

# DGAI-zertifizierte Seminarreihe Anästhesie Fokussierte Sonografie

## Modul 5: Thorakoabdominelle Sonografie (E-FAST plus)

Stefan Röhrig • Armin Seibel • Peter M. Zechner • Martina Steigerwald • Tobias Kummer • Heinrich V. Groesdonk • Wolf Armbruster • Raoul Breitzkreutz

**Die Differenzialdiagnostik zu Dyspnoe oder Beatmung bei kritisch Kranken zählt zu den täglichen Aufgaben von Anästhesisten, Intensiv- und Notfallmedizinern. Hierzu gehören die diagnostische Abklärung bzw. der Ausschluss von Pneumonie, Pneumothorax oder Pleuraerguss sowie freier intraperitonealer Flüssigkeit. Mithilfe thorakoabdomineller Sonografie und ultraschallgeführter Interventionen können Diagnosen und Therapien bettseitig und schneller erarbeitet werden, wodurch sich die Anzahl von Röntgenaufnahmen, CT-Untersuchungen und risikoreichen Transporten beatmelter Patienten reduzieren lässt. Diese sonografischen Techniken sollten daher zum Ausbildungsstandard des Akutmediziners gehören. Hierfür soll das im Folgenden vorgestellte curriculäre Trainingsmodul der DGAI eine Grundlage schaffen.**

**Ziele dieses Moduls** Das Modul 5 soll akutmedizinisch tätigen Ärztinnen und Ärzten grundlegende Kenntnisse und Fertigkeiten einer problemfokussierten Sonografie des Thoraxbereichs und des Abdomens vermitteln. Das dafür von einer Expertenrunde erstellte Curriculum verfügt über theoretische und praktische Ausbildungsanteile, die entsprechend einer Checkliste abgearbeitet bzw. vermittelt werden sollen (◉ Tab. 1). Die inhaltlichen und strukturellen Elemente des Curriculums wurden mit dem Ziel entwickelt, dass jede Institution oder Klinik, die das Modul als Kurs anbietet, einen verbindlichen Unterricht und eine abgestimmte praktische Ausbildung gewährleisten (◉ Tab. 2).

**Extended-FAST** In einer Erweiterung der FAST-Ausbildung (FAST = Focused Assessment with Sonography in Trauma) beinhaltet die hier vorgestellte sogenannte Extended-FAST-Ausbildung (E-FAST-Ausbildung) zusätzlich die Sonografie

- ▶ des Thorax
- ▶ der Trachea und
- ▶ der Lunge.

Die Untersuchungsart entspricht dabei grundsätzlich einer „gezielten“, fokussierten oder „Point of care limited ultrasound“ (PLUS) Anwendung, die nur wenige Fragen mittels Blickdiagnosen adressiert und die zeitkritisch eingesetzt werden kann.

### Theoretischer Inhalt des Moduls



**Untersuchungsgang und Sonoanatomie der Thoraxwand** Die extrapleurale Gewebeschichten wie Haut, Fettgewebe und Muskulatur können gut unterschieden werden (◉ Abb. 1). Da der knöcherne Thorax nicht vom Ultraschall durchdrungen werden kann, stehen lediglich die Interkostalräume als akustisches Fenster zur Verfügung. Die viszerale Pleura ist im B-Bild eine einfach identifizierbare Struktur (echogenes Band), da die Schallwellen unterhalb der Pleura wegen des Impedanzsprungs zur intraalveolären Luft vollständig reflektiert werden. Dadurch kommt es subpleural zu einem reinen Artefaktbild. Der vereinfachte Untersuchungsgang der Thoraxsonografie beim liegenden Menschen gliedert sich dabei durch Anloten innerhalb von 4 Quadranten pro Hemithorax (◉ Abb. 2) und ist in weniger als 3 min durchführbar.

### Klinisch orientierte Systematik der Artefakte

Zu den „echten Artefakten“ zählen

- ▶ die dorsale Schallauslöschung (z. B. durch knöcherne Rippenanteile),
- ▶ die dorsale Schallverstärkung (knorpelige Rippe oder flüssigkeitgefülltes Kompartiment, z. B. ein Gefäß, führt zu beschleunigter Schallleitung, Pseudo-Anhebung des Pleurabandes, Streulinsenartefakt) und
- ▶ die Reverberation (Spiegel- oder Wiederholungsartefakt, z. B. der Pleura) (◉ Abb. 1).

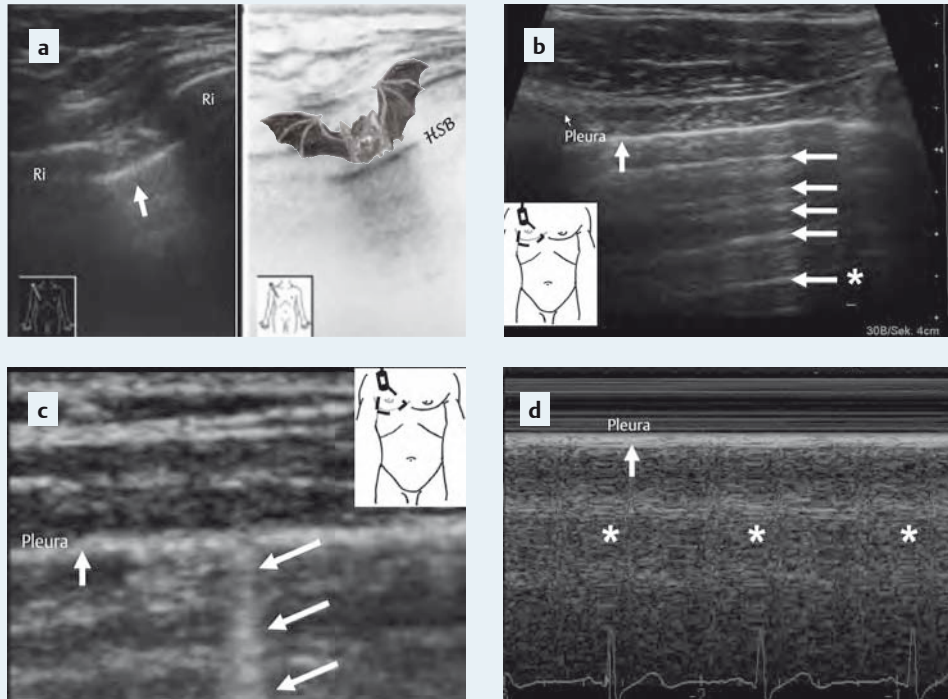
Bei der Bilderzeugung mittels Ultraschall kommt es zu weiteren dynamischen Artefakten, die Gewebe- bzw. Materialinformationen liefern und spezifische Diagnosen ermöglichen können. Insgesamt sollten für die Lungensonografie aus klinischer Sicht wenige Hauptartefakte oder Phänomene verstanden werden (◉ Tab. 3).

**Pleuraerguss** Ein Pleuraerguss stellt sich üblicherweise als echofreie oder echoarme Flüssigkeitsansammlung zwischen Pleura parietalis und visceralis dar, deren Breite synchron mit den Atembewegungen zu- und abnimmt (◉ Abb. 3).

