

# **1 Problemabgrenzung und Arbeitsgrundlagen**

## **1.1 Klinik und Pathogenese von Pleuraergüssen**

### **1.1.1 Physiologie der Produktion von pleuraler Flüssigkeit**

Im Pleuraspalt, definiert als Raum zwischen viszeraler und parietaler Pleura, herrscht normalerweise ein Unterdruck von -5 Zentimeter Wassersäule (cm H<sub>2</sub>O). Dieser wird einerseits durch die Kontraktionstendenz der Lunge und andererseits durch die Expansionstendenz der Thoraxwand aufrechterhalten [17].

Der Pleuraspalt enthält normalerweise eine Flüssigkeitsmenge von ca. 15 ml, die durch Wechselwirkung zwischen hydrostatischem und kolloidosmotischem Druck entsteht [17, 18].

Der kolloidosmotische Druck ist in den Kapillaren der parietalen und der viszeralen Pleura gleich hoch. Der hydrostatische Druck jedoch ist in den vom systemischen Kreislauf gespeisten Kapillaren der parietalen Pleura höher, in den von den Lungenarterien versorgten Kapillaren geringer als der kolloidosmotische Druck.

Aufgrund dieser Druckunterschiede tritt Flüssigkeit aus der parietalen Pleura aus, die von der viszeralen Pleura rückresorbiert wird [17, 18].

### **1.1.2 Pathophysiologie der Pleuraergußbildung**

Ein Pleuraerguß liegt dann vor, wenn sich eine abnorme Menge an Flüssigkeit im pleuralen Spalt befindet. Eine abnorme Menge an pleuraler Flüssigkeit kann sich auf unterschiedliche Art und Weise bilden:

- Anstieg des hydrostatischen Druckes in der Mikrozirkulation bei erhöhtem zentralvenösem Druck oder erhöhtem Druck in den pulmonalen Kapillaren, z.B. bei angeborenen Herzfehlern [19, 20].

- Abnahme des kolloidosmotischen Drucks in der Mikrozirkulation, z.B. bei Hypalbuminämie
- Abnahme des Drucks im Pleuraspalt, z. B. bei Atelektasen [21]
- Anstieg der Permeabilität in der Mikrozirkulation z.B. bei inflammatorischen oder malignen pleuralen Prozessen
- verminderte lymphatische Drainage durch Verlegung des Lymphabflusses bei Tumor oder Fibrose
- Eindringen von Flüssigkeit aus dem Peritonealraum durch diaphragmale Lymphgefäße oder diaphragmale Defekte [18].

Sehr unterschiedliche Arten von Flüssigkeiten können sich im Pleuraspalt ansammeln, die häufigsten sind Transsudate, Exsudate, Blut und Chylus. Gelegentlich kommen sehr spezifische Ergüsse vor, die nicht in eine dieser Kategorien einzuordnen sind und zum Beispiel biliäre, cerebrospinale oder iatrogene Flüssigkeit enthalten. Übereinkommend wird wegen der gewöhnlich unklaren Ätiologie jedwede radiologisch detektierte pleurale Flüssigkeit als Erguß bezeichnet [22]. Die Hauptursachen für Pleuraergüsse sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Hauptursachen für die Entstehung von Pleuraergüssen (ohne Hämatothorax und Chylothorax) nach Wilson et al. 1997 [22]

| <b>Ursachen für Pleuraergüsse</b> |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Kategorie</b>                  | <b>Beispiele</b>  |
| Hypoproteinämie                   | Leberzirrhose, Nephrotisches Syndrom, andere hypoproteinämische Zustände  |
| Kardiovaskuläre Erkrankungen      | Konstriktive Perikarditis, Obstruktion der Vena Cava Superior, postcardiales Schädigungssyndrom (post-cardiac injury syndrome), Pulmonalarterienembolie |
| Neoplastische Erkrankungen        | Bronchialkarzinom, Metastasen (Lunge/ Pleura) Pleuraler Tumor (benigne/ maligne) Lymphom  |

| <b>Ursachen für Pleuraergüsse</b> |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Kategorie</b>                  | <b>Beispiele</b>  |
| Infektion                         | Bakteriell (einschließlich Tuberkulose)<br>Viral<br>Chlamydial<br>Protozoal<br>Metazoal<br>Fungal   |
| Trauma                            | Oesophagusruptur<br>Postchirurgisch (thorakal/abdominell)<br>Thoraxtrauma (offen/geschlossen)<br>Fehllage von zentralvenösen Kathetern<br>Ventrikulopleuraler Shunt<br>Strahlentherapie               |
| Inhalation                        | Asbestexposition  |
| Inflammation (nicht-infektiös)    | Rheumatische Erkrankungen<br>Systemischer Lupus Erythematodes<br>Wegener`sche Granulomatose   |
| Medikamentöse Toxizität           | Methotrexate und andere Medikamente   |
| Subdiaphragmatische Erkrankungen  | Aszites-assoziiert (Transsudat, maligne Prozesse, Meigs-Syndrom)<br>Peritonealdialyse<br>Pankreatitis (akut/chronisch)<br>Subphrenischer und hepatischer Abszeß<br>Urämische Pleuritis<br>Milzinfarkt |

