6-07: 139-144
- 125 Scholz S., Lüerssen D., 1998  
Kapitel 10.2: Leber und Gallenblase, S. 181f.  
Kapitel 10.4: Milz, S. 202f.  
In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze  
Eds. Poulsen NautrupC., Tobias R.  
Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 2. Auflage
- 126 Schulte F., 1958  
Verdauungsorgane. Speiseröhre, Magen, Darm und Bauchfell  
In: Pathologie der Laboratoriumstiere  
Eds. Cohrs P., Jaffé R., Meessen H.  
Springer Verlag, Berlin, Band 1, S. 100f.
- 127 Snipes RL., 1982  
Anatomy of the Guinea-pig Cecum  
Anat Embryol 165: 97-111
- 128 Spink RR., 1978  
Urolithiasis in a Guinea Pig  
Veterinary Medicine / Small Animal Clinician 73: 501-502

## Literaturverzeichnis

- 129 Stahnke A., Hendrichs H., 1997  
Meerschweinchenverwandte Nagetiere  
In: Grzimeks Enzyklopädie Säugetiere  
Ed. Bernhard Grzimek  
Kindler Verlag GmbH, München, Band 3, S.314-357
- 130 Stieger SM., Wenker C., Ziegler-Gohm D., Flückiger M., 2003  
Ureterolithiasis and papilloma formation in the ureter of a guinea pig  
Vet Radiol & Ultrasound 44 (3): 326-329
- 131 Storch G., 1997  
Nagetiere – Einleitung  
In: Grzimeks Enzyklopädie Säugetiere  
Ed. Bernhard Grzimek  
Kindler Verlag GmbH, München, Band 3, S. 4-13
- 132 Stühler S., Hartmann K., 1997  
Labordiagnostik bei Kleinsäugetern  
18. Bayerischer Tierärztetag (Vortragszusammenfassung) München, S. 97-98
- 133 Stuppy DE., Douglass PR., Douglass PJ., 1979  
Urolithiasis and Cystotomy in a guinea pig  
Veterinary Medicine / Small Animal Clinician 74: 565-567
- 134 Tyrrell D., Beck C., 2006  
Survey of the use of radiography vs. ultrasonography in the investigation of  
gastrointestinal foreign bodies in small animals  
Vet Radiol Ultrasound 47 (4): 404-408
- 135 Vannevel J., 1998  
Diabetes mellitus in a 3-year-old, intact, female guinea pig  
Can Vet J 39: 503
- 136 Wagner JE., Manning PJ., 1976  
The Biology of the Guinea Pig  
Academic Press, S. 1-11
- 137 Wasel E., 1984  
Innere Erkrankungen bei Meerschweinchen und Hamster  
Der Praktische Tierarzt 6: 498-502
- 138 Wasel, E., 2005  
Kapitel 2: Meerschweinchen  
In: Krankheiten der Heimtiere  
Eds. Gabrisch K., Zwart P.  
Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover  
6. Auflage, S. 51-80
- 139 Weir BJ., 1974  
Reproductive Characteristics of Hystricomorph Rodents  
Symp Zool Soc Lond 34: 265-301

## Literaturverzeichnis

- 140 Weir BJ., 1974  
Notes on the Origin of the Domestic Guinea-Pig  
Symp Zool Soc Lond 34: 437-446
- 141 Weiss G., 1975  
Möglichkeiten und Grenzen der Graviditätsdiagnose bei Haustieren mit Hilfe der  
Ultraschall-Doppler-Technik  
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 117 (3): 123-134
- 142 Westheide W., Rieger R., 2004  
Spezielle Zoologie  
Teil 2: Wirbel- oder Schädeltiere  
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin
- 143 Wilk W., 1988  
Krankheiten der Hasenartigen und der Nagetiere  
In: Kompendium der Heimtierkrankheiten  
Ed. Wiesner E.  
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Band 1, S. 30f.
- 144 Winters WD., McDonald RA., Krauter LD., 1997  
The detection of murine autosomal recessive polycystic kidney disease using  
real-time ultrasound  
Pediatr Nephrol 11 (3): 337-338
- 145 Wolvekamp P., 1997  
Radiology of Small Mammals  
43. Jahrestagung der Fachgruppe Kleintierkrankheiten der DVG  
(Vortragszusammenfassung) Hannover, S. 274-275

## Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. Sven Reese, der mir nach Überlassung des überaus interessanten Themas sowohl bei der Durchführung der Untersuchungen, als auch bei der Ausarbeitung der Dissertation stets mit Rat und Tat sowie viel Geduld zur Seite stand.

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

Ebenfalls möchte ich Frau Prof. Dr. U. Matis für die Erlaubnis danken, die Untersuchungen in den Räumlichkeiten der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität durchzuführen.

Bei Frau Dr. Marlene Scheu bedanke ich mich sehr für die Vermittlung einiger Meerschweinchen und das Entgegenkommen während der Ausarbeitung der Dissertation.

Sehr herzlich bedanke ich mich, stellvertretend für alle Meerschweinchenbesitzer, bei Frau Claudia Kittel für die Bereitstellung ihrer Tiere und die tatkräftige Unterstützung bei den Untersuchungen.

Frau Barbara Gneiser möchte ich recht herzlich für die große Hilfe bei der Durchführung meiner Untersuchungen und die vielen wertvollen Tipps danken.

Schließlich gilt mein ganz besonders herzlicher Dank meiner Familie für die jahrelange, bedingungslose Unterstützung während meiner gesamten Studien- und Promotionszeit.

# Lebenslauf

## Persönliche Daten:

Name	Nina Heidi Bitzinger
Geburtsdatum	28. April 1978
Geburtsort	München
Eltern	Hella Bitzinger, geb. Neuert Dipl.-Ing. Rudolf Bitzinger
Geschwister	Dipl.-Inf. Martin Bitzinger, B.S.

## Schul- und Universitätsausbildung:

1984 – 1988	Grundschule an der Forstenrieder Allee, München
1988 – 1994	Gymnasium Fürstenried-West, München
1994 – 1995	Mountain View High School, Mountain View, Kalifornien, USA
1995 – 1997	Studium der Biologie, Santa Clara University, Santa Clara, Kalifornien, USA
02.07.1997	Anerkennung der Allgemeinen Hochschulreife
1997 – 1998	Studium der Chemie an der LMU München
1998 – 2004	Studium der Tiermedizin an der LMU München
WS 2004/2005	Beginn der Dissertation

## Beruflicher Werdegang:

06.04.2004	Erhalt der Approbation
Seit Mai 2004	Assistenz in der Kleintierpraxis Dr. Marlene Scheu, München