

Thoraxsonografie: Eine bewährte diagnostische Methode

Strahlungsfrei, kostengünstig und schnell durchführbar -- Autoren: F. M. Wilkens, F. J. F. Herth, P. Wolf

Die Thoraxsonografie ist inzwischen eine etablierte Methode zur Abklärung einer Dyspnoe sowie zur Detektion eines Pleuraergusses, eines Pneumothorax, einer Pneumonie und eines Lungenödems. Nachfolgend erhalten Sie praktische Tipps zum Vorgehen in der Praxis.

Die Thoraxsonografie ist eine etablierte Methode, um pathologische Veränderungen im Bereich der Pleura und der Lunge zu beurteilen [1]. Die Thoraxwand setzt sich vereinfacht aus Haut, Fett- und Bindegewebe, Muskeln, Rippen und darunter liegenden Gefäßen zusammen (**Abb. 1**).

Die Pleura ist histologisch etwa 100–200 µm dick und erscheint im Ultraschall (US) als eine hyper-

echogene Linie (Reflexband der belüfteten Lunge). Mittlerweile können mit hochauflösenden Schallköpfen die Pleura parietalis und visceralis sowie der Pleuraspalt dargestellt werden (**Abb. 2a**).

Unter der viszeralen Pleura befinden sich die (luftgefüllten) Alveolen innerhalb der Lobuli, die von den interlobulären Septen gestützt werden. Eine gesunde Lunge ist durch einen Luftgehalt von über 99% gekennzeichnet [2]. Bedingt durch den hohen Impedanzunterschied zwischen luftgefülltem Lungengewebe und der Thoraxwand kommt es zu einer vollständigen Reflexion der Schallwellen. Gesunde Lungenstrukturen lassen sich daher mittels Ultraschall nicht darstellen [3].

Bildgebende Artefakte kennen und beachten

Die Kenntnis der bildgebenden Artefakte ist für die Interpretation des US-Bildes unerlässlich. Die horizontalen A-Linien unterhalb der Pleuralinie entstehen durch Reverberationsartefakte, bei denen Schallwellen zwischen der Pleuralinie und der Haut hin- und herlaufen und schließlich als Laufzeitartefakte in das Bild gelangen (**Abb. 2b**).

Neben den physiologischen A-Linien können auch vertikale Artefakte in Form von Kometenschweifartefakten (comet tails) und B-Linien auftreten. Die Definitionen von B-Linien und Kometenschweifartefakten werden in der Literatur nicht einheitlich verwendet [4]. Wenn sich die Alveolarsepten durch hydrostatische oder permeable Flüssigkeitsinfiltrationen ausdehnen, fallen sie in den Auflösungsbereich des US, die US-Wellen können sich in der Lunge ausbreiten und das Bildartefakt der B-Linien erzeugen.

In den internationalen Point-of-Care-Empfehlungen von 2012 werden B-Linien als vertikale, laserartige Artefakte beschrieben, die sich von der Pleuralinie bis zum unteren Rand des Bilds erstrecken und sich mit dem Lungengleiten bewegen. Abzugrenzen sind hier-

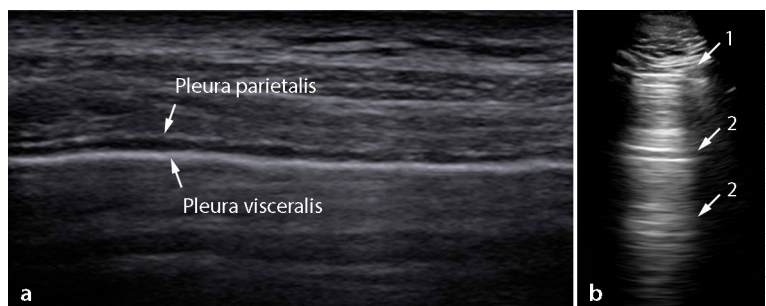
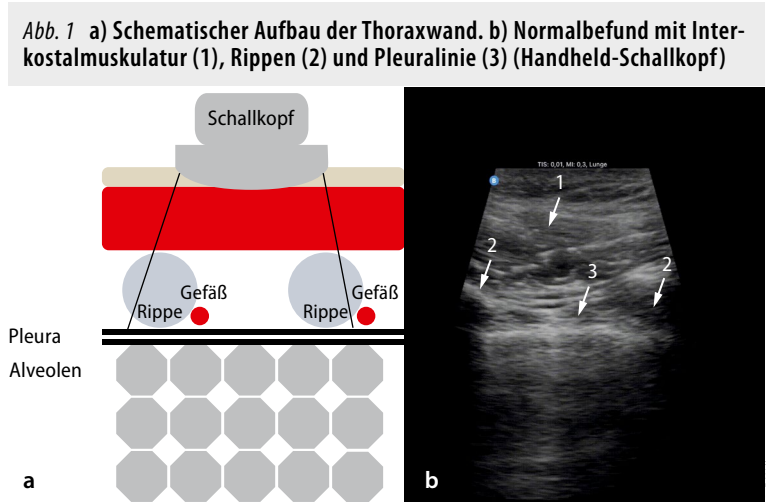





