

2 Literatur

2.1 Aufbau der Mamma

2.1.1 Embryologie

Während der embryologischen Entwicklung erscheint die Anlage der Mamma als Epidermisverdickung, der sogenannten Milchlinie, auf beiden Seiten des Stammes. Sie proliferiert zur Milchleiste. Diese wird ab dem 25. Trächtigkeitstag sichtbar (EVANS und CHRISTENSEN 1993) und stellt dann wiederum den Ausgangspunkt der Milchhügel dar. Beim Hund entstehen 5 Milchhügel, die den späteren Mammakomplexen entsprechen. Sie erscheinen ab dem 30. Trächtigkeitstag (EVANS und CHRISTENSEN 1993). Gleichzeitig verlagert sich die Anlage der Mamma in ventrale Richtung.

Im weiteren Verlauf schiebt sich das Epithel als Mammaknospe in das Gewebe der Milchhügel ein. Von hier aus wachsen Epithelstränge, sogenannte Primärspresse, in das Gewebe ein. Die Anzahl der Epithelstränge entspricht der Anzahl der späteren Milchgänge. Beim Hund sind dies 7 bis 16 pro Zitze (EVANS und CHRISTENSEN 1993). Die Zitze selber entsteht durch Bildung des Cutiswalles, der flach verbleibt und daher beim Hund die Eversionszitze bildet.

Aus den Primärspressen wachsen weitere Sekundär- und Tertiärspresse aus. Währenddessen bildet der Primärspross einen Hohlraum aus, hat aber noch keine offene Verbindung zur Oberfläche, da diese durch einen Hornpfropf verschlossen ist. Dieser Hohlraum wird später zu Strichkanal und Zisterne, die Hohlräume der Sekundärspressen zu den Milchgängen.

Die kontraktile Elemente, die Myoepithelzellen, entstehen ebenso aus der embryonalen Haut (Ectoderm) wie die sekretorischen Elemente der Mamma. Im Gegensatz dazu entwickelt sich das Stroma (Blutgefäße, Lymphgefäße, Bindegewebe und Fett) aus dem mittleren Keimblatt, dem Mesoderm (BALDWIN und PLUCINSKI 1977). Die Nervenbahnen, welche die Milchdrüse versorgen, wachsen aus der Neuralleiste und dem Zentralnervensystem aus (SILVER 1966).

2.1.2 Anatomie

2.1.2.1 Aufbau der Mamma

Die Mamma des Hundes besteht aus zwei normalerweise bilateral symmetrischen Leisten, die sich vom ventralen Thorax bis zur Inguinalgegend ausdehnen und aus jeweils 4 bis 6, meist jedoch 5 Mammakomplexen zusammensetzen. Sie werden nach ihrer Lage benannt. Der erste, vorderste Komplex wird als kranialer thorakaler, der zweite als kaudaler thorakaler, der dritte als kranialer abdominaler, der vierte als kaudaler abdominaler und der fünfte als inguinaler Komplex bezeichnet (EVANS und CHRISTENSEN 1993). Bei 50 % der Hündinnen fehlt der linke oder der rechte kraniale abdominale Komplex (WILSON 1981).

Jeder Komplex wird äußerlich durch die Zitze gekennzeichnet, in die die Ductus papillares münden, welche ein Drittel der Zitzenlänge einnehmen. Die sich daran anschließenden Sinus lactiferi reichen bis zum Drüsenparenchym (EVANS und CHRISTENSEN 1993). Diese Ausführungsgänge werden umgeben von Muskel- und Bindegewebe. Die zirkulär angeordneten Muskelfasern bilden den M. sphincter papillae. Die Haut über der Zitze ist dünn und wenig behaart. An der Spitze der Zitze fehlt diese Behaarung ganz (EVANS und CHRISTENSEN 1993).

2.1.2.2 Blutgefäßversorgung

Die arterielle Blutversorgung der thorakalen Mammakomplexe erfolgt über Rami mammarii der Rami perforantes und den Rami mammarii der Aa. thoracicae internae sowie der Aa. intercostales. Zusätzlich versorgen die Rami mammarii der Aa. epigastricae craniales superficiales die hinteren Anteile des thorakalen sowie die vorderen Abschnitte des abdominalen Gesäuges.

Die abdominalen und inguinalen Mammakomplexe werden sowohl über Rami mammarii der Aa. epigastricae caudales superficiales als auch über die Aa. abdominales craniales und über Rami labiales ventrales der Aa. pudendae externae versorgt.

Die venöse Entsorgung verhält sich meist parallel dazu. Die Hauptvenen der Mamma sind die Vv. epigastricae craniales superficiales und die Vv. pudendae externae, wobei die Vv. pudendae externae die Entsorgung der inguinalen und abdominalen, die Vv. epigastricae craniales superficiales die Entsorgung der thorakalen Komplexe übernehmen (HABERMEHL 1996).

