

Aus der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin
(Akademischer Vertreter: Prof. Dr. med. Norbert Weiler)

im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Vergleich eines innovativen Lehrfilm-basierten versus klassischen Dozenten-basierten Konzepts in der Sonographie-Ausbildung von Studierenden

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Max Duschek
aus **Bremen**

Kiel 2019

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Gunnar Elke

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Matthias Weuster

Tag der mündlichen Prüfung: 10.09.2020

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 29.04.2020

gez.:

Prof. Dr. med. Inéz Frerichs
(Vorsitzende der Prüfungskommission)

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis	IV
1. Einleitung	1
1.1 Heutiger Stand der Ultraschallausbildung.....	1
1.2 Medizindidaktik in der Sonographie.....	2
1.3 Lehr- und Ausbildungsstandards in der Sonographie	4
1.4 Das neue Ausbildungskonzept.....	5
1.5 Fragestellung	6
2. Methoden.....	7
2.1 Kursteilnehmer und Randomisierung.....	7
2.2 Das neue Lehrkonzept - „Filmkurs“	7
2.3 Das klassische Lehrkonzept - „Arztkurs“	8
2.4 Lernziele	8
2.4.1 Schnittebenen und anatomische Strukturen	9
2.4.2 (Doppler-)Sonographische Messmethoden	10
2.5 Evaluation des neuen Lehrkonzepts	11
2.6 Abschließende Prüfung und Evaluation.....	11
2.6.1 Aufbau und Ablauf der Prüfung	11
2.6.2 Evaluation der Prüfung.....	15
2.7 Statistische Methoden.....	15
3. Ergebnisse	16
3.1 Auswertbare OSCE-Prüfungsbögen und Gesamtpunktzahl in den beiden Gruppen	16
3.2 Auswertung der Subkategorien.....	16
3.2.1 Grundkenntnisse	17
3.2.2 Untersuchung.....	18
3.2.3 (Doppler)Sonographische Messmethoden	19
3.2.4 Auswertung der Gesamtperformance	20
3.3 Auswertung nach Prüfern.....	20
4. Diskussion	22
4.1 Überblick	22
4.2 Grundlegende Fähigkeiten	23
4.3 Vergleich der Schnittbilder	23
4.4 Vergleich der Messmethoden	24
4.5 Objektiviertes Punkteschema im Vergleich zu der subjektiven Bewertungsskala.....	24
4.6 Evaluationsverfahren für Sonographie-Kenntnisse im Vergleich.....	25
4.7 Aufgabenstellung.....	26
4.8 Bestehengrenze	26
4.9 Stichprobengröße und Ausschluss von Probanden	27
4.10 Limitationen dieser Arbeit.....	27
4.10.1 Prüfer-Bias	28
4.11 Ausblick	28
5. Zusammenfassung	31
6. Literaturverzeichnis	33
7. Anhang	38
Danksagung	45

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ANOVA	Analysis of variance, Varianzanalyse
B-QUIET	Brightness Mode Quality Ultrasound Imaging Examination Technique
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
EFSUMB	European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology
et al.	Et alia (Lateinisch: und andere)
M-Mode	Motion-Mode
n	Anzahl
OLAT	Online Learning and Training
OSAUS	Objective Structured Assessment of Ultrasound Skills
OSCE	Objective structured clinical examination
PW-Mode	Power-Wave-Mode
S.	Seite
Stabw.	Standardabweichung
Tab.	Tabelle

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Anzahl der Ultraschalluntersuchungen in Deutschland bei vollstationären Patienten 2005-2015 (Gesundheitsberichterstattung des Bundes 2017).....	2
Abbildung 2. Prüfungsbogen für die Echokardiographie am Beispiel der Standardschnittebene „Parasternal, lange Achse“ (Hofer et al. 2011)	13
Abbildung 3. Vergleich Gesamtpunktzahlen des Filmkurses (neues Lehrkonzept) und des Arztkurses (klassisches Lehrkonzept).....	16
Abbildung 4. Vergleich der Grundkenntnisse der Sonographie des Filmkurses mit dem Arztkurs.....	18
Abbildung 5. Vergleich der Gesamtperformance des Filmkurses mit dem Arztkurs.....	20
Abbildung 6. Vergleich der Gesamtpunktzahl nach Prüfern	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Übersicht der Schnittebenen und aufzusuchenden anatomischen Strukturen der Echokardiographie und Abdomen-Sonographie.....	10
Tabelle 2. Lernziele für (doppler)sonographische Messungen der Echokardiographie.....	11
Tabelle 3. Lernziele für (doppler)sonographische Messungen der Abdomen-Sonographie ..	11
Tabelle 4. Vergleich der erreichten Punktzahlen in den neun Unterpunkten der Prüfung zwischen dem Film- und Arztkurs.....	17
Tabelle 5. Anzahl der Prüfungen je Organ bzw. Standardschnittebene.....	19
Tabelle 6. Gesamtpunktzahl für die aufzusuchenden Organe bzw. die anatomischen Schnittebenen für beide Gruppen	19