Verglichen mit der Röntgen- sowie der Auskultation hat die Sonografie eine deutlich höhere diagnostische Sensitivität [1]. Neben einer orientierenden Volumetrie des Ergusses kann die ultraschallgestützte Punktion des Pleuraergusses erfolgen, die bei Beatmung als deutlich sicherer eingestuft wird [2].

**Alveolare Konsolidierung** Aufgrund der Sonomorphologie alveolarer Konsolidierungsareale können Rückschlüsse auf die Ätiologie gezogen werden. Minder- oder nichtbelüftete Lungenareale zeigen sich als leberähnliches, direkt der Pleuralinie anliegend oder an einen Pleuraerguss angrenzendes Gewebe und können zusätzlich ein Air- oder Fluidobronchogramm aufweisen. Eine

**Normalbefunde in der Lungensonografie**

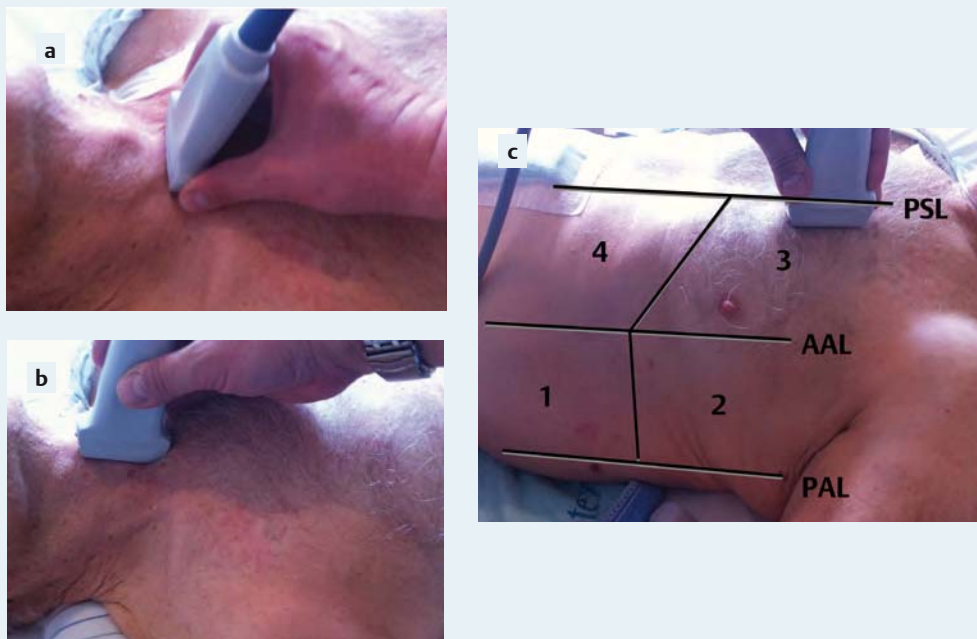


**Abb. 1** Normalbefunde in der Lungensonografie:

- a) Pleura, B-Mode („Fledermauszeichen“), Ri = Rippe mit dorsaler Schallauslöschung.
- b) Pleura (vertikaler Pfeil), Reverberationen (Spiegelartefakte, horizontale Pfeile), A-Linie (Wiederholungsartefakt der Pleura mit gleichem Haut-Pleuraabstand nach unten, B-Mode).
- c) B-Linie, sog. Kometenschweifartefakt, B-Mode.
- d) Pleuragleiten im M-Mode. Das granulierte, wellenförmige Muster unterhalb der Pleura entsteht durch die Bewegung der Pleura und den Lungenpuls (vertikaler Artefakt, Sternchen) und wird insgesamt „seashore sign“ genannt.

Bildnachweis: Abb. 1a–c: Raulo Breitkreutz, Hannah Sophie Breitkreutz, Armin Sobel; Abb. 1d: Peter Zechner

**Untersuchungsgang Trachea und Thorax-/Lungensonografie**



**Abb. 2** Untersuchungsgang Trachea und Thorax-/Lungensonografie

- a, b) Anlotungspunkte Trachea über dem Jugulum suprasternal in transversaler und longitudinaler Position als einfache Vorbereitung für eine Punktions-tracheotomie.
  - c) Thorax-/Lungensonografie, Quadranten sind willkürlich nummeriert. Bei V. a. Lungenkonsolidierungen und Pleuraerguss sollten zuerst die basalen Quadranten, bei V. a. Pneumothorax zuerst die anterioren Quadranten untersucht werden. Ein Seitenvergleich ist immer anzustreben, sodass 8 Anlotungen erfolgen sollten. Diese Untersuchungsform ist für Untersuchungen unter Zeitdruck geeignet.
- AAL = anteriore Axillarlinie;  
 PAL = posteriore Axillarlinie;  
 PSL = parasternale Linie.

Bildnachweis: Stefan Röhrig

Heruntergeladen von: Klinikum Fulda. Urheberrechtlich geschützt.

## Curriculum Modul 5: Thorakoabdominelle Sonografie

### Teil 1: Grundlagen Thorax, Trachea und Lungensonografie (2 UE)

- ▶ Indikationen der Thorax-, Trachea- und Lungensonografie
  - ▷ akute Dyspnoe, Differenzialdiagnosen
  - ▷ Pleuraerguss und Punktion, postpunktionelle Kontrolle
  - ▷ Weaningvorbereitung
  - ▷ Einsparen von radiol. Untersuchungen z. B. bei Trauma
  - ▷ Punktionstracheotomie
  - ▷ endotracheale Tubus-Lagekontrolle
- ▶ Prinzip Ultraschall
  - ▷ B-Mode und M-Mode
- ▶ anwendbare Ultraschallsonden
- ▶ Geräteeinstellungen
- ▶ Befundbeschreibung/Dokumentation
- ▶ Artefakte allgemein
  - ▷ dorsale Schallauslöschung
  - ▷ dorsale Schallverstärkung
  - ▷ Reverberation (Nachhall)
  - ▷ Streulinienartefakt
- ▶ Sonoanatomie Thorax
  - ▷ extrapleurale Gewebeschichten (Haut, Subkutis, Interkostalmuskulatur)
  - ▷ Pleura
  - ▷ Rippen
  - ▷ Hinweis, dass das Sonobild unterhalb der Pleura ein reines Artefakt ist
- ▶ typ. Normalbefund: Fledermauszeichen (Bat-Sign) mit Sonoanatomie
- ▶ Artefakte Thorax und Lunge
  - ▷ Pleuragleiten (Lung Sliding), B- und M-Mode
  - ▷ A-Linien (Reverberationen der Pleuralinie), B- und M-Mode
  - ▷ „seashore sign“
  - ▷ B-Linien (Syn.: Kometenschweifartefakte, Taschenlampenphänomen)
  - ▷ Lungenpuls (Lung Pulse), B- und M-Mode
  - ▷ Vorhangphänomen
  - ▷ knorpelige und knöcherne Rippen, lange und kurze Achse
  - ▷ Apnoe/Ausbleiben von Pleuragleiten
- ▶ Untersuchungsgang Lungensonografie
- ▶ Sonoanatomie Trachea
  - ▷ Trachealknorpel, insbesondere 2. und 3. Trachealknorpel
  - ▷ Lig. conicum
  - ▷ Identifikation epitrapealer Venen
  - ▷ oblique Tracheaanlotung für Identifikation Endotrachealtubus
  - ▷ Luft-Mukosa-Übergang, tracheale Reverberation
  - ▷ Beurteilung Pleuragleiten/Lungenpuls, Tubuslage (orthotop vs. endobronchiale Fehllage)
  - ▷ ösophageale Fehlintonation (Double Tract Sign)
  - ▷ Einsatz für Airway Ultrasound Exam in Kombination mit Beurteilung Pleuragleiten und Lungenpuls
- ▶ Vorbereitung Dilatationstracheotomie, (Untersuchungsgang), Ausmessen der Distanz für Punktion