2.1.2.3 Lymphatische Versorgung

Die lymphatische Drainage der thorakalen Komplexe erfolgt über die Lnn. axillares et axillares accessorii. Der kaudale abdominale sowie der inguinale Komplex werden über den Ln. inguinalis superficialis entsorgt (VOLLMERHAUS 1996, PATSIKAS und DESSIRIS 1996 a). Nur der kraniale abdominale Komplex hat eine inkonstante Lymphdrainage, er kann sowohl über die axillären als auch über den inguinalen Lymphknoten entsorgt werden (RUBERTE et al. 1990), wobei in den meisten Fällen (18 von 24 Hunden) eine lymphatische Entsorgung über beide Lymphknoten erfolgt (PATSIKAS und DESSIRIS 1996 b). Auch können Lymphgefäße die Brust- und Bauchwand direkt penetrieren, wobei dann die Entsorgung der Lymphe über die Lnn. mediastinales bzw. über die Lnn. iliaci mediales erfolgt (REESE et al. 2000). Die Milchleisten der beiden Körperseiten haben keine lymphatische Verbindung miteinander (RUBERTE et al. 1990, PATSIKAS und DESSIRIS 1996 a).

2.1.2.4 Innervation

Die Innervation der thorakalen kranialen Komplexe erfolgt über Äste der vierten bis sechsten lateralen Hautnerven und die der thorakalen kaudalen Komplexe über Äste der sechsten und siebten lateralen Hautnerven. Dahingegen werden die abdominalen und inguinalen Komplexe von den Nn. inguinales sowie von den Rami ventrales superficiales der ersten drei Lumbalnerven (Nn. iliohypogastrici craniales, Nn. iliohypogastrici caudales und Nn. ilioinguinales) innerviert (EVANS und CHRISTENSEN 1993).

2.1.3 Histologie der Mamma

Die Betrachtung der Histologie der Mamma muss unter Berücksichtigung der verschiedenen Zyklusstadien erfolgen, da das Gewebe zyklusabhängigen Veränderungen unterliegt.

Grundsätzlich besteht das Parenchym aus Drüsenepithel und Stroma. Das Drüsenepithel formt Drüsenläppchen, welche wiederum aus Drüsenschläuchen (Milchgängen) und Drüsenendstücken (Alveolen) bestehen (HABERMEHL 1996).

Umgeben wird das Drüsenepithel von Myoepithel und daran anschließend von einer Basalmembran (BOMHARD und KAPPES 1976, LIEBICH 1993). Die Drüsenläppchen werden durch interlobuläres Bindegewebe voneinander getrennt.

Die Milchgänge sind proximal mit einschichtigem, distal mit zweischichtigem kubischem bis zylindrischem Epithel ausgekleidet (BOMHARD und KAPPES 1976, MONTEIRO-RIVIERE et al. 1992). Das Myoepithel besitzt, um seine Funktion als kontraktiles Element der Mamma auszuführen, breite Bahnen feiner Myofibrillen, die parallel zur basalen Zellmembran liegen und keine Querstreifung aufweisen (BOMHARD und KAPPES 1976).

Im ruhenden Zustand werden die Alveolen rückgebildet, das Lumen verengt sich und kann gänzlich verschwinden.

Während des Metöstrus findet eine Proliferation des Mammagewebes statt, welche mit der in der Trächtigkeit vergleichbar ist. Dieses wurde in einer Studie, die an unkastrierten Beagle-Hündinnen durchgeführt wurde, dargestellt (SEKHRI und FAULKIN 1970).

Ab dem dritten Tag des Metöstrus kann eine Proliferation der Gänge histologisch dargestellt werden. Das Epithel ist ein- bis dreischichtig, die Zellen erscheinen niedrig säulenförmig oder kubisch und sind von einer dicken Bindegewebsschicht umgeben. Ab dem 28. Tag erscheinen kreisförmige Sammelgänge und Alveolen. Das umgebende Bindegewebe wird reduziert und eine Zunahme der Vaskularisierung wird sichtbar. Der Umfang der Entwicklung ist innerhalb der Drüse nicht gleichmäßig, einige Läppchen zeigen weniger sekretorisches Material als andere.

Ab der 6. Woche nach dem Östrus beginnt die Involution der Drüse. Die Läppchen schrumpfen, das Bindegewebe gewinnt an Volumen und eine Rückbildung des Drüsenepithels tritt ein. Bei alten Hündinnen ist keine ausgedehnte Involution zu beobachten, man findet häufig ein gut entwickeltes Mammagewebe.

NELSON und KELLY (1973) beschreiben die dem Zyklus unterliegenden histologischen Veränderungen der Mamma. Bei noch nicht geschlechtsreifen Hündinnen sind rudimentär ausgebildete Drüsenstrukturen vorhanden, die wenig differenziert und von ein- bis mehrschichtigem, ruhig erscheinendem Epithel ausgekleidet sind. Im Proöstrus proliferiert das Drüsenepithel, um vergrößerte und dilatierte Gangsysteme an der Basis der Zitze zu bilden.

Während des Östrus wird eine leichte Proliferation des Gangsystems und des Stromas sichtbar. Die Gänge sind stärker differenziert und von einschichtigem, manchmal zweischichtigem Epithel ausgekleidet. Das Stroma zeigt einen verstärkten Zellgehalt und ein Ödem des Bindegewebes.

Der frühe Metöstrus zeigt ein Bild, das dem des Östrus gleicht, jedoch wird eine leichte Proliferation der Alveolen sichtbar.

Im mittleren Metöstrus (Tag 30 bis 60 nach dem Östrus) ist das Gangsystem gut ausgebildet und das Stroma erscheint als reifes Bindegewebe. Die Alveolen sind rund und gut differenziert. Eosinophiles Sekret kann enthalten sein.