1. Einleitung

1.1 Heutiger Stand der Ultraschallausbildung

Ultraschall nimmt in der heutigen medizinischen Diagnostik einen immer höheren Stellenwert ein. Die Technik ist nicht invasiv, kommt ohne ionisierende Strahlen aus und erfährt eine hohe Akzeptanz unter Patienten (Dietrich 2017). Darüberhinaus ist die sonographische Diagnostik mit einer Senkung der allgemeinen Komplikationsrate und einer Kostenreduktion in der Patientenversorgung assoziiert (Young et al. 2010, Mercaldi und Lanes 2013). Diese Faktoren ermöglichen einen breiten Einsatz in vielen Fachgebieten. Jedoch hängt die Qualität der Untersuchung stark von dem Erfahrungsstand des Anwenders ab (Malone 2005, Frey Tirri et al. 2007). Dabei können ungenügende Ultraschallkenntnisse zu falschen Diagnosen führen und somit den Patienten gefährden (Carraccio et al. 2002).

Ultraschall spielt nicht nur in der klinischen Diagnostik und Therapie eine bedeutende Rolle. Auch in der präklinischen Lehre kann Ultraschall zum besseren Verständnis von Anatomie und Physiologie eingesetzt werden (Mircea et al. 2012). Trotz der heutzutage hohen klinischen Relevanz der Ultraschalldiagnostik besteht ein großer Nachholbedarf in der studentischen Lehre. Bei hoher klinischer Relevanz in der (fach-)ärztlichen Tätigkeit ist die Anwendung noch nicht ausreichend in das Curriculum des Medizinstudiums integriert (Hofer et al. 2006).

Die *European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB)* empfiehlt deshalb eine systematische und standardisierte Sonographieausbildung als Teil des Medizinstudiums (Cantisani et al. 2016). Vor allem bei variierenden Standards in der klinischen Ausbildung (Facharztausbildung) sollte zumindest bereits während des Medizinstudiums eine standardisierte Sonographieausbildung etabliert werden (Arger et al. 2005). Auch bei Umfragen unter Studierenden der Medizin konnte gezeigt werden, dass sich bis zu 91% eine Sonographieausbildung während des Studiums wünschen (Rao et al. 2008). Zudem legt eine Einführung in die Sonographie während des Studiums den Grundstein für eine weiterführende Spezialisierung während der Facharztausbildung (Arger et al. 2005).

Dieser Entwicklung sollte die universitäre Lehre für angehende Mediziner Rechnung tragen und entsprechende praktische Fähigkeiten werden an der medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im Kleingruppenunterricht vermittelt

(Sonographiekurse für Studierende, 7. Semester, Wintersemester 2015). Die Ausbildung in Kleingruppen erfordert jedoch einen hohen personellen Einsatz an Lehrkräften (Hoppmann et al. 2012). Die Nachfrage nach Kursplätzen in den Ultraschallkursen der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin am Campus Kiel war zuletzt jedoch zu groß für die personellen Ressourcen in der Lehre, so dass vielen Kursinteressenten keine Teilnahme ermöglicht werden konnte. Deshalb wurden Alternativen zu der direkten ärztlichen Betreuung gesucht, um die Kapazitäten auszubauen. Dabei soll eine qualitativ hochwertige Ausbildung sichergestellt werden.

