

Aus der Klinik für Anaesthesiologie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Professor Dr. med. Bernhard Zwißler

**Lungenultraschall:
2-Center Studie zur Ermittlung von Bedarf,
Kenntnissen und geeigneter Lehrmodalität**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Jonathan Damian Aichner

aus
Lienz, Österreich

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: PD Dr. med. Dr. phil. nat. Patrick Scheiermann

Mitberichterstatter: PD Dr. med. Michael Dolch
Prof. Dr. Martin Fischer

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Roland Tomasi

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 22.04.2021

Danksagung

Ein ganz besonderer Dank gilt allem voran Herrn **PD Dr. med. Dr. phil. nat. Patrick Scheiermann** für das faszinierende Thema der Doktorarbeit und die gesamte Betreuung durch die Studie hindurch. Durch stets prompte Antworten und zahlreiche produktive Gespräche vermochte er es, mich an die klinische Forschung heranzuführen und nachhaltig für die Durchführung von weiteren Studien zu begeistern.

Ein weiterer Dank gilt auch Herrn **Dr. med. Thomas Edrich** für die Möglichkeit der studienbegleitenden Datenerhebung und die Möglichkeit der Analyse der Datensätze am Standpunkt Campus Großhadern und Rechts der Isar zur gegenüberstellenden Betrachtung.

Herrn **Dr. med. Roland Tomasi** möchte ich für die Zweitbegutachtung der vorliegenden Arbeit danken, für die konstruktiven Anregungen sowie die geteilte Erstautorenschaft der Vorpublikation.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn **Prof. Dr. med. Bernhard Zwißler** für die zusätzliche Supervision und Mitberichterstattung bedanken sowie die Möglichkeit der Studiendurchführung an der anaesthesiologischen Klinik am Campus Großhadern.

Bei Herrn **Dr. med. Markus Heim** und **Dr. med. Hinzmann Dominik** sowie **Prof. Dr. med. Eberhard Kochs** möchte ich mich für die Möglichkeit der Datenerhebung am Standpunkt Rechts der Isar bedanken.

Hochachtungsvoll gilt auch ein besonderer Dank dem **ärztlichen Personal der Anaesthesiologischen Kliniken** für die Teilnahme an der Studie. Nur durch deren Eigenengagement und Teilnahme wurde die vorliegende Studie überhaupt erst ermöglicht.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei **meiner Partnerin, meiner Familie sowie zahlreichen Freunden** für die Unterstützung, das Verständnis und die konstruktive Kritik bedanken.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	7
Veröffentlichungen	8
1. Zusammenfassung	9
2. Einleitung	10
2.1. Diagnostik der Lunge mittels Ultraschall	11
2.2. Darstellung der Lunge mittels Ultraschall.....	11
2.3. Artefakte	15
2.4. LUS in der klinischen Praxis.....	19
2.5. Ausbildungskonzepte zum Lungensultraschall.....	21
3. Zielsetzung dieser Arbeit	24
4. Material und Methodik	25
4.1. Studiendesign	25
4.1.1. Internet-basiertes Selbststudium (<i>Online-Gruppe</i>)	25
4.1.2. Traditioneller Frontalunterricht (<i>Frontal-Gruppe</i>).....	27
4.1.3. Kontrollgruppe.....	27
4.2. Lehrinhalte	29
4.2.1. Theoretische Lehrinhalte.....	29
4.2.2. Praktische Lehrinhalte	30
4.3. Testinhalte	31
4.4. Untersuchungsmethoden	33
4.5. Grafische Darstellung.....	37
4.6. Rückmeldebogen	38
5. Ergebnisse	39
5.1. Teil A – Gruppencharakteristika und Vorkenntnisse	39
5.1.1. Probandenrekrutierung	39
5.1.2. Gruppencharakteristika	40
5.1.3. Vorkenntnisse	42
5.2. Teil B - Nach den Lehreinheiten.....	45

5.2.1. Kenntnisse	45
5.2.2. Anwendung	50
5.2.3. Lehre.....	54
5.3. Teil C – Probandenselbsteinschätzung und Objektiver Test	58
5.3.1. Gruppencharakteristika	58
5.3.2. Vorkenntnisse	58
5.3.3. Erworbene Kenntnisse.....	59
5.3.4. Anwendung	64
5.3.5. Eigenstudium und Wissensretention.....	65
5.4. Teil D – Zielsetzung und Ergebnisse	67
6. Diskussion	69
7. Limitationen	80
8. Zusammenfassung und Ausblick	82
Abbildungsverzeichnis.....	85
Tabellenverzeichnis.....	86
Literaturverzeichnis	87
Anhang	92

Abkürzungsverzeichnis

a.-p.	anterior-posteriorer (Strahlengang) <i>(von vorne nach hinten gerichteter (Strahlengang))</i>
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome <i>(Akutes Atemnotsyndrom)</i>
BLUE	Bedside Lung Ultrasonography in Emergency <i>(Bettseitiger Lungensonographie bei Notfällen)</i>
CT	Computertomographie
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease <i>(Chronisch obstruktive Lungenerkrankung)</i>
E-FAST	Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma <i>(Erweiterte fokussierte Anwendung von Ultraschall bei Trauma)</i>
EMF	Enhanced Metafile
FALLS	Fluid Administration Limited by Lung Sonography <i>(Sonografisch begrenzte Flüssigkeitsadministration)</i>
JPEG	Bildformat nach Normvorgaben der Joint Photographic Experts Group
KM	Kontrastmittel
LE	Lehreinheiten
LUS	Lungensonographie
PAUSE	Prehospital Assessment with Ultrasound for Emergencies <i>(Notfallmäßige Bewertung mittels Ultraschall vor Hospitalisierung)</i>
PTX	Pneumothorax
PLE	Pleuraerguss
SESAME	Sequential emergency sonography assessing mechanism or origin of severe shock of indistinct cause <i>(Sequentielle Notfallsonografie zur Einschätzung des Mechanismus oder Ursprungs eines schweren Schocks unklaren Ursprungs)</i>
US	Ultraschall

Veröffentlichungen

Die Inhalte und Teilerkenntnisse dieser Studie wurden wie folgt publiziert:

1. Edrich T., Stopfkuchen-Evans M., Scheiermann P., Heim M., Chan W., Stone MB., Dankl D., **Aichner J.**, et al., *A Comparison of Web-Based with Traditional Classroom-Based Training of Lung Ultrasound for the Exclusion of Pneumothorax*. *Anesth Analg* 2016;123(1):123-8.
2. Tomasi R., **Aichner J.**, et al., *Current status of teaching in lung ultrasound: Query of knowledge, utilization, need, and preferred teaching method*. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2018;113(3):202-7.
3. Scheiermann P., **Aichner J.**, et al., *Pneumothoraxdiagnostik mittels Ultraschall: 2-Center Studie zum Vergleich von traditionellem Frontalunterricht mit Internet-basiertem Selbststudium*. Posterpräsentation im Rahmen des Deutschen Anästhesiecongresses (DAC) 2015 in Düsseldorf.

1. Zusammenfassung

Hintergrund: Durch Lungensonographie (LUS) können pathologische Befunde wie ein Pneumothorax (PTX) schnell und beidseitig nachgewiesen oder ausgeschlossen werden. Unklar ist, wie verbreitet Kenntnisse über LUS und Sonographie (US) bei praktizierenden Medizinerinnen sind.

Ziel der Arbeit: Ermittlung des Kenntnisstands im Bereich LUS, des Bedarfs an LUS und Schulungsangeboten, der geeigneten Unterrichtsform sowie der validen Selbsteinschätzung der Probanden zu erworbenen Fähigkeiten.

Material und Methoden: Es wurden 54 Teilnehmer aus zwei anästhesiologischen Universitätskliniken in die Gruppen „Online“, „Frontal“ und „Kontrolle“ randomisiert. Die *Online-Gruppe* wurde durch Lehrvideos eingeführt, die *Frontal-Gruppe* durch Frontalvortrag mit Praxistraining und die *Kontrollgruppe* wurde nicht geschult. Zum Studienbeginn, direkt nach den Lehreinheiten und vier Wochen später absolvierten die Probanden jeweils einen Test mittels Fragebogen (Vergleich mittels Mann-Whitney-U-, Chi-Quadrat- bzw. t-Test; Signifikanzniveau $p < 0,05$).

Ergebnisse: LUS wird „selten“ bis „nie“ genutzt, am häufigsten bei Verdacht auf einen Pleuraerguss (41,3%). Der Bedarf an LUS wird mit „häufig“ angegeben (*Online-Gruppe*: 21,7%; *Frontal-Gruppe*: 60,9%; *Kontrollgruppe* 62,5%; $p < 0,05$). Eine hybride Lehrform aus Frontalunterricht und Internet-basiertem Selbststudium wird bevorzugt (*Online-Gruppe*: 52,2%; *Frontal-Gruppe*: 56,5%; *Kontrollgruppe*: 62,5%). Zum Studienende haben 32,6% der Teilnehmer der beiden Interventionsgruppen LUS zur Diagnostik eines Pneumothorax (PTX) angewandt; 93,5% der Probanden gaben an, zukünftig häufiger auf LUS zurückgreifen zu wollen.

Diskussion: LUS wird selten angewandt, der Bedarf an Lehreinheiten zu diesem Thema ist aber hoch. Internet-basierte Lehreinheiten gelten als dem Frontalunterricht gleichwertig. Beide Unterrichtsformen verbessern die Selbstsicherheit zu Kenntnissen im LUS und führen zu einer Mehranwendung von LUS im klinischen Alltag. Die Selbsteinschätzung der Probanden ist kongruent zu den erworbenen Fähigkeiten. Die bevorzugte Unterrichtsform ist eine Kombination aus Internet-basierten Lehreinheiten und Frontalunterricht.

2. Einleitung

Lungenultraschall (LUS) ist eine Technik, mit der bettseitig schnell und zuverlässig zum Teil lebensbedrohliche Pathologien nachgewiesen oder ausgeschlossen werden können. Neben dem Ausschluss eines Pneumothorax (PTX) können eine Fehlintubation erkannt und ein Pleuraerguss (PLE) detektiert und drainiert werden. Auch eine Pneumonie kann diagnostiziert oder ein kardiales Lungenödem erkannt werden [1-3].

Dennoch hat sich die Möglichkeit des LUS in der Anästhesie und Intensivmedizin nicht standardisiert etabliert. Zahlreichen Anästhesisten und Intensivmediziner ist LUS weitgehend unbekannt. Wie verbreitet in Deutschland LUS ist und wie häufig LUS im klinischen Alltag bereits Anwendung findet, ist unklar.

LUS wurde aufgrund der starken Reflexion des Ultraschalls (US) an der luftgefüllten Lunge lange nicht systematisch eingesetzt. Das hohe Potenzial von LUS als *Point-of-Care*-Verfahren in der alltäglichen anästhesiologischen und intensivmedizinischen Praxis wurde jedoch zunehmend erkannt [4, 5]. Bei der Diagnostik von Lungenpathologien ist LUS sensitiver als die Thoraxröntgenaufnahme im anterior-posterioren (a.-p.) Strahlengang [6-8].

Um die Technik des LUS zu erlernen, bedarf es nicht jahrelanger Erfahrung. Zahlreiche Studien zur Ausbildung im LUS haben gezeigt, dass wenige Lehreinheiten (LE) ausreichen, um unerfahrenen Anwendern ausreichende Kenntnisse zur alltäglichen LUS-Diagnostik zu vermitteln [9-11]. Dabei ist es nicht entscheidend, ob die Wissensvermittlung rein Internet-basiert oder in Form eines traditionellen Frontalunterrichts stattfindet [12]. Ein detaillierter Vergleich von Lehrformen, der auf die Vorkenntnisse, den Bedarf sowie auf den selbstsicheren Umgang des Anwenders in der LUS-Diagnostik eingeht, existiert bisher nicht.

Mit der vorliegenden Studie wird der Kenntnisstand von LUS unter Anästhesisten an zwei Universitätskliniken abgefragt. Der Bedarf an einem Schulungsangebot wird im Anschluss erhoben, die Effektivität von LE untersucht und eine geeignete Unterrichtsform vorgeschlagen.

Die Erhebung erfolgt in Verbindung mit einer Multicenterstudie zur theoretischen Wissensvermittlung zum Erwerb von Kenntnissen zum PTX-Ausschluss [12].

2.1. Diagnostik der Lunge mittels Ultraschall

Bereits seit dem Jahr 1951 finden sich erste Publikationen zum Einfluss von US-Wellen auf die menschliche Lunge [13]. Unter anderem zur PTX-Diagnostik als auch zur Lungenkrebs- oder Lungenembolie-Diagnostik [14-16]. Die Diagnostik mittels LUS basierte bereits damals auf der Messung einer signifikanten Abschwächung der an der Lungen-Pleura-Grenze reflektierten US-Wellen [17, 18]. Diese Methodik ist der heute angewandten Technik mit Beurteilung der am Lungen-Pleuraübergang generierten US-Artefakte ähnlich [19].

Die US-Wellen durchdringen das interkostale Weichteilgewebe problemlos. Bei hohem Impedanzsprung zwischen luftgefüllter Lunge und Pleura viszeralis werden die US-Wellen jedoch nahezu total reflektiert und ein Artefaktmuster wird generiert [19]. Je nach Beschaffenheit der darunterliegenden Lunge zeigen sich Veränderungen im Artefaktmuster.

2.2. Darstellung der Lunge mittels Ultraschall

Zur diagnostischen Abklärung der Lunge mittels Artefakten finden Untersuchungsmodalitäten wie der B-Bildmodus, der M-Bildmodus sowie der Doppler-Bildmodus Anwendung [19]:

B-Bildmodus

Im B-Bildmodus werden vom Gewebe an die US-Sonde zurück reflektierte Wellen dargestellt. Die Darstellung erfolgt in Form von Punkten in verschiedenen Graustufen. Je höher die Intensität der reflektierten US-Welle ist, desto heller erscheint auch der zugehörige Graupunkt (B=brightness). Je mehr Zeit eine von der US-Sonde ausgesandte Welle zur Reflexion und erneuten Detektion benötigt (Reflexionsdauer), desto weiter am Unterrand des Schnittbildes (also weiter entfernt vom Schallkopf) erfolgt die Darstellung. Bei Ausgabe und Detektion von US-Wellen über die gesamte Länge des Schallkopfes erfolgt eine Darstellung in Form eines zweidimensionalen Schnittbildes (Abb. 1).

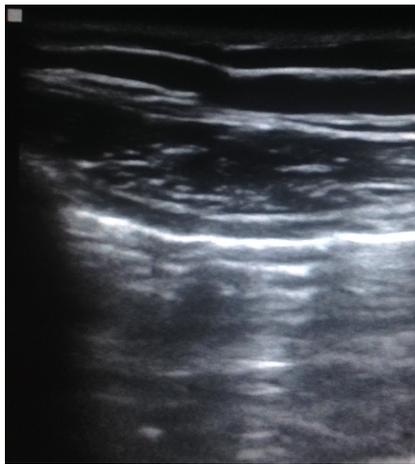


Abbildung 1: B-Bild mit helligkeitskodierter (B=brightness) Darstellung des Gewebes.

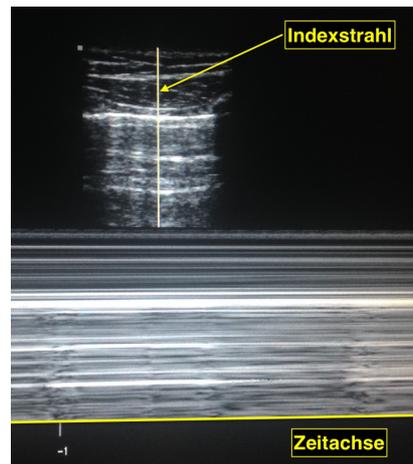


Abbildung 2: M-Bild mit zeitkodierter Darstellung der Bewegung (M=Motion) am Indexstrahl.

M-Bildmodus

Die Darstellung der reflektierten US-Wellen erfolgt in Abhängigkeit von deren Intensität und Reflexionsdauer. Im Gegensatz zum B-Bildmodus erfolgt die Darstellung nicht über die gesamte Sondenlänge sondern über einen definierten Schnittpunkt (Indexstrahl). Dieser wird über die Zeit (Zeitachse) kontinuierlich dargestellt. In Abhängigkeit der Veränderungen des darunterliegenden Gewebes (Muskelbewegung, Fettgewebsverschiebung), (M=Motion), entsteht ein über die Detektionszeit variierendes Reflexionsmuster (Abb. 2).

Doppler-Bildmodus

Im Doppler-Bildmodus lassen sich strömende Flüssigkeiten mittels US darstellen. Treffen US-Wellen auf einen Flüssigkeitsstrom, kommt es zu einer Frequenzänderung der reflektierten und erneut detektierten US-Wellen. Ähnlich wie es bei einem vorbeifahrenden Rettungswagen mit Martinshorn der Fall ist (Doppler-Effekt) [20]. Je näher sich die Schallquelle an den Detektor (US-Sonde) heranbewegt, desto kürzer ist die reflektierte Periodendauer und desto höher ist die reflektierte Schallwellenfrequenz. Je weiter sich die Schallquelle vom Detektor entfernt, desto länger wird die reflektierte Periodendauer und desto geringer ist die reflektierte Schallwellenfrequenz. Je nachdem, ob sich Flüssigkeiten auf den Schallkopf zubewegen oder vom Schallkopf wegbewegen, erfolgt in der Farb-Doppler-Sonografie eine unterschiedliche Farbkodierung des Flüssigkeitsstroms am US-Bild (Rot: Fluss in Richtung Schallkopf, Blau: Fluss vom Schallkopf weg).

Interkostale Übersicht

Zur Darstellung der Lunge wird im ersten Schnitt der B-Bildmodus genutzt. Um eine großflächige Darstellung der Lunge zu erreichen, wird eine longitudinale Anlotung mit kraniokaudalem Schallkopfverlauf zwischen zwei Rippen gewählt. Die Indexmarke zeigt das kraniale Schallkopffende an (Abb. 3 und 4).



Abbildung 3: Schallkopfapplikation mit Indexmarke (V) im kranio-kaudalen Verlauf.

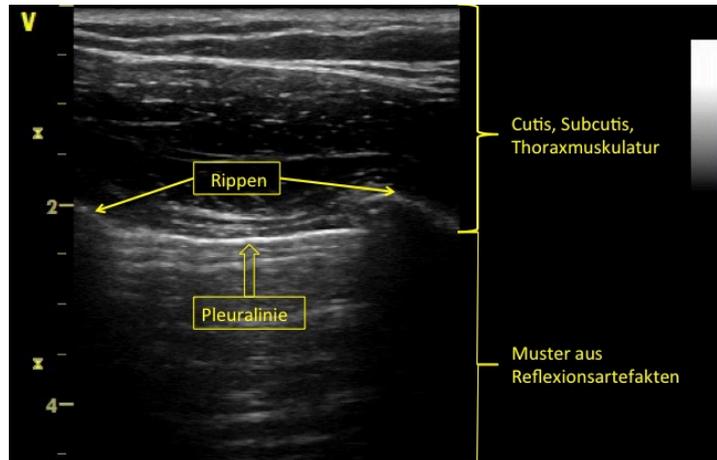


Abbildung 4: Übersichtsaufnahme zur Diagnostik der Lunge im kranio (V)-kaudalen Verlauf.

Der obere (=schallkopfnah) Bildrand wird durch die Haut mit angrenzendem hypoechogenen Fettgewebe und hyperechogen gefiederter Muskulatur der Thoraxwand gebildet. Im linken und rechten Bildrand werden die Rippen mit darüber liegendem Hautgewebe und dorsaler Schallauslöschung dargestellt. Unter der dazwischen hyperechogen verlaufenden Pleuralinie wird am unteren (=schallkopffernen) Bildrand ein Muster aus Reflexionsartefakten generiert [19].

Die Pleuralinien

Die Pleura parietalis wird im US-Bild als scharf begrenzte hyperechogene linienförmige Struktur abgebildet. Schallkopffern der feinen echogenen Pleura parietalis folgt der Pleuraspalt. Darunter wird die prominente, parallel verlaufende echogene Linie der Pleura viszeralis dargestellt. Diese ist durch den hohen Impedanzsprung von Pleura viszeralis zur stark luftgefüllten, gesunden Lunge prominenter und breiter als die Pleura parietalis [19].

Das Pleuragleiten

Wird die Pleura in vivo betrachtet, können die beiden Pleurablätter bei geringer Auflösung und In- und Expiration nicht voneinander abgegrenzt werden. Die Pleurablätter werden in Form einer einzigen „flimmernden“ hyperechogenen Pleuralinie dargestellt. Im M-Bildmodus stellt sich jede In- und Expiration als bandförmige Strukturänderung im Reflexionsmuster dar (Abb. 5, siehe auch Kapitel 2.3.) [19].

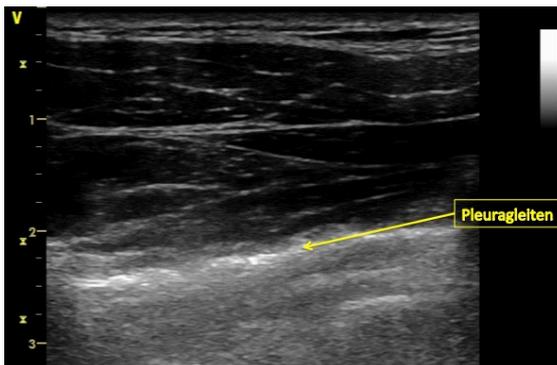


Abbildung 5: Darstellung des Pleuragleitens im Ultraschallbild als flimmernd-hyperechogene Linie (kranial (V)).

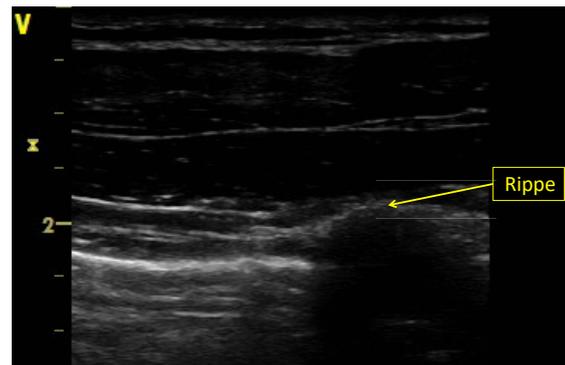


Abbildung 6: Darstellung einer Rippe mittels Ultraschall (kranial (V)).

Die Rippen

Treffen US-Wellen auf eine knöcherne Struktur mit hoher Binnendichte (Rippen), wird die Oberfläche als stark hyperechogene, scharf begrenzte Linie mit dorsaler Schallauslöschung dargestellt (Abb. 6).

Das Lungenparenchym

Angrenzend an die prominent erscheinende Pleura viszeralis folgt anatomisch das physiologischerweise luftgefüllte Lungenparenchym. Bei schallkopfnah liegendem Weichteilgewebe kommt es durch den hohen Impedanzsprung zur Totalreflexion der US-Wellen an der Pleura viszeralis und zur angrenzenden Artefaktbildung. Eine Aussage über eine pathologische Beschaffenheit des Lungenparenchyms kann durch die Änderung des Artefaktbildes getroffen werden (Abb. 7) [19].

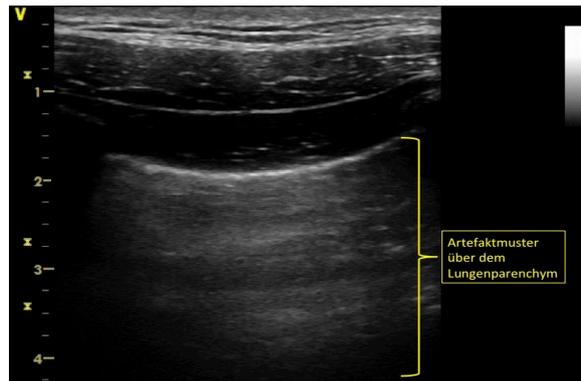


Abbildung 7: Darstellung des anatomisch gelegenen Lungenparenchyms als Muster verschiedener Reflexionsartefakte (kranial (V)).

2.3. Artefakte

Um einen PTX mittels LUS auszuschließen, ist neben der Darstellung der Lunge im B- und M-Bildmodus eine Darstellung von Artefakten nötig:

A-Linien: Reverberationsartefakte der Pleura

A-Linien sind linienförmige horizontal verlaufende Spiegelungen der Pleura. Diese können bei luftgefülltem Parenchym, aber auch bei vorliegendem PTX dargestellt werden. Sie entstehen durch eine Teilreflexion der US-Wellen, die bereits von der Pleura zum US-Kopf zurück reflektiert wurden (Abb. 8).

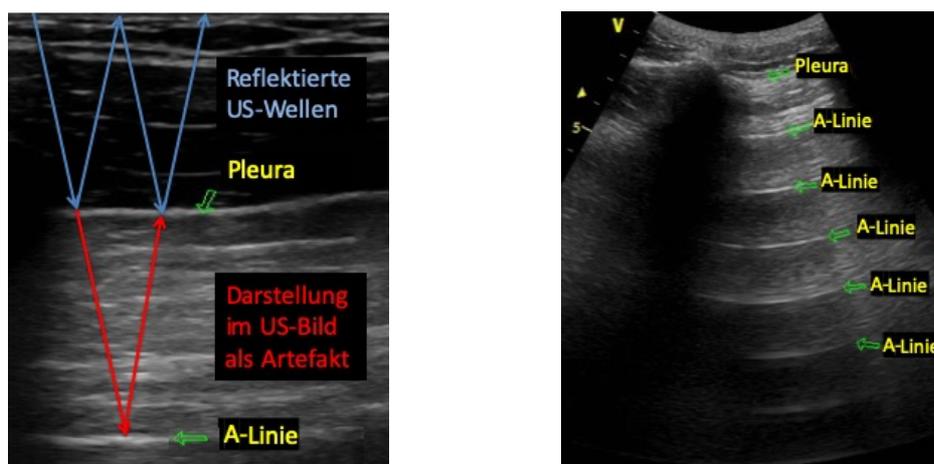


Abbildung 8: Generierung von A-Linien durch mehrmalige Reflexion der Ultraschallwellen zwischen Pleura und Schallkopf (kranial (V)).

Die reflektierten Wellen werden erneut an der US-Sonde gebrochen und zurück in das Gewebe geschickt. Bei zeitversetzter mehrmaliger Detektion erfolgt eine

Darstellung am US-Bild in Form von jeweils zueinander parallel verlaufenden echoreichen Linien (Reverberationen, Abb. 8) [19].

B-Linien (Kometenschweifartefakte)

B-Linien sind gut abgrenzbare, lichtkegelförmige, kometenschweifartige und hyperechogene Bildartefakte. Sie entspringen an der Pleura und ziehen unabhängig von der eingestellten Bildtiefe bis zum unteren Ende des US-Bildes. A-Linien werden dabei ausgelöscht. Die Bewegung erfolgt aufgrund der Expansion der Lunge bei Inspiration atemsynchron (Abb. 9).

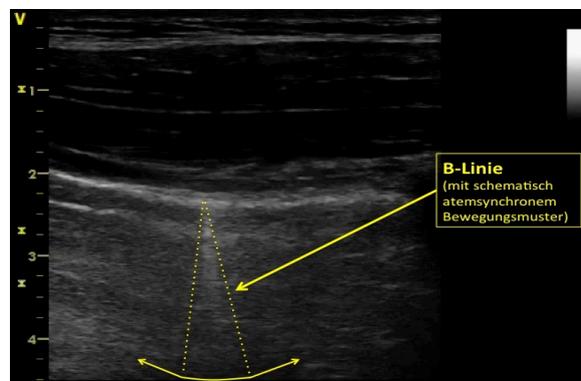


Abbildung 9: Schematische Darstellung der B-Linien mit Ursprung an der Pleuralinie und atemsynchronem Bewegungsmuster (kranial (V)).

Die genaue Entstehung der B-Linien ist bisher unklar. Ein erhöhter Impedanzsprung durch eine vermehrte interpleurale Flüssigkeitsansammlung oder verdickte Alveolarsepten wird angenommen. Bei separierten Pleurablättern im Rahmen eines PTX ist eine Darstellung der B-Linien durch eine nahezu komplette Reflexion der US-Wellen nicht möglich. Bis zu drei dieser B-Linien in einem Interkostalraum werden als normal bewertet. Mehr als drei B-Linien pro Bild weisen auf eine Pathologie des Lungenparenchyms mit erhöhtem Flüssigkeitsgehalt hin [19].

***Sandy-Beach-Zeichen* / Pleuragleiten im M-Bildmodus**

Werden die Bewegungen der Pleura im M-Bildmodus dargestellt, wird häufig das Bild eines Strandes mit auftreffenden Wellen (*Sandy-Beach-Zeichen*)

beschrieben. Die verschiedenen Gewebsschichten des Thorax werden als auftretende Wellen auf einen Strand interpretiert (Abb. 10).

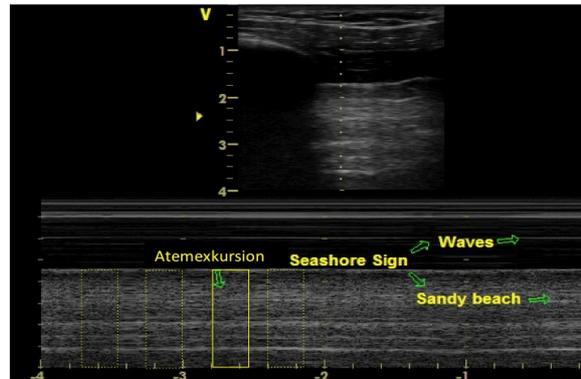


Abbildung 10: Die Lunge im M-Bildmodus: Darstellung des *Sandy-Beach*-Zeichens (=Seashore-Sign) und regelmäßigen Atemexkursionen (kranial (V)).

Den Beginn des Strandes stellt die einzige prominente hyperechogene Linie der Pleura viszeralis dar. Darauf folgend ergibt sich ein sandähnliches „Bildflimmern“. Dieses Flimmern nimmt den Bereich des Lungenparenchyms ein und symbolisiert einen Sandstrand. Atembewegungen der Lunge werden als bandförmige Strukturänderungen im Bereich des „Strandes“ dargestellt. Das schallkopfnah der Pleura gelegene Weichteilgewebe („auftretende Wellen“) wird im M-Bildmodus über den Zeitverlauf unverändert abgebildet (Abb. 10).