Auch bei etwa 50% aller Patienten mit akutem Atemnotsyndrom des Erwachsenen („Adult Respiratory Distress Syndrom“, ARDS) können Pleuraergüsse nachgewiesen werden [23]. Nach herzchirurgischen Eingriffen findet man bei 43 bis 91% der Patienten Pleuraergüsse [24]. Bilaterale Pleuraergüsse sind oft Transsudate, weil sie sich sekundär im Rahmen von generalisierten Veränderungen, die beide Pleurahöhlen gleichmäßig betreffen, ausbilden. Diese Veränderungen können im besagten Anstieg des hydrostatischen und Abfall des kolloidosmotischen Druckes bestehen.

Bilaterale Pleuraergüsse können auch Exsudate sein, sie werden zusammen mit metastatischen Erkrankungen, Lymphomen, Pulmonalarterienembolie, Rheumatoiden Erkrankungen, systemischem Lupus Erythematodes (SLE), postkardialem Schädigungssyndrom, Myxödem sowie Aszites beobachtet.

Rechtsseitige Ergüsse sind typischerweise assoziiert mit Aszites, Herzversagen und Leberabszeß, linksseitige mit Pankreatitis, Perikarditis, Ösophagusruptur und Aortendissektion [17, 22, 25, 26, 27].

Massive Ergüsse kommen meist bei malignen Erkrankungen, insbesondere bei in die Lunge metastasierten Malignomen vor [22, 28]. Man beobachtet sie aber auch bei Herzversagen, Leberzirrhose, Tuberkulose, Empyem und Trauma [22].

Die exzessive Menge an Flüssigkeit, die den Pleuraerguß bildet, verteilt sich unter dem Einfluß der Schwerkraft, der Kontraktionstendenz der Lunge und Kapillarität im Pleuraspalt, allerdings nur unter der Voraussetzung, daß nicht Pleuraadhäsionen die freie Beweglichkeit der Flüssigkeit verhindern.

Am aufrecht stehenden Patienten sammelt sich die Flüssigkeit der Schwerkraft entsprechend zunächst am tiefsten Punkt: über dem Zwerchfell. Übersteigt die Flüssigkeitsmenge etwa 250 ml, so fließt sie in den Sinus phrenicocostalis aus und zwar zunächst ebenfalls an der tiefsten Stelle, nämlich posterobasal, schließlich aber auch lateral und vorn.

Diese Verteilung über die Lungenkonvexität (also hinten, lateral und vorn), jedoch nicht über den medialen bzw. mediastinalen Abschnitten, hängt damit zusammen, daß die Lunge durch ihre Fixation am Hilus medial eine wesentlich geringere Kontraktionstendenz aufweist als an der Konvexität.

Durch das Auftreten von Flüssigkeit im Pleuraraum wird der Druck innerhalb desselben weniger negativ, d.h. er steigt an, was eine entsprechende Kontraktion der Lunge nach sich zieht. Bei ihrer Kontraktion behält die Lunge ihre ursprüngliche Form bei. Diese Tatsache sowie die Kapillarität bewirken, daß die sich im costophrenischen Winkel ansammelnde Flüssigkeit nicht horizontal (wie in einem Gefäß), sondern in Form eines Meniskus ausbreitet [17].

### **1.1.3 Diagnose und Therapie von Pleuraergüssen**

#### **Diagnose**

An erster Stelle steht die Anamnese und klinische Untersuchung des Patienten. Subjektive Beschwerden wie Dyspnoe, atemabhängiger Schmerz, Schonhaltung, Husten und Beklemmungsgefühl treten allerdings erst bei großen Ergußvolumina auf. Klinische Zeichen wie Nachschleppen der betroffenen Thoraxhälfte bei der Atmung, Vorwölbung der Intercostalräume, aufgehobener Stimmfremitus, perkutorisch absolute Dämpfung, auskultatorisch abgeschwächtes bis aufgehobenes Atemgeräusch über dem Erguß und „Kompressionsatmen“ (Bronchialatmen in streifenförmiger Zone) in den Lungenabschnitten oberhalb des Ergusses lassen sich nur bei großen Ergüssen ab ca. 300 ml nachweisen [29]. Daher kommen bei der Diagnose von Pleuraergüssen vor allem bildgebende Verfahren zum Einsatz.

