

Lungensonographie in der kardiologischen Intensiv- und Notfallmedizin (Teil 1)

Einführung, Grundlagen, Indikationen und Stellenwert bei Herzinsuffizienz

U. Böck¹ · A. Seibel²

¹ Klinik für Innere Medizin, Fachbereich Kardiologie und internistische Intensivmedizin, Marien-Hospital Marl, Katholisches Klinikum Ruhrgebiet Nord GmbH (KKRN), Marl, Deutschland

² Interdisziplinäre Intensivmedizin, DRK-Krankenhaus Kirchen, Kirchen, Deutschland

Wissenschaftliche Leitung
Eckart Fleck, Berlin



Zusammenfassung

Die Lungensonographie (LUS) hat sich in den letzten Jahren als evidenzbasierte Untersuchungsmethode auch in der kardiologischen Intensiv- und Notfallmedizin etabliert, ihr Beherrschen wird in einem Positionspapier von der DGIIN (Deutsche Gesellschaft für Internistische Intensivmedizin und Notfallmedizin), DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin) und DGK (Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e. V.) vorausgesetzt. Im Gegensatz zur konventionellen Sonographie beruht LUS primär auf einer Artefaktanalyse, eine morphologisch-anatomisch korrekte Organdarstellung ist nur bei der pathologisch veränderten konsolidierten Lunge möglich. Als schnell anwendbare Technik bietet sie sich in der Point-of-care-Diagnostik beim Leitsymptom Dyspnoe an. Die Korrelation von LUS-Befunden mit dem pulmonalen Flüssigkeitsgehalt und dem pulmonalkapillären Verschlussdruck erlaubt eine zeitnahe nichtinvasive Abschätzung und damit die Erhebung oft therapieentscheidender Befunde für die Behandlung kritisch kranker Patienten. Trotz einer Vielzahl beschriebener Methoden, eine pulmonale Überwässerung mittels LUS zu quantifizieren, besteht aktuell kein Konsens über die geeignetste Methode und daher auch keine Standardisierung.

Schlüsselwörter

Artefakte · B-Linie · Lungenödem · Dyspnoe · Pneumothorax

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt

Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
(kostenfrei in Deutschland)
E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen

zur Teilnahme und Zertifizierung finden Sie im CME-Fragebogen am Ende des Beitrags.

▶ Video online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s12181-023-00606-3>) enthält weitere Videos. Video 1: Systematik der LUS-Befunde in Anlehnung an D. Lichtenstein. Video 2: Beidseitige B-Linien-Zunahme bei Lungenödem.

Ein 75-jähriger Patient ohne relevante Vorerkrankungen stellt sich mit seit 5 h bestehender Dyspnoe in der Notaufnahme vor. Auskultatorisch besteht eine bronchiale Obstruktion, der nichtinvasiv gemessene Blutdruck (RR) beträgt 185/93 mm Hg, die Herzfrequenz 112/min und eine periphere O₂-Sättigung 88%. Bei Verdacht auf eine obstruktive Ventilationsstörung erfolgen eine Inhalationstherapie mit einem Beta-Sympathomimetikum und die i.v.-Gabe von 50 mg Prednisolon. Bei nach 45 min ausbleibender klinischer Besserung wird auf der Intensivstation eine Lungensonographie in halbsitzender Position durchgeführt, die den Befund einer beidseits diffusen B-Linien-Häufung als Zeichen eines kardialen Lungenödems zeigt, das radiologisch bestätigt wird. Nach 2-maliger Gabe von 40 mg Furosemid und Glyceroltrinitrat i.v. als Perfusor (33 µg/min) kann innerhalb von 2,5 h eine Negativbilanz von 1,5 l und eine deutliche klinische Besserung mit Anstieg der peripheren O₂-Sättigung auf 97% und Abfall des RR auf 136/79 mm Hg erzielt werden. Die erneute Lungensonographie zeigt lediglich basal vermehrte B-Linien (> 2 B-Linien/ICR), an der ventralen Thoraxwand findet sich jetzt ein unauffälliger Befund.

Lernziele

Nach der Lektüre dieses Beitrags ...

- kennen Sie die konzeptionelle Besonderheit der Lungensonographie,
- können Sie den Stellenwert der Lungensonographie als Point-of-care-Diagnostikum in der Akut- und Notfallmedizin beschreiben,
- sind Ihnen die für die Diagnostik relevanten Artefakte bekannt,
- sind Sie in der Lage, den Nutzen der Lungensonographie bei Herzinsuffizienz zu benennen,
- wissen Sie um die Grenzen der Methode.

Einleitung

Die Lungensonographie (LUS) stellt eine wertvolle Untersuchungsmethode mit Schwerpunkt in der **Intensiv- und Notfallmedizin** dar. Dabei wurde die Sonographie der Lunge wegen des Luftgehaltes des Zielorgans lange als nicht hilfreich zur Beurteilung des Lungenparenchyms bewertet. Im Jahr 2012 hat jedoch eine internationale Expertenkommission die Evidenz für den klinischen Nutzen der Methode zusammengetragen [1]. Die hier vorliegende zweiteilige Übersichtsarbeit soll die Möglichkeiten der Methode schwerpunktmäßig für die kardiologische Intensiv- und Notfallmedizin darstellen und eine Einführung in die praktische Anwendung geben.

Trotz der heute unstrittigen Evidenz ist LUS in vielen Kliniken immer noch unterrepräsentiert. In einer Umfrage der Deutschen Gesellschaft für Internistische Intensiv- und Notfallmedizin (DGIIN) 2019 wurde nur bei 7,1% der Intensivpatienten sowie bei 8,1% der Patienten einer zentralen Notaufnahme eine kombinierte Herz-/Lungensonographie durchgeführt [2]. Dazu steht im Kontrast, dass LUS als „**fokussierte Thoraxsonographie**“ in einem Positionspapier zur Ultraschallausbildung der DGIIN, DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin) und DGK (Deutsche

Lung ultrasound in cardiological intensive care and emergency medicine (part 1). Introduction, principles, indications and importance in heart failure

In recent years lung ultrasound (LUS) has established itself as an evidence-based examination method in cardiological intensive care and emergency medicine; its mastery is given as a prerequisite in a position paper by the DGIIN, DEGUM and DGK. In contrast to conventional sonography, LUS is primarily based on the assessment of specific artefacts, a morphologically and anatomically correct organ visualization is only possible in the case of pathologically altered consolidated lungs. As a rapidly applicable point of care diagnostic technique, LUS is well-suited for the leading symptom dyspnea. The correlation of LUS findings with the pulmonary fluid content and pulmonary capillary wedge pressure allows for a timely non-invasive estimate and thus the collection of often therapy-determining findings for the treatment of critically ill patients. Despite a multitude of described methods to quantify pulmonary fluid overload using LUS, there is currently no consensus on the most suitable method and therefore no standardization.

Keywords

Artefacts · B-line · Pulmonary edema · Dyspnea · Pneumothorax

Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e. V.) explizit genannt und vorausgesetzt wird [3].

Die **COVID-19-Pandemie** führte zu einer zunehmenden Verbreitung und Akzeptanz der LUS und wurde unter Hygieneaspekten von Fachgesellschaften empfohlen [4].

Diese Übersicht soll neben den klassischen intensiv- und notfallmedizinisch relevanten Aspekten (z. B. unklare Dyspnoe) insbesondere kardiologische Gesichtspunkte berücksichtigen.

Teil 1 beinhaltet neben einer Einführung die Darstellung der grundlegenden LUS-Artefakte, die Indikationen und die Diskussion der Anwendung bei Herzinsuffizienz.

In Teil 2 werden der Stellenwert der LUS in der Diagnostik des Pneumothorax, von Belüftungsstörungen unterschiedlicher Genese und die Implementierung in einen Diagnosealgorithmus bei unklarer Dyspnoe (BLUE-Protokoll) diskutiert.

Warum Lungensonographie?