Äquivalent zum Begriff *Sandy-Beach*-Zeichen wird auch die Bezeichnung *Seashore*-Zeichen gewählt [21]. In der vorliegenden Arbeit wird dieser zur weiteren Vereinheitlichung jedoch nicht angeführt.

Lungenpuls - Kardial bedingtes Pleuragleiten

Bei verminderter Ventilation der Lunge und erhöhter Lungendichte kann im M-Bildmodus eine dem Herzschlag synchron auftretende bandförmige Strukturänderung des „Strandes“ generiert werden. Diese rhythmische Form des Pleuragleitens entsteht durch fortgeleitete Vibrationen der Herzkontraktion über die verdichtete Lunge (Abb. 11).

Bei Überlagerung des Artefaktes im Rahmen der physiologischen Lungenventilation und durch das Lungengleiten ist eine Detektion des Lungenpulses schwierig [22].

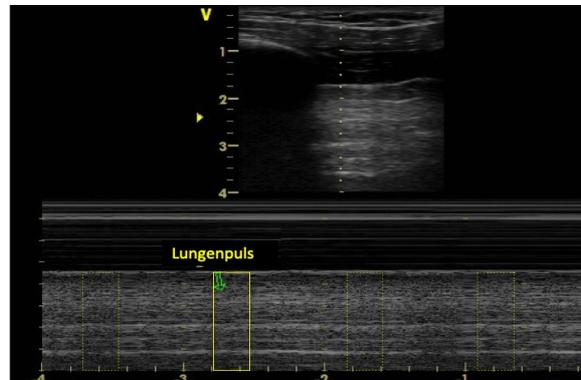


Abbildung 11: Die Lunge im M-Bildmodus. Schematische Darstellung des Lungenpulses (kranial (V)).

2.4. LUS in der klinischen Praxis

LUS zur Pneumothorax-Diagnostik

Mit Beschreibung des Artefaktes des Pleuragleitens und dessen Abwesenheit bei vorliegendem PTX erkannte man das Potential von LUS zur sensitiven, bettseitigen PTX-Diagnostik [23]. Untersuchungstechniken wie das Thoraxröntgen im a.-p. Strahlengang oder die Computertomografie (CT) generierten bisher Aufnahmen zu einem bestimmten Zeitpunkt. LUS ermöglicht jedoch eine dynamische Darstellung der einzelnen Atemexkursionen [5]. Das Gleiten der Pleura viszeralis bei In- und Expiration entlang der Pleura parietalis stellt sich im US als gut sichtbares „Flimmern“ der hyperechogenen Pleuralinien dar [19]. Sind die beiden Pleurablätter separiert, ist eine Darstellung des Pleuragleitens nicht möglich und ein PTX sollte ausgeschlossen werden [24]

Durch Beschreibung von weiteren Artefakten wie des Lungenpunktes wurde speziell die Sensitivität und Spezifität von LUS zur PTX-Diagnostik erhöht. Der Lungenpunkt wird am Rande der zweidimensionalen Ausmaße eines PTX generiert. Er kann mit einer Sensitivität von 66% (75% bei radiologisch okkultem PTX) und einer Spezifität von 100% als zusätzliches positives Kriterium zur Diagnostik eines PTX herangezogen werden [25]. Andere Artefakte wie die B-Linien (Kometenschweifartefakte) wurden in die LUS-Diagnostik implementiert und präzisierten die diagnostische Sicherheit von LUS [26, 27].

Dass eine Darstellung der Artefakte mittels LUS zur Detektion eines PTX dabei effektiver als bisher gängige Untersuchungsmethoden ist, bestätigte eine Meta-Analyse im Jahre 2013 [6]. Während ein Thoraxröntgenbild im a.-p. Strahlengang zur PTX-Diagnostik eine Sensitivität von 39,8% und eine Spezifität von 99,3% aufweist, erreicht LUS eine Sensitivität von 78,6% und eine Spezifität von 98,4% [6]. Mittels LUS lässt sich zudem Zeit einsparen und lebensrettende Maßnahmen können früher eingeleitet werden [7].

LUS in der bettseitigen Diagnostik

Neben der Anwendung von LUS zur PTX-Diagnostik kann LUS in der bettseitigen, perioperativen und intensivmedizinischen Diagnostik eingesetzt werden [28]. Durch Darstellung des Lungenpulses und Lungengleitens kann LUS präoperativ zur erweiterten Atemwegsbeurteilung herangezogen werden. Intraoperativ kann LUS zum Ausschluss eines Kapnothorax oder PTX angewandt

werden. Postoperativ kann LUS bisher gängige Extubations- und Reintubationskriterien durch Darstellung der Atemexkursionen in Echtzeit ergänzen [29-40].

Im intensivmedizinischen Umfeld wurde gezeigt, dass LUS eine sensitive Diagnostik zur Detektion eines entstehenden akuten respiratorischen Atemnotsyndroms (ARDS) bietet. Mit einer diagnostischen Sicherheit von 93% bei PLE, 97% bei alveoläre Konsolidierungen und 95% beim interstitiellen Syndrom ist LUS der Diagnostik mittels Auskultation oder der Diagnostik mittels Thoraxröntgen überlegen [8]. Zudem kann LUS bereits bettseitig zur Differentialdiagnostik herangezogen werden und bisher gängige Untersuchungsmethoden ergänzen. Die Unterscheidung eines Lungenödems von einer exazerbierten chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) kann getroffen werden. Zudem kann die Unterscheidung einer pulmonalen Bulla von einem lebensbedrohlichen PTX vorgenommen werden. Auch eine begleitende kardiale Beeinträchtigung kann frühzeitig detektiert und behandelt werden [41-44]. Verlaufsdiagnostisch kann mittels LUS eine Aussage über eine sich verändernde Lungenfunktion getroffen und eine individuelle Prognose erstellt werden [45-47]. Dabei ist es möglich, LUS jederzeit interventionell zu nutzen. Bei Vorliegen eines Lungenabszesses oder unklaren Raumforderungen kann LUS eine ausreichende Darstellung ermöglichen [48, 49].

Leitliniengerechter LUS als Point-of-Care-Verfahren

Zahlreiche Leitlinien zur patientennahen Anwendung von LUS und akutmedizinischen *Point-of-Care*-Diagnostik wurden in weiterer Folge ausgearbeitet [50-53]. Beispielsweise das *E-FAST*-Konzept von A. W. Kirkpatrick et al.: Dabei wird der bisher gängige Algorithmus zur Abklärung von posttraumatischen Abdominalläsionen durch Detektion freier abdomineller Flüssigkeit und der Ausschluss einer Perikardtamponade um die Diagnostik möglicher Lungenpathologien wie der des PTX erweitert [7].

Einen weiteren Algorithmus zur systematischen Abklärung bei Patienten mit Atemnot beschreibt das sogenannte „*BLUE*-Protokoll“ [54]. Dabei können durch fünf Profile Differentialdiagnosen wie die des pulmonalen Ödems, der Lungenembolie, der Pneumonie, des PTX und des COPD/Asthmas erarbeitet werden. Die Diagnostik erfolgt in unter drei Minuten und ohne Strahlenbelastung. Eine anschließende Verlaufskontrolle ist möglich [52].

2.5. Ausbildungskonzepte zum Lungensultraschall

Um LUS mit seinen zahlreichen Anwendungsbereichen in der Praxis zu implementieren, ist ein geeignetes Ausbildungskonzept von Bedeutung.

Bereits 1970 wurde versucht, durch Aufzeichnung von Untersuchungen auf Videokassetten das Wissen unter Kollegen weiterzugeben [55]. Es wurde gezeigt, dass ein untersucherkommentiertes Video der LUS-Untersuchungen zur Wissensvermittlung geeignet ist. Bei fehlender Effektivität wurde 1976 eine Wissensvermittlung mittels Foliensätzen und zugehöriger Audiospur erprobt [56]. Diese Methodik war dem heutigen *E-Learning*-Konzept ähnlich. Durch im Internet zur Verfügung gestellte, meist interaktive Lerninhalte ist es dabei den Lernenden zu jeder Zeit möglich, Wissen zu erwerben und Wissen zu wiederholen. Wissen kann standortungebunden und im eigenen Lerntempo angeeignet werden.

Zunehmend etablierte sich US in der Medizin, jedoch vorwiegend in den Fachbereichen der Radiologie und Gynäkologie. In diesen Fachbereichen wurde die Ausbildung durch entsprechende Zentren vorangetrieben. Die Ausbildung erfolgte durch didaktische LE, darauffolgender Demonstration und anschließendem praktischen Training [57].

Erst mit Anwendung des Doppler-Effekts wurden im Fachbereich der Anästhesie und Intensivmedizin Studien zur US-Ausbildung durchgeführt. An eigens kreierten Modellen oder mittels Training an Tiermodellen wurde US gelehrt [58, 59]. Durch den Doppler-Effekt war zu diesem Zeitpunkt die Darstellung der Herzfunktion in Echtzeit möglich. Gefäße konnten vor Kanülierung dargestellt und die zerebrale Perfusion kontrolliert werden [60]. Ein einheitliches Ausbildungskonzept im US oder einheitliche Richtlinien etablierten sich zunächst nicht. Deshalb wurden unterschiedliche Organisationen wie die der deutschsprachigen (Deutschland, Österreich, Schweiz) Gemeinschaften für US in der Medizin (DEGUM, ÖGUM, SGUM) oder der *European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology* (EFSUMB) gegründet [61]. Auch die Deutsche Gesellschaft für Anästhesie und Intensivmedizin (DGAI) etablierte eine modularisierte, standardisierte und praxisgerechte Ausbildungseinheit zum Umgang mit US [62-67]. Auf das Präkurslernen mittels *E-Learning*-Programm folgte ein Präsenzstudium mit Teilnahme an einem Frontalvortrag (bestehend aus Musterfoliensätzen und Fallbeispielen) sowie einem anschließend praktischem Training in Kleingruppen von maximal fünf

Teilnehmern. Ein Postkurslernen wurde durch den Zugang zu Internet-basierten Lehrmedien ermöglicht [65]. Das Führen eines Logbuchs und eine Aufsicht durch einen erfahrenen US-Experten sollten angestrebt werden. Die Internet-basierte Vernetzung und die Erweiterung der Onlineinhalte durch einen Online-Atlas wurden empfohlen. Dass dieses Konzept validiert Kenntnisse zum LUS vermittelt, wurde mit eintägigen LE zum Thorax-, Trachea- und Lungen-US gezeigt. Im Sinne eines didaktischen Vortrages mit Beispielfällen und praktischem Training erfolgte dabei eine Ausbildung in Kleingruppen. Ein deutlicher Zugewinn an Kenntnissen in allen Vergleichsgruppen konnte im Rahmen der LE verzeichnet werden [9].

Wird versucht, diese Konzepte bei praktizierenden Medizinern umzusetzen, wird der Fortschritt bei zunehmendem Arbeitspensum und vermehrt multimorbiden Patienten eingeschränkt. Bei steigendem Patientenaufkommen und einem Mangel an Ärzten fehlt häufig die Zeit, an Fortbildungen mit Frontalunterricht teilzunehmen. Eine Freistellung von der Arbeit ist oft nicht möglich. Im Sinne einer freien Zeiteinteilung und standortungebundener Ausbildung erfolgte daher die Ausarbeitung ausschließlich Internet-basierter Lernkonzepte. LE wurden beispielsweise zum Thorax-, Trachea- und Lungen-US abgehalten. Bei keinen signifikanten Unterschieden hinsichtlich der Vermittlung von theoretischem Wissen verglichen mit einem reinen Frontalunterricht, wurde die Möglichkeit des E-Learnings als attraktive Ausbildungsform aufgezeigt [68]. Eine verblindete randomisierte Multicenter-Studie zur theoretischen und praktischen Wissensvermittlung folgte. LUS wurde dabei zur PTX-Ausschlussdiagnostik gelehrt [12]. Kenntnisse zum PTX-Ausschluss wurden einerseits in Form von Internet-basierten Lehrvideos und Foliensätzen mit zugehöriger Audiospur vermittelt, andererseits durch einen traditionellen Frontalunterricht mit anschließendem praktischen Unterricht. Das Studiendesign entsprach jenem der vorliegenden Studie. Der Kenntnisstand wurde jedoch nicht mittels Fragebögen sondern mittels theoretischen *Multiple-Choice*-Tests sowie praktischen Tests zu den jeweiligen Erhebungszeitpunkten abgefragt (siehe 4.3.). Es wurde gezeigt, dass neben der theoretischen auch in der praktischen Ausbildung kein signifikanter Unterschied zwischen einer rein Internet-basierten Wissensvermittlung und einem traditionellen Frontalunterricht besteht. Ob aktuell Bedarf an LE zum LUS besteht und in welcher Art und Weise die Ausbildung auf die Vorkenntnisse von praktizierenden Anästhesisten an Krankenhäusern der

Maximalversorgung adaptiert werden soll, blieb unklar. Welche Unterrichtsform von praktizierenden Anästhesisten als geeignet angesehen wird und wie die beiden Lehrformen die Selbstsicherheit der Probanden beeinflusst ist nicht bekannt.

Um diese Fragen zu beantworten sollte daher eine zusätzliche Erhebung mittels Fragebögen erfolgen. Der Autor der vorliegenden Studie ist auch Teil des Studienteams der vorangegangenen Multicenter-Studie zur theoretischen Wissensvermittlung zum PTX-Ausschluss mittels LUS von T. Edrich et al. [12]. Daher erfolgte im Rahmen dieser eine Erhebung mittels Fragebögen an den Standpunkten Klinikum Großhadern und Klinikum rechts der Isar. Die Lehrinhalte, die Lehrmodalitäten sowie die Probandengruppen als auch die Testzeitpunkte entsprechen dabei jener der Multicenter-Studie.

3. Zielsetzung dieser Arbeit

Vor dem Hintergrund der vorangegangenen Multicenterstudie von T. Edrich et al. zur theoretischen und praktischen Wissensvermittlung zum PTX-Ausschluss mittels LUS ist das Ziel dieser Arbeit, durch Abfrage mittels Fragebögen folgende Aspekte zu beantworten:

1. Wie hoch schätzen praktizierende Anästhesisten ihren Kenntnisstand in der US und LUS-Diagnostik im Speziellen ein?
2. Wie häufig wird LUS und US von klinisch tätigen Anästhesisten praktiziert?
3. Wie schätzen praktizierende Anästhesisten den Bedarf an LUS ein?
4. Sind kurze Lehreinheiten zum LUS laut Probanden in der Wissensvermittlung geeignet und wie genau schätzen die Probanden ihre einzelnen Kenntnisse zur Diagnostik mittels US und LUS vor und nach den Lehreinheiten ein?
5. Sind Internet-basierte Lehreinheiten zur selbstsicheren Wissensvermittlung von LUS-Kenntnissen gleichwertig mit einem traditionellen Frontalunterricht?
6. Können Lehreinheiten zum LUS einen direkten Einfluss auf die klinische Praxis der praktizierenden Anästhesisten nehmen?
7. Ist die Probandenselbsteinschätzung kongruent mit den objektiven Testergebnissen der Multicenterstudie und wie valide ist die Selbsteinschätzung der Probanden?
8. In welcher Art und Weise sollen Lehreinheiten zur LUS-Ausbildung von praktizierenden Anästhesisten angeboten werden?

4. Material und Methodik

4.1. Studiendesign

Nach Genehmigung durch die jeweilige Ethik-Kommission wurden 260 Anästhesistinnen und Anästhesisten aus dem Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München, Campus Großhadern (n=115) und dem Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München (n=145) einmalig per E-Mail zur Teilnahme an der Studie eingeladen. Als Ausschlusskriterium galten spezifische Vorkenntnisse im Umgang mit US. Speziell die Anwendung von LUS zum PTX-Ausschluss oder bereits absolvierte US-Kurse zu diesem Thema galten als Ausschlusskriterium (Abb.12).

Die rekrutierten Probanden wurden zeitnah in Kleingruppen (n= max. neun Teilnehmer) zu einer von acht Einführungsveranstaltungen eingeladen. Dort absolvierten die Probandinnen und Probanden zu Beginn einen identischen Vortest mittels Fragebogen, um Vorkenntnisse zu erfassen. Zusammen mit den Vortest-Fragebögen erhielten die Probanden in numerischer Reihenfolge eine Visitenkarte mit ihrer Teilnehmernummer. So konnten nachfolgende Tests den Studienteilnehmern zugeordnet und die Probandenanonymität gewährleistet werden. Anschließend erfolgte die Randomisierung der Teilnehmer gemäß eines computergenerierten Zufallsprinzips im Verhältnis 3:3:1 in 1. Internet-basiertes Selbststudium (*Online-Gruppe*), 2. traditioneller Frontalunterricht (*Frontal-Gruppe*) und 3. *Kontrollgruppe* (Abb.12).

4.1.1. Internet-basiertes Selbststudium (*Online-Gruppe*)

Alle Probanden der *Online-Gruppe* erhielten am Tag der Einführungsveranstaltung per E-Mail Zugang zu zwei Lehrvideos auf der Internetplattform YouTube® zu Selbststudienzwecken (Dauer: insgesamt 38:14 min). Das erste Lehrvideo bestand aus einem kommentierten PowerPoint® (PPT)-Vortrag zur Anwendung von LUS zum Ausschluss eines PTX (Dauer: 25:55 min), (siehe 4.2.1.). Die Folien dieses Vortrages waren identisch zu jenen der *Frontal-Gruppe*. Das zweite Lehrvideo stellte ein Gerätelehrvideo dar. Den Probanden wurde dabei der Umgang mit dem am Studienstandort benutzten US-Gerät (Großhadern: Vivid S5/6, General Electric Company,

Boston, MA, USA; Klinikum rechts der Isar: EZONO 3000, eZono AG, Jena Deutschland) nähergebracht. Zur Einweisung in die Bedienungsmodalitäten der verschiedenen Geräte wurden alle benötigten Tasten sowie die nötigen Einstellungen zur Durchführung einer LUS-Untersuchung in Form eines Übersichtsbildes mit zugehöriger Hinweismarkierung im Video eingeblendet (Einschaltknopf, Funktionstaste zur Erstellung eines Standbildes, Funktionstaste zur Erstellung eines Videoausschnittes (Videofunktionstaste), „B-Bildmodus“-Taste, „M-Bildmodus“-Taste). Die Probanden wurden angeleitet, an sich selbst eine LUS-Untersuchung durchzuführen (siehe 4.2.2.). Dies erfolgte durch Instruktionen des Videokommentators, welcher zeitgleich an sich selbst eine LUS-Untersuchung vornahm. Durch Einblenden von Videosequenzen der darzustellenden Artefakte (Übersichtsbild im B-Bildmodus, M-Bildmodus, A-Linien) wurden die Probanden angeleitet, bei guter Darstellung des jeweiligen Artefaktes die kontinuierliche Aufnahme des US-Gerätes zu unterbrechen. Ein Standbild sollte erzeugt werden. Dieses Bild sollte von Probanden mit dem eigenen Mobiltelefon vom Display des US-Gerätes abfotografiert werden. Nach Darstellung aller Artefakte und anschließender Fotodokumentation wurde eine E-Mailadresse eingeblendet, an welche die generierten Fotografien gesandt werden sollten. Die zugesandten Fotos wurden vom Dozenten als Bestätigung dafür gewertet, dass die Videos angesehen und eine eigenständige LUS-Untersuchung durchgeführt wurde. Nach diesen ersten 4:30 min mit praktischen Anweisungen folgte eine Wiederholungseinheit. Bei dieser wurden den Probanden verschiedene Videoausschnitte und US-Bilder von Patienten gezeigt und mit Hilfe eines Entscheidungsbaumes die vorliegenden Pathologien ermittelt. Alle gelernten Artefakte wurden wiederholt und dem Entscheidungsbaum zugeordnet. Auch mögliche Einschränkungen des LUS wurden aufgezeigt. Nach Erhalt der US-Bilder absolvierten die Probanden innerhalb von zwei Tagen einen Nachtest sowie vier Wochen darauffolgend einen Nachhaltigkeitstest, jeweils mittels Fragebogen (Abb.12).

Die Lehrvideos waren den Probanden im gesamten Studienverlauf zugänglich und konnten mehrmals, mit Unterbrechungen und auf das eigene Lerntempo adaptiert betrachtet werden.

4.1.2. Traditioneller Frontalunterricht (*Frontal-Gruppe*)

Die Lehreinheiten wurden in Form eines traditionellen Frontalunterrichtes mit maximal 4 Teilnehmerinnen und Teilnehmern (Dauer max. 50 min) in einem Lehrraum der Klinik abgehalten. Der Dozent projizierte die PPT-Präsentation, welche identisch zu jener der *Online-Gruppe* war, mittels Projektor auf eine Leinwand und kommentierte die Folien (siehe 4.2.1.).

Im Unterschied zum Internet-basierten Selbststudium wurde den Probanden die Möglichkeit eingeräumt, während des Vortrages sowie darauffolgend Fragen an den Dozenten zu stellen. Anschließend konnten die Probanden das erlernte Wissen in Form einer praktischen Übungseinheit an einem Mitarbeiter der Studie anwenden. Die Probanden versuchten, unter Assistenz des Studienleiters, mit dem am Studienort verfügbaren Gerät die für den Ausschluss eines PTX signifikanten Artefakte in gleicher Art und Weise wie die *Online-Gruppe* darzustellen (Dauer: circa 20 min), (siehe 4.2.2.). Auf eine Fotodokumentation wurde verzichtet. Einen Tag nach den LE beantworteten auch die Probanden der *Frontal-Gruppe* denselben standardisierten Nachtest sowie vier Wochen später den Nachhaltigkeitstest, jeweils mittels Fragebogen (Abb. 12).

4.1.3. Kontrollgruppe

Insgesamt wurden acht Probanden in die *Kontrollgruppe* randomisiert (Großhadern: n=4, Rechts der Isar: n=4). Die Probanden blieben ohne Unterricht und absolvierten einen Tag nach dem Vortest den zu den Vergleichsgruppen identischen Nachtest mittels Fragebogen (Abb. 12). Es gab in dieser Gruppe keinen Nachhaltigkeitstest nach vier Wochen.

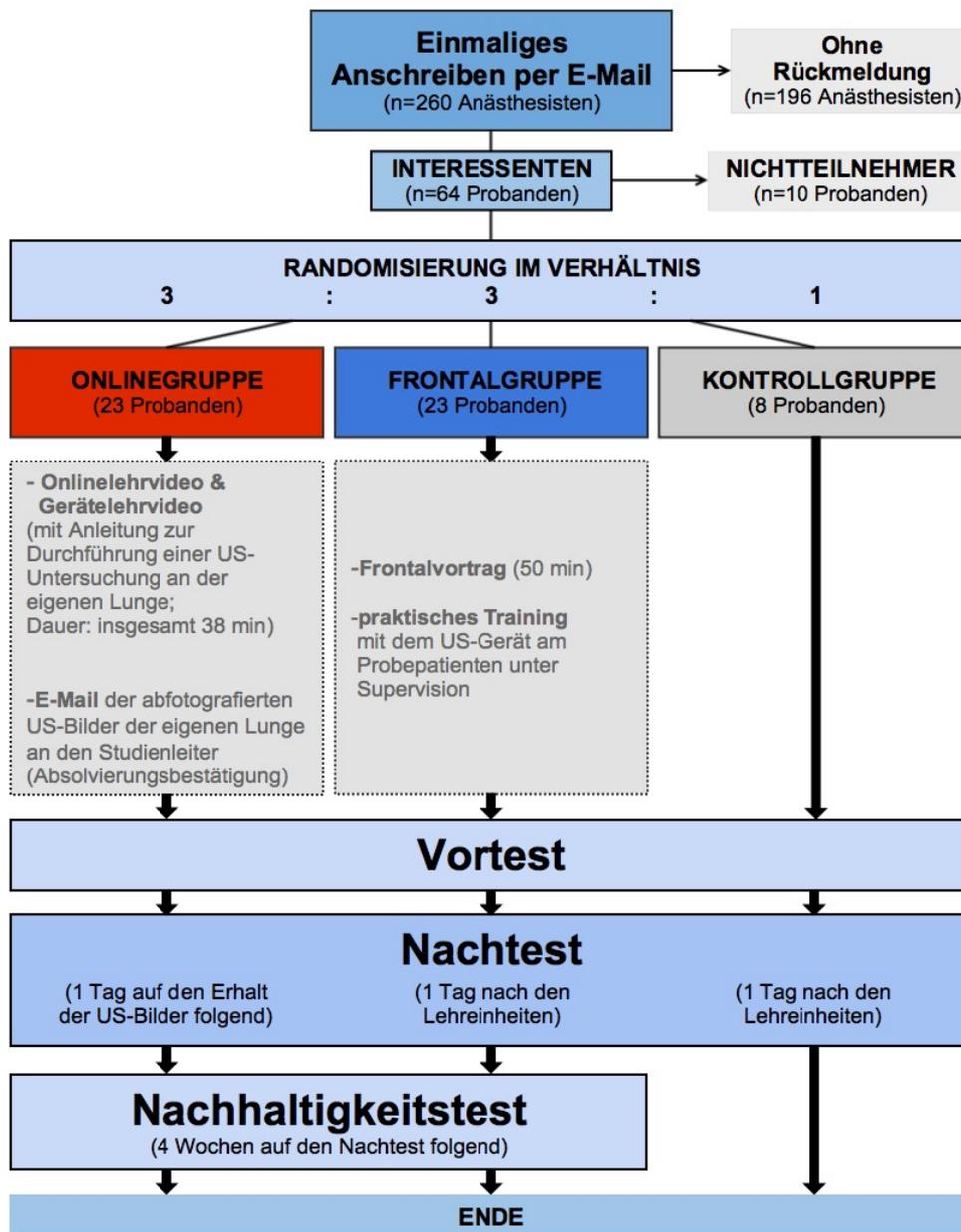


Abbildung 12: Anwerbung, Einteilung und Ausbildung der Probanden in Vergleichsgruppen.

4.2. Lehrinhalte

4.2.1. Theoretische Lehrinhalte

Durch die Erläuterung von Vorteilen des LUS wurden die Probanden an die Technik des LUS herangeführt. Die zugrundeliegende Theorie des LUS und die Möglichkeit des PTX-Ausschlusses mittels Artefakten wurden erklärt. Es folgte eine theoretische Anweisung zur korrekten Sondenauswahl und Anwendungslokalisierung am Oberkörper. Anschließend wurde das erste Artefakt, jenes des Pleuragleitens, näher beschrieben. Neben der Erklärung zur korrekten Sondenhandhabung wurde in weiterer Folge die Technik der Darstellung im M-Bildmodus mit Generierung des *Sandy-Beach*-Zeichens erläutert. Es wurde die Darstellung eines PTX im B- und M-Bildmodus aufgezeigt. Dabei wurde auch auf mögliche Fehldiagnosen eingegangen. Als zweites diagnostisches Kriterium wurde den Probanden der Lungenpuls vorgestellt. Neben einer Erklärung zu dessen Entstehung zeigte der Kommentator die Möglichkeit auf, einen PTX durch dessen Nachweis zuverlässig auszuschließen. Durch Fallbeispiele in Form von Videos und Bildern im B-Bildmodus sowie einer Röntgen-Thoraxaufnahme wurde bisher vermitteltes Wissen wieder aufgegriffen. Anhand der Fallbeispiele wurde zur Diagnose hingeführt und weitere Fehlerquellen aufgezeigt. Als drittes Artefakt wurden die B-Linien, deren Entstehung und ihre diagnostische Relevanz erklärt. Neben einer Anleitung zur standardisierten Untersuchung folgten Röntgenbilder eines Oberkörpers, US-Videos sowie Bilder mit Beispielen der Diagnosestellung eines PTX. Es wurden auch die A-Linien und deren Entstehung mitsamt Beispielvideos beschrieben. Zum Abschluss des theoretischen Vortrages wurde den Probanden der Ausschluss eines PTX mittels Entscheidungsbaumes erläutert und Limitationen des LUS aufgezeigt.

4.2.2. Praktische Lehrinhalte

Zu Beginn wurde den Probanden demonstriert, wie sie das US-Gerät in Betrieb nehmen, einen Patientenordner erstellen und die geeigneten Grundeinstellungen wählen. Im Anschluss wurde die zur LUS-Diagnostik geeignete Sonde und deren Anwendung mit aufgetragenem US-Gel am Oberkörper demonstriert. Im nächsten Schritt wurden die Probanden angeleitet, ein Übersichtsbild mit darüber und darunterliegender Rippe sowie der sich dazwischen darstellenden Pleura zu generieren. Dabei wurden die Probanden instruiert, die kontinuierliche Aufnahme des US-Gerätes mit Hilfe der Standbildfunktion zu unterbrechen. Die dargestellten Rippen und die Pleuralinie wurden identifiziert. Im nächsten Schritt platzierten die Probanden die Sonde erneut am Oberkörper und starteten den kontinuierlichen Aufnahmemodus. Sie wechselten bei einem zwischen die Rippen gelegten Schallfenster in den M-Bildmodus. Die Probanden wurden angewiesen, ein Standbild zu erstellen. Das *Sandy-Beach*-Zeichen sollte benannt werden. Anschließend wurden die Probanden instruiert, in den B-Bildmodus zu wechseln, ein Übersichtsbild zu erzeugen und die Bildtiefe des generierten US-Bildes zu adaptieren. Durch Sondenbewegungen wurden mehrere A-Linien sichtbar gemacht und erneut ein Standbild erzeugt.

4.3. Testinhalte

Objektiver Test

Im Rahmen der Studie von T. Edrich et al. wurden denselben Probandengruppen wie in der vorliegenden Studie durch die beiden Lehrmethoden („*Online*“ und „*Frontal*“) theoretische und praktische Kenntnisse zum LUS vermittelt und anschließend abgefragt.

Der theoretische Testteil bestand aus zehn *Multiple-Choice*-Fragen mit einer begleitenden Videoaufnahme und vier fragebezogenen Beispielbildern. Der Frageninhalt konzentrierte sich auf die Anwendung von LUS zum PTX-Ausschluss. Verschiedene Artefakte wie jene der B-Linien und A-Linien sowie das Pleuragleiten sollten erkannt und in richtiger Art und Weise zum PTX-Ausschluss herangezogen werden. Bei Fallbeispielen zur Fehlintonation, komplettem Lungenkollaps, Lungenfibrose oder Lungenkonsolidierungen sollten mögliche Limitationen von LUS zum PTX-Ausschluss erkannt werden. Untersuchungsbefunde waren im Rahmen eines Fallbeispiels ebenfalls richtig zu interpretieren. Im praktischen Testteil sollten die Probanden einen elektronischen Patientenordner erstellen, die US-Sonde in geeigneter Weise am Probanden anwenden und ein Standbild mit Hilfe der Standbildtaste sowie eine Videoaufnahme mit Hilfe der Videofunktionstaste erstellen. Im nächsten Schritt sollten die Probanden ein interkostales Übersichtsbild erzeugen und die Rippen und die Pleura richtig benennen. Anschließend sollten die Probanden in den M-Bildmodus wechseln und das *Sandy-Beach*-Zeichen sowie die Pleura identifizieren. Zum Abschluss sollten die A-Linien benannt und die Bildtiefe adaptiert werden.