Obwohl es schon seit einiger Zeit möglich ist, Pleuraergüsse mit Hilfe der B-Bild-Sonographie nachzuweisen, ist im klinischen Alltag die Thoraxröntgenaufnahme vielfach noch die Methode der Wahl zum Nachweis oder zur Kontrolle von Pleuraergüssen [30]. Das Erkennen eines Pleuraergusses auf einer konventionellen Thoraxaufnahme kann bei kleineren Flüssigkeitsmengen (15 bis 250 ml) schwierig sein [17, 31]. Der Pleuraerguß sammelt sich beim aufrecht stehenden Patienten zunächst oberhalb des Zwerchfells an, ohne in den Costophrenalwinkel auszufließen. So bleibt die in einem nach kranial konvexen Bogen verlaufende Zwerchfellkontur erhalten, so daß weder im anterior-posterior (ap) noch im seitlichen Thoraxbild das Vorliegen eines Ergusses vermutet wird.

Der Nachweis gelingt jedoch dadurch, daß der Patient in Seitenlage und somit die Flüssigkeit zum Ausfließen gebracht wird. Diese in Seitenlage mit horizontalem Strahlengang angefertigte „Ergußaufnahme“ ist die sensitivste Methode, einen Pleuraerguß mittels einer Thoraxröntgenaufnahme nachzuweisen [17, 31].

Am aufrecht stehenden Patienten wird ein Erguß erst ab 175 bis 600 ml im posterior-anterior (pa) und seitlichen Strahlengang erkennbar [32]. Der frei ausfließende Pleuraerguß manifestiert sich hier durch folgende Sequenz von Symptomen:

- Obliteration des Costophrenalwinkels, zuerst hinten (in der Seitenaufnahme zu erkennen), dann lateral und schließlich vorn [33]. Zur Differenzierung von einer Pleuraadhäsion ist eine Ergußaufnahme nötig [17].
- Meniskusartiger Anstieg der Pleuraflüssigkeit entlang der Thoraxwand [34]
- Konturunschärfe des Zwerchfells (Silhouettenzeichen)[33]
- Verdickung der Interlobien (am häufigsten im Rahmen einer Herzinsuffizienz anzutreffen)
- Kompressionsatelektase der ipsilateralen Lunge, beginnend mit dem Unterlappen. Trotzdem wirkt sich der zunehmende Erguß raumfordernd aus und verdrängt das Mediastinum gegen die gesunde Seite, das ipsilaterale Zwerchfell nach unten (letzteres jedoch nur auf der linken Seite, über dem luftgefüllten Magen und/oder Kolon ersichtlich) [17].

Bei ergußbedingter Totalverschattung einer Thoraxseite wird das Mediastinum (mitsamt dem Herzen) deutlich auf die kontralaterale Seite verdrängt. Ist dies nicht der Fall, d.h. ist das Herz mittelständig, so liegt zusätzlich eine (in der Regel durch ein Karzinom bedingte) Obstruktionsatelektase eines oder mehrerer Lungenlappen vor.

Die oben beschriebenen Symptome des frei ausfließenden Pleuraergusses sind dann vorhanden, wenn die von der Flüssigkeit bedeckte Lunge keinerlei Parenchymerkrankung aufweist. Bei gleichzeitig vorhandener Parenchymerkrankung (z.B. Pneumonie) sammelt sich die Flüssigkeit jedoch in atypischer Lokalisation an.

Beim Vorliegen von Pleuraverwachsungen wie Pleuraschwarten oder -schwielen kann der Erguß nicht frei ausfließen und bildet dementsprechend umschriebene, tumorähnliche Verschattungen, speziell bei interlobärer Lokalisation.

Im Röntgenbild stellt es sich oft als schwierig bis unmöglich dar, Ergüsse von Atelektasen, Fibrosen oder anderen Läsionen zu unterscheiden. Diese Unterscheidung gelingt jedoch durch die Sonographie [3, 11, 12].

Bei der radiologischen Diagnose „Pleuraerguß“ kann es sich um Transsudat, Exsudat Blut oder andere Flüssigkeiten handeln. Eine Differenzierung der Ätiologie ist nur aufgrund der Klinik oder mittels einer Pleurapunktion möglich [17].