Als direkt am Patienten verfügbare und vergleichsweise einfach zu erlernende Technik mit **steiler Lernkurve** ist LUS bei vielen klinischen Fragestellungen schneller verfügbar als jede radiologische Methode. Im **BLUE-Protokoll** nach Lichtenstein konnte bei Patienten mit unklarer Dyspnoe in mehr als 90% innerhalb von 3 min mittels LUS die korrekte Diagnose gestellt werden [5]. Der Nachweis eines Lungenödems oder der Ausschluss eines Pneumothorax ist auch nach eigenen Erfahrungen in weniger als 3 min möglich. Als klinisch häufig anzutreffendes Szenario ist die Differenzierung einer obstruktiven Ventilationsstörung von einem kardial bedingten Lungenödem zu nennen (s. Fallbeispiel), da bei beiden Krankheitsbildern oft der Auskultationsbefund einer bronchialen Obstruktion besteht. Bei Patienten mit unklarer Dyspnoe konnte für LUS ein signifikanter **Zeitvorteil** bis zur Diagnosestellung (24 vs. 186 min) gegenüber der „konventionellen“ Abklärung ohne LUS gezeigt werden [6]. Dies bestätigt die persönlichen Erfahrungen

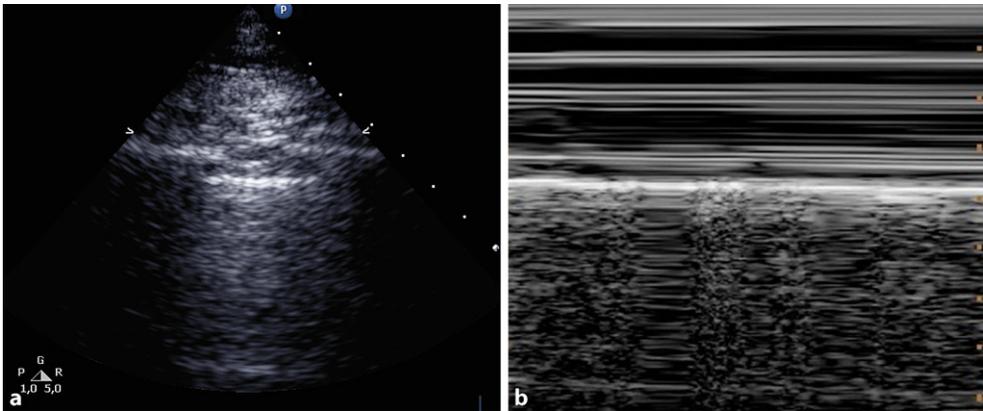


Abb. 1 ◀ Normalbefund: a im B-Bild Fledermauszeichen („bat sign“), b im M-Mode „seashore sign“. (Aus [13]; mit freundl. Genehmigung © Börm Bruckmeier Verlag GmbH 2020. All Rights Reserved)

gen der Autoren umfassend und begründet in den betreffenden Kliniken die fixe Integration der LUS in die Diagnostik bei Patienten mit unklarer Dyspnoe oder im Rahmen der Beurteilung von Intensivpatienten.

Für LUS spricht zudem die gegenüber der Röntgenaufnahme des Thorax nachgewiesene Überlegenheit bei Verdacht auf Pneumothorax oder pulmonale Überwässerung [7, 8].

Durch LUS kann die Anzahl von konventionellen Röntgenaufnahmen wie auch von CT(Computertomographie)-Aufnahmen bei Intensivpatienten signifikant reduziert werden [9, 10]. Hierbei ist LUS als ergänzende Methode zu den radiologischen Verfahren anzusehen.

► Merke

LUS ist evidenzbasiert und erlaubt beim Notfallpatienten mit unklarer Dyspnoe eine signifikant schnellere Diagnosestellung. Für verschiedene Krankheitsbilder besteht eine Überlegenheit der LUS gegenüber der Röntgenaufnahme des Thorax im Liegen.

Konzept der Lungensonographie

LUS unterscheidet sich konzeptionell von anderen sonographischen Methoden: Im Gegensatz zur „konventionellen“ Sonographie parenchymatöser Organe oder der Echokardiographie, in der eine weitgehend exakte morphologische Organdarstellung erfolgt, basiert LUS vorwiegend auf einer **Artefaktanalyse**. Trotz der meist fehlenden Darstellung des Lungengewebes lassen sich aus dem Nachweis oder auch der Abwesenheit spezieller Artefakte diagnostische und damit oft therapieentscheidende Erkenntnisse gewinnen.

► Merke

Die Sonographie der gesunden und damit lufthaltigen Lunge ist Artefaktsonographie.

Ausgangsbefund: Fledermauszeichen („bat sign“)

Die Untersuchung beginnt mit der Darstellung des sog. Fledermauszeichens („bat sign“) [11]. Hierbei wird durch Aufsetzen des Schallkopfes in Längsausrichtung mindestens ein **Interkostalraum** (ICR) mit den begrenzenden Rippen und deren Schallschatten

dargestellt (bei Verwendung des Konvexschallkopfes in der Regel mehrere ICR). Der echogene horizontale Reflex im ICR unmittelbar unterhalb der Rippen wird durch die Pleurablätter in Verbindung mit der unmittelbar unterhalb der Pleura befindlichen alveolären Luft gebildet. Die atemabhängige Bewegung der Pleurablätter wird als **Lungengleiten**, dessen Darstellung im M-Mode als sog. „**seashore sign**“ bezeichnet (Abb. 1). Diese Befunde schließen am Untersuchungspunkt einen Pneumothorax aus [12]. Aufgrund des hohen Impedanzunterschiedes zwischen Gewebe und Luft kommt es an der pleuranahen Lunge zur kompletten Reflexion der Ultraschallwellen. Alle tiefer dargestellten Echos entsprechen daher lediglich physikalischen Artefakten. Typischerweise spiegelt sich die Pleuralinie in doppeltem und ggf. mehrfachem Abstand der Distanz Schallkopf-Pleuralinie. Diese horizontal verlaufenden echogenen Reverberationsartefakte werden als **A-Linien** bezeichnet. Sie sind physiologisch, können aber bei erhöhtem thorakalem Luftgehalt (z.B. Pneumothorax, Emphysem) auch vermehrt auftreten [5].

► Merke

Ausgangsbefund jeder LUS sollte die Darstellung des Fledermauszeichens („bat sign“) sein.

Lungensonographie – eine Frage der Luft-Flüssigkeits-Relation

Das Auftreten lungensonographischer Befunde ist vom intrapulmonalen Luft-Flüssigkeits-Verhältnis abhängig, was mit der an Lichtenstein [14, S. 47–48] angelehnten modellhaften Darstellung veranschaulicht werden kann (Abb. 2, Video 1).

Dieses ist bei unterschiedlichen pathologischen Prozessen zu meist zugunsten eines vermehrten interstitiellen und ggf. auch alveolären Flüssigkeitsgehaltes verändert (**interstitielles Syndrom** [IS]). Sonographisches Korrelat sind vermehrte vertikale von der Pleura ausgehende **Kometenschweifartefakte**, die im Kontext des IS als **B-Linien** bezeichnet werden (Abb. 2, Mitte). Während physiologischerseits bei Darstellung des Fledermauszeichens maximal 2 B-Linien/ICR darstellbar sind, ist eine pathologische Flüssigkeitsansammlung mit mehr 2 B-Linien/ICR assoziiert. Der Grad der Flüssigkeitseinlagerung korreliert mit der B-Linie-Anzahl, beim fortgeschrittenen Lungenödem können diese konfluieren mit dem

