

## Diagnostik bei Erkrankungen der Pleura und Lunge

# Thoraxsonographie

Von Prof. Dr. Gebhard Mathis

Lange Zeit wurden diagnostische Möglichkeiten der Sonographie in der Abklärung von Erkrankungen der Pleura und Lunge unterschätzt. Am Thorax bestehen für den Ultraschall widrige Umstände, da dieser vom knöchernen Thorax reflektiert und in der belüfteten Lunge weitgehend absorbiert wird. Zwar hat die Echokardiographie diese Hindernisse seit über 50 Jahren erfolgreich überwunden. Doch besteht zumindest didaktisch an der Lunge ein weiteres Hindernis, in dem man an der gesunden Pleura und Lunge praktisch nichts sieht.

Der Pleuraerguss ist seit Langem eine Domäne der Ultraschalldiagnostik. Zahlreiche Arbeiten der letzten 15 Jahre haben das Einsatzspektrum der Sonographie am Thorax erheblich verbreitert (Tab. 1). Das sonographische Bild bietet zwar keine Übersicht über den gesamten Thorax, doch einen gezielten Ausschnitt, der bei vielen Fragestellungen wertvolle Informationen liefert, oft auch eine Blickdiagnose.

### Technik und Untersuchung

Für die Darstellung der Thoraxwand und der parietalen Pleura wird eine hochauflösende Linearschallsonde von 5–10 MHz verwendet, wie diese für die Schilddrüse oder die sonographische Gefäßdiagnostik verwendet wird. Tiefer liegende Strukturen wie voluminöse Ergüsse und subpleurale Lungenkonsolidierungen werden mit einer üblichen Abdomenschallsonde mit 3–5 MHz beurteilt. Für die Thoraxsonographie braucht man also keinen eigenen Schallkopf, jedoch muss die Geräteeinstellung adaptiert werden.

Soweit möglich erfolgt die Untersuchung am sitzenden Patienten in In- und Expiration. Das Anheben der Arme und Verschränken hinter dem Kopf erleichtert den Zugangsweg durch eine Erweiterung der Interkostalräume. Die Schallsonde wird entlang der standardisierten Längslinien am Thorax sowie interkostal geführt.

**Tab. 1: Diagnostische Informationen bei der Untersuchung einzelner Strukturen des Thorax**

<b>Thoraxwand</b>	Benigne Läsionen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gutartige Neubildungen (z. B. Lipom)</li> <li>• Hämatom</li> <li>• Abszess</li> <li>• Reaktivierte Lymphknoten</li> <li>• Perichondritis, Tietze-Syndrom</li> <li>• Rippenfraktur</li> </ul>
	Maligne Läsionen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lymphknotenmetastasen (Erstdiagnostik und Verlauf unter Therapie)</li> <li>• Infiltrierend wachsende Karzinome</li> <li>• Osteolysen</li> </ul>
<b>Pleura</b>	Solide Strukturen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pleuraverdickung, Schwiele, Verkalkung, Asbestplaques</li> </ul>
	Raumforderung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Benigne: fibröser Tumor, Lipom</li> <li>• Maligne: umschriebene Metastasen, diffuse Karzinose, malignes Pleuramesotheliom</li> </ul>
	Flüssigkeit: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erguss, Hämatothorax, Pyothorax, Chylothorax</li> </ul>
	Dynamische Untersuchung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pneumothorax</li> <li>• Differenzierung Erguss/Schwiele</li> <li>• Adhärenz einer Raumforderung</li> <li>• Infiltration durch eine Raumforderung</li> <li>• Zwerchfellbeweglichkeit</li> </ul>
<b>Periphere Herdbildungen der Lunge</b>	Benigne: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entzündung, Abszess, Embolie, Atelektase</li> </ul>
	Maligne: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Periphere Metastase, peripheres Karzinom, Tumor/Atelektase</li> </ul>
<b>Mediastinum perkutan</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raumforderungen im vorderen oberen Mediastinum</li> <li>• Lymphknoten im aortopulmonalen Fenster</li> <li>• V. a. Thrombose der V. cava und ihrer zuführenden Äste</li> <li>• Darstellung von Kollateralkreisläufen</li> <li>• Perikarderguss</li> </ul>

Atemexkursionen bringen auch hinter den Rippen liegende subpleurale Strukturen zur Darstellung; Kippen und Schwenken des Schallkopfes geben dem Untersucher eine dreidimensionale Vorstellung der gewonnenen Bilder. Beatmete Intensivpatienten werden etwas zur Seite gedreht, wodurch abwechselnd beide dorsalen Thoraxseiten zugänglich sind.