Abb. 2 a) Sonografische Darstellung der Pleura visceralis, des Pleuraspalts und der Pleura parietalis mit einem 18-MHz-Linearschallkopf. **b)** Normalbefund mit Pleuralinie (1) und A-Linien (2) (Handheld-Schallkopf).

Tab. 1 Schallköpfe und deren Anwendung

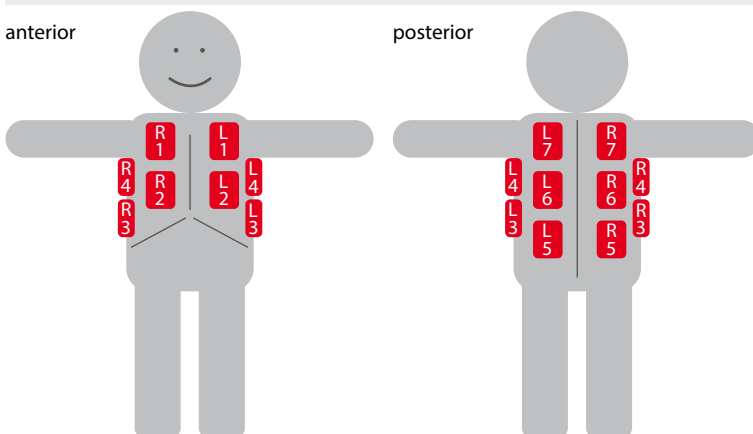
Schallkopf	Anwendung	Schallfenster
Konvexschallkopf (z. B. 3,5–6 MHz) Preset Lunge oder Abdomen	Geeignet für tiefer gelegene Strukturen wie Pleuraergüsse, Zwerchfell	
Linearschallkopf (z. B. 8–18 MHz) Preset Lunge oder Abdomen	Geeignet für die Darstellung oberflächlicher Strukturen wie der Pleura	
Sektorschallkopf (z. B. 2–4 MHz) Preset Lunge oder Herz	Geeignet für die Darstellung z. B. von Pleuraergüssen und retrosternalen Strukturen	

Tab. 2 14-Zonen-Scan nach Laursen [7]

Region	Schnitt
R1 + L1	SK 2.–3. ICR ca. 3 cm lateral des Sternums aufsetzen
R2	4. ICR, an den anterioren Sinus phrenicocostalis angrenzend
L2	4. ICR, langsam von L1 nach kaudal verschieben, um Perikard von Pleura zu unterscheiden
R3	Referenzorgan Leber, rechte Niere und Zwerchfell aufsuchen, dann SK nach kranial verschieben
L3	Referenzorgan Milz, linke Niere und Zwerchfell aufsuchen, dann nach kranial verschieben
R4 + L4	3. ICR im Bereich der mittleren Axillarlinie
5R + 5L	In der mittleren und unteren Rückenregion, unterhalb des 3. ICR
6R + 6L	In der oberen Rückenregion, oberhalb des 4. ICR
7R + 7L	Weiter superior und medial zur mittleren Axillarlinie (Arm anheben lassen, um die Scapula herauszudrehen)

SK = Schallkopf; ICR = Interkostalraum

Abb. 3 14-Zonen-Scan nach Laursen [7]



Jede dieser Flächen ist in kleinere Quadrate unterteilt. Die Untersuchungsbereiche sind auf der rechten Körperseite mit 1R bis 7R und auf der linken Körperseite mit 1L bis 7L bezeichnet. Diese systematische Unterteilung ermöglicht eine strukturierte Untersuchung des Thorax.

von andere vertikale Artefakte, die verblassen, bevor sie den unteren Bildschirmrand erreichen [3]. B-Linien gehen von der gesunden, intakten Pleura aus, während Kometenschweifartefakte von einer aufgerauten, nicht intakten Pleura herrühren [4, 5]. Bei der Geräteeinstellung sollten die verschiedenen Filter/Hilfsprogramme, z. B. Tissue Harmonic Imaging, Compound Imaging, SonoCT, XBeam oder Spatial Averaging zur besseren Visualisierung von Artefakten abgeschaltet werden.