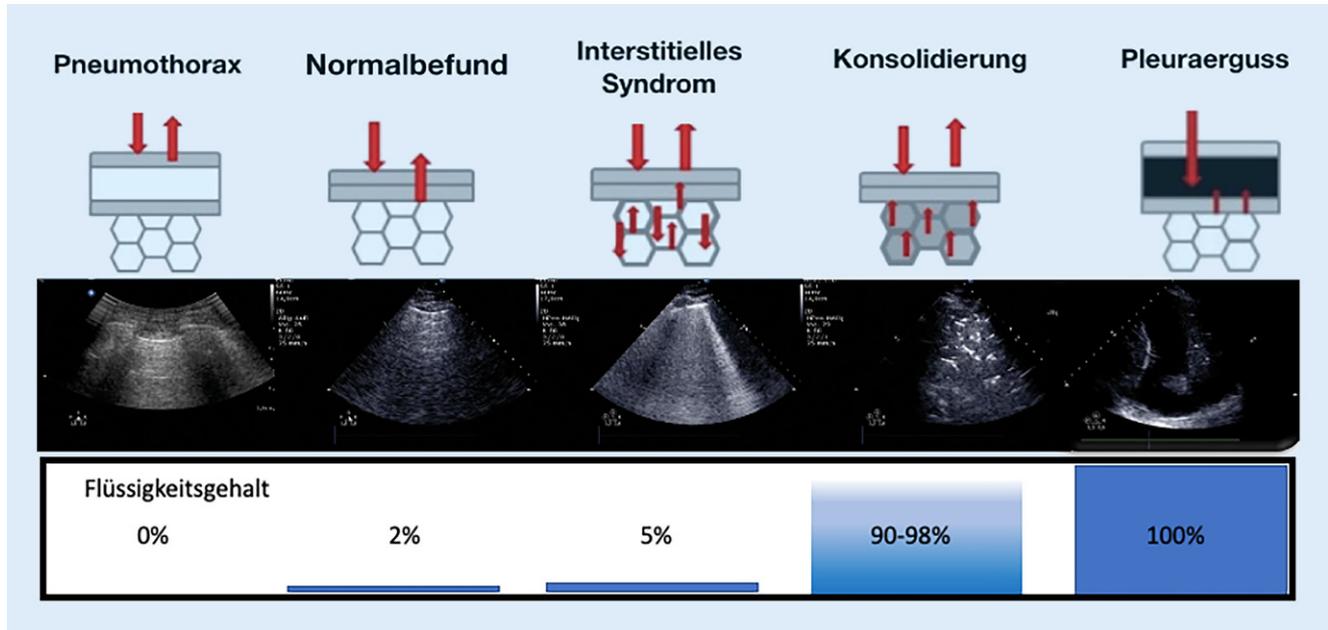


Abb. 2 ▲ Modellhafte Systematik der LUS(Lungensonographie)-Befunde in Anlehnung an D. Lichtenstein

Aspekt einer „weißen“ Lunge. Vermehrt auftretende B-Linien können A-Linien auslöschen.

Eine **Häufung von Kometschweifartefakten bzw. B-Linien** ist primär unspezifisch und kann bei unterschiedlichen pathologischen Prozessen auftreten, global und diffus bei z. B. kardial oder renal bedingter Überwässerung, lokal z. B. bei Pneumonie oder Lungenkontusion. Zur Diagnosestellung sind daher neben dem Verteilungsmuster der B-Linien-Häufung weitere sonographische Befunde (z. B. Pleurairregularitäten, Konsolidierungen), der klinische Kontext und die Anamnese erforderlich.

Unlängst wurde durch ein Expertengremium eine terminologische Differenzierung von B-Linien bei Lungenödem mit zumeist unauffälliger glatter Pleuralinie im Gegensatz zu „**comet tail artifacts**“ (CTA) mit den Begleitbefunden einer irregulären Pleuralinie und ggf. Konsolidierungen z. B. bei Pneumonie oder parenchymatösen Lungenerkrankungen (z. B. Lungenfibrose) empfohlen [15]. Auch wenn sich diese neue terminologische Differenzierung bisher noch nicht durchgesetzt hat, sollte die Berücksichtigung von Anamnese, klinischem Bild und den genannten Begleitbefunden eine Fehlinterpretation vermeiden. Bei zunehmender Multimorbidität ist ein kardial bedingtes interstitielles Syndrom bei begleitender Lungenparenchymerkrankung verschiedenster Ursache möglich. In diesem Fall kann ein in der sonographischen Verlaufskontrolle nachweisbarer B-Linien-Rückgang unter z. B. Nitro- und/oder Diuretikagabe retrospektiv die Diagnose einer kardial bedingten Lungenstauung bestätigen.

► Cave

Die korrekte Interpretation lungensonographischer Befunde ist nur unter Berücksichtigung des klinischen Bildes und der Anamnese möglich!

Als **Konsolidierungen** werden Lungenareale mit nur noch geringem bis fehlendem Luftgehalt bezeichnet (Abb. 2, halb-rechts).

Sonographisch imponiert der Aspekt eines parenchymatösen Organes („leberähnlich“). Die Artefaktanalyse tritt in den Hintergrund, die sonographische Darstellung ist „anatomisch korrekt“. Häufigste Ursachen sind Atelektasen und Pneumonien, die in Teil 2 abgehandelt werden.

Während beim **Pleuraerguss** ein 100%iger Flüssigkeitsgehalt besteht (Abb. 2, rechts) findet sich am anderen Ende des Spektrums dieser modellhaften Darstellung der Zustand eines maximalen intrathorakalen Luftgehaltes: der **Pneumothorax** (Abb. 2, links). Hierbei kommt es zur 100% Reflexion der Ultraschallwellen an der Grenze Thoraxwand/intrapleurale Luft. Im Gegensatz zum Normalbefund oder auch zum IS fehlt beim Pneumothorax die abgrenzbare Bewegung der Pleurablätter (Lungengleiten), da die Ultraschallwellen die Pleura visceralis nicht mehr erreichen können. Fehlendes Lungengleiten ist immer verdächtig auf einen Pneumothorax, beweist diesen aber nicht (s. Teil 2).

► Merke

Das Auftreten bzw. die Abwesenheit der typischen Artefakte der LUS ist abhängig von den physikalischen Eigenschaften des Lungengewebes, die sich u. a. aus dem intrapulmonalen Luft-Flüssigkeits-Verhältnis ergeben.

Indikationen zur Lungensonographie

Indikationen sind:

- Abklärung der akuten Dyspnoe im Sinne einer Point-of-care-Diagnostik (s. BLUE-Protokoll, Teil 2),
- Verlaufskontrolle bei Lungenödem, Pneumonie, Atelektase, Pneumothorax oder Pleuraerguss,
- Pneumothoraxausschluss nach ZVK(Zentralvenenkatheter)-Anlage oder Pleurapunktion,

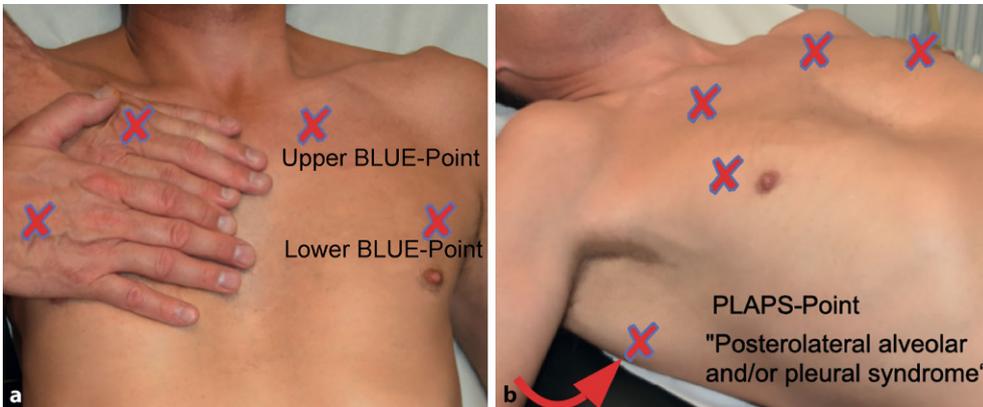


Abb. 3 ▲ Untersuchungspunkte nach dem BLUE-Protokoll: „upper“ und „lower“ BLUE-Points, PLAPS-Points nach Lichtenstein. **a** Lokalisation der BLUE-Points: Parallele Auflage der Hände unter Aussparung der Daumen an die Clavicula. Der „upper BLUE-Point“ liegt an der Wurzel zwischen Mittel- und Ringfinger der oberen Hand, der „lower BLUE-Point“ in der Mitte der Handfläche der unteren Hand. **b** Der „PLAPS-Point“ findet sich in der hinteren Axillarlinie auf Höhe des „lower BLUE-Point“. (Aus [13]; mit freundl. Genehmigung © Börm Bruckmeier Verlag GmbH 2020. All Rights Reserved)

- Abklärung des Weaning-Potenzials (Ausschluss einer pulmonalen Überwässerung, von Ergüssen, Konsolidierungen),
- Diagnostik bei Verdacht auf COVID-19-Pneumonie,
- Hinweis auf endobronchiale Tubusfehlage bei asymmetrischem Lungengleiten,
- primäre sonographische Diagnostik bei pulmonaler Symptomatik zur Vermeidung einer Strahlenexposition bei Kindern oder Schwangeren.