Der späte Metöstrus besteht vom Tag 60 bis 90 nach dem Östrus. Eine starke Sekretion und eine Involution der Alveolen bestimmen das Bild. Das Stroma ist weniger prominent und das Epithel zeigt verschiedene Stadien der Atrophie.

Im frühen Anöstrus (Tag 90 bis 120) zeigt sich eine leichte Sekretion in dilatierten Gängen und eine Involution der Alveolen.

Während des späten Anöstrus (Tag 120 bis 180) schreitet die Involution der Mamma voran. Von den Drüsenstrukturen bleiben rudimentäre Reste, das Bindegewebe ist fest und ausgereift und eine Vermehrung des subkutanen Fettgewebes findet statt. Diese Regression ist bei jungen Hündinnen wesentlich ausgeprägter als bei älteren (BOMHARD und KAPPES 1976). Andere Autoren finden im Anöstrus keine Regression in einem Ausmaß, das nur das Gangsystem bestehen lässt (CAMERON und FAULKIN 1971).

Eine geringfügige Infiltration mit mononukleären Zellen (Lymphozyten, Makrophagen, Plasmazellen und Mastzellen) findet sich auch im nichtentzündeten Mammagewebe, besonders im intralobulären Stroma (CAMERON und FAULKIN 1971, WROBEL et al. 1974).

2.2 Pathologie der Mamma

2.2.1 Klassifikation der nichtneoplastischen Veränderungen

An Erkrankungen der Mamma unterscheidet man zwischen neoplastischen sowie nichtneoplastischen Veränderungen, wobei in dieser Arbeit nur auf die nichtneoplastischen Veränderungen eingegangen werden soll.

Die nichtneoplastischen Veränderungen werden in der WHO-Nomenklatur (HAMPE und MISDORP 1974) als benigne oder anscheinend benigne Dysplasien bezeichnet.

Sie werden wie folgt unterteilt:

Zysten

1. *nichtpapillär*

2. *papillär*

Adenosis

Reguläre typische epitheliale Proliferation

Gangektasie

Fibrosklerose

Gynäkomastie

Andere nichtneoplastische proliferative Läsionen

1. *nichtentzündliche lobuläre Hyperplasie*

2. *entzündliche lobuläre Hyperplasie*

Da die Abgrenzungen der einzelnen Veränderungen jedoch undeutlich sind, wird eine Überarbeitung von GUTBERLET (1994) vorgenommen:

1. *Zysten*

2. *Fibrosklerose*

3. *Gynäkomastie*

4. *nichtentzündliche lobuläre Hyperplasie*

5. *entzündliche lobuläre Hyperplasie*

6. *Myoepithelhyperplasie*

2.2.2 Histologische Differenzierung der nichtneoplastischen Veränderungen

1. *Zysten:*

Eine Zyste stellt eine Dilatation des Drüsengewebes dar, die von meist einschichtigem, flachem Epithel umgeben und mit eosinophilen Sekretionsprodukten angefüllt ist. Es liegt häufig eine multiple Veränderung vor (HAMPE und MISDORP 1974).

2. Fibrosklerose:

Die Fibrosklerose zeigt eine nichtneoplastische Vermehrung von Kollagen, das durch Regression und Vernarbung hyalines Material enthalten kann (HAMPE und MISDORP 1974).

3. Gynäkomastie:

Es erfolgt eine Vermehrung des Drüsengewebes beim männlichen Tier, so dass das Aussehen der Milchdrüse der eines weiblichen Tieres gleicht. Es kann Sekretion vorhanden sein, das Stroma ist vermehrt, die Milchgänge sind verzweigt und deren Epithel kann papillenartig in das Lumen hineinragen (KÖHLER 1950).

4. Nichtentzündliche lobuläre Hyperplasie:

Das Drüsengewebe zeigt infolge einer numerischen Zunahme seiner Zellen eine regulierte Vergrößerung (SELBERG et al. 1983). Eine ein- bis zweireihige Proliferation tritt auf. Sekretion kann vorhanden sein, das Myoepithel und das Stroma können in unterschiedlichem Maße vermehrt sein (HAMPE und MISDORP 1974).

5. Entzündliche lobuläre Hyperplasie:

Zusätzlich zu den bei der nichtentzündlichen lobulären Hyperplasie genannten Merkmalen gibt es Infiltrate von Entzündungszellen in Alveolen, Tubuli und Stroma. Eine Sklerose des Stromas ist möglich, ebenso eine Metaplasie des Drüsengewebes (mucinös, squamös oder onkozytisch) (HAMPE und MISDORP 1974).

6. Myoepithelhyperplasie:

Hier gibt es eine lokale oder diffuse Proliferation des Myoepithels. Es ist deutlich sichtbar, mehr als zweireihig oder herdförmig und besitzt keine Kapsel.

Knorpel kann vorhanden sein, muss aber einen deutlichen Zusammenhang zum Myoepithel aufweisen (GUTBERLET 1994).

2.2.3 Vorkommen von nichtneoplastischen Veränderungen

Es existieren nur wenige Studien zum Vorkommen von nichtneoplastischen Veränderungen der Hündin. ZANINOVIC und SIMCIC (1994) beschreiben einen durchschnittlichen Anteil von 14 % nichtneoplastischer Läsionen bezogen auf eine Gesamtheit von 155 histologisch untersuchten Umfangsvermehrungen der Mamma. Abhängig vom Alter wird festgestellt, dass bei 4- bis 8-jährigen Hunden 22 % der auftretenden Veränderungen nichtneoplastischer Art sind. Dieser Anteil sinkt bei Hunden, die älter als 8 Jahre sind, auf einen Wert von 11 %.