Das bei einer Punktion gewonnene Material wird auf Gehalt an Eiweiß und Laktatdehydrogenase (LDH) untersucht. Es folgen bakteriologische und zytologische Bestimmungen. Ein Gesamteiweiß (GE) von <30 Gramm pro Liter (g/l), ein Verhältnis zwischen GE in der pleuralen Flüssigkeit und GE im Serum <0,5, ein spezifisches Gewicht von <1.016, eine LDH-Konzentration von <200 Units pro Liter (U/l) und ein Verhältnis von LDH in der pleuralen Flüssigkeit und LDH im Serum <0,6 weisen auf ein Transsudat hin. Hierbei muß aber beachtet werden, daß nach diuretischer Therapie ein Transsudat einen hohen Eiweißgehalt aufweisen und so für ein Exsudat gehalten werden kann [29, 35, 36].

Eine ungenaue Screeningmethode ist die Rivalta-Probe auf Exsudat: Ein Tropfen Essigsäure wird dem gewonnenen Material hinzugefügt, bei erhöhtem Eiweißgehalt beobachtet man einen wolkigen Niederschlag.

Eine Erhöhung der  $\alpha$ -Amylase und Lipase im Erguß findet sich bei Pankreatitis. Eine milchig-trübe Farbe des Punktats und erhöhte Triglyceridwerte finden sich bei Chylothorax. Ein blutiger Erguß ist immer ein Hinweis auf einen malignen Tumor.

Zur weiteren Diagnostik bei ungeklärter Ätiologie des Ergusses ist eine Video-Thorakoskopie mit makroskopischer Beurteilung, gezielter Biopsie und Histologie sowie bakteriologischer Untersuchung möglich [29, 37].

## Therapieoptionen

Da es sich bei Pleuraergüssen nicht um eine spezielle Erkrankung handelt, sondern um ein Symptom, welches bei vielen unterschiedlichen Krankheitsbildern auftreten kann, existiert keine einheitliche Leitlinie für die Therapie von Pleuraergüssen.

Die Therapie von Pleuraergüssen ist in erster Linie immer eine Therapie der Grunderkrankung [21].

Erst an zweiter Stelle steht eine symptomatische Therapie des Pleuraergusses zur Verbesserung der subjektiven Beschwerden des Patienten bzw. zur Verbesserung der erschwerten Ventilation.

Therapiemöglichkeiten:

- Abpunktion bei einmaligem Erguß ab ca. 250 ml Volumen [4] (anschließend Röntgen-Thorax zum Ausschluß eines Pneumothorax).
- Antibiotikatherapie bei bakterieller Infektion (nach Antibiogramm).
- Antituberkulotikatherapie bei tuberkulöser Pleuritis.
- Pleurodese bei malignem Erguß mit Tetrazyklin, Fibrin oder asbestfreiem Talkum-Puder.
- Drainagebehandlung bei rezidivierendem Erguß
- intrapleurale Fibrinolyse bei komplizierten parapneumonischen Ergüssen und Empyemen [38, 39, 40, 41].
- Diuretika bei kardialer Genese oder Proteinmangelsyndromen und
- Kochsalzrestriktion bei Aldosteronmangel durch verschiedene Lebererkrankungen.

Weiterhin werden Medikamente wie Analgetika und Antitussiva eingesetzt, um die Beschwerden des Patienten zu lindern.



## 1.2 Sonographie

### 1.2.1 Sonographie als diagnostisches Verfahren

Die Bilderzeugung der Sonographie beruht auf der Reflexion von Ultraschallwellen. Mit Hilfe einer Sender-Empfänger-Einheit kann das Reflexmuster dargestellt und einzelnen Organstrukturen zugeordnet werden. Es werden Ultraschallwellen mit einer Frequenz von 3 bis 15 Megahertz (MHz) verwendet. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit liegt zwischen 330 Metern pro Sekunde (m/s) in der Luft und 3360 m/s im Knochen. Für jede Gewebeart ist der Wellenwiderstand (akustische Impedanz) eine charakteristische Größe. Der Reflexionsanteil im Weichteilgewebe ist gering. An Grenzflächen mit unterschiedlichem Wellenwiderstand wie zum Beispiel an der Grenzfläche zwischen Weichteilgewebe und Knochen wird ein hoher Anteil der eintreffenden Welle reflektiert. An der Grenzfläche zur Luft erfolgt nahezu eine Totalreflexion. Daher sind Strukturen, die sich hinter Knochengewebe oder Luft befinden, mittels Ultraschall nicht darstellbar und entziehen sich so der sonographischen Beurteilung. Um Totalreflexion beim Eintritt in die Haut zu vermeiden, ist eine Ankopplung des Schallkopfes über ein Kontaktgel notwendig.

Neben Reflexion und Streuung geht ein Teil der Energie durch Absorption verloren. Die Absorption wird mit zunehmender Ultraschallfrequenz größer, das heißt, die Eindringtiefe wird mit zunehmender Frequenz geringer, während die örtliche Auflösung höher wird. Oberflächennahe Strukturen (z.B. Schilddrüse) sollten daher mit hohen Frequenzen (5 bis 7 MHz) untersucht werden.