Bewährt hat sich die Integration der LUS (ggf. in Kombination mit einer Sonographie der V. cava inferior) in die tägliche intensivmedizinische Visite zur Festlegung u. a. des täglichen Bilanzzieles bei Patienten mit Herzinsuffizienz und/oder Nierenersatztherapie.

Untersuchungsablauf

Im Kontext der Akut- und Notfallmedizin ist die Untersuchung nach dem BLUE-Protokoll nach Lichtenstein mit lediglich 6 definierten

Untersuchungspunkten bei Untersuchung in **Rückenlage** beschrieben [5]. Die 4 anterioren Untersuchungspunkte werden als **BLUE-Points**, die posterolateralen Untersuchungspunkte als **PLAPS-Points** („posterolateral and/or pleural syndrome“) definiert (**Abb. 3**). Die Beurteilung dieser definierten Untersuchungspunkte – idealerweise im direkten Seitenvergleich – gelingt in der Regel in wenigen Minuten. Je nach klinischem Bild oder erhobenen Befunden (z. B. fokale B-Linien-Zunahme) sind weitere Untersuchungspunkte möglich bzw. erforderlich. Den BLUE-Points vergleichbare anteriore Untersuchungspunkte für die Diagnostik bei herzinsuffizienten Patienten sind beschrieben [16].

Im Gegensatz dazu schlug die Konsensuskonferenz keine fixen Untersuchungspunkte, sondern eine **Quadranteneinteilung** (**Abb. 4**) zur Beschreibung pathologischer Prozesse vor [1]. Weitere z. T. krankheitsspezifische Untersuchungsprotokolle wie das DEGUM-Protokoll für COVID-19 oder das komplexe Untersuchungsprotokoll nach Jambrik sind publiziert, sollen aber hier unberücksichtigt bleiben [17, 18].

Technische Aspekte

LUS lässt sich auch mit **älteren Ultraschalleinheiten** zumeist problemlos durchführen. **Moderne Ultraschallgeräte** mit Algorithmen zur Optimierung des B-Bildes (z. B. „harmonic imaging“) sind unnötig und aufgrund der Artefaktunterdrückung bei der B-Linien-Diagnostik sogar kontraproduktiv. Dagegen können Konsolidierungen und Ergüsse mit diesen Algorithmen besser dargestellt werden. Sinnvoll ist daher ein unkompliziertes An- und Abschalten dieser Algorithmen während der Untersuchung. Vereinzelt wurde dies schon in für LUS optimierten Voreinstellungen (sog. Presets) durch die Industrie integriert.

LUS kann mit allen **gängigen Schallköpfen** durchgeführt werden, für den Einsatz im Notfallszenario haben sich der niederfrequente Sektorschallkopf und die Konvexsonde am besten bewährt. Ein höherfrequenter Linearschallkopf kann bei speziellen Fragestellungen wie unsicherem Nachweis von Lungengleiten oder

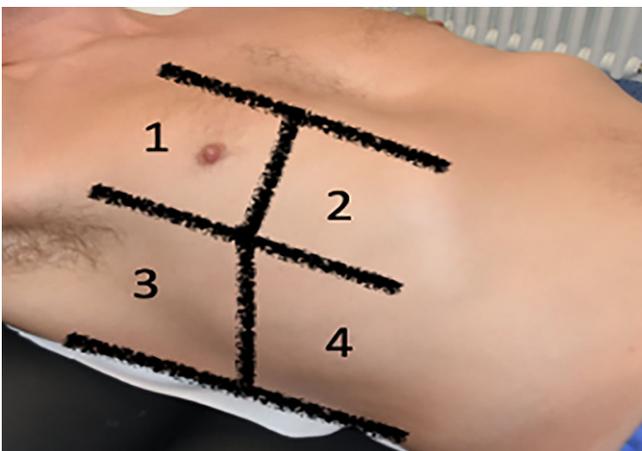


Abb. 4 ▲ Quadranteneinteilung nach der ICC 2012 (ICC-LUS: International Consensus Conference on Lung Ultrasound)

Tab. 1 Schallkopfwahl und Gerätegrundeinstellungen für die Lungensonographie (LUS)	
Schallkopfwahl	
Unklare Dyspnoe (BLUE-Protokoll)	Konvexschallkopf (herstellerabhängig z. B. 1–5 MHz) Sektorschallkopf (herstellerabhängig z. B. 1–5 MHz)
Erguss und Konsolidierung	Konvexschallkopf (herstellerabhängig z. B. 1–5 MHz)
Pleurapathologie (Verdacht auf Pneumothorax)	Linearschallkopf (herstellerabhängig z. B. 3–12 MHz)
Geräteeinstellung	
LUS-Voreinstellung vorhanden	Wahl einer herstellerabhängigen LUS-Voreinstellung, ggf. differenziert nach „Lunge“ oder „Konsolidierung/Erguss“ je nach klinischer Fragestellung
Keine LUS-Voreinstellung vorhanden	Die herstellereigenen Algorithmen (z. B. „harmonic imaging“, „compound imaging“ etc.) zur Artefaktunterdrückung sollten manuell – zur B-Linien-Diagnostik deaktiviert , – zur Beurteilung von Konsolidierungen und Ergüssen aktiviert werden (alternativ: Wahl der „Abdomen“-Voreinstellung)
Eindringtiefe	
Unklare Dyspnoe (BLUE-Protokoll) mit Konvex- oder Sektorschallkopf	8–15 cm
Laterale Thoraxwand mit Konvex- oder Sektorschallkopf	8–15 cm
Verdacht auf Pneumothorax parasternal	4–5 cm
Fokus	Auf Höhe der Pleuralinie bzw. Erguss oder Konsolidierung

zur Beurteilung der COVID-19-Pneumonie erforderlich sein [19]. Für die B-Linien-Diagnostik ist der letztgenannte Schallkopf weniger geeignet [20]. Eine Übersicht über die **indikationsabhängige Schallkopfwahl** und die **Gerätegrundeinstellung** gibt die **Tab. 1**.

Nicht nur aus forensischen Gründen, sondern auch zur Dokumentation einer klinisch relevanten Verlaufskontrolle pathologischer Befunde ist eine **adäquate Dokumentation** erforderlich. Diese sollte digital und je nach Befund als **Standbild** (z. B. Konsolidierung, interstitielles Syndrom) oder bei dynamischen Befunden (z. B. Lungengleiten, dynamisches Airbronchogramm) als **Filmschleife** erfolgen. Die Dokumentation des dynamischen Lungengleitens zum Ausschluss eines Pneumothorax im M-Mode (= „seashore sign“) erfolgt klassischerweise als Standbild. Die Lokalisationsangabe pathologischer Befunde ist an definierten Untersuchungspunkten wie im BLUE-Protokoll oder auch im kostophrenischen Winkel eindeutig möglich und zwingend erforderlich. Da aber im Gegensatz zur Echokardiographie oder Abdomensonographie bei der LUS bis auf wenige Ausnahmen (z. B. kostophrenischer Winkel) eindeutige anatomische Strukturen, die eine Lokalisationszuordnung zulassen, fehlen, sollten pathologische Befunde entweder mit dem Body-Marker auf der Bild-/Film-Dokumentation oder deskriptiv (Angabe des ICR und/oder einer anatomisch definierten Orientierungslinie wie der Medioclavicularlinie) im schriftlichen Befund erfolgen. Herstellerspezifische LUS-Programme lassen die Speicherung von Standbildern oder Filmsequenzen mit einer eindeutigen Quadrantenzuordnung zu.