Fragebögen

Im Gegensatz zur Studie von T. Edrich et al. sollten durch die vorliegende Studie Erkenntnisse zur Selbsteinschätzung der Probanden mittels Fragebögen gewonnen werden. Die Probandengruppen „*Online*“, „*Frontal*“ sowie „*Kontrolle*“ entsprachen jenen der Studie von T. Edrich et al.

Im Vortest-Fragebogen wurden die Gruppencharakteristika (Alter, Geschlecht, Berufserfahrung) und die Probandenerfahrung zum Umgang mit US im Allgemeinen und LUS abgefragt. Zudem wurden die Erfahrung zum Umgang mit den am Studienort benutzten Geräten sowie der derzeitige Bedarf und die

derzeitige Anwendung von LUS erhoben. Bei bereits durchgeführtem LUS wurden die Indikationsstellung abgefragt und die Häufigkeit an Verzicht auf LUS trotz gegebener Indikation bestimmt. Abschließend sollten die Probanden die richtigen Indikationsstellungen zur LUS-Untersuchung aus Mehrfachantworten auswählen.

Im Nachtest-Fragebogen wurden die präferierte Lehrmethode sowie die Probandenzufriedenheit mit den Lehrmethoden (Lehrform, LE-Dauer, Verständlichkeit, Benotung der LE) abgefragt. Auch die erworbenen Kenntnisse zum LUS wurden bestimmt (Identifikation der verschiedenen Artefakte, Orientierung am Probanden, eigenständige LUS-Untersuchung). Die Probanden sollten zudem eine Angabe tätigen, ob sie LUS zur Diagnostik häufiger anwenden wollten und ob ein weiterer Bedarf an LE zu LUS oder US im Allgemeinen bestand.

Im Nachhaltigkeitstest-Fragebogen sollten die Probanden eine Angabe zur Nutzung von US im Allgemeinen und LUS tätigen. Dabei wurden die Probandenselbsteinschätzung mit Angaben zum Umgang mit den US-Geräten und Erkennung der verschiedenen Artefakte sowie die Orientierung am US-Bild erhoben. Es sollte bewertet werden, ob die Kenntnisse nach den LE zur eigenständigen LUS-Untersuchung ausreichend waren und wie viel Wissen von den Probanden beibehalten werden konnte. Des Weiteren sollte eine Angabe gemacht werden, ob die Probanden trotz vorhandenem Bedarf auf eine eigenständige LUS-Untersuchung verzichteten. Abgefragt wurde auch, ob weiterer Bedarf an LE besteht und welche Lehrform von den Probanden bevorzugt wird. Hatten die Probanden bereits eine eigenständige Recherche unternommen, wurden Quellen abgefragt. Bei der *Online-Gruppe* wurde erhoben, wie oft die einzelnen Lehrvideos betrachtet wurden. Auch auf die Erwartungserfüllung hinsichtlich der LE und die zukünftige Anwendungsrate von LUS wurde eingegangen. Detaillierte Muster der Fragebögen sind im Anhang angeführt.

4.4. Untersuchungsmethoden

Alle Fragebögen wurden zu Beginn der Studie mit Hilfe der Internetplattform „haekchen.at“ erstellt. Insgesamt drei Fragebögen wurden erarbeitet. Hierbei fanden Fragen mit „Optionsfeld“ mit zwei bis zehn möglichen Antworten sowie Fragen mit zugehörigem „Textfeld“ Anwendung. Die Fragebögen konnten im Internet und in gedruckter Form zur Verfügung gestellt werden. Für die vorliegende Studie wurden die Fragebögen ausschließlich in gedruckter Form genutzt. Mittels Textfeldern konnten die Fragebögen für die einzelnen Probanden personalisiert und Handhabungshinweise eingebettet werden. Zur Datenerfassung und Auswertung wurden die Fragebögen in eine elektronische Vorlage mittels SPSS (Statistik für Windows, Version 22.0 & 23.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA) umcodiert. Bei Fragen mit Mehrfachantworten wurden die einzelnen Antwortmöglichkeiten einzeln aufgeführt mit zugehörigen Werten „1 = angekreuzt“, „2 = nicht angekreuzt“. Die Nummerierung wurde anschließend als „Name“ der einzelnen Fragen in der „Variablenansicht“ definiert. Die genaue Fragestellung erfolgte anschließend im Raster „Beschriftung“.

Ein nominales Messniveau wurde bei der Angabe zum Geschlecht, zur präferierten Unterrichtsmethode, zur eigenständigen LUS-Untersuchung und deren häufigeren Anwendung sowie zu den Zahlenfolgen angewandt. Auch bei Fragen mit den Antwortmöglichkeiten „angekreuzt“, „nicht angekreuzt“ sowie „ja“, „nein“, „keines der Genannten“ wurde ein nominalverteiltes Messniveau gewählt. Für das Probandenalter wurde ein metrisches Messniveau eingefügt und für alle weiteren Fragen ein ordinales Messniveau. Die einzelnen Antwortmöglichkeiten zu den jeweiligen Fragen wurden bei aufsteigender Wertzahl, beginnend mit „1“, im Balken „Werte“ in die Datenbank eingepflegt. Den Wert „1“ nahm dabei stets die Antwortmöglichkeit der höchsten Rangfolge (bspw. „sofort sehr gut erkennbar“) ein. Die Angabe „keines der Genannten“ wurde dabei als Variable niedrigster Rangfolge definiert. Alle Daten wurden „rechtszentriert“ dargestellt bei als „Input“ definierten Datensätzen und einem „Spaltenformat“ von „8 bei 8“ Spalten. Fragestellungen mit offener Antwortmöglichkeit wurden als Fragestellung des Typs „Zeichenfolge“ mit nominalem Messniveau definiert. Enthielt eine Fragestellung neben vorgegebenen Antwortmöglichkeiten auch eine offene Antwortmöglichkeit, dann wurde diese separat im Format einer „offenen Frage“ angeführt. Machten die Probanden zu einer Fragestellung keine Angabe,

dann wurde dies mit dem Wert „999“ unter der Spalte „Fehlend“ kodiert. Mit Hilfe dieser Einstellung konnten nicht beantwortete Fragen aus dem statistischen Vergleich exkludiert und gesondert aufgeführt werden. Zur statistischen Auswertung wurde für die Frage: „Welcher Gruppe wurden Sie randomisiert zugeteilt?“, die *Nummer* und der *Variablennamen* „G1“ vergeben sowie ein *nominalverteiltes Messniveau* angewandt. Im gleichen Schema erfolgte die Codierung zum Studienstandort mit dem *Variablennamen* „Standort“ und den *Werten* „1 = Standort Campus Großhadern“ und „2 = Standort Rechts der Isar“.

Die umkodierten Daten wurden mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests, unter Auswahl der entsprechenden Datensätze, auf Normalverteilung geprüft. Fragen, die als Zeichenfolgen definiert sind, waren von dieser Verteilungsprüfung ausgenommen. Zudem wurden Frage 16 und 17 des von der weiteren statistischen Analyse exkludiert. Frage 16 („Wo besteht Bedarf an weiteren LE?“) diente zur Generierung von Antwortmöglichkeiten für Frage 18 des Nachhaltigkeitsfragebogens. Frage 17 des Nachtests („In welchem Bereich werden Sie in den kommenden zwei Tagen arbeiten?“) diente zur besseren Studienorganisation.

Zu jeder Frage errechnete das Programm im nächsten Schritt verschiedene Parameter. Von Bedeutung waren die Angabe „N“ (*Probandenanzahl*), der Absolutwert der extremsten Differenzen sowie die *asymptotische Signifikanz* (2-seitig). Um herauszufinden, ob eine Normalverteilung gegeben ist, wurde in der Tabelle für den Kolmogorov-Smirnov-Test (Irrtumswahrscheinlichkeit 5%) der passende Wert zum jeweiligen Stichprobenumfang „N“ gewählt. Im nächsten Schritt wurden alle Fragen mit einem Absolutwert der „*extremsten Differenz*“, dessen Wert über dem aus der Tabelle abgelesenen Wert liegt, aussortiert. Bei den verbleibenden Fragen wurde im nächsten Schritt die „*asymptotische Signifikanz*“ betrachtet. Für diese wurde ein Grenzwert von „0,05“ festgelegt. Ein Wert von „0,05“ besagt, dass in 95% der Fälle die vorliegende Verteilung nicht normalverteilt ist. Alle Datensätze einer Frage, die eine Signifikanz von unter „0,05“ aufweisen, wurden im nächsten Schritt aussortiert. Eine Normalverteilung ist in diesem Falle unwahrscheinlich.

Es wurde gezeigt, dass ausschließlich bezüglich des Probandenalters und der Angabe zum Arbeitsort in den Folgetagen des Vortests in beiden Vergleichsgruppen eine Normalverteilung der Datensätze angenommen werden

konnte. Die restlichen Datensätze der einzelnen Fragen wurden im weiteren Verlauf als nicht normalverteilt angenommen.

Im nächsten Schritt wurden die Daten der einzelnen Vergleichsgruppen auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Standorten geprüft. Bei normalverteilten Variablen erfolgte eine Testung mittels t-Test, bei nicht normalverteilten Variablen mittels Mann-Whitney-U-Test, bei nominalverteilten Variablen mittels Chi-Quadrat-Test. Existierten keine signifikanten Unterschiede zwischen den an beiden Standorten generierten Ergebnissen, wurden die Daten beider Standorte zusammengenommen und als Gesamtheit analysiert.

Im nächsten Schritt wurden die Gruppen „*Online*“ und „*Frontal*“ verglichen. Dabei wurden als Zeichenfolge definierte Fragen separat ausgewertet. Normalverteilte Variablen wurden mittels t-Test verglichen, nicht normalverteilte Variablen mittels Mann-Whitney-U-Test. Nominalverteilte Variablen wurden einerseits mittels Chi-Quadrat-Test, bei kleineren Stichproben mittels Fisher-Yates-Test analysiert. Bei der Nullhypothese „keine Abweichungen in den Angaben der Vergleichsgruppen“ wurden Unterschiede mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit unter 5% (Signifikanzniveau von 5%, $p < 0,05$) als signifikant angenommen und die Nullhypothese abgelehnt.

Bei Abfrage der Probandenkenntnisse zu den jeweiligen Testzeitpunkten mittels objektivem und praktischem Test der Studie von T. Edrich et al. erfolgte im nächsten Schritt eine statistische Analyse der korrespondierenden Datensätze. Dies erfolgte um die Datensätze der Fragebögen mit den Datensätzen der objektiven Testverfahren miteinander vergleichen zu können. Zur Datenerfassung und Auswertung wurden die Fragen in eine elektronische Vorlage mittels SPSS umcodiert. Dabei wurde ein ordinales Skalenniveau für den Berufsstand gewählt. Ein metrisches Skalenniveau fand bei Fragen zum Probandenalter, zur Berufserfahrung, zu durchgeführten LUS-Untersuchungen, bei zeitlichen Angaben und zur Gesamtpunkteanzahl von Richtig- und Falschantworten Anwendung. Für die übrigen Fragen wurde ein nominales Skalenniveau gewählt. Im nächsten Schritt wurde eine Testung auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests durchgeführt. Bei nicht normalverteilten Variablen erfolgte im Anschluss eine Testung auf signifikante Unterschiede zwischen den an beiden Studienorten generierten Datensätzen innerhalb einer Vergleichsgruppe mittels Mann-Whitney-U-Test. Bei normalverteilten Variablen erfolgte die Testung mittels t-Test. Nominalverteilte

Datensätze wurden mittels Chi-Quadrat-Test bzw. Fischer-Yates-Test verglichen. Existierten keine signifikanten Unterschiede zwischen den an beiden Standorten generierten Ergebnissen, wurden die Daten beider Standorte zusammengenommen und als Gesamtheit analysiert. Abschließend erfolgte eine Testung auf signifikante Unterschiede zwischen *Frontal-* und *Online-Gruppe* mittels Mann-Whitney-U-Test bei nicht-normalverteilten Variablen, bei normalverteilten Variablen mittels t-Test. Bei nominalverteilten Datensätzen erfolgte eine Testung mittels Chi-Quadrat- beziehungsweise Fisher-Yates-Test. Die generierten Ergebnisse der theoretischen und praktischen Tests konnten im Anschluss den korrespondierenden Ergebnissen der Erhebung mittels Fragebogen gegenübergestellt werden.

4.5. Grafische Darstellung

Nach Auswertung der Daten erfolgte die Darstellung mittels GraphPad Prism. (Version 5.02 für Windows, GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Die grafische Aufarbeitung erfolgte in Form von gruppierten Verlaufsgraphen, die über die einzelnen Zeitpunkte der Fragebögen (Vor-, Nach- und Nachhaltigkeitsfragebogen) aufgetragen wurden.

Bei nicht normalverteilten Variablen wurde zu den einzelnen Testzeitpunkten der Median mit zugehörigem Interquartilabstand angeführt. Durch eine Darstellung der Interquartilabstände unterhalb beziehungsweise oberhalb des Medians wurden grafische Überschneidungen vermieden. Von der *Kontrollgruppe* wurde zum Testzeitpunkt nur der jeweilige Median angeführt. Bei einer Normalverteilung wurde der Mittelwert dargestellt mit zugehöriger Standardabweichung. Anschließend wurde für die *Online-Gruppe* die Farbe Rot, für die *Frontal-Gruppe* die Farbe Blau und für die *Kontrollgruppe* die Farbe Grau vergeben. Zur Angabe der zugehörigen Ergebnisse des *Multiple-Choice-Tests* und des *Praxistests* wurde die Farbe Schwarz gewählt. Alle Graphen wurden als *EMF-Dokument (Windows Enhanced Metafile)* exportiert. Die erstellten Dateien wurden dann in *JPEG-Dateien (Joint Photographic Experts Group)* umgewandelt. Signifikante Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen „*Online*“ und „*Frontal*“ wurden zu dem jeweiligen Zeitpunkt über den Medianen bzw. Mittelwerten wie folgt angegeben: Auf ein Signifikanzniveau unter „0,05“ ($p < 0,05$) wurde mit einem Stern (*) hingewiesen, auf ein Signifikanzniveau unter „0,005“ ($p < 0,005$) mit zwei Sternen (**).

4.6. Rückmeldebogen

Auf Wunsch und Nachfrage der Probanden des Standortes Großhadern erhielten diese nach Abschluss der Studie einen personalisierten Rückmeldebogen über die individuellen Ergebnisse im theoretischen und praktischen Testteil.

Mit der jeweiligen Teilnehmernummer versehen wurde nach einer kurzen Danksagung die individuelle Leistung des Probanden dargestellt. Dies erfolgte in Form eines Diagrammes mit gruppierten Balken zu den einzelnen Testzeitpunkten (x-Achse). Neben der Anzahl an maximal möglichen Antworten (n) wurden die Falschantworten und die von dem Probanden richtig beantworteten Fragen nebeneinander dargestellt (y-Achse). Auf den Seiten 2-5 wurden alle Fragen des Tests angeführt, wobei die korrekte Antwortmöglichkeit angegeben wurde. In *kursiver* Schriftart aufgeführt, konnten sich die Probanden ihre Antwortmöglichkeiten zu den einzelnen Fragen in Erinnerung rufen. Hatte der Proband die korrekte Antwort gewählt, so wurde dies zusätzlich hervorgehoben. Zur besseren Übersicht wurden Falsch- sowie Richtigantworten am rechten Blattrand zusätzlich symbolisch aufgearbeitet. Auf den Seiten 6-9 wurden die Arbeitsabläufe zu den einzelnen Praxistestfragen erläutert. Neben einer Erklärung zur Durchführung wurden Schlüsselbilder zum Arbeitsablauf gezeigt. Einige Bilder zeigten die grafische Benutzeroberfläche des jeweiligen Gerätes mit klaren Markierungen für die korrekte Auswahl. Manche zeigten die Sondenanwendung mit Hinweismarkierungen zur korrekten Handhabung. Andere zeigten die Tasten des US-Gerätes mit der Markierung der anzuwendenden Taste. Auch US-Bilder im B- oder M-Bildmodus mit den zu erkennenden Artefakten und Strukturen wurden gezeigt, teils mit Erklärung zur Entstehung des jeweiligen Artefakts. Zur besseren Übersicht wurden die Richtig- und Falschantworten der Probanden erneut mittels Zeichen am rechten Blattrand angeführt.

Das Muster eines Rückmeldebogens, welcher durch den Autor für jeden Probanden individuell verfasst wurde, befindet sich im Anhang.

5. Ergebnisse

Analysiert werden im ersten Teil (Teil A) einerseits die Charakteristika der einzelnen Vergleichsgruppen, andererseits die Angaben der Probanden zur Vorerfahrung und den Vorkenntnissen. Im zweiten Teil (Teil B) wird anhand der Ergebnisse der Fragebögen eine Analyse über die Entwicklung der Probandenkenntnisse im Studienverlauf erstellt. Im dritten Teil (Teil C) erfolgt eine Gegenüberstellung der Ergebnisse des objektiven Tests der Publikation von T. Edrich et al. mit den Probandenangaben der Fragebögen (*Multiple-Choice-Test* und praktischer Test vs. Fragebögen). Im vierten Teil (Teil D) erfolgt die Zuordnung der Ergebnisse zu den Fragestellungen der Zielsetzung.

5.1. Teil A – Gruppencharakteristika und Vorkenntnisse

Neben Angabe der spezifischen Rücklaufquoten erfolgt im ersten Teil (Teil A) eine Gegenüberstellung der Vergleichsgruppen unter Analyse spezifischer Gruppencharakteristika (Geschlecht, Alter, Berufserfahrung). Es erfolgt eine weitere Erhebung zu Vorkenntnissen im Umgang mit US und LUS.

5.1.1. Probandenrekrutierung

Bei 260 einmalig per E-Mail eingeladenen Anästhesistinnen und Anästhesisten betrug die Rücklaufquote 24,6% (n=64 Anästhesisten (weiblich und männlich)). Von diesen waren jeweils 32 an jedem Standort beschäftigt. Die standortinternen Rücklaufquoten betragen 27,8% (n=32 von 115) am Standort Klinikum Großhadern und 22,1% (n=32 von 145) am Standort Klinikum rechts der Isar. 84,4% (n=54) aller an der Studie interessierten Probanden konnten in die Studie aufgenommen werden. 15,6% (n=10) an interessierten Probanden war es nicht möglich, an den Studienterminen teilzunehmen. Ursächlich war vor allem ein Mangel an zeitlicher Kapazität.

5.1.2. Gruppencharakteristika

Bei einer Aufteilungsschlüssel von 3:3:1 wurden der Gruppe „*Online*“ und „*Frontal*“ jeweils 23 Probanden zugeteilt, der *Kontrollgruppe* 8 Probanden.

Von den jeweils 23 Probanden waren in der *Online-Gruppe* 65,2% (n=15) der Probanden weiblich und 34,8% (n=8) männlich. In der *Frontal-Gruppe* waren 65,2% (n=15) der Probanden männlich und 34,8% (n=8) der Probanden weiblich ($p < 0,05$). Das Durchschnittsalter lag in der *Online-Gruppe* bei $32,4 \pm 4,6$ Jahren im Vergleich zu den älteren Probanden der *Frontal-Gruppe* mit durchschnittlich $36,2 \pm 5,8$ Jahren ($p < 0,05$), (Abb. 13).

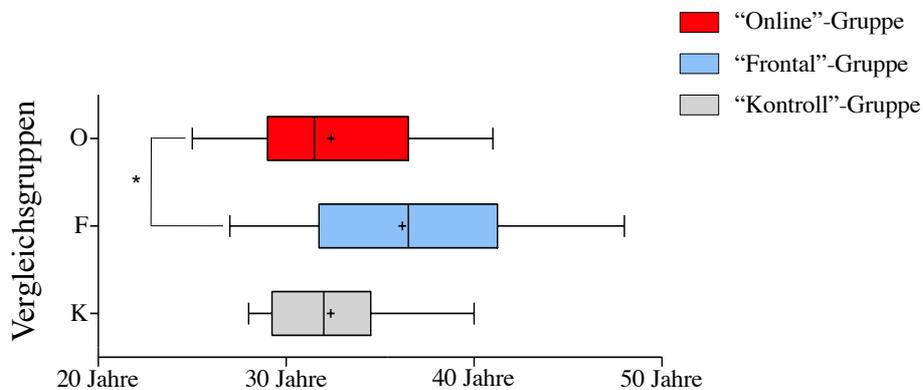


Abbildung 13: Alter der „*Online-*“, (O), „*Frontal-*“, (F), und „*Kontroll-*“Gruppe (K). Gezeigt ist der Median mit den 25%/75%-Quartilen als Boxplot ($*p < 0,05$; Rangsummen-ANOVA).

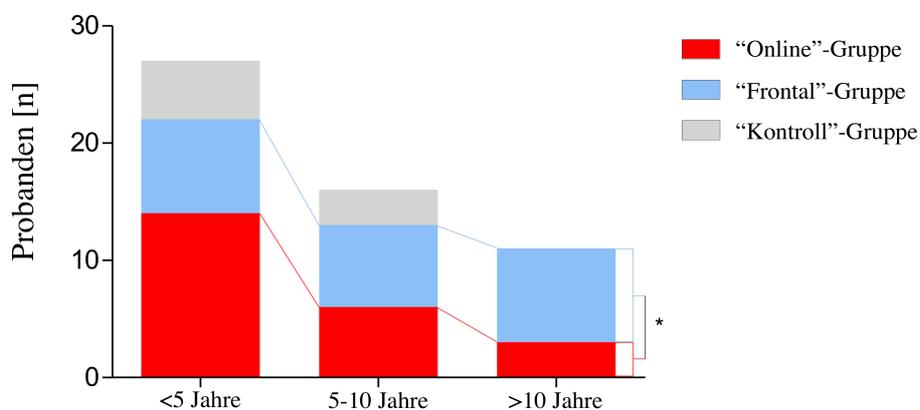


Abbildung 14: Berufserfahrung der Probanden der „*Online-*“, „*Frontal-*“, und „*Kontroll-*“Gruppe. Gezeigt wird die absolute Anzahl (n) an Probanden mit einer Berufserfahrung <5, 5-10 und >10 Jahren ($*p = 0,05$).

Die Berufserfahrung in der *Online-Gruppe* lag bei 60,9% (n=14) „unter 5 Jahren“, bei 26,1% (n=6) bei „5-10 Jahren“ und bei 13% (n=3) „über 10 Jahren“. In der *Frontal-Gruppe* lag die Berufserfahrung bei 34,8% (n=8) der Probanden „unter 5 Jahren“, bei 30,4% (n=7) der Probanden bei „5-10 Jahren“ und bei 34,8% (n=8) der Probanden „über 10 Jahren“ (p=0,05), (Abb. 14).

Von den 8 Probanden der *Kontrollgruppe* waren 50% (n=4) weiblich und 50% (n=4) männlich. Das Durchschnittsalter betrug 32,4±8 Jahre. 62,5% (n=5) der Probanden wiesen eine Berufserfahrung „unter 5 Jahren“ und 37,5% (n=3) eine Berufserfahrung von „5-10 Jahren“ auf, (Abb. 14).

5.1.3. Vorkenntnisse

89,1% (n=41) der Probanden dokumentierten zu Studienbeginn „mittelmäßige“ bis „gar keine Erfahrung“ im Umgang mit US (kein signifikanter Unterschied in den Vergleichsgruppen (n.s.)). In der *Kontrollgruppe* gaben 25% (n=2) „gute“ und je 37,5% (n=3) „mittelmäßige“ beziehungsweise „wenig“ Erfahrung an. 82,6% (n=38) der Probanden gaben an, „mittelmäßige“ bis „sehr schlechte“ Kenntnisse im Umgang mit dem US-Gerät zu besitzen (n.s.). In der *Online-Gruppe* gaben 4,3% (n=1) der Probanden „sehr gute“ Kenntnisse an (Abb. 15). Ähnliche Ergebnisse zu den Gerätekenntnissen waren in der *Frontal-Gruppe* zu erheben. Dabei gaben 13,0% (n=3) der Gruppenprobanden „gute“ und 47,8% (n=11) der Gruppenprobanden „mittelmäßige“ Gerätekenntnisse an. In der *Kontrollgruppe* waren dies 25% (n=2) „gute“ und 50% „mittelmäßige“ Gerätekenntnisse. Bei Nachfrage der Nutzungshäufigkeit von US als Technik gaben 76,1% (n=35) Probanden an diese „gelegentlich“ bis „oft“ zu nutzen (Abb. 15).

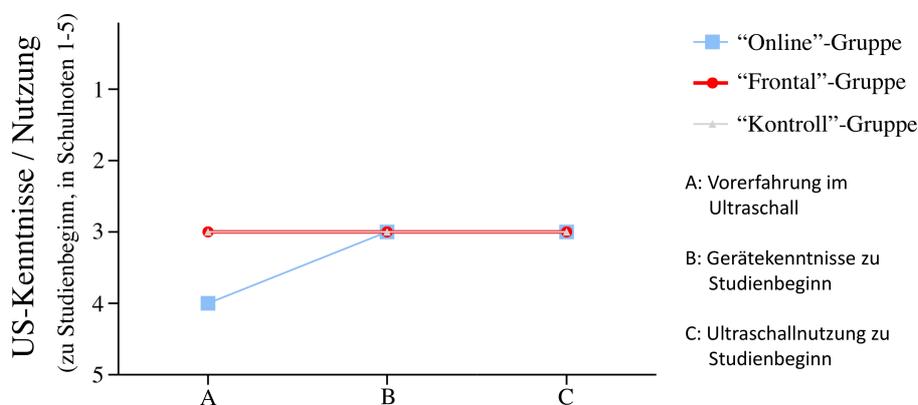


Abbildung 15: US-Nutzung und -Kenntnisse zu Studienbeginn. Gezeigt wird die Einschätzung der Vergleichsgruppenprobanden zur Vorerfahrung im US (A), zu den Gerätekenntnissen (B) und zur US-Nutzung (C). Dargestellt ist der Median bei einer Bewertungsskala von 1 (Sehr gut) bis 5 (Nicht genügend). Der Interquartilabstand wird zur besseren Übersicht nicht aufgeführt.

Den Bedarf an LUS gaben 60,9% (n=14) der *Frontal-Gruppe* dabei als „häufig“ an, im Vergleich zur *Online-Gruppe* mit 21,7% (n=5, $p < 0,05$). In der *Kontrollgruppe* gaben 12,5% (n=1) „sehr häufigen“, 62,5% (n=5) „häufigen“ und 25,0% (n=2) „seltenen“ Bedarf an LUS an (Tab. 1).

Wie schätzen Sie ihren Bedarf an LUS ein?	sehr häufig	häufig	selten	sehr selten	gar nicht
"Online"-Gruppe (n=23)	0,0	21,7	56,5	13,0	8,7
"Frontal"-Gruppe (n=23)	0,0	60,9	26,1	13,0	0,0
Kontrollgruppe (n=8)	12,5	62,5	25,0	0,0	0,0

Tabelle 1: Bedarf an LUS zu Studienbeginn. Gezeigt wird der prozentuale Anteil an Probanden innerhalb der jeweiligen Vergleichsgruppe „Online“, „Frontal“ und „Kontrolle“ sowie deren Angaben zum Bedarf an LUS von „sehr häufig“ bis „sehr selten“, (*p<0,05).

47,8% (n=22) der Probanden gaben zu Studienbeginn an, mindestens einmal LUS zur Diagnostik angewandt zu haben (*Online-Gruppe*: 39,1% (n=9); *Frontal-Gruppe*: 56,5% (n=13), (n.s.). In der *Kontrollgruppe* nutzten 50% (n=4) bereits LUS. Dieser wurde von 41,3% (n=19) aber vor allem zur PLE-Diagnostik durchgeführt (Abb. 16).

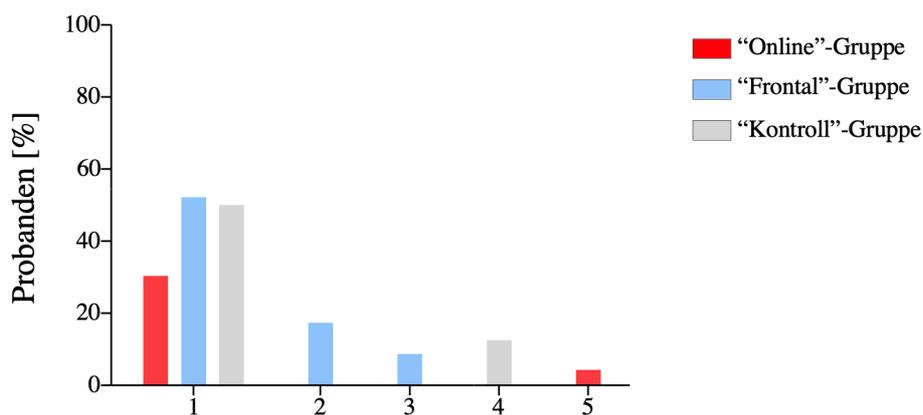


Abbildung 16: Anwendung von LUS zu Studienbeginn. Gezeigt wird der prozentuale Anteil an Probanden einer Vergleichsgruppe, welcher LUS entweder zur PLE-Diagnostik (1), zur PTX-Ausschlussdiagnostik (2), zur Atelektasenabklärung (3), zur ZVK-Anlage (4) oder zur Diagnostik mittels Transthorakaler Echokardiografie (TTE) (5) nutzte. Nutzte keiner der Probanden einer Vergleichsgruppe die Untersuchungsmodalität, wurde auf eine grafische Darstellung verzichtet.

67,4% (n=31) der Probanden vermerkten außerdem, auf LUS verzichtet zu haben, obwohl eine klare Indikation zum PTX-Ausschluss bestand (n.s.). Es verzichteten in der *Online-Gruppe* je 4,3% (n=1) „sehr oft“ und „oft“ und in der *Frontal-Gruppe* 30,4% (n=7) „oft“ auf LUS trotz gegebener Indikation. In der *Kontrollgruppe* verzichteten 13,0% (n=3) „oft“ auf LUS (Tab. 2).

