

Aus dem Fachbereich Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie

Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. Kai Zacharowski

THOLUUSE

Thorax-, Trachea- and Lung Ultrasound in Emergency and Critical
Care Medicine

(Thorax-, Trachea- und Lungensonographie in der Intensiv- und
Notfallmedizin)

Entwicklung und Überprüfung eines neuen Kurskonzeptes

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin des Fachbereichs Medizin

der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von Martina Steigerwald

aus Offenbach

Frankfurt am Main, 2009

Dekan:	Prof. Dr. J. Pfeilschifter
Referent:	PD Dr. Raoul Breitzkreutz
Korreferent:	Prof. Dr. TOF Wagner
Tag der mündlichen Prüfung:	21.12.2009

Es ist nicht genug, zu wissen,
man muss auch anwenden...

Es ist nicht genug, zu wollen,
man muss auch tun...

J.W. Goethe

1. EINLEITUNG	4
1.1. Fragestellung	10
2. KURSKONZEPT UND KURSIINHALT	11
2.1. Methoden zur Kursentwicklung	11
2.1.1. Studiendesign	11
2.1.2. Meilensteine der Entwicklung	11
2.1.3. Wissenschaftliche Kooperationspartner	13
2.2. Kurskonzept	13
2.2.1. Inhalte	13
2.2.2. Mehrstufenkonzept	13
2.3. Theoretische Ausbildung der Kursteilnehmer	14
2.3.1. Lerninhalte der theoretischen Ausbildung	15
2.3.2. Thematisierte Pathologien	17
2.3.2.1. Pleuraerguss	17
2.3.2.2. Pneumothorax	18
2.3.2.3. Weitere Pathologien der Lunge	22
2.3.2.4. Trachea	24
2.3.3. Indikationen zur Thoraxsonographie in der Intensivmedizin	24
2.3.4. Algorithmus der Lungensonographie für Notfalluntersuchungen	26
2.3.4.1. Anlotungen zum Nachweis eines Pleuraergusses	26
2.3.4.2. Anlotungen zum Nachweis eines Pneumothorax	27
2.3.5. Differentialdiagnosen	30
2.3.6. Klinische Beispiele	31
2.4. Praktische Ausbildung der Kursteilnehmer	33
2.4.1. Stationen	34
3. KURSMATERIAL UND METHODIK	38
3.1. Kostenkalkulation	38
3.2. Teilnehmer	39

3.3. Instruktoren	40
3.4. Probanden und Patienten	40
3.5. Materialien und Geräte	41
3.5.1. Ultraschallgeräte	41
3.5.2. Ultraschallmodelle	42
3.6. Kursvorträge/Präsentationen	46
3.6.1. Bildschirmpräsentation zur „virtuellen Station“	49
3.7. Kursmaterial	51
3.8. Test und Evaluation	51
3.8.1. Multiple Choice Testat	52
3.8.2. Simulationstest	53
3.8.3. Praktischer Posttest	53
3.9. Evaluation des Kurses	54
3.9.1. Subjektive Evaluation durch die Teilnehmer	54
3.10. Statistische Methoden und Programme	55
4. ERGEBNISSE	56
4.1. Multiple-Choice-Testat	56
4.1.1. Kumulative Ergebnisse	56
4.1.2. Aufschlüsselung nach Fachrichtungen	57
4.1.3. Aufschlüsselung nach Vorkenntnissen	59
4.1.4. Aufschlüsselung nach Themengebieten	60
4.2. Simulations-Test	62
4.2.1. Kumulative Ergebnisse	62
4.2.2. Analyse nach Fachrichtungen	63
4.2.3. Aufschlüsselung nach Vorkenntnissen	65
4.2.4. Aufschlüsselung nach Themengebieten	66
4.3. Vergleich von Multiple-Choice-Test und Simulationstest	68
4.4. Praktischer Posttest	69

4.4.1.	Aufschlüsselung nach Themengebieten	70
4.5.	Subjektive Evaluation der Teilnehmer	72
5.	DISKUSSION	75
5.1.	Diskussion der Methodik und Kursentwicklung	75
5.1.1.	Entwicklung des Kurses	75
5.1.2.	Auswahl der Testarten	76
5.1.3.	Diskussion der Punktionsmodelle	77
5.1.4.	Verwendete Ultraschallgeräte	78
5.1.5.	Kursablauf	78
5.2.	Deutung der Ergebnisse	79
5.2.1.	Multiple-Choice-Testat und Simulationstest	79
5.2.2.	Ergebnisse nach Fachrichtungen von MC-Testat und Simulationstest	79
5.2.3.	Ergebnisse nach Themengebieten	80
5.2.4.	Vergleich Multiple-Choice-Testat und Simulationstest	80
5.2.5.	Ergebnisse im praktischen Posttest	81
5.2.6.	Zusammenfassung der Tests	81
5.2.7.	Subjektive Evaluation der Teilnehmer	82
5.3.	Zusammenfassende Beurteilung	82
5.4.	Fazit	86
	Zusammenfassung	87
	Abstract	89
	Literaturverzeichnis	91
	Abkürzungsverzeichnis	95
	Abbildungsverzeichnis	96
	Tabellenverzeichnis	97
	Anhang	99
	Lebenslauf	129
	Danksagung	131
	Ehrenwörtliche Erklärung	132

1. Einleitung

Die Untersuchungen und Interventionen mit Hilfe von Ultraschallverfahren sind inzwischen in vielen medizinischen Disziplinen zu wichtigen diagnostischen Werkzeugen geworden. Die sonographische Untersuchung der Lunge hat sich allerdings noch nicht in der humanmedizinischen klinischen Praxis durchsetzen können, da die Untersuchung von Luft immer noch auf Widerspruch stößt. Diese Methode ist aber in der Veterinärmedizin schon seit langem bekannt. Bereits 1986 wurde von Rantanen et al. die Möglichkeit zur ultraschallgestützten Diagnostik der Lunge beschrieben und systematisiert¹.

Rantanen beschreibt in seiner Veröffentlichung von 1986, *Diseases of the Thorax*, die sonographische Detektion von Lungenerkrankungen beim Pferd und beruft sich darauf, dass in einem röntgendichten Thorax die Sonographie das Mittel der Wahl sein sollte, um die zu Grunde liegende Lungenerkrankung zu diagnostizieren. Er erkennt, dass der Ultraschall eine wichtige diagnostische Methode zur Lungenuntersuchung, zumindest beim Pferd, darstellt, und dass die komplette Lungenoberfläche mit Hilfe der Sonographie in kürzester Zeit auf Pathologien untersucht werden kann. Die Diagnostik von Pneumonien, Atelektasen, Pleuraerguss und nicht zuletzt des Pneumothorax wird in seiner Arbeit von vor über 20 Jahren beschrieben².

In der Humanmedizin war es bisher ungleich schwieriger, die Sonographie der Lunge zu etablieren.

Die fokussierte Sonographie des Thorax, der Trachea und der Lunge könnte aber ein wichtiges diagnostisches Mittel in der Intensiv- und Notfallmedizin³⁻⁵ darstellen. Allerdings findet sie als nichtinvasive und einfach zu erlernende Untersuchung keine regelmäßige Anwendung, obwohl sie als wichtiger Bestandteil der Basis- und Akutdiagnostik angesehen werden kann. Dabei könnte ein weites Spektrum der Medizin, von der Inneren Medizin⁶⁻⁸ bis hin zur Traumatologie^{4,9}, von der schnellen und effektiven Diagnostik profitieren.

Die präklinische und die primär klinische Versorgung von Thoraxtraumata beispielsweise stellt eine anspruchsvolle Aufgabe für den Notarzt dar. Es ist zu beachten, dass schwere Thoraxverletzungen beim Polytrauma zusammen mit schweren Extremitätenverletzungen und dem Schädel-Hirn-Trauma die am häufigsten vorkommenden relevanten Diagnosen darstellen und bei bis zu 45% der Mehrfachverletzten vorliegen¹⁰.

Das Thoraxtrauma führt überdurchschnittlich häufig zu einer respiratorischen Insuffizienz (31%) oder zu einem Kreislaufversagen (26%) und ist für bis zu 25% der traumaassoziierten Todesfälle verantwortlich^{10,11}.

Somit liegt es auf der Hand, dass die schnellstmögliche Diagnosefindung eines (Spannungs-) Pneumothorax, Hämatothorax oder eines Pleuraergusses ein wichtiges Ziel sein muss. Hierbei fehlt aber ein standardisiertes Diagnostikum, um diese Pathologien schnell erkennen und beheben zu können sowie deren Folgen und Komplikationen zu verringern oder zu vermeiden.

Aus diesem Grund ist es essentiell, dass ein Notarzt und auch der erstversorgende Arzt in der Klinik über die diagnostischen Mittel, Kenntnisse und Erfahrungen verfügt, ein Thoraxtrauma einzuschätzen, eine Diagnose zu stellen und gegebenenfalls zu intervenieren.

Hierbei ist die „hand-held“ Sonographie ein wichtiger Bestandteil, welcher während zeitkritischer Szenarien in Notaufnahmen, auf der Intensivstation bettseitig sowie in der Präklinik verfügbar sein sollte^{12,13}.

Es ist möglich, über wenige sonographische Anlotungspunkte und in kurzer Zeit Thorax, Trachea und Lunge durch eine fokussierte Ultraschalluntersuchung zu beurteilen. Das ermöglicht wiederum eine hochspezifische Diagnostik als Erweiterung zur klinischen Untersuchung¹².

Die Notfallsonographie nach dem *Focused Abdominal Sonography for Trauma* (FAST) oder *prehospital Focused Abdominal Sonography for Trauma* (pFAST) Schema wurde bereits in einigen Studien vorgestellt^{13,14}.

Kirkpatrick hat zum FAST-Konzept bereits 2002 eine Erweiterung, das *Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma* (eFAST), vorgeschlagen¹⁵. Hierbei wird neben den Abdominalorganen auch die Lunge des Traumapatienten untersucht, um einen Pneumothorax, einen Hämatothorax oder auch einen Pleuraerguss nachzuweisen. Für die Notfalluntersuchung ist dies vor allem in der Akutdiagnostik von höherem Interesse, da die von Kirkpatrick beschriebenen Pathologien als Blickdiagnosen gelten. Diese Diagnosen hätten also eine direkte Konsequenz. Sie geben dem Untersucher die Option, auch unter Zeitdruck zu reagieren und zum Beispiel einen (Spannungs-) Pneumothorax zu drainieren und somit direkt und lebensrettend einzugreifen. Diese Untersuchungen gelten insbesondere, wenn andere bildgebende Verfahren wie Röntgen- Thorax oder die CT nicht unmittelbar verfügbar sind.

Der bekannte Traumaalgorithmus, in welchem man sich mit den lebenswichtigen Körperfunktionen A: Airway, B: Breathing, C: Circulation und den Behandlungen von Dysfunktionen befasst, ist von Neri et al. durch ein *Level 1 Ultraschall Training* ergänzt worden. Hier wird gefordert, dass nicht nur die gängigen traumatologischen Untersuchungen, sondern auch die Sonographie der betroffenen Regionen in den Algorithmus integriert werden¹⁶.

Die ersten beiden Punkte „Airway“ und „Breathing“ machen deutlich, dass die wichtigste wieder herzustellende Funktion des Menschen, nämlich die Atmung durch einen freien Atemweg, nicht dem FAST-Schema angehört, sondern nur mit dem eFAST bzw. einem erweiterten FAST Algorithmus erfasst werden können.

Dysfunktionen der oberen Atemwege und der Lunge können hierbei mit der Sonographie schnell und sicher detektiert¹⁶ und eine Intervention kann auch unter Zeitdruck vorgenommen werden.

Weiterhin kann zum Beispiel eine Dilatationstracheotomie bei Verlegung der oberen Atemwege oder bei einem HWS-Trauma sicher und schnell sonographiegesteuert vorgenommen werden¹⁷⁻²⁰.

Die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge ist somit auch für den klinischen und intensivmedizinischen Alltag relevant.

Der Pneumothorax ist ein häufig anzutreffendes Krankheitsbild nach ärztlichen Interventionen wie Operationen oder Katheteranlagen.

Der Goldstandard für die Diagnose ist hierbei die Computertomographie (CT)^{12,21}. Allerdings ist eine CT in der Klinik bei beatmeten Patienten zumeist mit erheblicher Zeitverzögerung und langem, schwierigen Patiententransport verbunden und führt zu einer nicht unerheblichen Strahlenbelastung. Deshalb bietet sich die Sonographie als eine schnelle und effiziente diagnostische Methode an. Leider ist diese in vielen Traumazentren noch nicht etabliert, obwohl die Anwendung befürwortet wird²¹⁻²⁴.

Daniel Lichtenstein hat sich bereits 1995 mit der Fragestellung beschäftigt, ob der Ultraschall von Lunge und Pleura die Diagnostik eines Pneumothorax vereinfachen kann²⁵. Er hat seit dem die Sonographie der Lunge und vor allem des Pneumothorax systematisiert^{12,13}. Da es ihm gelungen ist, den Nutzen der Lungensonographie mit hoher Evidenz beim Pneumothorax zu belegen, erlangt diese Methode wesentliche Relevanz für die Notfall- und Intensivmedizin¹².

Es konnte gezeigt werden, dass die Detektion des Pneumothorax bei geschultem Personal eine hohe Spezifität bis zu 98% und eine Sensitivität von bis zu 100%²⁶ aufweist. Die Durchführung einer „gezielten“ Sonographie des Thorax und der Lunge ist in geübter Hand schon innerhalb von 3-5 min realisierbar. Ein Pneumothorax kann Lichtenstein zufolge durch den geschulten Arzt schon innerhalb weniger Sekunden nachgewiesen oder ausgeschlossen werden¹².

Das Vorkommen von Pleuraergüssen ist in der Notfall- und Intensivmedizin sehr häufig und stellt dabei oft eine vitale Bedrohung und

Behandlungsindikation für den Patienten dar^{12,13}. Die Sonographie des Pleuraerguss sollte daher ebenfalls zu den Basisuntersuchungen gehören.

Während aber die Detektion von Flüssigkeiten wie bei einem Pleuraerguss oder einem Hämatothorax als relativ einfach²⁷ und die sonographisch gesteuerte Pleurapunktion als sicher⁸ beschrieben wird, kann der unerfahrene Untersucher die sonographische Detektion eines Pneumothorax als eine schwierige Aufgabe empfinden. Es müssen dabei wenige Artefakte erkannt und benannt werden, wie zum Beispiel das Nichtvorhandensein von Pleuragleiten, sich bewegende Kometenschweifartefakte^{24,28,29} oder der Lungenpunkt im M-Mode. Hiermit kann die sichere Diagnose eines Pneumothorax schnell und adäquat, mit hoher Sensitivität und Spezifität^{23,30,31} gestellt werden. Es ist bewiesen, dass die fokussierte Ultraschalluntersuchung von Thorax und Lunge sicher ist und in Bereichen, in welchen kein Röntgen oder CT erreichbar ist, ein Pneumothorax sicher diagnostiziert werden kann.⁴ Trotz dieser eindeutig für die Sonographie von Lunge und Thorax sprechenden Aussagen gibt es bis heute kein Kurrikulum für die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge zur ärztlichen Weiterbildung. Auch für die Notfallsonographie gibt es keine Leitlinien bezüglich einer adäquat einsetzbaren sonographischen Diagnostik.

Es fehlen einheitliche und internationale Standards zum Training der Notfallsonographie. Obwohl bereits einige Publikationen zum Thorax-, Trachea- und Lungensonographie bekannt sind, gibt es keine Möglichkeit, diesen nach einem standardisierten Konzept zu erlernen^{17,21,25,32-34}.

Ein wichtiges Problem hierbei ist die Postgraduiertenausbildung in der Intensivmedizin, für die kein eigenes Kursprogramm oder Kurskonzept vorliegt. Gerade hier sollte die Sonographie ein wichtiger Bestandteil der weiteren Ausbildung sein. Die Sonographie kann als „drittes Auge“, als Erweiterung der körperlichen Untersuchung, angesehen werden und kann in schwierigen Situationen die Entscheidungsfindung erleichtern. Jeder

Intensiv- und Notfallmediziner sollte Kenntnisse in der Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge erwerben können

Aus diesen Gründen ist ein einheitliches und anwendbares Kurskonzept zu fordern.

Es gibt Ansätze, dass auch kurze Trainingseinheiten in der Notfallsonographie die jeweiligen Untersucher befähigen, in kritischen Situationen eine Untersuchung durchzuführen und eine Diagnose zu stellen.¹⁶

Aus diesem Grund ist das Kurskonzept THOLUUSE –*Thorax, Trachea and Lung Ultrasound in Emergency and Critical Care Medicine* – entwickelt worden.

Dieser Kurs zur *Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge in der Intensiv- und Notfallmedizin* ist ähnlich einer *objective structured clinical examination* (OSCE) aufgebaut^{35,36}.

Es ist bekannt, dass frontaler Unterricht, der nur mit Präsentationen arbeitet, einen sehr geringen Lernerfolg erzielt. Ebenso ist es kaum möglich, ein aktives Verfahren wie die Ultraschalluntersuchung nur durch Theorie zu erlernen^{37,38}.

Die Lösung hierfür ist ein auf OSCE-basierendes Lernkonzept, welches durch eine Vielzahl von praktischen Übungen eine höhere Nachhaltigkeit im Lernerfolg bewirken kann. Diese Methode soll verschiedene Kompetenzen schulen, aber auch vorhandene Defizite aufdecken.³⁸

Der Kursteilnehmer wird dabei durch praktische Unterweisungen aktiv beteiligt.

Weiterhin beinhaltet THOLUUSE einen Einblick in die Möglichkeit zur sonographisch gesteuerten Punktion.

Der dazu entwickelte Kurs konzentriert sich vor allem auf das Erlernen der Detektion eines Pleuraergusses und des ventralen Pneumothorax, deren Differentialdiagnosen sowie, in Hinblick auf die Anwendung der Punktionstechniken in der Intensivmedizin, zusätzlich auf die Darstellung der

Trachea und der umliegenden Strukturen¹⁷. Darüber hinaus werden andere Pathologien wie Atelektasen, Infiltrate und Frakturen besprochen. Die Sonoanatomie, Artefakte und Phänomene, die durch die jeweiligen Krankheitsbilder entstehen, sollen erkannt, benannt und dem jeweiligen Krankheitsbild zugeordnet werden können.

Die Entwicklung des Kurses richtet sich in ihrem Inhalt nach den Kategorien der World Health Organisation (WHO), der European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB), dem Royal College of Radiologists (RCR) und der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM)³⁹⁻⁴¹. Hierbei werden die erlernbaren Themen in Schwierigkeitsgrade bzw. Stufen (Levels) eingeteilt.

In THOLUUSE kann hiernach die Sonographie nach Stufe 1-2 erlernt werden. Basics sowie aufbauendes Wissen werden den Kursteilnehmern in einer eintägigen Trainingseinheit vermittelt.

1.1. Fragestellung

Für die Entwicklung des Kurskonzeptes soll eruiert werden, ob es möglich ist, innerhalb eines eintägigen Kurses die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge zu erlernen. Weiterhin stellt sich die Frage, wie effizient dieses Kurrikulum in Hinblick auf den Lernerfolg ist und ob der Ausbildungsstand der Teilnehmer von Bedeutung ist.

2. Kurskonzept und Kursinhalt

2.1. Methoden zur Kursentwicklung

2.1.1. Studiendesign

Es handelt sich um eine prospektive, beobachtende und ausbildungsbezogene Studie. Hierbei ist ein Lehrkonzept zur Thorax-, Trachea- und Lungensonographie in der Intensiv- und Notfallmedizin – THOLUUSE - entwickelt worden. Weiterhin sind verschiedene Modelle zum Erlernen von Artefakten und Punktionstechniken erstellt worden, die in der Kursumsetzung Anwendung finden. Die entstandenen Daten sind durch Tests erhoben und evaluiert worden.

2.1.2. Meilensteine der Entwicklung

Die Entwicklung des THOLUUSE-Konzeptes ist auf einer zeitlichen Achse von der Entwicklung des Kurses über die Auswertung bis zur Zertifizierung durch die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) dargestellt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Meilensteine der Entwicklung

Überlegungen ein Kursprogramm zur Thoraxsonographie zu entwickeln	08/06
Arbeit an einer Projektskizze zum Kurs der Thoraxsonographie, Kontaktaufnahme mit den Kooperationspartnern	09/06-10/06
Entwicklung des Kurskonzeptes	11/06
Fertigstellung des Kurskonzeptes, Kontaktaufnahme mit der Industrie, Festlegung der Kurstermine und des Teilnehmerkollektivs	12/06
Festlegen des Kursnamens: THOLUUSE – <i>Thorax, Trachea and Lung Ultrasonography in Emergency and Cirtical Care Medicine</i>	01/07
Vorbereitung des 1. THOLUUSE-Kurses: - Erstellen eines Flyers für die Industrie,	02/07

-THOLUUSE-
Kurskonzept und Kursinhalt

<ul style="list-style-type: none"> - Kommunikation mit der Industrie (Sponsoring, Ultraschallgeräte), - Sichten und Einladen der Instruktoeren, - Einladen der Kursteilnehmer für den 1. THOLUUSE, - Organisieren von Räumlichkeiten, Probanden, Catering, Equipment etc. - Verifizierung des Multiple-Choice-Tests durch „Nichtmediziner“, - Entwicklung des Simulationstests und des Ultraschallmodells 	
1.THOLUUSE-Kurs mit 11 Teilnehmern (Medizinstudenten), kein praktischer Posttest	16.02.2007
2.THOLUUSE-Kurs mit 11 Teilnehmern (Anästhesisten und Medizinstudenten), Einführung des praktischen Posttestes	23.02.2007
3.THOLUUSE-Kurs mit 18 Teilnehmern (Anästhesisten und Unfallchirurgen)	13.04.2007
Auswertung und Evaluation der Ergebnisse der THOLUUSE-Kurse	04/07
Antrag auf Zertifizierung durch die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM)	04/07
Präsentation von THOLUUSE auf dem 3. World Congress on Ultrasound in Emergency and Critical Medicine(WCU) in Paris und Erlangung des <i>Golden Probe „Patrick Sauval Award“</i> für den besten Abstract und wissenschaftlichen Vortrag	11.05.2007
Zertifizierung von THOLUUSE durch die DEGUM	07/07
Erstellen der Publikation zum Thema: Thorax, Trachea and Lung Ultrasonography in Emergency and Critical Care Medicine (THOLUUSE): Assessment of an objective structures training concept	11/07-01/08
4. THOLUUSE-Kurs mit 15 Teilnehmern (Anästhesisten)	18.01.08

2.1.3. Wissenschaftliche Kooperationspartner

In Tabelle 2 sind die wissenschaftlichen Kooperationspartner aufgeführt, die angefragt und in das Projekt integriert worden sind.

Tabelle 2: Wissenschaftliche Kooperationspartner

Kooperationspartner	Institution	Aufgabe
AG Notfallsonographie	Universitätsklinikum Frankfurt	Unterstützung mit Material
Leitung/stv. Leitung RTH Christoph 2	Berufsgenossen- schaftliche Unfallklinik	Klinisch relevante Informationen Teilnehmerorganisation
Institut für Biomathematik	Universitätsklinikum Frankfurt	Betreuung der Auswertung
Instruktoren	Verschiedene Kliniken/Fachrichtungen (siehe Tabelle 14)	Lehre und Instruktion während der Kurse
Firma SonoSite	Industrie, Erlangen	Sponsoring Ultraschallgeräte

2.2. Kurskonzept

2.2.1. Inhalte

Um das Kursprogramm der Thorax-, Trachea- und Lungensonographie zu realisieren und um einen einheitlichen Kursablauf für alle drei Kurse zu gewährleisten, ist ein detailliertes Kurskonzept entwickelt worden. Es umfasst einen theoretischen und einen praktischen Teil.

2.2.2. Mehrstufenkonzept

Die Entwicklung des Thorax-, Trachea- und Lungensonographie-Kurses THOLUUSE richtet sich nach dem Mehrstufenkonzept der *DEGUM*. Die Einteilungen von *WHO* und *EFSUMB* sind ebenfalls berücksichtigt worden. Hierbei wird die Qualität von Untersucher und Gerät sowie die Thematik der

zu erlernenden Ultraschallkenntnisse mit einbezogen⁴². Die Einteilung erfolgt nach den Stufen 1-3.

Die Stufeneinteilung ist folgender Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 3: Stufeneinteilung nach DEGUM⁴², EFSUMB⁴¹, WHO⁴⁰

Stufe	Trainingsinhalt	Thematik	THOLUUSE-Kursinhalt
1	Sonographische Basisdiagnostik, ausreichende und sichere Durchführung des allgemeinen Ultraschalls	Anatomie und Sonoanatomie, gesunde und pathologische Befunde, hohe diagnostische Sicherheit, leichte Erlernbarkeit, einfache Ultraschallgeräte genügen	Sonoanatomie, Pleuraerguss, Aszites, Trachea, Schilddrüse
2	Sicheres Stellen einer Diagnose	Stufe 1 und zusätzlich weiterführende sonographische Diagnostik	Pneumothorax, bewegte Lunge, sonographiegesteuerte Punktion
3	Fortgeschrittene Diagnostik, Lehre und Forschung	Höchstqualifizierte Sonographie	-----

2.3. Theoretische Ausbildung der Kursteilnehmer

Die theoretische Ausbildung enthält sechs Lerneinheiten, die in zwei theoretischen Lernsituationen und in insgesamt 2,5 Stunden vermittelt worden sind.

Sie beinhaltet:

- Theorie und Grundlagen der Sonographie
- Funktionelle Anatomie und deren Zeichen in der Sonographie
- Standarduntersuchungen und Anlotungspunkte der Lungensonographie
- Ätiologie und Pathophysiologie des okkulten Pneumothorax
- Phänomene und Artefakte der verschiedenen Krankheitsbilder

- Algorithmus der Lungensonographie sowie Differentialdiagnosen und klinische Beispiele und Punktionstechniken
- Darstellung der Trachea
- Befunderhebung und Diagnose

2.3.1. Lerninhalte der theoretischen Ausbildung

Die Schwerpunkte und Lerninhalte der theoretischen Ausbildung sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Lerninhalte der theoretischen Ausbildung

Thema	Anatomie	Sonographische Anatomie
Sonographie	Grundlagen	Funktion und Beurteilung sonographischer Abbildungen und Untersuchungen
Trachea	Anlotung der Trachea, Kehlkopf, Schilddrüse	Anlotung der Trachea im Längs- und Querschnitt, Korpelspangen, orientierende Untersuchung der Schilddrüse
Rippen	Knochen, Knorpel	Knöchernen Rippen: Totalreflexion mit dorsaler Schallausschaltung Knorpelige Rippen: leiten den Ultraschall
Gewebe	Kutis und Subkutis, Intercostalmuskeln	Typische Gewebsstruktur
Pleura	Pleura parietalis und visceralis, interpleurale Flüssigkeit; Lungen- und Pleuragrenzen der vorderen und hinteren Thoraxwand; R. costodiaphragmaticus, R. costomediastinalis	Gesunde Pleura visceralis: dünn und wegen Totalreflexion des Lungengewebes nicht sichtbar. Pleura visceralis und die Pleura parietalis ergeben im Ultraschall die hyperechogene A-Linie oder <i>Pleuraline</i> , Diaphragmale Pleura ist vom Abdomen her erkennbar, rechts mit Leber als Ultraschallfenster, links mit der Milz, subphrenische Anlotung.

-THOLUUSE-
Kurskonzept und Kursinhalt

Lunge	Inspirations-/ Expirationsstellung, Atemmechanik, Pathologie des Pneumothorax bei Beatmung	Gesunde Lunge: unregelmäßige Reflexe und Wiederholungsechos Atemverschieblichkeit der gesunden Lunge im B- und M-Mode Pleuragleiten, A-Linie und Wiederholungs-Artefakte Kometenschweifartefakte: lang und durchgehend oder kurz, immer ausgehend von der A-Linie Viele Kometenschweifartefakte = Rockets ^{26,43} bei interstitieller Flüssigkeitsansammlung. M-Mode: Über A-Linie unbewegliches Gewebe = gleichförmige Linien Unterhalb A-Linie = kein gleichförmiges Muster = bewegtes Lungengewebe <i>Seashore Sign</i> ^{21,44}
Abdomen/ Zwerchfell	Zwerchfell und angrenzende abdominelle Organe zur Differentialdiagnostik	Leber und Milz mit Morisson- und Koller Pouch. Oberhalb des Zwerchfells: Lunge mit Wiederholungsartefakten

Weiterhin sind Standarduntersuchung und Anlotungspunkte der Lungensonographie besprochen worden. Hierbei sollen beim liegenden Patienten folgende anatomische Positionen erlernt werden:

1. Beidseits auf Mamillenhöhe (ICR 5) in der Medioclavikularlinie (zur Diagnose oder zum Ausschluss eines ventralen Pneumothorax)
2. Vordere Axillarlinie in Höhe der 2./3. Rippe
3. Oberhalb des Rippenbogens (7./8. ICR), in der mittleren/hinteren Axillarlinie, in der Saggitalebene, im lateral-diaphragmalen Längsschnitt (Detektion des Pleuraergusses)
4. Erkennbare Organe:
rechts: Leber, Zwerchfell, Erguss, Lunge
links: Milz, Zwerchfell, Erguss, Lunge DD Aszites

Auf die besonderen Untersuchungsbedingungen beim Intensiv- und Notfallpatienten ist ebenfalls eingegangen worden, da diese die Diagnose und Therapie erschweren können. Hierzu zählen vor allem die veränderte Physiologie bei Überdruckbeatmung (PEEP), da physiologische Atemwegsdruckverhältnisse umgekehrt werden. Durch die Überdruckbeatmung ergeben sich weitere Veränderungen im gesamten Organismus, die bei der Sonographie beachtet werden müssen.