CAMERON und FAULKIN (1971) finden in einer systematischen Untersuchung an acht Beagle-Hündinnen mit einem Durchschnittsalter von 2,95 Jahren eine Gesamtheit von 560 nichtneoplastischen Knoten, im Vergleich hierzu treten nur 94 Neoplasien auf. Dies entspricht einem Anteil von 86 % nichtneoplastischer Läsionen.

WARNER (1976) untersucht 39 Beagle-Hündinnen zwischen sechs Monaten und vier Jahren auf das Vorkommen von Dysplasien und findet histologisch insgesamt 2142 Läsionen, wobei keine Hündin mit Dysplasien jünger als 24 Monate ist. Es werden signifikant mehr Dysplasien in den hinteren als in den vorderen Gesäugekomplexen gefunden.

Von 259 untersuchten Veränderungen der Mamma werden bei KALDRYMIDOU et al. (1990) 16 als Dysplasien bezeichnet. Dies entspricht einem Anteil von 6,2 Prozent. Hierunter sind 8 Zysten, 4 Gangektasien und 4 nichtneoplastische proliferative Läsionen. Bei SCHÖNBAUER (1981) werden 96 von 959 Proben des Gesäuges der Hündin als Dysplasien eingestuft. Der Anteil beträgt hier 10 %, eine genauere Differenzierung wird nicht vorgenommen.

MOULTON et al. (1986) dagegen finden bei Hündinnen, die mit Radium 226 oder Strontium 90 behandelt wurden, sowie bei der unbehandelten Kontrollgruppe einen gleichen Anteil von 22 % an hyperplastischen Knoten, die mit einem Durchschnittsalter von 11,3 Jahren auftreten. Auch hier findet sich die Mehrzahl der Knoten in den hinteren Gesäugekomplexen.

GUTBERLET (1994) beschreibt ein Vorkommen von 10 Dysplasien gegenüber 108 Neoplasien. Dies bedeutet einen Anteil von 8,5 %.

FERGUSON (1985) erwähnt das häufige Auftreten von zystischen Hyperplasien, gibt aber keine Zahlen an.

MITCHELL et al. (1974) beurteilen von 523 Veränderungen 25 als zystische Hyperplasien, was einem prozentualen Anteil von 4,8 entspricht. Andere nichtneoplastische Veränderungen werden hier nicht erwähnt.

DAHME und WEISS (1958) beurteilen nur 0,6 % der Neubildungen als Zysten, auch hier werden keine anderen nichtneoplastischen Veränderungen beschrieben.

In einer Studie von GILES et al. (1978), in der 172 Beagle-Hündinnen mit oralen Kontrazeptiva behandelt werden, treten nach fünf bis sieben Jahren bei 114 Hündinnen Knoten in der Mammaleiste auf, von denen 7 % als gutartige Dysplasien, 31,4 % als Hyperplasien und 6,5 % als nichtmammäre Veränderungen bezeichnet werden. Von den Knoten, die nicht von der Mammaleiste ausgehen, werden 54,1 % als epidermale Zysten und 27,9 % als Lymphknoten eingestuft.

Auch NELSON et al. (1973) finden bei Hündinnen, die mit Megestrolazetat bzw. Chlormadinonazetat behandelt wurden, 60 Knoten, von denen wiederum 50 nichtneoplastischer Natur sind. Insgesamt werden 65 % Hyperplasien, 5 % duktale Dilatationen, 6,7 % Lymphknoten und 1,7 % chondromukoide Degenerationen beschrieben.

Eine chronische Mastitis kann ebenfalls schwer von tumorös entartetem Gewebe zu unterscheiden sein (OWEN 1966).

2.3 Ultraschalltechnik

2.3.1 Geschichte der Ultraschalltechnik

Die Entdeckung von hochfrequenten Schallwellen erfolgt Ende des 18. Jahrhunderts von dem deutschen Physiker Ernst Chladni durch Untersuchung der Töne von Saiteninstrumenten. Im darauf folgenden Jahrhundert wird das Doppler-Phänomen von dem österreichischen Physiker Christian J. Doppler (1803-1853) erklärt. Es besagt, dass sich sowohl bei Schall- als auch bei elektromagnetischen Wellen eine Änderung der Frequenz einstellt, wenn sich Beobachter und Quelle relativ zueinander bewegen.

Die ersten praktischen Einsätze dieser Entdeckungen erfolgen jedoch erst Anfang des 20. Jahrhunderts, als der Ultraschall zur Identifizierung von U-Booten und anderen Gegenständen, die sich unter Wasser befinden, Verwendung findet. Diese Anwendungsmöglichkeit bringt eine beschleunigte Erforschung des Ultraschalls und seiner Einsatzgebiete in den zwei Weltkriegen mit sich. Auch zur Auffindung von Rissen und Fremdkörpern in festen Gegenständen wird die Ultraschalltechnik eingesetzt (FIRESTONE 1946).