Untersuchungsprotokolle

Die Art der Untersuchung, die Wahl des Protokolls und des Schallkopfes (Tab. 1) hängt von der spezifischen klinischen Fragestellung und der Situation der Patientin/des Patienten ab. Faktoren wie die Lage des Patienten (liegend oder sitzend) und die Art der Atmung (Spontan- oder künstliche Beatmung) beeinflussen die Untersuchungstechnik wesentlich. Insgesamt sind ca. 70% der Pleuroberfläche der thorakalen Sonografie zugänglich [6].

Fokussierte Thoraxsonografie bei Dyspnoe

Die fokussierte Thoraxsonografie ist eine praktikable Methode, um eine Dyspnoe abzuklären. Sie ermöglicht insbesondere in Akutsituationen eine gezielte und effiziente Untersuchung. Das 14-Zonen-Protokoll nach Laursen et al. ermöglicht eine schnelle und strukturierte Untersuchung des gesamten Thorax [7] (Tab. 2, Abb. 3). Dabei wird jeder Hemithorax in drei Hauptbereiche unterteilt: anteriore, laterale und posteriore Zone. Bei der Beurteilung der lateralen und posterioren Bereiche ist es wichtig, die abdominalen Strukturen und das Zwerchfell als Referenzorgane zu identifizieren. Dies vermeidet Verwechslungen wie die Fehlinterpretation von Mageninhalt als Pleuraerguss. Die Nummerierung erleichtert die systematische Untersuchung und Dokumentation.

Anwendungsbeispiele der Thoraxsonografie

Interstitielles Syndrom: Lungenödem und mehr

Das Leitsymptom Dyspnoe ist oftmals unspezifisch und kann vielfältige Ursachen haben. Die Thoraxsonografie erlaubt die differenzialdiagnostische Abklärung relevanter Krankheitsbilder. B-Linien (Abb. 4) eignen sich zur Unterscheidung von Patienten mit COPD-Exazerbation und Lungenödem. Beim Lungenödem sind meist viele B-Linien vorhanden, bei der COPD-Exazerbation hingegen nicht [8]. Das Vorhandensein von ≥ 3 B-Linien in mindestens zwei (besser acht) Interkostalräumen ist ein sonografisches Zeichen für ein interstitielles Syndrom [9]. Mögliche Ursachen sind:

- Kardiales und nicht-kardiales Lungenödem
- Pneumonie

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Abb. 4 B-Linien (senkrechte Pfeile) bei a) einer Pneumonie und b) einem Lungenödem (Handheld-Schallkopf).

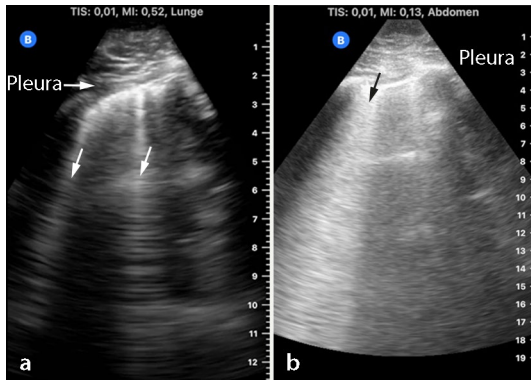


Abb. 5 Komplexer Pleuraerguss rechts mit Septierung. Berechnung der Ergussmenge (Abstand von + bis +) nach Goecke: Maximale laterale Ergusshöhe in Zentimeter => 10,6 cm x 90 = Volumen 954 ml.