2.3.2. Thematisierte Pathologien

2.3.2.1. Pleuraerguss

Die Entstehung eines Pleuraergusses ist auf viele direkte und indirekte pathologische Mechanismen zurückzuführen. Für das Verständnis ist aber nicht nur die Kenntnis der Erkrankungen, die zu einem Pleuraerguss führen, essentiell, sondern auch deren Diagnostik und Intervention müssen beherrscht werden.

Der Röntgenthorax und die CT erlauben eine sichere Diagnose nur bei dem Vorhandensein von größeren Mengen (ab 100-300 ml) Flüssigkeit.

In der klinischen Diagnostik ist bei der Perkussion eine Dämpfung erst ab etwa 500 ml zu hören. Der Stimmfremitus ist ebenfalls erst bei einer solchen Ergussmenge aufgehoben. Hier ist die Sonographie mit einer Nachweismenge von < 10 ml als Methode weit überlegen.

Ein Erguss erscheint sonographisch entweder homogen oder weist echogene, innerhalb des Ergusses bewegte Strukturen auf, die Fibrinfäden, Blutkoageln oder bereits organisiertem Gewebe entsprechen können. Kleine Ergüsse stellen sich als „schwarze Sichel“ oder als eine kleine, umschriebene, meist ovale, hypoechogene, sonographisch schwarze Struktur dar. Größere Ergüsse sind leicht als umschriebene „schwarze“ Strukturen zu diagnostizieren. Hypoechogenität kann aber auch durch die dorsale Schallauslöschung einer dem Schallkopf nahen ultraschallabsorbierenden Struktur (z.B. EKG-Elektrode, Pflaster) oder durch eine

Rippe bedingt sein. Differentialdiagnostisch ist vor allem die *dorsale Schallauslöschung der Rippen* (= schwarz) zu beachten. In der Regel ist diese jedoch atemvariabel beweglich und der Schallschatten beginnt erst in der Subkutis¹².

In der Intensivmedizin ist zu beachten, dass Pleuraergüsse beim beatmeten Patienten häufig behandlungsbedürftig sind, da sie die Beatmungstherapie oder die Respiratorentwöhnung erschweren. Beim auf dem Rücken liegenden Patienten ist die klinische Untersuchung mit Auskultation und Perkussion zumeist nur eingeschränkt aussagekräftig. Auch die Röntgen-Thorax-Aufnahme im a.p. Strahlengang kann zwar im Liegen auf einen Pleuraerguss hinweisen, ist aber weder zur quantitativen Einschätzung der Flüssigkeitsmenge geeignet, noch kann sie zweifelsfrei Flüssigkeit von pathologisch verändertem Lungengewebe abgrenzen.

Hier ermöglicht die Sonographie mit einfachen Mitteln eine sichere Diagnose des Pleuraergusses.

Durch die Rückenlage des Intensivpatienten sammelt sich die Flüssigkeit vor allem in den dorsalen Anteilen des Thorax, was bei der sonographischen Untersuchung beachtet werden muss. Eine Anlotung der hinteren Axillarlinie ist somit bei jedem Intensivpatienten zu fordern, um einen falsch negativen Befund zu vermeiden.

2.3.2.2. Pneumothorax

Pneumothorax bedeutet das Eindringen von Luft in den Pleuraspalt zwischen visceraler und parietaler Pleura. Der Unterdruck wird aufgehoben, dies führt zu fehlenden Kapillarkräften. Es findet keine Lungenbewegung mehr statt und die Lunge kollabiert, ihrer Retraktionskraft folgend, auf 1/3 ihres ursprünglichen Volumens.

Der Pneumothorax kann wie folgt eingeteilt werden:

- Traumatisch
- Offen

- Geschlossen
- Spannungspneumothorax
- Hämatothorax
- Iatrogen verursachter Pneumothorax (SM, ZVK-Anlage)
- Spontan (atraumatisch)
- Beatmungsbedingt auf Intensivstationen

Die Kursteilnehmer sind nicht nur in der theoretischen Einteilung, sondern auch darin unterrichtet worden, bei welchen Unfallmechanismen ein Pneumothorax zu erwarten ist. Hier sind folgende Traumata erwähnt worden:

- Stumpfes oder penetrierendes Thoraxtrauma bei Verkehrsunfällen, bei Polytrauma, Rippenreihenfrakturen, Durchspießung der Brustwand von außen oder traumatischer Bronchusriss. Daraus entsteht fast immer ein Spannungspneumothorax
- Zweizeitig im Verlauf nach Trauma
- Sportunfälle
- Tauchunfälle mit Lungenüberdrucktrauma
- Beatmungsassoziiert
- Spontanpneumothorax

Differentialdiagnostisch ist das Mediastinalemphysem zu beachten.

Die derzeit verwendeten Primärdiagnostiken zur Detektion von Pneumothorax und Pleuraerguss sind klinisch vor allem Inspektion, Auskultation und Perkussion.

Tabelle 5: Primärdiagnostik bei Verdacht auf Pneumothorax

Inspektion	<ul style="list-style-type: none"> • (akute) Dyspnoe • dumpfer Thoraxschmerz • gestaute Halsvenen • obstruktiver Schock (Spannungspneumothorax) • Wunden im Thoraxbereich bei offenem Pneumothorax • hämorrhagischer Schocks bei Hämatothorax
Auskultation	<ul style="list-style-type: none"> • Abgeschwächtes oder fehlendes Atemgeräusch auf der betroffenen Seite?
Perkussion	<ul style="list-style-type: none"> • Hypersonorer Klopfeschall der betroffenen Lunge

Da die Diagnose und der Ausschluss eines Pneumothorax sowohl im B- als auch M-Mode gelingt, soll das Erkennen in Simultandarstellung (kombinierter B- und M-Mode) trainiert werden. In Tabelle 6 und 7 sind die jeweiligen Artefakte geordnet nach B-Bild und M-Mode dargestellt.

Tabelle 6: Sonographische Artefakte und Phänomene des Pneumothorax im B-Mode

B-Bild		
Artefakt	Gesunde Lunge	Pneumothorax
A-Linie (Pleura- und Wiederholungsecho) Pleuragleiten	Pleura parietalis, die in die Pleura visceralis übergeht, erkennbar als echogene (weiße) Linie. Totalreflexion, Pleuragleiten	Schwächere A-Linie mit häufigen Wiederholungsartefakten (Reverberationsechos) darzustellen.
Wandernder Kometenschweifartefakt	Sonographische Darstellung von belüftetem Lungengewebe, echodicht, aus Summationsphänomen von im eingeschlossener Luft.	Beim Pneumothorax fehlt der bewegliche Kometenschweifartefakt ¹² .
„Lung-Point“	In der gesunden Lunge ist kein Lungenspunkt darstellbar.	Sonographische Darstellung des Übergangs von unbelüfteter Lunge zu belüfteter Lunge. Spezifität 98% zum Nachweis eines Pneumothorax ¹² .

Tabelle 7: Sonographische Artefakte und Phänomene des Pneumothorax im M-Mode

M-Mode		
Artefakt	Gesunde Lunge	Pneumothorax
A-Linie	Über der horizontalen, weißen A-Linie kaum bewegtes subkutanes Lungengewebe, darunter kein einheitliches Muster das „seashore sign“.	Unterhalb der Subkutis schwächere Wiederholungsartefakte und einen verkürzten Abstand der A-Linie zum Schallkopf. Unterhalb der A-Linie unbewegte, linienhafte Strukturen, die dem subkutanen Gewebe ähneln. Das Fehlen von echogenen Artefakten der Atmung ist charakteristisch ¹² . DD: Atelektase, Atemstillstand
„Lung Pulse“	Passive Übertragung der Herzkontraktionen auf die Lunge; sicheres Zeichen zum Ausschluss eines Pneumothorax.	Die Lunge ist bei einem Pneumothorax kollabiert, es kann kein Puls übertragen und auch nicht sichtbar gemacht werden ⁴⁴ .
Lungenpunkt	Bewegtes Lungengewebe, kein Lungenpunkt in der gesunden Lunge darstellbar.	Wechsel von bewegtem zu unbewegtem Lungengewebe.

Das Vorhandensein eines Lungenpunktes ist hochspezifisch für die Diagnose eines Pneumothorax.

Weitere Befunde, die dem Ausschluss eines Pneumothorax dienen, sind:

1. Nachweis von Pleuragleiten im B-Mode,
2. Vorhandensein einer typischen A-Linie mit Wiederholungsechos im B-Bild und M-Mode,
3. Vorhandensein von wandernden Kometenschweifartefakten,
4. Nachweis des Lungenpulses.

Falls ein oder mehrere Befunde nicht auftreten, ist ein Pneumothorax wahrscheinlich. Die Kombination aus allen Befunden bestimmt die Diagnosesicherheit.

2.3.2.3. Weitere Pathologien der Lunge

Atelektase

Unter einer Atelektase versteht man luftleeres Lungengewebe ohne entzündliche Veränderung. Sie wird in primäre Atelektase, bei Früh/Neugeborenen und in sekundäre Atelektase, die in bereits belüfteter oder bei teilweise belüfteter Lunge entsteht, eingeteilt. Zu den sekundären Atelektasen zählen:

- Obstruktionsatelektasen: Bronchialverschluss durch Karzinom, Fremdkörper oder Schleim
- Kompressionsatelektasen: durch Kompression oder Kontusion von außen z.B. durch Pleuraerguss, verminderte oder aufgehobene Zwerchfellatmung, Zwerchfellhochstand, postoperativ nach abdominalen Operationen, aber auch bei der Differentialdiagnose (DD) Lungenembolie.

Pneumonisches Infiltrat

Pneumonische Infiltrate entstehen unter anderem bei einer Pneumonie. Hier erkennt man schon bei der klinischen Untersuchung Infiltrationszeichen, wie Bronchialatmung, positive Bronchophonie, klingende Rasselgeräusche und einen positiven Stimmphremitus.

Andere Ursachen eines Infiltrates können TBC, Lungenmykose, Bronchial-Karzinom und Fremdkörperaspiration, Infarktpneumonie nach Lungenembolie, Sarkoidose oder exogen allergische Alveolitis sein.

In der Sonographie sind periphere Infiltrate gut zu erkennen, es kann ein Aerobronchogramm dargestellt werden. Auch eine Verdichtung (Hepatisation) kann als wichtige Differentialdiagnose zur Atelektase oder zum massiven Erguss unterschieden werden, wenn im Röntgen Thorax ein „weißer Hemithorax“ vorliegt.

Tabelle 8: Sonographische Artefakte und Phänomene verschiedener Pathologien

Pathologie	Artefakt/Phänomen
Atelektase	B-Mode: echogen (=weiß), ggf. Kometenschweifartefakte. Bei einseitiger Intubation kann in der nicht belüfteten Lunge ein „Lungenpuls“ dargestellt werden ^{12,44}
Pneumonisches Infiltrat	B-Mode: Verlust von Kometenschweifartefakten, Vorkommen von kleinen, echogenen Strukturen (Luft einschüsse) Pleuraerguss als „Reizerguss“ bei Pneumonie Ggf. „Hepatisation“ (=Darstellung ähnlich einer Leber nach Papillotomie) Lungenkontusion: echoarm (eingeblytetes Lungengewebe)
Rippenfraktur, Sternumfraktur	Unterbrechung der echogenen Linie der Kortikalis

2.3.2.4. Trachea

Die Sonographie der Trachea erleichtert die perkutane Dilatationstracheotomie und ist kostengünstig, schnell und sicher anwendbar. Die perkutane Dilatationstracheotomie kann auf Intensivstationen aus verschiedenen Gründen indiziert sein. Sie hat gegenüber der chirurgischen Tracheotomie den Vorteil eines geringeren Infektionsrisikos und ist direkt auf der Station durchführbar²⁰.

Die ultraschallgesteuerte Punktion der Trachea erlaubt das Erkennen des optimalen Zwischenraumes der Trachealknorpel zur sicheren Punktion. Sie kann die perkutane Dilatationstracheotomie dahingehend verbessern, dass sie hilft, den Isthmus der Schilddrüse sicher zu identifizieren. Die anterioren Venen und die Mittellinie der Trachea werden ebenfalls erkennbar¹⁷. Weiterhin zeigt die Sonographie abweichende anatomische Verhältnisse auf²⁰ oder hilft bei traumatisch bedingten, unklaren anatomischen Verhältnissen.

Die Trachea und die umliegenden Strukturen sind sonographisch leicht zu identifizieren. Die Kursteilnehmer sollen folgende Punkte sicher anloten, erkennen und benennen können:

- Kricoidknorpel
- Trachealringe im Längs- und Querschnitt
- Schilddrüse
- Isthmus
- Große Gefäße am Hals

2.3.3. Indikationen zur Thoraxsonographie in der Intensivmedizin

Die Indikationen für die Sonographie von Pleura und Lunge in der Intensivmedizin sind ein wichtiger Teil der Ausbildung und sollten von den Teilnehmern erlernt und in der Praxis sicher angewendet werden können.

Hier sind Möglichkeiten zur diagnostischen Anwendung und der Zeitpunkt zur Anwendung diskutiert worden.

Tabelle 9: Indikationen zur Thoraxsonographie in der Intensivmedizin¹²

Indikationen	Wann sollte man eine Sonographie des Thorax durchführen?
Aufnahme von sauerstoffpflichtigen oder beatmeten Patienten und Verlauf	bei positivem Befund täglich
Akute Dyspnoe, Verschlechterung der Beatmungsparameter	sofort, Folgetag, täglich auf der ICU
Langzeitbeatmung	Täglich auf der ICU
Weaning-Prozess	Zu Beginn, täglich auf der ICU
Pneumonie	bei Aufnahme
Linksherzinsuffizienz	bei Aufnahme, täglich auf der ICU
Thoraxtrauma, Lungenkontusionen	bei Aufnahme, täglich auf der ICU (innerh. 72h)
Sepsis, septischer Schock	bei Aufnahme, täglich auf der ICU
Volumentherapie	Täglich auf der ICU
Akutes Nierenversagen	bei Aufnahme, täglich auf der ICU
Leberinsuffizienz	bei Aufnahme, täglich auf der ICU
operative Eingriffe an Lunge und Herz	postoperativ, täglich auf der ICU bis nicht mehr O ₂ -pflichtig
Zyanose, Hypoxämie	Sofort
Postpunktionelle Überwachung (nach minimal-invasiven Eingriffen im Bereich des Thorax)	sofort, 2 Stunden nach Punktion (Pneumothorax?), vor Röntgen/Th-Aufnahme
Pneumothorax	bei Verdacht, im Verlauf bei invasiver Beatmung, ventraler oder apikaler Pneumothorax posttraumatisch innerhalb der ersten 72 Stunden, täglich
Verlegung auf Normalstation bei Zustand nach Pleuraergüssen oder Pneumothorax	vor Verlegung mit Dokumentation im Arztbrief

ICU: Intensivstation, englisch: Intensive care unit

2.3.4. Algorithmus der Lungensonographie für Notfalluntersuchungen

Um in Notfallsituationen adäquat handeln zu können, wurden in der Vergangenheit verschiedene Modelle zur schnellen sonographischen Detektion von Krankheitsbildern entwickelt. Hierzu sind der Algorithmus pFast¹⁴, eFAST⁴, sowie die fokussierte Echokardiographie in der Perireanimationsphase³, zu erwähnen.

In Analogie hierzu soll im THOLUUSE-Algorithmus trainiert werden, 1. in kürzester Zeit, 2. eine Untersuchung des Thorax vorzunehmen, um 3. einen Pneumothorax oder einen Pleuraerguss zu detektieren oder 4) auszuschließen.

2.3.4.1. Anlotungen zum Nachweis eines Pleuraergusses

Bei einem Verdacht auf einen Pleuraerguss sollten folgende anatomischen Punkte angelotet werden:

1. Oberhalb des Rippenbogens (7/8 ICR), in der hinteren Axillarlinie, in der Saggitalebene, im lateral-diaphragmalen Längsschnitt (45°). Es sollten sichtbar sein (Abbildung 1; Punkt 1):
 - rechts: Leber, Zwerchfell, Erguss, Lunge,
 - links: Milz, Zwerchfell, Erguss, Lunge
 - DD Aszites bei einem Erguss unter dem Diaphragma.
2. hintere Axillarlinie, cranial des 1. Punktes (3/4 ICR) (Abbildung 1 Punkt 2)
3. vordere Axillarlinie 7/8 ICR (Abbildung 1, Punkt 3)
4. vordere Axillarlinie, cranial 3/4 ICR (Abbildung 1, Punkt 4)



Abbildung 1: Vorgehen bei der Sonographie eines Pleuraergusses

Bei positivem Nachweis erfolgt noch die tiefe, subphrenische Anlotung in der hinteren Axillarlinie mit Ansicht von Leber, Milz und Zwerchfell. Es erfolgt der Ausschluss von freier Flüssigkeit, einem Pleuraerguss und der DD Aszites. (Abbildung 4).

Es muss hier darauf geachtet werden, dass der Schallkopf dem Intercostalraum angepasst etwa 45° in der Achse gedreht wird, um die dorsale Schallauslöschung der Rippen zu minimieren¹².

2.3.4.2. Anlotungen zum Nachweis eines Pneumothorax

Um eine Lungensonographie mit Verdacht auf Pneumothorax bei einem liegenden Patienten durchzuführen, sollen die in Abbildung 2 gezeigten 6 Quadranten in folgender Reihenfolge untersucht werden:

1. Medioclavicular 2/3 Intercostalraum (ICR), ventraler Pneumothorax, (Abbildung 2; Punkt 1)
2. Medioclavicular 5 ICR, ventraler Pneumothorax, (Abbildung 2, Punkt 2)
3. Medioclavicular 5 ICR, vordere Axillarlinie, 5 ICR (Abbildung 2; Punkt 3)
4. vordere Axillarlinie, 2/3 ICR (Abbildung 2; Punkt 4)
5. hintere Axillarlinie 2/3 ICR (Abbildung 2; Punkt 5)
6. hintere Axillarlinie 5 ICR (Abbildung 2; Punkt 6)

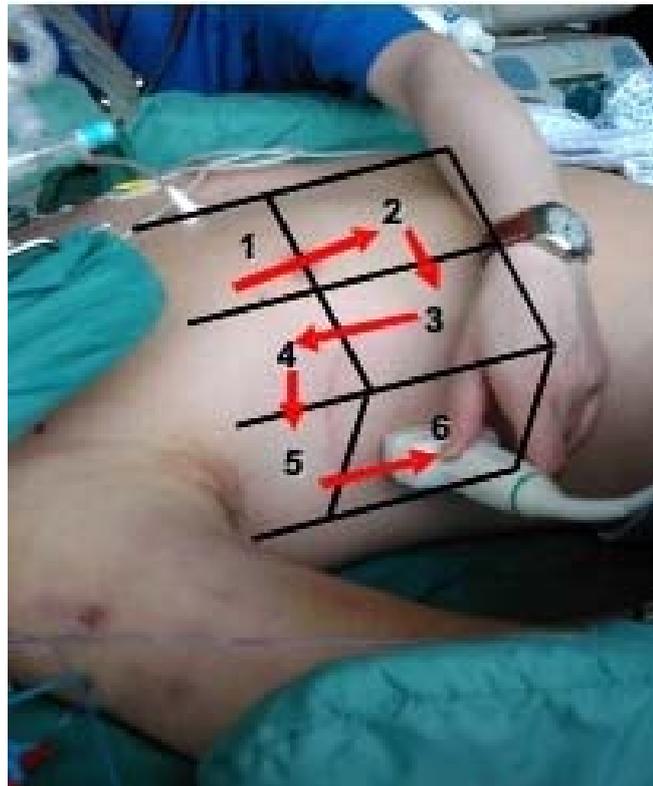


Abbildung 2: Vorgehen bei der Sonographie eines Pneumothorax

Pro Anlotungspunkt werden weniger als 3 Sekunden Zeit in der Beurteilung im B/M-Mode benötigt.

In Anlehnung an Daniel Lichtensteins Arbeiten zur Lungensonographie ist der abgebildete Algorithmus erstellt und unterrichtet worden.

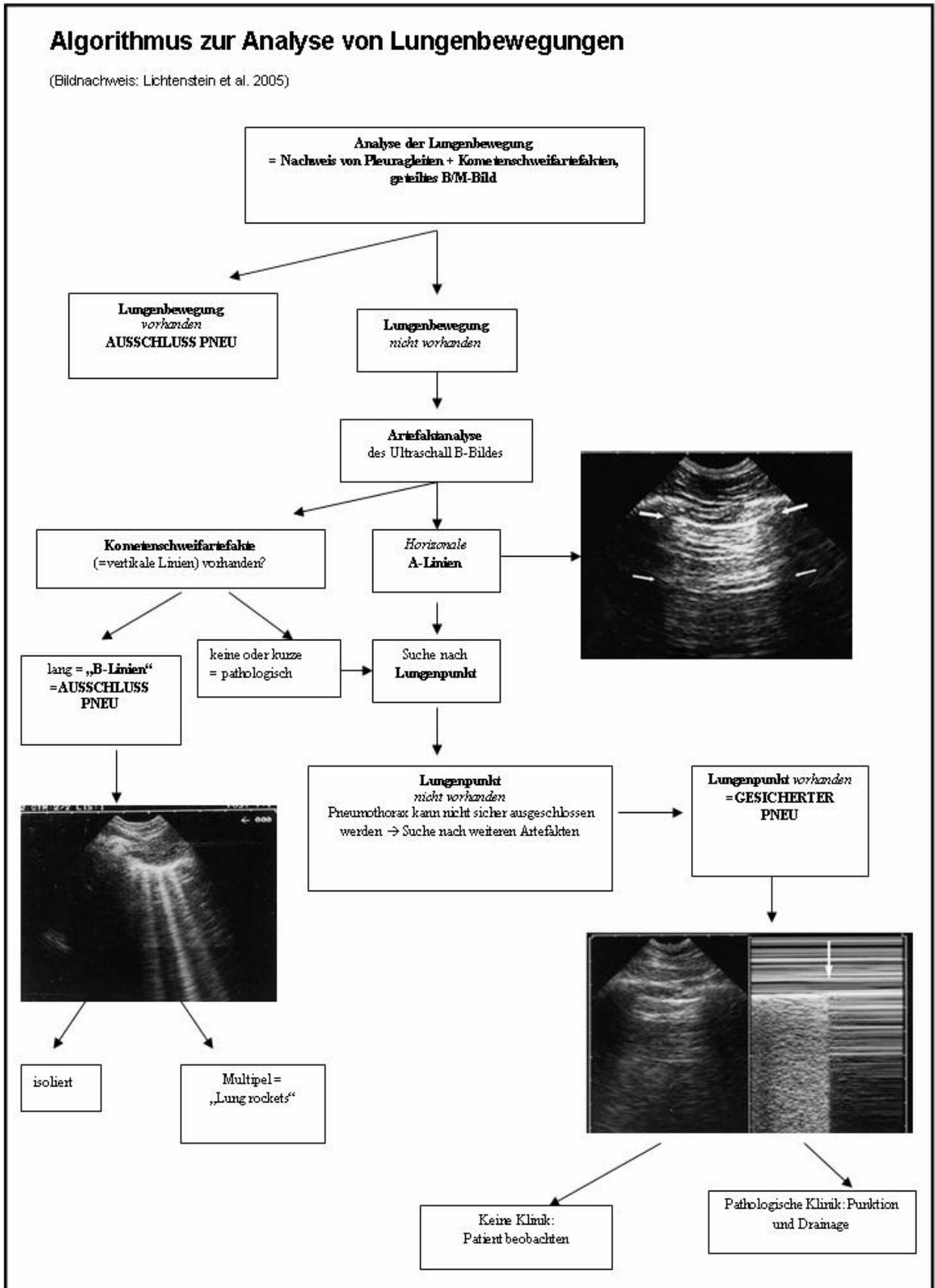


Abbildung 3: Algorithmus zur Analyse von Lungenbewegungen

2.3.5. Differentialdiagnosen

Auch auf die Differentialdiagnosen der Lungensonographie ist bei der theoretischen Ausbildung eingegangen worden.

Eine wichtige Differentialdiagnose bei der subphrenischen Anlotung ist die freie Flüssigkeit im Abdomen.

Hierbei muss das Diaphragma identifiziert werden, um die Lokalisation der freien Flüssigkeit korrekt zu dokumentieren.

Zur Unterscheidung von Pleuraerguss und abdomineller Flüssigkeit sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Ist der Anlotungspunkt korrekt?
- Stellt sich Leber- bzw. Milzgewebe dar?
- Ist das Diaphragma dargestellt?
- Sieht man ein wanderndes oder ein ruhendes Schallphänomen?
- Liegt eine Überlagerung einer Rippe vor?
- Ist zwischen der gefundenen Flüssigkeit und der Lunge eine echogene Sichel (Zwerchfell) erkennbar? ¹²

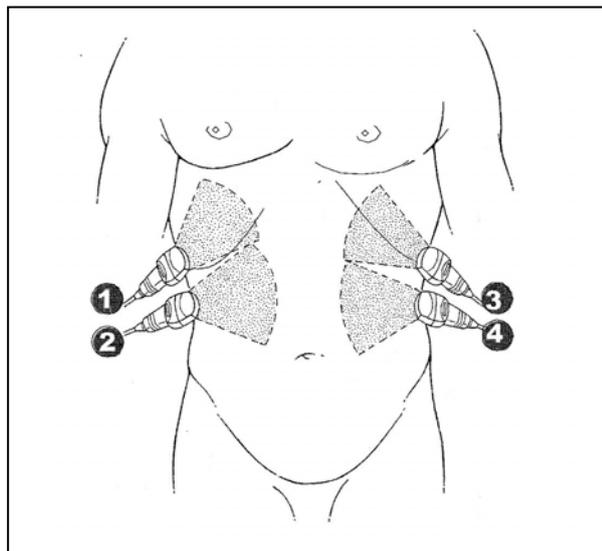


Abbildung 4: Anlotungspunkte bei Verdacht auf Aszites

2.3.6. Klinische Beispiele

Nachdem die Teilnehmer nun einen Einblick in die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge bekommen haben, sind klinische Beispiele vorgestellt worden. Diese haben den Teilnehmern vermittelt, inwieweit das Erlernte klinisch/präklinisch relevant ist. Diese Beispiele sind von den Instruktoren real erlebt worden. Sie zeigen die Notwendigkeit eines adäquaten Umgangs mit der Sonographie in Notfallsituationen.

Fallpräsentationen Pleuraerguss:

Fall 1: Eine 50-jährige Frau mit einem bekannten Mammakarzinom, Zustand nach Ablatio mammae bds., klagte über akut einsetzende Dyspnoe mit Orthopnoe im Sitzen und hatte bei einer O₂-Insufflation von 15l/min eine periphere Sättigung von 88%. Es bestand der klinische Verdacht auf ein kardiales Lungenödem. Nach einer orientierenden Echokardiographie erschien jedoch eine kardiale Genese unwahrscheinlich, da ein morphologisch normaler, hyperkontraktiler Ventrikel gesehen wurde. Nebenbefundlich wurden beidseitige Pleuraergüsse (PI-E) diagnostiziert. Der rechtsseitige PI-E war sehr ausgeprägt. Daraufhin wurden 1200ml einer trüben, unblutigen Flüssigkeit (V. a. Exsudat) durch sonographisch gesteuerte Punktion abgelassen, worauf eine deutliche subjektive Besserung der Luftnot eintrat und die drohende Intubation umgangen werden konnte. Dementsprechend sank auch der O₂-Bedarf nach Punktion (4L O₂ über Maske, SpO₂ 95%). Durch die Differentialdiagnose mit fokussierter Echokardiographie bzw. Sonographie konnte neben der Ursachenklärung der Dyspnoe auch eine gezielte Therapie eingeleitet werden¹².

Fall 2: Bei einem 65-jährigen Mann wurde wegen akutem anurischem Nierenversagen ein Shaldon-Katheter in die linke V. subclavia eingelegt. Danach kam es zu einem Hämatothorax infolge einer Perforation der V. cava

superior. Dieser wurde klinisch vermutet und durch eine Sonographie bestätigt. Zuvor waren Pleuraergüsse als Zeichen der Überwässerung bei Nierenversagen ausgeschlossen worden. Ohne Zeitverzug wurde eine Thoraxdrainage unter vorangehender sonographischer Kontrolle im „richtigen“ Hemithorax angelegt¹².

Fallpräsentationen Pneumothorax:

Fall 3: Ein neurochirurgischer Intensivpatient mit einer SAB und nach Hemikraniektomie erhielt einen zentralvenösen Katheter zur Ernährungstherapie. Wegen steigender Invasivität der Beatmung kam es wahrscheinlich bei Vorhandensein einer Emphyseblase zu einer Ruptur und zu einem Pneumothorax, der erst nach Stunden röntgenologisch gesichert werden konnte. Daraufhin wurde eine Entlastungsdrainage in Bülauposition angelegt. Der Pneumothorax war im Vergleich zur Gegenseite und im Verlauf gut sonographisch identifizierbar¹².

Fall 4: Ein Patient mit einer COPD musste im Rahmen einer Notfallsituation bei respiratorischer Globalinsuffizienz beatmet werden. Trotz suffizienter Narkose stiegen die Beatmungsspitzen drucke an und es bestand der Verdacht auf einen Spannungspneumothorax. Über beiden Lungenflügeln war kein differenzierbares Atemgeräusch auszukultieren („silent chest“). Da ein portables Ultraschallgerät am Einsatzort zur Verfügung stand, wurde die Seite des Pneumothorax im Vergleich zur Gegenseite identifiziert und die Drainage erfolgreich am „richtigen“ Hemithorax angelegt. Darauf kam es zur Entspannung der Beatmungsparameter¹².