Lungensonographie bei Herzinsuffizienz

Verschiedene Autoren beschreiben eine Korrelation von radiologisch und invasiv erhobenen Befunden bei Herzinsuffizienz mit einer sonographischen Häufung von B-Linien. Hierzu zählen u. a. das durch transpulmonale Thermodilution gemessene **extravasculäre Lungenwasser** oder der mittels Pulmonalkatheter ermittelte **pulmonalkapilläre Verschlussdruck** („pulmonary capillary

wedge pressure“ [PCWP]) [16, 18, 21, 22]. Ferner korrelieren der NT-proBNP-Spiegel, die funktionelle NYHA (New York Heart Association)-Klasse, das Stadium der diastolischen Dysfunktion sowie die Einschränkung der Ejektionsfraktion mit dem Nachweis einer B-Linien-Zunahme [23].

Als morphologisches Korrelat für die Entstehung der B-Linien wird eine **Flüssigkeitseinlagerung** angenommen, die zunächst in subpleurale interlobuläre Septen, später auch alveolär erfolgt. Hierbei kann eine pathologische Anzahl von B-Linien schon vor Auftreten klinischer Symptome nachgewiesen werden [7, 21, 22].

Das Fehlen von multiplen B-Linien an den BLUE-Points (< 3 B-Linien/ICR) zeigt nach Lichtenstein für einen PCWP < 14 mm Hg u. a. eine Spezifität von 90 % und einen positiven prädiktiven Vorhersagewert von 91 % an [22]. Damit kann bei fehlendem Nachweis vermehrter B-Linien am ventralen Thorax eine relevante kardial bedingte pulmonale Überwässerung weitgehend ausgeschlossen werden.

Im praktischen Alltag erlaubt dieser zeitnah zu erhebende Befund bei hämodynamisch instabilen Patienten eine **sichere Volumengabe** entsprechend dem FALLS-Protokoll. Hierbei erfolgt bei unklarem Kreislaufchock eine intravenöse Volumengabe, solange ein unauffälliger LUS-Befund eine pulmonale Überwässerung ausschließt [24].

Bei wegen akuter Herzinsuffizienz hospitalisierten Patienten kann mittels LUS vor der Entlassung (5 bis 28 Untersuchungspunkte) die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Herzinsuffizienz-bedingter Krankenhausaufnahmen und Todesfälle abgeschätzt werden [25].

► Merke

Eine pulmonale Überwässerung lässt sich sonographisch sensitiver nachweisen als mittels Röntgenaufnahme des Thorax.

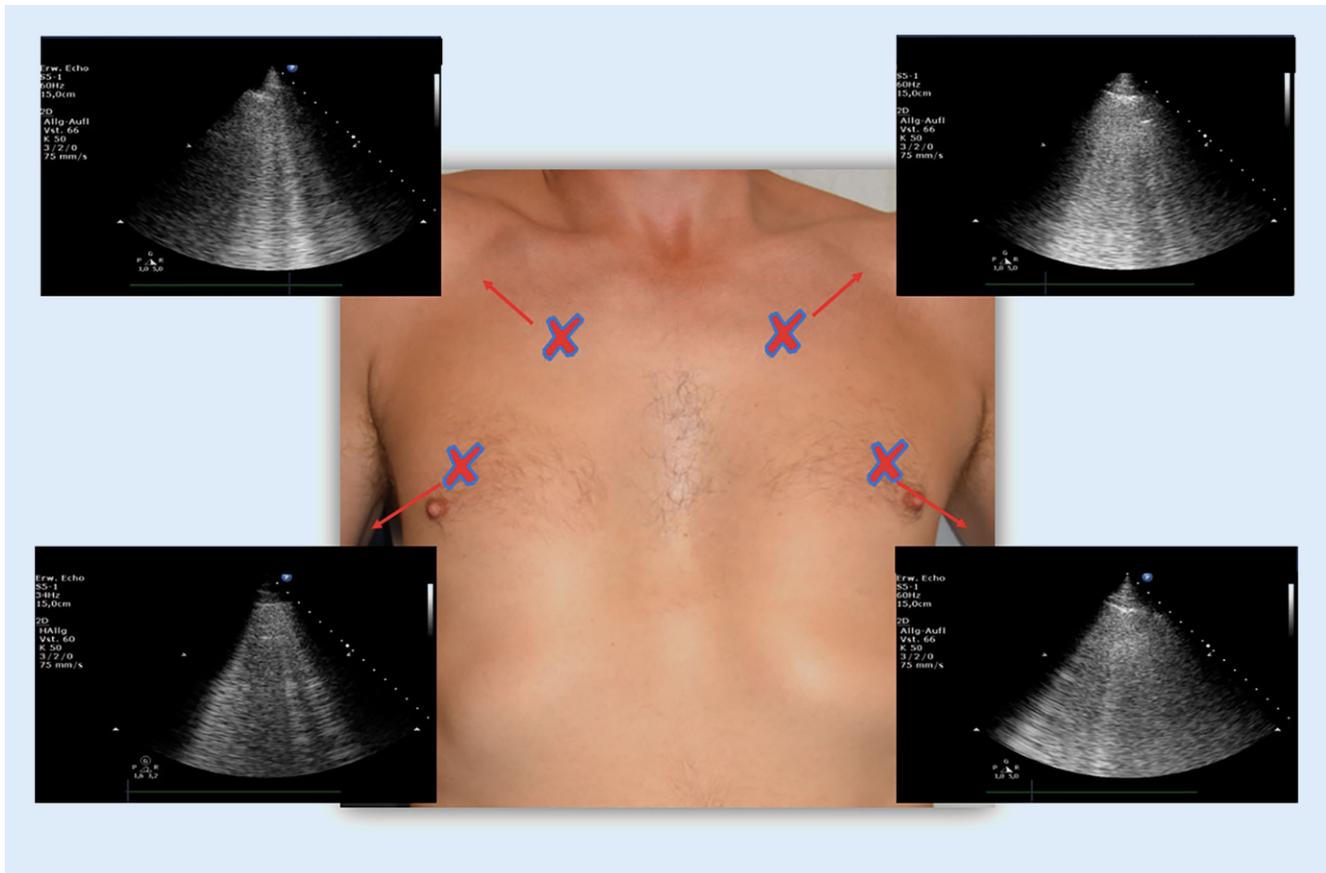


Abb. 5 ▲ Beidseits B-Linien-Häufung bei Lungenödem (B-Profil) an den BLUE-Points (Video 2). (Aus [13]; mit freundl. Genehmigung © Börm Bruckmeier Verlag GmbH 2020. All Rights Reserved)

Lungenödem – ein diffuses interstitielles Syndrom

Der typische Befund eines kardial bedingten Lungenödems als häufigste Ursache eines (diffusen) IS ist ein bilateral gehäuftes (>2/ICR) Auftreten von B-Linien (**Abb. 5** und Video 2).

Da der pulmonale Flüssigkeitsgehalt mit der Zahl an B-Linien korreliert, ist eine für den klinischen Alltag praktikable **Semi-quantifizierung** z.B. zur Therapiekontrolle naheliegend. Hierzu sind verschiedene Methoden publiziert [14, S. 88–89, 16, 18, 26]. Zu berücksichtigen ist, dass entsprechend dem nach basal (beim liegenden Patienten dorsal) zunehmenden hydrostatischen Druck B-Linien dort häufiger bzw. früher auftreten als in ventrokranialen Bereichen. Zudem generieren basale Mikroatektasen z. B. bei beatmeten Patienten regelhaft B-Linien, wodurch die Spezifität einer basalen B-Linien-Häufung gering ist.

Die Konsensuskonferenz definierte u. a. relativ niederschwellig ein IS bei mindestens 2 positiven Quadranten pro Hemithorax mit jeweils mehr als 2 B-Linien/ICR, was jedoch eine Dokumentation des Therapieverlaufs erschwert, u. a. auch weil keine eindeutigen Untersuchungspunkte definiert wurden [1]. Andere Autoren empfahlen summarische bzw. rechnerische Scores oder eine prozentuale Abschätzung zur B-Linien-Quantifizierung [16, 18, 26]. Hierbei unterscheiden sich sowohl die Anzahl der zu untersuchenden Untersuchungspunkte mit 4 bis 28 ebenso wie die Art der

Quantifizierung jedoch erheblich. Lichtenstein schlug eine Semi-quantifizierung in 3 Schweregrade anhand der B-Linien-Zahl an den definierten BLUE-Points vor (3 bis 5 B-Linien/ICR; 6 bis 8 B-Linien/ICR; > 8 B-Linien/ICR; [14, S. 88–89]). Die hierbei ausschließliche Berücksichtigung der anterioren Thoraxwand an den BLUE-Points wurde zwar hinsichtlich einer eingeschränkten Sensitivität kritisiert, für die Anwendung bei kritisch kranken Patienten aber als ausreichend akzeptiert [26].