Wie oft haben Sie bereits trotz LUS-Indikation darauf verzichtet?	sehr oft	oft	gelegentlich	selten	nie
„Online“-Gruppe (n=23)	4,3	4,3	21,7	30,4	39,1
„Frontal“-Gruppe (n=23)	0,0	30,4	26,1	17,4	26,1
Kontrollgruppe (n=8)	0,0	37,5	12,5	37,5	12,5

Tabelle 2: Verzicht auf LUS trotz gegebener Indikation. Gezeigt wird der relative Anteil an Probanden innerhalb der Vergleichsgruppen „Online“, „Frontal“ und „Kontrolle“ und deren Angabe zur Häufigkeit des Verzichts an LUS trotz vorhandener Indikation, (n.s.).

Eine gegebene Indikation zur Anwendung von LUS sahen 18,5% (n=10) der Probanden bei vorhandener Pleurakalzifikation. 100% der Probanden schätzten die Anwendung von LUS zur Diagnostik bei einem PLE und 96,3% zur Diagnostik bei einem PTX als geeignet ein. Bei vorliegendem Hautemphysem sahen 37,0% (n=20) LUS als geeignete Untersuchungsmethode an und 48,1% (n=26) zur Abklärung bei vorliegenden Atelektasen, (Tab. 3).

Geeignete Anwendungsbereiche von LUS zur Lungenbeurteilung?	„Online“-Gruppe (n=23)	„Frontal“-Gruppe (n=23)	Kontrollgruppe (n=8)
bei vorhandener Pleurakalzifikation	17,4	21,7	12,5
Lungenstauung	26,1	21,7	25,0
Pneumothorax	91,3	100,0	100,0
Pleuraerguss	100,0	100,0	100,0
Pleura angrenzende Tumoren	60,9	34,8	25,0
Atelektasen	43,5	56,5	37,5
Lungenkonsolidierungen	34,8	26,1	25,0
Lungeninfarkt	0	13,0	0,0
bei vorhandenem Hautemphysem	39,1	34,8	37,5
Pneumonie	8,7	17,4	12,5

Tabelle 3: Anwendungsgebiete von LUS. Aufgelistet wird der prozentuale Anteil an Probanden innerhalb der Vergleichsgruppen „Online“, „Frontal“ und „Kontrolle“, die LUS zu Studienbeginn bei den aufgeführten Anwendungsbereichen als geeignet betrachteten.

5.2. Teil B - Nach den Lehreinheiten

Im zweiten Teil (Teil B) erfolgt die Analyse zur Entwicklung der spezifischen Probandenkenntnisse im Studienverlauf (Gerätekenntnisse, Bildorientierung, Artefaktdarstellung). Der Einfluss der Lehreinheiten auf die eigenständige Nutzung von US und LUS wird erhoben. Anhand der Probandenangaben wird eine Analyse der jeweiligen Lehreinheiten und der präferierten Lehrmethode erstellt.

5.2.1. Kenntnisse

Gerätekenntnisse

Die Gerätekenntnisse wurden nach den LE von 56,5% (n=13) der *Online-Gruppe* als „sehr gut“ bis „gut“ beschrieben. Im Vergleich dazu beschrieben 21,7% (n=5) der *Frontal-Gruppe* die Kenntnisse „sehr gut“ bis „gut“ ($p < 0,05$; Tab. 4).

Wie schätzen Sie ihre Gerätekenntnisse ein?	sehr gut	gut	mittelmäßig	schlecht	sehr schlecht	keines der Genannten
<i>„Online“-Gruppe</i> (n=23)	4,3	52,2	43,5	0,0	0,0	0,0
<i>„Frontal“-Gruppe</i> (n=23)	0,0	21,7	69,6	8,7	0,0	0,0
<i>Kontrollgruppe</i> (n=8)	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	87,5

Tabelle 4: Gerätekenntnisse direkt nach den Lehreinheiten (Nachttest). Gezeigt wird der prozentuale Anteil an Probanden innerhalb der Vergleichsgruppen „*Online*“, „*Frontal*“ und „*Kontrolle*“ sowie deren Angabe zu den individuellen Gerätekenntnissen von „sehr gut“ bis „sehr schlecht“ (* $p < 0,05$).

Im Nachhaltigkeitstest gab es bei den Gerätekenntnissen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Vergleichsgruppen „*Online*“ und „*Frontal*“. Die Kenntnisse schätzten die Probanden im Vergleich zum Nachttest geringer ein. 80,4% (n=37) der Probanden schätzten ihre Kenntnisse als „sehr gut“ bis „mittelmäßig“ ein. In der *Online-Gruppe* wurden bei 4,3% (n=1) „sehr gute“, bei 26,1% (n=6) „gute“ und bei 52,2% (n=12) „mittelmäßige“ Kenntnisse verzeichnet. Ähnlich verhielt es sich in der *Frontal-Gruppe* mit „guten“ Kenntnissen bei 17,4% (n=4) der Probanden und „mittelmäßigen“ bei 60,9% (n=14, Abb. 17).

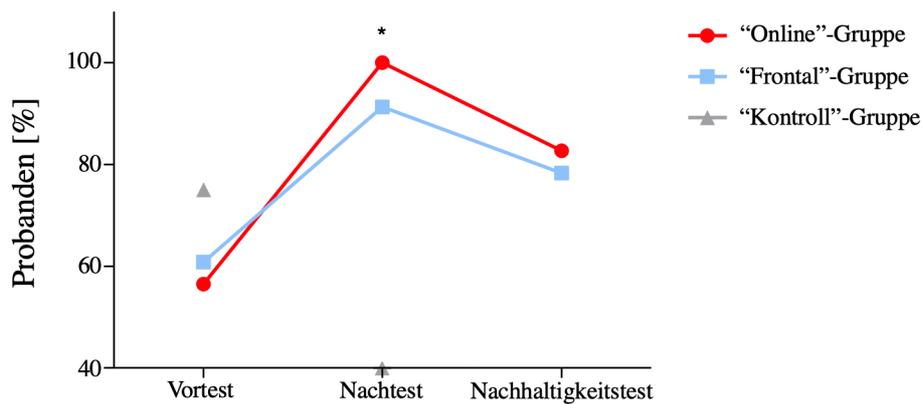


Abbildung 17: Gerätekenntnisse im Studienverlauf. Gezeigt wird der prozentuale Anteil an Probanden der Vergleichsgruppen „Online“, „Frontal“ und „Kontrolle“, die „sehr gute“ bis „mittelmäßige“ Gerätekenntnissen zum Zeitpunkt des Vor-, Nach- und Nachhaltigkeitstest vermerkten, (* $p < 0,05$). Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachtest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

Orientierung

Nach den LE konnten sich 91,3% (n=42) der Probanden „sehr gut“ bis „gut“ sonographisch am Patienten orientieren (n.s.). Lediglich ein Proband gab an sich nach den LE schlecht orientieren zu können (n.s.). In der *Kontrollgruppe* konnten sich je 12,5% (n=1) „sehr gut“ beziehungsweise „gut“ orientieren und 50% (n=4) verblieben ohne nähere Angabe (Abb. 18).

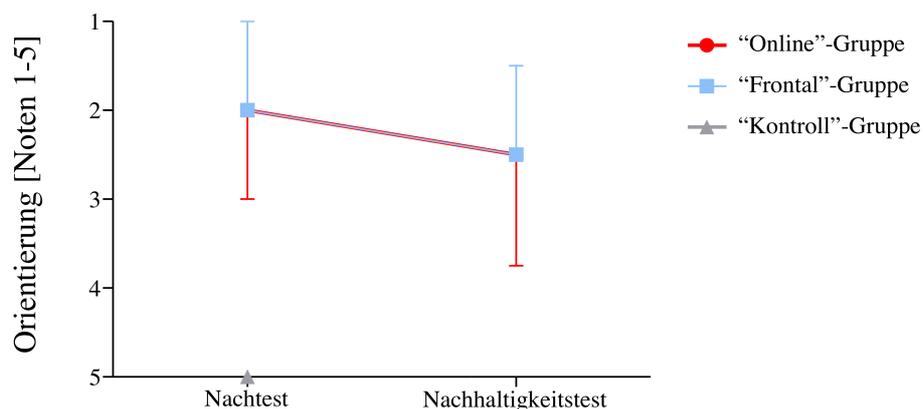


Abbildung 18: Orientierung mittels US. Gezeigt wird die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden der „Online-“, „Frontal-“ und „Kontroll-Gruppe“ zur Orientierung mittels US zum Zeitpunkt des Nach- und Nachhaltigkeitstest. Dargestellt ist der Median und der zugehörige Interquartilabstand bei einer Bewertungsskala von 1 (Sehr gut) bis 5 (Nicht genügend), (n.s.). Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachtest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

Auf dem LUS-Bild orientierten sich am Ende der Studie 95% (n=38) der Probanden zumindest „genügend“ (n.s.). Probanden, die keine Angabe zur

Fragestellung machten, wurden von vorangegangenen prozentualen Berechnungen ausgenommen.

Artefakte

Bei der Erkennung der Artefakte gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen:

A-Linien

87%(n=40) der Probanden gaben direkt nach den LE an, die A-Linien „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ zu erkennen (n.s.).

Zu Studienende gaben 82,6% (n=19) der Probanden in der *Online-* und 81,8% (n=18) der Probanden in der *Frontal-Gruppe* an, die A-Linien „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit mäßig“ erkennen zu können (n.s.). 4,3% (n=1) der *Online-Gruppe* gaben an, diese „selbst nach einiger Zeit nur schwer“ erkennen zu können. In der *Frontal-Gruppe* konnten 4,5% (n=1) die A-Linien „gar nicht“ erkennen (Abb. 19).

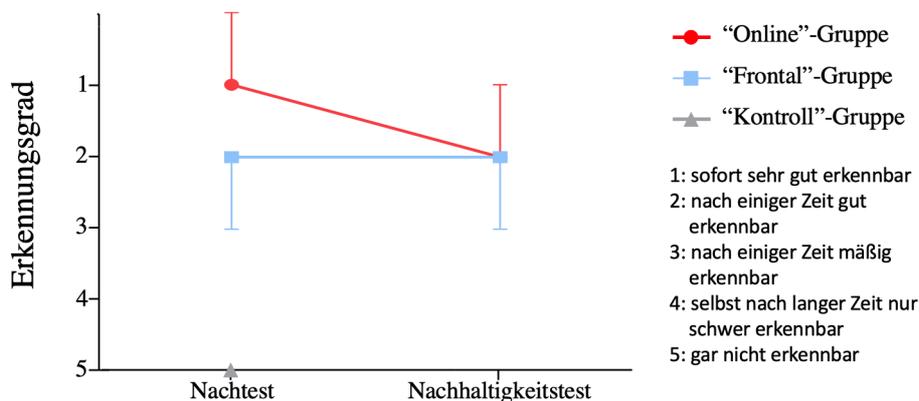


Abbildung 19: Identifikation der A-Linien. Gezeigt wird die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden „Online“, „Frontal“ und „Kontrolle“ zur Erkennung (Erkennungsgrad) von A-Linien zum Zeitpunkt des Nach- und Nachhaltigkeitstests. Dargestellt ist der Median und der zugehörige Interquartilabstand bei einer Skala von 1 (sofort sehr gut erkennbar) bis 5 (gar nicht erkennbar), (n.s.). Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachttest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

B-Linien

Nach den LE gaben 65,2% (n=15) der *Online-Gruppe* und 78,3% (n=18) der *Frontal-Gruppe* an, die B-Linien „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit mäßig“ erkennen zu können (n.s.).

Zum Studienende gaben mit 82,6% (n=19) in der *Online-* und 86,4% (n=20) in der *Frontal-Gruppe* mehr Probanden an, die B-Linien erkennen zu können (n.s.).

13,0% (n=3) der *Online-Gruppe* gaben an die B-Linien „selbst nach einiger Zeit nur schwer“ und 4,3% (n=1) „gar nicht“ zu erkennen. Ähnlich bei der *Frontal-Gruppe*, in der 4,5% (n=1) angaben, diese „selbst nach einiger Zeit nur schwer“ und 9,1% (n=2) „gar nicht“ erkennen zu können (Abb. 20).

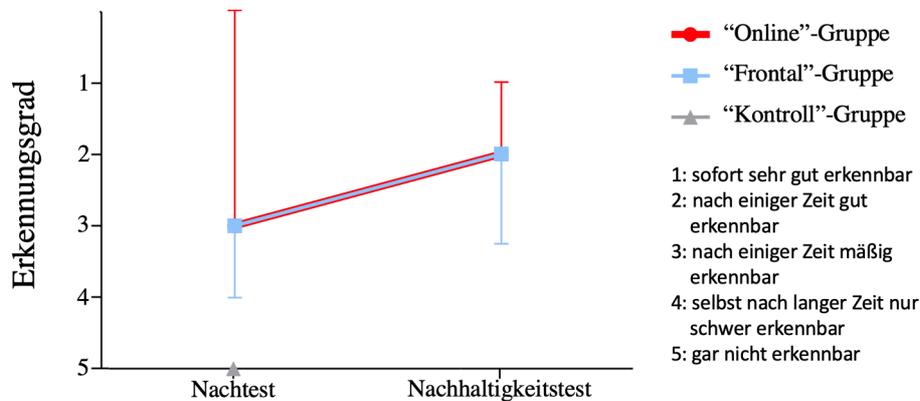


Abbildung 20: Identifikation der B-Linien. Gezeigt wird die Angabe der Vergleichsgruppen „Online“, „Frontal“ und „Kontrolle“ zur Erkennung (Erkennungsgrad) von B-Linien nach den Lehreinheiten. Dargestellt ist der Median und der zugehörige Interquartilabstand bei einer Skala von 1 (sofort sehr gut erkennbar) bis 5 (gar nicht erkennbar), (n.s.). Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachttest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

Pleuragleiten

78,3% (n=36) der Probanden gaben an, direkt nach den LE das Pleuragleiten „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ erkennen zu können (Abb. 21).

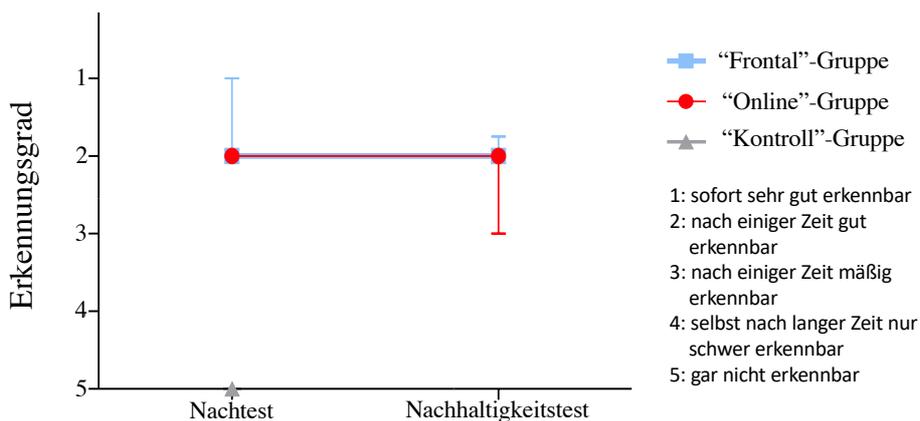


Abbildung 21: Identifikation des Pleuragleitens. Gezeigt wird die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden „Online“, „Frontal“ und „Kontrolle“ zur Erkennung (Erkennungsgrad) des Pleuragleitens nach den Lehreinheiten. Dargestellt ist der Median und der zugehörige Interquartilabstand bei einer Skala von 1 (sofort sehr gut erkennbar) bis 5 (gar nicht erkennbar), (n.s.). Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachttest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

Zum Zeitpunkt des Nachhaltigkeitstestes sank die Erkennungsrate in der *Online-Gruppe* auf 65,2% (n=15), in der *Frontal-Gruppe* blieb sie konstant bei 78,3% (n=18, n.s.). 34,8% (n=8) der *Online-Gruppe* und 18,2% (n=4) der *Frontal-Gruppe* gaben an, das Pleuragleiten „nach einiger Zeit mäßig“ erkennen zu können (n.s.). 4,5% (n=1) der *Frontal-Gruppe* gaben an, das Gleiten „nach einiger Zeit nur schwer“ erkennen zu können, wobei ein Proband der *Frontal-Gruppe* keine Angaben machte und deshalb prozentual herausgerechnet wurde (Abb. 21).

Sandy-Beach-Zeichen

78,3% (n=18) der *Online-Gruppe* und 87,0% (n=20) der *Frontal-Gruppe* gaben an, direkt nach den LE das *Sandy-Beach-Zeichen* „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ beurteilen zu können (n.s.).

82,6% (n=19) der *Online-Gruppe* und 90,9% (n=21) der *Frontal-Gruppe* gaben zum Zeitpunkt des Nachhaltigkeitstestes an, das *Sandy-Beach-Zeichen* „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ zu erkennen (n.s., Abb. 22).

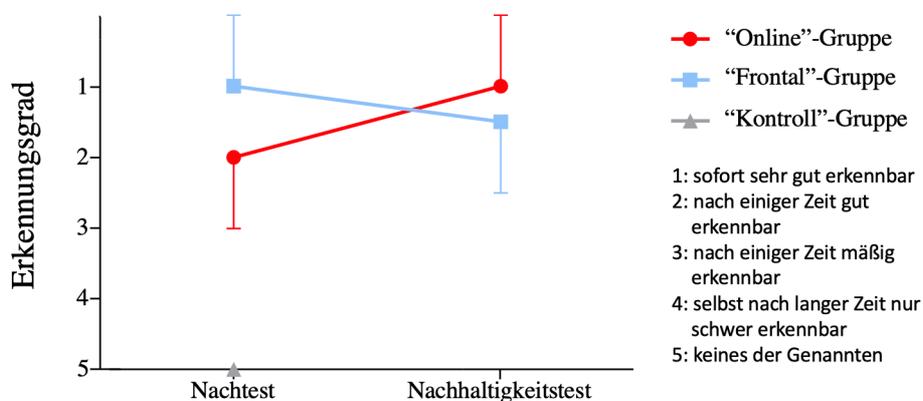


Abbildung 22: Identifikation des *Sandy-Beach-Zeichens*. Gezeigt wird die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden „*Online*“, „*Frontal*“ und „*Kontrolle*“ zur Erkennung (Erkennungsgrad) des *Sandy-Beach-Zeichens* nach den Lehreinheiten. Dargestellt ist der Median und der zugehörige Interquartilabstand bei einer Skala von 1 (sofort sehr gut erkennbar) bis 5 (gar nicht erkennbar), (n.s.). Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachttest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

17,4% (n=4) der *Online-* und 9,1% (n=2) der *Frontal-Gruppe* gaben an, das *Sandy-Beach-Zeichen* zum Zeitpunkt des Nachhaltigkeitstestes „nach einiger Zeit mäßig“ erkennen zu können (n.s., Abb. 22).

5.2.2. Anwendung

Ultraschallnutzung

Zu Studienende gaben 89,1% (n=41) der Probanden an US zu nutzen (n.s.). 13% (n=3) der *Online-Gruppe* gaben an US „sehr oft“, 30,4% (n=7) „oft“, 30,4% (n=7) „gelegentlich“, 13% (n=3) „selten“ und 13% (n=3) „nie“ zu nutzen. In der *Frontal-Gruppe* gaben 8,7% (n=2) an, US „sehr oft“, 26,1% (n=6) „oft“, 34,8% (n=8) „gelegentlich“, 21,7% (n=5) „selten“ und 8,7% (n=2) „nie“ zu nutzen. Die benötigten Fähigkeiten schätzten hierbei 84,8% (n=39) der Probanden als „gut“ bis „genügend“ ein (n.s.). 13,0% (n=3) der *Online-Gruppe* und 17,4% (n=4) der *Frontal-Gruppe* beurteilten ihre Fähigkeiten als „nicht genügend“ (n.s.).

Lungenultraschallnutzung

Nach den LE sowie zum Zeitpunkt des Nachhaltigkeitstestes gaben 95,6% (n=43) der Probanden an, häufiger auf LUS zurückgreifen zu wollen (n.s.). Ein Proband der *Online-Gruppe* gab an, nicht häufiger darauf zurückzugreifen, da ein Mangel an Verfügbarkeit an US-Geräten herrsche. Nach den LE gaben 84,8% (n=39) der Probanden an, eine eigenständige LUS-Untersuchung durchführen zu können (n.s.), wobei 4,3% (n=1) der *Online-Gruppe* und 8,7% (n=2) der *Frontal-Gruppe* keine Angaben zum eigenständigen LUS machten (n.s., Abb.23).

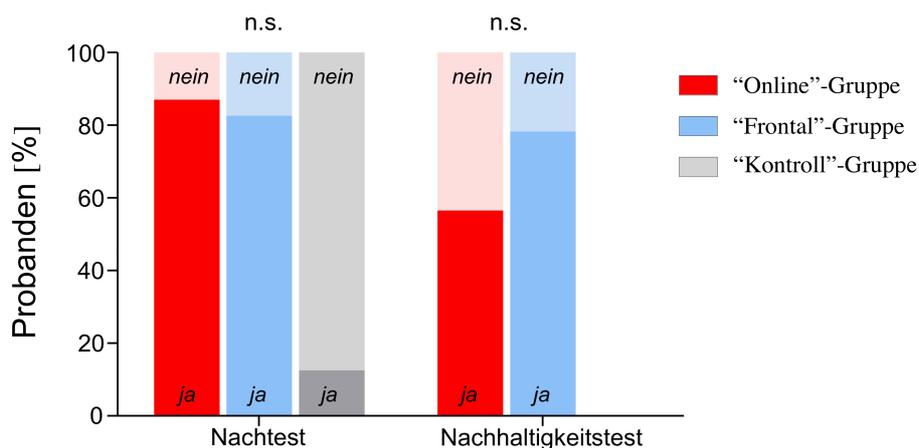


Abbildung 23: Eigenständiger LUS. Gezeigt wird der prozentuale Anteil an Probanden innerhalb der Vergleichsgruppen „Online“, „Frontal“ und „Kontrolle“, welche angaben, direkt nach den Lehreinheiten (Nachtest) sowie 4 Wochen nach den Lehreinheiten (Nachhaltigkeitstest) eine eigenständige LUS durchführen- („ja“) und nicht durchführen zu können („nein“). Keine signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe „Online“ und „Frontal“ (n.s.).

Zum Zeitpunkt des Nachhaltigkeitstestes sank die Rate auf insgesamt 67,4% (n=31, n.s.). Insgesamt schätzten 100% (n=46) der Probanden ihre LUS-Fähigkeiten nach den LE besser ein (n.s., Tab. 5). Zu Studienende schätzten 78,3% (n=36) ihre LUS-Fähigkeiten als „genügend“ ein (n.s.). Die *Frontal-Gruppe* schätzte ihre Fähigkeiten im Mittel als „befriedigend“, die *Online-Gruppe* als „genügend“ ein ($p < 0,05$). 26,1% (n=6) der *Online-Gruppe* und 17,4% (n=4) der *Frontal-Gruppe* schätzten ihre LUS-Fähigkeiten als „nicht genügend“ ein (n.s.).

Dabei gaben noch 56,5% (n=13) der *Online-Gruppe* und 78,3% (n=18) der *Frontal-Gruppe* an, eine eigenständige LUS-Untersuchung durchführen zu können (n.s., Abb. 23).

Wie schätzen Sie Ihre LUS-Fähigkeiten ein?	sehr viel besser	viel besser	geringfügig besser	gleichbleibend	schlechter	keines der Genannten
"Online"-Gruppe (n=23)	39,1	47,8	13,0	0,0	0,0	0,0
"Frontal"-Gruppe (n=23)	43,5	56,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabelle 5: LUS-Fähigkeiten nach den Lehreinheiten. Aufgelistet wird der prozentuale Anteil an Probanden innerhalb der Vergleichsgruppen „*Online*“ und „*Frontal*“ sowie deren Einschätzung zur Veränderung der LUS-Fähigkeiten von „sehr viel besser“ bis „schlechter“ durch die jeweiligen Lehreinheiten (n.s.).

Diagnosesicherung mittels Lungensonographie

Zum Zeitpunkt des Nachhaltigkeitstests gaben 43,5% (n=20) der Probanden an, LUS zur PLE-Diagnostik angewandt zu haben. 34,8% (n=8) der *Online-Gruppe* und 52,2% (n=12) der *Frontal-Gruppe*. 32,6% (n=15) der Probanden gaben an, LUS zum PTX-Ausschluss genutzt zu haben (Abb. 24).

Waren Ihre Kenntnisse hierfür ausreichend?	sehr gut	gut	bedingt	ansatzweise	gar nicht	keines der Genannten
"Online"-Gruppe (n=21)	9,5	61,9	14,3	4,8	0,0	9,5
"Frontal"-Gruppe (n=21)	28,6	38,1	19,0	9,5	0,0	4,8

Tabelle 6: Kenntnisstand bei eigenständig durchgeführtem LUS zum Studienende. Aufgelistet wird der prozentuale Anteil an Probanden innerhalb der Vergleichsgruppen „*Online*“ und „*Frontal*“ sowie deren Angabe zu ausreichenden Kenntnissen von „sehr gut“ bis „gar nicht“ (n.s.).

Zur Diagnosesicherung von Atelektasen gaben 4,3% (n=1) der *Online-Gruppe* und 8,7% (n=2) der *Frontal-Gruppe* an, LUS genutzt zu haben. Die Kenntnisse hierfür gab keiner der Probanden als „gar nicht“ ausreichend an (n.s., Tab. 6).

30,4% (n=7) der *Online-Gruppe* wollten „viel häufiger“, 30,4% (n=7) „geringfügig häufiger“ und 26,1% (n=6) als „gleichbleibend“ häufig im Vergleich zu vor den LE auf LUS zurückgreifen. 13,0% (n=3) der Probanden der *Online-Gruppe* wollten sich nicht festlegen.

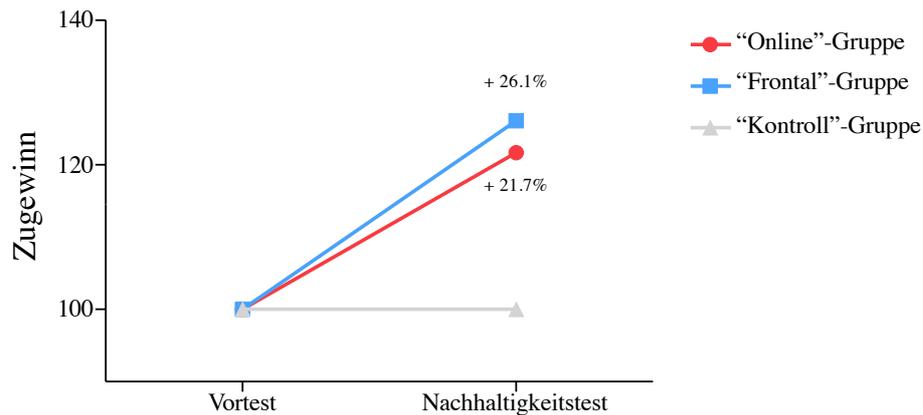


Abbildung 24: Nutzung von LUS zum PTX-Ausschluss. Gezeigt wird jener prozentuale Zugewinn an Probanden innerhalb einer Vergleichsgruppe, welcher nach eigener Angabe im Vergleich zum Vortest zu Studienende (Nachhaltigkeitstest) zusätzlich LUS zum PTX-Ausschluss nutzte. (Probanden die LUS bereits vor Studienbeginn nutzten = 100%, n.s.).

Vergleichbar gaben in der *Frontal-Gruppe* 13,0% (n=3) an, LUS „sehr viel häufiger“, 21,7% (n=5) „viel häufiger“, 30,4% (n=7) „geringfügig häufiger“ und 30,4% (n=7) „gleichbleibend“ häufig nutzen zu wollen, wobei ein Proband keine Angabe machte. 19,6% (n=9) der Probanden gaben zu Studienende an, auch bei Bedarf an LUS darauf verzichtet zu haben (n.s., Abb. 25). Im Rahmen der Freitextantwort gaben je 4,3% (n=1) der Vergleichsgruppenprobanden an, aus Zeitmangel auf LUS zu verzichten. Auch ein Mangel an Übung wurde von 4,3% (n=1) der *Online-Gruppe* vermerkt. Ein Verzicht aus Mangel an Verfügbarkeit wurde von 4,3% (n=1) der *Online-Gruppe* und von 8,7% (n=2) der *Frontal-Gruppe* vermerkt.

Bei keinem ausreichenden Verdacht auf einen vorliegenden PTX vermerkten 4,3% (n=1) der *Frontal-Gruppe* auf LUS verzichtet zu haben. 4,3% (n=1) der *Frontal-Gruppe* vermerkten auf LUS verzichtet zu haben, da dieser im Rahmen der Fragestellung als „nicht notwendig“ erachtet wurde. 4,3% (n=1) der

Online-Gruppe gaben deren „externe Tätigkeit“ mit fehlendem Patientenkontakt als Verzichtgrund an.

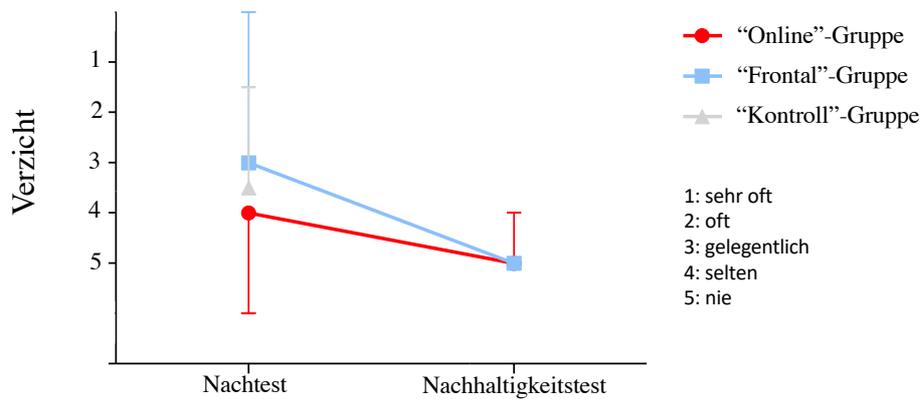


Abbildung 25: Verzicht auf LUS trotz gegebener Indikation. Gezeigt wird die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden „*Online*“, „*Frontal*“ und „*Kontrolle*“ zur Häufigkeit des Verzichts an LUS . Eine grafische Darstellung erfolgte zum Zeitpunkt des Nach- und Nachhaltigkeitstestes. Dargestellt ist der Median und der zugehörige Interquartilabstand bei einer Skala von 1 (sehr oft) bis 5 (nie), (n.s.).