2.4. Praktische Ausbildung der Kursteilnehmer

Das praktische Training hat wie die Theorie etwa 2,5h gedauert. Es hat 2 Hands-on-Trainingseinheiten, die sich an einer *Objective Structured Clinical Examination* (OSCE) orientieren (siehe Tabellen 9 und 10), enthalten.

Es sind

- a) physiologische Artefakte der Lungensonographie an Probanden untersucht,
- b) Pathologien durch Filmsequenzen beurteilt und erlernt,
- c) das Prinzip von Punktionen an Modellen trainiert worden.

Während die theoretische Ausbildung in der gesamten Gruppe mit Vorträgen und Diskussion absolviert worden ist, hat die praktische Ausbildung in Kleinstgruppen stattgefunden.

Es ist hierbei in Zweiergruppen gearbeitet worden. Es sind Stationen entwickelt worden, welche jeweils von einem Instruktor betreut worden sind. Die Anzahl der Stationen hat sich nach der jeweiligen Teilnehmeranzahl gerichtet. Sie hat jeweils die Hälfte der Teilnehmeranzahl betragen, so dass zwei Teilnehmer pro Station teilgenommen haben. Die Teilnehmer sind durch ein zyklisches Lernsystem rotiert und haben sich jeweils 10 Minuten an einer Station aufgehalten, an welcher eine spezielle Thematik fokussiert behandelt worden ist. Hierbei haben die Instruktoren kurz, höchstens eine Minute, den Ablauf des zu Erlernenden erklärt. Den Rest der Zeit sind die Teilnehmer gefordert worden, die Anlotungen und Untersuchungen selbst durchzuführen und hierdurch aktiv zu lernen. Nach der Zeitspanne von 10 min ist zur nächsten Station rotiert und andere Themenschwerpunkte sind behandelt worden.

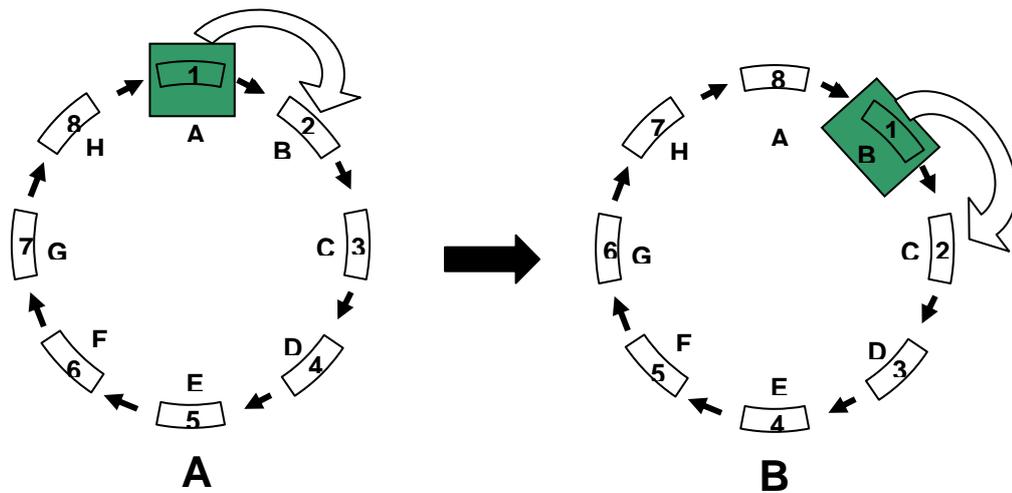


Abbildung 5: Rotationsplan der Hands-on-Training-Stationen

A = Teilnehmergruppen Verteilung zu Beginn des Hands-on-Trainings, vor der ersten Rotation, B = nach der ersten Rotation. Die Teilnehmer rotieren, bis sie die Stationen A-H visitiert haben.

2.4.1. Stationen

Die Stationen und der Lerninhalt haben sich im ersten und zweiten Hands-on-Training unterschieden. Im ersten Hands-on-Training ist vor allem das Anloten an gesunden Probanden und das Erkennen der normalen sonographischen Anatomie trainiert worden.

Es sind die wichtigsten Artefakte und Anlotungen der Thorax, Trachea und Lungensonographie an gesunden Probanden geübt worden.

Im zweiten Hands-on-Training hat der Focus vor allem auf dem Erkennen von Pathologien, dem Erlernen der Reihenfolge des Anlotens bei Verdacht auf Pneumothorax oder Pleuraerguss (siehe Abb. 2 und 3) gelegen. Weiterhin sind Patienten mit den Pathologien Emphysem, Pleuraerguss, Bronchialcarzinom und bei Zustand nach Sternotomie nach herzchirurgischen Eingriffen untersucht worden.

Die Lernziele der Hands-on-Trainingseinheiten sind in Tabelle 10 und 11 dargestellt.

Tabelle 10: Stationen des 1 Hands-on-Trainings

1.Hands-on-Training	
<p>Station A „Knöcherner Thorax“ (B-Mode/ Abdomenschallkopf)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchen des knöchernen Thorax • Anlotung der Rippen, Unterscheiden von knöcherner und knorpeliger Rippe • Darstellen der dorsalen Schallauslöschung der Rippen • Erkennen und Anloten bzw. Umgehen des Sternums.
<p>Station B „Lungensonographie: gesunde Lunge“ (B-Mode/ Linearschallkopf)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anlotungspunkte • Artefakte erkennen und benennen: Pleura, Pleuragleiten, Kometenschweif • Identifikation der anatomischen Strukturen • Selbstständiges Anloten von ventral
<p>Station C „Anloten von lateral “ (B-Mode/ Abdomenschallkopf)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anlotung in der hinteren Axillarlinie rechts/links • Sicheres Erkennen von Lunge, Leber, Milz und Zwerchfell
<p>Station D „virtuelle Station“</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bildschirmpräsentation mit 6 Bildern, mit physiologischen und pathologischem Befunden • Erklären der Bilder und benennen der Strukturen
<p>Station E „Trachea“ (B-Mode/ Linearschallkopf)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anloten von Trachea und Cricoid im Längs- und Querschnitt • Erkennen und Benennen von Schilddrüse, Isthmus und versorgenden Gefäßen • Untersuchung der zentralen Gefäße
<p>Station F „Physikalisches Modell“ (B-Mode/ kleiner Abdomenschallkopf)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sonographieübungen an einem Sonographie-modell • Erlernen der Artefaktentstehung • Erkennen des Inhaltes der einzelnen Objekte und Erlernen von Ähnlichkeiten in der Sonoanatomie

Tabelle 11: Stationen des 2. Hands-on-Trainings

2. Hands-on-Training	
Station A <i>„Anloten bei Verdacht auf Pleuraerguss“</i> <i>(B-Mode/ Abdomenschallkopf)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Anlotung rechts/links hintere Axillarlinie • Erkennen und Benennen von Lunge, Leber, Milz und Zwerchfell sowie der auftretenden Phänomene • Vorhangphänomen
Station B <i>„Reihenfolge Pneumothorax“</i> <i>(B-/M-Mode/ Linearschallkopf)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeiten und Üben der Untersuchungsabfolge bei Verdacht auf Pneumothorax, optional auch an Dummy durchführbar
Station C <i>„Reihenfolge Pleuraerguss“</i> <i>(B-/M-Mode/Abdomenschallkopf)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Erarbeiten und Üben der Untersuchungsabfolge bei Verdacht auf Pleuraerguss, optional auch an Dummy durchführbar
Station D <i>„virtuelle Station“</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bildschirmpräsentation mit weiteren 6 Bildern mit physiologischem und pathologischem Inhalt. • Erklären der Bilder und Benennen der Strukturen
Station E <i>„Trachea“</i> <i>(B-Mode/Linearschallkopf)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung der Tracheasonographie
Station F <i>„Notfallszenario“</i> <i>(Modus und Schallkopf variabel)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Erklären eines Notfallszenarios durch den Instruktor • Untersuchen bei Verdacht auf einen „Lungennotfall“ <p><i>Optional kann diese und auch andere Station(en) im zweiten Hands-on-Training, durch die Untersuchung eines Patienten mit einem pathologischen Befund ersetzt werden</i></p>
Station G Sonographiegesteuerte <i>„Punktion“</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sonographie- und Punktionsübungen an einem Punktionsmodell. • Transversale und longitudinale Anlotung • Punktion unter sonographischer Sicht mit einer Punktionsnadel

-THOLUUSE-
Kurskonzept und Kursinhalt

Optional können, je nach Teilnehmeranzahl, im ersten und zweiten Hands-on-Training Stationen hinzugefügt werden, die die bereits genannten Themenschwerpunkte noch einmal aufnehmen, wiederholen und festigen.

3. Kursmaterial und Methodik

3.1. *Kostenkalkulation*

Um die Kurse zu kalkulieren, musste eine Analyse für den finanziellen Aufwand erfolgen.

Eine Beispielkalkulation aus den Erfahrungen und Mittelwerten der Kurse ist Tabelle 12 zu entnehmen. Zu beachten ist, dass dies nur Näherungswerte sind, die je nach Kurs individuell differieren können.

Tabelle 12: Beispiel Kostenkalkulation

Posten	Aufwand	Anzahl/ Stunden	Lohn/h (€ Person oder Stück	Kosten (€)
Probanden	Untersuchung	8 x 4h	10,00	320,00
Instruktoren ¹	Lehre	8 x 4h	30,00	960,00
Verpflegung	Verpflegung der Teilnehmer	pauschal		200,00
Material	Kursorgani- sation, Papier, CDs	pauschal		100,00
Werbung	Flyer	100 St.	1,00	100,00
Gesamt				1680,00

Die Nettokosten haben sich somit auf eine Summe von etwa 1700€ pro Kurs mit 16 Teilnehmern belaufen. Daraus haben sich pro Teilnehmer Kosten von durchschnittlich 110 € ergeben.

Zuzüglich 19% Mehrwertsteuer würde sich ein Brutto-Teilnehmerbeitrag von 130,90 € ergeben.

¹ In der Testphase sind die Instruktoeren nicht bezahlt worden, sondern haben freiwillig und wissenschaftsorientiert am Projekt THOLUUSE mitgearbeitet. Die Kalkulation dient für weitere, kommerzielle Kurse.

3.2. Teilnehmer

Der Kurs ist für die studentische Lehre und die Postgraduiertenausbildung entwickelt worden.

Am ersten THOLUUSE-Kurs haben Studenten des klinischen Studienabschnitts teilgenommen, um den Lernerfolg bei Ultraschallnovizen zu evaluieren.

Weiterhin haben an den darauf folgenden zwei Kursen Ärzte der Abteilung für Anästhesie, Intensivmedizin und Schmerztherapie der Universitätsklinik Frankfurt am Main partizipiert, die ebenfalls keine Ultraschallvorkenntnisse gehabt haben. Außerdem haben Unfallchirurgen aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Frankfurt am Main teilgenommen, die über eine FAST-Sonographie- Ausbildung verfügt haben.

Im Januar 2008 haben 15 Teilnehmer aus dem Bundeswehrkrankenhaus Ulm teilgenommen, die Assistenz oder Fachärzte für Anästhesie gewesen sind und partiell bereits Erfahrungen mit klinischer und präklinischer Sonographie (FAST-Algorithmus) gemacht haben.

Tabelle 13: Teilnehmer nach Fachrichtungen

Fachrichtung	Anzahl	Geschlecht		Ultraschall Vorkenntnisse
		Männl.	Weibl.	
Medizinstudenten (klin. Studienabschnitt)	14	3	11	Keine
Anästhesisten	32	21	11	Keine
Unfallchirurgen	8	7	1	FAST Ausbildung ²

² Focused abdominal sonography for trauma- Kurs; Kurskonzept, das durch die AG Notfallsonographie der Universitätsklinik Frankfurt am Main, unter der Leitung von PD Dr. F. Walcher angeboten und durchgeführt wird und einer Stufe 1 Ausbildung (Aufbaukurs) entspricht.

3.3. *Instruktoren*

Für die Umsetzung der Kursinhalte von THOLUUSE ist mit Instruktoren zusammengearbeitet worden, die in der Sonographie und speziell im Lungensonographie ausgebildet waren.

Es ist mit einem Instruktor zu Teilnehmerverhältnis von 1:2 gearbeitet worden, um eine adäquate, praxisorientierte und kontrollierte Ausbildung zu ermöglichen. Die Instruktoren haben die Aufgabe gehabt, Informationen über durchschnittlich vier Lernziele an die Teilnehmer weiterzugeben, und sollten den Teilnehmern das Lernziel etwa eine Minute lang vorführen. Danach haben die Teilnehmer 10 Minuten Zeit gehabt, das Gesehene zu wiederholen und mit Hilfe der Instruktoren zu erlernen, bis sie zur nächsten Station rotiert sind.

Die Instruktoren sind kumulativ für alle Kurse wie folgt charakterisierbar:

Tabelle 14: Instruktoren nach Fachrichtungen

Fachrichtung	Anzahl der Instruktoren		Kenntnisse
	männl.	weibl.	
Anästhesisten	5	1	Lunge/Thorax/ Trachea
Innere Medizin	9	1	Lunge/Thorax, Gefäße
Unfallchirurgie	0	1	Thorax, Abdomen
Medizinstudenten (praktisches Jahr)	3	1	Speziell ausgebildet für Instruktion an Modellen

3.4. *Probanden und Patienten*

Für die praktischen Kursteile sind gesunde Probanden wie auch Patienten benötigt worden. Die gesunden Probanden sind zumeist Studenten gewesen, die sich zur Thorax-, Trachea- und Lungensonographie zur Verfügung gestellt haben.

Für das zweite Hands-on-Training sind, neben den gesunden Probanden, Patienten mit den zu erlernenden Pathologien (Pleuraerguss, Atelektase,

Emphysem, Bronchialcarzinom oder Sternotomie nach LIMA-Bypass und suspektem oder okkulten ventralen Pneumothorax) gesucht worden. Diese konnten für alle Kurse jeweils auf den Krankenstationen (Innere Medizin, Pneumologie) der Universitätsklinik Frankfurt am Main, bzw. dem Bundeswehrkrankenhaus Ulm gefunden werden. Die Patienten sind nach Aufklärung zu den Kursen eingeladen und mit ihrem Einverständnis sonographisch untersucht worden. Die Patienten sind jeweils von Ärzten von der Station abgeholt wie auch wieder zurückgebracht bzw. auf ihrer Station visitiert worden. Es hat zu keiner Zeit ein Nachteil oder eine gesundheitliche Gefährdung für die Patienten bestanden.

3.5. Materialien und Geräte

Zur Umsetzung der Kurse sind Ultraschallgeräte, Modelle, wie auch verschiedene Arbeitsmaterialien und Kursvorträge benötigt worden.

3.5.1. Ultraschallgeräte

Die benutzten Ultraschallgeräte sind von der Firma SonoSite GmbH, Erlangen, Deutschland gestellt worden.

SonoSite TitanTM und *SonoSite MicromaxxTM* sind verwendet worden. Es ist verschiedene Schallköpfe gearbeitet worden.

- L38e Linear Schallkopf (US Frequenzbereich: 10-5 Megahertz, MHz)
- C15 7.5 (4-2 MHz) micro convex Schallkopf
- C60e (5-2 MHz) convex Schallkopf für Gefäß- oder Abdominalultraschall

Die Geräte sind von Mitarbeitern der Firma SonoSite GmbH überwacht und vor den jeweiligen Einsätzen in den Hands-on-Trainings und dem praktischen Posttest überprüft und eingestellt worden.



**Abbildung 6: Verwendete Ultraschallgeräte:
Sonosite Micromaxx (li) und Sonosite Titan (re)**

Quelle: www.sonosite.com, Zugriff 01.01.2009

3.5.2. Ultraschallmodelle

Zur Schulung von Artefakten und Phänomenen, die bei der Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge auftreten, sowie zur Übung des Anlotens und von ultraschallgesteuerten Punktionstechniken sind speziell für THOLUUSE spezifische Ultraschallmodelle neu entwickelt worden.

Die Modelle haben jeweils aus einem gelatinehaltigen Grundgemisch bestanden. Hierzu ist handelsübliche Gelatine (RUF, Dr.Oetker) in einem 2:1 Verhältnis (2 Teile Gelatine auf einen Teil Wasser) hergestellt worden. Dieses ist dann bei 8°C für 24h abgekühlt worden.

Modell 1: Artefakterkennung mit Ballons

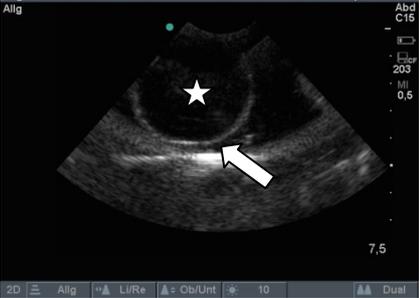
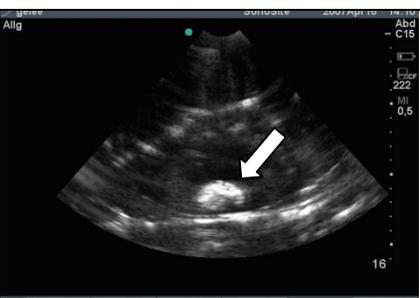
Dem Grundgemisch ist zur Farbgebung handelsübliche Götterspeise (Marke: RUF Götterspeise Waldmeister) hinzugefügt worden. (Zutaten: Gelatine, Säuerungsmittel: Fumarsäure, Aroma, Farbstoffe, Vitamin C). Das Gemisch ist in einen Kasten mit den Maßen 95 cm x 15 cm x 15 cm gefüllt und abgekühlt worden. In der Abkühlungsphase sind die zuvor hergestellten Ultraschallmodelle in das Modell integriert worden. Die Modelle haben den gleichen Aufbau, aber unterschiedliche Inhalte gehabt.

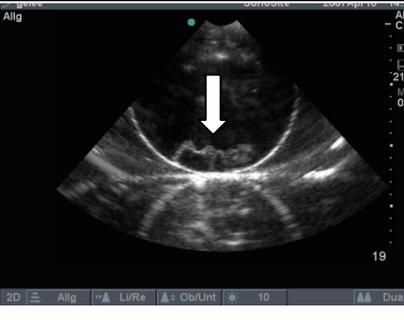
Der Grundaufbau hat aus handelsüblichen Luftballons bestanden, welche mit Wasser befüllt worden sind. Je nach herzustellendem Phänomen/Artefakt sind zusätzlich unterschiedliche Materialien in die Luftballons gegeben worden.



Abbildung 7: Ultraschallmodell zur Artefakterkennung

Tabelle 15: Inhalte des Sonographiemodells zur Artefakterkennung

Luftballon	Inhalt	Artefakt/Pathologie	Sonographisches Bild
1	Wasser	Wiederholungsartefakte, ähnlich A-Linie (Pfeil), hypoechogener Inhalt, wie Pleuraerguss (Stern)	
2	Reis	Bei zugeführter Bewegung von Außen steigt der Reis (Pfeil) im Wasser nach oben. Dies imponiert wie ein Hämatothorax.	
3	Olive	Die Olive ist am Boden des Ballons zu erkennen (Pfeil), Ähnlichkeit mit Neoplasien oder Fremdkörpern.	
4	Stein	Der Stein (Pfeil) imponiert im Ultraschallbild, wie eben solcher in der Harn oder Gallenblase	

5	Gummibärchen Marke: Haribo	Die Gummibärchen (Pfeil) sind zu erkennen Ziel: Verständnis für die sonoanatomischen Grenzstrukturen	
---	----------------------------------	---	--

Dieses Modell ist im Rahmen des ersten Hands-on-Trainings zur Übung des Umgangs mit dem Schallkopf und zur Artefakterkennung benutzt worden.

Modell 2: Punktionsmodell

Zum Erlernen der ultraschallgesteuerten Punktion von abgekapselten Flüssigkeiten ist auf der Basis des ersten Modells ein weiteres entwickelt worden, bestehend aus dem gleichen Grundgemisch. Dieses ist in kleine Schüsseln (Marke OKT, Cuvette Ronde, 16 cm Durchmesser) gegeben worden und in der Abkühlungsphase sind auch hier wiederum mit Wasser gefüllte Ballons eingefügt worden. Hierbei ist darauf zu achten gewesen, dass die Ballons im Grundgemisch versinken und die Ballonmembran nicht die Oberfläche des Gemisches durchstößt. Bei beiden Modellen ist eine Abkühlungsphase von mindestens 24h zu beachten gewesen.

Im Rahmen des Kurses konnte im 2. Hands-on-Training an diesem Modell die ultraschallgesteuerte Punktion geübt werden.

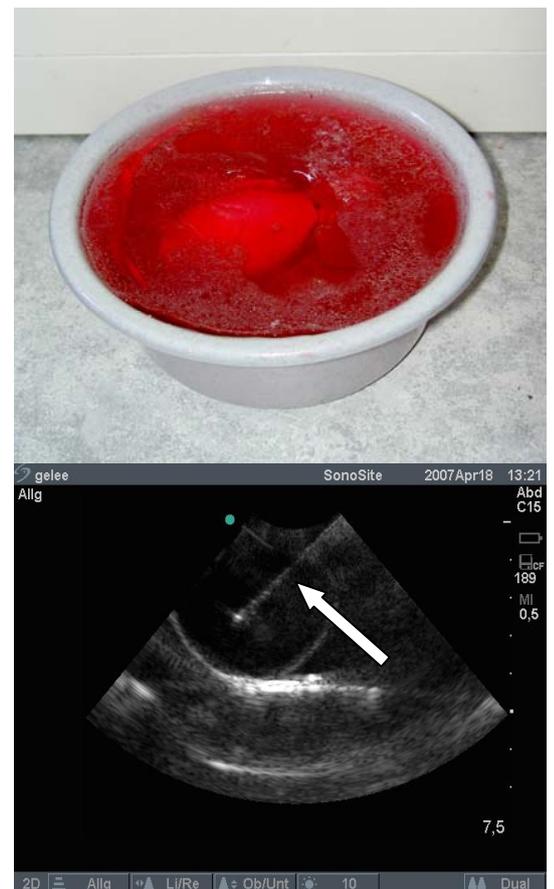


Abbildung 8: Punktionsmodell (oben),
Ultraschallbild (unten) mit sichtbarer
Punktionsnadel (Pfeil)

Modell 3: Blue Phantom

Im THOLUUSE-Kurs im Bundeswehrkrankenhaus Ulm ist von der Firma SonoSite ein weiteres Modell zur Punktionsübung gestellt worden. Das *Blue Phantom*^{®57} (Blue Phantom, Kirkland, USA, www.bluephantom.com, Zugriff 01.01.09) besteht aus einer gelartigen Masse, in welche verschiedene Strukturen eingearbeitet sind, die sonographisch zu erkennen und punktierbar sind.



Abbildung 9: Blue Phantom

Quelle: www.bluephantom.com, Zugriff 01.01.09

3.6. Kursvorträge/Präsentationen

Die Kursvorträge und Präsentationen, die von in der Notfall-, Trachea- und Lungensonographie erfahrenen Ärzten präsentiert worden sind, haben folgende Themen enthalten:

- Konzept Ultraschall in der Anästhesie, Intensiv- und Notfallmedizin und Schmerztherapie
- Grundlagen der Notfallsonographie
- Notfallsonographie des Pleuraerguss
- Notfallsonographie des Pneumothorax
- Fallbeispiele

- Sonographie der Trachea
- Algorithmus der Thorax- und Lungensonographie für Notfalluntersuchungen, Punktionstechniken

Die Präsentationen haben aufeinander aufgebaut. So ist zu Beginn des Kurses erst auf die allgemeine Sonographie und die Artefaktentstehung eingegangen worden. Danach sind die Pathologien Pleuraerguss und Pneumothorax besprochen worden. Die Sonographie der Trachea wie auch praktische Fallbeispiele haben den ersten theoretischen Teil abgerundet. Hierauf ist ein Hands-on-Training erfolgt, in welchem die theoretisch erworbenen Kenntnisse geübt und gefestigt werden konnten.

Im zweiten theoretischen Teil sind der Algorithmus der Thorax- und Lungensonographie für Notfalluntersuchungen sowie auch Punktionstechniken zur Punktion von Pleuraerguss, Pneumothorax und der Dilatationstracheotomie besprochen worden.

Im zweiten Hands-on-Training sind diese, wie auch die zuvor erworbenen Kenntnisse, geübt, wiederholt und vertieft worden.

Tabelle 16: Zeitliche Einteilung des Kurses und Inhalt der Präsentationen.

Programmpunkt und benötigte Zeit	Lektion, Fallbeispiel oder HOT	Inhalt und wichtigste Aussagen
1 (15min)	Einführung zum Thema: Wozu Thorax- und Lungensonographie als Notfalluntersuchung?	Einführung, Inhalt, Vor- und Nachteile des Thorax-, Trachea- und Lungen- Ultraschalls in der Intensiv- und Notfallmedizin.
2 (15min)	Funktionelle und sonographische Anatomie der Lunge, Pleura und des Thorax	Allgemeine Physik des Ultraschalls, Schallköpfe, sonographische Anatomie des Knöchernen Thorax und dessen Organen. Erkennen von B-Mode Strukturen, Ultraschallfenstern und Artefakten. Veränderungen bei künstlicher Beatmung.

-THOLUUSE-
Kursmaterial und Methodik

3+4 (30min)	Zwei klinische Beispiele und Diskussion	Klinische Beispiele, aufbereitet und mit Original-Ultraschallbildern eines massiven Pleuraerguss. Anschließend Diskussion des ersten Blocks.
5 (20+10 min)	Sonographie des Pleuraerguss: Phänomene/Artefakte	Wiederholung der Grundlagen, Erkennen und Differentialdiagnose von hypoechogenen Strukturen (Lungenembolie, Flüssigkeit, Hämatothorax, Lungenkontusion)
(90 min)	HOT -1	Praktisches Training mit Unterstützung der Instruktoren an gesunden Probanden und Modellen
6 (15min)	Sonographie der Trachea	Luftartefakte, Reverberation, sonographischer Ablauf und Theorie der perkutanen Dilatationstracheotomie.
7 (20 +10 min)	Sonographie des Pneumothorax: Phänomene/Artefakte	Luftartefakte in der Lungensonographie, Reverberation, Pleuragleiten, Kometenschweifartefakte, Lungenpuls, M-Mode Ultraschall.
8 (15min)	Algorithmus der Lungensonographie für Notfalluntersuchungen	Lernen einen Patienten mit vermutetem PLE oder PTX schnell, sicher und adäquat zu untersuchen. Artefaktwiederholung und algorithmusbasiertes Training mit zeitbegrenzten Szenarien.
9+10 (30min)	2 Falldarstellungen von Ultraschallanwendung in der Intensivmedizin, Diskussion	Physiologie des Lungensultraschalls in der Intensivmedizin nach ZV-Katheteranlage, nach Sternotomie oder nach Bülaudrainage.
(90 min)	HOT -2	Praktisches Training mit Unterstützung der Instruktoren an gesunden Probanden, Modellen und Patienten mit den entsprechenden Pathologien.

Im Anhang ist ein komplettes Kursprogramm mit der genauen Einteilung der Vorträge in den Kursablauf einzusehen.

3.6.1. Bildschirmpräsentation zur „virtuellen Station“

In dieser Station ist von einem geschulten und erfahrenen Instruktor eine Bildschirmpräsentation mit unterschiedlichen sonographischen Bildern vorgestellt worden. Die Teilnehmer sollten beschreiben und erklären, was sie auf den Bildern erkennen, und sind von den Instruktoren dabei unterstützt worden.

Die Präsentation hat 12 Abbildungen enthalten, von welchen jeweils 6 pro Hands-on-Training gezeigt worden sind. Im zweiten Hands-on-Training sollten die Teilnehmer in der Lage sein, die Abbildungen eigenständig zu beurteilen und die Pathologien erkennen. Die Abbildungen der Präsentation sind im Folgenden dargestellt.

Tabelle 17: Lernziele der “virtuellen Station” innerhalb der beiden Hands-on-Trainings

Bild Nummer	Abbildung	Mode (B/M)	Zu erkennende Details	Schwierigkeitsgrad
1	Normal und Lungenödem	B	A-Linie (Pleura), Unterschiedlich lange Kometenschweifartefakte “rockets”	2
2	Normal	B	Peritoneum, Niere, knöcherner Rippe und dorsale Schallauslöschung	1
3	Flüssigkeit, Differentialdiagnose	B	4 B-Mode-Ansichten für Flüssigkeit: Ascites und Leber, Ascites und Milz und Diaphragma, PI-E, Lappenatelektase, Zwerchfell und Leber, Ascites und schmaler Darmabschnitt	1

-THOLUUSE-
Kursmaterial und Methodik

4	PI-E	B	Milz, Flüssigkeit, Kompressionstelektase	1
5	PI-E/Ascites	B	Kleiner PI-E, Diaphragma and Ascites	2
6	Schallschatten, Anatomie, Stein	B	Leber und hyperechogenes Diaphragma, Gallenblase und Steine mit posteriorem Schallschatten	1
7	PI-E, M-Mode	B/M	Schmaler PI-E, multiple Kometenschweifartefakte, A-Linie, und separierte viscerale Pleura	2
8	PI-E	B	Großer PI-E, gut sichtbares Diaphragma, Milz	1
9	Periphere Lungenembolie	B	Sichtbarer Dreieckiger Bruch in der visceralen Pleuralinie auf Grund einer peripheren Lungenembolie, Lungengewebe	2
10	Lungenpuls, normaler M-Mode	B/M	Reverberationsartefakte der Pleuralinie, Lungenpuls, sonoanatomie im M- Mode und „seashore sign“	2
11	“Stratosphere sign”	B/M	Multiple Reverberationsartefakte, Pleuralinie	2
12	Lungenpunkt	B/M	Unterbrechung in der Pleuralinie	2

(PLE: Pleuraerguss, PTX: Pneumothorax)

3.7. Kursmaterial

Für die Kursteilnehmer und zur Auswertung der Kurse sind verschiedene Arbeitsmaterialien, Urkunden und Papiere entwickelt worden.