### Brustwand

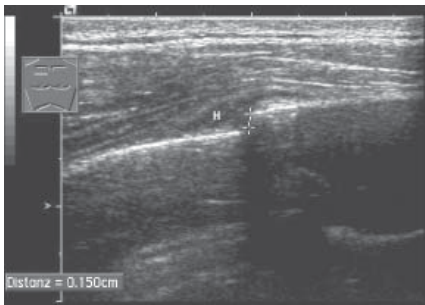
#### Weichteilläsionen

Unklare Palpationsbefunde in der Thoraxwand werden geschallt ehe man andere Bild gebende Verfahren anordnet. Hämatome imponieren in frühen Stadien

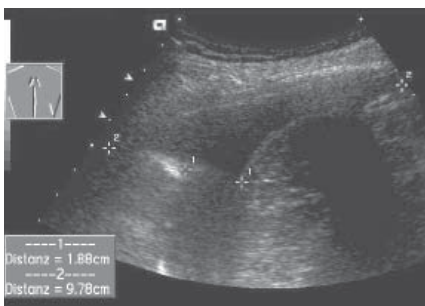
meist echofrei bis echoarm. Abszesse weisen häufig schleierartige Binnenechos sowie flottierende Binnenstrukturen auf, am Rand manchmal Kapselbildungen. Die Sonomorphologie von Lymphknoten erlaubt eine vorsichtige Differenzialdiagnose. Weichteilmetastasen und Pancoast-Tumore haben eine bizarre Struktur und eine inhomogene Echotextur. Eine Infiltration eines Lungenkarzinoms in die Thoraxwand lässt sich sonographisch am besten darstellen.

#### Läsionen am knöchernen Thorax

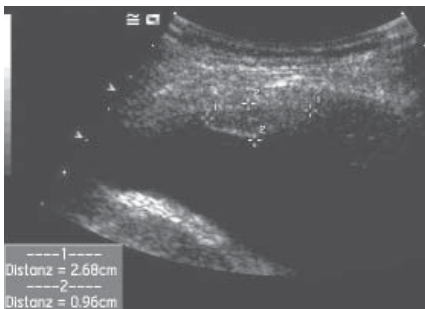
Rippenfrakturen zeigen eine Lücke im Kortikalisreflex, eine Stufe und ein kleines Hämatom an der Frakturstelle (Abb. 1).



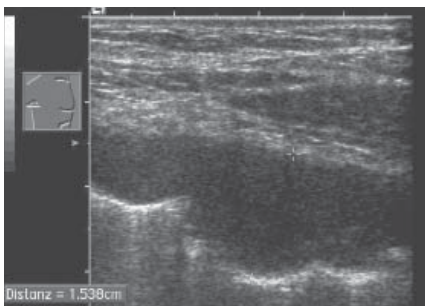
**Abb. 1: Rippenfraktur – Stufenbildung mit kleinem Begleithämatom**



**Abb. 2: Kleiner Pleuraerguss mit Ergussmessung; maximale craniocaudale Ergussausdehnung von 9 cm + subpulmonale Ergusshöhe von 2 cm x 70 = geschätztes Ergussvolumen von 140 ml.**



**Abb. 3: Knoten an der Pleura parietalis: Metastase eines Mammakarzinoms, durch US-geführte Punktion gesichert.**



**Abb. 4: Mesotheliom – Platten- und knotenförmige Pleuraverdickung mit Infiltration in die Brustwand.**

Nicht dislozierte Rippenfrakturen können durch Reverberationsechos (Kaminphänomenen) entdeckt werden, wenn man auf den Schmerzpunkt sanften Druck ausübt. Weiter finden sich bei Rippenfrakturen häufig ein kleiner begleitender Pleuraerguss, ein Pneumothorax oder Luft in den Weichteilen der Thoraxwand und auch Lungenkontusionsherde. Sonographisch lassen sich 2–4x soviel Rippenfrakturen nachweisen wie im knöchernen Röntgenthorax. Bei osteolytischen Metastasen ist der Kortikalisreflex unterbrochen und destruiert, die Rippe häufig aufgetrieben, teils echoarm, teils unterschiedlich echogen in der Textur. Die Rekalzifizierung einer Rippenfraktur oder einer neoplastischen Osteolyse unter Therapie lässt sich sonographisch früher darstellen als im Röntgen. Thoraxwandläsionen lassen sich unter sonographischer Führung diagnostisch mit hoher Treffsicherheit punktieren.