### Teil 2: Differenzialdiagnosen und Pathologien (1 UE)

- ▶ Pleuraerguss (Pleural effusion)
  - ▷ Ätiologie
  - ▷ Diagnostik
  - ▷ Sonomorphologie
  - ▷ Untersuchungsgang
  - ▷ M-Mode-Darstellung (Sinusoid Sign)
  - ▷ sonografische Quantifizierung, Volumetrie
  - ▷ Pleura visceralis, Pleura parietalis
  - ▷ sonografisch geführte Punktion
  - ▷ DD-Abgrenzung zu abdomineller Flüssigkeit, Pneumonie und peripherem Lungeninfarkt
- ▶ periphere Lungenembolie mit Lungeninfarkt, Unterbrechung der B-Linie
- ▶ sonografische alveoläre Konsolidierung (Lung Consolidation)
  - ▷ Atelektase
  - ▷ Infiltrat und Pneumonie
  - ▷ Hepatisation
  - ▷ Air Bronchogram
  - ▷ Lungenpuls (Lung Pulse)
  - ▷ multiple bilaterale B-Linien (multiple B-Lines) bei Herzinsuffizienz, pulmonaler Stauung und Lungenödem
  - ▷ ARDS
- ▶ Trauma
  - ▷ Rippenfrakturen
  - ▷ Lungenkontusion
  - ▷ fokale Häufung von B-Linien (B-Pattern)
  - ▷ Untersuchungsgang B-Pattern und Pneumothorax
  - ▷ Pneumothorax
  - ▷ Lungenpunkt (Lung point)
  - ▷ M-Mode-Darstellung

### Teil 3: FAST (2 UE)

- ▶ standardisierte Anlotungspunkte
- ▶ topografische Anatomie Abdomen
  - ▷ parakolische Rinne
- ▶ Sondenauswahl
- ▶ physiologische Befunde
- ▶ ATLS-Bezug; Adjunkt in der Primary Survey (noch vor CT)
- ▶ Triage bei MANV
- ▶ fokusfreie abdominelle Flüssigkeit
- ▶ fokussiertes Assessment bei Trauma (FAST): Untersuchungsweise einer fokussierten Untersuchung, Limitationen
- ▶ Untersuchungsgang FAST
  - ▷ lateral-diaphragmaler Längsschnitt
  - ▷ lateral-kaudaler Längsschnitt
  - ▷ Morison-Pouch
  - ▷ Koller-Pouch
  - ▷ medianer Unterbauchschnitt
- ▶ Hämatothorax
- ▶ freie Flüssigkeit intraabdominell
  - ▷ subphrenisch
  - ▷ perisplenisch
  - ▷ paravesikal

### Teil 4: Hands-on-Training (4 UE)

- ▶ Praxis Thorax-, Trachea- und Lungensonografie (2 UE à 45 min)
- ▶ Praxis FAST (2 UE à 45 min)
- ▶ Bedeutung des Teilnehmer-zu-Instruktoren-Schlüssels, Instruktorenbriefing; Rotation (1 Lerninhalt pro Station/Instruktor); Szenarienvorgabe; Portfoliomethode; Aufgaben stellen/Checklisten

**Tab.1, links** Appendix zum Curriculum: Lernmethoden Präkurslernen (z. B. E-Learning, Screencasts, Webinare, CME-Paper-Lektüre), Präsenzlernen (Kurstage oder Seminarreihen für abteilungsinterne Fortbildungen in Doppelstunden), Microteaching, Aktivieren des Lernenden / Neues Lernen, Postkurslernen: Vernetzen von Instruktoren und Kursteilnehmern für eine erste Lernperiode, 10 Untersuchungen (entspricht 2 Unterrichtseinheiten à 45 min), Standarddokumentation von Befunden, longitudinale Ausrichtung des Moduls (Fortbildungsreihen), innovative Lehr- und Lernmethoden (Quiz, Screencast, Fallpräsentationen), Train the Trainer.

**Abb. 3, rechts oben** Pathologische Befunde

**a)** Pleuraerguss mit Plattenatektase, B-Mode.

**b)** Lungenpunkt (LP) bei Pneumothorax mit vermehrten Reverberationen (horizontale Pfeile), M-Mode.

**c)** Lungenödem, multiple B-Linien, B-Mode.

**d)** Lungenkonsolidierung mit Bronchopneumogramm (echogen, Streuselkuchen oder helle Wölkchen) bei Pneumonie.

**Tab. 2, rechts unten**

Domäne der Thoraxsonografie ist die hohe Treffsicherheit in der Pneumoniediagnostik [3, 4]. Nachweisbar wird das pneumonische Infiltrat sonografisch nur dann, wenn es bis an die Pleura heranreicht. Eine Pneumonie stellt sich dar als inhomogen fleckiges hypo- und hyperechogenes, unscharf begrenztes subpleurales Konsolidierungsareal, ggf. mit positivem Bronchopneumogramm. Ein begleitender Pleuraerguss ist häufig zu finden.

**Kardiales Lungenödem oder „wet lung“ anderer Genese** Der Nachweis multipler B-Linien über der gesamten anterioren und lateralen Thoraxwand gilt als pathologisch (► Abb. 3). Bilateral auftretend korreliert die Anzahl der B-Linien eng mit

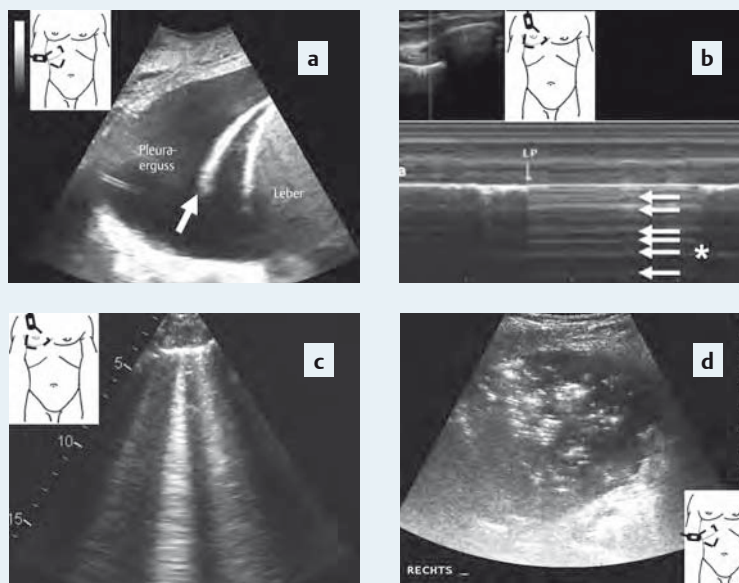
- dem Schweregrad der pulmonalvenösen Stauung [5],
- dem proBNP und
- der Mortalität von Patienten mit bekannter Herzinsuffizienz [6].