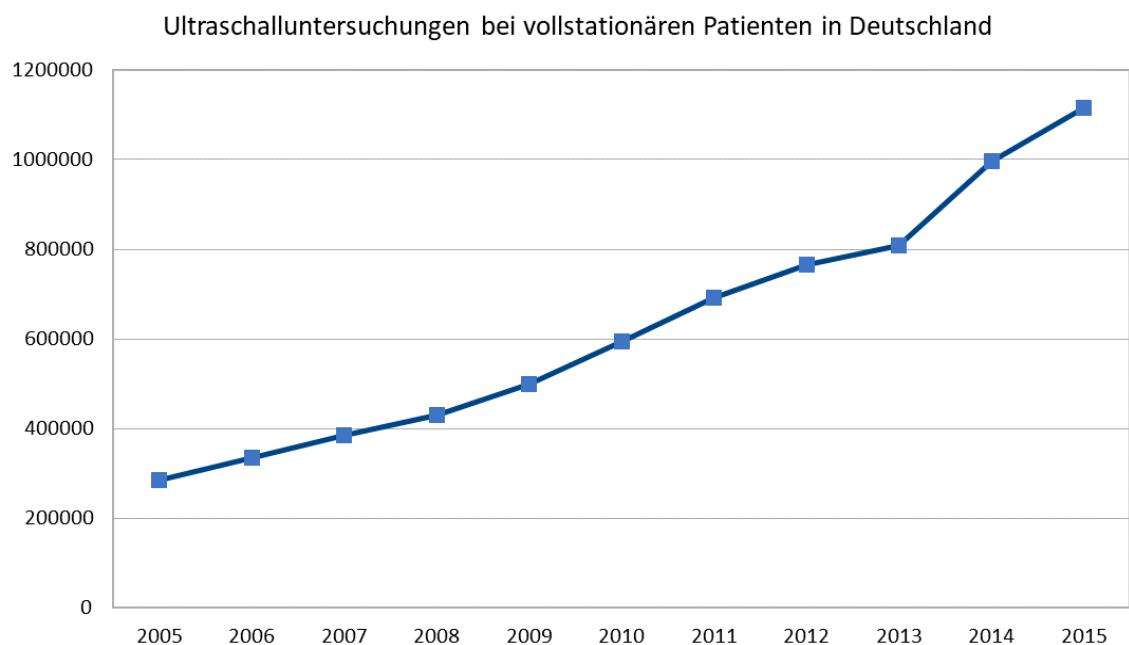


Abbildung 1. Anzahl der Ultraschalluntersuchungen in Deutschland bei vollstationären Patienten 2005-2015 (Gesundheitsberichterstattung des Bundes 2017)

1.2 Medizindidaktik in der Sonographie

Für die Sonographieausbildung gibt es verschiedenartige Lehrmethoden. Eine klassische Präsentation vor einem großen Publikum eignet sich zur Erläuterung der grundlegenden Funktionsweisen, sowie des theoretischen Hintergrunds (Dietrich 2017). Jedoch konnten Arger et al. (2005) und Angtuaco et al. (2007) zeigen, dass auch ohne größere theoretische Vorkenntnisse Studierende Ultraschallbilder schnell verstehen können und hierbei eine steile Lernkurve aufweisen.

Für die praktischen Fähigkeiten eignen sich Präsentationen jedoch nicht. Die genaue

Positionierung und Ausrichtung der Ultraschallsonde in einem vollständigen Untersuchungsgang können besser in Kleingruppen durch die direkte Anleitung mit qualifiziertem Personal trainiert werden (Dietrich 2017). In den Ultraschallkursen, die an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel angeboten werden, leiten Ärzte diese Lehrveranstaltungen. In kontrollierter Umgebung wie zum Beispiel *Skills labs* können jedoch nicht nur Ärzte, sondern auch Studierende als Tutoren diese Fertigkeiten effektiv lehren (*Peer to peer*). Die Tutoren müssen entsprechend zuvor durch (ärztliche) Trainer ausgebildet werden (Weyrich et al. 2009, Chiem et al. 2016).

In den letzten Jahrzehnten kam es durch den intensiven Gebrauch von visuellen Lehrsystemen und Simulationen auf online Plattformen zu neuen Möglichkeiten in der Lehre (Mircea et al. 2012). Lehrfilme, dreidimensionale Computermodelle und analoge oder digitale Simulatoren schaffen neue Lehrmethoden. Mit digitalen Simulatoren wird an einem Modell die Führung der Ultraschallsonde geübt, während ein Computer in Echtzeit die Ultraschallbilder generiert. Selbst erfahrene Untersucher konnten durch das Ultraschallbild nicht den Unterschied zwischen Simulator und realem Patienten feststellen. Die Einsatzmöglichkeiten dieser digitalen Simulatoren sind jedoch auf Grund von hohen Anschaffungskosten begrenzt (Terkamp et al. 2003, Hofer et al. 2011). Analog Simulatoren können durch den Einsatz von künstlichem Gewebe echogene Strukturen darstellen. So können mit einfachen Mitteln kostengünstige Modelle erzeugt werden, die dem menschlichen Gewebe ähneln. Diese analogen Modelle sind insbesondere bei bewegten Strukturen und Organen, wie zum Beispiel des Herzens stark limitiert, aber Studierende können ihre elementaren Fähigkeiten im Umgang mit den Schallköpfen trainieren (Yoo et al. 2004). Auch für die Übung von Punktionstechniken gibt es Exemplare bei denen die ultraschallgestützte Punktion u.a. von zentralvenösen Kathetern realistisch dargestellt und praktisch geübt werden kann.

Der gegenwärtige Standard im Medizinstudium ist jedoch die Untersuchung von Kommilitonen. Die Studierenden wechseln sich in der Rolle als Untersucher und „Patient“ ab (Hofer et al. 2011). Auch Übungen an echten Patienten werden durchgeführt. Dazu bieten sich Ultraschallambulanzen, Notaufnahmen und Intensivstationen an (Hoppmann et al. 2011).

1.3 Lehr- und Ausbildungsstandards in der Sonographie

Für das Medizinstudium gibt es keine standardisierte Sonographie-Ausbildung (Dietrich 2017, Rao et al. 2008).

Die EFSUMB empfiehlt deshalb die Einführung eines systematischen und standardisierten Ultraschallunterrichts, der übergreifend in präklinischen und klinischen Studienabschnitten gelehrt wird. Als Mindestanforderungen werden Sonographiekurse im letzten Studienjahr, dem „Praktischen Jahr“, vorgeschlagen (Dietrich 2017).