Ein einheitlicher Konsens und eine offizielle Empfehlung zur Quantifizierung bestehen aktuell nicht, dies wäre jedoch auch unter wissenschaftlichen Aspekten sinnvoll und wünschenswert [27].

Für die **sonographische Verlaufskontrolle** chronisch herzinsuffizienter Patienten sind komplexe und damit zeitaufwendigere Protokolle publiziert und evaluiert [25, 28].

► Merke

Die Semiquantifizierung einer pulmonalen Überwässerung ist für den klinischen Alltag zur Verlaufskontrolle unter Therapie wünschenswert. Es besteht jedoch kein Konsens über die am besten geeignete unter den sehr unterschiedlich beschriebenen Methoden.

Lungensonographie in der ambulanten Versorgung

Auch wenn LUS unter notfallmedizinischen Aspekten vorwiegend in der Notaufnahme oder bei bereits hospitalisierten Patienten durchgeführt wird, ist sie ebenso bei der Patientenversorgung in der Niederlassung sinnvoll und praktisch anwendbar, beispielhaft bei der Abklärung der Dyspnoe [29].

In der ambulanten Versorgung von Patienten mit **chronischer Herzinsuffizienz** zeigt LUS eine prognostische Bedeutung für den Tod und eine herzinsuffizienzbedingte Hospitalisierung sowohl nach 30 Tagen wie auch nach 32 Monaten. Hierbei korreliert die Anzahl der B-Linien in einem 8-Zonen-Protokoll mit einer erhöhten Mortalität [30, 31].

Die Inzidenz eines pathologischen B-Linien-Befundes ist abhängig von der Herzinsuffizienzgenese und bei HFrEF (Herzinsuffizienz mit reduzierter linksventrikulärer Funktion) mit 45,2% höher als bei HFpEF (Herzinsuffizienz mit erhaltener linksventrikulärer Funktion) mit 34,8% und am seltensten (13,5%) bei Patienten mit ausschließlicher hypertensiver Herzerkrankung [32].

LUS bietet die Möglichkeit nichtinvasiv noch vor Auftreten klinischer Symptome eine Anpassung der Medikation (z. B. Diuretikadosis) vorzunehmen. Zudem kann eine an LUS-Befunden adaptierte ambulante Herzinsuffizienztherapie die insuffizienzbedingte Hospitalisierungsrate, notfallmäßige ärztliche Vorstellungen und das NT-proBNP reduzieren sowie die Lebensqualität verbessern [28, 33].

Limitationen der Lungensonographie

Die B-Linien als wichtigste Artefakte der LUS und Marker des interstitiellen Syndroms sind unspezifisch und bei sehr unterschiedlichen Lungenveränderungen wie einer Infektion, Linksherzinsuffizienz, Lungenkontusion, aber auch chronisch interstitieller Lungenerkrankung pathologisch vermehrt. Insbesondere bei letztgenannter Krankheitsentität ist die Diagnose einer kardial bedingten Überwässerung nur mit Vorsicht und oft erst durch **sequenzielle Verlaufuntersuchungen** zu stellen. Die Interpretation darf immer nur unter Würdigung des klinischen Bildes, Berücksichtigung der Anamnese und Vorerkrankungen sowie weiterer u. U. sonographischer Befunde erfolgen.

Hinsichtlich des Nachweises einer **pulmonalen Kongestion** ist die Vielzahl an beschriebenen Methoden bezüglich einer Quantifizierung und die damit fehlende Standardisierung als aktuell noch bestehende Limitation anzusehen.

Als wesentliche Einschränkung der LUS ist die fehlende Darstellbarkeit pathologischer Prozesse zu nennen, die nicht die Lungenoberfläche bzw. die Pleura erreichen. Diesbezüglich sind weiterhin radiologische Verfahren wie die Computertomographie unverzichtbar.

Fazit für die Praxis

- Die Sonographie der lufthaltigen Lunge ist Artefaktsonographie.
- Das Auftreten LUS(Lungensonographie)-typischer Artefakte ist abhängig vom pulmonalen Luft-Flüssigkeits-Verhältnis.

- LUS ist evidenzbasiert und sollte nach der DGIIN (Deutsche Gesellschaft für Internistische Intensivmedizin und Notfallmedizin), DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin) und DGK (Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e. V.) Bestandteil der Ultraschallausbildung für die Intensiv- und Notfallmedizin sein.
- Als Point-of-care-Untersuchung kann LUS die Zeit bis zur Diagnosestellung und damit zur Therapieeinleitung signifikant reduzieren.
- LUS ist sowohl der Auskultation wie auch der Röntgenaufnahme des Thorax u. a. in der Diagnostik der pulmonalen Stauung überlegen und erlaubt damit u. a. bei akuter Linksherzinsuffizienz eine nichtinvasive Therapiesteuerung.
- Es besteht aktuell kein Konsens darüber, welche der publizierten Methoden zur Quantifizierung einer pulmonalen Überwässerung am besten geeignet ist.
- Auch in der ambulanten Diagnostik der akuten und chronischen Herzinsuffizienz ist LUS sinnvoll anwendbar und zeigt eine prognostische Bedeutung.

Korrespondenzadresse



Dr. U. Böck

Klinik für Innere Medizin, Fachbereich Kardiologie und internistische Intensivmedizin, Marien-Hospital Marl, Katholisches Klinikum Ruhrgebiet Nord GmbH (KKRN)
Hervester Str. 57, 45768 Marl, Deutschland
Dr.U.Boeck@kkrn.de



Dr. A. Seibel

Interdisziplinäre Intensivmedizin, DRK-Krankenhaus Kirchen
Bahnhofstr. 24, 57548 Kirchen, Deutschland
armin.seibel@drk-kh-kirchen.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. U. Böck: A. Finanzielle Interessen: Vortragshonorare von: AstraZeneca, Novartis, Boehringer Ingelheim; Reisekosten/Teilnehmergebühr: Abbott, Daiichi Sankyo, Medtronic. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Leitender Oberarzt der Klinik für Innere Medizin Fachbereich Kardiologie und internistische Intensivmedizin, Marien-Hospital Marl, Katholisches Klinikum Ruhrgebiet Nord GmbH | Mitgliedschaften: DEGUM, DGK. A. Seibel: A. Finanzielle Interessen: Reise- und Übernachtungskosten für Referententätigkeit während des Hauptstadtkongresses Anästhesie und Intensivmedizin 2022 in Berlin von der Deutschen Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin (DGAI). – Schulungsreferent für die Firma M.E.S. Medical Education Service, Wilnsdorf. – Ehefrau ist Geschäftsführerin und Besitzerin der Firma M.E.S. Medical Education Service. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Leitender Arzt für interdisziplinäre Intensivmedizin, DRK Krankenhaus Kirchen | DEGUM-Kursleiter Stufe III; Leiter des DEGUM-Arbeitskreises Notfallsonographie.