Eine unilaterale fokale Häufung von B-Linien weist eher auf einen regionalen Prozess im Sinne eines pleuranahen Infiltrates, einer Atelektase oder im Kontext eines Thoraxtraumas auf eine Lungenkontusion hin.

Der Nachweis multipler B-Linien gelingt schnell und ist schon vor dem Erscheinen typischer Stauungszeichen oder Infiltrationen im Röntgenbild oder CT des Thorax möglich.

**Pneumothorax** Mithilfe der Kenntnis der Artefakte in der Lungensonografie kann auch ein Pneumothorax (PTX) diagnostiziert oder ausgeschlossen werden. Häufiges Problem ist der anteriore PTX beim liegenden Patienten. Der Nachweis von Pleuraergüssen, B-Linien oder des Lungen-

## Pathologische Befunde



Bildnachweis: Abb. 3 a, b: Armin Seibel; Abb. 3 c, d: Peter Zechner

## Inhaltliche und strukturelle Anforderungen an das Modul 5

### Inhalte

- Artefakte für Thorax-, Trachea- und Lungenultraschall
- Sonoanatomie, B- und M-Mode
- Fallbeispiele mit Originalbildern
- Trachea
- Pleuraerguss und -punktion, Lungenkonsolidierungen (z.B. Lungenkontusion, Atelektase)
- Lungenödem und Pneumothorax
- fokussiertes Assessment mit Sonografie bei Trauma (FAST-Konzept)
- fakultativ: Pneumonie, Lungenembolie, Rippenfraktur

### Struktur

- 5 Unterrichtseinheiten Theorie (Verwendung des AFS-Folienstandards)
- 4 Unterrichtseinheiten Hands-on-Training (ca. 50% des Kurstags)
- mindestens 3 erfahrene Referenten für die Präsentationen
- E-Learning für Kursvorbereitung oder Postkurslernen
- fakultativ: Postkurslernen mit Verknüpfung Instruktoren als Ansprechpartner mit je 2–3 Teilnehmern, supervidierte Untersuchungen, Bereitstellen eines Kursmanuals zur E-FAST, Vernetzung mit anderen Modulanbietern, eigene aktuelle Sonobilder und -filme der Referenten

### allgemeine Anforderungen an die praktische Ausbildung

- 1 freier Kursleiter für Organisation + 2 Helfer (stringentes Zeitmanagement)
- max. 5 Teilnehmer pro Gerät und Instruktor/Station
- mind. 1 erfahrener Instruktor pro Arbeitsplatz
- Instruktorbriefing (Vorgabe für die Lerninhalte pro Station inkl. empfohlener Anlotungspunkte, z.B. anhand einer Checkliste)
- mind. 1 Ultraschallgerät pro Arbeitsplatz, mind. 1 Proband pro Arbeitsplatz
- Fakultativ: organisiertes Zirkeltraining/Rotationsschema, im Hands-on-Patienten oder Lehre auf der Intensivstation

### spezielle Anforderungen an die praktische Ausbildung

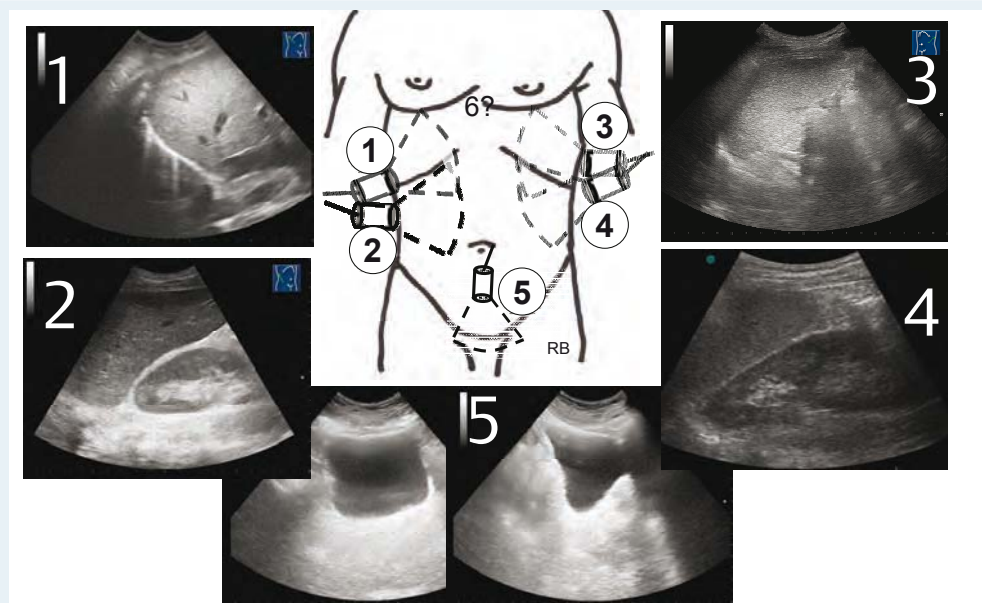
- Vermitteln der thorako-pulmonalen und trachealen Anlotungen und Strukturen (inkl. Artefakte) durch Hands-on-Planung mit Standardlehrinhalten
- Darstellung der abdominalen und thorakalen Positionen und Strukturen nach FAST-Konzept inkl. FAST-Reihenfolge des Algorithmus
- Unterweisung in die Lagerung des Patienten
- Einweisung am Ultraschallgerät (Schallköpfe, Modus, Tiefe, Gain)
- fakultativ: Angebot von sog. Skill-Stationen (Sonografie unter Zeitdruck, Bilder/Videoquiz)

**Abb. 4** Anlotungspositionen der FAST-Untersuchung. Exemplarisch physiologische Befunde mit Sonoanatomie. Die Positionen 1 und 2 bzw. 3 und 4 können jeweils durch Gleiten in der hinteren Axillarlinie (oder "Intercostalhopping") zusammengefasst werden. Die suprapubische Position 5 sollte sowohl im Querschnitt als auch im Längsschnitt erhoben werden.

Im angloamerikanischen Bereich wird auch eine Position 6 (subxiphoidal) erhoben, bei der ausschließlich nach freier perikardialer Flüssigkeit gesucht werden soll. Die Diagnose ist aber fehleranfällig und kann zu falschen Schlüssen (z. B. bei Nichtauffinden eines posterioren Ergusses) führen. Da diese Einstellung einer kardiosonografischen Anlotung entspricht und didaktisch nicht in das Hands-on des Moduls 5 eingepasst werden kann, wird hier kritisch auf diese Position hingewiesen.