Zur medizinischen Anwendung gelangt der Ultraschall erst in den 40er und 50er Jahren, als erstmals tumorös verändertes Gewebe von gesundem differenziert werden kann (FRENCH et al. 1950) und Schnittbilder des Körpers von Männern und Frauen dargestellt werden (HOWRY und BLISS 1952). Hierbei werden die Menschen in ein Wasserbad gesetzt, die Ultraschallquelle befindet sich außerhalb dieser Wanne. Um ein reales Bild zu erhalten, müssen viele Schnittbilder des Körpers zusammengesetzt werden (Compoundverfahren). Es wird die Entdeckung gemacht, dass Knochenstrukturen und luftgefüllte Räume nicht darstellbar sind.

Einige Jahre später gelingt die Darstellung von Herzwandbewegungen durch den Zwischenrippenraum hindurch (HERTZ und EDLER 1956). Zu den ersten Darstellungen der Brust von Frauen kommt es 1952 durch WILD und REID. HOWRY et al. stellen 1954 deutliche Bilder von Brustdrüsenveränderungen her. Der erste Versuch, Mammagewebe mittels eines Linearscanners und

aufgesetzter Wasservorlaufstrecke darzustellen, erfolgt 1957 (KIKUCHI et al. 1957).

2.3.2 Prinzip der Ultraschalltechnik

Das Ultraschallverfahren beruht auf dem Prinzip, hochfrequente Schallwellen auszusenden und diese nach ihrer Reflexion an schalldichten Hindernissen und schallreflektierenden Grenzflächen am Sendeort wieder zu empfangen und auszuwerten. Hierbei wird der Zusammenhang zwischen dem histologischen Aufbau und den physikalisch-akustischen Eigenschaften eines Gewebes genutzt.

Ultraschallwellen sind an Materie gebundene Wellen mit einer Frequenz von 16 kHz bis 10 MHz (GLADISCH 1993). Das Echo-Impulsverfahren beruht auf dem Prinzip, Ultraschallwellen auszusenden und die zurückkehrenden Echos nach der Laufzeit und der Änderung der Intensität auszuwerten. Die Ultraschallwellen werden von einem piezoelektrischen Kristall, der sich im Schallkopf des Ultraschallgerätes befindet, erzeugt, indem eine elektrische Wechselspannung angelegt wird und diese durch mechanische Verformung des Kristalls in eine Ultraschallwelle umgewandelt wird. Die zurückkehrende Welle erzeugt wiederum eine mechanische Verformung des Kristalls, die dann in ein elektrisches Signal umgewandelt und vom Ultraschallgerät in einem zwei- oder dreidimensionalen Bild sichtbar gemacht wird. Diese Art von Ultraschallkopf wird als „mechanischer Schallkopf“ bezeichnet.

Liegen zwei Gewebe mit unterschiedlicher Impedanz (dem Produkt aus Dichte des Mediums und der Schallwellengeschwindigkeit, GLADISCH 1993) benachbart, zeigt der Schall verschiedene Phänomene, welche als Reflexion, Transmission, Brechung und Absorption bezeichnet werden. Die Grenzfläche dieser zwei Gewebe nennt man „akustische Grenzfläche“. Die reflektierten Wellen werden als „Echos“ bezeichnet.

Eine Reflexion tritt dann auf, wenn eine Welle senkrecht auf eine akustische Grenzfläche trifft und der Schall zurück zum Sender geworfen wird. Ein Teil der

Sendeenergie durchdringt die akustische Grenzfläche und tritt in das nächste Medium ein. Dieser Vorgang wird als Transmission bezeichnet.

Im Falle der Brechung ist der Einfallswinkel kleiner als 90° . Da der Reflexionswinkel gleich dem Einfallswinkel ist, trifft dieser Teil der Energie nicht zurück auf den Sender und geht damit für die Diagnostik verloren. Man nennt die Brechung auch „spiegelnde Reflexion“. Ein Teil der Schallenergie wird im Gewebe in Wärme umgewandelt, man bezeichnet dies als Absorption.

Zwei Sonderfälle der Reflexion sind die Beugung und die Streuung. Die Beugung tritt auf, wenn eine Ultraschallwelle auf den Rand eines stark absorbierenden Gewebes mit abgerundeter Oberfläche trifft. Die Welle wird dann in den Schallschatten des betreffenden Organs „hineingebeugt“. Dieses führt zur Bildung der sogenannten „Randschatten“ (KOBAYASHY 1977). Wenn eine Schallwelle auf eine raue Oberfläche, das heißt, eine Oberfläche mit vielen kleinen, in verschiedenen Richtungen angeordneten Grenzflächen trifft, tritt eine Reflexion in verschiedene Richtungen ein, der Schall wird gestreut.

Zum Verständnis der Diagnosen ist es nötig, zusätzlich einige Schallphänomene zu erläutern (siehe Abb. 1). Dies ist zum einen die „dorsale Schallverstärkung“, die auftritt, wenn der Schall durch einen Herd mit geringer Schallabsorption (z. B. flüssigkeitsgefüllte Räume) tritt. So kommt viel Energie durch den Herd hindurch und das dahinterliegende Gewebe erscheint echoreicher als das umliegende Gewebe. Zusätzlich werden die am Rand des Herdes gebrochenen Strahlen in das Zentrum fokussiert, so dass mehr Strahlung für die nachfolgenden Strukturen zur Verfügung steht (ROBINSON et al. 1981). Zum anderen tritt ein „dorsaler Schallschatten“ auf, wenn ein Herd mit stark absorbierenden Strukturen durchlaufen wird. Es zeigt sich ein echoarmer bis echofreier Bezirk hinter dem Herd (COLE-BEUGLET und BEIQUE 1975, KOBAYASHI et al. 1974, JELLINS et al. 1977).