5.2.3. Lehre

Lehreinheitsdauer

Die maximal 50-minütige LE-Dauer wurde von 89,1% (n=41) der Probanden als „genau richtig“ betrachtet (n.s.). 8,7% (n=2) der *Online-Gruppe* empfanden die Lehreinheitsdauer als „zu lange“, 91,3% (n=21) als „genau richtig“. Ähnliches konnte in der *Frontal-Gruppe* beobachtet werden, in der 8,7% (n=2) die Dauer als „zu lange“, 87,0% (n=20) als „genau richtig“ und 4,3% (n=1) als „zu kurz“ betrachteten (Tab. 7). Die *Kontrollgruppe* konnte hierzu keine Angaben machen.

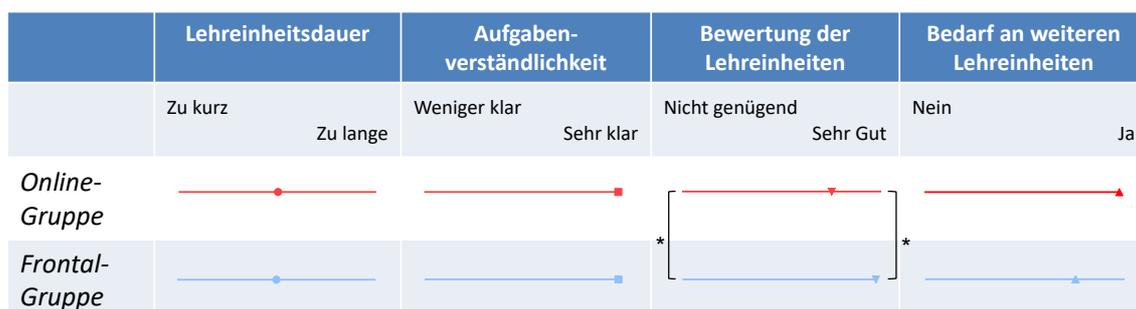


Tabelle 7: Probandenzufriedenheit. Gezeigt wird die Angabe der Probanden innerhalb der Vergleichsgruppen „*Online*“ und „*Frontal*“ zur Lehreinheitsdauer, Aufgabenverständlichkeit, Bedarf und Benotung der Lehreinheiten. Dargestellt ist der Median auf einem Bewertungsstrahl von 1 bis 5 (* $p < 0,05$). Ausschließlich bei der Angabe zum Bedarf an weiteren LE erfolgt die Darstellung des prozentualen Anteils an Probanden welche sich innerhalb der Vergleichsgruppe für weitere LE aussprachen. Bewertungsstrahl, von 0% (Nein) bis 100% (Ja). Der Interquartilabstand wird zur besseren Übersicht nicht angeführt.

Verständlichkeit

Alle Probanden gaben an, alle LE „sehr gut“ bis „gut“ verstanden zu haben (n.s.). Die *Kontrollgruppe* machte keine näheren Angaben. Die einzelnen praktischen Testaufgaben waren für 95,7% (n=44) der Probanden „sehr klar“ bis „eher klar“ verständlich (n.s.). Für je 4,3% (n=1) der *Frontal-Gruppe* waren die LE entweder „wenig klar“ oder „überhaupt nicht klar“ verständlich. 25% (n=2) der *Kontrollgruppe* befanden die Aufgabenstellungen entweder als „sehr klar“ oder „eher klar“ verständlich, 37,5% (n=3) der *Kontrollgruppe* verblieben ohne nähere Angabe (Tab. 7).

Probandenzufriedenheit

Insgesamt konnten bei 93,3% (n=42) der Probanden die Erwartungen „sehr gut“ bis „gut“ erfüllt werden (n.s.). Bei 8,7% (n=2) der *Online-Gruppe* waren die Erwartungen „mäßig“ erfüllt. 4,5% (n=1) der *Frontal-Gruppe* gaben an, die Erwartungen „nur äußerst bedingt“ erfüllt zu haben. Ein Proband machte keine Angaben. Ausschließlich in der *Frontal-Gruppe* ergab sich an beiden Standorten ein signifikanter Unterschied bei der Angabe zur Erwartungserfüllung ($p < 0,05$). Am Standort Klinikum Großhadern gaben 83,3% (n=10) an, ihre Erwartungen wurden „sehr gut“ und mit 16,7% (n=2) „gut“ erfüllt. Wohingegen am Standort Klinikum rechts der Isar 18,2% (n=2) vermerkten ihre Erwartungen wurden „sehr gut“, bei 63,6% (n=7) „gut“ und bei 9,1% (n=1) „nur äußerst bedingt“ erfüllt. Ein Proband machte dabei keine Angabe (Tab. 7).

Für die Qualität der LE wurde von 95,7% (n=44) der Probanden die Noten „Sehr gut“ bis „Gut“ vergeben. Dabei vergaben Probanden der *Frontal-Gruppe* bessere Noten ($p < 0,05$). 78,3% (n=18) benoteten die LE mit „Sehr gut“ im Vergleich zu 39,1% (n=9) in der *Online-Gruppe*, 17,4% (n=4) mit „Gut“ im Vergleich zu 56,5% (n=13) in der *Online-Gruppe* und je 4,3% (n=1) der Probanden beider Vergleichsgruppen vergaben die Note „Befriedigend“ ($p < 0,05$), (Tab. 7).

Eigenstudium und Wissensretention

Je 13,0% (n=3) der Probanden beider Vergleichsgruppen gaben an, zusätzlich eigenständig recherchiert zu haben (n.s.).

Dazu benutzten je 8,7% (n=2) die Internetplattform Google®, je 4,3% (n=1) griffen auf Bücher zurück und je 4,3% (n=1) der *Online-Gruppe* nutzten die Internetplattformen PubMed® oder Wikipedia® (Abb. 26).

34,8% (n=8) der Probanden der *Online-Gruppe* betrachteten das zur Verfügung gestellte Lehrvideo einmal, 47,8% (n=11) zweimal, 13% (n=3) dreimal und 4,3% (n=1) mehr als dreimal.

89,1% der Probanden bestätigten am Studienende, „sehr viel“ bis „mäßig viel“ an Wissen behalten zu haben (n.s.). 4,3% (n=1) der *Online-Gruppe* und 17,4% (n=4) der *Frontal-Gruppe* gaben an, „sehr wenig“ an Wissen behalten zu haben (n.s.).

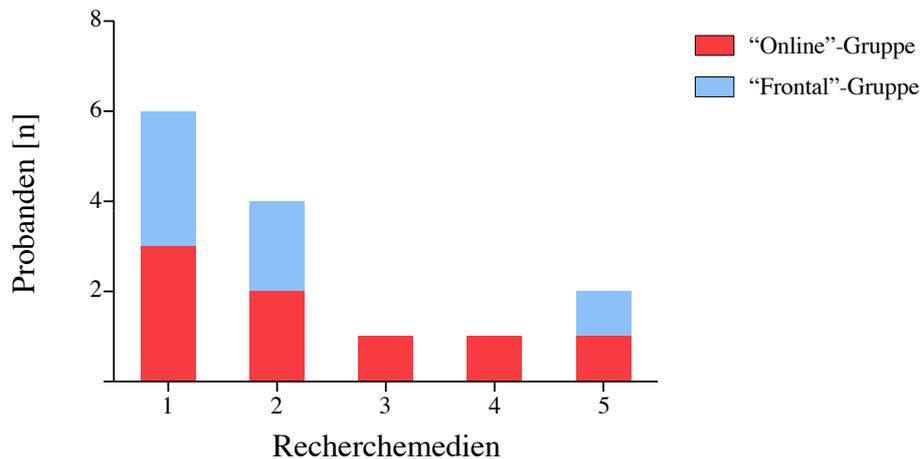


Abbildung 26: Eigenständige Recherche. Gezeigt wird die absolute Anzahl (n) an Probanden innerhalb der Vergleichsgruppen „Online“ und „Frontal“, welche nach den Lehreinheiten eine weitere Recherche mittels „Internetmedien“ (1), Google® (2), Wikipedia® (3), PubMed® (4) und Büchern (5) betrieben.

Weitere LE

100% (n=23) der *Online-Gruppe* und 73,9% (n=17) der *Frontal-Gruppe* sprachen sich direkt nach der Fortbildung für weitere LE im LUS und LUS im Allgemeinen aus, wobei in der *Frontal-Gruppe* ein Proband keine nähere Angabe machte (n.s.).

Die *Kontrollgruppe* sprach sich mit 66,7% (n=4) für weitere LE aus, 33,3% (n=2) Probanden verneinten noch befürworteten weitere LE und zwei Probanden verzichteten auf eine Angabe (Tab. 7 und 8).

Wo besteht weiterer Bedarf an US-Lehreinheiten?	Abdomen	Gefäße	Nerven	TTE	Niere	Anderes
"Online"-Gruppe (n=23)	69,6	78,3	82,6	95,7	39,1	0,0
"Frontal"-Gruppe (n=23)	78,3	56,5	60,9	91,3	30,4	8,7

Tabelle 8: Bedarf an weiteren Lehreinheiten im allgemeinen US. Aufgelistet wird der prozentuale Anteil an Probanden innerhalb der Vergleichsgruppen „Online“ und „Frontal“, die weitere Lehreinheiten in der US-basierten Diagnostik zu den verschiedenen oben aufgeführten Organsystemen wünschen (n.s.).

Präferierte Lehrmethode und Bedarf

Direkt nach den LE präferierte die *Online-Gruppe* mit 52,2% (n=12) eine hybride Lehrform aus Frontalunterricht und Internet-basiertem Selbststudium, gefolgt von einem reinen Internet-basierten Selbststudium mit 30,4% (n=7). 17,4% (n=4)

wollten einen reinen Frontalunterricht. Die *Frontal-Gruppe* präferierte mit 56,5% (n=13) eine hybride Lehrform aus Frontalunterricht und Internet-basiertem Selbststudium. Einen Frontalunterricht präferierten die Probanden der *Frontal-Gruppe* mit 43,5% (n=10). Kein Proband der *Frontal-Gruppe* sprach sich für ein rein Internet-basiertes Selbststudium aus ($p < 0,05$). Die *Kontrollgruppe* zog mit 62,5% (n=5) eine hybride Lehrform vor, einen reinen Frontalunterricht befürworteten 25% (n=2) und ein reines Internet-basiertes Selbststudium 12,5% (n=1, Abb. 27).

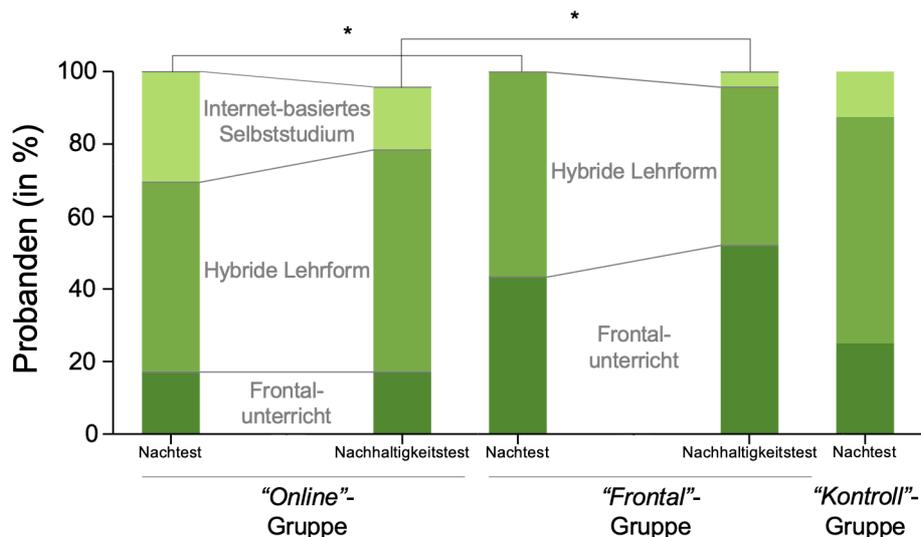


Abbildung 27: Gewünschte Lehrform. Gezeigt wird der prozentuale Anteil an Probanden innerhalb einer Vergleichsgruppe zum Zeitpunkt des Nach- und Nachhaltigkeitstests und deren präferierter Lehrmodalität ($*p < 0,05$). Die Präferenz der Kontrollgruppe wurde ausschließlich direkt nach den Lehreinheiten abgefragt.

Zum Zeitpunkt des Nachhaltigkeitstests wurde erneut die präferierte Lehrform erhoben. Die *Online-Gruppe* präferierte noch stärker eine hybride Lehrform aus Frontalunterricht und Internet-basiertem Selbststudium mit 60,9% (n=14). Die *Frontal-Gruppe* befürwortete mit 52,5% (n=12) einen Frontalunterricht und mit 43,5% (n=10) eine hybride Lehrform ($p < 0,05$). Ein reines Internet-basiertes Selbststudium bevorzugten 4,3% (n=1) der *Frontal-Gruppe* und 17,4% (n=4) der *Online-Gruppe* ($p < 0,05$). Andere 17,4% (n=4) der *Online-Gruppe* sahen einen reinen Frontalunterricht als ideal an ($p < 0,05$; Abb. 27).

5.3. Teil C – Probandenselbsteinschätzung und Objektiver Test

Im dritten Teil (Teil C) erfolgt eine Gegenüberstellung der als subjektiv zu wertenden Probandenangaben der Fragebögen (Probanden-Selbsteinschätzung) mit den Ergebnissen der objektiven Testung (*Multiple-Choice-Test* und praktischer Test) der Multicenterstudie von T. Edrich et al. Neben Verifizierung der Gruppencharakteristika wird analysiert, ob die Probandenselbsteinschätzung den vorhandenen Kenntnissen entspricht.

5.3.1. Gruppencharakteristika

Die im Rahmen des objektiven Testes und der Fragebögen erhobenen Altersangaben waren mit $32,2 \pm 4,7$ Jahren in der *Online-Gruppe*, $35,8 \pm 6$ Jahren in der *Frontal-Gruppe* und $32,4 \pm 3,8$ Jahren in der *Kontrollgruppe* identisch. Ein jeweils höheres durchschnittliches Probandenalter im Rahmen der Erhebung mittels Fragebogen ist durch 2 fehlende Probandenangaben im objektiven Test bedingt.

Ein Vergleich der Angaben zur durchschnittlichen Berufserfahrung beider Testverfahren zeigte in der *Online-Gruppe* eine Erfahrung von $5,2 \pm 4$ (objektiver Test) vs. <5 Jahren (Fragebogen), in der *Frontal-Gruppe* eine Erfahrung mit $7,8 \pm 5,6$ (objektiver Test) vs. 5-10 Jahren (Fragebogen) und in der *Kontrollgruppe* eine Erfahrung von $5,6 \pm 3,4$ (objektiver Test) vs. <5 Jahren (Fragebogen).

5.3.2. Vorkenntnisse

89,1% (n=41) der Probanden dokumentierten in den Fragebögen zu Studienbeginn „mittelmäßige“ bis „gar keine“ Erfahrung im Umgang mit US (n.s.). 82,6% (n=38) gaben ihre Kenntnisse als „mittelmäßig“ bis „sehr schlecht“ an, mit einer US-Nutzungshäufigkeit von „gelegentlich“ bis „oft“ bei 76,1% (n=35) der Probanden (n.s.). Im objektiven Vortest (*Multiple-Choice-Test* und praktischer Fähigkeitstest) wurde von den Probanden eine mittlere Punktezahl von 38,1% (n=8 von 21, n.s.) erreicht. Dabei wurden 50% (n=5 von 10) der *Multiple-Choice-Fragen* des theoretischen Testteils richtig beantwortet. 27,3% (n=3 von 11) hatten Aufgaben im praktischen Fähigkeitstests richtig ausgeführt (n.s., Abb. 28).

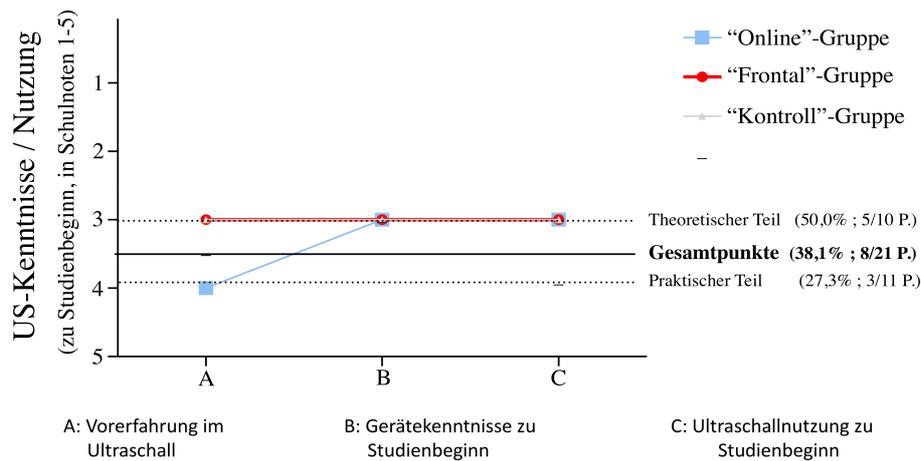


Abbildung 28: Selbsteinschätzung zu US-Vorkenntnissen und objektive Testergebnisse des Vortests. Gezeigt wird mittels schwarzer Linien die mittlere erreichte Punkteanzahl im *Multiple-Choice*-Vortest in Prozent (das heißt die Gesamtpunkteanzahl, sowie dessen jeweilige Punkteanteile im theoretischen und praktischen Test). Farbig angeführt wird die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden „*Online*“, „*Frontal*“ und „*Kontrolle*“ zu deren Vorkenntnissen (A-C). Angabe des Medians zum Zeitpunkt des Vortests bei einer Skala von 1 (Sehr gut) bis 5 (Nicht genügend). Der Interquartilabstand wird zur besseren Übersicht nicht angeführt.

22 Probanden gaben jeweils in den Fragebögen und in den offenen Fragen des Tests an, bereits LUS angewandt zu haben. Dieser wurde primär zum PLE-Ausschluss durchgeführt. Im Mittel wurden 10 LUS-Untersuchungen durchgeführt (n.s.).

5.3.3. Erworbene Kenntnisse

Gerätekenntnisse

In den Fragebögen gaben nach den LE 56,5% (n=13) der Probanden der *Online-Gruppe* „sehr gute“ bis „gute“ Gerätekenntnisse an, während 21,7% (n=5) der *Frontal-Gruppe* diese als „sehr gut“ bis „gut“ empfanden (p<0,05). Im Vergleich dazu zeigen sich im Praxistest nach den LE keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Vergleichsgruppen bei einer mittleren Anzahl an richtig absolvierten praktischen Aufgaben von 90,9% (n=10 von 11, n.s., Abb. 29).

Zur Zeit des Nachhaltigkeitstests schätzten mit 80,4% (n=37) weniger Probanden ihre Kenntnisse als „sehr gut“ bis „mittelmäßig“ ein. Die Ergebnisse des objektiven Praxistests, vier Wochen nach den Lehreinheiten, waren bei einer mittleren Punktezahl (Anzahl an richtig absolvierten praktischen Testaufgaben) von 90,9% (n=10 von 11) unverändert (n.s., Abb. 29).

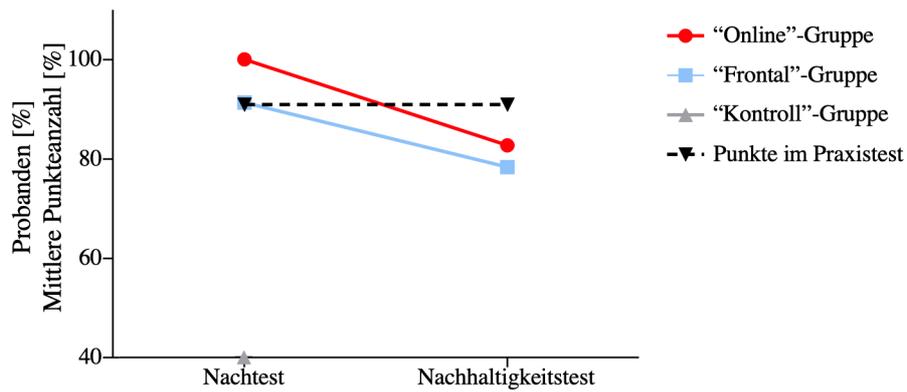


Abbildung 29: Gerätekenntnisse. Gezeigt wird einerseits in schwarzer Farbe die mittlere erreichte Punkteanzahl (in Prozent) zum erfolgreichen Geräteumgang im praktischen Test (Punkte im Praxistest). Farblich dargestellt wird der prozentuale Anteil innerhalb der Vergleichsgruppen „Online“ und „Frontal“, welche „sehr gute“ bis „mittelmäßige“ Gerätekenntnisse zu den jeweiligen Erhebungszeitpunkten (Nach- und Nachhaltigkeitstest) vermerkten. Der Interquartilabstand wird zur besseren Übersicht nicht angeführt. Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachtest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

Orientierung

91,3% (n=42) der Probanden gaben direkt nach den LE an, sich „sehr gut“ bis „gut“ am Probanden orientieren zu können (n.s., Abb. 30).

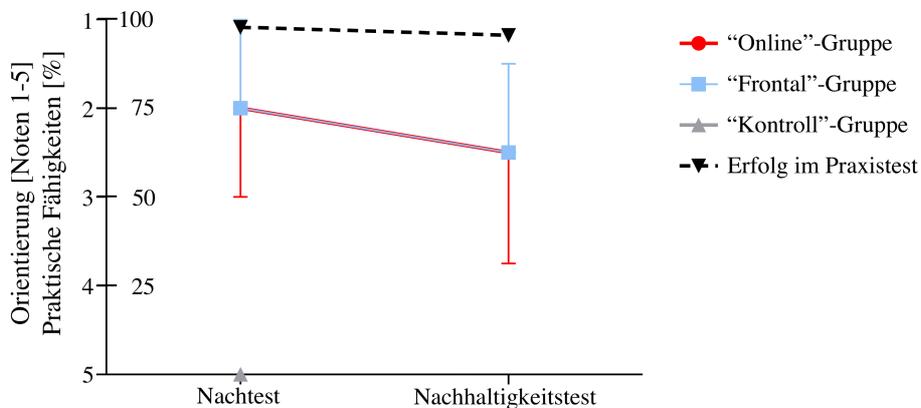


Abbildung 30: Orientierung mittels US. Farblich dargestellt wird die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden „Online“ und „Frontal“ zu deren Orientierung mittels US unter Angabe des Medians und der zugehörigen Interquartilabstände bei einer Skala von 1 (Sehr gut) bis 5 (Nicht genügend). In schwarzer Farbe aufgeführt wird die mittlere Erfolgsquote (Prozentualer Anteil an richtig identifizierten Strukturen am US-Bild) der Vergleichsgruppenprobanden „Online“ und „Frontal“ zu den Erhebungszeitpunkten Nach- und Nachhaltigkeitstest. Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachtest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

Dabei konnten 97,8% (n=45) der Probanden im Praxistest nach den LE die meisten zu identifizierenden Strukturen richtig benennen und die Sonde richtig handhaben (n.s.). Die mittlere Erfolgsquote (richtige Identifikation der am US-Bild zu benennenden Artefakte und Landmarken) betrug 100% (n=6, n.s.). Am US-Bild gaben zu Studienende 95% (n=38) der Probanden an, sich zumindest „genügend“ orientieren zu können (n.s.).

Im Nachhaltigkeitstest konnten 95,5% (n=42) der Probanden die meisten zu identifizierenden Strukturen richtig benennen und die Sonde richtig handhaben. Die mittlere Erfolgsquote (richtige Identifikation der am US-Bild zu benennenden Artefakte und Landmarken) betrug 91,7% (n=5; n.s., Abb. 30).

Artefakte

A Linien

87% der Probanden schätzen ein, die A-Linien direkt nach den LE „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ erkennen zu können (n.s.). 67,4% (n=31) der Probanden identifizierten nach den LE im Praxistest die A-Linien auch richtig (n.s.). 82,6% (n=19) Probanden in der *Online*- und 81,8% (n=19) in der

Frontal-Gruppe gaben an, die A-Linien zu Studienende „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ zu erkennen (n.s.). Im Nachhaltigkeitstest erkannten 68,2% (n=30) die A-Linien richtig (n.s., Abb. 31).

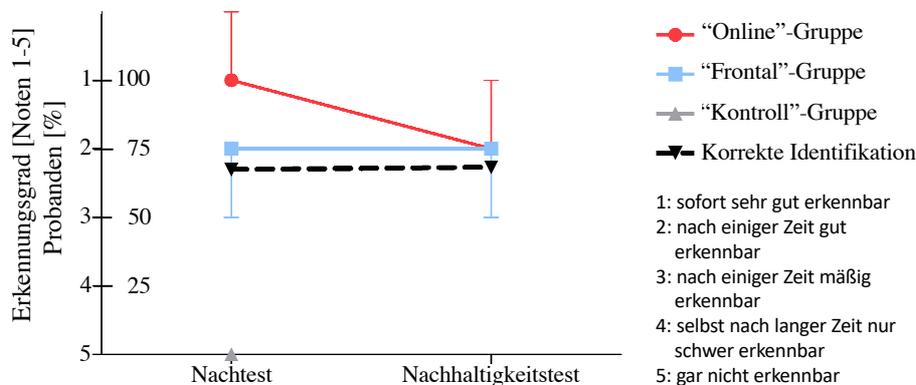


Abbildung 31: Erkennung der A-Linien. Gezeigt wird einerseits in schwarzer Farbe der prozentuale Anteil an Probanden, welche zum Zeitpunkt des Nach- und Nachhaltigkeitstests die A-Linien im praktischen Test richtig identifizieren konnten (korrekte Identifikation). Andererseits wird die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden zu Erkennung der A-Linien zu den jeweiligen Erhebungszeitpunkten Nach- und Nachhaltigkeitstest gezeigt. Es erfolgt die Angabe des Medians und der zugehörigen Interquartilabstände bei einer Bewertungsskala von 1 (sofort sehr gut erkennbar) bis 5 (gar nicht erkennbar). Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachtest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

Pleuragleiten

78,3% (n=36) der Probanden gaben an, das Pleuragleiten nach den LE „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ zu erkennen (n.s., Abb. 32).

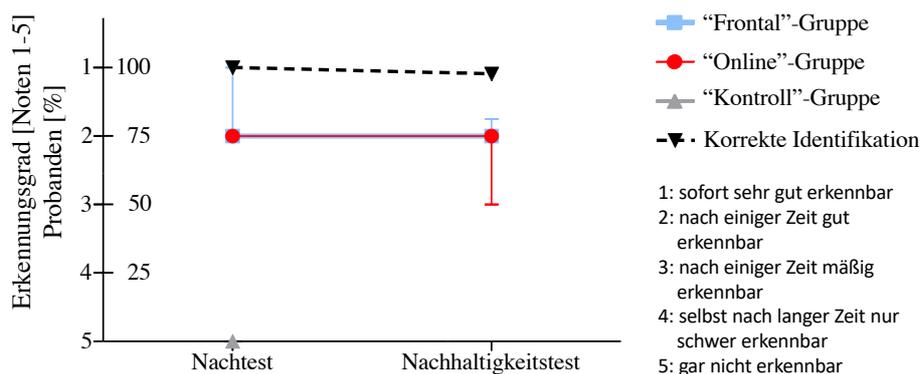


Abbildung 32: Identifikation des Pleuragleitens. Gezeigt wird in schwarzer Farbe der prozentuale Anteil an Probanden der „Online-“, „Frontal-“ und „Kontroll-Gruppe“, welche zum Zeitpunkt des Nach- und Nachhaltigkeitstests das Artefakt des Pleuragleitens im praktischen Test richtig identifizieren konnten (korrekte Identifikation). Farbiger dargestellt ist die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden zu Erkennung des Artefakts zu den Erhebungszeitpunkten Nach- und Nachhaltigkeitstest. Es erfolgt die Angabe des Medians und der zugehörigen Interquartilabstände bei einer Bewertungsskala von 1 (sofort sehr gut erkennbar) bis 5 (gar nicht erkennbar). Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachtest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

Dabei identifizierten alle Probanden (n=46) die gleitende Pleura im Praxistest direkt nach den LE richtig (n.s.).

Während bei erneuter Abfrage im Nachhaltigkeitstest nach vier Wochen die Selbsteinschätzung zur Erkennung des Pleuragleitens in der *Online-Gruppe* auf 65,2% (n=15) sank und in der *Frontal-Gruppe* mit 78,3% (n=18) konstant blieb, wurde im Praxistest ein Rückgang auf 97,8% (n=43) verzeichnet (n.s., Abb. 32).

Sandy-Beach-Zeichen

78,3% (n=18) der Probanden der *Online-Gruppe* und 87,0% (n=20) der Probanden der *Frontal-Gruppe* gaben nach den Lehreinheiten an, das *Sandy-Beach-Zeichen* „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ erkennen zu können (n.s.). Im praktischen Test direkt nach den LE identifizierten 91,3% (n=21) der Probanden der *Online-Gruppe* und 95,7% (n=22) der Probanden der *Frontal-Gruppe* das *Sandy-Beach-Zeichen* richtig (n.s., Abb. 33).

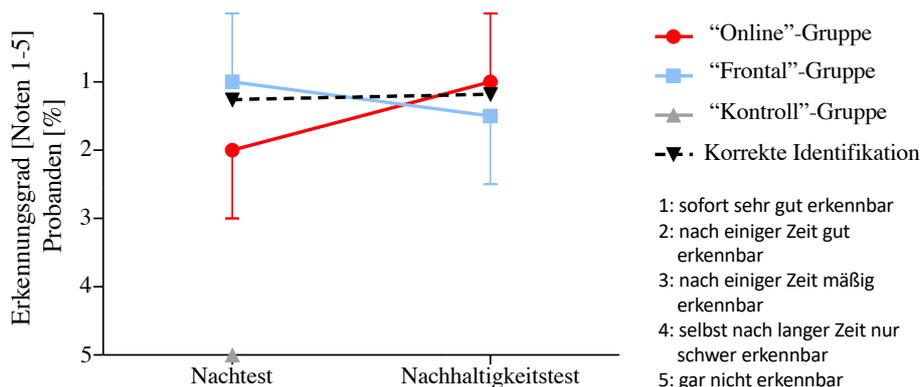


Abbildung 33: Identifikation des *Sandy-Beach-Zeichens*. Gezeigt wird einerseits in schwarzer Farbe der prozentuale Anteil an Probanden, welche zum Zeitpunkt des Nach- und Nachhaltigkeitstests das *Sandy-Beach-Zeichen* im praktischen Test richtig identifizieren konnten (korrekte Identifikation). Andererseits erfolgt in Farbe dargestellt die Angabe der Vergleichsgruppenprobanden zur Erkennung des Artefakts zu den Erhebungszeitpunkten Nach- und Nachhaltigkeitstest. Es erfolgt die Angabe des Medians und der zugehörigen Interquartilabstände bei einer Bewertungsskala von 1 (sofort sehr gut erkennbar) bis 5 (gar nicht erkennbar). Eine Indexmarke der Kontrollgruppe zum Nachtest indiziert ausschließlich, dass Kenntnisse abgefragt wurden.