Der Untersuchungsgang für FAST lässt sich bequem innerhalb von 2 min durchführen.

### FAST: Fokussiertes Assessment mit Sonografie bei Trauma



Bildnachweis: Armin Seibel, Raoul Breikreutz

pulsus schließt einen PTX an der untersuchten Stelle mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit aus (> 98%).

- ▶ Die Abwesenheit des Pleuragleitens dient als starker Hinweis auf das Vorliegen eines PTX.
- ▶ Die Darstellung des sog. Lungenpunktes, das atemsynchrone Auftreten und wieder Sistieren von Pleuragleiten im B-Mode gilt als beweisend für einen PTX (▶ Abb. 3).

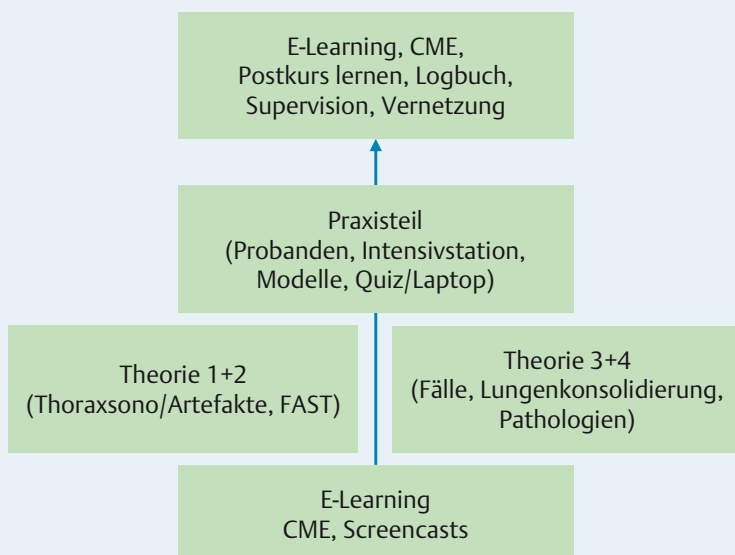
Die Technik kann gleichzeitig zur Größendifferenzierung und Progredienzkontrolle eines pri-

mär nicht therapiebedürftigen Befundes genutzt werden [7, 8]. Die Untersuchungsdauer liegt bei etwa 1 min (genauer: 56s, Auskultation von 4 Thoraxarealen pro Hemithorax, 6s pro Anlotung inklusive Inspiration und Expiration).

Die Lungensonografie ist zur Diagnose oder zum Ausschluss eines anterioren Pneumothorax geeignet.

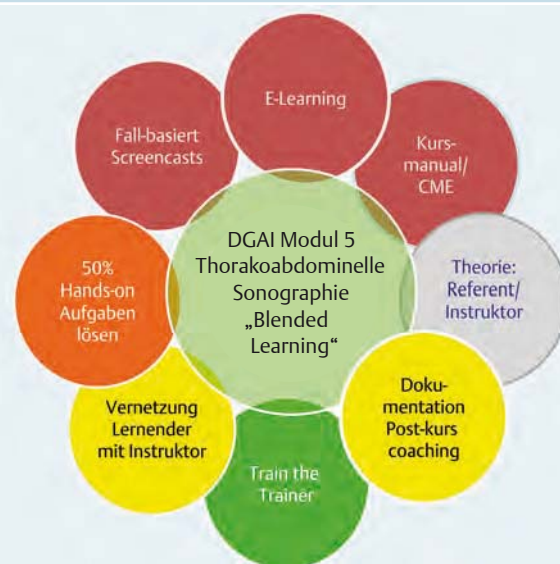
### Abb. 5

#### Didaktischer Aufbau des Moduls 5



Bildnachweis: Raoul Breikreutz

#### Lern- und Lehrmethoden



Heruntergeladen von: Klinikum Fulda. Urheberrechtlich geschützt.

Bildnachweis: Raoul Breikreutz

**Abb. 6** Optionen der Lern- und Lehrmethoden des Moduls 5. Kursmodelle sollten versuchen, den Lernenden über viele verschiedene Lernkanäle nach den Methoden des "Neuen Lernens" zu aktivieren. Die gezeigten Anteile stellen das Optimum dar.

**Ultraschallanwendung bei Atemwegsmanagement und Dilatationstracheotomie** Die Fehl-Intubation ist mit 12% eine häufige Komplikation des Atemwegsmanagements bei Notfallpatienten und wird oft nicht sofort als Problem identifiziert [9]. Fokussierte Sonografie der Trachea und umliegender Gewebe kann eine ösophageale Tubusfehl- lage (Nachweis des „double-tract sign“) innerhalb weniger Sekunden – und ohne beatmen zu müssen – zuverlässig aufdecken [10]. Wird eine Beurteilung des Pleuragleitens auf beiden Thoraxhälften angeschlossen, kann eine endobronchiale (kontralaterale, „einseitige“) Intubation diagnostiziert oder ausgeschlossen werden [11]. Diese Möglichkeiten stellen eine gute Ergänzung oder sogar Vorteile gegenüber der Kapnometrie (z. B. in der Peri-Reanimation) dar. Die Sonografie kann für die Planung der Punktions- tracheotomie im Rahmen einer Voruntersuchung der Trachea (◉ Abb. 2) vor sterilem Abdecken einen Sicherheitsvorteil bedeuten, da u. a. die Einstichtiefe ausgemessen und der Stopper eingestellt werden kann sowie die Mittellinie der Trachea, prä- und peritracheale Halsgefäße und die Höhe des 2. und 3. Ringknorpels leicht identifiziert werden können [12, 13].

Tracheale Sonografie ist leicht anwendbar und kann z. B. zur Planung einer Punktions- tracheotomie und Beurteilung der Tubuslage (Fehl-Intubation?) genutzt werden.

**FAST-Untersuchung** Die sonografische Einschätzung des Abdomens bei Trauma nach dem FAST-Konzept hat die diagnostische Peritoneal- lavage zur Detektion freier abdomineller Flüssigkeit abgelöst.

- ▶ Die intrahospitale Mortalität von Traumapatienten mit einer unversorgten intraabdominellen Blutung steigt alle 3 min um 1 % [14].
- ▶ Der sonografische Nachweis freier Flüssigkeit in Thorax oder Abdomen reicht aus, um bei hämodynamisch instabilen Patienten unmittelbar eine Thoraxdrainage zur Entlastung anzulegen oder eine Notfalllaparotomie durchzuführen [15].

FAST besteht aus der sequenziellen Anwendung von 5 Schallfenstern, eignet sich gut als sonografische Screeningmethode und ist Adjunkt der „Primary Survey“ in der Traumaversorgung nach ATLS-Protokoll (◉ Abb. 4).