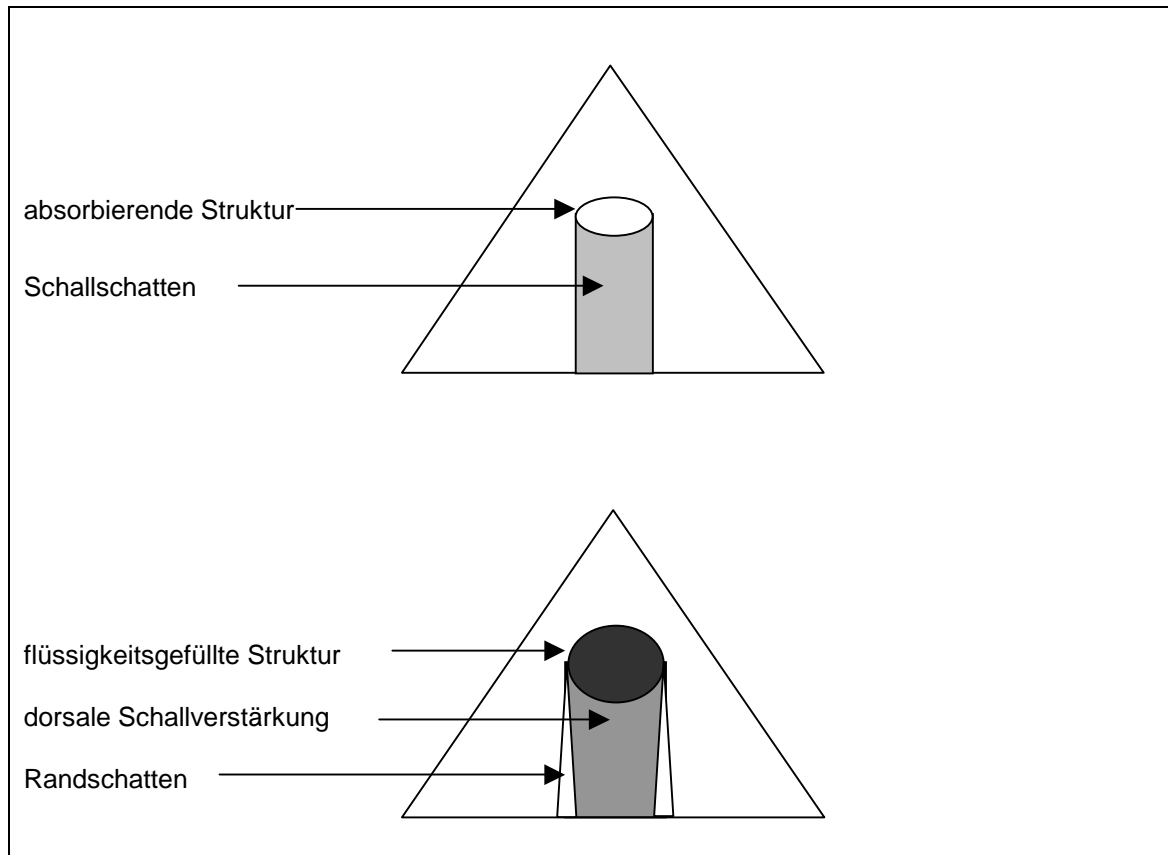


Abb. 1: Schema zum sonographischen Bild einer stark absorbierenden Struktur (obere Skizze) und einer flüssigkeitsgefüllten Struktur (untere Skizze)

Zum tieferen Verständnis der physikalischen und biologischen Eigenschaften von Ultraschallwellen wird auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

2.3.3 Einsatz des Ultraschalls zur Mammadiagnostik in der Humanmedizin

Die ersten Versuche, das Brustdrüsengewebe von Frauen mittels Ultraschall darzustellen, erfolgen 1952 durch WILD und REID. Die genaue Differenzierung von Brusttumoren ist heute nach wie vor das Ziel der Forschung. 1974 beschreibt KOBAYASHI die Diagnosekriterien für Veränderungen der Brustdrüse. Er findet bei benignen Veränderungen eine Schallverstärkung und einen Randschatten, während maligne Tumoren einen Schallschatten

aufweisen. Die Diagnosegenauigkeit beträgt 84 % für benigne und 90 % für maligne Veränderungen. Für die fibrozystische Mastopathie der Frau und Zysten wird die Genauigkeit mit 100 % angegeben.

Für die Untersuchung von Frauen mit bekanntem oder starkem Verdacht auf Brustkrebs wird die Genauigkeit des Ultraschalls, invasive Karzinome zu entdecken, mit 94 % angegeben. Die Genauigkeit der Mammographie beträgt hier nur 81 % (BERG und GILBREATH 2000).

Von RUBIN et al. werden 1979 drei verschiedene Parenchymechos festgelegt, mit denen die Brustdrüse von Frauen sonographisch beschrieben werden kann. Zum ersten beschreiben sie das lipomatöse Parenchym. Es ist gering echogen mit stark echogenen Rändern. Eine Schallverstärkung tritt nicht auf. Zum zweiten wird das duktales Parenchymmuster erläutert. Hier fallen Punkte oder dünne Linien auf, die nicht miteinander verbunden sind. Das dritte Parenchymecho ist das der dysplastischen Mamma. Die Echos sind linear oder klumpig und zusammenhängend, insgesamt erscheint es fast so echoreich wie die Haut. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass die Echogenität der verschiedenen Parenchymmuster auf den unterschiedlichen Kollagengehalt zurückzuführen ist, wobei eine starke Kollagenisierung ein starkes Echo hervorruft und umgekehrt.