Die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) fordert, dass jeder Studierende am Ende des Studiums in der Lage sein soll, eine Ultraschalluntersuchung als Teil einer erweiterten körperlichen Untersuchung selbstständig durchzuführen (DEGUM e.V. - Arbeitsgruppe "Studierende in der DEGUM" 2018).

Erste Versuche die Ultraschallausbildung in das gesamte Medizinstudium zu integrieren, wurden 2006 an der *University of South Carolina, School of Medicine* gestartet. Hoppmann et al. beschrieben ein vierjähriges Curriculum, das die gesamte Ausbildung begleitet und sowohl das präklinische als auch das klinische Studium unterstützt (Hoppmann et al. 2011). Aber nicht nur die Anwendung von Ultraschall sollte in das Curriculum integriert werden, sondern auch die Lehre der Limitierungen. Adipöse Patienten, Luft, Knochen und Metall grenzen den Einsatz der Sonographie ein. Auch auf die starke Abhängigkeit der Qualität der Untersuchung durch die Anwender sollten die Studenten sensibilisiert werden (Baltarowich et al. 2014).

Die Integration einer Ultraschallausbildung in das Curriculum wird durch die ohnehin straffe Ausbildung im Medizinstudium erschwert. Für eine Sonographie-Ausbildung, die das gesamte Studium begleiten sollen, gibt es nicht genügend Unterrichtszeit (Bahner et al. 2013). Kurse, die über einen begrenzten Zeitraum von mehreren Wochen gehen, lassen sich jedoch ohne größeren Aufwand in das Studium integrieren (Arger et al. 2005). Weitere Probleme bei der Etablierung von Ultraschallkursen sind finanzielle und personelle Engpässe und der Mangel an Ultraschallgeräten (Dinh et al. 2016a).

Die EFSUMB hat verschiedene Standards als Voraussetzung für die praktische Ultraschallanwendung am Patienten definiert. Im grundlegenden Level 1 sollen laut der EFSUMB die Ärzte eine allgemeine Ultraschalluntersuchung sicher und genau durchführen können. Dabei sollen die Pathologien und abnormale Strukturen von der physiologischen

Anatomie unterscheiden werden können. Außerdem sollen die Untersucher erkennen können, wenn eine zweite Meinung eingeholt werden muss. Diese Richtlinien sind an praktizierende Ärzte gerichtet und können in den Punkten Sicherheit und Genauigkeit der Anwendung nicht direkt auf Medizinstudenten übertragen werden (Minimum training recommendations for the practice of medical ultrasound 2006). Dinh et al. (2016b) benutzten eine Studie nach der Delphi Methode um die Anforderungen an Medizinstudenten zu erfassen. Auch hier wird auf die eigenständige Untersuchung, Erkennung von Pathologien wert gelegt. Zusätzlich wird jedoch immer die Supervision durch die Ärzte gefordert, die die nötige Sicherheit und Genauigkeit gewährleistet.

1.4 Das neue Ausbildungskonzept

Mit Hilfe von *online*-Lernplattformen einer Universität können ständig verfügbare Inhalte für ein großes Publikum zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere für die theoretische Einführung in die Sonographie bieten sich daher Lehrfilme an, die sowohl direkt die Ausbildung vereinfachen als auch durch nachträglich erneutes Ansehen den langfristigen Lernerfolg gewährleisten soll. Daher könnten Lehrfilme ein zentrales Instrument für ein neues Ausbildungskonzept darstellen.

Hierbei ist insbesondere auf die Quelle der Lehrfilme zu achten. Während auf verschiedenen Plattformen ein immer größeres Angebot präsentiert wird, haben sich bei systematischen Untersuchungen eklatante Mängel bei einigen Lehrfilmen für die Ultraschallausbildung gezeigt. Dennoch konnten viele Videos einen guten Überblick über die behandelten Ultraschalltechniken und Prozeduren geben (Khandelwal 2017). Neue Medien wurden zudem durch Studierende gut angenommen und führen zu einer höheren Zufriedenheit beim Lernprozess (Hempel 2016).

Während Lehrfilme einen guten Überblick über die Thematik geben können, kann die direkte Anleitung durch Lehrer nicht durch Technologie ersetzt werden (Guze 2015). Studierende Tutoren im Rahmen von „peer-to-peer teaching“ wurden von studierenden Kursteilnehmern stets positiv bewertet (Dickerson 2017).

1.5 Fragestellung

Im Rahmen dieser Dissertation erfolgte die Entwicklung eines neuen Sonographie-Lehrkonzepts für Medizinstudierende. Dieses neue Lehrkonzept basiert auf einem neu produzierten Lehrfilm zur Abdomen-Sonographie und Echokardiographie in Kombination mit einer praktischen Anleitung durch studentische Tutoren in Kleingruppen.

Das Ziel dieser Evaluation war der Vergleich dieses neuen, Lehrfilm-basierten Lehrkonzepts gegenüber einem "klassischen", bereits etablierten Lehrkonzept, bei dem die Anleitung durch Ärzte in Kleingruppen ohne mediale Anleitung erfolgt hinsichtlich des Lernerfolgs der Studierenden.

Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit ist, ob das neue Lehrkonzept eine Alternative zu den klassischen, ärztlich geleiteten Ultraschallkursen darstellt.

Langfristiges Ziel ist, dass alle Studierenden der Medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel einen qualitativ hochwertigen Ultraschallkurs belegen können um somit besser auf den klinischen Alltag vorbereitet zu werden.

2. Methoden

2.1 Kursteilnehmer und Randomisierung

Insgesamt nahmen 96 Medizinstudierende des 7. Semesters der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im Sommersemester 2016 ohne Vorkenntnisse im Bereich der praktischen Anwendung des Ultraschalls teil. Die Kurse wurden über einen Zeitraum von sechs Monaten angeboten. Die Plätze wurden nach Eingang der Anmeldung vergeben. Anschließend wurden die Studierenden in das "klassische" ("Arztkurs") oder das neue Lehrkonzept ("Filmkurs") randomisiert. Jedes Lehrkonzept wurde mit 48 Studierenden durchgeführt und die Kurse erfolgten in Kleingruppen mit 10-12 Studierenden mit jeweils drei Studierenden an einem Ultraschallgerät in zwei Kurstagen à drei Stunden. Die Studierenden stellten sich im jeweiligen Kurs abwechselnd als Untersuchende und zu untersuchenden Probanden zur Verfügung. Der Kurs war freiwillig und wurde nicht benotet. Alle Kursteilnehmer wurden vorab informiert und gaben ihr Einverständnis, dass sie als Untersucher und Proband an dieser Evaluation teilnehmen, und dass im Anschluss eine Prüfung erfolgt.

2.2 Das neue Lehrkonzept - „Filmkurs“

Das neue Lehrkonzept wurde zweistufig entwickelt. Zunächst wurde eine praktische Anleitung für die Kursteilnehmer benötigt, die durch zwei studentische Tutoren aus fortgeschrittenen Semestern erfolgen sollte. Um diese Praxisanleitung im Kurs durch die studentischen Tutoren realisieren und durchführen zu können, wurden diese initial durch einen in der Sonographie erfahrenen und zertifizierten Anästhesisten geschult.

Zusätzlich zur praktischen Anleitung durch die studentischen Tutoren gab es eine mediale Anleitung in Form eines eigens für dieses Kurskonzept neu-entwickelten Lehrfilms. Nach Definition spezifischer Lernziele wurden zwei Drehbücher entworfen, eines für die Abdomen-Sonographie und eines für die Echokardiographie. Beide Drehbücher wurden in der Entwicklungsphase mit mehreren Medizinstudierenden zunächst getestet, um Fehler zu korrigieren und die Didaktik zu optimieren. Beide Filme wurden durch meinen Kommilitonen Andreas Jung und mir inhaltlich entwickelt und produziert und auf die Kursinhalte abgestimmt. Eine Supervision erfolgte auch hier durch in der Sonographie erfahrene ärztliche Betreuer der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin,

Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel. Die graphische und filmtechnische Umsetzung erfolgte wiederum durch studentische Hilfskräfte unter der Anleitung von Prof. Peter Dresewski der Fachhochschule Kiel, Fachbereich „Multimedia Production“.

In dem Lehrfilm wurden die standardisierten sonographischen Schnittebenen für die Abdomen-Sonographie und Echokardiographie mit Erklärungen und Fehlerkorrekturen in einem strukturierten Ablauf gezeigt. Nach einer kurzen Einführung in die Theorie und allgemeinen Kenntnisse des Ultraschalls wurden zunächst systematisch die Grundkenntnisse für die sonographische Untersuchung gelehrt: Sondenpositionierung und -orientierung sowie Bildoptimierung, wobei der Fokus auf physiologische Ultraschallbilder gelegt und vorerst auf die Lehre der Pathologie verzichtet wurde. Außerdem wurde Wert auf die Fehlerkorrektur gelegt, indem in dem Film die häufigsten Fehlerquellen und entsprechende Lösungsvorschläge und alternative Techniken gezeigt wurden. Es sollten weder Pathologien in dem Film gelehrt noch klinische Untersuchungsbefunde besprochen werden. Der Film wurde vor Beginn der Evaluationsperiode zunächst in einer Pilotphase durch mehrere Studierende getestet, um einzelne Aspekte ggf. zu optimieren.

Der Lehrfilm bildete die Grundlage des neuen Lehrkonzepts, wobei die Studierenden bereits vor Beginn zur Vorbereitung auf den Kurs die Möglichkeit erhielten, die Abläufe kennen zu lernen sowie auch während des gesamten Kurses den Lehrfilm bei Bedarf als Hilfestellung zu nutzen. Der Lehrfilm wurde über das Intranetz der Universität auf der zentralen Lernplattform "Online Learning and Training (OLAT)" für die Studierenden zugänglich gemacht.