Ultraschallgeräte arbeiten nach dem Echoimpulsverfahren. Am Ultraschallkopf werden Impulse ausgesandt und Echos empfangen. Die Erzeugung des Ultraschalles erfolgt mit Hilfe von piezoelektrischen Elementen, welche unter Anlage von Wechselspannung rhythmisch ihre Dichte ändern. Auf diese Weise wandeln sie elektrische Schwingungen in mechanische Schwingungen um (piezoelektrischer Effekt). Diese Schwingungen breiten sich als Dichte-Druck-Änderungen in Form von Ultraschallwellen aus.

Beim Empfang der reflektierten Wellen wird der piezoelektrische Effekt umgekehrt. Die mechanischen Wellen werden in elektrische Wellen umgewandelt. Jedes piezoelektrische Element fungiert somit sowohl als Sender als auch als Empfänger. Unter der Voraussetzung, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit in verschiedenen Weichteilgeweben ähnlich ist, bestimmt die Laufzeit den Reflexionsort. Echos von gleichen Impedanzsprüngen werden unabhängig vom Entstehungsort mit gleicher Intensität dargestellt. Aus diesem Grund muß laufzeitabhängig eine unterschiedliche Verstärkung der Echos erfolgen. Durch Änderung der Verstärkung kann der Energieverlust entsprechend der Eindringtiefe korrigiert werden.

Beim B-Bild-Verfahren „Brightness-modulation-Verfahren“ wird sowohl der Ort als auch die Intensität (Amplitude) des Reflexionsechos einer Schnittebene im Videobild dargestellt. „Real-time-scanner“ erlauben eine Bildfrequenz von 50 Bildern pro Sekunde mit direkter „Online“-Wiedergabe auf Videomonitoren [42].

Die Sonographie ist das am häufigsten genutzte bildgebende Verfahren in der Medizin überhaupt. Sie ist ein Standardverfahren in der Schwangerschaftsvorsorge, ein wichtiges Verfahren bei z. B. der Differentialdiagnose eines akuten Abdomens aber auch bei der Beurteilung einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit. Weiterhin wird sie standardmäßig zur Untersuchung der Schilddrüse, des Herzens, der Nieren, der Harnwege und der Blase benutzt.

Die Ultraschallanwendung ist geeignet zur Erstbeurteilung und für Verlaufskontrollen, insbesondere bei medikamentösen oder strahlentherapeutischen Behandlungen maligner Erkrankungen. Mit Ultraschall können malignitätsverdächtige Herde erkannt und erste Hinweise auf ihre Dignität gewonnen werden. Darüber hinaus sind ultraschallgesteuerte Biopsien und Zytologien sowie die ultraschallgesteuerte Punktion zentralvenöser Gefäße durchführbar [43].

## **1.2.2 Sonographische Morphologie von Lunge und Pleura**

### **Lunge**

Das Sonomorphogramm der gesunden Lunge zeigt oberflächlich einen zarten, hellen, atemverschieblichen Echoreflex, der der Pleura viszeralis zugeordnet wird. Dahinter

kommt es durch den Luftgehalt der Lunge zur Totalreflexion der Schallwellen mit den typischen aufhellenden Wiederholungsechos, den Reverberationen oder sogenannten Kometenschweifartefakten [44, 45]. Daher ist eine Darstellung intrapulmonaler Prozesse innerhalb der normalen, lufthaltigen Lunge nicht möglich [42, 46].

## **Pleura**

Indikationen zur Sonographie von Lunge und Pleura stellen die Erfassung, dreidimensionale Ausmessung und Qualifizierung wandständiger Thoraxprozesse dar. Sie ermöglicht die Beurteilung von Pleuraergüssen, Hämatomen und Infiltrationen, hilft bei der Abklärung unklarer wandständiger Raumforderungen und erlaubt eine gezielte Feinnadelbiopsie oder Punktion von Pleuraergüssen [30, 42, 47]. Die Pleura ist bis auf den Bereich der Scapularüberlagerung und der Region der mediastinalen Umschlagfalten sonographisch sehr gut beurteilbar [45]. Hierbei können die Intercostalräume und die Supraclaviculargruben als akustische Fenster genutzt werden. Die Schalleinstrahlung entlang eines Intercostalraumes erweist sich als günstig, da hinter Rippen wegen der hohen akustischen Impedanzunterschiede zwischen Knochen und Weichteilen Schallschatten entstehen [10].