TEUBNER et al. (1983) beschreiben unter anderem die Morphologie der normalen Brust, des fibrosierten Drüsengewebes und der Zysten. Die normale Struktur der Brust beinhaltet die echoreiche Textur des Drüsenkörpers, die sich durch die Inhomogenität der Gewebsstruktur erklärt. Die Haut stellt sich echoreich dar, das perimammäre Fettgewebe dagegen aufgrund seiner homogenen Beschaffenheit echoarm.

Die Abgrenzung von gutartigen zu bösartigen Mammaveränderungen nimmt einen großen Raum in der Literatur ein. Es bestehen auch deutliche Unterschiede zwischen proliferativen Erkrankungen und Fettgewebsnekrosen (GARRA et al. 1993). Gutartige Massen sind rund oder oval geformt, haben gut abgrenzbare Ränder und sind breiter als hoch (RAHBAR et al. 1999). Bösartige Massen dagegen haben unregelmäßige Formen und Ränder.

In der letzten Zeit wird auch der Einsatz des Ultraschalls zur Brustkrebsvorsorge propagiert, da es möglich ist, bei klinisch unauffälligen Frauen sowohl benigne als auch maligne Tumoren zu entdecken (MADJAR et al. 1994).

2.3.4 Beschreibung der einzelnen sonographischen Parenchymmuster und nichtneoplastischen Veränderungen in der Humanmedizin

2.3.4.1 Normalstrukturiertes Drüsengewebe

Der normale Brustdrüsenkörper setzt sich aus echodichtem Drüsengewebe und echoarmem Fettgewebe zusammen (OTTO 1993). Das normalstrukturierte Drüsengewebe ergibt ein homogenes, feines Echomuster (KOBAYASHI et al. 1974). Die Echos, die sich in Form von Punkten oder feinen Linien darstellen, weisen keine Verbindungen untereinander auf (RUBIN et al. 1979). Es ergibt sich insgesamt aufgrund der Inhomogenität des Gewebes ein mittelechogenes bis echoreiches Bild (JELLINS et al. 1977, TEUBNER et al. 1983).

Hinter der Mamille entsteht manchmal ein sektorförmiger, unscharf begrenzter Schallschatten. Dieser „retromamilläre Schatten“ wird mit einer Streuung des Schallstrahles an den erweiterten, parallel zur Strahlrichtung verlaufenden Milchgängen und umgebendem Fett- und Bindegewebe erklärt. Da die Milchgänge fast tangential getroffen werden, wird der Schall an dieser Grenzfläche schräg gestreut und nur ein geringer Teil der Energie wird zum Sender zurück reflektiert bzw. durchgeht die Grenzschicht, um tiefer gelegene Strukturen darstellen zu können (TEUBNER et al. 1983).

Die Haut über der Brust zeigt eine starke Reflexion, ebenso die Pektoralisfaszie als Abgrenzung zur Thoraxwand; schwach reflektierend dagegen sind das subkutane und retromammäre Fettgewebe sowie die Muskulatur (TEUBNER et al. 1983).

2.3.4.2 Fibrosiertes Drüsengewebe

Fibrosiertes Drüsengewebe gibt ein echoreiches Bild (JELLINS et al. 1977), kann aber im Falle von homogenen, dichten Bindegewebsarealen auch ein echoarmes Bild ergeben, was einen soliden Herdprozeß simulieren kann. Ein solches homogenes Gewebe hat wenig Grenzflächen und somit eine geringe Echogenität (TEUBNER et al. 1983). Bei der chronischen Mastopathie fallen dichtere und längere, zirkulär oder linear angeordnete Flecken auf (KOBAYASHI et al. 1974). Fokale Fibrosierungen können echoarm, mittelechogen oder im Zentrum echoreich mit echoarmen Rändern sein (VENTA et al. 1999). Andere Autoren finden gut begrenzte, echoarme Herde (REVELON et al. 2000). Fokale Fibrosierungen sind meist oval, können aber auch irregulär geformt sein. Es kommen Schallverstärkung, Schallabschwächung und keine Veränderungen des retrotumorösen Schallverhaltens vor (ROSEN et al. 1999).

2.3.4.3 Zysten

Zysten stellen sich als runde Gebilde, im Inneren echofrei und mit einer starken dorsalen Schallverstärkung dar (COLE-BEUGLET u. BEIQUE 1975, KOBAYASHI et al. 1974, JELLINS et al. 1977, TEUBNER et al. 1983, LEUCHT 1989, LAING 1976). Die Ränder erscheinen glatt (HARPER et al. 1983, KOBAYASHI 1977, JELLINS et al. 1977, LAING 1976) und geben an der vorderen und hinteren Wand ein starkes Signal (COLE-BEUGLET et al. 1981). Es tritt ein bilaterales Schattenphänomen auf (LEUCHT 1989, KOBAYASHI et al. 1974, JELLINS et al. 1977).

Zelltrümmer und feste Bestandteile in dem flüssigen Inhalt der Zyste können Binnenechos verursachen (JELLINS et al. 1977, OTTO 1993).