Die subxiphoidale Anlotung für das Herz gilt im angloamerikanischen Raum als 6. Position. Der „schnelle Blick aufs Herz“ sollte kritisch eingestuft werden, da ein komplexes Organ beurteilt werden soll und einige Fallstricke bei der korrekten Beurteilung einer Tamponade und dem Einfügen einer Herzanlotung bestehen. FAST hat eine hohe

### Klinische Systematik der Artefakte in der Thorax- und Lungensonografie

Name	Sonografie- Bildtechnik	Bemerkungen/Besonderheiten
Pleuragleiten	B-Mode	Normalbefund: „Fledermauszeichen“, Vorhangphänomen (sagittale Anlotung, zwerchfellnah)
Pleuragleiten	M-Mode	Muster der Pleurabewegung erinnert an „Schneegestöber“ und wird auch „seashore sign“ genannt
A-Linien	B-Mode	syn. Reverberationen, Wiederholungsartefakte der Pleura (nicht die Pleura selbst)
B-Linien	B-Mode	syn. wandernde Kometenschweifartefakte, Taschenlampenphänomen, bei In- und Expiration, vertikal ausgehend von der Pleura bis zum Sektor-/Bildschirmrand
Lungenpuls	M-Mode	passive Bewegung der Lunge bedingt durch die Herzschlagbewegung, korreliert mit QRS des angelegten EKG, auch nachweisbar im Erguss mit Farbdoppler oder isolierbar im M- oder B-Mode bei Apnoe

Schallkopfwahl: Mikrokonvex, Sektor (Herz) oder Konvex (Abdomen). Zur genaueren Pleura- diagnostik kann zusätzlich ein Linearschallkopf hinzugezogen werden.

Tab. 3

### Didaktische Aufteilung der Unterrichtseinheiten des Moduls 5

Anzahl UE à 45 min	Zeitpunkt und Lernort	Inhalt
2	vor und nach dem Kurs- tag/zu Hause	E-Learning Lungensonografie, 5 Publikationen
3	Veranstaltungstag und -ort	Theorie Lungensonografie
2		Praxis Lungensonografie
2		Theorie FAST
2		Praxis FAST inkl. Posttest
2	nach dem Kurstag: eigene Klinik/Institution	Dokumentation von 50 Untersuchungen zur Lungensonografie oder FAST mit Feedback

Nota bene: Die Unterrichtseinheiten (UE) wurden so entwickelt, dass sie sowohl als Tageskurs aber auch als kontinuierliche Fortbildungsreihe (z. B. abteilungsintern, 2 UE pro Woche oder Monat) angeboten werden. Die Dauer der Präsentationen sollten in der Summe bis zu 5 UE betragen und besser in Kurzvorträgen gehalten werden (10–15 min plus 5 min Diskussion).

Tab. 4

Sensitivität und Spezifität [16, 17] und kann bequem innerhalb von 2 min Untersuchungsdauer angewendet werden. Dabei kann man nach einem kurzen theoretischen und praktischen Training und wenigen eigenen Untersuchungen mit 92% Genauigkeit Flüssigkeitsmengen von 200–400 ml erkennen [18].

- ▶ Ein wichtiger Vorteil besteht auch darin, dass bei Trauma- oder perioperativen Patienten im Verlauf nach Ersteinschätzung durch das CT eine FAST-Untersuchung als Screeningmethode mehrfach durchgeführt werden kann und damit die Strahlenbelastung (Kinder!) und auch die Rate an Transporten absinken können.

## Effektivität von Lernmethoden (Bales, 1996)



Bildnachweis: Raulf Bretkreutz

**Abb. 7** Die Nachhaltigkeit von Lernmethoden kann erfahrungsgemäß deutlich erhöht werden, je mehr ein Lernender selbst durchführt.

Tab. 5

## Programmwurf für den Präsenztage Modul 5

08:30 Begrüßung und Kursablauf

**Teil 1: Thorax- und Lungensonografie: Artefakte und Normalbefunde**

08:45 Einführung, Artefakte der Thorax- und Lungensonografie, sonografische Anatomie

09:15 Untersuchungsgang, Befunde im M-Mode (Pleurabewegung, Lungenspul)

09:30 Pause

09:50 Sonografie der Trachea

10:10 Fallbeispiele mit Originalbildern

**Teil 2: Differenzialdiagnosen in der Intensiv- und Notfallmedizin/Pathologische Befunde**

10:30 Sonografie des Pleuraergusses, Volumetrie und Pleurapunktion

10:50 Lungenkonsolidierung: Pneumonie, Atelektase, Lungenembolie

11:10 Lungenödem, Trauma: Lungenkontusion, Pneumothorax, Rippenfraktur

**Teil 3: Die FAST-Untersuchung**

11:20 FAST-Untersuchung (Anlotungspunkte, Sonoanatomie, Indikationen und Sondenwahl)

11:40 freie Flüssigkeit (Pleuraspalt, subphrenisch, Morison, Koller, Douglas)

12:15 Mittagspause

13:00 1. Hands-on-Training (FAST) in Kleingruppen (max. 5 Teilnehmer pro Instruktor), Rotationsschema, mindestens 5 Probanden nacheinander untersuchen

15:00 Pause

15:30 Fallbeispiele

16:00 2. Hands-on-Training (Thorax- und Lungensonografie) mit Geräteführung Live-Demonstration der Artefakte (Projektion), dann Kleingruppen (max. 5 Teilnehmer pro Instruktor), Laptopstation, ggf. Demonstration auf Intensivstation

17:30 Quiz, Dokumentation, Post-Kurs-Lernen (wie geht's weiter?)

18:10 Abschlussbesprechung, Evaluation, Ausgabe der Kursbescheinigungen

18:30 Kursende

**Limitationen der thorakoabdominellen Sonografie** Durch Totalreflexion am Übergang zur Lunge, intraabdominelle Luft oder Hautemphysem sowie Absorption von Schallwellen, z.B. durch knöcherne Strukturen, sind die diagnostischen Möglichkeiten der Sonografie physikalisch begrenzt. Pulmonale Prozesse können mittels Ultraschall meist nur dargestellt werden, wenn diese bis an die Pleura heranreichen oder über ein Schallfenster, z.B. Atelektase oder Pleuraerguss einer sonografischen Untersuchung zugänglich sind. Emphysemlasen können gleiche Phänomene wie beim PTX erzeugen, daher sollte auf den Lungenspul geachtet werden. Zentral gelegene pulmonale Prozesse entziehen sich einer Darstellung. Die FAST-Untersuchung schließt bei negativem Erstbefund eine Verletzung mit konsekutiver Blutung oder Organverletzung nicht aus und sollte zeitnah wiederholt werden.

**Lehrkonzept und Didaktik**

**„Blended Learning“** Das Lehrkonzept des Moduls 5 basiert auf dem „Blended Learning“, d.h. einer Kombination aus E-Learning und Präsenzlernen (Abb. 5 und 6). Der Lehrinhalt und das E-Learning wurden anhand internationaler Empfehlungen aufgebaut [19, 20].

Das Modul 5 beinhaltet insgesamt 13 Unterrichtseinheiten (UE) zu je 45 min:

- ▶ Davon entfallen auf die Vorbereitungsphase (Präkurslernen) 2 UE und
- ▶ auf die Präsenzveranstaltung
  - ▷ 5 UE Thorax- und Lungensonografie sowie
  - ▷ 4 UE zu FAST.
- ▶ Das Hands-on-Training ist hier mit 4 UE einberechnet und integraler Bestandteil (Abb. 4). Ein Entwurf für das Kursprogramm ist in Abb. 5 dargestellt.
- ▶ Als Nacharbeit (Postkurslernen) sollten 2 UE mit selbstständiger Durchführung von mind. 50 Untersuchungen unter Supervision erfolgen mit wenigstens 10 pathologischen Befunden.