## Pleura

### Normale Pleura

Mit 0,2 bis 0,4 mm Dicke liegt die normale Pleura an der Grenze des Auflösungsvermögens auch hochfrequenter Ultraschallsysteme. Dennoch zeigt sich wegen hoher Impedanzunterschiede die Pleura parietalis als feine echogene durchgehende Linie ab.

### Pleuraerguss

Die radiologische Nachweisgrenze eines frei auslaufenden Pleuraerguss auf Standardröntgenaufnahmen im Stehen liegt im Mittel bei mindestens 150 ml. Sonographisch jedoch sind am stehenden oder sitzenden Patienten bereits kleinste, in den physiologischen Bereich hineingehende Flüssigkeitsansammlungen von wenigen ml darstellbar.

Transudate sind in aller Regel echolos (Abb. 2), Exudate weisen oft Binnenechos auf, die im Rhythmus des Herzschlages oder atemabhängig „tanzen“. Fibrinfäden und Kammerungen weisen auf einen entzündlichen Erguss. Doch auch maligne Ergüsse können gekammert sein. Findet man knotige Auflagerungen, spricht dies für Malignität (Abb. 3).

### Ergussvolumetrie oder -schätzung?

Zur Volumetrie des Pleuraergusses liegen etliche Untersuchungen mit verschiedenen Formeln vor. Diese ist derart vielgestaltig, dass eine exakte Ergussmessung mit keinem bildgebenden Verfahren möglich ist. Für den klinischen Alltag reicht es, die

maximale laterale Ergussausdehnung in cm anzugeben und/oder den „subpulmonalen Wasserstand“ zu messen (Abb. 2).

### Solide Pleuraänderungen

Verdickungen der Pleura lassen sich entsprechend den Atemexkursionen der Pleura parietalis und, wenn sich die Läsion bewegt, der Pleura viszeralis zuordnen. Die Pleuritis stellt mit typischen atemabhängigen Schmerzen eine klinische Ausschlussdiagnose dar. Röntgenaufnahmen des Thorax können eine Unschärfe der Zwerchfellkontur zeigen oder einen Pleurawinkelerguss, sind aber meist unauffällig. Gerade bei diesen Patienten sind sonographische Befunde einer Pleuritis typisch: die normalerweise glatte Pleura viszeralis ist in 90% aufgeraut und unterbrochen. Kleine subpleurale Herde mit einem Durchmesser zwischen 0,2 und 2,0 cm sowie lokalisierte wandständige oder auch basale Pleuraergüsse finden sich bei 2/3 der Patienten. Bei Pleuraempyemen kommen sonographisch gering bis mäßig echogene Ergüsse zur Darstellung, wobei die Pleura selbst oft etwas echogen verdickt ist. Fibrinfäden, Septen und Kammern sind sonographisch besser abgrenzbar als in der Computertomographie. Eine deutliche, knotige Pleuraverdickung bzw. tapetenartige Auskleidung spricht für Pleurakarzinose oder Mesotheliom (Abb. 4).

### Pneumothorax

Das fehlende „Gleitzeichen“ (sliding sign), die fehlende Atemverschieblichkeit des normalerweise gut darstellbaren Reflexbandes an der Pleura viszeralis ist ein untrüglicher Hinweis auf einen Pneumothorax. Zahlreiche horizontale Wiederholungsartefakte sind ein weiteres Zeichen (Abb. 5). Zwingend ist ein gründlicher Seitenvergleich mit der belüfteten Lunge. Das Ausmaß des Pneumothorax kann sonographisch jedoch nicht beurteilt werden. Beim Thoraxtrauma, sei es unfallbedingt oder iatrogen durch Reanimation, können verschiedenste Ereignisse sofort bettseitig dargestellt werden: Rippen- und Sternumfrakturen, Hämatome, Pleuraergüsse oder eben ein Pneumothorax.

### Subpleurale Lungenkonsolidierungen

Unabdingbare Voraussetzung für die Ultraschalldarstellung einer Lungenkonsolidierung ist, dass diese an die Pleura reicht. Dies ist jedoch weit öfter der Fall als der Röntgenthorax vermuten lässt.