Die normale Pleura ist nur 0,2 bis 0,4 mm dick und befindet sich damit metrisch an der Grenze der Auflösungsmöglichkeit auch moderner Ultraschallgeräte [30]. Eine sonographische Darstellung der Pleura ist aufgrund der Impedanzsprünge an den Grenzen der Pleurablätter trotzdem möglich. Die Pleura parietalis zeichnet sich hierbei als feine echoreiche durchgehende Linie ab, der Pleuraspalt als echofreie bis sehr echoarme parallele Bande [5]. Dabei wird die tatsächliche Dicke der Pleurablätter überzeichnet. Die wesentlich feinere Pleura viszeralis geht in der kräftigen Totalreflexionsbande des Ultraschalls an der lufthaltigen Lunge unter. Sobald die Lunge durch pathologische Prozesse luftfrei wird, kann auch die eigentliche Pleura viszeralis als feine echoreiche Linie abgezeichnet werden. In der täglichen Ultraschallpraxis wird die beschriebene Totalreflexionslinie hilfswiese als Pleura viszeralis bezeichnet.

Die feine echoarme Bande, die man zwischen Pleura parietalis und Thoraxwand findet, entspricht der extrapleuralem Fettschicht [48].

Die Sonographie als Echtzeitverfahren ist auch zur Beurteilung der Atemverschieblichkeit der Lunge gegenüber der Pleura parietalis gut geeignet [49]. So ist zum Beispiel bei entzündlichen oder tumorösen Pleuraverklebungen und beim Pneumothorax keine, bei Asthma bronchiale und Emphysem eine sehr eingeschränkte Atemverschieblichkeit zu beobachten [30, 46]. Insgesamt ist die Sonographie von Lunge und Pleura zur Diagnostik pleuraler und pulmonaler pleuranaher Veränderungen gut geeignet [12, 50, 51, 52, 53, 54]. Sie ergänzt die Röntgendiagnose und erlaubt Verlaufsuntersuchungen [39]. Sie kann in vielen Fällen helfen, den diagnostischen Weg abzukürzen und therapeutische Entscheidungen erleichtern [55, 56, 57].

### 1.2.3 Sonographische Darstellung von Pleuraergüssen

Pleuraergüsse sind als liquide Formationen sonographisch echofrei und werden von der Pleura scharf begrenzt [30]. Ein Pleuraerguß weist meist eine Sichelform auf, wobei die untere Ecke der Sichel von der tiefsten Stelle des costophrenischen Winkels gebildet wird [10, 12]. Mittlere und große Ergüsse können problemlos nachgewiesen werden, da sie sich von Atelektasen, Tumoren, Schwarten oder einem Zwerchfellhochstand, die im Röntgenbild Abgrenzungsschwierigkeiten bereiten können, sonographisch ohne Schwierigkeiten unterscheiden lassen [3, 12].

Kleine Ergüsse im Randwinkel oder streifig-parallel zur Pleura sind in der Abgrenzung zur echoarmen Pleuraverdickung nicht immer eindeutig. Man erkennt den Pleuraerguß daran, daß er sonographisch echofrei ist und eine Formveränderung bei der Atmung und eventuell Septen oder flottierende Echos zeigt.

Transsudate ergeben ein fast bis zur Gänze echoloses Erscheinungsbild. Sie führen häufig je nach Menge zu mehr oder weniger ausgeprägten Kompressionsatelektasen. Exsudate sind sonographisch echoarm bis echoreich. Ein Erguß, der sich echofrei darstellt, kann aber sowohl ein Transsudat als auch ein Exsudat sein. Die Unterscheidung gelingt oft anhand sonographischer Zeichen wie Pleuraverdickung oder Lungenparenchymläsionen, die ein Hinweis auf ein Exsudat sind [58]. Eine sichere Unterscheidung ist aber durch Punktion des Ergusses und Analyse der punktierten Flüssigkeit möglich. Pleuraergüsse in Organisation stellen sich sonographisch echoreicher und inhomogener dar als frisch entstandene Pleuraergüsse [12, 59].

Entsprechend dem pathologisch-anatomischen Substrat zeigt sich sonomorphologisch die vom Erguß verursachte Kompressionsatelektase als ein homogen verdichteter Lungenabschnitt (Lappen, Segment, Subsegment) mit glatt und scharf begrenzter Oberfläche und mit spitzwinkligen Rändern. Kometenschweifartefakte sind nicht oder nur partiell nachweisbar. Einzelne Gefäßstrukturen sind zu erkennen [45].