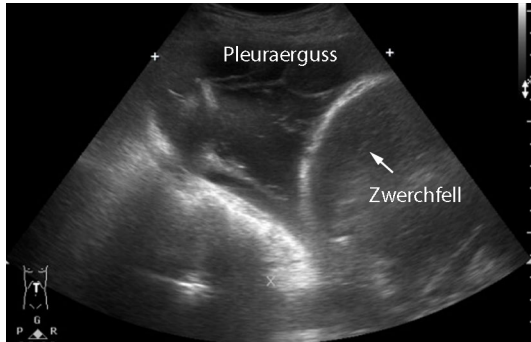
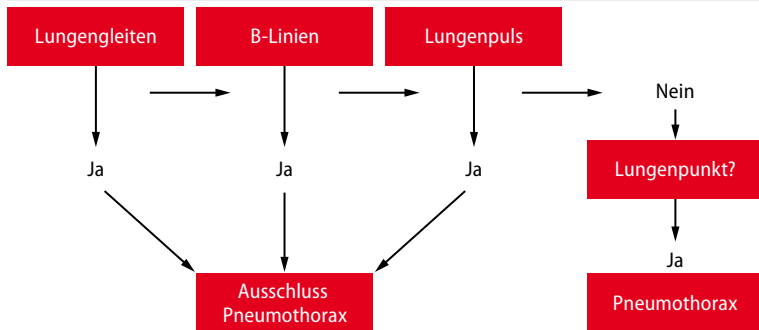


Abb. 6 Vereinfachter Algorithmus zur Diagnose eines Pneumothorax



Die charakteristischen Befunde zur Beurteilung, ob ein Pneumothorax vorliegt, können pragmatisch in die folgenden drei Kategorien unterteilt werden:

1. Zeichen, die jeweils einen Pneumothorax ausschließen: Lungengleiten, Lungenpuls, B-Linien
2. Zeichen, die jeweils auf einen Pneumothorax hindeuten: Fehlen von Lungengleiten
3. Zeichen, die jeweils einen Pneumothorax beweisen: Vorhandensein eines Lungenpunkts

Tab. 3 Volumenberechnung eines Pleuraergusses am sitzenden und liegenden Patienten [13]

Sitzender Patient nach Goecke 1990 [11]	Maximale laterale Ergusshöhe in Zentimeter x 90 (empirischer Faktor) = Volumen (ml). R = 0,68
Sitzender Patient nach Goecke 1990 [11]	70 (empirischer Faktor) x max. craniocaudale Ergusshöhe in cm + basaler Zwerchfell-Lungenabstand in cm = Volumen (ml). R = 0,87
Liegender Patient nach Balik 2006 [24]	Abstand zwischen Lunge und Thoraxwand in der hinteren Axillarlinie in Millimeter x 20 (empirischer Faktor) = Volumen (ml). R = 0,72

- Akutes Atemnotsyndrom (ARDS)
- Interstitielle Lungenerkrankungen.

Pleuraerguss

Ein Pleuraerguss zeigt sich als echofreie Flüssigkeitsansammlung zwischen beiden Pleurablättern (Abb. 5). Die Thoraxsonografie ist ein sehr sensitives Verfahren zur Ergussdiagnostik und der Röntgenthoraxaufnahme sowie der körperlichen Untersuchung überlegen [10, 11]. Bereits 5 ml Pleuraflüssigkeit sind sonografisch nachweisbar, und die Sensitivität für die Diagnose von Flüssigkeitsmengen über 100 ml beträgt bis zu 100% [10, 12, 13].

Während der Inspiration verschieben sich die abdominalen Strukturen aufgrund von Lungen- und Zwerchfellbewegungen physiologisch nach kaudal. Dabei wirkt die Verschiebung der pleuralen Linie im US-Bild wie ein Vorhang, der die abdominalen Strukturen verdeckt.

Zur Beschreibung eines Pleuraergusses gehört neben der Größe auch die Beurteilung der Echogenität und einer möglich vorhandenen Septierung. Ein einfacher Erguss kann als freie Flüssigkeit ohne Septierung oder andere Strukturen in der Flüssigkeit definiert werden. Ergüsse mit höherer Dichte (z. B. Chylothorax oder Hämatothorax) können auch echoreich erscheinen. Diese enthalten Partikel wie Blut oder Eiter, die die US-Wellen reflektieren und im Bild echoreich wirken [13, 14]. Ein komplexer Erguss kann somit als Erguss mit Septierung oder anderen Strukturen in der Flüssigkeit definiert werden. Es besteht auch die Möglichkeit, den Pleuraerguss als Vorlaufstrecke zum Nachweis eventueller subpleuraler Metastasen oder seltener mediastinaler Tumoren zu nutzen.