### Pneumonie

Die Pneumonie zeigt im Frühstadium der Anschoppungsphase eine leberähnliche Echotextur, wobei sich supleural eine echoarme Schicht finden kann, als Flüssigkeitsalveologramm bezeichnet. Typisch ist bei Pneumonien von Anfang an das Bronchoaerogramm (Aerobronchogramm, Bronchopneumogramm). Die intensiven Reflexbänder der Bronchien sind in allen Stadien besser sichtbar als bei Neoplasien oder Lungeninfarkten. Der Bronchialbaum stellt sich beim fächerförmigen Durchschallen als „Baum mit vielen Ästen“ dar und linsenförmigen Echos als „Blätter“ in der Peripherie, luftgefüllten kleinen Bronchien entsprechend (Abb. 6). Der Rand der Pneumonie ist unregelmäßig, gezackt oder auch etwas unscharf, multiple Kometenschweifartefakte finden sich am Rand. Poststenotische, chronisch karnifizierende Pneumonien und manchmal Virus-pneumonien sind durch eine Teilatelektaste („wenig Luft“) im pneumonischen Bezirk gekennzeichnet. Im Verlauf der Erkrankung und in der Abheilung wird der sonographisch darstellbare Herd zunehmend belüftet, der in zahlreichen Artefakten verdrämmt.

In der farbkodierten Duplexsonographie zeigt die Pneumonie ein gleichmäßiges, verstärktes, reguläres Durchblutungsmuster entlang dem Bronchialbaum. Flüssigkeitsansammlungen lassen sich mittels Ultraschall besser darstellen als im Röntgen: parapneumonische Ergussbildung, Einschmelzung und Abszedierung. Kleine Abszesse können unter sonographischer Führung zur Erregerbestimmung punktiert und auch drainiert werden. Die Sensitivität und Spezifität der Sonographie bei Pneumonie liegen über 90%.

### Lungenembolie/Lungeninfarkt

Wenige Minuten nach dem Verschluss einer pulmonalen Subarterie kommt es zum Zusammenbruch des Surfactant. Es strömen institielle Flüssigkeit und Erythrozyten in den Alveolarraum ein. Eine hämorrhagische Anschoppung bietet ideale Voraussetzungen zur Ultraschallbildung. Diese Konsolidierungen sind zur Pleura hingerrichtet, sie öffnen sich gleichsam mit ihrer Basis an die Peripherie, wodurch gute Bedingungen für die transthorakale Sonographie gegeben sind.

Dabei zeigen sich durchschnittlich 2,6 im Mittel 1–3 cm große keilförmige Herde, die zum Hilus hin oft gerundet sind. Diese sind zu zwei Drittel dorsobasal lokalisiert. In der Hälfte der Fälle lässt sich

ein schmaler Pleuraerguss nachweisen (Abb. 7).

### Treffsicherheit

Derzeit liegen sieben prospektive Studien über die Treffsicherheit der Thoraxsonographie in der Diagnostik der Lungenembolie vor, dazu eine Multicenterstudie an 352 Patienten. Insgesamt liegt die Sensitivität der Thoraxsonographie bei 70–85%, die Spezifität bei 80–95%, womit der klinische Wert der Methode ausreichend dokumentiert ist. Thoraxsonographisch lässt sich eine Lungenembolie in sieben von zehn Fällen nachweisen. Ein Ausschluss ist nicht möglich, da zentrale Embolien nicht darstellbar sind sondern nur die Folgen an der Peripherie. Ein großer Vorteil der sonographischen Emboliediagnostik liegt in der vielfältigen Einsetzbarkeit und in der bettseitigen Verfügbarkeit, sei es in der Notfallaufnahme oder auch auf der Intensivstation. Kombiniert man Venensonographie, ECHO und Thoraxsonographie, schlägt man „drei Fliegen mit einer Klappe“. Durch den Einsatz aller drei US-Methoden erhöht sich die Treffsicherheit auf 92% gegenüber 66–88% in der Spiral-CT.