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, Melniker L, Gargani L, Noble VE, Via G, Dean A, Tsung JW, Soldati G, Copetti R, Bouhemad B, Reissig A, Agricola E, Rouby JJ, Arbelot C, Liteplo A, Sargsyan A, Silva F, Hoppmann R, Breikreutz R, Seibel A, Neri L, Storti E, Petrovic T (2012) Internationale evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 38:577–591. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4>
- Michels G, Hempel D, Pfister R, Janssens U (2019) Emergency ultrasound and echocardiography in patients with infarct-related cardiogenic shock. A survey among members of the German society of medical intensive care and emergency medicine. *Med Klin Intensivmed Notfallmed* 114:434–438. <https://doi.org/10.1007/s00063-018-0431-0>
- Michels G, Zinke H, Möckel M, Hempel D, Busche C, Janssens U, Kluge S, Riessen R, Buerke M, Kelm M, von Bardeleben RS, Knebel F, Busch HJ (2017) Empfehlung zur Ultraschallausbildung in der internistischen Intensiv- und Notfallmedizin: Positionspapier der DGII, DEGUM und DGK. *Kardiologie* 11:285–290
- Kluge S, Janssens U, Welte T, Weber-Carstens S, Marx G, Karagiannis C (2020) Empfehlungen zur intensivmedizinischen Therapie von Patienten mit COVID-19. *Med Klin Intensivmed Notfallmed*. <https://doi.org/10.1007/s00063-020-00674-3>
- Lichtenstein DA, Meziere GA (2008) Relevance of Lung Ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE Protocol. *Chest* 134:117–125. <https://doi.org/10.1378/chest.07-2800>
- Zanobetti M, Scorpiniti M, Gigli C, Nazerian P, Vanni S, Innocenti F, Stefanone VT, Savinelli C, Coppa A, Bigiarini S, Caldi F, Tassinari I, Conti A, Grifoni S, Pini R (2017) Point-of care ultrasonography for evaluation of acute dyspnea in the ED. *Chest* 151:1295–1301. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.02.003>
- Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ (2004) Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 100:9–15. <https://doi.org/10.1097/0000542-200401000-00006>
- Blaivas M, Lyon M, Duggal S (2005) A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med* 12:844–849. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2005.05.005>
- Broggi E, Bignami E, Sidoti A, Shawar M, Gargani L, Vetrugno L, Volpicelli G, Forfori F (2017) Could the use of bedside lung ultrasound reduce the number of chest x-rays in the intensive care unit? *Cardiovasc Ultrasound* 15:23. <https://doi.org/10.1186/s12947-017-0113-8>
- Oks M, Cleven KL, Cardenas-Garcia J, Schaub JA, Koenig S, Cohen RI, Mayo PH, Narasimhan M (2014) The effect of point-of care ultrasonography on imaging studies in the medical ICU: a comparative study. *Chest* 146:1574–1577. <https://doi.org/10.1378/chest.14-0728>
- Lichtenstein DA (2014) Lung ultrasound in the critically ill. *Annals of Intensive Care* 4:1. <http://www.annalsofintensivecare.com/content/4/1/1>. Zugegriffen: 12. Feb. 2023
- Lichtenstein DA, Menu Y (1995) A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. *Chest* 108:1345–1348
- Böck U (2020) Lungensonografie pocketcard Set. Börm Bruckmeier. ISBN 978-3-89862-426-8.
- Lichtenstein D (2015) Lung ultrasound in the critically ill. Springer, Berlin, Heidelberg
- Mathis G, Horn R, Morf S, Prosch H, Rovida S, Soldati G, Hoffmann B, Blaivas M, Dietrich CF (2021) WFUMB position paper on reverberation artefacts in lung ultrasound: B-lines or comet-tails? *Med Ultrason* 23(1):70–73
- Enghard P, Rademacher S, Nee J, Hasper D, Engert U, Jörres A, Kruse JM (2015) Simplified lung ultrasound protocol shows excellent prediction of extravascular lung water in ventilated intensive care patients. *Crit Care* 19:36. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0756-5>
- https://www.degum.de/fileadmin/dokumente/service/Downloads/Poster_A4-Lungenultraschall-Protokoll_DEGUM_SGUM_OEGM_V3_06042020_Print_digital_NEU.pdf. Zugegriffen: 12. Feb. 2023
- Jambrik Z, Monti S, Copolla V, Agricola E, Motolla G, Miniati M, Picano E (2004) Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol* 93:1265–1270
- Seibel A, Heinz W, Greim S, Weber S (2021) Lungensonographie bei COVID-19. *Anaesthesist* 70:146–154. <https://doi.org/10.1007/s00101-020-00883-7>
- Tasci O, Hatipoglu ON, Cagli B, Ermis V (2016) Sonography of the chest using linear-array versus sector-transducers: Correlation with auscultation, chest radiography, and computed tomography. *J Clin Ultrasound* 44:383–389
- Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, Picano E (2005) “Ultrasound comet—tail images”: a marker of pulmonary edema. A comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest* 127:1690–1695
- Lichtenstein DA, Meziere GA, Lagoueyte J, Bidermann P, Goldstein I, Gpner A (2009) A-Line and B-Lines. Lung Ultrasound as a bedside tool for predicting pulmonary artery occlusion pressure in the critically ill. *Chest* 136:1014–1020. <https://doi.org/10.1378/chest.09-0001>
- Frassi F, Gargani L, Gligorova S, Ciampi Q, Mottola G, Picano E (2007) Clinical and echocardiographic determinants of ultrasound lung comets. *Eur J Echocard* 8:474–479
- Lichtenstein D (2013) FALLS-protocol: lung ultrasound in hemodynamic assessment of shock. *Heart Lung Vessel* 5(3):142–147
- Platz E, Merz AA, Jhund PS, Vazir A, Campbell R, McMurray JJ (2017) Dynamic changes and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a systematic review. *Eur J Heart Fail* 19:1154–1163
- Volpicelli G, Gargani L (2016) Interstitielles Syndrom. In: Mathis G (Hrsg) *Bildatlas der Lungensonographie*, 6. Aufl. Springer, Berlin, S 53–59
- Platz E, Jhund PS, Gierd N, Pivetta E, McMurray JJ, Peacock WF, Masip J, Martin-Sanchez FJ, Miro O, Price S, Cullen L, Maisel AS, Vrints C, Cowie MR, DiSomma S, Bueno H, Mebazaa A, Gualandro D, Tavares M, Metra M, Coats A, Ruschitzka F, Seferovic PM, Mueller C (2019) Expert consensus document: Reporting checklist for quantification of pulmonary congestion by lung ultrasound sound in heart failure. *Eur J Heart Fail* 2:844–851
- Marini C, Fragasso G, Italia L, Sisakian H, Tufaro V, Ingallina G, Stella S, Ancona F, Loiacono F, Innelli P, Constantino MF, Sahakyan L, Gabrielyan S, Avertisyan M, Margonato A, Agricola E (2019) Lung ultrasound-guided therapy reduces acute decompensation events in chronic heart failure. *Heart* 106:1934–1939
- Rüttermann V (2020) Thoraxsonographie – eine wertvolle Ergänzung der Basisdiagnostik in der zeitnahen ambulanten Abklärung von Husten und Luftnot. *Internist* 61:13–20
- Domingo M, Lupon J, Gierd N, Conangla L, de Antonio M, Moliner P, Santiago-Vacas E, Codina P, Cediell G, Spitaleri G, Gonzales B, Diaz V, Rivas C, Velayos P, Nunez J, Bayes-Genis A (2021) Lung ultrasound in outpatients with heart failure; the wet-to-dry HF study. *ESC Heart Fail* 9:4506–4516
- Domingo M, Conangla L, Lupon J, de Antonio M, Moliner P, Santiago-Vacas E, Codina P, Zamora E, Cediell G, Gonzales B, Diaz V, Rivas C, Velayos P, Santemas J, Pulido A, Crespo E, Bayes-Genis A (2021) Prognostic value of lung ultrasound in chronic stable ambulatory heart failure patients. *Rev Esp Cardiol* 74(10):862–869
- Dwyer KH, Merz AA, Lewis EF, Claggett BL, Crousillat DR, Lau ES, Silvermann MB, Peck J, Rivero J, Cheng S, Platz E (2018) Pulmonary congestion by lung ultrasound in ambulatory patients with heart failure with reduced or preserved ejection fraction and hypertension. *J Card Fail* 24(4):219–226

33. Araiza-Garaygordobil D, Gopar-Nieto R, Martinez-Amezcuca P, Cabello-Lopez A, Alanis-Estrada G, Luna-Herbert A, Gonzales-Pacheco H, Paredes-Paucar CP, Sierra-Lara MD, Briseno-De la Cruz JL, Rodriguez-Zanella H, Martinez-Rios MA, Arias-Mendoza A (2020) A randomized controlled trial of lung ultrasound-guided therapy in heart failure (CLUSTER-HF study). *Am Heart J* 227:31–39. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2020.06.003>



Lungensonographie in der kardiologischen Intensiv- und Notfallmedizin (Teil 1)

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-die-kardiologie

? Wie ist die Evidenzlage für die Lungensonographie im Rahmen der Intensiv- und Notfallmedizin charakterisiert?