Zur Zeit des Nachhaltigkeitstests wurde bei der Erkennung des *Sandy-Beach-Zeichens* ein Zugewinn in der Selbsteinschätzung verzeichnet mit 82,6% (n=19) der *Online-Gruppe* und 90,9% (n=21) in der *Frontal-Gruppe*. Sie konnten das Zeichen „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit mäßig“ erkennen (n.s.). Im Praxistest blieb die Erkennungsrate konstant bei jeweils 95,5% (n=21, n.s., Abb. 33).

5.3.4. Anwendung

Eigenständiger Lungenschall

Nach den LE gaben 84,8% (n=39) der Probanden an eine eigenständige LUS-Untersuchung durchführen zu können (n.s.). Zu Studienende sank die Rate auf insgesamt 67,4% (n=31, n.s.).

Im Praxistest nach den Lehreinheiten und zu Studienende erzielten die Probanden beider Vergleichsgruppen mittlere Testergebnisse (Anzahl an richtig absolvierten praktischen Testaufgaben) von 90,9% (10 von 11, n.s.). Ein Rückgang der Praxisfähigkeiten war im Vergleich zur Selbsteinschätzung, wie in der *Online-Gruppe*, nicht zu verzeichnen (Abb. 34).

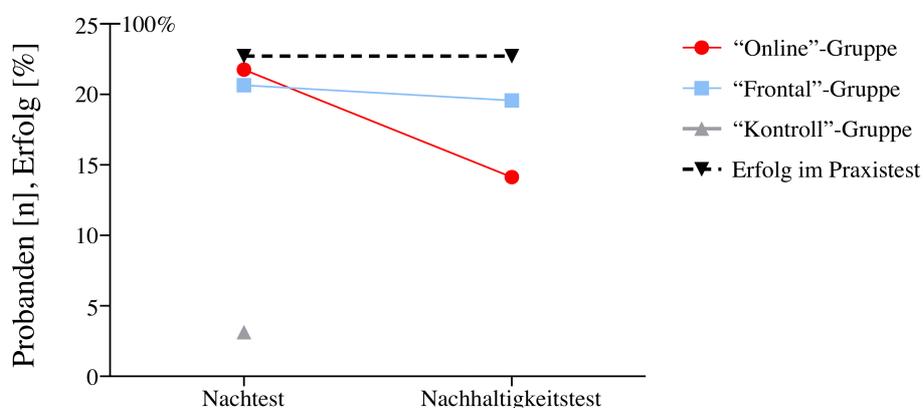


Abbildung 34: Eigenständiger LUS. Gezeigt wird einerseits in schwarzer Farbe der durchschnittlich prozentuale Anteil an erreichten Punkten im praktischen Test zum Zeitpunkt des Nach- und Nachhaltigkeitstests (Erfolg im Praxistest). Andererseits wird in Farbe der prozentuale Anteil an Probanden einer Vergleichsgruppe dargestellt, welcher angibt zu den Erhebungszeitpunkten Nach- und Nachhaltigkeitstest eine eigenständige LUS-Untersuchung durchführen zu können. Die Standardabweichung wird zur besseren Übersicht nicht angeführt.

Lungenschallnutzung

Nach den LE sowie vier Wochen darauffolgend gaben 93,5% (n=43) der Probanden an, häufiger auf LUS zurückgreifen zu wollen (n.s.). 56,8% (n=19) der Probanden führten an, in den ersten 4 Wochen nach den LE bereits LUS mit einer mittleren Anzahl von zwei LUS-Untersuchungen durchgeführt zu haben.

100% (n=46) der Probanden schätzten ihre LUS-Fähigkeiten nach den LE besser ein (n.s.). Im Schnitt konnte jeder Proband der Vergleichsgruppen „*Online*“ und „*Frontal*“ nach den Lehreinheiten zusätzliche 63,6% (n=7 von 11) an praktischen Testaufgaben richtig absolvieren. Vergleicht man die Anzahl der zusätzlich richtig absolvierten praktischen Testaufgaben mit der mittleren erreichten Punkteanzahl von 27,3% (n=3 von 11) des Vortests, so zeigt sich eine

Steigerung um 233,3%, (n.s.). Auch im theoretischen Teil des Tests war in gleicher Art und Weise eine Steigerung von 60% (n=3) zu verzeichnen (n.s.). Zu Studienende schätzten 78,3% (n=36) ihre LUS-Fähigkeiten als zumindest „genügend“ ein (n.s.). Dabei erreichten die Probanden eine mittlere Gesamtpunkteanzahl von 90,9% (n=10 von 11) im praktischen und 76,2% (n=16) im theoretischen Test. 84,8% (n=39) der Probanden erreichten ein Testergebnis von >60% (n.s.).

5.3.5. Eigenstudium und Wissensretention

Die Probanden der *Online-Gruppe* gaben im Fragebogen an, die Lehrvideos (Gesamtdauer von 38:14 min) nicht nur einmal, sondern bei einem Median von dreimal, diese wiederholt betrachtet zu haben. Im Gegensatz dazu vermerkten die Probanden, im objektiven Test eine mittlere Zeit von einer Stunde mit der Betrachtung der Lehrvideos verbracht zu haben.

89,1% der Probanden führten an, am Studienende „sehr viel“ bis „mäßig viel“ an Wissen behalten zu haben. Dabei zeigte sich eine mittlere Gesamtpunktezahl (Anzahl an richtigen Antworten des *Multiple-Choice*-Tests und an erfolgreich absolvierten praktischen Testaufgaben) von 72,7% (n=16, n.s.).

90,9% (n=10) aller möglichen Punkte wurden dabei im praktischen Teil und 62,4% (n=6) im theoretischen Teil erzielt (n.s.).

Bezogen auf den jeweiligen Nachtest jedes Probanden zeigte sich eine durchschnittliche Verringerung von 8,57% (n=2) an Gesamtpunkten (Anzahl an richtigen Antworten des *Multiple-Choice*-Tests (theoretischer Teil) und an erfolgreich absolvierten praktischen Testaufgaben (praktischer Teil), n.s.). Es ergab sich eine Reduktion von 13,9% (n=1) im theoretischen Teil und einer 3,2% (n=0,3) im praktischen Teil (n.s.).

5.4. Teil D – Zielsetzung und Ergebnisse

Im vierten Teil (Teil D) erfolgt eine Zuordnung der wesentlichen Ergebnisse aus den Teilen A-C mit den in Abschnitt 3 formulierten Fragen der Zielsetzung. Durch Analyse der Fragebögen und nach Gegenüberstellung der generierten Angaben mit den Ergebnissen der objektiven Multicenterstudie zur LUS-Ausbildung konnte Folgendes gezeigt werden:

1. Bei 89,1% (n=41) der Probanden, die „mittelmäßig“ bis „gar keiner Erfahrung“ im US angaben (n.s.), sind Vorerfahrungswerte zu US gering. Der Kenntnisstand im Umgang mit den US-Geräten ist bei 82,6% (n=38) der Probanden, die „mittelmäßig“ bis „sehr schlechte“ Kenntnisse angaben, unzureichend.
2. US als Technik wird bereits von praktizierenden Anästhesisten genutzt. 76,1% (n=35) der Probanden gaben an, US „gelegentlich“ bis „oft“ (n.s.) zu nutzen. LUS im Speziellen wird dagegen laut Probanden „selten“ bis „nie“ genutzt (77,3% (n=34)). Auf LUS zum PTX-Ausschluss gaben 67,4% (n=31) der Probanden an, trotz Indikationsstellung zu verzichten (n.s.).
3. Ein Bedarf an LUS besteht bei 96,3% (n=54) der Probanden. Die älteren Probanden der *Frontal-Gruppe* ($36,2 \pm 5,8$ vs. $32,4 \pm 4,6$; $p < 0,05$) mit mehr Berufserfahrung (< 5 vs. > 5 Jahre, $p = 0,05$) schätzten diesen häufiger ein ($60,9\%$ (n=14) vs. $21,7\%$ (n=5), $p < 0,05$ mit „häufigem“ Bedarf).
4. Kurze LE zu LUS sind effektiv und laut 89,1% (n=41) der Probanden „genau richtig“ (n.s.). 100% (n=46) der Probanden schätzten ihre LUS-Fähigkeiten nach den LE besser ein (n.s.). 91,3% (n=42) der Probanden gaben an, sich nach den LE „sehr gut“ bis „gut“ am Probanden mittels US orientieren zu können (n.s.). 84,8% (n=39) der Probanden gaben an, eine LUS-Untersuchung eigenständig durchführen zu können. Die Artefakte wurden laut 71,4% (n=33) der Probanden „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ erkannt.
5. Bei keinen signifikanten Unterschieden in den Angaben zur Artefaktidentifikation, Orientierung mittels US und LUS-Nutzung sowie

- eigenständigen LUS-Durchführung sind Internet-basierte LE einem traditionellen Frontalunterricht, bezogen auf die Probanden-selbsteinschätzung, gleichwertig. Ein signifikanter Unterschied in der Selbsteinschätzung zu Gerätekenntnissen zeigte sich direkt nach den LE (56,5% (n=13) vs. 21,7% (n=5) mit „sehr guten“ bis „guten“ Kenntnissen), nicht jedoch zum Zeitpunkt des Nachhaltigkeitstests.
6. Die Lehreinheiten hatten einen direkten Einfluss auf die klinische Praxis: Zu Studienende gaben bereits 89,1% (n=41) der Probanden an, US im klinischen Alltag zu nutzen (n.s.). 93,5% (n=43) gaben an, häufiger auf LUS zurückgreifen zu wollen. 43,5% (n=20) nutzten 4 Wochen nach den LE LUS zur PLE-Diagnostik und 32,6% (n=15) zum PTX-Ausschluss. Im Vergleich zum Nachtest gaben weniger Probanden (19,6% (n=9)) zu Studienende an, auf LUS trotz gegebener Indikation zu verzichten.
 7. Eine Gegenüberstellung der Selbsteinschätzung mit den Ergebnissen des praktischen und theoretischen Tests der Multicenter-Studie war weitgehend kongruent. Bei einer mittleren Punkteanzahl von 38,1% (n=8 von 21) waren die Vorkenntnisse zum LUS gering. Mindestens 71,4% (n=33) an Probanden vermerkten, die Artefakte „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit gut“ zu erkennen. 68% (n=30) identifizierten sie auch richtig (A-Linien: 68% (n=30), Pleuragleiten: 97,8% (n=43), *Sandy-Beach*-Zeichen (95,5% (n=21))). 84,8% (n=39) trauten sich eine eigenständige LUS-Untersuchung zu. Die Vergleichsgruppenprobanden erreichten eine mittlere Punkteanzahl im praktischen Test von 90,9% (10 von 11, n.s.).
 8. Insgesamt wurde von den Probanden direkt nach den LE eine hybride Lehrform als ideal angesehen (*Online*: 52,2%; *Frontal*: 56,5%; *Kontrolle*: 62,5%). Auch zu Studienende wurde eine hybride Lehrform präferiert. Die Angaben zur Präferenz zwischen den Vergleichsgruppen waren signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$). Bezüglich der vermittelten Kenntnisse zeigte sich jedoch kein signifikanter Unterschied. Rein Internet-basierte LE sind wegen der Präferenz der *Online-Gruppe* zu einer hybriden Lehrform unzureichend. Bei Frontalunterricht besteht Interesse an zusätzlichen Internet-basierten LE.

6. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass die derzeitigen Vorkenntnisse im US und LUS gering sind. Wird LUS genutzt, dann vorwiegend zur PLE-Diagnostik. Dabei war die Nachfrage nach LE zum LUS und US im Allgemeinen hoch. Bereits kurze LE, unabhängig ob rein Internet-basiert oder mittels traditionellem Frontalunterricht, ermöglichen eine effektive Ausbildung zum US und LUS. Bei hoher Selbstsicherheit kann vermitteltes Wissen valide angewandt werden. Als bevorzugte Lehrform wird von den Probanden eine hybride Lehrform aus Internet-basierten LE und traditionellem Frontalunterricht angesehen.

Nutzung und Vorkenntnisse im Bereich des US und LUS

Stellt man die Probandenangaben zur US-Nutzung vergleichbaren Erhebungen im Fachbereich der Anästhesiologie gegenüber, so nimmt US bereits einen hohen Stellenwert in der alltäglichen Praxis ein. Die Anwendungsbereiche sind jedoch eingeschränkt. Wird US genutzt, dann meist im Rahmen von Gefäßpunktionen oder zur Bildgebung bei der Anlage von Regionalanästhesien [69]. US zur Lungenfunktionsdiagnostik wird derzeit selten genutzt. Findet diese Anwendung, dann meist zur orientierenden kardiopulmonalen Beurteilung oder äquivalent zur vorliegenden Studie zum PLE-Ausschluss [69]. Zum PTX-Ausschluss wird LUS trotz nachgewiesener Effektivität nur vereinzelt genutzt. Bei diesen limitierten Anwendungsfeldern konnte durch die Studie aufgezeigt werden, dass die Vorkenntnisse und die Vorerfahrung gering sind. Ein Kenntnismangel ist bereits bei den Grundkenntnissen wie der Gerätebedienung zu verzeichnen. Diese stellen jedoch die Voraussetzung für eine US-Untersuchung dar. Dies führt dazu, dass viele Probanden auf LUS zum PTX-Ausschluss verzichten. Mögliche Indikationen und Kontraindikation zur Anwendung von LUS sind oft gar nicht ausreichend bekannt. Laut der vorliegenden Studie würde nur die Hälfte der Probanden bei Atelektasen auf LUS zurückgreifen und nur jeder zehnte bei einer Pneumonie. Trotz Hautemphysem oder Pleurakalzifikation, bei denen eine Beurteilung der Lunge mittels LUS nicht möglich ist, würde ein Drittel der Probanden LUS als Untersuchungsmodalität nutzen. Eine Aussage, wie viele Probanden aktuell LUS als geeignete Modalität zum PTX-Ausschluss ansehen, ist durch die vorliegende Studie nicht möglich.

Allen Probanden war die Anwendung von LUS zum PTX-Ausschluss spätestens im Rahmen der Rekrutierung bekannt.

Sollten theoretische Kenntnisse zu US-Wellen durch das Medizinstudium bekannt sein, so fehlen meist praktische Kenntnisse zur Anwendung. Eine Umfrage unter angehenden Ärzten ergab, dass die eigenen US-Kenntnisse für den praktischen Alltag als unzureichend eingeschätzt werden [70]. Äquivalent zu der vorliegenden Studie ist jedoch eine hohe Bereitschaft und ein hoher Bedarf an LE zu verzeichnen [70]. In der vorliegenden Studie wurde der Bedarf an LE von den Probanden der *Frontal-Gruppe* signifikant häufiger eingeschätzt. Als Ursache der Diskrepanz können das Probandenalter und die Berufserfahrung gewertet werden. Eine zunehmende Berufserfahrung der Probanden der *Frontal-Gruppe* scheint LE nicht kompensieren zu können. Durch weniger Kontakt zu LUS könnten die jüngeren und unerfahreneren Probanden der *Online-Gruppe* den Bedarf auch geringfügiger eingeschätzt haben. Betrachtet man jedoch den insgesamt hohen Bedarf an LE und die geringen Vorkenntnisse, so ist es von großer Bedeutung, ein geeignetes Lehrkonzept zur Vermittlung von Kenntnissen in LUS zu finden. Dieses sollte den Wünschen der praktizierenden Ärzte und dem späteren Anwendungsbereich entsprechen.

Kenntnisvermittlung und praktische Integration: Online vs. Frontal

Gibt es derzeit zahlreiche Publikationen zu LUS und dessen Anwendungsgebieten, so sind Publikationen zu Fortbildungsmodalitäten in Bezug auf LUS vergleichsweise gering. Ein geeignetes Fortbildungskonzept hat sich bisher trotz des hohen Bedarfs nicht etabliert.

Gezeigt wurde bereits, dass kurze Lehreinheiten zur Fortbildung im Bereich der allgemeinen US-Ausbildung effektiv sind [9, 71-73]. 40-minütige LE mit 80-minütigem praktischen Training reichen aus, um US-Kenntnisse signifikant zu verbessern [11]. In der vorliegenden Studie waren maximal 50-minütige LE effektiv und wurden von allen Vergleichsgruppenprobanden als „genau richtig“ betrachtet. Dass eine kurze LE mit einer Minderung der Verständlichkeit der Lehreinheiten oder der Aufgabenstellung einhergeht, wurde nicht gezeigt. Dies belegt, dass kurze LE nicht nur effektiv sind, sondern auch präferiert werden. Eine Qualitätsminderung durch die Kürze der LE ist nicht gegeben.

Im Bereich der LUS-Ausbildung gibt es bezüglich der LE verschiedene Erhebungen. Gezeigt wurde, dass Frontalunterrichts-basierte LE mit

anschließenden praktischen Übungseinheiten an Modellen geeignet zur Wissensvermittlung sind [9]. Internet-basierte LE reichen zudem aus, um theoretische Kenntnisse zum LUS zu vermitteln [68]. Ein Vergleich von Internet-basierten LE und einem traditionellen Frontalunterricht zur LUS-Ausbildung, im Speziellen zum PTX-Ausschluss, zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Lehrmodalitäten „*Online*“ und „*Frontal*“ [12]. Eine Testung erfolgte jedoch ausschließlich mittels *Multiple-Choice*- und praktischem Test. Ein Vergleich der Selbsteinschätzung und der erworbenen Selbstsicherheit in Abhängigkeit der Lehrmodalität erfolgte bisher bei vielen Studien nicht. Durch Abfrage mittels Fragebögen wurde daher in der vorliegenden Studie ein spezieller Fokus auf die Entwicklung der Selbsteinschätzung und Selbstsicherheit in Abhängigkeit von der Lehrmodalität gesetzt.

Bezüglich der Selbsteinschätzung zeigten sich dabei nur vereinzelt signifikante Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen „*Online*“ und „*Frontal*“.

Schätzten die Probanden der *Online-Gruppe* ihre Gerätekenntnisse direkt nach den Lehreinheiten vorwiegend als „sehr gut“ bis „gut“ ein, so vermerkten die Probanden der *Frontal-Gruppe* „gute“ bis „mittelmäßige“ Gerätekenntnisse. Bedingt könnte dies durch die intensivere Auseinandersetzung der Probanden der *Online-Gruppe* mit den Geräten sein. Bei fehlender direkter Nachfragemöglichkeit mussten die Probanden sich den Umgang mit den Geräten anhand der Lehrvideos selbst erarbeiten. Im Langzeitverlauf ist es bei ähnlich hoher Selbstsicherheit im Umgang mit den Geräten nicht entscheidend, ob die Probanden sich Kenntnisse mittels Gerätelehrvideo oder praktischen Übungseinheiten aneignen.

Ein weiterer signifikanter Unterschied zeigte sich bei der Einschätzung der LUS-Fähigkeiten. Während die *Frontal-Gruppe* diese im Mittel als „Befriedigend“ einstufte, betrachteten die Probanden der *Online-Gruppe* diese nur als „Genügend“. In Anbetracht der Lehrmodalität könnte dies darauf zurückzuführen sein, dass die Probanden der *Online-Gruppe* im Studienverlauf keine Rückmeldung bekamen. Denn den Probanden war nicht bekannt, ob die zu identifizierenden Strukturen im Rahmen der LE auch richtig identifiziert wurden. Die Probanden der *Frontal-Gruppe* bekamen dagegen im Rahmen der praktischen Übungseinheiten hierzu eine direkte Rückmeldung. In künftigen Internet-basierten LE ist es daher wichtig, den Probanden eine Rückmeldung zu geben. Dies könnte in Form einer E-Mail, mittels Internetanwendungen oder

durch ein Forum erfolgen. Auch das signifikant höhere Probandenalter und die signifikant höhere Berufserfahrung der *Frontal-Gruppe* könnte zu einer höheren Selbstsicherheit geführt haben.

Zudem vermerkten die Probanden der *Frontal-Gruppe* im Vergleich zur *Online-Gruppe* eine höhere Selbstsicherheit in der allgemeinen eigenständigen LUS-Anwendung. Es zeigten sich jedoch keine signifikanten Unterschiede bei den Angaben zur Artefakterkennung und Orientierung mittels US zwischen den Vergleichsgruppen. Dies zeigt, dass beide Lehrmethoden ausreichend sind, um Kenntnisse zum PTX-Ausschluss mittels LUS zu erwerben.

Bei keinen weiteren signifikanten Unterschieden zwischen den beiden Vergleichsgruppen kann schlussgefolgert werden, dass kurze LE unabhängig von der Lehrform das Potential haben, die Probanden im Umgang mit LUS zu schulen. Bei zu Studienbeginn „mittelmäßig“ bis „sehr schlechten“ Angaben zum Kenntnisstand können sich nach den LE fast alle Probanden „sehr gut“ bis „gut“ am Probanden orientieren. Drei Viertel der Probanden können alle zum PTX-Ausschluss nötigen Artefakte „sofort sehr gut“ bis „nach einiger Zeit mäßig“ erkennen. Vergleicht man diese Angaben mit Studien zur Allgemeinen US-Ausbildung, so kann ein vergleichbar signifikanter Wissenszuwachs verzeichnet werden [11]. Eine Ausbildung in Spezialbereichen, wie jenem des LUS, ist im Vergleich zur allgemeinen US-Ausbildung ähnlich effizient [74].

Von Bedeutung für die praktische Tätigkeit ist auch, ob die Probanden selbst das erworbene Wissen als ausreichend für eine eigenständige Untersuchung betrachten. Zudem ist relevant, ob zusätzlich eine direkte Integration in den praktischen Alltag erfolgt. Ein Großteil der Studien fokussierte sich bisher auf eine bestimmte Ausbildungsmodalität und die Testung mittels objektiven Testverfahren [68, 71, 75, 76]. Selten wird auf die Selbsteinschätzung der Probanden eingegangen. Eine Aussage über die Selbsteinschätzung zu ausreichenden Kenntnissen und der praktischen Integration ist meist nicht möglich. Wird die Selbsteinschätzung zu ausreichenden Kenntnissen erhoben, dann findet oft kein Vergleich von unterschiedlichen Lehrmodalitäten statt [77, 78]. Aufgezeigt wurde, dass ein zweitägiger US-Kurs im Sinne eines Frontalunterrichtes mit praktischen Übungseinheiten mit einer Steigerung der Selbstsicherheit und praktischen Anwendungsrate von LUS einhergeht. In der praktischen Anwendungsrate finden sich jedoch große Unterschiede in den Probandenangaben [77]. Eine valide Aussage über die Anwendungshäufigkeit

lässt sich dabei nicht sicher treffen. In der vorliegenden Studie dagegen gaben unabhängig von der Lehrform im Durchschnitt vier von fünf Probanden an, sich eine eigenständige LUS-Untersuchung zuzutrauen. Bereits 4 Wochen nach den LE hatte bereits jeder dritte Proband LUS zum PTX-Ausschluss genutzt. Bei einer nur um 10% (n=5) höheren Anwendungsrate zur PLE-Diagnostik hat LUS bereits einen ähnlichen Stellenwert in der Alltagsdiagnostik eingenommen. Den Einfluss der LE auf die Selbstsicherheit und die damit verbundene praktische Anwendungsrate unabhängig von der Lehrform zeigt auch ein Vergleich mit den Erhebungen zu Studienbeginn. Zu diesem Zeitpunkt nutzte ausschließlich jeder zehnte Proband LUS zur PTX-Diagnostik bei „mittelmäßig“ bis „sehr schlechten“ Kenntnissen.

Betrachtet man die Anwendungsrate in Abhängigkeit von der Lehrmodalität, dann nutzten die Probanden der *Frontal-Gruppe* fast doppelt so häufig LUS zum PTX-Ausschluss (43,5% vs. 21,7 %). Auch um 17,4% (n=4) mehr Probanden der *Frontal-Gruppe* nutzten LUS zur Detektion eines PLE (52,2 vs. 34,8%). Dies lässt sich aber nicht ausschließlich auf die Lehrmodalität zurückführen. Bereits zu Studienbeginn hatten in der *Frontal-Gruppe* 17,4% (n=4) LUS zumindest einmalig zum PTX-Ausschluss herangezogen, in der *Online-Gruppe* hingegen kein Proband. Die Anwendungsrate von LUS zur PLE-Diagnostik nach den LE entsprach in beiden Vergleichsgruppen nahezu jener zu Studienbeginn. Unabhängig von der Lehrmodalität konnte dementsprechend in beiden Vergleichsgruppen ein ähnlich hoher Zugewinn an der Nutzung von LUS zum PTX-Ausschluss verzeichnet werden. Nutzten die Probanden LUS nach den LE, dann unabhängig von der Lehrmodalität mit stets ausreichenden Kenntnissen und dem diagnostischen Zweck entsprechend.

Dass LUS zum PTX-Ausschluss künftig einen festen Stellenwert in der Diagnostik an deutschen Kliniken einnehmen kann, zeigte äquivalent zur vorliegenden Studie eine Erhebung der DEGUM [79]. Zertifizierte US-Anwender gaben an, LUS zum PTX-Ausschluss mit 55,1% „immer“ bis „oft“ anzuwenden. Die vorliegende Studie zeigt zudem auf, dass unabhängig von der Lehrform bereits kurze LE ausreichen, um LUS zum sicheren PTX-Ausschluss in der Praxis zu etablieren. Eine Zertifizierung der Anwender ist dabei von Vorteil, jedoch nicht zwingend nötig. Im Vergleich zu vorangegangenen Studien wurde gezeigt, dass es nicht notwendig ist, zahlreiche LUS-Untersuchungen unter Aufsicht durchzuführen, um die Methodik im klinischen Alltag zu etablieren.

Wird LUS in der Praxis angewandt, so ist im nächsten Schritt entscheidend, wie nachhaltig LE zur LUS-Ausbildung sind. Äquivalent zu anderen Publikationen konnte durch die vorliegende Studie gezeigt werden, dass eine Vermittlung von LUS-Kenntnissen zumindest über vier Wochen nachhaltig ist [80]. Ähnlich zur Vermittlung der theoretischen und praktischen Fähigkeiten ist es bezüglich Probandenselbstsicherheit nicht von Bedeutung, ob LUS mittels traditionellem Frontalunterricht oder Internet-basierten LE gelehrt wird. Eine Erhebung der Selbstsicherheit über einen längeren Zeitraum unter Vergleich der beiden Lehrformen ist jedoch notwendig.

Selbsteinschätzung vs. Kenntnisse

Relevant für die praktische Anwendung und Patientensicherheit ist neben der Anwendungsrate, ob bei hoher Selbstsicherheit das Wissen auch valide angewandt wird. Studien zeigten bereits auf, dass eine Steigerung der praktischen und theoretischen Fähigkeiten durch kurze LE auch mit einer höheren Selbstsicherheit einhergeht [11, 77]. Eine direkte Gegenüberstellung der Probandenangaben zur Selbstsicherheit mit den durch verschiedene Lehrmethoden erworbenen Kenntnissen ist bisher nicht erfolgt. Eine Aussage über die Validität der Probandenselbsteinschätzung in Abhängigkeit von verschiedenen Lehrformen ließ sich bisher nur bedingt treffen.

In der vorliegenden Studie wird gezeigt, dass die Probanden ihre Kenntnisse unabhängig von der Lehrform valide einschätzen. Bei mittelmäßigen bis „sehr schlechten“ Kenntnissen konnten im Rahmen des Vortests nur vereinzelte Fragen auch richtig beantwortet werden. Konnte bei den Probanden unabhängig von der Lehrmodalität nach den LE bereits ein deutlicher Zugewinn in der Selbstsicherheit verzeichnet werden, ergab eine Gegenüberstellung mit den theoretischen und praktischen Fähigkeiten stets äquivalent hohe Testresultate. Im Gegensatz zu der Selbsteinschätzung der Probanden zeigten sich dabei keine weiteren signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen. Schätzten die Probanden der *Online-Gruppe* die eigenen Gerätekenntnisse direkt nach den LE als signifikant besser ein als jene der *Frontal-Gruppe*, so zeigten sich objektiv keine Unterschiede in der praktischen Anwendung. Unabhängig von der Lehrform sind die Gerätekenntnisse in beiden Vergleichsgruppen unmittelbar nach den LE zur LUS-Diagnostik ausreichend. In wenigen weiteren Punkten unterscheidet sich die Selbsteinschätzung der

Probanden mit den tatsächlich vorhandenen Fähigkeiten. Bei der Erkennung der A-Linien direkt nach den LE überschätzten die Probanden der *Online-Gruppe* ihre tatsächlichen Fähigkeiten. Bedingt könnte dies dadurch sein, dass Unklarheiten im Rahmen des Lehrvideos auftraten, andererseits dass die Probanden im Gegensatz zur *Frontal-Gruppe* keine Rückmeldung erhielten, ob die eingesandten Bilder auch tatsächlich die A-Linien darstellten. Bei den weiteren Artefakten (Pleuragleiten, *Sandy-Beach-Zeichen*) neigten die Probanden dazu, sich eher zu unterschätzen. Zeigte sich ein leichter Rückgang in der Selbstsicherheit der Probanden über den Studienverlauf hinweg, so blieben die entsprechenden Testresultate im praktischen und objektiven Test nahezu gleichbleibend. Daraus kann gefolgert werden, dass jene Probanden, welche auf LUS zurückgreifen wollten, auch die entsprechenden Kenntnisse dazu besaßen. Insgesamt tendieren die Probanden dazu, sich eher zu unterschätzen. So greifen die Probanden eher auf eine andere Bildgebung zurück, als mit unzureichenden US-Kenntnissen eine Fehldiagnose zu treffen. Zeigten Studien bereits eine generelle Zunahme der Selbstsicherheit durch LE, so entspricht diese – auch bezogen auf die einzelnen Kenntnisse – dem vorhandenen Wissen.