Diese gliedern sich in:

Material zur Kursevaluation

1. Multiple-Choice-Fragebögen für den theoretischen Pre- und Posttest, Versionen A und B für den Pretest sowie C und D für den Posttest,
2. Simulations-DVD und Antwortbogen für den in den Pre- und Posttest integrierten Simulationstest,
3. Antwortbögen für den praktischen Posttest,
4. Evaluationsbögen zur Kursbeurteilung durch die Teilnehmer.

Material für die Kursteilnehmer

5. Teilnahmebescheinigungen zum Nachweis für die Landesärztekammer Hessen (LÄKH),
6. Hand-Out des Algorithmus für die Teilnehmer,
7. Kursprogramm,
8. DEGUM Bescheinigung (nach Zertifizierung),
9. Kurs-CD mit Kurs und Arbeitsmaterialien.

Weitere Materialien

10. Urkunden als Dankeschön für die Patienten und Probanden,
11. Abrechnungen für die Instruktoren und Probanden,
12. Anwesenheitslisten für Instruktoren, Teilnehmer und Probanden,
13. Einverständniserklärung der Teilnehmer, dass die Daten zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet werden dürfen.

Die Arbeitsmaterialien sind im Anhang einzusehen.

3.8. Test und Evaluation

Um die Kurse evaluieren zu können, sind die Teilnehmer vor und nach den Kursen getestet worden. Hierbei soll der Kenntnisstand der Teilnehmer vor und nach dem Kurs verglichen werden.

Es sind jeweils der I) theoretische Lernerfolg und der II) praktische Lernerfolg überprüft worden.

I) Nach Kursbeginn (Pretest-Phase) ist ein Eingangstestat mit Multiple-Choice-Fragebögen durchgeführt worden. Weiterhin sind 15 Filmsequenzen bzw. Bilder gezeigt worden, deren Diagnosen in einem Antwortbogen unter Aszites, gesunde Lunge, Pleuraerguss und Pneumothorax auszuwählen und anzukreuzen sind. Nach Kursende sind diese Tests in veränderter Reihenfolge, jedoch mit den gleichen Fragen wiederholt (Posttest-Phase) worden.

II) Der praktische Lernerfolg ist von den Instruktoren evaluiert worden. Zu Beginn des ersten Hands-on-Trainings ist von einem geringen Wissensstand ausgegangen worden, so dass eine praktische Überprüfung des Könnens vor der Lernphase nicht erforderlich gewesen ist.

Nach dem zweiten Hands-on ist an jeder Station ein praktischer Test (Posttest) durchgeführt worden.

3.8.1. Multiple Choice Testat

Die Teilnehmer haben in der Pretest-Phase vor dem Kurs einen Fragebogen mit 20 Fragen zur Sonographie des Thorax, der Trachea und der Lunge erhalten. Diese mussten in einer Zeit von 60 Sekunden pro Frage, entsprechend einer 20-minütigen Testdauer, bearbeitet werden. Die Antworten sollten in einen Antwortbogen vermerkt und bei den Kursmitarbeitern abgegeben werden.

Die gleichen Fragen sind nach Beendigung des Kurses erneut gestellt worden, ohne sie nach dem Eingangstestat detailliert erörtert zu haben. Dabei sind die Antwortmöglichkeiten in der Reihenfolge verändert worden, so dass der Lernerfolg unabhängig von der Reihenfolge der Antwortmöglichkeiten beurteilbar ist. Es gibt je zwei Versionen, A und B (Pretest) bzw. C und D (Posttest) des Testes, die abwechselnd ausgeteilt worden sind, um einen aktiven Austausch der Teilnehmer untereinander zu verhindern.

Die Ergebnisse und der Lernerfolg können den Teilnehmern nach dem Kurs mitgeteilt werden.

3.8.2. Simulationstest

Ebenso ist in der Pretest-Phase das Erkennen und Benennen von Filmsequenzen und Bildern beurteilt worden. Hierzu ist den Teilnehmern vor dem Multiple-Choice-Test ein Simulationstest mit Filmsequenzen und Bildern gezeigt worden, die beurteilt werden mussten. Der Zweck dieses Tests ist es, die Fähigkeit einer Befundinterpretation unter Zeitdruck zu ermitteln.

In einem Auswertungsbogen (siehe Anhang) haben die Teilnehmer die korrekte Diagnose der gezeigten „Loops“ markieren müssen. Hierzu haben Aszites, gesunde Lunge, Pleuraerguss und Pneumothorax zur Auswahl gestanden. Jede Sequenz bzw. jedes Bild ist etwa 10 Sekunden lang angezeigt worden. Danach haben die Teilnehmer 5 Sekunden Zeit gehabt, eine Antwort in dem Auswertungsbogen zu markieren, woraufhin die nächste Pathologie erfolgt ist.

Die Filme und Bilder, die im Posttest gezeigt worden sind, sind ebenfalls die gleichen wie zu Beginn des Kurses. Diese sind nicht speziell erörtert und wie die Fragen in der Reihenfolge verändert worden.

Nach der Testphase sind die bearbeiteten Fragebögen eingesammelt und gegeneinander ausgewertet worden.

3.8.3. Praktischer Posttest

Der praktische Lernerfolg ist nach dem zweiten Hands-on-Training getestet worden. Das korrekte Anloten wie auch das sichere Erkennen der Artefakte ist durch den Instruktor beurteilt worden. Hierbei sind an einem gesunden Probanden definierte Anlotungspunkte im Rahmen einer observierten Testat-Untersuchung überprüft worden.

Die Auswertung hat das Erkennen und Benennen von sonoanatomischen Strukturen und das korrekte Anloten von 16 Anlotungspunkten beinhaltet. Hierzu zählen:

- Anlotung der Trachea und der umgebenden Anatomie. Es sollten Trachea, Schilddrüse, Isthmus der Schilddrüse und zentrale Gefäße erkannt und benannt werden.
- Die Anlotung bei Verdacht auf Pneumothorax, mit der korrekten Reihenfolge und des Erkennens der angrenzenden Organe. Hierbei sollten Cutis, Subcutis, Kometenschweifartefakt, Rippe, Dorsale Schallauslöschung, Pleura und Pleuragleiten erkannt und benannt werden.
- Die Anlotung bei Verdacht auf Pleuraerguss, mit der korrekten Reihenfolge und dem Erkennen und Benennen der angrenzenden Organe. Hierbei sollten Leber, Milz und Zwerchfell identifiziert werden.

Es ist jeweils von einem Instruktor an einem standardisierten Auswertungsbogen (siehe Anhang) beurteilt worden, ob der Teilnehmer die Punkte korrekt angelotet und „richtig erkannt“ oder „nicht erkannt“ hat. Die Auswertungsbögen sind für die Ermittlung des praktischen Lernerfolges statistisch ausgewertet worden.

3.9. *Evaluation des Kurses*

3.9.1. Subjektive Evaluation durch die Teilnehmer

THOLUUSE sollte ebenso auch durch die Teilnehmer subjektiv und nach den Richtlinien der LÄKH evaluiert werden. Die Teilnehmer haben nach den jeweiligen Kurseinheiten und den Abschlusstestaten die Möglichkeit bekommen, den Kurs zu beurteilen.

Sie haben auf einem anonymen Fragebogen die einzelnen Vorträge, die Trainingseinheiten sowie Instruktoren bewerten können und haben die Möglichkeit gehabt, den Kurs auch mit einem Freitext zu beurteilen.

Weiterhin ist eine kurze Diskussionseinheit erfolgt, die den Teilnehmern die Gelegenheit geboten hat, sich konstruktiv zum Kurs zu äußern, ohne, dass dies kommentiert worden ist.

3.10. Statistische Methoden und Programme

Um die Kurse statistisch auszuwerten, ist mit dem Programm BiAS für Windows Version 8.3 (Epsilon Verlag, Hrsg. Hanns Ackermann Copyright 1989-2007 Dr. Hanns Ackermann/Goethe-Universität Frankfurt am Main) gearbeitet worden. Dieses wurde vom Institut für Biomathematik der Universitätsklinik Frankfurt zur Verfügung gestellt. Die Gruppenunterschiede sind hier mit dem Wilcoxon-matched-pairs-Test überprüft worden.

Die Graphiken und weitere statistische Auswertungen sind mit dem Programm GraphPad Prism (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA) erstellt worden.

Weiterhin ist mit den handelsüblichen Office-Programmen (Word, Excel, PowerPoint) gearbeitet worden, um die Kursmaterialien zu gestalten und auch die Auswertung durchzuführen.

Die DVD zum Abspielen der Filmsequenzen des Simulationstests ist mit MAGIX 5.5 deluxe (MAGIX AG, Berlin, Deutschland) produziert worden.

4. Ergebnisse

Die Entwicklung der Kurse ist schon als ein Teil der Ergebnisse anzusehen. Es ist ein vollständig neues Kurskonzept entwickelt und durchgeführt worden. Zu Beginn der Kursentwicklung hat sich die Frage gestellt, ob mit THOLUUSE überhaupt ein Wissenszuwachs erreicht werden kann und ob in Hinblick auf den Lernerfolg der Ausbildungsstand der Teilnehmer von Bedeutung ist.

4.1. *Multiple-Choice-Testat*

4.1.1. Kumulative Ergebnisse

Die Multiple-Choice-Fragen sind vor und nach den Kursen gestellt und miteinander verglichen worden.

Es haben 4 Kurse stattgefunden, die ausgewertet worden sind. Hierbei ist die Leistung von 54 Personen evaluiert worden.

Das Gesamtergebnis der MCQ-Tests aller Kurse, ungeachtet der Fachrichtungen der Teilnehmer und deren Vorkenntnisse, zeigt, dass im Pretest durchschnittlich 11,53 +/-2,7 (58%) richtige Antworten erzielt werden konnten. Im Posttest konnte eine Steigerung der richtigen Antworten auf durchschnittlich 16,8 +/-1,6 (84%) nachgewiesen werden und alle Teilnehmer konnten die Bestehensgrenze von 60% überschreiten.

Dies bedeutet eine prozentuale Veränderung (percent change)³ von 43,95% und eine absolute Verbesserung von durchschnittlich 25 Prozentpunkten. Der Wilcoxon-Matched-Pairs-Test ergibt mit $p < 0,0001$ eine signifikante Verbesserung der Multiple-Choice-Ergebnisse nach dem Kurs im Vergleich zu dem Vorwissen der Teilnehmer.

³ Percent Change = $\frac{\text{Posttest} - \text{Pretest}}{\text{Pretest}} * 100$.

Prozentuale Verbesserung, bezogen auf das Ergebnis in der Pretest-Phase

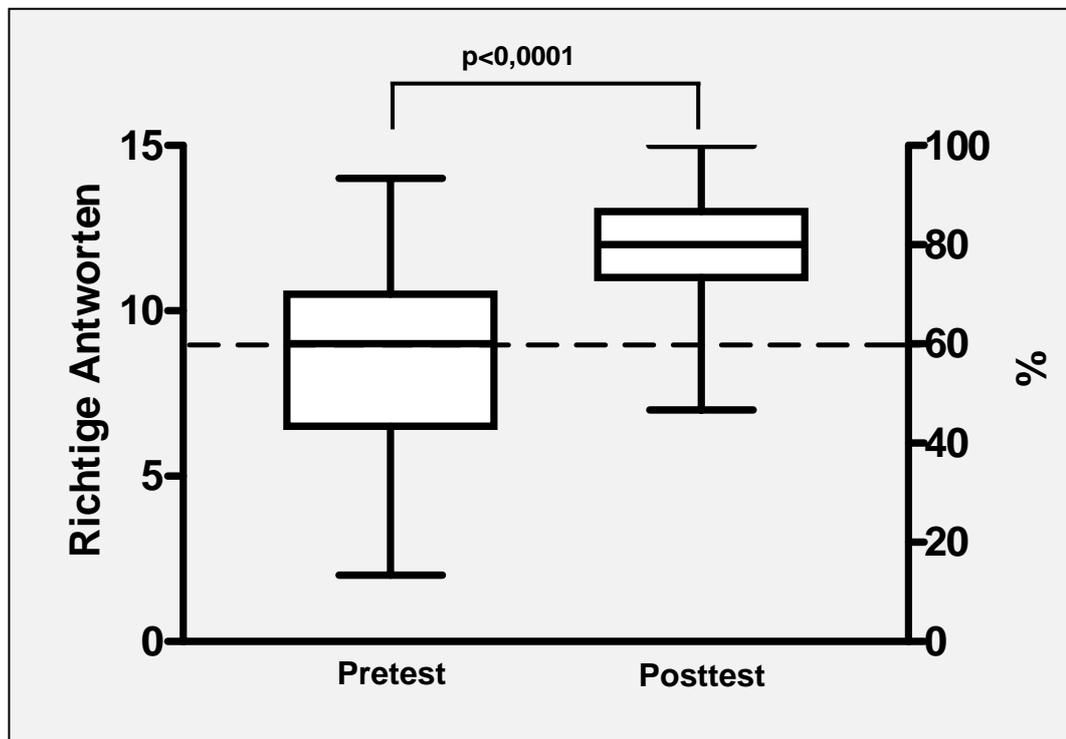


Abbildung 10: Gesamtergebnis MCQ-Testat vor und nach dem Kurs mit $n = 54$ Teilnehmern (TN).

4.1.2. Aufschlüsselung nach Fachrichtungen

Die Kurse sind aus organisatorischen Gründen mit Ärzten aus unterschiedlichen Fachrichtungen abgehalten worden, aber die Auswertung ist nach Fachrichtung stratifiziert worden, um Unterschiede erkennen zu können.

Hierbei sind Studenten, Anästhesisten, Unfallchirurgen und Anästhesisten des Bundeswehr Krankenhauses Ulm (BWK) getrennt betrachtet worden.

-THOLUUSE-
Ergebnisse

Tabelle 18: Statistik zu MCQ nach Fachrichtungen

	Studenten		Anästh.		Traumatologen		Anästh. BWK		Gesamt	
Anzahl der Teilnehmer	14	14	17	17	8	8	16	15	55	54
Minimum	7	14	4	12	7	15	6	16	4	12
25% Percentile	10	15	9,5	15,5	10,5	15,5	11	17	10	16
Median	12	16	12	17	12	17	13	18	12	17
75% Percentile	14	17,50	13	18	13	17,5	14	19	14	18
Maximum	14	18	15	20	16	19	16	19	16	20
Mittelwert	11,22	16,07	10,76	16,65	11,75	16,75	12,50	17,67	11,67	16,80
Standardabweichung	2,23	1,44	2,93	1,97	2,71	1,39	2,71	1,05	2,68	1,61
Standardfehler	0,59	0,38	0,71	0,48	0,96	0,49	0,68	0,27	0,36	0,22
Unter 95% CI	10,50	15,24	9,26	15,64	9,48	15,59	11,06	17,09	10,95	16,36
Größer 95% CI	13,07	16,90	12,27	17,66	14,02	17,91	13,94	18,25	12,40	17,23
Verbesserung % (absolut)	24		29		18		19		25	
Verbesserung % (percent change)	43,35		54,74		42,55		42,08		43,95	

Die Auswertung zeigt, dass unabhängig der Fachrichtungen und der Vorkenntnisse der Teilnehmer in jeder Population eine signifikante Verbesserung der Ergebnisse in den MCQs erzielt werden konnte. Die Prozentuale Verbesserung bezogen auf das Pretest-Ergebnis ist in allen Gruppen über 40% gewesen. Weiterhin haben die Teilnehmer aller Fachrichtungen die Bestehensgrenze von 60% deutlich überschreiten können.

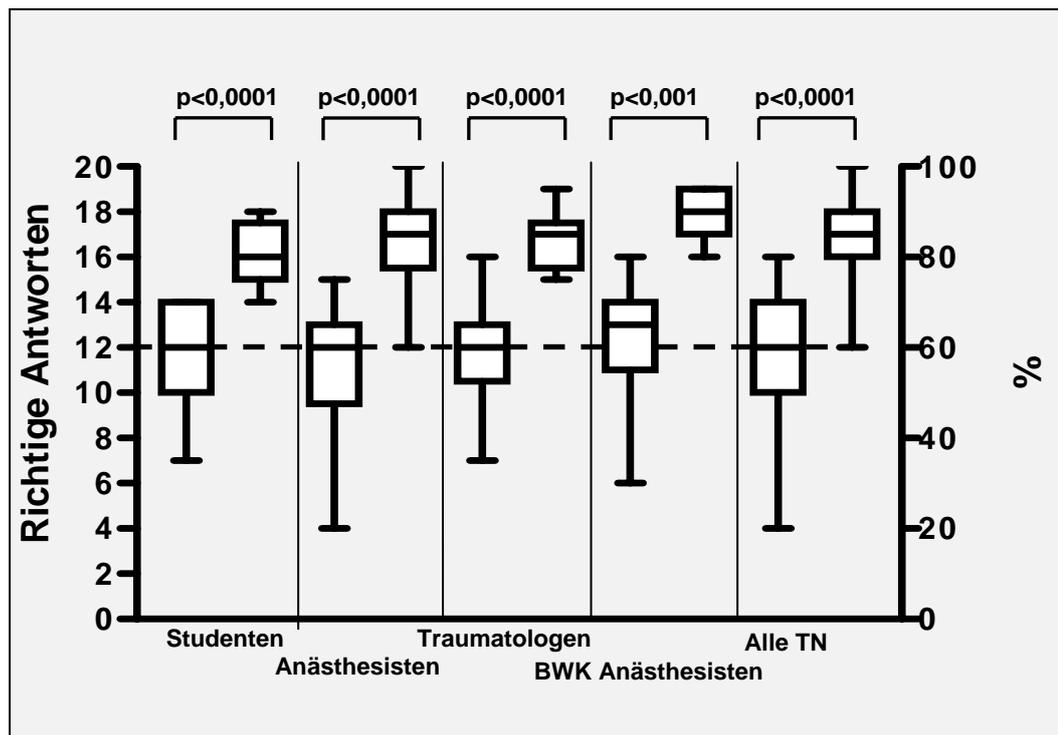


Abbildung 11: MCQ-Ergebnisse des Pre- und Posttests nach Fachrichtungen der TN

4.1.3. Aufschlüsselung nach Vorkenntnissen

Die einzelnen Populationen können nach ihren Vorkenntnissen aufgetrennt werden. So ist bei den Traumatologen bereits ein bedingtes Wissen der Notfallsonographie vorauszusetzen, da diese bereits ein FAST-Training absolviert haben und die Notfallsonographie des Abdomens in der täglichen Praxis anwenden. Dahingegen sind von den anderen Teilnehmern keine bisherigen Ultraschallkenntnisse angegeben worden. Die Aufschlüsselung nach Vorkenntnissen zeigt, dass es im Lernerfolg keine signifikanten Unterschiede zwischen Traumatologen und den anderen Kursteilnehmern gibt. Teilnehmer ohne vorherige Ultraschallschulung haben in der Pretest-Phase einen Mittelwert richtiger Antworten von 11,7 erreicht. Das entspricht 58,3% richtige Antworten. Die Teilnehmer mit Sonographiekenntnissen haben hier durchschnittlich 11,8 (58,8%) korrekte Antworten erreicht.

In der Posttest-Phase zeigt sich ein Wissenszuwachs der Ultraschallnovizen auf 16,8 richtige Antworten und einem Percent Change von 44,08%. Die bereits FAST-geschulten Teilnehmer haben hier 16,8 Punkte und somit einen Wissenszuwachs von 42,6% erreichen können.

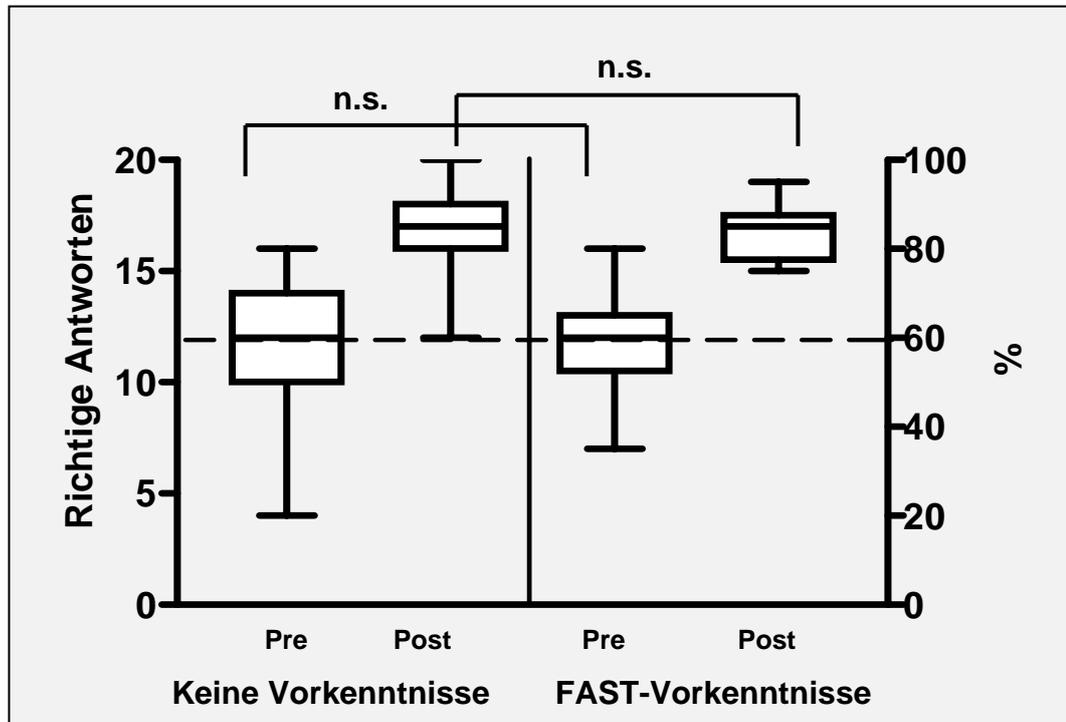


Abbildung 12: MCQs aufgeschlüsselt nach Vorkenntnissen der Teilnehmer.

4.1.4. Aufschlüsselung nach Themengebieten

Im Multiple-Choice-Testat sind vor allem die Themen Pneumothorax, Pleuraerguss und gesunde Lunge (keine Pathologie) behandelt worden. Hierzu hat sich das in Tabelle 19 dargestellte Fragenspektrum ergeben.

Tabelle 19: Anzahl der MCQ-Fragen nach Themengebieten

Thema	Anzahl der Fragen
Gesunde Lunge und Differentialdiagnosen	9
Pleuraerguss	3
Pneumothorax	8
Gesamt	20

Bei der Aufschlüsselung nach den einzelnen Themengebieten zeigt sich beim Thema Pneumothorax im B-Bild und M-Mode eine signifikante Verbesserung. Es ergibt sich eine Verbesserung von 76% in B-Bild-Fragen und 83,7% beim M-Mode. Die Fragen zum Thema Pleuraerguss/Aszites konnten von den Teilnehmern schon in der Pretest-Phase zu 70,9% richtig beantwortet werden. Es hat sich aber auch hier eine Verbesserung von 33,2% auf 94,4% richtige Antworten ergeben.

Auch bei den Fragen zu den physiologischen Verhältnissen (keine Pathologie) sind vor dem Kurs 67% erreicht worden. In der Posttest-Phase hat sich eine Verbesserung auf 84,6% ergeben.

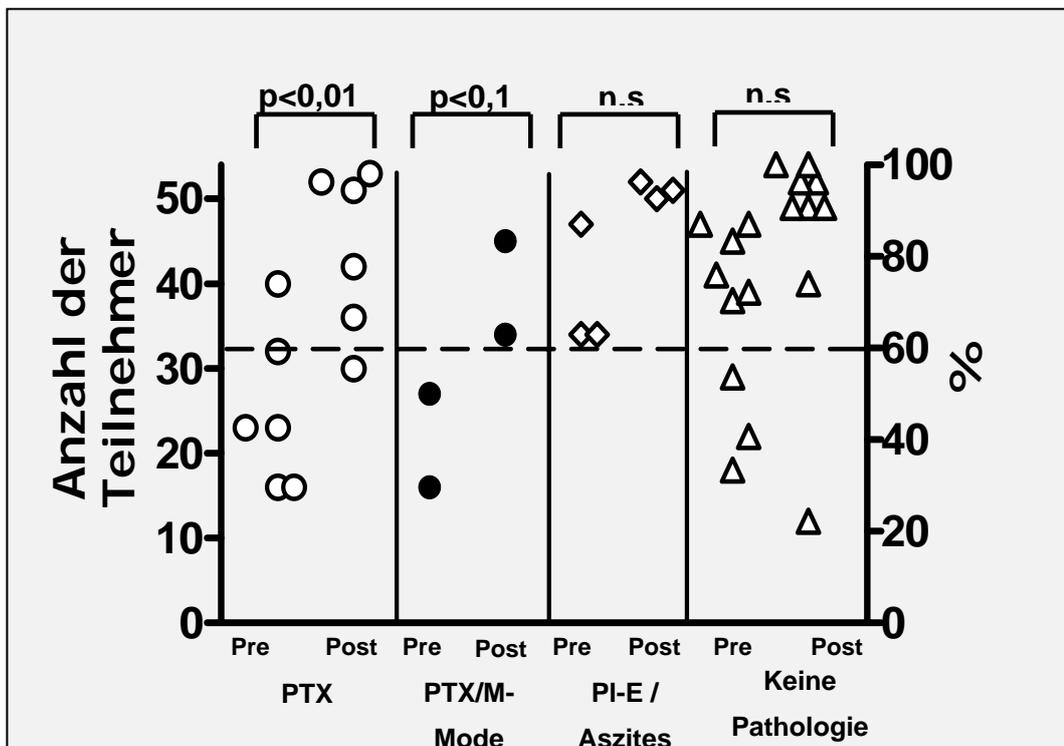


Abbildung 13: MCQ Aufschlüsselung nach Themengebieten

PTX = Pneumothorax, PI-E = Pleuraerguss

Tabelle 20: MCQ Statistische Auswertung nach Themengebieten

	PTX		PTX/M-Mode		PI-E/Aszites		Keine Pathologie	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Anzahl der Fragen	6	6	2	2	3	3	9	9
Minimum	16	30	16	34	34	50	18	12
25% Percentile	16	33					25,5	44,5
Median	23	46,5	21,5	39,5	34	51	39	49
75% Percentile	36	52,5					46	53
Maximum	40	53	27	45	47	52	47	54
Mittelwert	25	44	21,5	39,5	38,3	51	36,2	45,7
Standardabweichung	9,42	9,57	7,78	7,78	7,51	1,00	10,78	13,31
Standardfehler	3,85	3,91	5,50	5,50	4,33	0,58	3,59	4,44
Unter 95% CI	15,1	34	-48,4	-30,4	19,7	48,5	27,9	35,4
Größer 95% CI	34,9	54	91,38	109,4	57	53,5	44,5	55,9
Verbesserung% (absolut)	35,2		33,33		23,5		17,4	
Verbesserung % (percent change)	76		83,72		33,16		26,24	

4.2. Simulations-Test

4.2.1. Kumulative Ergebnisse

Der Simulationstest hat ebenfalls vor und nach den Kursen stattgefunden und die Ergebnisse der Pre- und Posttest-Phase sind miteinander verglichen worden.

Die Abbildung zeigt das Gesamtergebnis des Simulationstestes aller Kurse, ungeachtet der Fachrichtungen der Teilnehmer und deren Vorkenntnisse.

Im Pretest sind durchschnittlich 8,6+/-2,5 (57%) richtige Antworten erzielt worden. Im Posttest konnte eine Steigerung der richtigen Antworten auf durchschnittlich 11,9 +/-1,8 (80%) nachgewiesen werden.

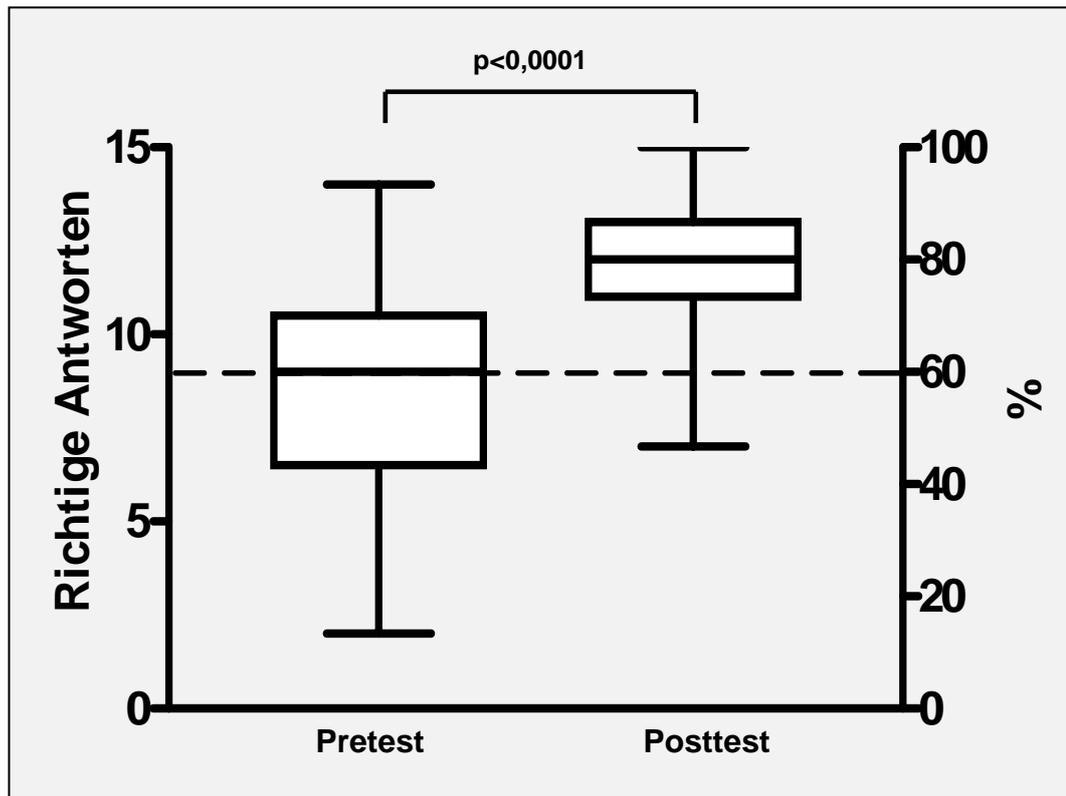


Abbildung 14: Gesamtergebnis Simulationstest vor und nach dem Kurs von n= 54 Teilnehmern

Dies bedeutet eine prozentuale Veränderung von 39% und eine absolute Verbesserung von durchschnittlich 23 Prozentpunkten ($p < 0,0001$).