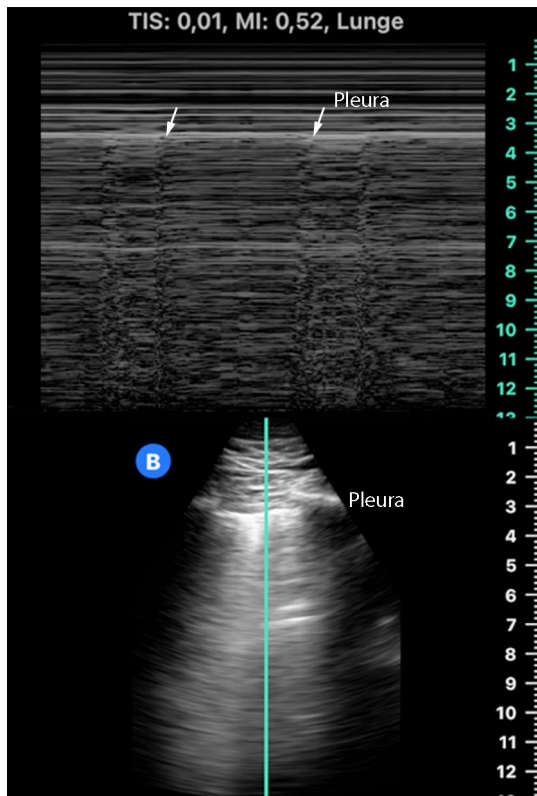
Grobe Einschätzung des Pleuraergussvolumens: Die Größe eines Pleuraergusses kann anhand der Anzahl der betroffenen Interkostalräume (1, 2-3, > 3) oder durch eine einfache Schätzung („eyeballing“) in klein, mittel oder groß eingeteilt werden. Dies kann gemeinsam mit dem klinischen Bild helfen, vorläufig einzuschätzen, ob eine Punktion notwendig ist. Das Volumen kleiner Ergüsse wird tendenziell über-, das Volumen großer Ergüsse tendenziell unterschätzt. Die nützlichen Formeln (Tab. 3) zur Berechnung des Volumens eines Pleuraergusses wurden in Studien validiert [13, 15].

Pneumothorax

Ein Pneumothorax kann als Ursache akuter Atemnot, eines Beatmungsproblems oder auch postinterventionell schnell und zuverlässig mittels Sonografie ausgeschlossen werden.

Studien zeigen, dass die diagnostische Genauigkeit der Lungen-US (LUS) bei über 90% liegt, vergleichbar mit der Computertomografie (CT) und deutlich besser als das Thoraxröntgen [16]. Ein subkutanes

Abb. 7 Darstellung des Lungenpulses. Die obere Bildhälfte zeigt die pulssynchrone Bewegung der Pleuralinie (Pfeile) im M-Mode, die untere das dazugehörige B-Bild.



Literatur

als Zusatzmaterial unter springermedizin.de/mmw

Title:

Thoracic ultrasound: Ready for prime time

Keywords:

Thoracic ultrasound, lung ultrasound, pleura ultrasound, B-lines, comet tails, Point of care sonography

Autoren:

Dr. med.

Finn Moritz Wilkens

Thoraxklinik Heidelberg
Pneumologie und
Beatmungsmedizin
Uniklinik Heidelberg
Röntgenstraße 1
D-69126 Heidelberg
finnmoritz.wilkens@med.
uni-heidelberg.de

Univ. Prof. Dr. med.

Felix Herth,

Dr. med. Peter Wolf, MSc

Thoraxklinik Heidelberg,
Pneumologie und Beat-
mungsmedizin, Uniklinik
Heidelberg

**INTERESSEN-
KONFLIKT**

Die Autoren haben in Bezug auf den Beitrag keinen Interessenkonflikt.

Emphysem und starke interkostale Muskelkontraktionen können die Bildqualität beeinträchtigen und die Darstellung der Pleuralinie erschweren. Aufgrund der Schnelligkeit, Nicht-Invasivität und Durchführbarkeit am Patientenbett sollte der LUS als Erstuntersuchung bei Verdacht auf Pneumothorax in Betracht gezogen werden.