Optimale Lehrform

Sind derzeit vor allem noch Lehrmethoden im Sinne eines Frontalunterrichts verbreitet, so zeigt die vorliegende Studie das didaktische Potential von Internet-basierten Lehreinheiten auf. Neben der praktischen und theoretischen Wissensvermittlung wird gezeigt, dass auch ein hohes Maß an Selbstsicherheit erreicht werden kann. Kenntnisse werden zudem entsprechend dem vorhandenen Wissen eingesetzt. Viele Universitäten haben bereits reagiert und zunehmend Internet-basierte Lehrinhalte in die Ausbildung integriert [81]. Anwendung finden teils eigens entwickelte Lehrprogramme, teils Internetplattformen von Drittanbietern. Einige Vorteile von Internet-basierten Lehrinhalten sind dabei die Kosteneffizienz und das individuell bestimmbare Lerntempo durch den Lernenden. Die Möglichkeit des orts- und zeitungebundenen Zugriffs auf Lehrinhalte sowie die Möglichkeit der permanenten Vernetzung mit anderen Lernenden in Foren und Chats ermöglichen ein breiteres Ausbildungsangebot. Mögliche Nachteile liegen in der fehlenden direkten Interaktion des Lehrenden mit dem Lernenden und der

Möglichkeit der direkten und unmittelbaren Nachfrage beim Lehrenden. Zudem ist eine direkte Interaktion mit dem „Patienten“ nicht gegeben. In welchem Umfang Internet-basierte Lehreinheiten in die Ausbildung integriert werden sollen, variiert. Internet-basierte Lehreinheiten werden bereits zur Vorbereitung auf einen traditionellen Frontalunterricht (*Präkurs-Lernen*) eingesetzt. Auch im Rahmen der Nachbereitung eines traditionellen Frontalunterrichtes (*Postkurs-Lernen*) sind Internet-basierte LE vorteilhaft. Mittels eines „*Blended-Learning*“-Konzeptes finden Internet-basierte Lehrinhalte zudem Anwendung [82]. Dabei wechseln sich praktische Übungseinheiten, Lehreinheiten mit traditionellem Frontalunterricht und Internet-basierte Lehrinhalte ab. Einige Studien sehen das sogenannte „*Sandwich-Learning*“-Modell mit einem Internet-basierten *Präkurs-Lernen*, anschließendem Frontalunterricht und einem Internet-basierten *Postkurs-Lernen* als ideal an [83].

Speziell im Bereich des LUS gibt es derzeit sehr heterogene Studienkonzepte. Eine Meta-Analyse zeigte, dass aufgrund einer fehlenden Standardisierung ein Vergleich der einzelnen Fortbildungsmodalitäten miteinander nicht möglich ist [84]. Betrachtet man die präferierte Lehrform in der vorliegenden Studie direkt nach den LE, so wünschten sich in beiden Vergleichsgruppen die Mehrheit der Probanden eine hybride Lehrform. Ein signifikanter Unterschied in der präferierten Lehrmodalität zwischen den Vergleichsgruppen zeigt sich dadurch, dass keiner der Probanden der *Frontal-Gruppe* direkt nach den Einheiten ein Internet-basiertes Selbststudium wünschte. Begründet könnte dies dadurch werden, dass bei Benotung des traditionellen Frontalunterrichtes mit „Sehr gut“ kein Bedarf der *Frontal-Gruppe* an einer alternativen Lehrform vorlag. Gegenteilig sind dabei die Erhebungen in der *Online-Gruppe*. Bei nur jedem Dritten in der *Online-Gruppe*, welcher sich weiterhin ausschließlich eine Internet-basierte Lehrform wünschte, kann gefolgert werden, dass diese Methode der Wissensvermittlung als unzureichend angesehen wird. Auch war die Bewertung der LE mit einer mittleren Notenvergabe von „Gut“ in der *Online-Gruppe* signifikant schlechter als die Benotung der *Frontal-Gruppe*. Bei keinen signifikanten Unterschieden in der Aufgaben- und Lehrinhaltsverständlichkeit kann angenommen werden, dass trotz ausreichender Videoqualität eine Interaktion mit dem Lehrenden wie in der *Frontal-Gruppe* nach wie vor gewünscht wird.

Zu Studienende verminderte sich in der *Frontal-Gruppe* das Bedürfnis nach einer alternativen Lehrform noch weiter. Geringfügig mehr Probanden wollten an einem traditionellen Frontalunterricht festhalten anstatt zu einer hybriden Lehrform zu wechseln. Die Probanden der *Online-Gruppe* präferierten dagegen noch klarer eine hybride Lehrform. Dies zeigt, dass ein rein internet-basiertes Selbststudium weniger attraktiv erscheint. Ein traditioneller Frontalunterricht reicht zur Fortbildung aus, ein Interesse an ergänzend Internet-basierten LE besteht dennoch. Gibt es weder in der Selbsteinschätzung noch in der Vermittlung von praktischem und theoretischem Wissen einen Unterschied zwischen Internet-basierten LE und einem traditionellen Frontalunterricht, so stellt die hybride Lehrform die ideale Unterrichtsform dar. Welchen Anteil dabei Internet-basierte LE einnehmen und inwiefern ein traditioneller Frontalunterricht Anwendung findet, bleibt durch die vorliegende Studie ungeklärt. Ob die Rückmeldung durch qualifiziertes Personal einen Einfluss auf die Präferenz von Internet-basierten LE und die Wissensvermittlung durch Internet-basierte LE hat, ist noch zu evaluieren.

Anhand einer Metaanalyse wurde bereits ein sogenannter „Drei-Schritte-Masterplan“ als geeignete Lehrform zur LUS-Ausbildung ausgearbeitet [84]. Dabei sollten den Probanden im ersten Schritt theoretische Kenntnisse vermittelt werden. Das Wissen soll durch Abfrage mittels validierter Vor- und Nachtests geprüft und eine Bestehensgrenze erreicht werden. Im zweiten Teil sollten die Probanden praktische Fähigkeiten an Simulatoren, Lehrpräparaten oder am gesunden Patienten erlernen. Nach erneutem Bestehen eines evidenzbasierten Tests absolvieren die Probanden im dritten Schritt LUS unter Aufsicht. Neben einer direkten Rückmeldung bescheinigt die Lehrperson anhand eines „standardisierten Beurteilungsinstrumentes“ ausreichende Fähigkeiten zur LUS-Untersuchung. Durch diese Lehrmethode soll ein hohes Maß an Qualität in der Ausbildung erreicht werden. In Bezug auf die schnelle und effektive Ausbildung zur LUS-Anwendung und Steigerung der praktischen Anwendungsrate erscheint dieses Konzept allerdings als nur bedingt geeignet.

In Anbetracht der Erhebungen der vorliegenden Studie und um ein geeignetes Lehrkonzept etablieren zu können, sollten im ersten Schritt mögliche Barrieren hinsichtlich der US-Ausbildung an dem jeweiligen Ausbildungsort analysiert werden. Denn neben den vorliegenden Probandenangaben zeigten Vorpublikationen auf, dass häufig auf eine US-Anwendung wegen fehlender

Geräteverfügbarkeit verzichtet wird [69]. Nach Beseitigung solcher Barrieren sollte im zweiten Schritt ein standardisiertes Internet-basiertes Konzept zur Ausbildung in US im Allgemeinen und in LUS im Speziellen ausgearbeitet und getestet werden. Dies sollte durch qualifizierte Anwender und anhand von evidenzbasierten Leitlinien erfolgen. Die Fortbildung sollte in kurzen LE organisiert werden. Die Möglichkeit zur Gabe einer Rückmeldung und zum Austausch der Probanden untereinander und mit qualifizierten Anwendern sollte eingerichtet werden. Grundlagen hierfür könnten bereits bestehende Internetplattformen bieten [85, 86]. Diese sollten den Probanden zu jeder Zeit zugänglich gemacht werden und können zur Kursvorbereitung und Kursnachbearbeitung dienen. Mittels Internet-basierten LE kann so schnell und effizient eine große Anzahl an Mediziner erreicht und das Interesse an US im Allgemeinen wie auch LUS im Speziellen geweckt werden. Im dritten Schritt sollte im Rahmen des Ausbildungskataloges die Ausbildung im US und LUS besser etabliert werden, um einen zusätzlichen Anreiz zu schaffen. Ein Vorschlag zu einem praktischen Trainingskonzept könnte auch von den Fachgesellschaften erarbeitet werden. Dieser könnte als Vorlage für die einzelnen Abteilungen dienen und einen fachspezifischen Fokus der LE garantieren. Anschließend sollte zumindest ein fester Termin zur praktischen US-Ausbildung innerhalb der Abteilungen etabliert werden. Der Unterricht sollte durch Kollegen mit der meisten Erfahrung in der Anwendung von US bzw. LUS erfolgen. Gibt es Ärzte innerhalb einer Abteilung, die in der Anwendung von US zertifiziert sind, dann sollten diese als Lehrende gewählt werden. So kann eine weitgehende Standardisierung des praktischen Unterrichts zwischen den Kliniken gewährleistet werden. Eigens kreierte Versuchsmodelle oder die Anwendung des Erlernten unmittelbar an den Lernenden untereinander können dabei die praktische Ausbildung begünstigen. Zusätzlich können im weiteren Verlauf Auffrischkurse mit praktischen Übungen innerhalb der Abteilungen die Anwendungsrate erhöhen. Diese können im Verlauf auftretende Unsicherheiten und Anwendungsfehler minimieren. Eine Auffrischung des Erlernten kann kosten- und zeiteffizient durch Internet-basierte Plattformen angeboten werden. Durch Beitritt zu einer Internet-Plattform, wie beispielsweise Facebook®, in welcher regelmäßig kurze Auffrischungsbeiträge in Form eines Videorätsels oder mit Beispielen aus dem Alltag publiziert werden, kann Erlerntes gefestigt und vertieft werden. Über den Erwerb von Fortbildungspunkten durch die Bearbeitung von

Publikationen zur US-Ausbildung könnte die Motivation der Anwender und speziell auch der Fachärzte gestärkt werden, sich in selbstgewählten speziellen Anwendungsgebieten fortzubilden. Eine Reevaluation der LE durch eine Expertenkommission sowie eine Evaluation der LE durch die Teilnehmer könnte die Qualität der LE ständig verbessern. Anhand der Teilnehmerevaluationen kann zudem erreicht werden, dass LE dem sich wandelnden Anforderungsprofil entsprechen. Durch eine externe Expertenkommission kann eine Anpassung und weitgehende Standardisierung der LE zwischen den Fortbildungsstandorten erreicht werden. Werden Lehreinheiten dementsprechend entworfen, kann die Rate an US und LUS-Anwendungen effizient gesteigert, die Patientensicherheit erhöht und radiologische Strahlung weiter eingespart werden.

7. Limitationen

Geringe Rücklaufquote

Wird die Rücklaufquote der vorliegenden Studie betrachtet, ist diese mit 24,6% auf den ersten Blick gering und die Aussagekraft der Studie kann kritisch hinterfragt werden. Vergleicht man die Rücklaufquote mit Studien ähnlichen Studiendesigns mit einmaliger Kontaktierung der Probanden und bestimmten Ausschlusskriterien (beispielsweise bei spezieller Vorerfahrung zum Studienthema), so konnte dort eine vergleichbare Rücklaufquote erzielt werden [87, 88]. Außerdem muss bedacht werden, dass die Probanden an der Studie im Rahmen ihrer Freizeit oder während Pausenzeiten teilnahmen. Der Zeitrahmen der Studie ließ sich nicht von allen potentiellen Probanden, aufgrund von Urlaub oder Freizeitausgleichstagen, realisieren. Darüber hinaus war im Rahmen dieser Studie nicht geplant, eine repräsentative Stichprobe zu erheben. Für die spezifische Fragestellung der Studie wird eine begrenzte, aber lokale Auswahl an Probanden als ausreichend angesehen.

Unterschiede in der Berufserfahrung und dem Probandenalter

Bei jüngeren und beruflich unerfahreneren Probanden der *Online-Gruppe* im Vergleich zur *Frontal-Gruppe* könnte von einer fehlenden Gleichwertigkeit der Vergleichsgruppen ausgegangen werden und die Studienergebnisse somit in Frage gestellt werden. Entscheidend für die Studie ist aber nicht das Probandenalter, sondern die Vorerfahrung im Umgang mit US im Allgemeinen und LUS im Speziellen. Diese wiesen zu Studienbeginn keine signifikanten Unterschiede auf.

Praktisches Training am gesunden Probanden

Beachtet werden sollte, dass die Probanden im Rahmen der Studie keinen Zugang zu Patienten mit Indikation zur PTX-Abklärung hatten. Ausschließlich an einem gesunden Mitglied des Studienteams konnten die Probanden die Möglichkeit des LUS erlernen und die später vermittelten Kenntnisse überprüft werden. Nur in dieser Form konnten gleichbleibende Untersuchungsbedingungen gewährleistet und eine Standardisierung und Vergleichbarkeit der Probandenergebnisse garantiert werden. Zur Ausschlussdiagnostik eines PTX ist

vor allem das sichere Erkennen der physiologischen Artefakte von Bedeutung, wodurch erst mögliche pathologische Abweichungen frühzeitig erkannt und richtig beurteilt werden können. Und diese Artefakte lassen sich am gesunden Probanden möglicherweise sogar besser erlernen als am Patienten.

Klinikinterne Beschäftigte als Lehrende

Kritisch könnte die Tatsache betrachtet werden, dass die LE von einem Kollegen der eigenen Klinik abgehalten wurden. Dies könnte auch die stärkere Präferenz der *Frontal-Gruppe* zu einer rein Frontalunterrichts-basierten Lehrform erklären. Durch eine anonymisierte Ausgabe aller Fragebögen war jedoch eine spätere Zuordnung der Fragebögen zu den Probanden nicht möglich. Bei zudem ähnlichen Ergebnissen der objektiven Testung (theoretische und praktische Wissensabfrage ohne die Möglichkeit einer subjektiven Wertung) mit den Ergebnissen der Fragebögen kann eine Verzerrung der Studienergebnisse aufgrund nicht-objektiver Kriterien ausgeschlossen werden. Wird dennoch angenommen, dass die Probanden der *Frontal-Gruppe*, nur durch den klinikinternen Lehrenden bedingt vermehrt an einem traditionellen Frontalunterricht festhalten wollten, so würde eine verminderte Präferenz noch klarer in Richtung einer kombinierten Unterrichtsform gehen. Die Anwerbung eines externen qualifizierten Referenten wäre dabei zudem kostenintensiv und müsste aufwändig organisiert und geprüft werden.

Begrenzter Erhebungszeitraum

Eine weitere Limitation dieser Studie ist, dass die Kenntnisse der Probanden in einem Zeitraum von nur einem Monat untersucht wurden. Eine Testung der Probandenkenntnisse nach einem längeren Zeitraum (z.B. nach einem halben Jahr oder nach einem Jahr) blieb aus und eine Aussage über den Einfluss von Wiederholungseinheiten auf die bereits vermittelten Kenntnisse und die Nutzungshäufigkeit von US und LUS lässt sich nicht treffen. Allerdings lassen sich nach solch langen Nachbeobachtungszeiträumen unterschiedliche Kenntnisstände der Probanden nicht mehr nur auf die im Rahmen der Studie vermittelten Fähigkeiten, sondern auch durch zusätzlich gesammelte Erfahrungen der Probanden zurückführen, was eine standardisierte Auswertung der Ergebnisse praktisch unmöglich macht.

8. Zusammenfassung und Ausblick

Mit der vorliegenden Studie lässt sich zeigen, dass unter den praktizierenden Anästhesisten und Intensivmedizinern selten auf die Möglichkeit des LUS zurückgegriffen wird. Dies ist meist durch einen Mangel an Kenntnissen sowie durch einen Mangel an Erfahrung im Umgang mit dem US-Gerät und insbesondere mit LUS bedingt. Der Bedarf an LUS ist als hoch einzuschätzen. Bedenkt man, dass die Ausbildung zum Umgang mit US und LUS in der Ausbildung zum Facharzt der Anästhesie und Intensivmedizin nicht etabliert ist, lässt dies auf einen Handlungsbedarf schließen.

Erneut konnte bestätigt werden, dass bereits wenige LE äußerst effektiv sind, um ausreichend praktische und theoretische Kenntnisse im Umgang mit LUS zu vermitteln, im Speziellen in der PTX-Diagnostik. Dabei ist eine rein Internet-basierte Unterrichtsform dem traditionellen Frontalunterricht gleichwertig. Dass aber unabhängig von der Unterrichtsform den Probanden bereits durch wenige LE auch ein nachhaltig hohes Maß an Selbstsicherheit im Umgang mit US und LUS vermittelt werden kann, war bislang weitgehend unbekannt. Dabei hatten bereits kurze LE einen direkten Einfluss auf die alltägliche Praxis und konnten die Motivation der Probanden stärken, ihre US-Fähigkeiten zu vertiefen. Erstmals detaillierter aufgezeigt wurde, dass die Probanden ihre Kenntnisse und Fähigkeiten zum LUS stets adäquat einschätzen und bei Zweifeln bezüglich der eigenen Fähigkeiten tendenziell zu alternativen diagnostischen Methoden neigen. Als bevorzugte Unterrichtsform wird von den Probanden eine hybride Lehrform aus Internet-basierten LE und traditionellem Frontalunterricht bevorzugt. Einen besonderen Stellenwert nehmen die Vorteile der Internet-basierten LE durch eine freie Zeiteinteilung, durch individualisierte LE und den andauernden Zugang zum vermittelten Wissen ein. Die Vorteile des Frontalunterrichts durch die Lehre unter Aufsicht, praktisches Training in Kleingruppen sowie die Nachfrage beim Lehrenden werden jedoch als bedeutsam angesehen. Bei hohem Bedarf an LE und dem Wunsch der Probanden nach einer hybriden Unterrichtsform wird eine Kombination aus Internet-basierten LE und traditionellem Frontalunterricht als ideal angesehen. Welchen Anteil die jeweiligen Lehrmodalitäten einnehmen sollten, wurde nicht erhoben. Zur effizienten Ausbildung und Steigerung der Anwendungsrate von LUS sollten im ersten Schritt lokale Gegebenheiten analysiert und Barrieren für

eine LUS-Ausbildung und -Anwendung beseitigt werden. Durch Anpassung der Fortbildungsordnung sollte die US- und LUS-Ausbildung zudem besser etabliert werden. Durch die Entwicklung von Internet-basierten LE und die Vermittlung von Basiskenntnissen durch kurze LE könnte im zweiten Schritt kostengünstig und effizient eine große Anzahl an Medizinerinnen erreicht werden. Diese können durch kurze LE an die Technik des LUS herangeführt werden. Die vermittelten Grundkenntnisse könnten dann innerhalb der Fachabteilungen durch einen Frontalunterricht in Kleingruppen mit anschließend praktischem Training an gesunden Probanden und eigens kreierten Versuchsmodellen vertieft werden. Eine Entwicklung der praktischen LE nach Empfehlung der Fachgesellschaften könnte einen fachspezifischen Fokus garantieren. Erfahrene, wenn möglich zertifizierte LUS- oder US-Anwender sollten zur praktischen Ausbildung herangezogen werden.

Eine anhaltend hohe Wissensretention über längere Zeit hinweg könnte durch den weiteren Zugang zu einer Internet-basierten Lehrplattform mit Übungseinheiten zum LUS, vertiefenden Lehrvideos, einem im Internet zugänglichen Sonoanatomie-Atlas sowie durch Foren zur weiteren Vernetzung der Untersuchenden erreicht werden. Auch praktische Auffrischkurse wären vorteilhaft. Zahlreiche LUS-Untersuchungen unter Aufsicht sind jedoch nicht zwingend nötig. Eine Auffrischung der vermittelten Lehrinhalte ohne aktiven Einsatz der Probanden wäre durch die Nutzung von Internet-Plattformen, wie beispielsweise Facebook[®], möglich. Bei einmaligem Abonnement einer entsprechenden Seite ließen sich in regelmäßigen Abständen Lehrvideos posten, die anschließend von den Probanden auf deren „Startseite“ betrachtet, bewertet und weiterverbreitet werden könnten. Durch Definition standardisierter Richtlinien zur LUS-Ausbildung und Reevaluation der multimodalen LE durch eine Expertenkommission könnte zudem ein späterer Vergleich der einzelnen LE ermöglicht werden.

Werden multimodale LE zum LUS nach oben genanntem Vorschlag entworfen, so könnte bei aktuell hohem LUS-Bedarf die Technik des LUS schnell verbreitet werden. Radiologische Strahlung könnte künftig weiter eingespart werden und die Diagnostik von Lungenpathologien weiter präzisiert werden. Bei aktuell vorherrschendem Kenntnismangel könnte durch multimodale LE LUS mit ausreichender Selbstsicherheit gelehrt und die Patientensicherheit weiter erhöht werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung von Gewebe im B-Bildmodus.	12
Abbildung 2: Darstellung von Gewebe im M-Bildmodus.	12
Abbildung 3: Schallkopfapplikation an der Thoraxwand.	13
Abbildung 4: Erzeugen eines Übersichtsbildes mittels LUS.	13
Abbildung 5: Darstellung des Pleuragleitens mittels Ultraschall.	14
Abbildung 6: Darstellung der Rippe mittels Ultraschall.	14
Abbildung 7: Darstellung der Lunge als Artefaktmuster.	15
Abbildung 8: Generierung von A-Linien mittels LUS.	15
Abbildung 9: Generierung von B-Linien mittels LUS.	16
Abbildung 10: Darstellung des Lungengleitens im M-Bildmodus.	17
Abbildung 11: Darstellung des Lungenpulses im M-Bildmodus.	18
Abbildung 12: Anwerbung, Einteilung und Ausbildung der Probanden.	28
Abbildung 13: Probandenalter	40
Abbildung 14: Berufserfahrung	40
Abbildung 15: US-Nutzung und -Kenntnisse zu Studienbeginn.	42
Abbildung 16: Anwendung von LUS zu Studienbeginn.	43
Abbildung 17: Gerätekenntnisse im Studienverlauf.	46
Abbildung 18: Orientierung mittels Ultraschall.	46
Abbildung 19: Identifikation der A-Linien.	47
Abbildung 20: Identifikation der B-Linien.	48
Abbildung 21: Identifikation des Pleuragleitens.	48
Abbildung 22: Identifikation des <i>Sandy-Beach</i> -Zeichens.	49
Abbildung 23: Eigenständiger LUS.	50
Abbildung 24: Nutzung von LUS zum PTX-Ausschluss.	52
Abbildung 25: Verzicht auf LUS trotz gegebener Indikation.	53
Abbildung 26: Eigenständige Recherche.	56
Abbildung 27: Gewünschte Lehrform.	57
Abbildung 28: US-Vorkenntnisse und objektive Testergebnisse.	59
Abbildung 29: Gerätekenntnisse: Selbsteinschätzung vs. objektiver Test.	60
Abbildung 30: Orientierung: Selbsteinschätzung vs. objektiver Test.	61
Abbildung 31: A-Linien: Selbsteinschätzung vs. objektiver Test.	62
Abbildung 32: Pleuragleiten: Selbsteinschätzung vs. objektiver Test.	62
Abbildung 33: <i>Sandy-Beach</i> -Zeichen: Selbsteinschätzung vs. objektiver Test.	63
Abbildung 34: Eigenständiger LUS: Selbsteinschätzung vs. objektiver Test.	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bedarf an LUS zu Studienbeginn.	43
Tabelle 2: Verzicht auf LUS trotz gegebener Indikation.	44
Tabelle 3: Anwendungsgebiete von LUS.	44
Tabelle 4: Gerätekenntnisse nach den Lehreinheiten.	45
Tabelle 5: LUS-Fähigkeiten nach den Lehreinheiten.	51
Tabelle 6: Kenntnisstand bei eigenständig durchgeführtem LUS.	51
Tabelle 7: Probandenzufriedenheit mit den Lehreinheiten.	54
Tabelle 8: Bedarf an weiteren US-Lehreinheiten.	56

Literaturverzeichnis

1. Al Deeb, M., et al., *Point-of-care ultrasonography for the diagnosis of acute cardiogenic pulmonary edema in patients presenting with acute dyspnea: a systematic review and meta-analysis*. Acad Emerg Med, 2014. **21**(8):843-52.
2. Reuss, J., *Sonography of the pleura*. Ultraschall Med, 2010. **31**(1):8-22.
3. Vignon, P., et al., *Quantitative assessment of pleural effusion in critically ill patients by means of ultrasonography*. Crit Care Med, 2005. **33**(8):1757-63.
4. Wastl, D., K. Helwig, and C.F. Dietrich, *Examination concepts and procedures in emergency ultrasonography*. Med Klin Intensivmed Notfmed, 2015. **110**(3):231-9.
5. Reuß, J., *Sonographic imaging of the pleura: nearly 30 years experience*. European Journal of Ultrasound, 1996. **3**(2):125-139.
6. Alrajab, S., et al., *Pleural ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax: review of the literature and meta-analysis*. Crit Care, 2013. **17**(5):R208.
7. Kirkpatrick, A.W., et al., *Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST)*. J Trauma, 2004. **57**(2):288-95.
8. Lichtenstein, D., et al., *Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome*. Anesthesiology, 2004. **100**(1):9-15.
9. Breitzkreutz, R., et al., *Thorax, trachea, and lung ultrasonography in emergency and critical care medicine: assessment of an objective structured training concept*. Emerg Med Int, 2013. **2013**:312758.
10. Coonar, A.S., et al., *Implementation of real-time ultrasound in a thoracic surgery practice*. Ann Thorac Surg, 2009. **87**(5):1577-81.
11. Keddis, M.T., et al., *Effectiveness of an ultrasound training module for internal medicine residents*. BMC Med Educ, 2011. **11**:75.
12. Edrich, T., et al., *A Comparison of Web-Based with Traditional Classroom-Based Training of Lung Ultrasound for the Exclusion of Pneumothorax*. Anesth Analg, 2016. **123**(1):123-8.
13. Stuhlfauth, K., *Reflex effects of ultrasonics on the pneumothorax lung*. Dtsch Med Wochenschr, 1951. **76**(16):537-39.
14. Tatsuno, I., *Application of lung scanning in the diagnosis of lung cancer*. Iryo, 1966. **20**(8):817-20.
15. Damascelli, B., et al., *B-scan ultrasound exploration of neoplastic disease*. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med, 1969. **105**(2):428-37.
16. Buddee, F.W., et al., *Experimental and clinical experiences in the use of ultrasound for the early detection of pulmonary emboli: a preliminary report*. Med J Aust, 1969. **1**(6):295-7.
17. Dunn, F. and W.J. Fry, *Ultrasonic absorption and reflection by lung tissue*. Phys Med Biol, 1961. **5**:401-10.
18. Dunn, F., *Attenuation and speed of ultrasound in lung*. J Acoust Soc Am, 1974. **56**(5):1638-9.
19. Mathis, G., *Bildatlas der Lungen- und Pleurasonographie*. Vol. 5. 2010: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. X,258.
20. Coman, I.M. and B.A. Popescu, *Shigeo Satomura: 60 years of Doppler ultrasound in medicine*. Cardiovasc Ultrasound, 2015. **13**:48.

21. Husain, L.F., et al., *Sonographic diagnosis of pneumothorax*. J Emerg Trauma Shock, 2012. **5**(1):76-81.
22. Lichtenstein, D.A., et al., *The "lung pulse": an early ultrasound sign of complete atelectasis*. Intensive Care Med, 2003. **29**(12):2187-92.
23. Rantanen, N.W., *Diseases of the thorax*. Vet Clin North Am Equine Pract, 1986. **2**(1):49-66.
24. Lichtenstein, D.A. and Y. Menu, *A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding*. Chest, 1995. **108**(5):1345-8.
25. Lichtenstein, D., et al., *The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax*. Intensive Care Med, 2000. **26**(10):1434-40.
26. Wernecke, K., et al., *Pneumothorax: evaluation by ultrasound--preliminary results*. J Thorac Imaging, 1987. **2**(2):76-8.
27. Lichtenstein, D., et al., *The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax*. Intensive Care Med, 1999. **25**(4):383-8.
28. Edrich, T., et al., *Utility of intraoperative lung ultrasonography*. A A Case Rep, 2015. **4**(6):71-4.
29. Weaver, B., M. Lyon, and M. Blaivas, *Confirmation of endotracheal tube placement after intubation using the ultrasound sliding lung sign*. Acad Emerg Med, 2006. **13**(3):239-44.
30. Sustic, A., *Role of ultrasound in the airway management of critically ill patients*. Crit Care Med, 2007. **35**(5 Suppl):173-7.
31. Kerrey, B.T., et al., *A prospective comparison of diaphragmatic ultrasound and chest radiography to determine endotracheal tube position in a pediatric emergency department*. Pediatrics, 2009. **123**(6):1039-44.
32. Karacabey, S., et al., *Tracheal ultrasonography and ultrasonographic lung sliding for confirming endotracheal tube placement: Speed and Reliability*. Am J Emerg Med, 2016. **34**(6):953-6.
33. Kristensen, M.S., *Ultrasonography in the management of the airway*. Acta Anaesthesiol Scand, 2011. **55**(10):1155-73.
34. Alonso Quintela, P., et al., *[Usefulness of bedside ultrasound compared to capnography and X-ray for tracheal intubation]*. An Pediatr (Barc), 2014. **81**(5):283-8.
35. Mittal, A.K. and N. Gupta, *Intraoperative lung ultrasound: A clinicodynamic perspective*. J Anaesthesiol Clin Pharmacol, 2016. **32**(3):288-97.
36. Jang, D.M., et al., *Rapid identification of spontaneously resolving capnothorax using bedside M-mode ultrasonography during laparoscopic surgery: the "lung point" sign -two cases report*. Korean J Anesthesiol, 2013. **65**(6):578-82.
37. Omar, H.R., D. Mangar, and E.M. Camporesi, *Utilization of intraoperative transthoracic ultrasound for diagnosis of pneumothorax*. Anesthesiology, 2012. **116**(4):967-8; author reply 968-9.
38. Manabe, T., et al., *Ultrasonography and lung mechanics can diagnose diaphragmatic paralysis quickly*. Asian Cardiovasc Thorac Ann, 2003. **11**(4):289-92.
39. Soummer, A., et al., *Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress**. Crit Care Med, 2012. **40**(7):2064-72.
40. Bruells, C.S. and G. Marx, *Diaphragm dysfunction : Facts for clinicians*. Med Klin Intensivmed Notfmed, 2018. **113**(7):526-532.
41. Campione, A., et al., *About ultrasound diagnosis of pulmonary bullae vs. pneumothorax*. J Emerg Med, 2010. **38**(3):384-5; author reply 385.