4.2.2. Analyse nach Fachrichtungen

Auch im Simulationstest sind die Teilnehmergruppen getrennt zu betrachten. Am Ende ist zur Zusammenfassung das Ergebnis für alle Teilnehmer aufgeführt. Hierbei zeigt sich, dass sich die Teilnehmer im Simulationstest unabhängig der Fachrichtungen in ihren Leistungen verbessert haben. Studenten, Anästhesisten und Anästhesisten des Bundeswehrkrankenhauses Ulm konnten auch hier jeweils eine signifikante Verbesserung ihres Wissens zeigen. Die Verbesserung hat bei den genannten Gruppen zwischen 38,4% und 47,6% gelegen. Bei den Traumatologen hat sich, wie aus Abbildung 16 und Tabelle 20 ersichtlich, eine Verbesserung von 27,3% ergeben.

-THOLUUSE-
Ergebnisse

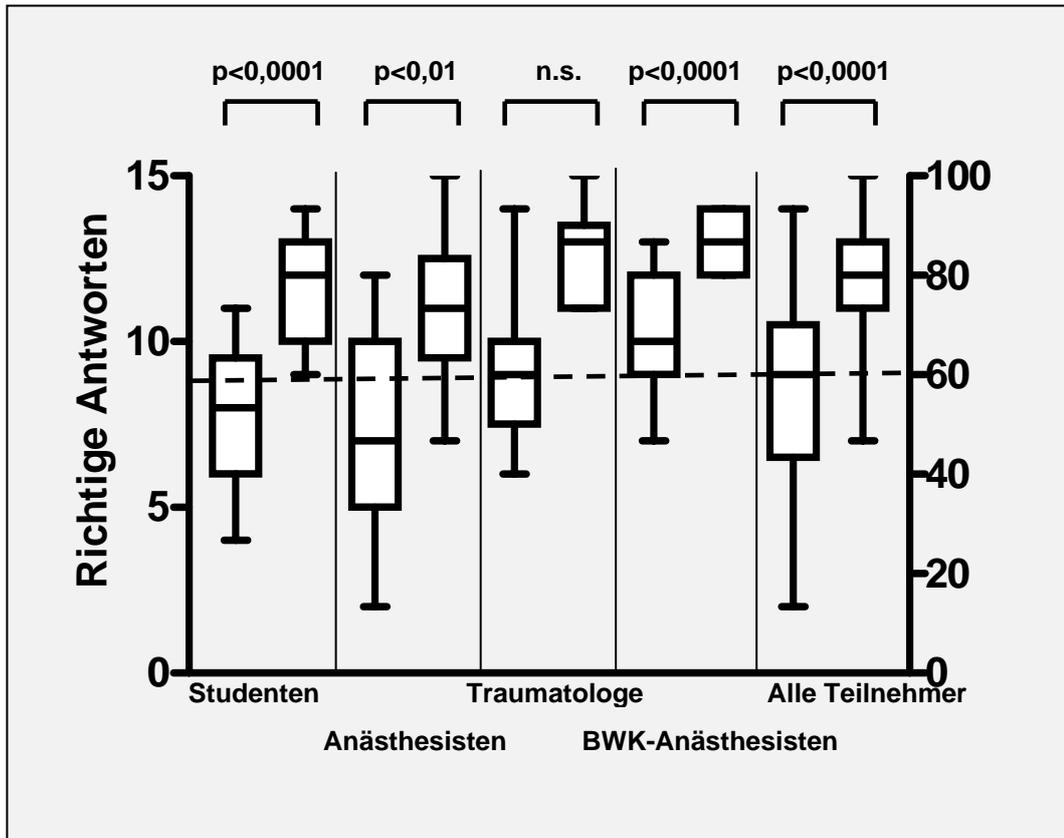


Abbildung 15: Ergebnisse des Simulationstests nach Fachrichtungen

Tabelle 21: Statistische Auswertung des Simulationstests nach Fachrichtung

	Studenten		Anästhesisten		Traumatologen		Anästhesisten BWK		Gesamt	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Anzahl der Teilnehmer	14	14	17	17	8	8	15	14	54	53
Minimum	4	9	2	7	6	11	7	12	2	7
25% Percentile	6	10	5	9,5	7,5	11	9	12	6,5	11
Median	8	12	7	11	9	13	10	13	9	12
75% Percentile	9,5	13	10	12,5	10	13,5	12	14	10,5	13
Maximum	11	14	12	15	14	15	13	14	14	15
Mittelwert	7,93	11,64	7,41	10,94	9,13	12,63	10,27	13,07	8,59	11,94
Standardabweichung	1,94	1,55	2,92	2,16	2,48	1,51	1,71	0,83	2,54	1,81
Standardfehler	0,52	0,41	0,71	0,52	0,88	0,53	0,44	0,22	0,35	0,25
Unter 95% CI	6,81	10,75	5,91	9,83	7,06	11,37	9,32	12,59	7,90	12,44
Größer 95% CI	9,05	12,54	8,91	12,05	11,19	13,88	11,21	13,55	9,29	22
Verbesserung % (absolut)	21		36		23		13		22	

Verbesserung % (PC)	46,8	47,6	38,41	27,26	38,95
---------------------	------	------	-------	-------	-------

4.2.3. Aufschlüsselung nach Vorkenntnissen

Wie aus Abbildung 16 zu entnehmen ist, haben die Teilnehmer ohne Vorkenntnisse 8,5 von 15 richtigen Antworten in der Pretest-Phase erzielt. Dies entspricht 56,7%. Die Teilnehmer mit Vorkenntnissen haben im Simulationstest vor dem Kurs durchschnittlich 9,2 richtige Antworten, entspricht 61%, erzielen können.

Nach dem Kurs konnten von den Ultraschallnovizen 11,8 (78,8%) Fragen richtig beantwortet werden, während die Teilnehmer mit FAST-Ausbildung 12,6 (84,2%) richtige Antworten erreichen konnten.

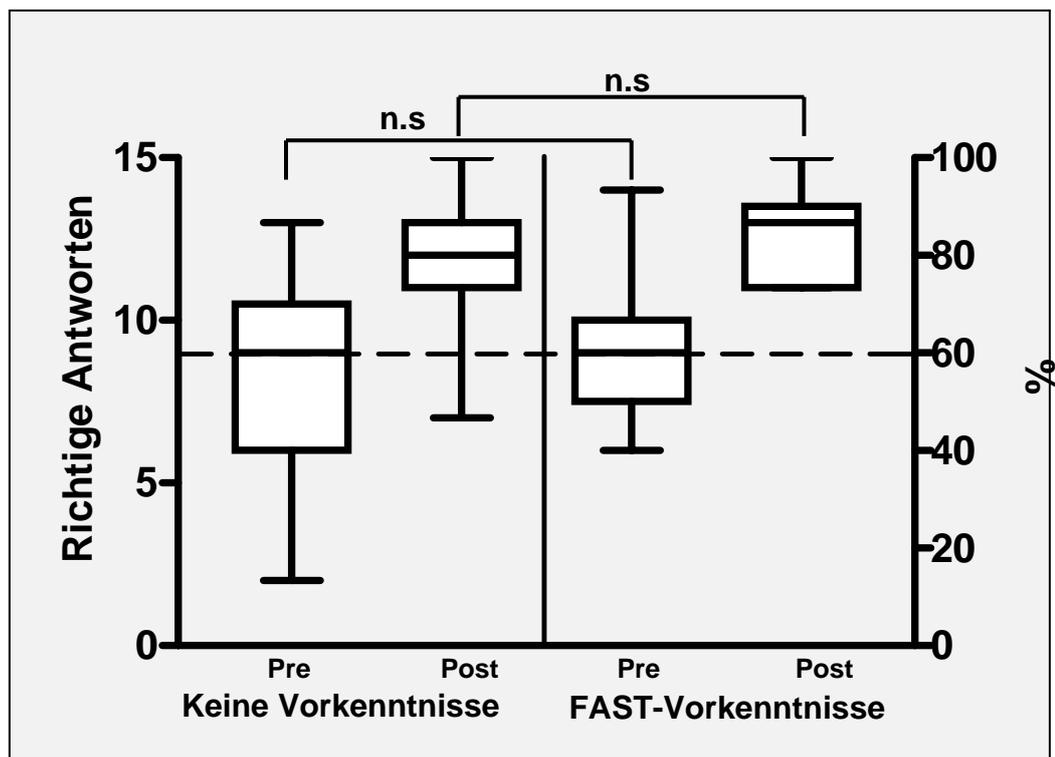


Abbildung 16: Simulationstest nach Vorkenntnissen der Teilnehmer

4.2.4. Aufschlüsselung nach Themengebieten

Im Simulationstest sind vor allem Thorax- und Lungenpathologien behandelt worden. Hierzu ergibt sich folgende Verteilung der Themengebiete:

Tabelle 22: Anzahl der Simulationen nach Thema

Thema	Anzahl Filmsequenzen
Pneumothorax (B- Mode)	2
Pneumothorax (M-Mode)	2
Pleuraerguss	4
Normal (gesunde Lunge und Aszites)	7
Gesamt	15

Bei der Aufschlüsselung nach den einzelnen Themengebieten hat sich bei den Themen Pneumothorax/M-Mode und Pleuraerguss eine signifikante Verbesserung der Ergebnisse gezeigt. Es hat sich eine prozentuale Verbesserung von 115% bei M-Mode ergeben. Bei den Fragen zum Pleuraerguss konnten sich die Teilnehmer um 31,6% verbessern.

Auch bei den Simulationen von Pneumothorax im B-Bild (43,9%) und keine Pathologien (26,3%) sind Verbesserungen im Gesamtergebnis erzielt worden.

-THOLUUSE-
Ergebnisse

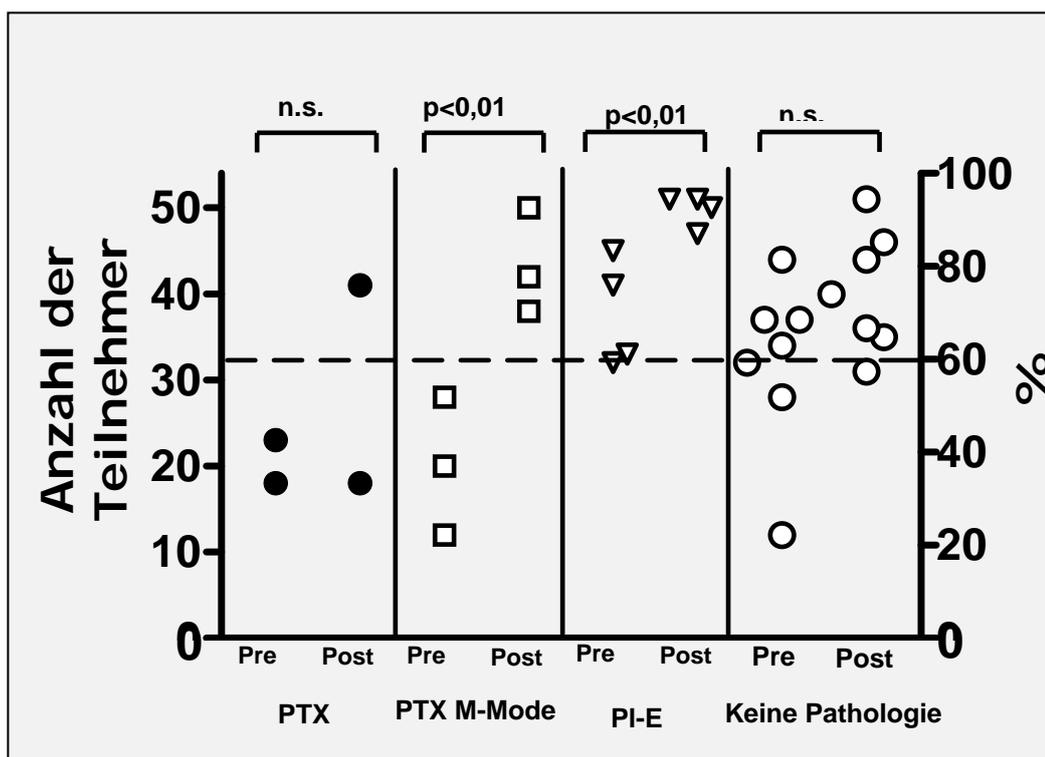


Abbildung 17: Ergebnisse des Simulationstests nach Themengebieten

Tabelle 23: Statistische Auswertung des Simulationstests nach Themengebieten

	PTX		PTX/M-Mode		PI-E		keine Pathologie	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Anzahl der Fragen	2	2	3	3	4	4	7	7
Minimum	18	18	12	38	32	47	12	31
25% Percentile							30	35,5
Median	20,5	29,5	20	42	37	51	34	40
75% Percentile							41	48,5
Maximum	23	41	28	50	45	51	44	51
Mittelwert	20,5	29,5	20	43	38	50	32	40,4
Standardabweichung	3,5	16,3	8	6,1	6,3	1,9	10	7
Standardfehler	2,5	11,5	4,6	3,5	3,1	0,9	3,8	2,6
Unter 95% CI	-11	-117	0,1	28	28	47	23	34
Größer 95% CI	52,3	175,6	40	59	48	53	41	46,9
Verbesserung % (absolut)	16,67		43,15		22,22		15,56	
Verbesserung % (percent change)	43,9		115		31,58		26,25	

4.3. Vergleich von Multiple-Choice-Test und Simulationstest

Es ist ein Vergleich zwischen dem MCQ-Testat und dem Simulationstest vorgenommen worden. Hierbei ist zu erkennen, dass in der Testung des theoretischen Wissens wie auch im Erkennen von sonographischen Abbildungen und Filmsequenzen ein signifikanter Wissenszuwachs erreicht werden konnte. Weiterhin ist zu erkennen, dass im MCQ-Test ein Wissenszuwachs von 44% im Vergleich zum Pretest und im Simulationstest eine Verbesserung von 39% erreicht werden konnte. Der Unterschied in der Verbesserung beider Tests ist somit nicht signifikant.

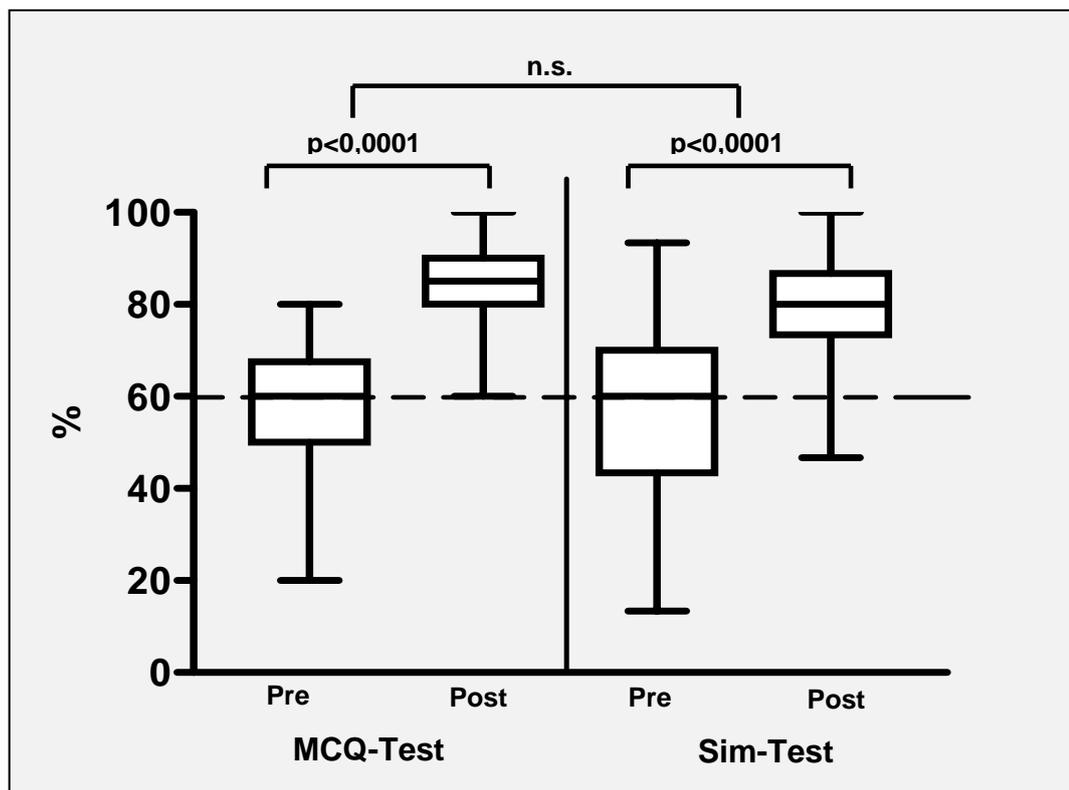


Abbildung 18: Vergleich zwischen Multiple-Choice Aufgaben und Simulationstest

4.4. *Praktischer Posttest*

Im praktischen Posttest sind die Fähigkeiten, die die Teilnehmer im Kurs erhalten haben, geprüft und praktisch verifiziert worden. Weiterhin haben die Teilnehmer ein Feedback über Ihren Lernerfolg erhalten.

Am praktischen Posttest haben insgesamt 44 Personen teilgenommen, da am THOLUUSE-Kurs kein praktischer Posttest durchgeführt werden konnte. Die Grafik zeigt das kumulative Ergebnis aller Posttests.

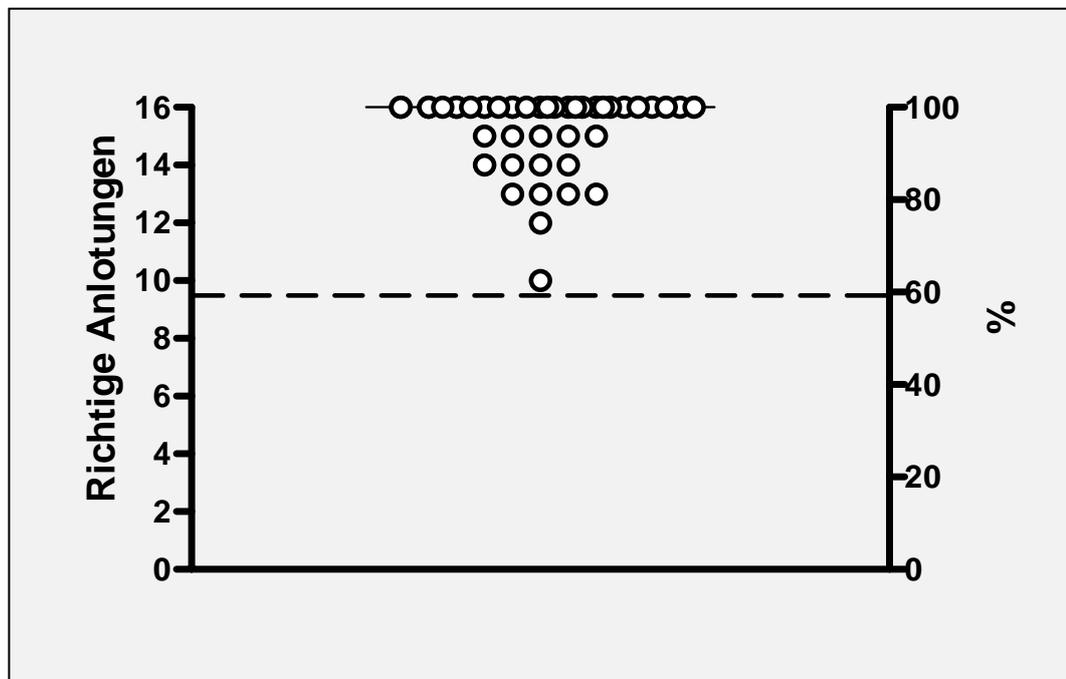


Abbildung 19: Kumulatives Ergebnis des praktischen Posttests

Es ist zu erkennen, dass von den n=44 Teilnehmern 29 Teilnehmer alle Aufgaben richtig gelöst haben. Alle Teilnehmer haben die Bestehensgrenze von 60% also 9,6 richtigen Anlotungen überschritten.

Tabelle 24: Statistische Auswertung des praktischen Posttests

Kurs	1 THOLUUSE	2 THOLUUSE	3 THOLUUSE	4 THOLUUSE	Gesamt
Anzahl TN	kein Posttest	11,0	18,0	15,0	44,0
Minimum		10,0	12,0	15,0	10,0
25% Percentile		13,5	14,5	16,0	15,0
Median		14,0	16,0	16,0	16,0
75% Percentile		16,0	16,0	16,0	16,0
Maximum		16,0	16,0	16,0	16,0
Mittelwert		14,2	15,2	15,9	15,2
Standard Abweichung		1,8	1,3	0,3	1,4
Standardfehler		0,5	0,3	0,1	0,2
Unter 95% CI		13,0	14,6	15,8	14,8
Größer 95% CI		15,4	15,9	16,1	15,6

4.4.1. Aufschlüsselung nach Themengebieten

Die praktischen Fähigkeiten sind in Gruppen nach der primär anzulotenden Pathologie eingeteilt worden. Hier ergibt sich, wie aus Abbildung 20 zu entnehmen, für alle Themengebiete ein Ergebnis, das die geforderten 60% übersteigt.

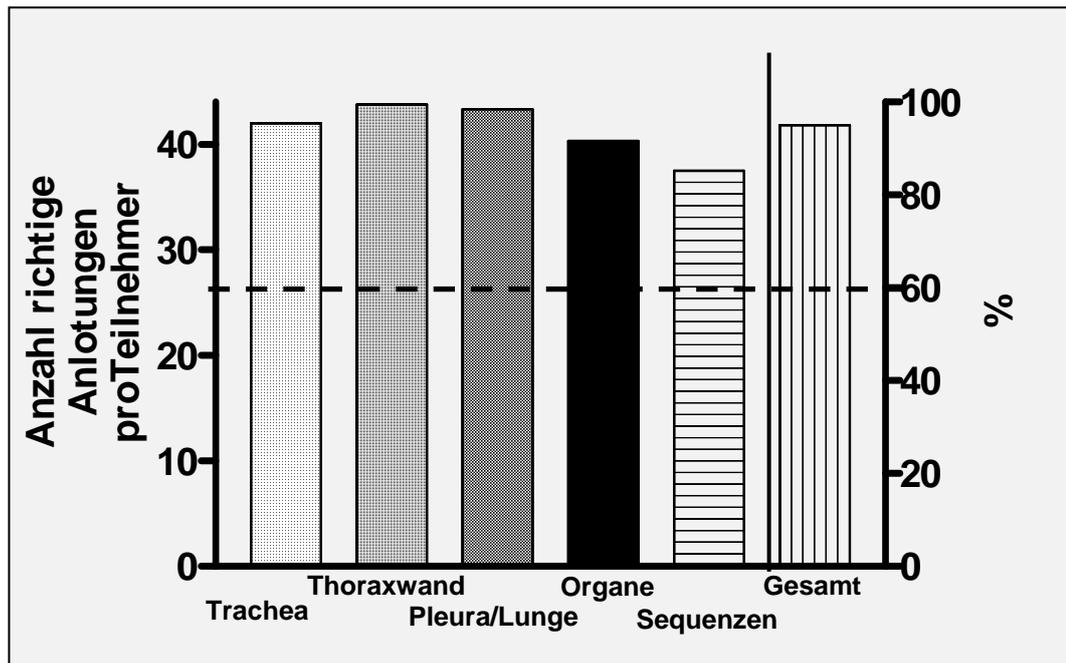


Abbildung 20: Ergebnisse des praktischen Posttests nach Themengebieten

Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse des praktischen Posttests, aufgeschlüsselt nach der Teilnehmeranzahl mit den richtigen Anlotungen, zum jeweiligen Themenkomplex. Die Anlotungen der Trachea sind von 42 Teilnehmern (95,45%) richtig durchgeführt worden. Die Anlotungen der Thoraxwandsonographie konnten von durchschnittlich 43,8 (99,4%) Teilnehmern richtig durchgeführt werden. Die Pleura und Lungensonographie ist von 43,3 (98,5%) Untersuchern richtig durchgeführt worden. Das richtige Erkennen der abgefragten Organe konnte von 40,3 (91,7%) Teilnehmern durchgeführt werden. Die geübten Ultraschallsequenzen sind von 37,5 (85,2%) Teilnehmern richtig gezeigt worden. Das bedeutet im kumulativen Ergebnis im Mittel 41,8 (95%) richtige Anlotungen.

Tabelle 25: Ergebnisse des praktischen Posttests nach kumulativer Teilnehmerleistung

Thema	Trachea	Thorax- wand	Pleura/ Lunge	Organe	Sequenzen	Gesamt
Anzahl Anlotungen	4	4	3	3	2	16
Minimum	39	43	43	39	36	36
25% Percentile						39,5
Median	42,5	44	43	40	37,5	43
75% Percentile						44
Maximum	44	44	44	42	39	44
Mittelwert	42	43,75	43,33	40,33	37,5	41,81
Standardabweichung	2,16	0,50	0,58	1,53	2,12	2,46
Standardfehler	1,08	0,25	0,33	0,88	1,50	0,61
Unter 95% CI	38,56	42,95	41,90	36,54	18,44	40,50
Größer 95% CI	45,44	44,55	44,77	44,13	56,56	43,12

4.5. Subjektive Evaluation der Teilnehmer

Nach dem Kurs haben die Teilnehmer die Möglichkeit erhalten, in einem subjektiven Evaluationsbogen ihre Meinung zu dem Kurs, dem Kursablauf, dem theoretischen sowie dem praktischen Kursteil und auch den einzelnen Instruktoren mitzuteilen. Das Ausfüllen des Evaluationsbogens ist anonym und freiwillig verlaufen und hat sich nach den Richtlinien der jeweiligen Landesärztekammer gerichtet.

Ein Beispiel des Evaluationsbogens kann im Anhang eingesehen werden.

Es konnten Noten nach dem Schulnotensystem von 1 (sehr gut/trifft völlig zu) bis 6 (ungenügend/trifft nicht zu) vergeben werden.

In Tabelle 26 werden die kumulierten Ergebnisse der Kursevaluation dargestellt.

-THOLUUSE-
Ergebnisse

Tabelle 26: Subjektive Evaluation der Teilnehmer, Mittelwerte der Schulnoten

Frage/zu bewertender Programmpunkt	Durchschnittliche Schulnote				Mittelwert
	1 (11)	2 (11)	3 (17)	4 (15)	
Kurs (TN-anzahl)	1 (11)	2 (11)	3 (17)	4 (15)	54
Ankunft, Begrüßung, Kursablauf	1,9	1,64	1,64	2,23	1,85
Eingangstestat	2,4	2,6	2,18	3,4	2,65
Einführung zum Thema	1,5	1,64	1,88	1,67	1,67
Sonographische Anatomie von Thorax, Trachea und Lunge	2,0	2,18	1,58	1,67	1,86
Fallbeispiele	1,75	1,54	2	1,78	1,77
I. Hands-on-Training, Normalbefunde	2,4	1,36	1,29	1,1	1,54
Sonographie des Pleuraerguss: Phänomene/Artefakte	2,1	1,54	1,76	2	1,85
Sonographie des Pneumothorax: Phänomene/Artefakte	1,9	1,63	1,65	1,67	1,71
Algorithmus der Thorax- und Lungensonographie und Punktionstechniken	2,6	3,1	1,71	2	2,35
Training auf Station bzw. Untersuchen eines Patienten	1,4	1,64	--	--	1,52
II. Hands-on-Training	2	1,64	1,18	1,22	1,51
Praktischer Posttest	--	2	1,76	1,11	1,63
Abschlusstestat, Kursevaluation	2	2	1,88	1,22	1,8
Vor dem Kurs hatte ich bereits Ultraschallkenntnisse?	5,17	4,18	3,83	4,48	4,42
Vor dem Kurs habe ich mich bereits mit der Sonographie des Thorax beschäftigt/sie bereits durchgeführt?	5,25	5	4,75	5,75	5,2
Der Kurs hat meine Erwartungen erfüllt	2,3	1,73	1,5	1,38	1,72
Ich habe viel über die Sonographie des Thorax, der Trachea und Lunge gelernt	1,8	1,45	1,75	1,38	1,6
Gesamtbewertung	1,42	2	1,42	1,5	1,59
Mittelwert Kompletter Kurs	1,96	1,86	1,68	1,69	1,79

-THOLUUSE-
Ergebnisse

In dieser Tabelle sind die von den Teilnehmern angegebenen Schulnoten ausgewertet worden. Es sind insgesamt 54 Evaluationsbögen bearbeitet und Mittelwerte gebildet worden. Es zeigt sich eine mittlere Gesamtbeurteilung der Teilnehmer für den Thorax, Trachea und Lungensonographiekurs von 1,8.

Die Hands-on Trainingseinheiten sind mit 1,5 (1.HOT) und 1,5 (2.HOT) jeweils als gut bewertet worden.

Die Zusammenfassung der theoretischen Lerneinheiten ergibt die Note 1,8. Weiterhin ist zu ersehen, dass die Vorkenntnisse im Ultraschall mit 4,4 und für den Thoraxultraschall im Speziellen mit 5,2 bewertet worden sind.