**E-Learning** Das E-Learning wurde mithilfe eines Expertenreviews entwickelt und nach einer Validierungsphase mit einer aktuellen Konsensuskonferenz (LungUltraschall, WINFOCUS) [23, 24] inhaltlich konsentiert und als „Lernprogramm Thoraxsonografie für Pleura, Lunge und Trachea“ mit aktuell 21 Lerneinheiten programmiert. Es wird für DGAI-zertifizierte Veranstaltungen für die Vor- und Nacharbeit (gegen geringe Lizenzgebühren) mit Multiple-Choice-Questions bereitgestellt. Darüber hinaus sollten für das Prä- und Postkurslernen bis zu 5 Publikationen zur Lungensonografie und FAST benutzt werden.

**Präsenzanteil** Es wurden Musterpräsentationen als Standardfoliensätze vorbereitet (Micro-teaching), die das vollständige Curriculum in knapper Form wiedergeben. Fallbeispiele dienen dazu, Lerninhalte zu vertiefen. Im Sinne der Vermeidung eines „Death by Powerpoint“ [21, 22] soll der Fokus weniger auf ausführlichen Vorträgen als vielmehr auf einer praxisillustrierten und damit auch nachhaltigen Ausbildung mit hohem Anteil an Eigenaktivität des Teilnehmers liegen!

**Hands-on-Training** Mindestens 50% der UE werden als Hands-on-Training und in Kleingruppen von max. 5 Teilnehmern mit einem Instruktor durchgeführt. Schwerpunkte sind Anlotungen, Sonoanatomie, Verständnis der Artefakte für die Thorax-, Trachea- und Lungensonografie und die FAST-Untersuchung bei Probanden. Hierzu werden „Skill-Stations“ aufgebaut, um das praktische Lernen durch das Lösen von Aufgaben zu unterstützen. Das Hands-on-Training ist für den Ausbildungserfolg sehr wichtig, da die Lerneffektivität und Nachhaltigkeit einer rein audiovisuellen Lehre „frontal“ über Vorträge erheblich geringer ist (◊ Abb. 7).

► Die Instruktoren dienen als Lerncoachs, die die Lernenden ermutigen, Untersuchungen selbst durchzuführen (die Ultraschallsonde gehört in die Hand des Teilnehmers, nicht in die des Instructors!) [25, 26].

Da jede „Skill-Station“ einen definierten Lerninhalt hat, erlernt jeder Teilnehmer Schritt für Schritt alle Inhalte (Portfoliomethode) in einem rotierenden Lernsystem (◊ Abb. 6 und 8) und hat die Möglichkeit ca. 20-30 fokussierte Untersuchungen selbst durchzuführen.

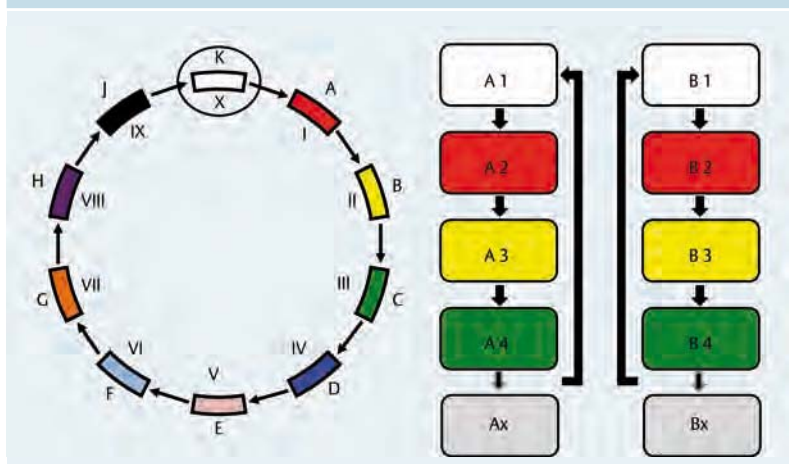
Der höchste Lerngewinn entsteht durch Aktivieren des Lernenden und „Selbermachen“.

**Postkurslernen** Hauptproblem ist nach einer Kursveranstaltung, dass das gerade erlernte Wissen ohne weitere Anwendung im klinischen Alltag kaum vertieft oder etabliert werden kann. Hierzu ist bei Einsteigern in die Technik eine Supervision nach dem Kurs durch einen erfahrenen Ultraschallanwender notwendig. Dadurch können der Umgang mit dem eigenen Ultraschallgerät geübt, die erhobenen Befunde verifiziert und die eigenen Fähigkeiten ausgebaut werden.

► Hierbei sollten ein Logbuch geführt und alle Befunde dokumentiert werden.

Das E-Learning-Modul kann phasenweise weiter genutzt werden wie auch das Kursmanual, CME-Artikel und Fallsammlungen. Die Verknüpfung von Instruktoren und Kursteilnehmern nach einer Kursveranstaltung wäre eine weitere Option zur Problemlösung. Weiterhin wäre es gut, wenn die Teilnehmer nach einem Kurs in der Lage sind, einen eigenen Fall zu präsentieren.

## Hands-on-Trainingschemata



Bildnachweis: Raulf Beitzel

**Weiterentwicklung des Moduls** Die Weiterentwicklung umfasst standardisierte Dokumentationsvorgaben und Logbuch, Fallsammlungen als Screencasts zur vernetzten Nutzung von Expertenwissen, einen Simulationstest für das Training der visuellen Perzeption und einen online-Atlas. Um eine standardisierte Qualität der Ausbildung sicherzustellen, wurde zur Ausbildung von Instruktoren ein Train-the-Trainer-Konzept (TTT) entwickelt [27].

**Limitationen der Lehrmethoden** Eine visuelle Technik kann nur vielschichtig erlernt werden und ist erst durch eingehende Übung im klinischen Alltag (und nicht durch die Absolvierung eines Kurses) nutzbar. Die vorgestellten Lehrmethoden sind abhängig vom Grad der Mitwirkung und Nacharbeit des Lernenden und von der Bereitschaft des Lehrenden, einen Wandel in der Art der Wissensvermittlung zuzulassen.

**Fazit** Die fokussierte Sonografie von Thorax-, Trachea- und Lungensonografie sowie die FAST-Untersuchung können als integrierte Fortbildung langfristig die medizinische Kernkompetenz von Anästhesisten, Intensiv- und Notfallmedizinern erweitern und zu einer Erhöhung der Patientensicherheit beitragen. ◀

**Abb. 8** Beispiele für Rotationschemata (Zirkeltraining) des Hands-on-Trainings. Vorteil: Weniger hohe Abhängigkeit vom Kenntnisstand einzelner Instruktoren, da nur ein Lerninhalt vermittelt wird (nicht alle auf einmal) und der Lernende Station für Station neue Lerninhalte in sein Portfolio bekommt.