Kleinere Zysten mit einem Durchmesser von weniger als einem Zentimeter haben häufig durch eingestreute Echos aus der Umgebung keine echofreie Binnenstruktur (TEUBNER et al. 1985). Eine dichte Aneinanderlagerung vieler kleiner Zysten ergibt ein komplexes Reflexmuster mit ungleicher Verteilung

echoarmer Bezirke (JELLINS et al. 1977). Eine eindeutige Zuordnung zur zystischen Läsion ist in diesem Fall manchmal nicht möglich (VAN KAIK et al. 1980).

2.3.4.4 Abszesse

Abszesse erscheinen echoarm bis echofrei, mit gut sichtbarer hinterer Wand und dorsaler Schallverstärkung (COLE-BEUGLET und BEIQUE 1975). Auch vermehrte und inhomogene Binnenechos sind möglich (HARPER et al. 1983, OTTO 1993).

2.3.4.5 Mastitis nonpuerperalis

Die Mastitis nonpuerperalis zeigt einen breiten, unscharfen, echoreichen Randsaum, ein echoarmes Zentrum und Schallabschwächung hinter einem Teil des Substrates (BLOHMER et al. 1994).

2.3.4.6 Blutungen in das Brustgewebe

Diese sind anfangs echofrei, später, wenn das Blut zu koagulieren beginnt, zeigen sich echoarme Bereiche (JELLINS et al. 1977).

2.3.4.7 Fettnekrosen

Diese können im Ultraschall solide, komplex oder echofrei sein. Es ist auch möglich, dass sie sich nicht vom Umgebungsgewebe abheben (SOO et al. 1998).

2.3.5 Anwendung des Ultraschalls zur Mammadiagnostik in der Veterinärmedizin

In der Veterinärmedizin wird die Sonographie vor allem am Euter des Rindes angewandt. Sie dient zur Erkennung von Zitzenstenosen (SARATSI und GRUNERT 1993, SARATSI 1991). Auch wird die Anwendung zur Abgrenzung gesunder von erkrankten Eutern empfohlen (TRENTI et al. 1982). Die Ultraschalluntersuchung des Euters bietet zusätzliche diagnostische Möglichkeiten, kann aber nicht als alleinige Untersuchungsmethode zur Erkennung und Differenzierung von Mastitiden dienen (BANTING 1998).

2.3.6 Kenntnisstand zur Sonographie der Mamma beim Hund

Einen Versuch, den Ultraschall zur Mammadiagnostik beim Hund einzusetzen, machen SCHMIDT et al. 1986. Es wird festgestellt, dass die laktierende Mamma bei Hündinnen gut darstellbar und von pathologischen Prozessen wie Mastitis oder Abszessen abgrenzbar ist. Die Dignität von Tumoren kann nur begrenzt dargestellt werden. Möglich erscheint es den Autoren, einen gut differenzierten Tumor mit Verknöcherungen von einem höher malignen Tumor mit nekrotischem Zentrum zu unterscheiden.

POULSEN NAUTRUP (1998) beschreibt das Aussehen der gesunden, nicht laktierenden Mamma als homogen aus feinen Reflexen mittlerer bis geringer Echogenität aufgebaut. Intraparenchymatöse Gefäße, Ausführungsgänge und Zisternen sind nicht zu differenzieren. Die Zitze erscheint gleichmäßig mittelechogen mit Randschatten. Weiterhin wird die laktierende Milchdrüse als gleichmäßig mittelechogen mit reflexreichen Bereichen, sogenannten Milchflecken, beschrieben. Hier können Gefäßäste dargestellt werden. Die Lactatio falsa ähnelt der laktierenden Milchdrüse, erscheint aber echoärmer mit echofreien Räumen im Bereich der Drüsenkavernen. Zysten stellen sich echofrei und gut abgegrenzt dar. Entzündungen geben ein inhomogenes, echoarmes bis echoreiches Parenchym, welches ebenfalls der laktierenden

Milchdrüse ähneln kann. Tumoren zeigen völlig unterschiedliche sonographische Bilder, bei denen kein Zusammenhang zur Dignität hergestellt werden kann. Diesen Befund macht auch HITZER (2000). Eine Unterscheidung von bösartigen und gutartigen Tumoren ist hier nicht möglich. Ebenso wird festgestellt, dass nur 45,7 % der histologisch vorgefundenen Tumore sonographisch darstellbar sind.

Eine Untersuchung von 19 caninen Mammatumoren mittels Ultraschall wird in Spanien durchgeführt (GONZALEZ DE BULNES et al. 1998). Es werden bei malignen Tumoren irreguläre Ränder, unterschiedliche Formen, Infiltrationen ins Umgebungsgewebe, heterogene Binnenechos, Schallschatten oder auch Schallverstärkung gefunden. Bei benignen Tumoren werden reguläre Ränder, runde oder ovale Formen, keine Infiltration, homogene Binnenechos, dorsale Schallverstärkung und Schallrandschatten gefunden.

MARQUARDT et al. (2000) untersuchen 18 Tumoren der Mamma und berichten, dass maligne Mammatumoren eine heterogene Binnenstruktur und keine Schallrandschatten zeigen, während ein unregelmäßiger Rand kein typisches Zeichen dieser Tumorart sei. Sowohl gutartige als auch bösartige Tumoren können zentrale echofreie Zonen enthalten.