5. Diskussion

5.1. Diskussion der Methodik und Kursentwicklung

5.1.1. Entwicklung des Kurses

Es hat bisher zur Schulung von Thorax-, Trachea- und Lungensonographie kein definiertes Schulungsprogramm oder eine nationale oder internationale Leitlinie gegeben. Weiterhin gibt es trotz weniger bekannter Kursprogramme (G. Mathis, Kurs in Hohenems, www.ultraschallkurse.at) bis zum Jahr 2009 keine validierten Schulungsdaten, auf die man sich beziehen könnte. Das Schulungsprogramm stellt daher national wie international eine Neuentwicklung dar. Aus diesem Grund ist eine Diskussion der Ergebnisse in Bezug auf andere Autoren nur eingeschränkt zur Arbeit anderer möglich.

Zu Beginn der Entwicklung von THOLUUSE ist die Frage gestellt worden, ob es möglich ist, innerhalb eines eintägigen Kursprogrammes die Thorax-, Trachea- und Lungensonographie zu erlernen.

Hierbei sollte es sich um eine Mischung aus Theorie und praktischen Übungen handeln, die die Teilnehmer in kurzer Zeit befähigen sollen, die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge durchzuführen und sichere Diagnosen zu stellen. Es ist darauf eingegangen worden, dass kleine Lerngruppen mit viel praktischer Übung den besten Lernerfolg erzielen können^{37,38}.

Um die Möglichkeit zu haben, den Lernerfolg am Ende des Kurses zu beurteilen, sind die Teilnehmer schon zu Beginn der Kurse getestet worden. Es sind die verschiedenen Tests entwickelt worden, deren Durchführung vor und nach dem Kurs eine Lernkurve aufzeigen sollte.

Daraufhin wurden ein Test zum Abfragen des theoretischen Wissens und ein Simulationstest für das Erkennen und Benennen von Bildern und Filmsequenzen entwickelt. Auch die praktisch erlernten Fähigkeiten sind

nach dem Kurs getestet worden, um den direkten Lernerfolg ermitteln zu können.

5.1.2. Auswahl der Testarten

Die Möglichkeiten, die Teilnehmer theoretisch zu testen, sind vielfältig. Die gängigste Testmethode in der Medizin, nämlich die Testung mit Multiple Choice Fragen (MCQ), ist hierzu ausgewählt worden. Die Teilnehmer sind mit der Fragenart vertraut, da im Studium, wie auch in medizinischen Fortbildungen, dies als häufigstes Testverfahren angewendet wird. Die Wahrscheinlichkeit der richtigen Beantwortung nur durch erraten der Antwort liegt allerdings, bei 4 vorgegebenen Antworten, bei 25%. Um diese „Ratewahrscheinlichkeit“ zu relativieren, und um ein vergleichbares Ergebnis vor und nach dem Kurs zu erhalten, sind die Tests mit veränderter Fragenreihenfolge nach dem Kurs nochmals durchgeführt worden. Der direkte Vergleich, vor und nach dem Kurs, zeigt eine Verbesserung von 43,9%.

Um zu eruieren, ob die Teilnehmer Bilder und Filmsequenzen erkennen, ist der Simulationstest entwickelt worden. Im Ultraschall ist es wichtig, Filmsequenzen erkennen und beurteilen zu können. Die Bilder und Artefakte müssen sicher beurteilt werden können. Somit hat es sich angeboten diese visuelle Komponente des Lernens ebenfalls zu prüfen. Die Zeitspanne hierzu wurde auf ca. 10 Sekunden pro Bild/Film festgelegt, da die Teilnehmer hier ausreichend Zeit zum Erkennen der Pathologie haben. Es ist bekannt, dass das menschliche Gehirn nur 1/125 Sekunde benötigt, um sich bis zu 10 vier bis fünfstelligen Zahlen zu vergegenwärtigen und wiederzuerkennen⁴⁶. Das bedeutet, dass das Gehirn in einer so kurzen Zeit bereits komplexe Sachverhalte erkennen kann. Es ist somit davon ausgegangen worden, dass 10 Sekunden ausreichen, um bereits bekannte Sachverhalte einzuordnen und eine adäquate Blickdiagnose stellen zu können. Weiterhin sind 10

Sekunden die Zeitspanne, welche in der ALS-konformen Wiederbelebung zur Diagnostik nicht überschritten werden sollte.

Der theoretische, wie auch der Simulationstest sind vor und nach den Kursen durchgeführt worden, um den Wissenszuwachs der Teilnehmer zu evaluieren und einen Vergleich anstellen zu können.

Nach dem Kurs ist ein praktischer Test erfolgt, in welchem die neu erlernten praktischen Fähigkeiten der Teilnehmer überprüft worden sind. Es ist davon ausgegangen worden, dass die meisten Teilnehmer keine vorherigen Ultraschallkenntnisse, bzw. keine Kenntnisse im Thorax-, Trachea- und Lungenschall besitzen. Diese Annahme ist auch durch die Aussagen der Teilnehmer in der Evaluation bestätigt worden. Aus diesem Grund ist vor dem Kurs keine praktische Testung durchgeführt worden.

5.1.3. Diskussion der Punktionsmodelle

Der Ultraschall von Thorax, Trachea und Lunge besteht nicht nur aus Erkennen und Benennen der jeweiligen Strukturen und Artefakte. Die interventionelle Punktion ist gerade bei einem Pleuraerguss oder einem Pneumothorax eine wichtige Komponente, die den Teilnehmern nahe gebracht werden sollte.

Die Notwendigkeit von Modellen zur Übung hat sich daraus ergeben, dass durch praktisches Üben unter Anleitung der Lernerfolg um ein vielfaches gesteigert werden kann³⁷.

Es hat bis zur Entwicklung von THOLUUSE nur wenige Möglichkeiten zur Übung an einem Modell gegeben. Aus diesem Grund wurden für die Kurse spezielle Modelle entwickelt, die den Ansprüchen der Kurse entsprechen haben, und an welchen die ultraschallgesteuerte Punktion geübt werden konnte. Diese Modelle wurden aus einfachen Haushaltswaren hergestellt (Gelatine, Luftballons, Wasser) und konnten nach den Kursen im Hausmüll entsorgt werden. Die Teilnehmer haben diese Modelle angenommen und die Möglichkeit zur sonographiegesteuerten Punktion wahrgenommen.

Während des Kurses im Bundeswehrkrankenhaus Ulm ist ein *Blue Phantom* gestellt worden. Dies ist ein industriell hergestelltes Ultraschallmodell, das ebenfalls die Möglichkeit zur Übung von sonographiegesteuerter Punktion gibt. Die Teilnehmer haben dies als Übungsobjekt verwenden können. Der finanzielle Aufwand ist hier, für die weitere Anwendung des *Blue Phantom*, der limitierende Faktor.

5.1.4. Verwendete Ultraschallgeräte

Die in den Kursen verwendeten Ultraschallgeräte sind von der Firma *SonoSite* gestellt und von Mitarbeitern dieser Firma, während der Kurse betreut worden. Die Geräte haben einen hohen Standard und hohe Bildauflösung. Fehlerquellen oder inadäquate Einstellungen sind sofort behoben worden und die Teilnehmer haben mit einer sehr guten Bildqualität arbeiten können. Allerdings stehen diese Geräte im klinischen Alltag nicht selbstverständlich zur Verfügung. Das bedeutet, dass Teilnehmer, die das Erlernte nach dem Kurs anwenden wollen, sich an andere Geräte, deren Einstellungen und Bildqualitäten gewöhnen müssen. Dies kann eine Diagnosefindung trotz eines erfolgreich absolvierten THOLUUSE-Kurses beeinträchtigen.

5.1.5. Kursablauf

Die Umsetzung des Kurskonzeptes lehnt sich an die Notfallsonographie-Kurse FAST und FEEL⁴⁵ an, die bereits erfolgreich von der Arbeitsgemeinschaft Notfallsonographie, der Goethe-Universität Frankfurt durchgeführt werden.

Der Kursablauf hat sich bei allen durchgeführten Kursen an einem extra hierfür entwickelten Kursprogramm (siehe Anhang) orientiert, das vor Beginn der Datenerhebung festgelegt wurde. Dieses richtet sich im Inhalt nach den Leitlinien der DEGUM; WHO und LÄK^{40,42,47}. Weiterhin ist es nach aktuellen Lehrkonzepten wie dem OSCE³⁸ entwickelt worden. Es ist darauf geachtet worden, dass die Teilnehmer theoretisches Wissen in einem interaktiven

Schulungsprogramm erhalten und sich Abwechslung zwischen Theorie und Praxis bietet. Es wurden ausreichend Pausen eingebaut, in welchen die Teilnehmer die neuen Kenntnisse verarbeiten konnten.

Die Gruppengröße im theoretischen Kursteil war auf maximal 18 Teilnehmer beschränkt, um die Gruppen klein zu halten. Dies hat zu einem angenehmen Lernklima und Möglichkeiten für Zwischenfragen geführt. Während der Hands-on-Trainings sind die Teilnehmer und Instrukturen mit einem Gruppenschlüssel von 2:1 eingeteilt worden. Das bedeutet, dass hier die Teilnehmer ebenfalls mit 5 Minuten pro Person ausreichend Zeit gehabt haben (pro Gruppe/Station 10 min), das neu zu Erlernende anzuwenden und zu üben.

5.2. Deutung der Ergebnisse

5.2.1. Multiple-Choice-Testat und Simulationstest

Der Vergleich der vor dem Kurs richtig beantworteten MCQs und Simulationen und der richtigen Antworten nach dem Kurs zeigt eine deutliche und signifikante Verbesserung. Die Teilnehmer haben ausnahmslos mit durchschnittlich 84% richtiger Antworten im MCQ-Bereich und 80% in der Simulation die geforderte Mindestpunktzahl von 60% überschreiten und damit das Kursziel erreichen können.

Das bedeutet, dass hier das Ziel der Fragestellung bereits erreicht werden konnte und es kann bestätigt werden, dass durch THOLUUSE ein adäquater Wissenszuwachs erreicht werden kann.

5.2.2. Ergebnisse nach Fachrichtungen von MC-Testat und Simulationstest

Die Teilnehmer haben, ungeachtet ihrer Fachrichtung, alle die gleichen Tests durchlaufen. Hier ist zu erkennen, dass obwohl die Teilnehmer aus dem chirurgischen Fachgebiet schon Ultraschallvorkenntnisse in der Traumasonographie besitzen, diese ähnliche Ergebnisse erreicht haben wie

die Ultraschallnovizen. Dieser Befund unterstützt die Überlegung, dass Vorkenntnisse für die Teilnahme an THOLUUSE nicht notwendig sind^{1,12,48}, da hier Novizen, wie auch ultraschallerfahrene Teilnehmer, einen ähnlichen Wissenszuwachs erreichen konnten und somit keine Vorteile bei den bereits geschulten Teilnehmern zu erkennen sind.

Die Teilnehmer konnten in kürzester Zeit die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge erlernen und am Kurstag anwenden. So konnte, ungeachtet der Vorkenntnisse, das Kursziel von 60% richtiger Antworten von allen Teilnehmern und Populationen deutlich überschritten werden.

5.2.3. Ergebnisse nach Themengebieten

Werden die Ergebnisse nach den Themengebieten gesunde Lunge, Pleuraerguss und Pneumothorax aufgeschlüsselt, so zeigt sich anhand der Ergebnisse der MCQs, dass in allen Themengebieten ein Wissenszuwachs erreicht werden konnte. Auch im Simulationstest konnte eine Verbesserung in allen Themen erreicht werden, so dass hier analog festzustellen ist, dass die Teilnehmer das zügige und richtige Beurteilen von Bild- und Filmsequenzen innerhalb eines Kurstages erlernen konnten. Das Kurskonzept eignet sich somit, das hierzu benötigte Wissen innerhalb eines Kurstages zu vermitteln.

5.2.4. Vergleich Multiple-Choice-Testat und Simulationstest

Beim Vergleich der beiden Tests ist zu erkennen, dass die Teilnehmer einen sehr ähnlichen und signifikanten Wissenszuwachs erreichen konnten. Das bedeutet für THOLUUSE, dass hier die Theorie, wie auch das Erkennen und Benennen von Bild- und Filmsequenzen erlernt und trainiert werden kann. Die Schulung der Teilnehmer soll diese beiden Fähigkeiten bezüglich der Thorax-, Trachea- und Lungensonographie fördern und die Ergebnisse zeigen, dass dieses Ziel hier mit einer signifikanten Ergebnisverbesserung erreicht werden konnte. Die Teilnehmer können somit durch THOLUUSE

adäquat geschult werden und dies in den beiden theoretischen Abschlusstests unter Beweis stellen. Auch in diesem Vergleich ist kein nennenswerter Unterschied innerhalb der verschiedenen Fachrichtungen erkennbar gewesen. Teilnehmer mit und ohne Vorkenntnisse haben in beiden Testarten sehr ähnlich abgeschnitten, also scheint ein sonographisches Vorwissen für das Erreichen des Lernzieles nicht nötig zu sein.

5.2.5. Ergebnisse im praktischen Posttest

Der praktische Posttest zeigt auf, das THOLUUSE eine sehr gute Methode ist, die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge in kürzester Zeit zu erlernen und praktisch umzusetzen. Von der Annahme ausgehend, dass die Teilnehmer zu Beginn der Kurse keine oder nur geringe Ultraschallkenntnisse besaßen und die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge noch nie durchgeführt haben, ist das erreichte Ergebnis im praktischen Posttest als sehr gut anzusehen, wodurch THOLUUSE als geeigneter Sonographiekurs bestätigt werden kann.

5.2.6. Zusammenfassung der Tests

Zusammenfassend ist die Frage nach der Validität der Kurse und nach dem Lernerfolg positiv zu beantworten. Wie die Auswertung der einzelnen Kurse und auch die Gesamtauswertung zeigt, hat es in jedem Kurs einen signifikanten Wissenszuwachs in allen Themengebieten und allen Prüfungsformen gegeben. Die Teilnehmer haben sich in der Theorie, im Erkennen von Bildern und Ultraschallsequenzen, wie auch in der praktischen Anwendung des Thorax-, Trachea- und Lungensultraschalls verbessert, bzw. haben diesen neu erlernt. Der theoretische Lernerfolg, wie auch die erlernten Ultraschalltechniken konnten in allen durchgeführten Tests eindrucksvoll bewiesen werden.

5.2.7. Subjektive Evaluation der Teilnehmer

Bezüglich der Fragestellung nach der Durchführbarkeit der Kurse ist dies mit einem eindeutigen „Ja“ zu beantworten. Die Kurse konnten mit adäquater Vorbereitung problemlos und erfolgreich durchgeführt werden. Dies ist unter anderem an der subjektiven Evaluation des Kurses durch die Teilnehmer zu erkennen. THOLUUSE ist mit einer durchschnittlichen Gesamtnote von 1,79 als gut bewertet worden. Die einzelnen Teilabschnitte von THOLUUSE sind ebenfalls von den einzelnen Teilnehmergruppen als gut bis sehr gut bewertet worden. Besonders hervorzuheben ist die Beurteilung der Hands-on-Trainingseinheiten, die gesamt mit 1,54 (1.HOT) bzw. 1,51 (2.HOT) beurteilt worden sind. Diesen Bewertungen ist zu entnehmen, dass gerade die praktische Anwendung des Erlernten von den Teilnehmern sehr positiv aufgenommen wurde und die Durchführung als gut bis sehr gut empfunden worden ist.

Weiterhin ist auch der Lernerfolg mit 1,6 als gut eingestuft worden, was ebenfalls für eine erfolgreiche Durchführung der Kurse und somit dem Erreichen des Studienzieles spricht. Dies deckt sich auch mit den objektiven Tests des Lernerfolgs.

Die Vorkenntnisse bezüglich der Thorax-, Trachea- und Lungensonographie sind durchschnittlich mit der Note 5,2 als mangelhaft, von einzelnen Teilnehmern sogar als ungenügend bewertet worden.

Die Teilnehmer haben in der Evaluation des Kursprogrammes die Hypothese die zu Beginn des Kurses gestellt wurde bestätigt, nämlich dass keine relevanten Sonographievorkenntnisse notwendig gewesen sind. Dies ist in der sehr guten Leistung der Teilnehmer im Posttest zu erkennen und zeigt sich wiederum in der steilen Lernkurve des gesamten Kurses.

5.3. Zusammenfassende Beurteilung

Die Entwicklung des THOLUUSE-Kurses kann als ein Meilenstein in der Ultraschallanwendung, der Diagnostik und der Lehre angesehen werden. Es

hat zuvor keinen Kurs gegeben, der sich mit der Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge in der Intensiv- und Notfallmedizin befasst, obwohl genügend Hinweise für den Nutzen dieser Technik vorliegen^{1,4,5,16,19,30,48-52}.

Als wichtigstes Merkmal für den Erfolg von THOLUUSE dient die Anerkennung durch die deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) wie auch durch die Landesärztekammern Hessen (LÄKH) und Baden Württemberg (LÄKBW).

Die Ergebnisse von THOLUUSE machen deutlich, dass der Ultraschall von Thorax, Trachea und Lunge innerhalb eines Tages so weit erlernbar ist, dass er praktisch angewendet werden kann.

Kenntnisse in Thorax-, Trachea- und Lungensonographie werden immer mehr gewünscht und in klinischen Studien angewendet^{1,9,50,53}. Hierbei zeigt sich, dass Kenntnisse von Thorax-, Trachea- und Lungensonographie eine schnelle und bettseitige Diagnose ermöglicht und die Strahlenbelastung durch beispielsweise die CT und das Röntgen Thorax vermindern kann¹². Ein Kurrikulum hierzu wurde schon von Neri et al¹⁶ entwickelt, doch gab es bis dato keine Möglichkeit eines strukturierten Erlernens der geforderten Kenntnisse.

Daniel Lichtenstein hat allerdings erst kürzlich auf ein neues Arbeitsprotokoll zur Systematik in der Lungensonographie "Blue" Protokoll hingewiesen⁵³. Dieses Protokoll eignet sich in der Intensivmedizin für die systematische Untersuchung nach Konsolidierung oder zum Pneumothorax. Das Vorgehen dieses Protokolls ähnelt der von THOLUUSE didaktisch betrachteten Untersuchungsweise.

Mit THOLUUSE konnte ein auf den aktuellen Leitlinien von DEGUM, WHO und EFSUMB^{40-42,47} basierendes Kurskonzept für die Level 1 und 2 Sonographie entwickelt werden.

Die Forderung, dass ein Untersucher der Stufe 1 befähigt werden soll, allein und ohne Überwachung eine sonographische Untersuchung des Thorax vorzunehmen^{39-42,47}, kann aber mit einem eintägigen Kurs wie THOLUUSE

nicht erfüllt werden. Zwar soll der Kurs den Teilnehmern das Handwerkszeug geben, den Thorax-, Trachea- und Lungensonographie sicher durchzuführen und eine sichere Diagnose zu stellen, doch muss der Teilnehmer sich selbst um ein adäquates Training bemühen. Die Forderung der EFSUMB, dass ein Untersucher die ersten 100 Untersuchungen unter Supervision durchführen sollte, ist durch THOLUUSE allein somit nicht zu erreichen.

Es ist ebenso von der Akzeptanz der klinischen Kollegen, wie auch von dem Vorhandensein eines Supervisors abhängig, ob das von der EFSUMB vorgegebene Ziel erreicht werden kann.

Das neu erlernte Wissen und Können wird zeitnah im Kurs evaluiert, aber es gibt keine Möglichkeit die Anwendbarkeit und somit das Training und die richtige Anwendung der Sonographie unter realen, stationären oder auch präklinischen Bedingungen zu testen und die Entwicklung der Kursteilnehmer nach einem bestimmten Zeitraum zu beurteilen.

Hierzu kommt das Problem, dass sich im klinischen Alltag die Meinung hält, die Lunge, also „Luft“ könne sonographisch nicht untersucht werden⁵³. Die Lunge wird somit nur zum Nachweis eines Pleuraergusses mittels Ultraschall untersucht. Die Untersuchung bei Verdacht auf Pneumothorax, hat noch keinen großen Stellenwert in der täglichen Patientendiagnostik¹. Auch werden beispielsweise viele Pleuraergüsse klinisch mit dem Ultraschallgerät diagnostiziert, doch wird die Punktion noch viel zu oft blind, ohne Zuhilfenahme eines Ultraschallgerätes durchgeführt, obwohl viele Publikationen beweisen, dass eine sonographiegesteuerte Punktion weitaus sicherer ist und Komplikationen seltener auftreten^{1,8,54,55}. Somit könnte sich die Durchführung und Übung der Thorax-, Trachea- und Lungensonographie im klinischen Alltag schwierig gestalten.

THOLUUSE hilft den Teilnehmern sich in der Detektion von Pleuraergüssen sicher zu fühlen und trainiert die sonographiegesteuerte Punktion an Modellen. Zwar kann dies nicht das Lernen im klinischen Alltag am Patienten

ersetzen, doch bekommen die Teilnehmer die Möglichkeit die Untersuchungstechnik und Punktionstechniken zu üben.

Bezüglich des Wissenstandes der Teilnehmer konnte gezeigt werden, dass Teilnehmer ohne Ultraschallkenntnisse, verglichen mit den Teilnehmern mit einer FAST-Ausbildung Ergebnisse erzielt haben, die keinen signifikanten Unterschied aufweisen. Somit ist hieraus zu schlussfolgern, dass eine vorherige Ausbildung in Notfallsonographie oder auch Ultraschallkenntnisse zum erfolgreichen absolvieren von THOLUUSE nicht benötigt werden.

Diese Arbeit zeigt, dass THOLUUSE ein probates Mittel ist, Ultraschallnovizen an die Sonographie und von Thorax, Trachea und Lunge heranzuführen und ihnen das Handwerkszeug zu geben, eine aussagekräftige, bettseitige Untersuchung vorzunehmen.

Der Forderung nach einem adäquaten Kurrikulum zur (Notfall-)Sonographie des Atemapparates¹⁶ kann THOLUUSE hiermit gerecht werden. Allerdings gibt es kein vergleichbares Konzept welches die Daten und Ergebnisse bestätigen oder widerlegen könnte.

Das OSCE und Hands-on-Trainingskonzept, welches sich bereits in anderen Kursformen der AG-Notfallsonographie in Frankfurt am Main etablieren konnte, wurde auch hier erfolgreich angewendet^{3,36,45}.

Durch das praktische Training, das sich mit der Theorie abwechselt, haben die Teilnehmer immer zeitnah die Möglichkeit, das neu Erlernte auszuprobieren und zu festigen.

Allerdings ist hier zu beachten, dass die primären Testergebnisse zwar sehr positiv und signifikant zu bewerten sind, es aber an einem zeitlich verzögerten, z.B. nach 6 Monaten durchgeführten, Follow-up-Test mangelt.

Die Sonographie ist ein vorteilhaftes Diagnostikum, das schnell, bettseitig, sicher und ohne Strahlenbelastung durchgeführt werden kann¹². Allerdings gibt es auch bei dieser Methode Grenzen, die die Diagnostik erschweren oder gar unmöglich machen können. Hier ist Beispielsweise ein Haut- oder

Mediastinalemphysem zu nennen. Hat ein Patient diese Pathologie ist es dem Untersucher nicht mehr möglich mit dem Ultraschall in die tieferen Schichten einzudringen bzw. das Bild adäquat zu beurteilen. Auch ist bei intensivmedizinisch überwachten Patienten immer daran zu denken, dass diese durch die umfassende Überwachung und durch eventuelle traumatologische oder operative Versorgung und dem daraus folgenden schlechten Zugang des Untersuchers zum Thorax des Patienten, schwierig zu untersuchen sind. In solchen Fällen ist die Diagnostik durch eine Röntgenaufnahme oder besser durch die CT unabdingbar⁵⁶.

5.4. Fazit

Aus den oben genannten Ergebnissen ist zu folgern, dass THOLUUSE eine wichtige Entwicklung für die weitere Etablierung der bettseitigen sonographischen Diagnostik auf Station, in der Intensivmedizin und der Notfallmedizin darstellt. Es konnte gezeigt werden, dass der Thorax-, Trachea- und Lungenschall schnell und einfach zu erlernen ist und keine Vorkenntnisse notwendig sind.

Aus diesem Grund ist eine weitere Verbreitung, Anwendung und Durchführung des THOLUUSE-Kurskonzeptes zu fordern.

Zusammenfassung

Die Thorax-, Trachea- und Lungensonographie in der Intensiv- und Notfallmedizin hat wegen der bettseitigen Anwendbarkeit einen hohen Stellenwert. Als „hand-held“ Verfahren eignet sich der Ultraschall für die Beurteilung von Pathologien während zeitkritischer Szenarien in Notaufnahmen, auf der Intensivstation sowie in der Präklinik. Auch Interventionen wie Pleurapunktion oder die perkutane Dilatationstracheotomie können sonographiegesteuert sicherer durchgeführt werden. Die wichtigste Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass der Untersucher in der Anwendung der Sonographie ausgebildet wurde. Ein einheitliches, funktionierendes und wissenschaftlich validiertes Kurscurriculum lag für diesen Bereich bisher aber nicht vor. Deshalb ist das Kurskonzept zur Thorax-, Trachea- und Lungensonographie in der Intensiv- und Notfallmedizin THOLUUSE entwickelt und die Frage gestellt worden, ob Ultraschallnovizen durch ein praxisorientiertes Lernsystem die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge innerhalb eines Lerntages adäquat erlernen und anwenden können.

Das Kurrikulum richtet sich nach den geforderten Inhalten und den Stufenkonzepten der WHO, DEGUM und EFSUMB. Es berücksichtigt Anatomie, sonographische Anatomie und Physiologie. Standarduntersuchungen und Anlotungspunkte der Lungensonographie. Ebenso ist die Darstellung der Trachea gelehrt worden. Erkrankungen von Notfall- und Intensivpatienten, die ultraschallgestützte Punktionen und die sonographischen Algorithmen zur Untersuchung von Thorax, Trachea und Lunge sind ebenfalls besprochen und an Modellen geübt worden.

Der Kurs gliedert sich in theoretische und praktische Lerneinheiten. Die Teilnehmer haben theoretischen Unterricht und zwei praktische Hands-on-Trainingseinheiten erhalten. Hier konnten innerhalb eines zyklischen

Lernsystems mit durchschnittlich 6 Stationen zu je 10 min. die besprochenen Themen praktisch geübt und erlernt werden. Das Verhältnis von Instruktor zu Teilnehmer hat bei 1:2 gelegen.

Um den Kurs evaluieren zu können ist der Lernerfolg von 54 Kursteilnehmern, die an insgesamt 4 Kursen teilgenommen haben, vor und nach dem Kurs in Theorie und Simulation überprüft worden. Nach den Kursen hat ein praktischer Posttest stattgefunden, der ebenfalls evaluiert worden ist.

Hierbei hat sich eine signifikante Verbesserung der Teilnehmer in allen geprüften Abschnitten ergeben. In der Theorie haben sich die Teilnehmer von 58% richtige Antworten auf 84% verbessern können und in der Simulation haben die Teilnehmer nach dem Kurs 80% richtige Antworten erreicht. Im praktischen Posttest konnten 95% richtige Anlotungen erreicht werden.

Das bedeutet, dass THOLUUSE erfolgreich durchgeführt werden konnte und die Teilnehmer die Thorax-, Trachea- und Lungensonographie erlernen und sich im Gegensatz zu den Ausgangswerten signifikant verbessern konnten.

Es konnte gezeigt werden, dass die Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge innerhalb eines eintägigen Kursprogrammes zu erlernen ist.

Abstract

Ultrasonography of thorax, trachea and lung is a very important topic for emergency and intensive care physicians. Ultrasound examination of thorax, trachea and lung was proposed to be easy to learn and to apply with hand-held ultrasound technique. Publications claim that pneumothorax is easy to detect by ultrasound examinations. They also describe that ultrasound guided thoracentesis and percutaneous dilatational tracheostomy are safer.

The problem was, no training method was available so far. Therefore THOLUUSE was developed. It was speculated, whether trainees could learn ultrasound of thorax, trachea and lung within a one day practical course.

To determine if this training concept can enhance theoretical knowledge and recognition of thoracic, tracheal and lung ultrasound examinations and its physiological and pathological artifacts, THOLUUSE was evaluated. Also interpretation of physiological and disease related findings regarding pleural effusion and pneumothorax and performance of focused ultrasound examinations was tested.

This was a prospective, observational and educational study. THOLUUSE includes within a 5 hours program six lectures, 10 minutes each in physiology, anatomy, sonoanatomy and pathology of thorax, trachea and lung in normal and ventilated patients as well as case presentations.

Additionally two one-hour hands-on-trainings were applied using a rotating learning system with an instructor to trainee ratio of 1:2. Instructors had sufficient ultrasound experience. Each station was well defined: Hands-on 1 included teaching of twelve major artifacts (cutis/subcutis, pleural line, lung sliding, comet tail artifact, bone/rib/cartilage/sternum, rib shadow, cricoid, trachea, air, fluid, muscle, vessels) in healthy models. Hands-on 2 included further training in the ultrasound-examination-sequences of pleural-effusions and pneumothorax.

Trainees had to pass in a pre-and post-test examination. First a twenty item multiple choice questionnaire and a virtual test with fifteen defined film clips in B- or M-Mode of 10 seconds duration each, all especially developed for THOLUUSE. Furthermore at the end of second hands-on-training, participants had to complete a practical post-examination in which they had to demonstrate their ultrasound-examination skills of 16 views, which were evaluated by the instructors. The impact of THOLUUSE on the theoretical and practical performance in USE and recognition and interpretation had been tested. 54 Trainees of different populations, mainly ultrasound novices were included into the protocol.