Zu den sonomorphologischen Zeichen des Pneumothorax gehören (siehe auch **Abb. 6**):

1. **Fehlendes Pleuragleiten:** Pleuragleiten bezeichnet die horizontale Bewegung der Pleuralinie, die synchron mit dem Atemzyklus stattfindet und die Gleitbewegung der viszeralen Pleura gegen die parietale Pleura anzeigt. Gelangt Luft zwischen die beiden Pleurablätter, verschwindet das Pleuragleiten in diesem Bereich [17].
2. **Fehlender Lungenpuls:** Die Pleura gleitet nicht nur synchron mit dem Atemzyklus, sondern bewegt sich auch synchron mit dem Herzschlag. Dies ist bekannt als „Lungenpuls“, entsteht durch die Übertragung der Herzaktion auf die Lunge und somit auf die viszerale Pleura (**Abb. 7**). Der Lungenpuls am deutlichsten dort erkennbar, wo die Lunge eng an Herzbeutel oder Herz grenzt. Wie das Lungengleiten zeigt der Lungenpuls an, dass die viszeralen und parietalen Pleuraflächen im Untersuchungsbereich aneinander liegen. Gelangt Luft zwischen die Pleurablätter, ist der Lungenpuls nicht mehr darstellbar [16].

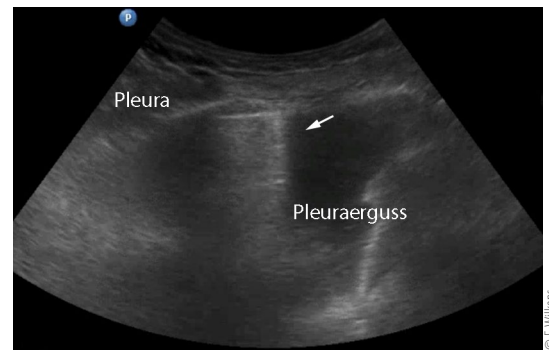


Abb. 8 Seropneumothorax links nach Pleurapunktion: Es zeigt sich ein fehlendes Pleuragleiten mit Darstellung des Lungenpunktes im Pleuraerguss (Pfeil; Standbild eines Videoclips).

3. **Nachweis des Lungenpunktes:** Definiert wird er als Übergang vom Pneumothorax zur belüfteten Lunge. Er gilt als das sicherste Zeichen zum Beweis eines Pneumothorax [3] (**Abb. 8**).

Pneumonie

Das charakteristische sonografische Erscheinungsbild einer Pneumonie sind diffus begrenzte Konsolidierungen mit echoarmen Arealen unterschiedlicher Größe und Form. Diese weisen eine unregelmäßige Begrenzung und eine inhomogene Echotextur auf, in denen oftmals sich atemsynchron bewegende Luftsinschlüsse zu sehen sind (dynamisches Bronchoaerogramm) [13, 18]. Im frühen Stadium kann sie eine ähnliche Echotextur wie die Leber aufweisen (Hepatisation) [18].

In drei Metaanalysen lag die Sensitivität des LUS bei etwa 80–90% und die Spezifität bei etwa 70–90% [19, 20]. Parapneumonische Pleuraergüsse werden in 55% der Fälle mittels LUS erkannt, im Vergleich zu nur 25% der Fälle im Röntgenthorax [21]. Darüber hinaus kann ein Pleuraempyem mittels LUS früh erkannt und einer Therapie zugeführt werden [22]. ■

FAZIT FÜR DIE PRAXIS

1. Die Thoraxsonografie ist eine bewährte diagnostische Methode, die noch zu selten angewendet wird.
2. Sie bietet eine strahlungsfreie, kostengünstige und schnell durchführbare Alternative zu herkömmlichen bildgebenden Verfahren wie Röntgenthorax und CT.
3. Insbesondere in der Diagnostik von Pleuraergüssen, Pneumothoraces, Lungenkonsolidierungen und Rippenfrakturen hat sich die Thoraxsonografie als effektiv erwiesen.
4. Um die Grundlagen der Thoraxsonografie sicher zu erlernen, werden neben der Teilnahme an Ultraschallkursen 300 selbstständig durchgeführte Thoraxsonografien analog des Stufe-I-Zertifikats der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin empfohlen [23].

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.

Advertisement placeholder

Hier steht eine Anzeige.

Hier staat een advertentie.