42. Simon, B.C. and L. Paolinetti, *Two cases where bedside ultrasound was able to distinguish pulmonary bleb from pneumothorax*. J Emerg Med, 2005. **29**(2):201-5.
43. Lichtenstein, D. and G. Meziere, *A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact*. Intensive Care Med, 1998. **24**(12):1331-4.
44. Prosen, G., et al., *Combination of lung ultrasound (a comet-tail sign) and N-terminal pro-brain natriuretic peptide in differentiating acute heart failure from chronic obstructive pulmonary disease and asthma as cause of acute dyspnea in prehospital emergency setting*. Crit Care, 2011. **15**(2):R114.
45. Volpicelli, G., et al., *Bedside ultrasound of the lung for the monitoring of acute decompensated heart failure*. Am J Emerg Med, 2008. **26**(5):585-91.
46. Chouihed, T., et al., *Lung ultrasound: a diagnostic and prognostic tool at every step in the pathway of care for acute heart failure*. Am J Emerg Med, 2016. **34**(3):656-7.
47. Gargani, L., *Lung ultrasound: a new tool for the cardiologist*. Cardiovasc Ultrasound, 2011. **9**:6.
48. Yang, P.C., et al., *Peripheral pulmonary lesions: ultrasonography and ultrasonically guided aspiration biopsy*. Radiology, 1985. **155**(2):451-6.
49. Chandrasekhar, A.J., C.J. Reynes, and R.J. Churchill, *Ultrasonically guided percutaneous biopsy of peripheral pulmonary masses*. Chest, 1976. **70**(5):627-30.
50. Rath, C. and P. Suryawanshi, *Point of Care Neonatal Ultrasound - Head, Lung, Gut and Line Localization*. Indian Pediatr, 2016. **53**(10):889-899.
51. Moore, C.L. and J.A. Copel, *Point-of-care ultrasonography*. N Engl J Med, 2011. **364**(8):749-57.
52. Laursen, C.B., et al., *Point-of-care ultrasonography in patients admitted with respiratory symptoms: a single-blind, randomised controlled trial*. Lancet Respir Med, 2014. **2**(8):638-46.
53. Zieleskiewicz, L., et al., *Point-of-care ultrasound in intensive care units: assessment of 1073 procedures in a multicentric, prospective, observational study*. Intensive Care Med, 2015. **41**(9):1638-47.
54. Lichtenstein, D.A. and G.A. Meziere, *Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol*. Chest, 2008. **134**(1):117-25.
55. Goldberg, B.B., *Use of split-screen video tapes for ultrasound training*. J Clin Ultrasound, 1974. **2**(1):17-20.
56. Chivers, R.C. and P.J. Hills, *The preparation, use, and evaluation of recorded material for teaching ultrasonics in a university Master of Science course in medical physics*. J Clin Ultrasound, 1976. **4**(2):101-5.
57. Dubbins, P.A., *Training in ultrasound in the United Kingdom*. J Clin Ultrasound, 1985. **13**(4):296-8.
58. Chantler, J., L. Gale, and O. Weldon, *A reusable ultrasound phantom*. Anaesthesia, 2004. **59**(11):1145-6.
59. Mikhak, Z., *An animal model for ultrasound lung imaging*. Ultrasound Med Biol, 2004. **30**(5):697-701.
60. Grau, T. and R. Breitzkreutz, *Ultraschall in der Anästhesie und Intensivmedizin: Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik ; mit 43 Tabellen und DVD*. 2009: Dt. Ärzte-Verlag.
61. Cantisani, V., et al., *EFSUMB statement on medical student education in ultrasound [short version]*. Ultraschall Med, 2016. **37**(1):100-102.

62. Tonner, P.H., et al., *DGAI-certified seminar series: anaesthesia focussed echocardiography: module 4 cardiosonography*. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2011. **46**(11-12):766-70.
63. Bleise, S., et al., *DGAI-certified course series anaesthesia focused sonography: module 1: basics of sonography*. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2011. **46**(11-12):750-4.
64. Trautner, H., et al., *The DGAI training module 2 in anaesthetic focussed sonography: vascular sonography*. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2011. **46**(11-12):756-9.
65. Kefalianakis, F., et al., *The DGAI training module 3 in anaesthetic focussed sonography: neurosonography*. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2011. **46**(11-12):760-5.
66. Röhrig, S., et al., *DGAI-zertifizierte Seminarreihe Anästhesie Fokussierte Sonografie – Modul 5: Thorakoabdominelle Sonografie (E-FAST plus)*. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2011. **46**(11/12):772-781.
67. Rohrig, S., et al., *Thoracoabdominal sonography (E-FAST plus) -AI training module 5 in anaesthesiologist: performed focussed sonography*. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2011. **46**(11-12):772-81.
68. Cuca, C., et al., *Assessment of a new e-learning system on thorax, trachea, and lung ultrasound*. *Emerg Med Int*, 2013. **2013**:145361.
69. Chui, J., et al., *Identifying barriers to the use of ultrasound in the perioperative period: a survey of southwestern Ontario anesthesiologists*. *BMC Health Serv Res*, 2019. **19**(1):214.
70. Kessler, C. and S. Bhandarkar, *Ultrasound training for medical students and internal medicine residents--a needs assessment*. *J Clin Ultrasound*, 2010. **38**(8):401-8.
71. See, K.C., et al., *Lung ultrasound training: curriculum implementation and learning trajectory among respiratory therapists*. *Intensive Care Med*, 2016. **42**(1):63-71.
72. Mozzini, C., et al., *Lung ultrasound in internal medicine: training and clinical practice*. *Crit Ultrasound J*, 2016. **8**(1):10.
73. Abbasi, S., et al., *Accuracy of emergency physician-performed ultrasound in detecting traumatic pneumothorax after a 2-h training course*. *Eur J Emerg Med*, 2013. **20**(3):173-7.
74. Connolly, K., et al., *Ultrafest: a novel approach to ultrasound in medical education leads to improvement in written and clinical examinations*. *West J Emerg Med*, 2015. **16**(1):43-8.
75. Noble, V.E., et al., *Evaluation of a thoracic ultrasound training module for the detection of pneumothorax and pulmonary edema by prehospital physician care providers*. *BMC Med Educ*, 2009. **9**:3.
76. Sanchez-de-Toledo, J., et al., *Teaching Chest Ultrasound in an Experimental Porcine Model*. *Pediatr Emerg Care*, 2016. **32**(11):768-772.
77. Dinh, V.A., et al., *Impact of a 2-Day Critical Care Ultrasound Course during Fellowship Training: A Pilot Study*. *Crit Care Res Pract*, 2015. **2015**:675041.
78. Hulett, C.S., et al., *Development and preliminary assessment of a critical care ultrasound course in an adult pulmonary and critical care fellowship program*. *Ann Am Thorac Soc*, 2014. **11**(5):784-8.
79. Berlet, T., T. Fehr, and T.M. Merz, *Current practice of lung ultrasonography (LUS) in the diagnosis of pneumothorax: a survey of physician sonographers in Germany*. *Crit Ultrasound J*, 2014. **6**(1):16.

80. Krishnan, S., et al., *Efficacy of an online education program for ultrasound diagnosis of pneumothorax*. *Anesthesiology*, 2013. **118**(3):715-21.
81. Tang, B., et al., *Online Lectures in Undergraduate Medical Education: Scoping Review*. *JMIR Med Educ*, 2018. **4**(1):e11.
82. Liu, Q., et al., *The Effectiveness of Blended Learning in Health Professions: Systematic Review and Meta-Analysis*. *J Med Internet Res*, 2016. **18**(1):e2.
83. Hempel, D., et al., *Social media to supplement point-of-care ultrasound courses: the "sandwich e-learning" approach. A randomized trial*. *Crit Ultrasound J*, 2016. **8**(1):3.
84. Pietersen, P., et al., *Lung ultrasound training: a systematic review of published literature in clinical lung ultrasound training*. *Crit Ultrasound J*, 2018. 10(1):23
85. Sono2learn GmbH. *Online Sonografie-kurse – Ultraschall der Freude macht!* 2017, January 1; Available from: <https://www.sono2learn.de/impressum>.
86. 123 Sonography; c/o THOBI Videoproduction GmbH. *Online Diploma Courses*. 2020, January 14; Available from: <https://www.123sonography.com/ultrasound-courses>.
87. McMahan, S.R., et al., *Comparison of e-mail, fax, and postal surveys of pediatricians*. *Pediatrics*, 2003. **111**(4 Pt 1):299-303.
88. Guth, A.A. and T. Diflo, *"You've got mail!": the role of e-mail in clinical breast surgical practice*. *Breast*, 2006. **15**(6):713-7.

Unterrichtsmethoden zu Lungensonographie: traditioneller Unterricht im Vergleich zu web-basierendem Unterricht

PRE-TEACHING

1. Geschlecht:

männlich
 weiblich

2. Alter:

3. Wie lange sind Sie bereits im Fachbereich der Anästhesiologie/Intensivmedizin tätig?

weniger als 5 Jahre
 5-10 Jahre
 mehr als 10 Jahre

4. Wie schätzen Sie Ihre Erfahrung im Umgang mit Ultraschall ein?

sehr gute Erfahrung
 gute Erfahrung
 mittelmäßige Erfahrung
 wenig Erfahrung
 gar keine Erfahrung

5. Wie oft nutzen Sie derzeit im klinischen Alltag das Ultraschallgerät?

sehr oft
 oft
 gelegentlich
 selten
 nie

6. Wie gut schätzen Sie Ihren Umgang mit dem Ultraschall-Gerät Vivid S96 ein?

sehr gut
 gute
 mittelmäßig
 schlecht
 sehr schlecht

BITTE WENDEN

7. Haben Sie schon einmal Lungensonographie durchgeführt?

ja
 nein

8. Wenn ja: Zu welcher Diagnosesicherung nutzen Sie derzeit Lungensonographie?

9. Wenn ja: Wie oft nutzen Sie derzeit Lungensonographie im klinischen Alltag?

sehr oft
 oft
 gelegentlich
 selten
 nie

10. Wie häufig sehen Sie bei sich den tatsächlichen Bedarf an Lungensonographie?

sehr häufig
 häufig
 selten
 sehr selten
 gar nicht

11. Haben Sie schon einmal Bedarf an Lungensonographie gehabt (z.B. nach schwieriger ZVK-Anlage, schwieriger Intubation) aber schlussendlich doch darauf verzichtet?

sehr oft
 oft
 gelegentlich
 selten
 nie

12. Bei welchen Differentialdiagnosen ist nach Ihrer Einschätzung Lungensonographie angebracht?
Mehrfachnennungen möglich

Lungengewebsbeurteilung bei Pleurakalzifikation
 Lungenstauung
 Pneumothorax
 Pleuraerguss
 Pleura-angrenzende Tumore
 Atelektasen
 Lungenkonsolidierungen
 Lungeninfarkt
 Lungenbeurteilung im Rahmen eines Hämodynamiksystems
 Pneumonie

Unterrichtsmethoden zu Lungenschalldiagnostik: traditioneller Unterricht im Vergleich zu web-basierendem Unterricht

POST-TEACHING

1. Welche Unterrichtsmethode würden Sie in Bezug auf die Ausbildung zum Lungenschalldiagnostiker bevorzugen?

- Onlineunterricht
 Frontalunterricht
 beides

2. Wie waren für Sie die Lehrinhalte ersichtlich und verständlich?

- sehr gut
 gut
 teils-teils
 eher weniger
 gar nicht
 keines der Genannten

3. Wie empfanden Sie die Dauer der Informationseinheiten?

- viel zu lange
 zu lange
 genau richtig
 zu kurz
 viel zu kurz
 keines der Genannten

4. Wie schätzen Sie nach der Fortbildung/Lehrvideo Ihren Umgang mit den Ultraschallgeräten VIVID S96 ein?

- sehr gut
 gut
 mittelmäßig
 schlecht
 sehr schlecht
 keines der Genannten

BITTE WENDEN

5. Wie klar waren für Sie die Aufgaben formuliert?

- sehr klar
 eher klar
 teils-teils
 weniger klar
 überhaupt nicht klar
 keines der Genannten

6. Wie gut konnten Sie sich am Probanden orientieren?

- sehr gut
 gut
 mittelmäßig
 schlecht
 gar nicht
 keines der Genannten

7. Wie empfanden Sie die Identifikation der A-Linien?

- sofort sehr gut erkennbar
 nach einiger Zeit gut erkennbar
 nach einiger Zeit mäßig erkennbar
 selbst nach langer Zeit nur schwer erkennbar
 gar nicht erkennbar
 keines der Genannten

8. Wie empfanden Sie die Identifikation des Pleuragleitens (pleural sliding)?

- sofort sehr gut erkennbar
 nach einiger Zeit gut erkennbar
 nach einiger Zeit mäßig erkennbar
 selbst nach langer Zeit nur schwer erkennbar
 gar nicht erkennbar
 keines der Genannten

BITTE WENDEN

Fragebogen zum Nachtest

9. Wie empfanden Sie die Identifikation der B-Linien (comet tails)?
- sofort sehr gut erkennbar
 - nach einiger Zeit gut erkennbar
 - nach einiger Zeit mäßig erkennbar
 - selbst nach langer Zeit nur schwer erkennbar
 - gar nicht erkennbar
 - keines der Genannten

10. Wie empfanden Sie die Identifikation des Sandy-Beach-Sign (Seashore-Sign)?
- sofort sehr gut erkennbar
 - nach einiger Zeit gut erkennbar
 - nach einiger Zeit mäßig erkennbar
 - selbst nach langer Zeit nur schwer erkennbar
 - gar nicht erkennbar
 - keines der Genannten

11. Schätzen Sie Ihre Fähigkeiten im Umgang mit Lungentrasschall nun deutlich besser als vor der Fortbildung/Lehrvideo ein?
- sehr viel besser
 - viel besser
 - geringfügig besser
 - gleichbleibend
 - schlechter
 - keines der Genannten

12. Fühlen Sie sich in der Lage nach dieser Fortbildung/diesem Lehrvideo eigenständig eine Lungentrasschalluntersuchung durchzuführen?
- ja
 - nein
 - keines der Genannten

13. Werden Sie in Zukunft häufiger auf die Möglichkeit des Lungentrasschalls zurückgreifen?
- ja
 - nein
 - keines der Genannten

BITTE WENDEN

14. Welche Schulnote würden Sie der Lehrveranstaltung geben?
- Sehr gut
 - Gut
 - Befriedigend
 - Genügend
 - Nicht genügend
 - keine der Genannten

15. Sollen die Lehrinhalte in einem weiteren Seminar vertieft werden?
- ja
 - nein
 - keines der Genannten

16. Wo besteht Ihrer Meinung nach noch Bedarf an weiteren Lehrinhalten im Bereich Lungentrasschall und Ultraschall im Allgemeinen?

17. In welchem Bereich werden Sie in den kommenden 2 Tagen arbeiten?
- Außenbereich
 - OP00
 - Chirurgie
 - Orthopädie
 - Herzchirurgie
 - HNO
 - Urologie
 - Gynäkologie
 - Neurochirurgie

Fragebogen zum Nachhaltigkeitstest

3-02

Unterrichtsmethoden zu Lungensonographie: traditioneller Unterricht im Vergleich zu web-basiertem Unterricht

RENTENTIONSFRAGEN

1. Wie oft nutzen Sie derzeit im klinischen Alltag Ultraschall im Allgemeinen?
 sehr oft
 oft
 gelegentlich
 selten
 nie

2. Wie gut schätzen Sie derzeit Ihre Fähigkeiten im Umgang mit Ultraschall im Allgemeinen (Gefäße, Nerven)?
 sehr gut
 gut
 befriedigend
 genügend
 nicht genügend

3. Wie gut schätzen Sie derzeit Ihren Umgang mit dem Ultraschall-Gerät Vivid S9/6 ein?
 sehr gut
 gut
 mittelmäßig
 schlecht
 sehr schlecht

4. Wie schätzen Sie Ihre Nutzung von Lungensonographie im Vergleich zu vor dieser Fortbildung/diesem Lehrvideo ein?
 sehr viel häufiger
 viel häufiger
 geringfügig häufiger
 gleichbleibend
 seltener
 keines der Genannten

5. Wie gut schätzen Sie derzeit Ihre Fähigkeiten im Umgang mit Lungensonographie ein?
 sehr gut
 gut
 befriedigend
 genügend
 nicht genügend

BITTE WENDEN

6. Wenn Sie bereits Lungensonographie durchgeführt haben: Zu welcher Diagnosesicherung wurde der Lungensonographie von Ihnen durchgeführt?
 Pleuraerguss
 Atelektasen
 Pneumothorax
 Pneumonie
 Lungensonographie
 Pleura-angrenzende Tumore
 andere: _____

7. Reichten die im Kurs/Lehrvideo vermittelten Lehrinhalte aus, um die Fragestellung, mit der die Untersuchung durchgeführt wurde, zu beantworten?
 sehr gut ausreichend
 gut ausreichend
 bedingt ausreichend
 ansatzweise ausreichend
 gar nicht ausreichend
 keines der Genannten

8. Welche Art der Fortbildung würden Sie in Zukunft zur Vermittlung von Kenntnissen hinsichtlich Lungensonographie bevorzugen?
 Standardkurs
 Onlinenkurs
 beides
 keines der Genannten

9. Haben Sie seit der Lehrveranstaltung (Kurs/Lehrvideo) in den vergangenen 4 Wochen Bedarf an Lungensonographie gehabt (z.B. nach schwieriger ZVK-Anlage, schwieriger Intubation) aber schlussendlich doch darauf verzichtet?
 sehr oft
 oft
 gelegentlich
 selten
 nie
 keines der Genannten

10. Wenn ja: Warum haben Sie auf den Lungensonographie verzichtet?

11. Wenn Sie bereits Lungenultraschall durchgeführt haben: Wie gut konnten Sie sich auf dem Ultraschallbild orientieren?

sehr gut
 gut
 befriedigend
 genügend
 nicht genügend

12. Wie empfanden Sie die Identifikation der A-Linien?

sofort, sehr gut erkennbar
 nach einiger Zeit gut erkennbar
 nach einiger Zeit mäßig erkennbar
 selbst nach langer Zeit nur schwer erkennbar
 gar nicht erkennbar

13. Wie empfanden Sie die Identifikation des Pleuragleitens (pleural sliding)?

sofort, sehr gut erkennbar
 nach einiger Zeit gut erkennbar
 nach einiger Zeit mäßig erkennbar
 selbst nach langer Zeit nur schwer erkennbar
 gar nicht erkennbar

14. Wie empfanden Sie die Identifikation der B-Linien (comet tails)?

sofort, sehr gut erkennbar
 nach einiger Zeit gut erkennbar
 nach einiger Zeit mäßig erkennbar
 selbst nach langer Zeit nur schwer erkennbar
 gar nicht erkennbar

15. Wie empfanden Sie die Identifikation des Sandy-Beach signs?

sofort, sehr gut erkennbar
 nach einiger Zeit gut erkennbar
 nach einiger Zeit mäßig erkennbar
 selbst nach langer Zeit nur schwer erkennbar
 gar nicht erkennbar

16. Fühlen Sie sich derzeit in der Lage, eigenständig eine Lungenultraschalluntersuchung durchführen zu können?

ja
 nein

BITTE WENDEN

17. 4 Wochen nach der Fortbildung/dem Lehrvideo: Wie viel an Wissen konnten Sie Ihrer Meinung nach behalten?

sehr viel
 viel
 mäßig
 sehr wenig
 gar kein
 keines der Genannten

18. Wo besteht Ihrer Meinung nach noch Bedarf an weiteren Lehrinhalten im Bereich der Anästhesiologie/intensivmedizin?

Abdomen
 Gefäße
 Nerven
 TTE
 Niere
 anderes: _____

19. Werden Sie in Zukunft häufiger auf die Möglichkeit des Lungenultraschalls zurückgreifen?

ja
 nein
 keine Angaben

20. Wenn nicht: Warum nicht?

21. Haben Sie sich in den vergangenen Wochen zusätzlich mit dem Thema Lungenultraschall auseinandergesetzt (Online-Recherche/Bücher)?

ja
 nein

22. Wenn ja: Welche Medien haben Sie dazu benutzt?

Google[®]
 Wikipedia[®]
 DocCheck[®]
 PubMed[®]
 Bücher
 anderes: _____

23. Nur Onlinereguppe: Wie oft haben Sie sich das Lehrvideo angesehen?

- 1x
- 2x
- 3x
- >3x

24. Wie haben die Lehrveranstaltungen Ihre Erwartungen erfüllt?

- sehr gut erfüllt
- gut erfüllt
- mäßig erfüllt
- nur äußerst bedingt erfüllt
- gar nicht erfüllt
- keines der Genannten

Feedbackbogen zur Studie: Unterrichtsmethoden zu Lungentraschall: traditioneller Unterricht im Vergleich zu web-basierem Unterricht

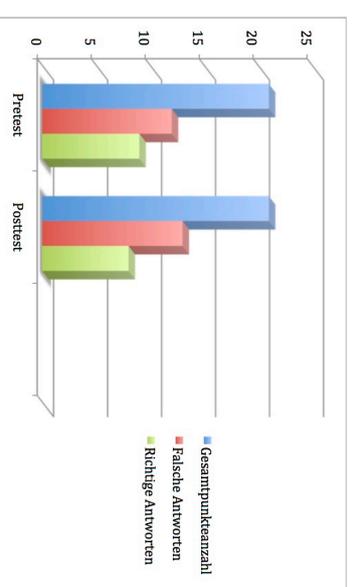
Liebe Probandin, lieber Proband,

wir möchten uns noch einmal herzlich bei Ihnen für Ihre Bereitschaft zur Studie „Unterrichtsmethoden zu Lungentraschall: traditioneller Unterricht im Vergleich zu web-basierem Unterricht“ bedanken!

Durch Ihre Teilnahme haben Sie uns geholfen zu neuen Erkenntnissen in der Ausbildung zu Lungentraschall zu gelangen und einen Beitrag zum US-Ausbildungscurriculum bei Intensivmedizinern leisten zu können. Wir hoffen, wir konnten Ihnen Grundkenntnisse über die ultraschallgesteuerte Lungenuntersuchung bei Verdacht auf Pneumothorax näher bringen und Ihnen ein Gefühl der Sicherheit im Umgang mit dem Ultraschallgerät vermitteln.

Im Anhang finden Sie Ihre Antworten zu den abgelegten Tests sowie eine Musterlösung. Wir hoffen, die Studie hat Ihnen zugesagt und Sie können in Zukunft häufiger auf die Möglichkeit des Lungentraschalls zurückgreifen!

**Mit Freundlichen Grüßen,
das Studententeam**



Rückmeldebogen

QUESTIONNAIRE

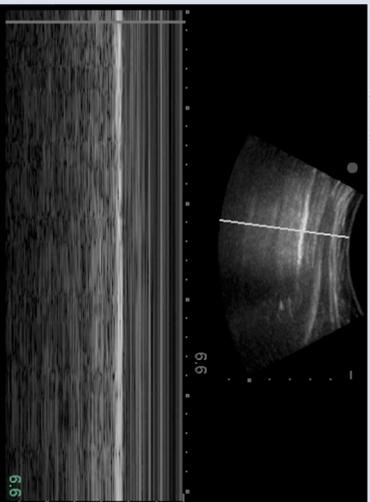
Proband Nr. 02

Right = Wrong =

Test



1. The following image is consistent with:



PRE

POST

- a. Apnea
- b. Pneumothorax
- c. Both a and b

PRE: b POST: a

2. The finding of lung pulsations rules out a pneumothorax at that location.

- a. True
- b. False

PRE: b POST: b

PRE

POST

3. The video clip on the screen for this question (see separate video clip) is consistent with pneumothorax

- a. True
- b. False

PRE: b POST: b

PRE

POST

4. In a hemodynamically unstable patient with possible complete lung collapse, a lung point is a likely finding:

- a. True
- b. False

PRE: b POST: b

PRE

POST

5. The presence of A-lines makes a pneumothorax very unlikely at that location.

- a. True
- b. False

PRE: b POST: a

PRE

POST

6. A healthy patient with right mainstem intubation will likely show B-lines and lung pulse, but lack of lung sliding over the left lung.

- a. True
- b. False

PRE: b POST: a

PRE

POST

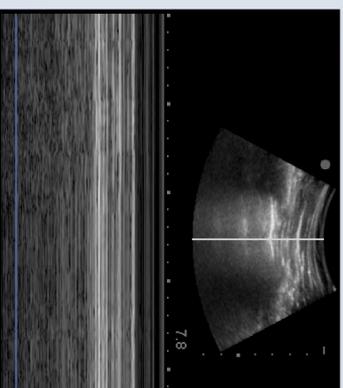
7. Your trauma patient has rib fractures and is hemodynamically unstable. In this setting, this ultrasound is strongly suggestive of a pneumothorax.

- a. True
- b. False

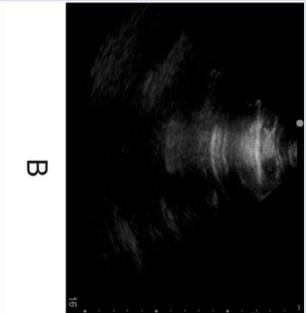
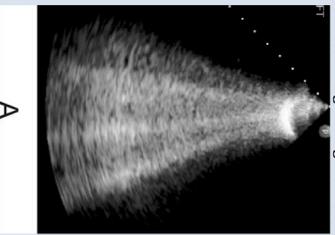
PRE: a POST: a

PRE

POST



8. The following finding is NOT consistent with pneumothorax



- a. A
- b. B
- c. A and B
- d. Neither

PRE: a POST: b

PRE
POST

9. A patient has a consolidated right lower lobe on chest X-ray. The following lung ultrasound findings would NOT be expected anywhere over the right lung (choose best single answer):

- a. A-lines
- b. B-lines
- c. Lack of lung sliding
- d. Lung point
- e. a and d
- f. c and d

PRE: d POST: e

PRE
POST

10. You have high peak ventilation pressures after intubating a patient with pulmonary fibrosis. You find bilateral anterior B-lines but cannot find lung sliding over the right anterior thorax. A pneumothorax is an unlikely cause of the high ventilation pressures.

- a. True
- b. False

PRE: b POST: b

PRE
POST

Aufnahme eines Standardbildes:

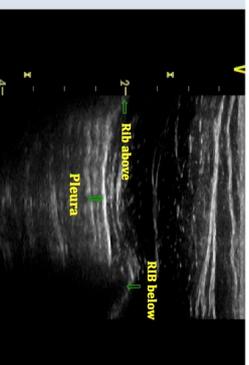
Um ein Standardbild aufzunehmen, bei der gewünschten Ansicht auf den Freeze-Button drücken



PRE
POST

Pleura im US erkennen:

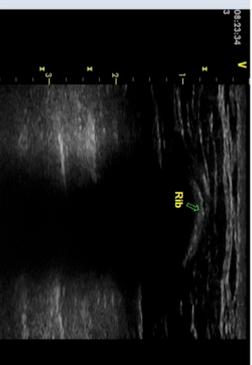
Als Pleura kann man jene Struktur identifizieren, die sich als aufgefällige flimmernd-weiße (echodichte) Linie zwischen 2 benachbarten Rippen erstreckt



PRE
POST

Rippen im Lungen-US:

Rippen kann man im US als halbmondförmig aufgehelle Strukturen mit dorsaler Schallausbreitung identifizieren



PRE
POST

Proband Nr. 02

M-Mode ausführen:

1. Aufsuchen eines Zwischenrippenraumes
2. Durch Betätigen des MM-Buttons in den M-Mode übergehen

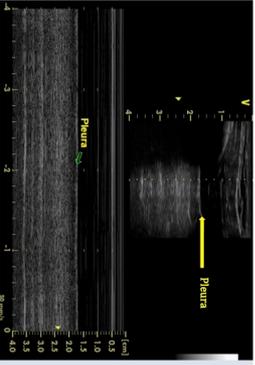


PRE

POST

Pleura im M-Mode:

Als Pleura kann man im M-Mode jene Struktur identifizieren, welche als augenfällige (echodichte) Linie mit darunterliegenden (d.h. schallkopflern) immerndem Artfakt sichtbar wird.



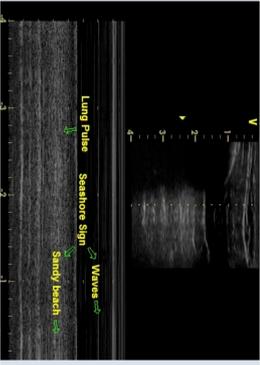
PRE

POST

Sandy-Beach-Sign:

Als Sandy-Beach-Sign bezeichnet man jene Artfakte, die sich im M-Mode, als unruhiges Band durch Pleuragleitern unterhalb (d.h. schallkopflern) der Pleura darstellen.

Mit den darüberliegenden (d.h. schallkopflern) echodichten Muskelschichten ergibt sich so das Bild eines Strandes mit auftretenden Wellen (->Seashore-Sign).



PRE

POST

Proband Nr. 02

Bildtiefe adaptieren:

Um die Tiefe am US-Gerät zu adaptieren, kann man den Drehregler im Uhrzeigersinn für mehr und gegen den Uhrzeigersinn für weniger Tiefe drehen.



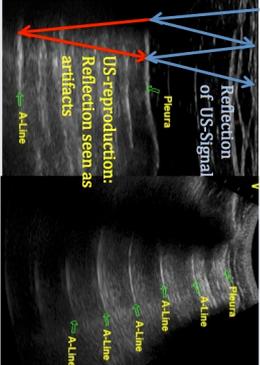
PRE

POST

Aufsuchen der A-Linien:

Als A-Linien bezeichnet man jene aufgehällten (echodichten) Linien, die, gemessen an der Distanz, -Schallkopf->Pleura" im doppelten, dreifachen.... Abstand zum Schallkopf sichtbar werden.

Bei 90°-Position des Schallkopfs in allen Ebenen zur Thoraxwand kommen diese besonders gut zur Geltung.



PRE

POST

Eidesstattliche Versicherung

Ich, **Jonathan Damian Aichner**, erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

***Lungenultraschall:
2-Center Studie zur Ermittlung von Bedarf,
Kenntnissen und geeigneter Lehrmodalität***

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Luzern, am 11.05.2021

Aichner Jonathan Damian