**links:** Einer Station (römische Ziffer) mit einem definierten Lerninhalt (farblich kodiert) oder einer Aufgabe ist jeweils eine Gruppe (Buchstabe) zugeordnet.

**rechts:** Anordnung von parallelen Rotationen z. B. für große Teilnehmergruppen oder Cross-over-Anordnungen (z. B. Schema A: FAST, Schema B: Thoraxsonografie).

### Kernaussagen

- ▶ Die Lerninhalte des Moduls 5 sind curricular und anhand von Leitlinien entwickelt worden.
- ▶ Sonografieausbildung ist vielschichtig und erwartet einen hohen Anteil an praktischem Lernen und Training der visuellen Perzeption.
- ▶ Bei Kenntnis der Artefakte lassen sich einige Differenzialdiagnosen für die tägliche Arbeit im Kerngebiet des Anästhesisten und Intensivmediziners erschließen.
- ▶ Erhöhung der Patientensicherheit: Die Thoraxsonografie sollte zur Diagnose eines Pleuraergusses und zur Therapie (ultraschallgesteuerte Punktion) eingesetzt werden.
- ▶ Die Thoraxsonografie kann helfen, wiederholte Röntgenuntersuchungen (Strahlenbelastung) und Intensivtransporte bei beatmeten Patienten einzusparen.
- ▶ Der Inhalt des Moduls und des E-Learnings wurden an die aktuellen internationalen Leitlinien angepasst.
- ▶ Die Didaktik des Moduls folgt dem Konzept des „Blended Learning“, welches E-Learning mit Präsenzlernen kombiniert und Vorbereitungsphase, Präsenzveranstaltung und Nachbearbeitungsphase verknüpft.
- ▶ Präsenztag: Mindestens 50% der Unterrichtseinheiten erfolgen als Hands-on-Training.
- ▶ Gelernt wird in Kleingruppen bestehend aus maximal 5 Teilnehmern pro Instruktor und Ultraschallgerät.
- ▶ Jeder Teilnehmer führt eigenhändig mindestens 20–30 Untersuchungen durch.
- ▶ Das Programm kann auch als Abteilungsfortbildung „longitudinal“ angeboten werden (z. B. 2 Unterrichtseinheiten pro Woche oder Monat).
- ▶ Es werden Methoden des „Neuen Lernens“ angewendet, die den Lernenden „aktivieren“ sollen.
- ▶ Es werden neue Lehr- und Lernmethoden im Modul 5 bereitgestellt.

### Literatur online

Das Literaturverzeichnis zu diesem Beitrag finden Sie im Internet:

**Abonnenten** und **Nichtabonnenten** können unter „[www.thieme-connect.de/ejournals](http://www.thieme-connect.de/ejournals)“ die Seite der AINS aufrufen und beim jeweiligen Artikel auf „Ergänzendes Material“ klicken – hier ist die Literatur für alle frei zugänglich.

Abonnenten können alternativ über ihren persönlichen Zugang an das Literaturverzeichnis gelangen. Wie das funktioniert, lesen Sie unter: <http://www.thieme-connect.de/ejournals/help#SoRegistrieren>

**Danksagung** Die Autoren bedanken bei sich bei N. Roewer (Würzburg), U. Schwemmer (Neumarkt), P. Kessler (Frankfurt) und C.-A. Greim (Fulda) für die kollegiale Zusammenarbeit im Rahmen des AFS-Projektes. An der Entwicklung und Überprüfung des Moduls 5 oder des E-Learning waren beteiligt: M. Barth (Frankfurt), E. Berendes (Krefeld), J. Broscheit (Würzburg), C. Cuca (Frankfurt), M. Campo dell'Orto (Bad Nauheim), M. Franz (Berlin), W. Heinz (Leonberg), T. Hirche (Wiesbaden), J. Leick (Bad Nauheim), N. Müller (Hamburg), M. Rudolph (Ludwigshafen), J. Schwoerer (Hamburg), P. Scheiermann (Frankfurt), L. Gargani (Pisa), G. Klauer (Frankfurt), D. Lichtenstein (Paris), L. Neri (Mailand), V. E. Noble (Boston), A. Susić (Reijka), E. Storti (Mailand) und G. Via (Pavia).

Dr. med. Stefan Röhrig<sup>1</sup>, Armin Seibel<sup>2</sup>, Dr. med. Peter M. Zechner<sup>3</sup>, Dr. med. Martina Steigerwald<sup>4</sup>, Dr. med. Tobias Kummer<sup>5</sup>, Dr. med. Heinrich V. Groesdonk<sup>6</sup>, Dr. med. Wolf Armbruster<sup>7</sup>, \*PD Dr. med. Raoul Breitkreutz<sup>8</sup>

\* korrespondierender Autor

<sup>1</sup>Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin, Maria-Josef-Hospital GmbH, Lindenstraße 29, 48268 Greven

<sup>2</sup>Abteilung für Anästhesiologie, Intensiv- und Notfallmedizin, Diakonie Klinikum Jung-Stilling, Wichernstr. 40, 57074 Siegen

<sup>3</sup>Abteilung für Innere Medizin, LKH Graz West, Göstingerstrasse 22, 8020 Graz, Österreich

<sup>4</sup>Anästhesie Abteilung, Orthopädische Klinik, Marienburgstr. 2, 60508 Frankfurt am Main

<sup>5</sup>Department of Emergency Medicine, The Warren Alpert Medical School of Brown University Providence, USA,

<sup>6</sup>Klinik für Thorax- und Herz-Gefäßchirurgie, Universitätsklinikum des Saarlandes, Kirrberger Straße, 66421 Homburg/Saar und Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck

<sup>7</sup>Abtl. Anästhesie, Intensivmedizin, Schmerztherapie, Ev. Krankenhaus Unna, Holbeinstraße 10, 59423 Unna

<sup>8</sup>Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Universitätsklinikum des Saarlandes, Kirrberger Straße 100, 66421 Homburg/Saar und Frankfurter Institut für Notfallmedizin und Simulationstraining der Goethe Universität, Frankfurt am Main.  
E-Mail: [raoul.breitkreutz@gmail.com](mailto:raoul.breitkreutz@gmail.com)

**Interessenkonflikt** Raoul Breitkreutz worked without honoraria for the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine (DGAI) in the development of a modular training of transcutaneous ultrasound curriculum and for the German Society of Ultrasound in Medicine (DEGUM) as deputy chair of the emergency ultrasound section. As founder of the Arbeitsgemeinschaft Notfallsonographie, he received grants or fees from General Electric, the European Space Agency, Spaceapplications Services, and SonoSite. Stefan Röhrig received fees for lectures and consulting from AstraZeneca, Baxter and GlaxoSmithKline. Heinrich V. Groesdonk received fees for lectures and consulting from Pfizer, Novartis, Bayer, Actelion. Armin Seibel received fees from Pulsion Medical Systems AG and CSL Behring GmbH. The authors declare that all project-based fees do not affect the content of the present paper.

Beitrag inklusive Zusatzmaterial online zu finden unter <http://dx.doi.org/10.1055/s-0031-1297187>

VNR: 2760512011060003279