Score of correct MCQ answers changed from 58% (pre-course) to 84% (post-course). Outcome of simulation-test was also 80% correct answers after training. The result of the practical post-examination in n=44 trainees was 95%:

Consequently THOLUUSE significantly improved ultrasound examination skills to detect physiological thorax, trachea, and lung ultrasound artifacts, theoretical knowledge as well as the recognition and interpretation of pleural-effusion or pneumothorax related findings.

Literaturverzeichnis

- (1) Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. Crit Care Med 2007; 35(5 Suppl):S250-S261.
- (2) Rantanen N. Diseases of the Thorax. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice 1986; 2(1):49-66.
- (3) Breitzkreutz R, Walcher F, Seeger FH. Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: concept of an advanced life support-conformed algorithm. Crit Care Med 2007; 35(5 Suppl):S150-S161.
- (4) Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB 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):288-295.
- (5) Knudtson JL, Dort JM, Helmer SD et al. Surgeon-performed ultrasound for pneumothorax in the trauma suite. J Trauma 2004; 56(3):527-530.
- (6) Beckh S, Bolcskei PL, Lessnau KD. Real-time chest ultrasonography: a comprehensive review for the pulmonologist. Chest 2002; 122(5):1759-1773.
- (7) Lichtenstein D, Courret JP. Feasibility of ultrasound in the helicopter. Intensive Care Med 1998; 24(10):1119.
- (8) Mayo PH, Goltz HR, Tafreshi M et al. Safety of ultrasound-guided thoracentesis in patients receiving mechanical ventilation. Chest 2004; 125(3):1059-1062.
- (9) Soldati G, Testa A, Silva FR et al. Chest ultrasonography in lung contusion. Chest 2006; 130(2):533-538.
- (10) Schmitz D, Waydhas C, Nast-Kolb D. Versorgung des Thoraxtraumas. Notfallmedizin up2date 2007; 2:281-296.
- (11) Ball CG, Kirkpatrick AW, Laupland KB et al. Incidence, risk factors, and outcomes for occult pneumothoraces in victims of major trauma. J Trauma 2005; 59(4):917-924.
- (12) Breitzkreutz R, Seeger F, Grau T, Steigerwald M. Sonographie von Pleura und Lunge in der Intensivmedizin. In: Grau T, editor. Ultraschall in der Anästhesie und Intensivmedizin. Bochum: Deutscher Ärzte-Verlag, 2007: 195-207.
- (13) Walcher F, Brenner F, Nieuwkamp N et al. Prehospital ultrasound: Perspectives from four countries: Germany. In: Emergency Ultrasound, Ma OJ, Matteer JR, Blaivas M, eds., 2nd edition, 2008, McGraw Hill, NY, Chapter 4, 65-76
- (14) Walcher F, Weinlich M, Conrad G et al. Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma. Br J Surg 2006; 93(2):238-242.
- (15) Kirkpatrick AW, Simons RK, Brown R et al. The hand-held FAST: experience with hand-held trauma sonography in a level-I urban trauma center. Injury 2002; 33(4):303-308.

-THOLUUSE-
Literaturverzeichnis

- (16) Neri L, Storti E, Lichtenstein D. Toward an ultrasound curriculum for critical care medicine. *Crit Care Med* 2007; 35(5 Suppl):S290-S304.
- (17) Sustic A, Kovac D, Zgaljardic Z et al. Ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy: a safe method to avoid cranial misplacement of the tracheostomy tube. *Intensive Care Med* 2000; 26(9):1379-1381.
- (18) Sustic A, Zupan Z, Antoncic I. Ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy with laryngeal mask airway control in a morbidly obese patient. *J Clin Anesth* 2004; 16(2):121-123.
- (19) Sustic A. Role of ultrasound in the airway management of critically ill patients. *Crit Care Med* 2007; 35(5 Suppl):S173-S177.
- (20) Sustic A, Zupan Z, Eskinja N et al. Ultrasonographically guided percutaneous dilatational tracheostomy after anterior cervical spine fixation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999; 43(10):1078-1080.
- (21) Lichtenstein DA, Meziere G, Lascols N et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit Care Med* 2005; 33(6):1231-1238.
- (22) Reissig A, Kroegel C. Accuracy of transthoracic sonography in excluding post-interventional pneumothorax and hydropneumothorax. Comparison to chest radiography. *Eur J Radiol* 2005; 53(3):463-470.
- (23) Sargsyan AE, Hamilton DR, Nicolaou S et al. Ultrasound evaluation of the magnitude of pneumothorax: a new concept. *Am Surg* 2001; 67(3):232-235.
- (24) Wernecke K, Galanski M, Peters PE et al. Pneumothorax: evaluation by ultrasound--preliminary results. *J Thorac Imaging* 1987; 2(2):76-78.
- (25) Lichtenstein DA, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. *Chest* 1995; 108(5):1345-1348.
- (26) Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P et al. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med* 1999; 25(4):383-388.
- (27) Doelken P, Strange C. Chest ultrasound for "Dummies". *Chest* 2003; 123(2):332-333.
- (28) Avruch L, Cooperberg PL. The ring-down artifact. *J Ultrasound Med* 1985; 4(1):21-28.
- (29) Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P et al. The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med* 2000; 26(10):1434-1440.
- (30) Garofalo G, Busso M, Perotto F et al. Ultrasound diagnosis of pneumothorax. *Radiol Med (Torino)* 2006; 111(4):516-525.
- (31) Dulchavsky SA, Schwarz KL, Kirkpatrick AW et al. Prospective evaluation of thoracic ultrasound in the detection of pneumothorax. *J Trauma* 2001; 50(2):201-205.

-THOLUUSE-
Literaturverzeichnis

- (32) Dietrich C F, Braden B, Wagner T O F. Thorax- und Lungensonographie. Deutsches Ärzteblatt 2001; 98(3):103-110.
- (33) Mathis G. Thoraxsonography--Part I: Chest wall and pleura. Ultrasound Med Biol 1997; 23(8):1131-1139.
- (34) Mathis G. [Thoraxsonography--part 2--Subpleural lung lesions]. Schweiz Rundsch Med Prax 2004; 93(17):719-724.
- (35) Harden RM, Stevenson M, Downie WW et al. Assessment of clinical competence using objective structured examination. Br Med J 1975; 1(5955):447-451.
- (36) Harden RM, Gleeson FA. Assessment of clinical competence using an objective structured clinical examination (OSCE). Med Educ 1979; 13(1):41-54.
- (37) Sweller J. Cognitive Load Theory, learning difficulty, and instructional design. Learning and Instruction. 1994.
- (38) Sisley AC, Johnson SB, Erickson W et al. Use of an Objective Structured Clinical Examination (OSCE) for the assessment of physician performance in the ultrasound evaluation of trauma. J Trauma 1999; 47(4):627-631.
- (39) Faculty of Clinical Radiology, Royal College of Radiologists. Ultrasound Training Recommendation for Medical and Surgical Specialities. 2005. <http://www.rcr.ac.uk>, Zugriff am 10.10.2008
- (40) WHO Study Group. Training in diagnostic ultrasound: essentials, principles and standards. 1998.
- (41) European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology. Minimum training recommendations for the practice of medical ultrasound. 2005.
- (42) DEGUM. DEGUM Mehrstufenkonzept. 2008. <http://www.degum.de>, Zugriff am 01.04.2009
- (43) Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P et al. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. Am J Respir Crit Care Med 1997; 156(5):1640-1646.
- (44) Lichtenstein DA, Lascols N, Prin S et al. The "lung pulse": an early ultrasound sign of complete atelectasis. Intensive Care Med 2003; 29(12):2187-2192.
- (45) AG Notfallsonographie. <http://www.finest-online.org/content/view/32/89/>, Zugriff am 01.04.2009.
- (46) <http://www.wikipedia.org/wiki/tachioskop/>, Zugriff am 01.05.2009.
- (47) European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology, Minimum training requirements for the practice of medical ultrasound in Europe. 2008.
- (48) Bedetti G, Gargani L, Corbisiero A et al. Evaluation of ultrasound lung comets by hand-held echocardiography. Cardiovasc Ultrasound 2006; 4:34.

-THOLUUSE-
Literaturverzeichnis

- (49) Blaivas M, Kirkpatrick A, Sustic A. Future directions and conclusions. Crit Care Med 2007; 35(5 Suppl):S305-S307.
- (50) Dulchavsky SA, Hamilton DR, Diebel LN et al. Thoracic ultrasound diagnosis of pneumothorax. J Trauma 1999; 47(5):970-971.
- (51) Heidecker J, Huggins JT, Sahn SA et al. Pathophysiology of pneumothorax following ultrasound-guided thoracentesis. Chest 2006; 130(4):1173-1184.
- (52) Langlois SP. Focused ultrasound training for clinicians. Crit Care Med 2007; 35(5 Suppl):S138-S143.
- (53) Lichtenstein D, Meziere G. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure. Chest 2008; 134:117-125.
- (54) Diacon AH, Brutsche MH, Soler M. Accuracy of pleural puncture sites: a prospective comparison of clinical examination with ultrasound. Chest 2003; 123(2):436-441.
- (55) Lichtenstein D, Hulot JS, Rabiller A et al. Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. Intensive Care Med 1999; 25(9):955-958.
- (56) Lichtenstein D, Peyrouset O. Is lung ultrasound superior to CT? The example of a CT occult necrotizing pneumonia. Intensive Care Med 2006; 32(2):334-335.
- (57) <http://www.bluephantom.com>, Zugriff 01.01.09

Abkürzungsverzeichnis

a.p.	anterior-posterior
Anästh.	Anästhesisten
ALS	Advanced Life Support
CI	Confidenz Intervall
CT	Computer Tomographie
DD	Differentialdiagnose
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
eFAST	extended FAST
EFSUMB	European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology
FAST	F ocused A bdominal S onography for T rauma
FEEL	F okussierte E chokardiographische E valuation bei L ife Support/ Reanimation
HOT	Hands-on-Training
ICU	Intensive care unit
LÄK	Landesärztekammer
MCQ	Multiple Choice Question
MW	Mittelwert
OSCE	Objective Structured clinical examination
PC	Percent Change
PEEP	Positive endexpiratory pressure
pFAST	prehospital FAST
PI-E	Pleuraerguss
Post	Posttest
Pre	Pretest
PTX	Pneumothorax
RCR	Royal College of Radiologists
SM	Schrittmacher
THOLUUSE	Thorax-, Trachea- und Lungensonographie in der Intensiv- und Notfallmedizin (T horax- Trachea and L ung U ltrasound in E mergency and Critical Care Medicie)
TN	Teilnehmer
V.	Vena
V.a.	Verdacht auf
v.a.	vor allem
WHO	World Health Organisation
ZVK	Zentralvenöser Katheter

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Vorgehen bei der Sonographie eines Pleuraergusses</i>	27
<i>Abbildung 2: Vorgehen bei der Sonographie eines Pneumothorax</i>	28
<i>Abbildung 3: Algorithmus zur Analyse von Lungenbewegungen</i>	29
<i>Abbildung 4: Anlotungspunkte bei Verdacht auf Aszites</i>	30
<i>Abbildung 5: Rotationsplan der Hands-on-Training-Stationen</i>	34
<i>Abbildung 6: Verwendete Ultraschallgeräte:</i>	42
<i>Abbildung 7: Ultraschallmodell zur Artefakterkennung</i>	43
<i>Abbildung 8: Punktionsmodell mit sichtbarer Punktionsnadel</i>	45
<i>Abbildung 9: Blue Phantom</i>	46
<i>Abbildung 10: Gesamtergebnis MCQ-Testat vor und nach dem Kurs</i>	57
<i>Abbildung 11: MCQ-Ergebnisse des Pre- und Posttests nach Fachrichtungen der TN</i>	59
<i>Abbildung 12: MCQs aufgeschlüsselt nach Vorkenntnissen der Teilnehmer.</i>	60
<i>Abbildung 13: MCQ Aufschlüsselung nach Themengebieten</i>	61
<i>Abbildung 14: Gesamtergebnis Simulationstest vor und nach dem Kurs</i>	63
<i>Abbildung 15: Ergebnisse des Simulationstests nach Fachrichtungen</i>	64
<i>Abbildung 16: Simulationstest nach Vorkenntnissen der Teilnehmer</i>	65
<i>Abbildung 17: Ergebnisse des Simulationstests nach Themengebieten</i>	67
<i>Abbildung 18: Vergleich zwischen Multiple-Choice Aufgaben und Simulationstest</i>	68
<i>Abbildung 19: Kumulatives Ergebnis des praktischen Posttests</i>	69
<i>Abbildung 20: Ergebnisse des praktischen Posttests nach Themengebieten</i>	71

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Meilensteine der Entwicklung</i>	11
<i>Tabelle 2: Wissenschaftliche Kooperationspartner</i>	13
<i>Tabelle 3: Stufeneinteilung nach DEGUM³⁹, EFSUMB³⁸, WHO³⁷</i>	14
<i>Tabelle 4: Lerninhalte der theoretischen Ausbildung</i>	15
<i>Tabelle 5: Primärdiagnostik bei Verdacht auf Pneumothorax</i>	20
<i>Tabelle 6: Sonographische Artefakte und Phänomene des Pneumothorax im B-Mode</i>	20
<i>Tabelle 7: Sonographische Artefakte und Phänomene des Pneumothorax im M-Mode</i>	21
<i>Tabelle 8: Sonographische Artefakte und Phänomene verschiedener Pathologien</i>	23
<i>Tabelle 9: Indikationen zur Thoraxsonographie in der Intensivmedizin¹²</i>	25
<i>Tabelle 10: Stationen des 1 Hands-on-Trainings</i>	35
<i>Tabelle 11: Stationen des 2. Hands-on-Trainings</i>	36
<i>Tabelle 12: Beispiel Kostenkalkulation</i>	38
<i>Tabelle 13: Teilnehmer nach Fachrichtungen</i>	39
<i>Tabelle 14: Instruktoren nach Fachrichtungen</i>	40
<i>Tabelle 15: Inhalte des Sonographiemodells zur Artefakterkennung</i>	44
<i>Tabelle 16: Zeitliche Einteilung des Kurses und Inhalt der Präsentationen.</i>	47
<i>Tabelle 17: Lernziele der "virtuellen Station" innerhalb der beiden Hands-on-Trainings</i>	49
<i>Tabelle 18: Statistik zu MCQ nach Fachrichtungen</i>	58
<i>Tabelle 19: Anzahl der MCQ-Fragen nach Themengebieten</i>	61
<i>Tabelle 20: MCQ Statistische Auswertung nach Themengebieten</i>	62
<i>Tabelle 21: Statistische Auswertung des Simulationstests nach Fachrichtung</i>	64
<i>Tabelle 22: Anzahl der Simulationen nach Thema</i>	66
<i>Tabelle 23: Statistische Auswertung des Simulationstests nach Themengebieten</i>	67
<i>Tabelle 24: Statistische Auswertung des praktischen Posttests</i>	70
<i>Tabelle 25: Ergebnisse des praktischen Posttests nach kumulativer Teilnehmerleistung</i>	72
<i>Tabelle 26: Subjektive Evaluation der Teilnehmer, Mittelwerte der Schulnoten</i>	73
<i>Tabelle A1: MCQ Ergebnisse der Studenten, Pretest</i>	99
<i>Tabelle A2: : MCQ Ergebnisse der Studenten, Posttest</i>	100
<i>Tabelle A3: Tabelle MCQ-Ergebnisse der Anästhesisten, Pretest</i>	101
<i>Tabelle A4: MCQ Ergebnisse der Anästhesisten, Posttest</i>	101
<i>Tabelle A5: Tabelle MCQ-Ergebnisse der Unfallchirurgen, Pretest</i>	102
<i>Tabelle A6: Tabelle MCQ-Ergebnisse der Unfallchirurgen, Posttest</i>	102
<i>Tabelle A7: MCQ-Ergebnisse der Anästhesisten BWK, Pretest</i>	103
<i>Tabelle A8: MCQ-Ergebnisse der Anästhesisten BWK, Posttest</i>	103
<i>Tabelle A9: Simulationsergebnisse der Studenten, Pretest</i>	104
<i>Tabelle A10: Simulationsergebnisse der Studenten, Posttest</i>	104
<i>Tabelle A11: Simulationsergebnisse der Anästhesisten, Pretest</i>	105
<i>Tabelle A12: Simulationsergebnisse der Anästhesisten, Posttest</i>	105
<i>Tabelle A13: Simulationstest der Unfallchirurgen, Pretest</i>	106
<i>Tabelle A14: Simulationstest der Unfallchirurgen, Posttest</i>	106
<i>Tabelle A15: Simultaionstest der Bundeswehrkrankenhaus-Anästhesisten, Pretest</i>	107
<i>Tabelle A16: Simultaionstest der Bundeswehrkrankenhaus-Anästhesisten, Posttest</i>	107
<i>Tabelle A17: Ergebnis des praktischen Posttests, Kurs 2</i>	108

-THOLUUSE-
Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle A18: Ergebnisse des praktischen Posttests, Kurs 3</i>	109
<i>Tabelle A19: Ergebnisse des praktischen Posttest, Kurs 4</i>	110

Anhang

MCQ-Testergebnisse

Tabelle A1: MCQ Ergebnisse der Studenten, Pretest

MCQ-Test/Frage Nr.	Teilnehmer Nummer:														Gesamt/ Frage
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1. Wie kann man im M-Mode Bild Pneumothorax ausschließen?	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
2. Welche Lungenerkrankungen kann man mit Sonographie nachweisen? Welche Antwort ist falsch?	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	10
3. Welches Zeichen hat die höchste Spezifität für den sonographischen Ausschluss eines Pneumothorax?	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	5
4. Ein Pleuraeruss	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	5
5. (Bildfrage) Sie loten in der mittleren Axillarlinie rechts, in Höhe des Zwerchfells an. Welche Struktur bezeichnet der Pfeil auf dem nachstehenden Bild?	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	11
6. Ein Pneumothorax	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	8
7. (Bildfrage) Wie nennt man die mit den Pfeilen markierten vertikalen Artefakte?	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	9
8. In der Lungensonographie beim Gesunden kann man die beiden Blätter der Pleura parietalis und visceralis	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	6
9. Der „Lungenpunkt“ ist:	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
10. Welche Antwort trifft am <i>ehesten nicht</i> zu: Eine Indikation für die regelmäßige Sonographie von Pleura und Lunge in der Intensivmedizin ist:	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
11. Einen Pneumothorax kann man gut erkennen im	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	9
12. (Bildfrage) Welcher Buchstabe (=Antwortmöglichkeit) der Abbildung bezeichnet die Leber?	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
13. (Bildfrage) Welche Bedeutung hat die hier markierte Linie? Sie grenzt ab:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3

-THOLUUSE-

Anhang

14. (Bildfrage) Welcher Artefakt ist hier zu erkennen?	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
15. Was bedeutet der Nachweis eines „Kometschweifartefaktes“ in der Lungensonographie?	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	4
16. Welche Probleme können bei einer zeitkritischen Lungensonographie auftreten? Welche Antwort ist falsch?	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	9
17. Was ist bei einem Pleuraerguss des Intensivpatienten besonders zu beachten? Welche Antwort ist richtig?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	13
18. Atelektasen	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	11
19. (Bildfrage) Welcher Buchstabe bezeichnet Aszites?	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	12
20. Als „Lung Pulse“ bezeichnet man	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	7
Gesamtpunkte TN	9	7	11	14	14	9	13	11	12	12	10	10	14	11	MW= 11,22 = 56%

Tabelle A2: : MCQ Ergebnisse der Studenten, Posttest

MCQ-Test Frage Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Gesamt/ Frage
1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	8
2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	13
3	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	7
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
5	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
6	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
9	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	10
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
13	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	10
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	13
16	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	12
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
18	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	7
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	13
20	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	7
Gesamt TN	15	15	18	18	17	18	14	16	15	15	14	17	16	17	MW= 16,07 = 80%

-THOLUUSE-

Anhang

Tabelle A3: Tabelle MCQ-Ergebnisse der Anästhesisten, Pretest

MCQ-Test Frage Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Gesamt/ Frage
1.	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4
2.	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
3.	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	6
4.	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	9
5.	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	8
6.	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	5
7.	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	11
8.	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	7
9.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10.	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	7
11.	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	13
12.	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	15
13.	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	5
14.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	14
15.	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3
16.	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	12
17.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	15
18.	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	13
19.	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15
20.	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Gesamt TN	13	12	10	12	12	9	12	13	15	9	4	10	10	13	10	14	5	MW= 10,76 = 54%

Tabelle A4: MCQ Ergebnisse der Anästhesisten, Posttest

MCQ-Test Frage Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Gesamt/ Frage
1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	13
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	12
4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
5	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	15
9	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	14
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
13	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	12
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	16
16	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	16
18	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	13
19	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14
20	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	8
Gesamt TN	19	16	17	15	18	18	16	15	18	20	14	18	17	18	16	16	12	MW= 16,65 = 83%

-THOLUUSE-

Anhang

Tabelle A5: Tabelle MCQ-Ergebnisse der Unfallchirurgen, Pretest

MCQ-Test Frage Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	Gesamt/ Frage
1.	1	0	0	0	1	0	0	0	2
2.	1	0	0	1	1	1	0	1	5
3.	0	0	0	0	1	1	1	1	4
4.	1	1	0	1	0	0	1	0	4
5.	1	1	1	1	1	0	0	1	6
6.	0	1	1	1	0	1	0	0	4
7.	1	1	1	1	1	1	0	1	7
8.	1	1	1	1	0	0	0	0	4
9.	1	0	0	0	0	1	0	0	2
10.	1	1	0	0	0	0	0	0	2
11.	0	1	0	1	0	0	0	1	3
12.	1	1	1	1	1	1	1	1	8
13.	1	0	0	0	0	1	0	1	3
14.	1	1	1	0	1	0	1	1	6
15.	0	0	1	1	1	0	0	0	3
16.	1	1	1	1	1	0	0	1	6
17.	1	1	1	1	1	1	1	1	8
18.	1	1	1	0	1	1	1	1	7
19.	1	1	1	1	0	0	0	1	5
20.	1	0	1	1	1	0	1	0	5
Gesamt TN	16	13	12	13	12	9	7	12	MW= 11,75 =59 %

Tabelle A6: Tabelle MCQ-Ergebnisse der Unfallchirurgen, Posttest

MCQ-Test Frage Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	Gesamt
1	0	1	0	1	1	1	1	1	6
2	1	1	1	1	1	1	1	1	8
3	0	1	0	0	1	0	0	1	3
4	1	0	1	1	1	1	1	1	7
5	1	1	1	1	1	1	1	1	8
6	1	1	1	1	1	1	1	1	8
7	1	1	1	1	1	1	1	1	8
8	1	1	1	1	1	1	1	1	8
9	1	0	1	1	1	1	0	1	6
10	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11	1	1	0	1	1	1	1	1	7
12	1	1	1	1	1	1	1	1	8
13	1	1	1	1	1	1	0	1	7
14	1	1	0	1	1	1	1	1	7
15	1	1	1	1	1	1	1	1	8
16	1	0	1	1	1	1	1	1	7
17	1	1	1	1	1	1	1	1	8
18	1	0	1	0	1	1	1	1	6
19	1	1	1	1	1	1	0	1	7
20	1	1	1	1	0	0	1	1	6
Gesamt:	17	15	16	17	18	17	15	19	MW= 16,75 = 84%

-THOLUUSE-

Anhang

Tabelle A7: MCQ-Ergebnisse der Anästhesisten BWK, Pretest

MCQ-Test Frage Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Gesamt/ Frage
1.	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	7
2.	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	10
3.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
4.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
5.	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	9
6.	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	6
7.	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	12
8.	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	12
9.	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	9
10.	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	7
11.	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	7
12.	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	11
13.	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	12
14.	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	8
15.	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	12
16.	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	11
17.	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	11
18.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	14
19.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
20.	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	10
Gesamt TN	16	14	14	9	11	16	6	12	12	13	13	16	10	14	13	11	MW=12,5 =62,5%

Tabelle A8: MCQ-Ergebnisse der Anästhesisten BWK, Posttest

MCQ-Test Frage Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Gesamt/ Frage
1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	TN nahm nicht am Posttest teil	9
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15
3	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1		8
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15
6	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1		13
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15
8	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1		12
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15
10	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0		7
11	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		14
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15
13	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		13
14	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		14
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15
17	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1		13
18	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		14
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15
20	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1		13
Gesamt TN	19	16	17	19	16	17	18	18	17	17	17	19	18	18	19	MW= 17,67 =88%	

Gesamtpunktzahl der einzelnen Teilnehmer, sowie der einzelnen Fragen im Pretest

1 = richtige Antwort, 0 = falsche Antwort, TN = Teilnehmer, MW = Mittelwert

Simulatonstest Ergebnisse

Tabelle A9: Simulationsergebnisse der Studenten, Pretest

Sim.Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Gesamt Sim.
1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	8
2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
5	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	4
6	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	8
7	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	6
8	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	7
9	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	5
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
11	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	8
12	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	8
13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
14	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	9
15	1		0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3
Gesamt TN	6	6	11	10	9	9	8	10	4	9	8	8	7	6	MW= 7,93 =53%

Tabelle A10: Simulationsergebnisse der Studenten, Posttest

Sim.Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Gesamt Sim.
1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	5
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
3	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
4	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	8
5	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	6
6	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	10
7	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	7
8	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	7
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
11	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
12	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
13	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
15	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	8
Gesamt TN	9	9	13	12	12	12	10	12	12	13	10	12	13	14	MW= 11,64 =78%

-THOLUUSE-

Anhang

Tabelle A11: Simulationsergebnisse der Anästhesisten, Pretest

Sim.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Gesamt Sim.
1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	13
2	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	13
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	3
4	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	7
5	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	9
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	4
7	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	13
8	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
9	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	8
10	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	11
11	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	5
12	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	9
13	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5
14	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	11
15	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	11
Gesamt																		MW=7,4
TN	6	10	6	4	10	9	5	11	12	8	5	7	2	8	5	12	6	=49%

Tabelle A12: Simulationsergebnisse der Anästhesisten, Posttest

Sim.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11)	12	13	14	15	16	17	Gesamt Sim.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	11
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16
3	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	11
4	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
5	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1		1	9
6	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	13
7	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	12
8	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	12
9	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	16
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	16
12	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	12
13	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
14	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	15
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	15
Gesamt																		MW=10,94
TN	10	15	11	12	10	8	8	14	13	9	11	11	12	11	11	13	7	=73%

Tabelle A13: Simulationstest der Unfallchirurgen, Pretest

Sim.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	Gesamt Sim.
1	1	1	0	1	1	1	1	1	7
2	1	0	0	1	1	1	1	1	6
3	1	0	0	0	1	0	1	0	3
4	1	1	0	1	0	0	1	0	4
5	1	0	1	1	1	1	1	1	7
6	1	1	1	1	0	0	0	1	5
7	1	0	1	1	0	0	1	1	5
8	1	0	0	0	0	1	0	1	3
9	0	1	0	1	0	1	0	1	4
10	1	1	1	0	1	0	0	1	5
11	1	0	1	1	0	0	0	0	3
12	1	1	1	1	0	0	1	0	5
13	1	1	1	0	0	1	0	0	4
14	1	1	0	1	1	0	1	1	6
15	1	1	1	1	1	0	1	0	6
Gesamt TN	14	9	8	11	7	6	9	9	MW=9,13 =61%

Tabelle A14: Simulationstest der Unfallchirurgen, Posttest

Sim.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	Gesamt Sim.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
2	1	1	1	1	1	1	1	1	8
3	0	1	1	0	0	1	1	1	5
4	1	1	1	0	0	1	1	1	6
5	1	1	1	1	1	0	1	1	7
6	1	1	1	1	1	1	1	1	8
7	1	0	1	1	1	1	1	1	7
8	1	1	1	0	0	1	1	1	6
9	1	1	1	1	1	1	1	1	8
10	1	0	1	1	1	1	1	1	7
11	1	1	1	1	1	1	1	1	8
12	1	0	1	1	1	1	1	1	7
13	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	8
15	1	1	1	1	1	1	0	1	7
Gesamt TN	13	11	15	11	11	13	13	14	MW=12,63 =84%

Tabelle A15: Simultaionstest der Bundeswehrkrankenhaus-Anästhesisten, Pretest

Sim.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Gesamt Sim.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
3	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
4	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	10
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
6	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	10
7	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	11
8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	5
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	13
10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
11	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
12	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	11
13	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	7
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14
15	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	12
Gesamt																MW=10,27
TN	13	12	9	9	9	7	11	12	9	9	11	10	12	12	9	=68%

Tabelle A16: Simultaionstest der Bundeswehrkrankenhaus-Anästhesisten, Posttest

Sim.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	F2	G1	G2	H1	Gesamt Sim.
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	TN nahm nicht am Posttest teil	14
2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1		13
3	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1		13
4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		6
5	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0		13
6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1		7
7	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1		12
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		8
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		14
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		14
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		14
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		14
13	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1		13
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		14
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		14
Gesamt																MW=13,07
TN	12	13	12	14	14	12	13	14	12	13	13	13	14	14		=82%

MW= Mittelwert, Sim=Simulation, TN= Teilnehmer

Ergebnisse des praktischen Posttests

Tabelle A17: Ergebnis des praktischen Posttests, Kurs 2

Teilnehmer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Gesamt
Anloten der Trachea:												
Trachea	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Schilddrüse	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Isthmus der Schilddrüse	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10
Zentrale Gefäße	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	10
Richtige Anlotungen	4	4	3	4	2	MW=3,73						
%	100	100	75	100	50	MW=93						
Anloten bei Verdacht auf Pneumothorax												
Cutis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Subcutis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Kometenschweif	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Rippe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Dorsale Schallauslöschung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Pleura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Pleuragleiten	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	10
Reihenfolge PTX	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	5
Richtige Anlotungen	8	8	7	8	7	7	7	6	7	8	8	MW=7,36
%	100	100	88	100	88	88	88	75	88	100	100	MW=92
Anloten bei Verdacht auf Pleuraerguss												
Leber	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	10
Milz	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	9
Zwerchfell	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	8
Reihenfolge PI-E	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	7
Richtige Anlotungen	4	4	4	4	4	3	3	0	2	3	3	MW=3,1
%	100	100	100	100	100	75	75	0	50	75	75	MW=77
Gesamtpunktzahl	16	16	14	16	15	14	14	10	13	15	13	MW=14,2
%	100	100	88	100	94	88	88	63	81	94		MW=89

-THOLUUSE-

Anhang

Tabelle A18: Ergebnisse des praktischen Posttests, Kurs 3

Teilnehmer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Gesamt
Anloten der Trachea:																			
Trachea	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Schilddrüse	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Isthmus der Schilddrüse	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	14
Zentrale Gefäße	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
Richtige Anlotungen	4	4	2	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	MW=3,72
%	100	100	50	100	100	100	75	100	100	100	100	100	75	100	75	100	100	100	MW=93
Anloten bei Verdacht auf Pneumothorax																			
cutis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Subcutis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Kometen-schweif	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Rippe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Dorsale Schallauslöschung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Pleura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Pleuragleiten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Reihenfolge PTX	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	16
Richtige Anlotungen	8	8	8	8	8	8	7	8	6	MW=7,94									
%	100	100	100	100	100	100	88	100	75	MW=99									
Anloten bei Verdacht auf Pleuraerguss																			
Leber	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
Milz	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15
Zwerchfell	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
Reihenfolge PI-E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	17
Richtige Anlotungen	4	1	3	4	2	MW=3,67													
%	100	25	75	100	50	MW=92													
Gesamtpkt.	16	13	13	16	16	16	14	16	16	16	16	16	15	16	15	16	16	12	MW=15,22
%	100	81	81	100	100	100	88	100	100	100	100	100	94	100	94	100	100	75	MW=95

Tabelle A19: Ergebnisse des praktischen Posttest, Kurs 4

Teilnehmer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Gesamt
Anloten der Trachea:																	
Trachea	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Schilddrüse	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Isthmus der Schilddrüse	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Zentrale Gefäße	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	MW=4
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	MW=100
Anloten bei Verdacht auf Pneumothorax																	
Cutis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Subcutis	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
Kometenschweif	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Rippe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Dorsale Schallauslöschung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Pleura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Pleuragleiten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Reihenfolge Pneumothorax	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	MW=7,9
	100	100	100	100	100	100	88	100	100	100	100	100	100	100	100	100	MW=99
Anloten bei Verdacht auf Pleuraerguss																	
Leber	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Milz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Zwerchfell	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Reihenfolgen Pleuraerguss	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Richtige Anlotungen	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	MW=4
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	MW=100
Gesamtpunk	16	16	16	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	MW=15,94
%	100	100	100	100	100	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	MW=100

DEGUM Kurs THOLUUSE Kursprogramm (Beispiel)

Termin: Sa, 19.01.2008

Bundeswehrkrankenhaus Ulm

Anästhesiologie und Intensivmedizin (OST Prof. Dr. L. Lampl) und
Luftrettungsstation Ulm ("Christoph 22", OFA Dr. M. Helm)

14.30h Ankunft, Begrüßung und Kursablauf,
Eingangstestat

***BLOCK I: EINFÜHRUNG UND SONOANATOMIE, FUNKTIONELLE
ANATOMIE DER LUNGE UND DES THORAX***

(Vorsitz: Helm, Rudolph)

15.00h Einführung zum Thema: Wozu Thorax- und
Lungensonographie als Notfalluntersuchung?