## 1.3 Computertomographie

### 1.3.1 Computertomographie als diagnostisches Verfahren

Bei der Computertomographie (CT) handelt es sich um ein Schnittbildverfahren, bei dem eine um den Patienten kreisende Röntgenröhre dessen Körper mit einem schmalen Röntgenstrahlenfächer durchstrahlt. Der Röntgenröhre gegenüberliegende Detektoren messen die Schwächung der Strahlung. Aus den Schwächungen in vielen verschiedenen Richtungen lassen sich Schwächungswerte für einzelne Bildpunkte berechnen, die in Graustufen wiedergegeben werden.

Bei der CT besteht die Möglichkeit der Einzelschichttechnik (sequentiell) oder die der Spiral-CT-Aufnahme. Bei der Einzelschichttechnik ruht der Patient - Röhre und Detektoren kreisen in einer bestimmten Ebene unter Durchleuchtung mit einer bestimmten Schichtdicke einmal um den Patienten. Anschließend wird der Patient um eine Schichtdicke weiter im Gehäuse, in dem sich die Röhre und der Detektor befinden („Gantry“) verschoben. So entstehen Einzelschichtaufnahmen, für die je ein Atemkommando gegeben werden muß.

Bei der Spiral-CT wird der Patient gleichmäßig bei kontinuierlich kreisender Abtastung durch die „Gantry“ bewegt. Dabei wird ein Volumendatensatz aufgenommen, aus dem sich anschließend einzelne Schichten berechnen lassen [42, 60].

Der Vorteil hierbei ist, daß sich ganze Körperabschnitte (z.B. Thorax) in nur einer Atempause berechnen lassen. Dies garantiert die vollständige Abbildung sämtlicher Strukturen in einem Körperabschnitt. Außerdem sind eine Berechnung von 2-D und 3-D-Rekonstruktionen aus dem Volumendatensatz möglich.

Ein Computertomograph ist in der Lage, anhand der unterschiedlich starken Schwächung der Röntgenstrahlen (Knochen > Weichteile > Fett > Luft) mehrere Tausend verschiedene Dichtewerte zu berechnen.

Zur Quantifizierung dieser Dichtewerte wurden die nach einem der Väter der Computertomographie benannten Hounsfield-Einheiten (HE= Hounsfield-Einheiten oder HU= Hounsfield-Unities) festgelegt. Definiert sind sie durch die Spanne zwischen 0 HE (Wasser) und -1000 HE (Luft).

Da das menschliche Auge nicht fähig ist, mehrere tausend verschiedene Dichtewerte zu unterscheiden, sondern lediglich 20 bis 50 Graustufen voneinander abgrenzen kann, wird zur Beurteilung der CT-Bilder der interessierende HE-Anteil der Messung in durch das menschliche Auge wahrnehmbare Graustufen aufgelöst. Dies nennt man Fenstereinstellung.

So werden zum Beispiel beim Weichteilfenster 350/50 um einen mittleren HE-Wert von 50 („window-level oder -center“, Fenstermitte) alle Dichtewerte mit einer Spannweite von 350 („window-width“, Fensterweite), also von -125 bis 175 HE in Graustufen dargestellt.

Alle Strukturen unter -125 HE erscheinen schwarz, die über 175 HE weiß.

Weichteilstrukturen sind in einer solchen Darstellung sehr gut beurteilbar, Knochenstrukturen und Lungenparenchym praktisch nicht. Außer dem Weichteilfenster 350/50 kann man zum Beispiel ein Lungenfenster 1700/-600, ein Knochenfenster 200/500 oder ein Hirnfenster 90/30 wählen [42, 60].

### **1.3.2 Computertomographische Darstellung von Lunge und Pleura**

Im Rahmen einer Thorax-CT-Aufnahme ist es möglich, die Bronchien mit ihren Verzweigungen und die Lungengefäße bis in die Peripherie darzustellen. Durch intravenöse Kontrastmittelapplikation gelingt es, Hilusstrukturen und Gefäße zu differenzieren.

Weiterhin kann die Pleura im costalen, mediastinalen und diaphragmalen Bereich abgegrenzt werden [61]. Die CT ist in der Diagnostik von Pleuraerkrankungen die Methode mit der höchsten Genauigkeit und hierbei auch der Sonographie überlegen [18, 62, 63, 64]. Sie ist im Gegensatz zur Sonographie weniger von der Erfahrung des Untersuchers abhängig. Auch bei sonographisch schwierig zu untersuchenden Patienten mit Adipositas oder umfangreichen Verbänden ist die CT einsetzbar [2].

Indikationen für eine Spiral-CT Aufnahme des Thorax sind die Suche nach pulmonalen, pleuralen sowie mediastinalen raumfordernden Prozessen (z.B. die Suche nach Metastasen eines Primärtumors), die Diagnostik von Bronchiektasen und der Ausschluß einer Lungenembolie bis hin zur Segmentebene [42].