- Das Erlernen der Lungensonographie ist langwierig mit einer flachen Lernkurve und daher nicht für die breite Anwendung im klinischen Alltag geeignet.
- Der Nutzen der Lungensonographie in der Intensiv- und Notfallmedizin ist nicht erwiesen.
- Die Sonographie der Lungen ist beim dyspnoeischen Notfallpatienten der radiologischen Bildgebung (Röntgen des Thorax im Liegen) unterlegen.
- Lungensonographie in der Intensiv- und Notfallmedizin ist evidenzbasiert und wird von den zuständigen Fachgesellschaften empfohlen.
- Ihr Nutzen ist ausschließlich für Patienten in der Differenzialdiagnose pulmonaler Raumforderungen erwiesen.

? Welche Bedeutung hat die Lungensonographie in der Akutmedizin?

- Zur Abklärung der Dyspnoe sollte sie nur bei strahlensensiblen Patienten (Kinder, Schwangere) eingesetzt werden.
- Bei unklarer Dyspnoe lässt sich mit ihr die Zeit bis zur Diagnosestellung signifikant verkürzen.
- Die Untersuchung sollte in der Regel mit einer Pulsed-Wave (PW)- oder Continuous-Wave (CW)-Doppler-Untersuchung kombiniert werden.

- Ein kardial bedingtes Lungenödem lässt sich erst bei fortgeschrittener Symptomatik sonographisch erfassen.
- Radiologische Verfahren sollten zur besseren Dokumentation pathologischer Befunde bevorzugt werden.

? Welche Eigenschaften haben die Artefakte und Befunde der Lungensonographie?

- Beim interstitiellen Syndrom ist das Luft-Flüssigkeits-Verhältnis im Vergleich zum Normalbefund zugunsten der Luft verschoben.
- A-Linien sind Ausdruck einer pathologischen Flüssigkeitseinlagerung in das Lungenparenchym.
- A- oder B-Linien sind niemals gleichzeitig sonographisch darzustellen.
- Eine pathologische interstitielle und ggf. alveoläre Flüssigkeitseinlagerung ist ursächlich an der Entstehung der B-Linien beteiligt.
- Artefakte stören die Beurteilbarkeit eines lungensonographischen Befundes.

? Wie wird das diffuse interstitielle Syndrom richtig charakterisiert?

- Ursächlich liegt immer eine Herzinsuffizienz vor.
- Sonographisches Zeichen ist eine beidseitige ausschließliche basale B-Linien-Häufung.
- Häufigste Ursache ist eine Linksherzinsuffizienz.

- Am besten ist der hochfrequente Linearschallkopf zur Detektion des interstitiellen Syndroms geeignet.
- Algorithmen zur B-Bild-Optimierung (z. B. „second harmonic imaging“) sollten zur B-Linien-Diagnostik aktiviert sein.

? Was ist hinsichtlich technischer Aspekte (Software, Algorithmen, Schallkopfauswahl) für die Lungensonographie zu berücksichtigen?

- Lungensonographie setzt das Vorhandensein einer spezifischen Gerätesoftware voraus.
- Für die Anwendung in der Intensiv- und Notfallmedizin sollte primär der hochfrequente Linearschallkopf benutzt werden.
- Algorithmen zur Optimierung des B-Bildes („harmonic imaging“ oder „compound imaging“) sollten zur B-Linien-Diagnostik idealerweise deaktiviert werden.
- Bei unsicherem Nachweis von Lungengleiten sollte der Konvexschallkopf gegenüber dem Linearschallkopf bevorzugt werden.
- Lungengleiten wird ausschließlich mithilfe des Farbdopplers nachgewiesen.

? Welche diagnostische Bedeutung kommt B-Linien zu?

- B-Linien sind immer als pathologisch zu werten.
- Der Befund eines vermehrten Auftretens (> 2/Interkostalraum) am PLAPS („posterolateral and/or pleural syndrome“-Point ist bei einem auf dem Rücken liegenden

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit **3 Punkten** (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖÄK) 2013).

Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.

- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med- und e.Dent-Abonnenten.

Intensivpatienten als Zeichen einer kardial bedingten Überwässerung anzusehen.

- B-Linien sind Ausdruck einer pulmonalen Überblähung.
- Der Nachweis von B-Linien schließt an dieser Schallkopfposition einen Pneumothorax aus.
- Das Auftreten von B-Linien korreliert streng mit dem Patientenalter.

? Wie werden A-Linien charakterisiert?

- Diese sind meistens als pathologisch zu werten.
- A-Linien sind ein typischer Befund bei pulmonaler Überwässerung.
- A-Linien können quantifiziert werden, womit ein Abschätzen der respiratorischen Funktion möglich ist.
- Ihr Auftreten ist ein typischer Befund für eine beginnende Überwässerung.
- Diese treten bei erhöhtem intrathorakalem Luftgehalt (z. B. Lungenemphysem oder Pneumothorax) vermehrt auf.

? Ein 67-jähriger Patient klagt seit 2 h über starke Dyspnoe. Die Auskultation der Lunge ist bei mangelnder Compliance und Adipositas permagna nicht wegweisend. Welche Rolle spielt die Lungensonographie in dieser Konstellation?

- Die Lungensonographie ist bei Adipositas permagna nicht Erfolg versprechend, radiologische Verfahren sollten bevorzugt werden.
- Eine beidseits an allen 4 BLUE-Points nachweisbare B-Linien-Zunahme ist bei Adipositas permagna diagnostisch nicht verwertbar.
- Bei Nachweis eines diffusen interstitiellen Syndroms ist eine Linksherzinsuffizienz die wahrscheinlichste Diagnose.
- Fehlende B-Linien anterior und anterolateral schließen eine relevante pulmonale Überwässerung nicht aus.
- Eine pulmonale Überwässerung bei diffusem interstitiellem Syndrom sollte nach allgemeiner Übereinkunft mit einem 6-Zonen-Protokoll quantifiziert werden.

? Welche Aussage charakterisiert das interstitielle Syndrom?

- Die Anzahl an A-Linien korreliert mit dem pulmonalkapillären Verschlussdruck.
- Die Quantifizierung einer pulmonalen Überwässerung ist sonographisch nicht möglich.
- Die Anzahl an B-Linien korreliert invers mit dem extravaskulären Lungenwasser.
- Bei Ausschluss eines interstitiellen Syndroms ist von keiner relevanten pulmonalen Überwässerung auszugehen.
- Das interstitielle Syndrom ist spezifisch für eine kardiale Genese.

? Ein 72-jähriger Patient mit akut dekompensierter Linksherzinsuffizienz bei ischämischer Kardiomyopathie (linksventrikuläre Ejektionsfraktion 28%) drängt auf seine Entlassung aus der stationären Behandlung. Welche Bedeutung kommt einer vor der Entlassung durchgeführten Lungensonographie zu?

- Eine bei der Entlassung durchgeführte Lungensonographie kann keine radiologische Bildgebung mittels Röntgenaufnahme des Thorax ersetzen.
- Diese Untersuchung hat keine prognostische Bedeutung hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit zukünftiger stationärer Aufnahmen wegen Herzinsuffizienz.
- Der Nachweis von Lungengleiten in Kombination mit 3 abgrenzbaren A-Linien ist mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit einer herzinsuffizienzbedingten ärztlichen Vorstellung in den nächsten 12 Monaten assoziiert.
- Der sonographische Nachweis einer pulmonalen Kongestion mittels 28-Punkte-Untersuchungsprotokoll identifiziert Patienten mit einem erhöhten Risiko für eine erneute herzinsuffizienzbedingte Klinikaufnahme.
- Die Untersuchung an den 4 BLUE-Points nach Lichtenstein ist für die Prognose chronisch herzinsuffizienter Patienten in dieser Konstellation evaluiert.