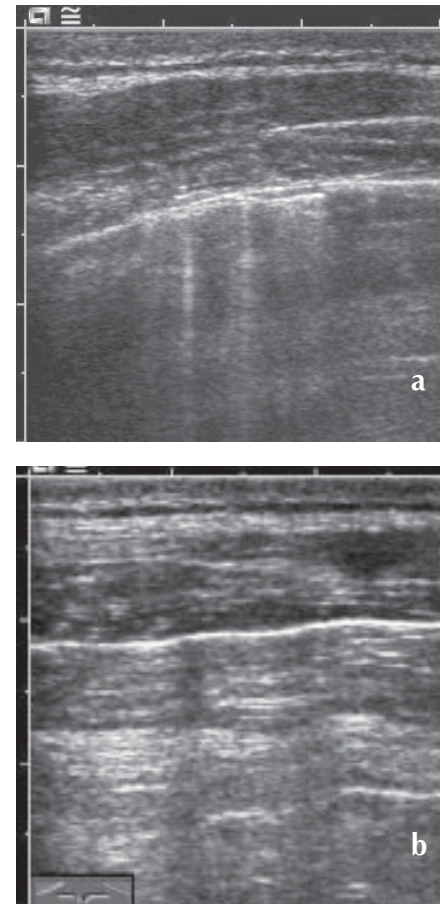
### Periphere Lungenkarzinome und Metastasen

Periphere Lungenkarzinome und Metastasen kommen sonographisch als echoarme oder mäßig echodichte Gebilde zur Darstellung. Sie sind überwiegend rund oder oval, manchmal auch polyzyklisch, mit fransigen Ausläufern am Rande (Krebsfüßchen, Tumorzapfen). Meistens sind sie gut abgrenzbar. Manche Karzinome zeigen ein diffus oder lokal infiltrierendes Wachstum. Tumornekrosen kommen als echoarme bis echolose Regionen zur Darstellung. In der farbkodierten Duplexsonographie zeigen sich bei Neoplasien atypisch verlaufende kornzieherartige Gefäße typischerweise am Rand des Tumors.

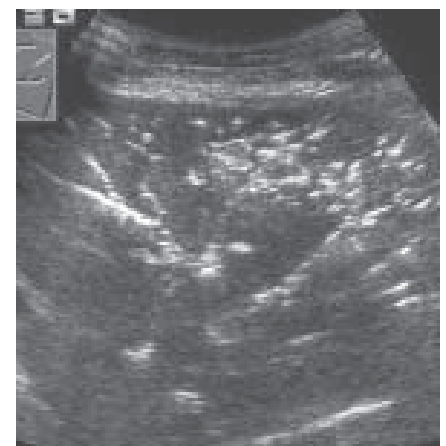
Infiltriert der Tumor in den Pleuraraum oder in die Thoraxwand, lässt sich dieser im Ultraschall weit besser abgrenzen, als im konventionellen Thoraxröntgen oder in der CT. Dies trifft besonders auf Pancoasttumoren zu, wo auch eine Infiltration der Gefäße gut darstellbar ist (Abb. 8).

### Ultraschallgeführte transthorakale Punktionen und Biopsien

Die Treffsicherheit der sonographisch geführten Punktion liegt bei malignen Läsionen zwischen 79 und 98%, benigne



**Abb. 5: Pneumothorax**  
a) Gesunde Seite: heller Reflex gleitet atemabhängig, entsprechend dem Eintrittsreflex in die Lunge; mehrere Kometenschweifartefakte gehen vertikal in die Tiefe. b) Pneumothoraxseite: verbreiteter Eintrittsreflex bewegt sich nicht; zahlreiche horizontale Wiederholungsechos.



**Abb. 6: Ausgedehnte Oberlappenpneumonie links.** Die hellen Reflexbänder entsprechen Bronchien, die kleinen linsenförmigen Echos Bronchioli – Bronchoaerogramm.