### 1.3.3 Computertomographische Darstellung von Pleuraergüssen

Die Computertomographie liefert ähnlich genaue Informationen wie die Thoraxsonographie [22]. Sie ist sehr sensitiv im Auffinden von Pleuraergüssen und kann zwischen freier Flüssigkeit und lobulierten Ergüssen unterscheiden. Auch Atelektasen, solide pleurale und extrapleurale Läsionen sowie periphere pulmonale Läsionen werden erkannt [22]. Außerdem ist es mit einer Computertomographie oft möglich, die Ätiologie eines Pleuraergusses nicht nur zu ermitteln, sondern auch genau zu lokalisieren. Die CT unterscheidet zwischen parenchymalen pulmonalen und pleuralen Erkrankungen, diese Unterscheidung ist insbesondere bei Verwendung von Kontrastmittel möglich. Sie charakterisiert die Morphologie einer pleuralen Verdickung, die oft zusammen mit einem Pleuraerguß auftritt: Noduläre, irreguläre pleurale Verdickungen mit fokalen Massen können ein Hinweis auf eine maligne Ursache sein, uniforme, schwache Verdickungen sind eher ein Hinweis auf Benignität, schließen aber eine Malignität nicht aus [65]. Ein großer Vorteil der CT-Untersuchung liegt in der Möglichkeit, die Gewebdichte zu differenzieren, Kalzifizierungsgrade zu unterscheiden, invasives Wachstum in Nachbargewebe zu beschreiben, Läsionen umgebende Fibroseareale im Lungengewebe nachzuweisen und damit wichtige Kriterien zur Unterscheidung benigner und maligner Prozesse zu liefern [46].

So kann die CT helfen, die einem Pleuraerguß möglicherweise zugrundeliegende pulmonale Erkrankung zu erkennen und sie mittels perkutaner Aspiration und Biopsie zu sichern.

Ein Pleuraerguß stellt sich in der CT typischerweise halbmondförmig dar, seine Dichte liegt leicht unterhalb der Dichte weichen Gewebes. Sie unterscheidet sich damit von der Dichte jedweder pleuralen Verdickung oder Gewebsmasse.

Die Unterscheidung von Transsudat und Exsudat ist allerdings mit der CT nicht sicher möglich; es sei denn, es sind außer dem Pleuraerguß andere Abnormitäten in der Pleura oder dem pleuralen Fett zu erkennen, die eine ätiologische Prognose in Richtung Exsudat oder Transsudat erlauben [44, 66].



Eine Verdickung der parietalen Pleura kann zum Beispiel ein Hinweis auf ein Exsudat sein [67]. Die höhere Dichte des koagulierten Blutes eines Hämatothorax kann dagegen deutlich sein.

Liegt die freie Flüssigkeit im hinteren costophrenischen Rezessus und damit dem Diaphragma an, kann die Unterscheidung vom Aszites schwierig sein.

Zur Differenzierung wurden verschiedene Zeichen definiert:

- Das Zeichen des verschobenen Zwerchfellschenkels („the displaced crus sign“): Pleurale Flüssigkeit verschiebt den Zwerchfellschenkel weg vom angrenzenden Wirbelkörper, Aszites hat den gegenteiligen Effekt.
- Das Zwerchfellzeichen („the diaphragm sign“): Flüssigkeit in den Grenzen des Zwerchfells ist aszitischen, Flüssigkeit außerhalb seiner Grenzen pleuralen Ursprungs. Dieses Zeichen ist schwer zu verifizieren, da das Diaphragma oft nicht einfach abzugrenzen ist. Außerdem kann atelektatische Lunge das Aussehen des Diaphragmas imitieren. Allerdings stellt sich atelektatische Lunge zwar als gekrümmtes Band dar, erscheint aber deutlich dicker als das Zwerchfell und ist weiterhin in einigen Bildabschnitten eindeutig als Lungengewebe zu identifizieren.
- Das Zeichen der Area nuda („the bare area sign“): Aszitische Flüssigkeit sammelt sich stets außerhalb des leeren Gebiets zwischen den coronaren Ligamenten auf der hinteren Seite der Lunge, während ein Pleuraerguß ungehinderten Anschluß an den gesamten hinteren costophrenischen Sulcus hat.
- Das Zeichen der Verbindungsstelle („the interface sign“): Die Verbindungsstelle zwischen Leber bzw. Milz und dem Pleuraerguß erscheint verschwommen, während der Berührungspunkt mit aszitischer Flüssigkeit scharf erscheint [22, 44].

Mit Hilfe dieser Zeichen ist es möglich, in der CT pleurale Flüssigkeit von aszitischer zu unterscheiden.