2.3 Das klassische Lehrkonzept - „Arztkurs“

Im Gegensatz zum neuen Lehrkonzept fand der Unterricht im "Arztkurs" klassisch unter direkter Anleitung und Gestaltung eines in der Sonographie erfahrenen Facharztes für Anästhesie ohne mediale Unterstützung statt.

2.4 Lernziele

Zunächst gab es für beide Gruppen eine Einführung in die theoretischen Hintergründe der Sonographie und die Studierenden mussten für die korrekte und effiziente Anwendung die grundlegende Theorie der Physik des Ultraschalls lernen sowie Fähigkeiten zur Interpretation

der Ultraschallbilder entwickeln (Yoo et al. 2004).

Für die Sonographie-Untersuchungen von Abdomen und Herz wurden Lernziele definiert, die sich einerseits auf die Schnittebenen und darzustellenden anatomischen Strukturen und andererseits auf (doppler)sonographische Messmethoden bezogen.

Als Lernziele sollten die Studierenden

- den professionellen Umgang mit dem Sektorschallkopf für die Echokardiographie und dem Konvexschallkopf für die Abdomen-Sonographie erlernen
- alle Schnittebenen nach dem Kurs selbständig aufsuchen, beschreiben und analysieren können.

2.4.1 Schnittebenen und anatomische Strukturen

Primäres Ziel für die Abdomen-Sonographie war das Erlernen des sog. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST)-Schemas (Bloom et al. 2019) erweitert durch eine organspezifische Untersuchung für Leber, Nieren, Milz und Harnblase. Für die kardiale Untersuchung sollte die Lehre der Standardschnittebenen und darzustellenden anatomischen Strukturen erfolgen (Tab. 1).

Tabelle 1. Übersicht der Schnittebenen und aufzusuchenden anatomischen Strukturen der Echokardiographie und Abdomen-Sonographie

Echokardiographie Herz	Sonographie Abdomen
1. Parasternal, lange Achse <ul style="list-style-type: none"> Darstellung beider Ventrikel, der Aorten- und Mitralklappe 	1. Leber <ul style="list-style-type: none"> mit Pfortaderdarstellung
2. Apikal 4-Kammerblick <ul style="list-style-type: none"> Darstellung beider Ventrikel, beider AV-Klappen und beider Vorhöfe 	2. Niere <ul style="list-style-type: none"> mit Schnittbildern in zwei Ebenen
3. Parasternal, kurze Achse <ul style="list-style-type: none"> Darstellung der Papillarmuskeln, der Mitralklappe und Aortenklappe 	3. Milz <ul style="list-style-type: none"> mit Hilusdarstellung mit Darstellung des Koller-Pouch 4. Harnblase <ul style="list-style-type: none"> mit Darstellung des Douglasraums/der Excavatio rectovesicalis mit Darstellung des Uterus/Prostata

2.4.2 (Doppler-)Sonographische Messmethoden

Als weitere Lernziele wurden für die jeweiligen Standardschnitte auch grundlegende (doppler)sonographische Messmethoden für die Echokardiographie (Tab. 2) und Abdomen-Sonographie (Tab. 3) festgelegt. So wurde z.B. in der echokardiographischen Schnittebene „parasternal, lange Achse“ die korrekte Anwendung des Motion-Modes (M-Modes) zur Darstellung von Septumdicke und Ventrikelausdehnung im enddiastolischen sowie endsystolischen Kontraktionszustand gefordert.

Die Studenten sollen so den professionellen Umgang mit dem Sektorschallkopf für die Herz- und dem Konvexschallkopf für die Abdomen-Sonographie erlernen.

Als Lernziele sollten die Studierenden

- die jeweiligen Messungen in den Standardschnittebenen selbstständig aufsuchen, beschreiben und analysieren können.

Tabelle 2. Lernziele für (doppler)sonographische Messungen der Echokardiographie

1. Parasternal, lange Achse	Messung der Ventrikel- und Septumdicke im M-Mode
2. Apikal 4-Kammerblick	Messung der Flussgeschwindigkeit über der Mitralklappe im PW-Mode
3. Parasternal, kurze Achse	keine Messmethode

Tabelle 3. Lernziele für (doppler)sonographische Messungen der Abdomen-Sonographie

1. Leber mit Pfortaderdarstellung	Messung der Flussgeschwindigkeit über der Pfortader im PW-Mode
2. Niere in zwei Ebenen	Messung der Flussgeschwindigkeit über einer rindennahen Arterie im PW-Mode zur Ermittlung des Resistance Index
3. Milz mit Hilusdarstellung	Messung der Organgröße auf Höhe des Hilus
4. Harnblase	Messung des Hilus

2.5 Evaluation des neuen Lehrkonzepts

Zur Evaluation des neuen Lehrkonzepts hinsichtlich Qualität und Funktionalität erhielten die Studierenden des Filmkurses nach Abschluss des Kurses einen Fragebogen. Diese Evaluation, die insbesondere auf die Zufriedenheit der Studierenden mit dem filmbasierten Lehrkonzept abzielte, wurde im Rahmen der Dissertation von Andreas Jung behandelt (Jung 2019).