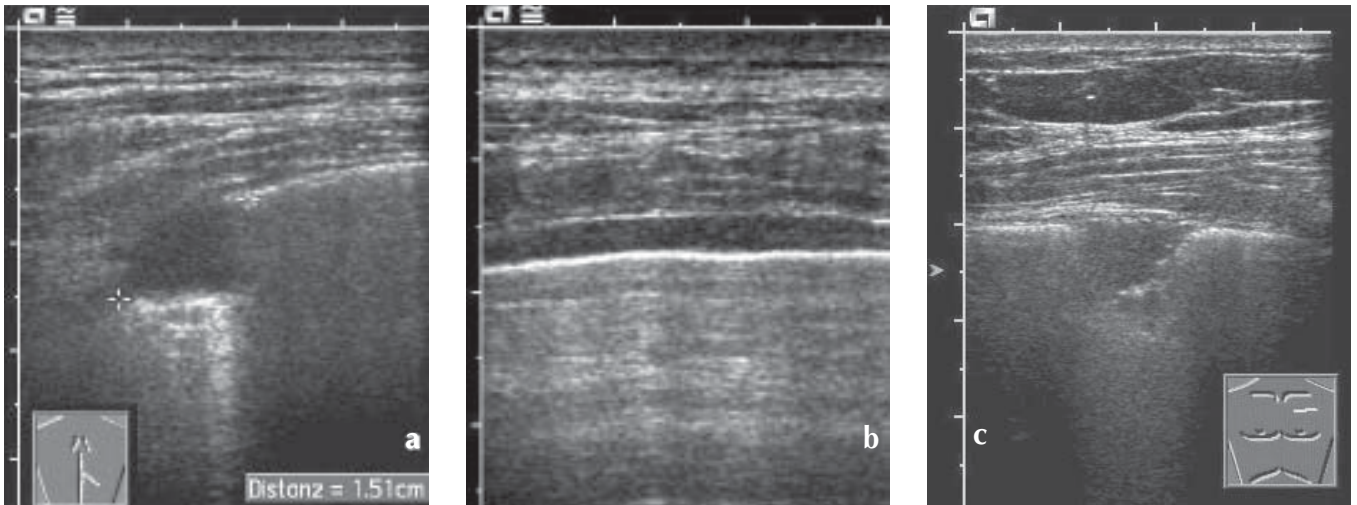


Abb.7

a) Lungeninfarkt, typisch in Lage, Form und Größe. b) 3 mm fokal begleitender Pleuraerguss. c) weiterer 1 cm großer Lungeninfarkt.

Herde können in 50–70% zugeordnet werden. Die Pneumothoraxrate liegt bei 2,4%, jene der Drainagebedürftigen unter 2%, milde Hämoptysen werden in etwa 1–2% der Fälle beobachtet, über Luftembolien oder gar Todesfälle ist bisher nichts bekannt.

Vorteile der US-geführten Punktion/Biopsie:

- Das Real-time-monitoring erlaubt eine gute Überwachung des Punktionvorganges.
- Das Ultraschalltomogramm erlaubt eine exakte Abgrenzung der belüfteten Lunge, wodurch das Pneumothoraxrisiko minimiert wird.
- Solide und liquide Strukturen (Nekrosezonen) sind gut zu unterscheiden.

Drainagen von Pleuraempyemen und Lungenabszessen sind unter sonographischer

Führung zielführend („In Ultrasound you see what you do, in CT you see what you have done“). Interventionelle Maßnahmen am Thorax sind bei guter Indikationsstellung erfolgreich. Die Komplikationsrate ist gering, wenn gut ausgebildete und trainierte Therapeuten die Maßnahmen durchführen. Prinzipiell sollte gelten: „Try ultrasound first“, wenn die Läsion an die Pleura reicht.

#### Atelektasen

Kompressionsatelektasen in voluminösen Pleuraergüssen sind weitgehend luftfrei und leberähnlich. Sie haben eine mono- oder bikonkave Form, können den Luftgehalt atemabhängig ändern, flottieren im Erguss und sind nach Ergusspunktion kleiner oder nicht mehr nachweisbar.

Obturationsatelektasen zeigen ein leberähnliches, teils inhomogenes Bild mit

sekretgefüllten Bronchien (Fluidobronchogramm) und regulärem Durchblutungsmuster. Das klinische Bild zeigt, ob es sich um eine blande Atelektase oder eine poststenotische Pneumonie handelt.

#### Mediastinum

Das vordere, obere Mediastinum, wo sich die meisten Mediastinaltumore finden, bietet insbesondere bei Lymphomen, Thymomen und Metastasen gute sonographische Untersuchungsmöglichkeiten. Hier kann durch ultraschallgeführte Feinnadelbiopsie rasch eine histologische Diagnose getroffen werden. Auch Therapiekontrollen unter Chemo- oder Radiotherapie sind effizient.

Literatur beim Verfasser



Abb.8: Peripheres Lungenkarzinom, infiltriert in die Brustwand. Gefäßverläufe irregulär u. chaotisch – Neovaskularisation.



Abb.9: Kompressionsatelektase in einem voluminösen Pleuraerguss.

#### Kontakt:

Prof. Dr. Gebhard Mathis  
Internistische Praxis  
Bahnhofstraße 16/2  
A-6830 Rankweil

E-Mail: [gebhard.mathis@cable.vol.at](mailto:gebhard.mathis@cable.vol.at)  
[www.ultraschallkurse.at](http://www.ultraschallkurse.at)

#### Buchtipp:

Prof. Dr. Gebhard Mathis, Bildatlas der Lungen- und Pleurasonographie. 4. Auflage. Springer. 2007.