15.15h Funktionelle und sonographische Anatomie der
Lunge, Pleura und des Thorax

15.30h Zwei klinische Beispiele

anschließend Diskussion des Block I

16.00h PAUSE

16.10-17.20 h I. Hands-on Training (OSCE basiertes
Training)

**BLOCK II: ÄTIOLOGIE UND PATHOPHYSIOLOGIE DES PLEURAERGUSS
UND PNEUMOTHORAX**

(Vorsitz: Steiger, Hannemann)

17.30h Sonographie des Pleuraerguss: Phänomene/
Artefakte

17.45h Sonographie des Pneumothorax: Phänomene/
Artefakte

17.55h Algorithmus der Lungensonographie für
Notfalluntersuchungen

18.05h Sonographie der Trachea und 2
Falldarstellungen

18.20 – 19.30h

II. Hands-on Training und Praktischer Posttest

(OSCE basiertes Training)

19.30 Abschlusstestat

20.00h – 20.15h Abschlußbesprechung, Kursevaluation,
Ausgabe der Kursbescheinigungen, Ende des Kurses

Ein Projekt der Arbeitsgemeinschaft Notfallsonographie des Klinikums der
Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt/Main in Zusammenarbeit mit dem
Bundeswehrkrankenhaus Ulm.

Das Kurskonzept entspricht dem Training für Intensivmediziner, Level 1 (DEGUM,
WINFOCUS), basic level. Es ist konform mit der aktuellen Entwicklung eines modularen
Trainingsprogramms für „Intensivists“ des WINFOCUS (USCCM), www.winfocus.org.

Multiple Choice Fragebogen und Antwortbogen Simulationstest

(Beispiele)



Notfallsonographie von Thorax, Trachea und Lunge in der Intensiv- und Notfallmedizin (THOLUUSE)

Pretest O Posttest O

Datum: _____

Kürzel: _____

Fachrichtung: _____

Sonographie Vorkenntnisse (bitte Selbsteinschätzung zwischen keine Kenntnisse (0%) und Experte (100%)): _____%

Nur eine Antwort ist richtig!
Bitte Antworten in den Antwortbogen eintragen!

20 Fragen à 60 Sekunden, Gesamtzeit 20 Minuten

Auswertung (nicht vom Teilnehmer auszufüllen)

Ergebnis _____/20 Punkten

Prozentualer Anteil _____%

Ergebnis Pre-Test _____ Punkte _____%

Ergebnis Post-Test _____ Punkte _____%

Verbesserung _____%

Verbesserung: Ja / Nein

Multiple-Choice-Testat

1. Wie kann man im M-Mode Bild einen Pneumothorax ausschließen?

- a) unter der A-Linie befindet sich ein einheitliches, horizontales Muster.
- b) unter der A-Linie befindet sich kein einheitliches Muster, sondern das so genannte „Seashore-sign“.
- c) es ist keine A-Linie vorhanden.
- d) keine Angabe ist richtig.

2. Welche Lungenerkrankungen kann man mit Sonographie nachweisen? Welche Antwort ist falsch?

- a) Atelektase
- b) Pneumothorax
- c) Pneumonisches Infiltrat
- d) COPD

3. Welches Zeichen hat die höchste Spezifität für den sonographischen Ausschluss eines Pneumothorax? Der Nachweis einer/s

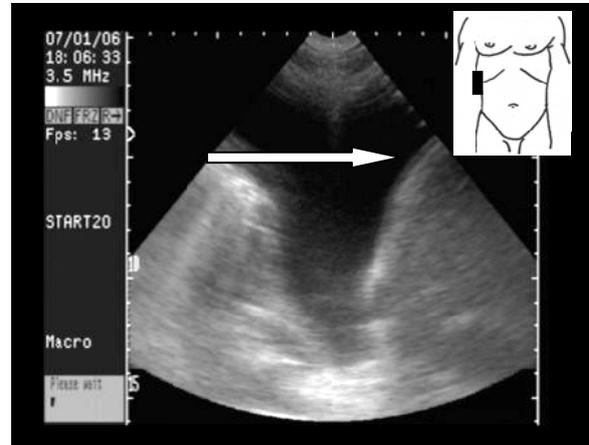
- a) Pleuragleitens (A-Linie)
- b) Kometenschweifartefaktes (B-Linie)
- c) „Lung-Point“
- d) Z-Linie

4. Ein Pleuraerguss

- a) kann in der Sonographie bereits ab 5-10 ml diagnostiziert werden.
- b) kann durch CT und Röntgenaufnahmen ab 5-10 ml diagnostiziert werden.
- c) kann mit Perkussion ab 50 ml detektiert werden.
- d) ist in der Sonographie als helles Artefakt zu erkennen.

5. Sie loten in der mittleren Axillarlinie rechts, in Höhe des Zwerchfells an. Welche Struktur bezeichnet der Pfeil auf dem nachstehenden Bild?

- a) Pneumothorax
- b) Aszites
- c) Pleuraerguss
- d) Pneumonisches Infiltrat

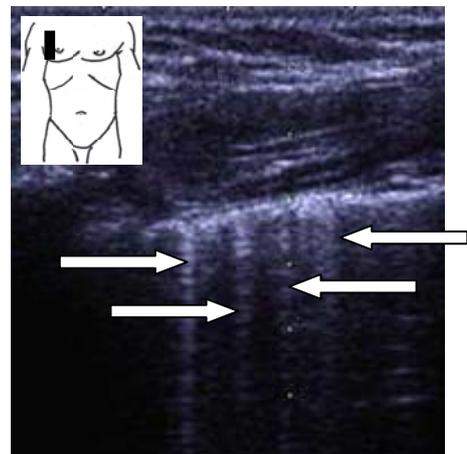


6. Ein Pneumothorax

- a) entsteht atraumatisch.
- b) ist schwer in der Sonographie zu erkennen.
- c) kann durch den Nachweis von Kometenschweifartefakten und Pleuragleiten ausgeschlossen werden.
- d) ist vorhanden, wenn im Ultraschall Kometenschweife zu erkennen sind

7. Wie nennt man die mit den Pfeilen markierten vertikalen Artefakte?

- a) „Seashore-Sign“
- b) Kometenschweif
- c) Sonnenstrahl
- d) „Lung-Point“



8. In der Lungensonographie beim Gesunden kann man die beiden Blätter der Pleura parietalis und visceralis

- a) unterscheiden.
- b) als echoarme Linie identifizieren
- c) als echogene Linie erkennen.
- d) gar nicht sehen.

9. Der „Lungenpunkt“ ist:

- a) nur im M-Mode nachweisbar.
- b) ein eindeutiges Zeichen für einen Pleuraerguss.
- c) nur im B-Mode nachweisbar.
- d) ein eindeutiges Zeichen für einen Pneumothorax.

10. Welche Antwort trifft am *ehesten* nicht zu:

Eine Indikation für die regelmäßige Sonographie von Pleura und Lunge in der Intensivmedizin ist:

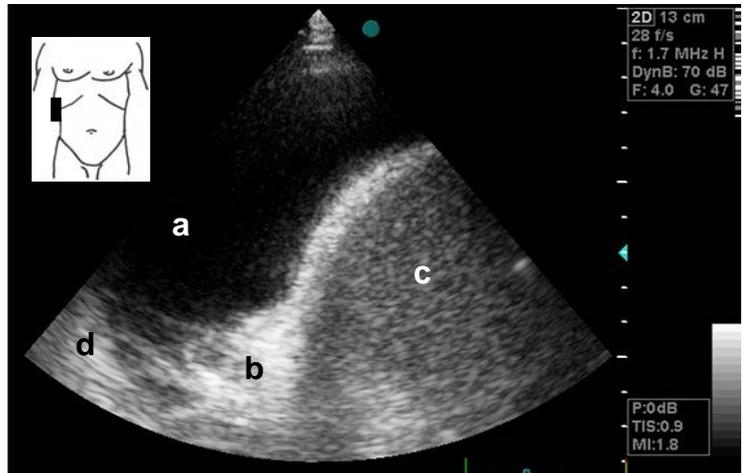
- a) akute Dyspnoe und Verschlechterung der Beatmung.
- b) Volumentherapie.
- c) Pneumonie.
- d) Sepsis / Septischer Schock.

11. Einen Pneumothorax kann man gut erkennen im

- a) A-Mode
- b) M-Mode
- c) C-Mode
- d) 4D Sonographiebild

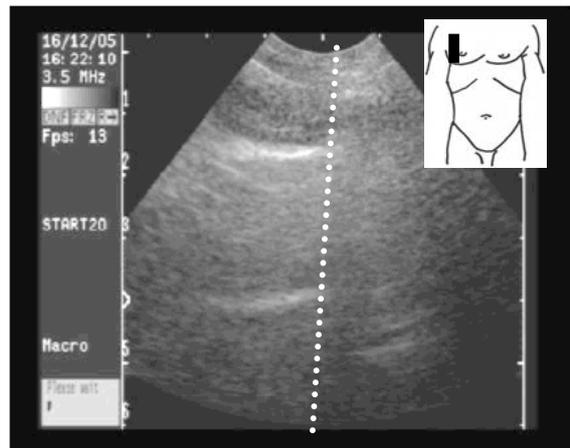
12. Welcher Buchstabe (=Antwortmöglichkeit) der Abbildung bezeichnet die Leber?

- a)
- b)
- c)
- d)



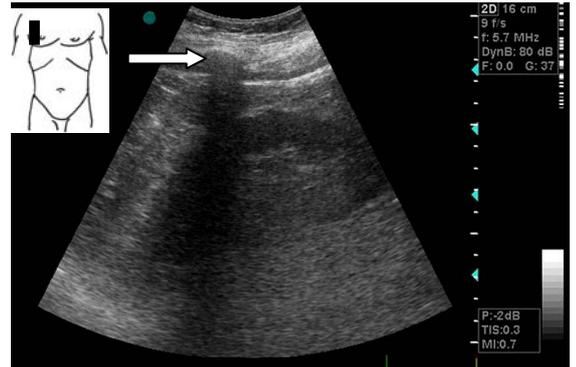
13. Welche Bedeutung hat die hier markierte Linie? Sie grenzt ab:

- a) einen Kometenschweif.
- b) eine A-Linie.
- c) den Lungen-Puls.
- d) einen Lungen-Punkt.



14. Welcher Artefakt ist hier zu erkennen?

- a) Röhreninfiltrat
- b) Rippe mit dorsaler Schallauslöschung
- c) Interkostalnerv
- d) Pflaster und Sternum nach Kardiotomie



15. Was bedeutet der Nachweis eines „Kometenschweifartefaktes“ in der Lungensonographie?

- a) Ein Pneumothorax ist mit hoher Wahrscheinlichkeit (>98%) vorhanden.
- b) Ein Pneumothorax kann mit hoher Wahrscheinlichkeit (>98%) ausgeschlossen werden.
- c) Es kann keine Aussage über das Vorhandensein eines Pneumothorax getroffen werden.
- d) Es bedeutet, daß ein Pleuraerguss vorliegt.

16. Welche Probleme können bei einer zeitkritischen Lungensonographie auftreten? Welche Antwort ist falsch?

- a) Bei der subphrenischen Anlotung kann es zu Verwechslung von abdomineller und intrapleuraler Flüssigkeit kommen.
- b) Bei Anlotung der Medioclavikularlinie ICR 2/3, kann ein Pneumothorax nachgewiesen werden.
- c) Das Herz beeinträchtigt die Lungensonographie auch manchmal in der rechten Thoraxhälfte bei beatmeten Patienten.
- d) Viele horizontale, echoreiche, unbewegliche Linien im M-Mode bedeuten, dass eine gesunde Lunge untersucht wird.

17. Was ist bei einem Pleuraerguss des Intensivpatienten besonders zu beachten? Welche Antwort ist richtig?

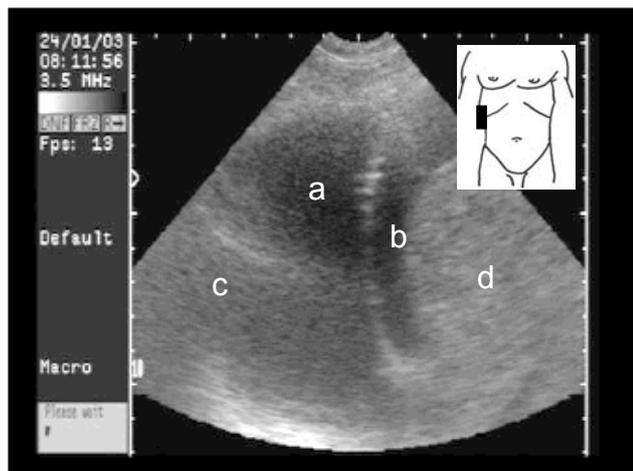
- a) Die Flüssigkeit sammelt sich vor allem dorsal in der Lunge.
- b) Die Flüssigkeit sammelt sich vor allem ventral in der Lunge.
- c) Es ist nichts Besonderes zu beachten.
- d) Bei beatmeten Patienten ist ein Pleuraerguss nicht sonographisch zu detektieren.

18. Atelektasen

- a) entstehen durch Flüssigkeit in der Lunge.
- b) können auch durch Beatmung entstehen.
- c) sind mit dem Ultraschall nicht zu detektieren.
- d) entstehen nie beim Pneumothorax.

19. Welcher Buchstabe bezeichnet Aszites?

- a)
- b)
- c)
- d)



20. Als Lungenpuls „Lung Pulse“ bezeichnet man

- a) die Übertragung der Herzbewegung auf unbelüftetes Lungengewebe beim Pneumothorax.
- b) den pulssynchronen Artefakt, der bei der Lungensonographie im M-Mode gesehen werden kann.
- c) ein Zeichen zur Diagnose eines Pleuraergusses.
- d) Keine Antwort ist richtig.

Auswertungsbogen Filmsequenzen

Es werden nacheinander Filmsequenzen gezeigt, die jeweils einer Pathologie entsprechen. Bitte kreuzen Sie die jeweils zutreffende Pathologie an.

Film-Nr.	Aszites	Gesunde Lunge	Pleuraerguss	Pneumothorax
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Auswertungsbogen
Praktischer Post-Test (Beispiel)

Datum: 13.04.2007

Instruktor: _____

Teilnehmerkürzel: _____

Fachrichtung/Ausbildungsstand: _____

Instruktion:

Bitte prüfen Sie den Teilnehmer folgende Punkte und kreuzen Sie an, ob sie vom Teilnehmer richtig erkannt/benannt wurden.

Die Prüfung soll pro Teilnehmer max. 5-7 Minuten dauern.

Weisen Sie den Teilnehmer darauf hin, dass er das jeweilige Organ anloten soll und die dazugehörigen unten aufgeführten anatomischen Strukturen, Phänomene oder Artefakte benennen soll.

1. Anloten der Trachea:

Bitte abhaken

Anlotungspunkt/Anatomie	<i>Richtig erkannt</i>	<i>Nicht erkannt</i>
Trachea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schilddrüse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Isthmus der Schilddrüse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zentrale Gefäße	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Anloten bei Verdacht auf Pneumothorax:

Bitte abhaken

Anlotungspunkt/ Phänomen/Anatomie erkannt	Richtig erkannt	Nicht
Cutis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subcutis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kometenschweif/B-Linie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rippe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dorsale Schallauslöschung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pleura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pleuragleiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reihenfolge Pneumothorax (Abb.1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Anloten bei Verdacht auf Pleuraerguss

Bitte abhaken

Anlotungspunkt Phänomen/Anatomie erkannt	Richtig erkannt	Nicht
Leber	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Milz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zwerchfell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reihenfolge Pleuraerguss (Abb.2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 1

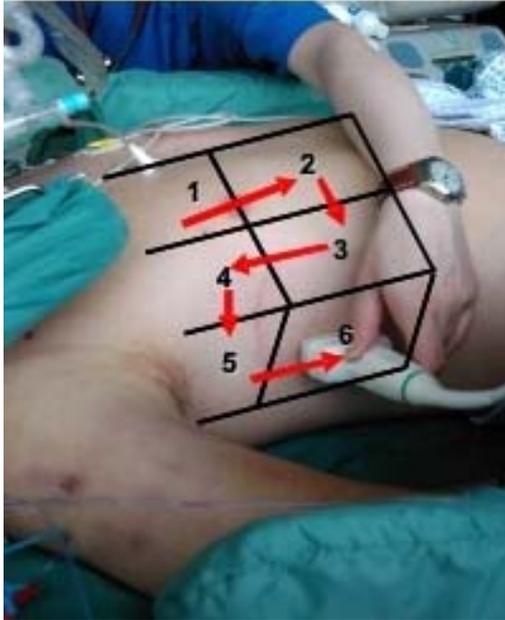


Abbildung 2



Auswertung:

Aufgabe	Punkte
1	
2	
3	
Gesamt	

Evaluation THOLUUSE (Beispiel)

**DEGUM-Kurs zur
Thorax, Trachea und Lungensonographie in der
Intensiv- und Notfallmedizin der AG
Notfallsonographie
18.01.2008**

Bitte vergeben Sie Schulnoten von 1 (= sehr gut/trifft völlig zu)
bis 6 (= ungenügend/trifft nicht zu)

Wir freuen uns über konstruktive Kritik!

Programm- Punkt	1	2	3	4	5	6	Freie Kommentare
Ankunft, Begrüßung, Kursablauf, Grußworte	<input type="radio"/>						
BLOCK I							
Eingangstestat	<input type="radio"/>						
Einführung zum Thema (Hirche)	<input type="radio"/>						
Funktionelle und sonographische Anatomie der Lunge, Pleura und des Thorax (Hirche)	<input type="radio"/>						
Zwei klinische Fallbeispiele (Breitkreutz)	<input type="radio"/>						
I. Hands-on-Training, Normalbefunde bei Probanden	<input type="radio"/>						
BLOCK II							
Sonographie des Pleuraerguss: Phänomene/Artefakte (Scheiermann)	<input type="radio"/>						
Sonographie des Pneumothorax:	<input type="radio"/>						

Phänomene/Artefakte (Breitkreutz)							
Algorithmus der Thorax- und Lungensonographie (Breitkreutz)	<input type="radio"/>						
Sonographie der Trachea (Rudolph)							
Fallbeispiele (Rudolph)							
II. Hands-on-Training	<input type="radio"/>						
Praktischer Posttest	<input type="radio"/>						
Abschlußtestat, Kursevaluation	<input type="radio"/>						
Wissenschaftliche Auswertung eines neuen Kurskonzeptes (Steigerwald)	<input type="radio"/>						

Allgemeines							
	1	2	3	4	5	6	Freie Kommentare
Vor dem Kurs hatte ich bereits Ultraschallkenntnisse?	<input type="radio"/>						
Vor dem Kurs habe ich mich bereits mit der Sonographie von Thorax, Trachea und Lunge beschäftigt/sie bereits durchgeführt?	<input type="radio"/>						
Der Kurs hat meine Erwartungen erfüllt	<input type="radio"/>						
Ich habe viel über die Sonographie des Thorax, der Trachea und Lunge gelernt	<input type="radio"/>						
Gesamtbewertung des Kurses/ Gesamteindruck	<input type="radio"/>						



SEKTION ANAESTHESIOLOGIE

DEGUM · Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin

TEILNAHMEBESCHEINIGUNG

4. Interdisziplinärer Kurs: THOLUUSE

Thorax, Trachea und Lungensonographie in der Intensiv-
und Notfallmedizin.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ULTRASCHALL IN DER
MEDIZIN – DEGUM

Hiermit wird bestätigt, dass

Frau/Herr Dr. med. _____

am 18. Januar 2008 in Ulm,

an dem o.g. Kurs teilgenommen hat. Die Teilnahme an dieser Veranstaltung hat gemäß dem Reglement der DEGUM und unter Federführung der Klinik für Anästhesiologie und der Medizinischen Klinik I, Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main in Zusammenarbeit mit dem Bundeswehrkrankenhaus Ulm, stattgefunden.

Die Kursteilnehmer wurden in 3 theoretischen und 3 praktischen Stunden unterwiesen und unterrichtet. Die theoretischen Lerneinheiten und praktischen Übungen enthielten die Physiologie, Anatomie und Sonoanatomie von Thorax, Trachea und Lunge sowie die Diagnostik von intensivmedizinischen und für Notfalluntersuchungen relevanten Erkrankungen und das Training der dazugehörigen fokussierten Ultraschallverfahren. Weiterhin wurde die Sonographie des Thorax, der Lunge und der Trachea an gesunden Probanden und Patienten, sowie für zeitkritische Szenarien in einem Rotationstraining von durch die DEGUM zertifizierte Instrukturen trainiert.

TO BE
SEALED only BY the DEGUM SEAL

Dr. med. Raoul Breitzkreutz
Dr. med. Tim Hirche
Kursleitung

Priv.-Doz. Dr. med. Thomas Grau
Sektionsleiter Anästhesiologie
DEGUM



Teilnahmebescheinigung

4. DEGUM Kurs der AG Notfallsonographie THOLUUSE

Thorax, Trachea and Lung Ultrasonography
in Emergency and Critical Care Medicine

**Thorax, Trachea und Lungensonographie in Intensiv- und
Notfallmedizin**

am 18.01.08 in Ulm

Dauer: 6 Stunden/eintägig

Herr/Frau Dr. _____

hat mit Erfolg am Kurs teilgenommen.

Veranstalter:

Arbeitsgemeinschaft Notfallsonographie

Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt am Main Christoph 2

Dr. Raoul Breitkreutz

Dr. Tim Hirche

Martina Steigerwald

Kursleitung

Der Kurs wurde von der Landesärztekammer Baden-Württemberg mit 12 Fortbildungspunkten bewertet (Fortbildungsnummer 136069).

-THOLUUSE-

Anhang



Diskussion zur Entwicklung von THOLUUSE mit D. Lichtenstein in Schwetzingen 2006.

Lebenslauf

Martina Steigerwald

Geboren am 05. Februar 1980 in Offenbach am Main

Familienstand: ledig

Staatsbürgerschaft: deutsch

Vater: Norbert Steigerwald, Rentner

Mutter: Herta Steigerwald, Rentnerin

Ausbildung und Studium

1986 – 1990	Grundschule, Goetheschule Mühlheim am Main
1990 – 1998	Friedrich- Ebert-Gymnasium Mühlheim am Main
1998 – 2001	Georg-Kerschensteiner-Schule, Obertshausen, berufliches Gymnasium, Fachrichtung Ernährungswissenschaften
06/01	Abitur (Note 1,5)
09/01	Beginn des Studiums der Humanmedizin, Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt am Main
08/03 – 02/04	Ausbildung zur Rettungssanitäterin, DRK- Rettungsdienstschule Mainz; Klinikpraktika und Rettungsdiensterfahrung (Note 1)
09/04	Bestandener erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung (vormals Physikum, Note 3)
08/07 – 07/08	Praktisches Jahr im Klinikum Offenbach GmbH, in Chirurgie, Innere Medizin und Wahlfach Anästhesie
11/08	Bestandener zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung (Note 2,5)
20.11.2008	Erhalt der Approbation als Ärztin

Beruf

02/09 bis 09/09	Assistenzärztin, Fachrichtung Orthopädie und Unfallchirurgie, Klinikum Aschaffenburg
Seit 10/09	Assistenzärztin, Fachrichtung Anästhesie und Intensivmedizin, Klinikum Aschaffenburg

Promotion und wissenschaftliche Arbeit

Seit 05/06	Arbeit an der Promotion zum Thema: THOLUUSE - Thorax-, Trachea- und Lungensonographie in der Intensiv- und Notfallmedizin, Kursentwicklung und Evaluation. Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin und Schmerztherapie des Klinikums der J.W. Goethe Universität Frankfurt
2006 – 2007	Kursmitarbeit und Organisation DEGUM und LÄKH zertifizierter Ultraschallkurse in der Notfallmedizin
2007	Mitarbeit an dem Buch Ultraschall in der Anästhesie und Intensivmedizin, Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik, Hrsg. T.Grau, Deutscher Ärzteverlag
05/07	Präsentation von THOLUUSE auf dem „3.WCU – World Congress of Ultrasound in Emergency and Critical Care Medicine“, Paris/Frankreich und Auszeichnung mit dem Patrick Sauval Award für die beste wissenschaftliche Präsentation
08/07	Poster von THOLUUSE und Studienergebnissen auf dem HAI – Hauptstadtkongress für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Berlin
10/07	Vorstellung (Vortrag) von THOLUUSE und Studienergebnissen, EFSUMB/Euroson-Kongress, Leipzig
06/08 – 10/08	Mitarbeit am wissenschaftlichen Projekt: OSCE- Eine objektive Prüfungsform? Poster bei der Jahrestagung der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung (GMA) 10/08, Greifswald

Aschaffenburg, den 05.01.2010

Martina Steigerwald

Danksagung

PD Dr. med. Raoul Breitzkreutz danke ich für die Überlassung des interessanten und spannenden Themas und die gewährte Unterstützung bei der Entwicklung und Fertigstellung dieser Arbeit.

Ich habe nicht nur fachlich sondern auch menschlich und persönlich viel gelernt.

Weiterhin danke ich Dr. med. Tim Hirche für die emotionale und fachliche Unterstützung und die Phantasie beim entwickeln der Ultraschallmodelle.

Herrn Prof. Dr. Ackermann danke ich für die Beratung bei allen statistischen Fragen.

Ich danke allen Kursmitarbeitern, Instruktoren und Probanden, die mit ihrer Unterstützung die Entwicklung und die Kursdurchführung möglich gemacht haben. Hier möchte ich vor allem Annegret Scheel und Dr. med. Sandy Kujumdshiev für Ihre Unterstützung in Organisation und Kursablauf danken.

Ebenso danke ich den unerbittlichen Korrekturlesern Oberstudienrat Jan Bahr und Dipl. Biologe Klaus Dutinè für ihre Hilfe und Geduld.

Ich danke meinen Freunden und meinen Eltern für die Motivation, die Unterstützung in schwierigen Lagen und die aufmunternden Worte.

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel *THOLUUSE – Thorax-, Trachea- und Lungensonographie in der Intensiv- und Notfallmedizin – Entwicklung und Überprüfung eines neuen Kurskonzeptes* in der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie unter Leitung von Prof. Dr. Dr. Kai Zacharowski und mit Unterstützung von PD Dr. Raoul Breitzkreutz ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt habe und bei der Abfassung meiner Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Aschaffenburg, den 06.10.2009

Martina Steigerwald, Ärztin