2.6 Abschließende Prüfung und Evaluation

2.6.1 Aufbau und Ablauf der Prüfung

Der Lernerfolg der sonographischen Ausbildung wurde nach Abschluss der Kurse in beiden Gruppen durch eine Prüfung der praktischen und theoretischen Fähigkeiten basiert auf dem OSCE (Objective Structured Clinical Examination)-Format evaluiert. Geführt wurde die Prüfung durch zwei (in der Sonographie) erfahrene Anästhesisten. Die Kursteilnehmer wurden anhand modifizierter Prüfungsbögen mit festen Bewertungskriterien für die Schallkopf- und Geräteführung sowie die Einstellung der Schnitte und Messungen geprüft (Abb. 2) (Prüfungsbögen siehe Anhang) (Hofer et al. 2011).

In der Prüfung wurde durch ein Losverfahren randomisiert ein Schnitt aus der Abdomen-Sonographie oder Echokardiographie getestet. Aus zeitlich-organisatorischen Gründen

konnten die Studierenden jeweils nur in einer Standardschnittebene geprüft werden. Folgende Schnitte standen dabei zur Auswahl: Pfortader, Niere, Milz, Harnblase, Herz (parasternal, lange Achse), Herz (parasternal, kurze Achse) und Herz (apikal, 4-Kammerblick). Des Weiteren mussten die Studierenden das Bild erläutern. Für die Bewertung gab es ein Punkteschema (Abb. 2), das in folgende Unterpunkte aufgeschlüsselt wurde.

Um die bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten wurde bei allen Schnitten die *Schallkopfführung* nach gleichem Muster bewertet. Für die folgenden vier grundlegenden Fähigkeiten wurden je maximal zwei Punkte vergeben:

- Bei der Schallkopf-Positionierung wurde auf die korrekte Position auf der Haut geachtet. Am Beispiel der Echokardiographie für den Schnitt „parasternal, lange Achse“ musste der Prüfling bei gegebenem Schallfenster den Schallkopf auf Höhe des dritten Interkostalraums streng parasternal, links auf die Haut setzen.
- Bei der Schallkopforientierung wurde vor allem die korrekte Ausrichtung der Markierung der Sonde bewertet. Bei dem gleichen Schnitt „parasternal, lange Achse“ wäre eine Ausrichtung der Markierung in Richtung der rechten Schulter des Patienten zu erwarten.
- Bei der Schallkopfankopplung wurde auf den adäquaten Anpressdruck, sowie die Verwendung von Gel geachtet um eine gute Bildqualität zu gewährleisten.
- Ebenfalls für die Bildoptimierung wurde auf die adäquate Vergrößerung Wert gelegt. Die vom Prüfling einzustellende Struktur sollte vollständig zu sehen sein und den Großteil des Bildschirms ausfüllen. Somit kann eine hohe Auflösung gewährleistet werden, die für eine akkurate Bildbeurteilung unabdingbar ist.

Herz: Parasternal, lange Achse

1. Stellen Sie bitte den Schnitt in der parasternalen, langen Achse ein.
2. Benutzen Sie bitte den M-Mode zur Beurteilung der abgebildeten Strukturen.

erreichte Punkte	
max. Punkte	

Schallkopf-Handling zu Beginn

Orientierung:

- richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkoppeln (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (0)

	2
--	---

Positionierung:

- richtig, oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt mit optimaler Schwenktechnik (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittebene (0)

	2
--	---

Ankopplung:

- koppelt den Schallkopf mit Gel und Druck an, variiert den Druck (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- kein Anpressdruck und/oder kein Gel + Schallkopf in der Luft und/oder unkontrollierter Druck auf Xiphoid/Rippe (0)

	2
--	---

Adäquate Vergrößerung:

- stellt adäquat und selbstständig die angemessene Vergrößerung ein (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0)

	2
--	---

Patientenführung:

- Lagerung in Linksseitenlage (1)
- mit linkem Arm angewinkelt unter dem Kopf (1)

	2
--	---

Untersuchung

Schnittebene

- korrekte Darstellung
 - beider Ventrikel (5)
 - Aorta- und Mitralklappe (5)
 - in horizontaler Einstellung: Schallwellen treffen in 90° auf den linken Ventrikels und das Interventrikularseptum (2)
- Einstellung der richtigen Ebenen nur mit mündlicher Hilfestellung (4)
- Einstellung nur mit manueller Hilfe (2)
- Schnittebene kann trotz manueller Hilfe nicht gehalten werden (0)

	12
--	----

M-Mode:

- korrekte Anwendung des M-Mode (3)
- korrekte Benennung der Ventrikel, des Septums und der Ventrikelwände im M-Mode (3)

	6
--	---

Bildererläuterung:

- korrekte Benennung: Ventrikel li/re (1), Septum (1), Aorten- und Mitralklappe (2)

	4
--	---

Gesamtperformance

insgesamt souverän 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 deutliche Defizite

	8
--	---

Gesamtpunktzahl:

	40
--	----

Abbildung 2. Prüfungsbogen für die Echokardiographie am Beispiel der Standardschnittebene „Parasternal, lange Achse“ (Hofer et al. 2011)

Falls für die Untersuchung eine spezielle Lagerung oder Atemkommandos erforderlich waren, wurden diese Manöver mit maximal sechs Punkten bewertet. Zu dieser Patientenführung zählten die korrekte Lagerung, die Positionierung des Arms und ggf. auch Aufforderungen zu speziellen Manövern wie Valsalva und vor allem bei der Abdomen-Sonographie die Anleitung zur korrekten Atmung.

Falls der Prüfling den Schnitt nicht innerhalb von 30 Sekunden selbstständig einstellen konnte, erfolgte eine Hilfestellung mit mündlichen und praktischen Hilfestellungen, die entsprechend in der Punktzahl negativ berücksichtigt wurden. Die Prüfer wiesen hierbei auf Fehler in der Schallkopfführung hin und führten die Sonde auch aktiv selbst.

Anschließend folgte je nach Schnitt die Untersuchung des entsprechenden Organs. Bei der Untersuchung von Organen in der Abdomen-Sonographie wurde in der Prüfung auf die komplette Durchmusterung in zwei Ebenen Wert gelegt. Ein Teil jedes Schnitts war eine Messung eines häufig benutzten Parameters. Die gemessenen Größen mussten mit den zuvor im Film erklärten physiologischen Messgrößen verglichen werden.

Während oder nach der Schnitteinstellung mussten die Prüflinge die sichtbaren Strukturen zeigen und benennen.

Während es für die grundlegenden Fähigkeiten ein für alle Schnitte einheitliches Punkteschema gab, wurde die Punktevergabe für die messmethodische Untersuchung und für die Bilderläuterung modifiziert. Beispielsweise war bei der Darstellung der Harnblase keine Patientenführung notwendig. Die als Teil der Untersuchung angewendeten verschiedenen Messmethoden bedingten verschiedene Schwierigkeitsgrade, die es zu berücksichtigen galt. Für die bessere Vergleichbarkeit wurden die verschiedenen Messmethoden unter dem Unterpunkt „Messung“ in den Prüfungsbögen zusammengefasst (siehe auch Kapitel 2.4.2).

Kumulativ konnten also insgesamt 32 Punkte für die grundlegenden Fähigkeiten, die Patientenführung, die Untersuchung inklusive der jeweiligen Messmethoden und die Bilderläuterung nach dem objektivierten Punkteschema durch die Prüfer vergeben werden. Darüberhinaus hatten die Prüfer am Ende der Prüfung die Möglichkeit, die Prüflinge mit maximal acht Punkten auf einer numerischen Bewertungsskala nach ihrem subjektiven Gesamteindruck zu beurteilen (Unterpunkt "Gesamtperformance"). Durch Anwendung einer solchen subjektiven, numerischen Bewertungsskala kann eine höhere Validität und

Reliabilität erreicht werden, als durch die reine Anwendung von Checklisten, vergleichbar mit dem OSCE-System (Walzak et al. 2015; Hofer et al. 2011). Die Skala reichte von „insgesamt souverän“ bis „deutliche Defizite“.

Insgesamt konnte in der Prüfung somit eine maximale Gesamt-Punktzahl von 40 Punkten erreicht werden.

2.6.2 Evaluation der Prüfung

Für die Evaluation der Testgütekriterien musste die Prüfung auf Validität, Reliabilität und Objektivität getestet werden.

Die Interrater-Reliabilität wurde in einem Vergleich der Bewertungen durch verschiedene Prüfer evaluiert. Für die interne Reliabilität wurde das objektivierte Punkteschema mit der subjektiven, numerischen Bewertungsskala verglichen. Die subjektive Bewertungsskala verwendet durch erfahrene Ultraschallanwender fungierte somit auch als Validitätsmarker.

Für eine Evaluation der Objektivität wäre eine Verblindung der Untersucher bezüglich der Gruppenzugehörigkeit der Prüflinge vorteilhaft gewesen. Da die Prüfer jedoch auch die ärztlich geleitete Sonographie-Ausbildung durchführten, war eine Verblindung nicht möglich.

Die Auswertung der Prüfungsbögen erfolgte anonymisiert. Nach Rücksprache mit der Ethik-Kommission der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel unterliegt diese Evaluation nicht der Beratungspflicht entsprechend Berufsordnung der Ärztekammer Schleswig-Holstein (§ 15 BO) (Aktenzeichen der Ethik-Kommission: D 554/19).

2.7 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung erfolgte mit GraphPad Prism Version 5.01 für Windows (GraphPad Software, San Diego California USA, www.graphpad.com). Für den Gruppen-Vergleich wurde ein zweiseitiger t-Test verwendet. Für den Fall, dass sich beim Gruppen-Vergleich ungleiche Varianzen zeigten, wurde die Welch-Korrektur eingesetzt. Für den Vergleich der Schnittebenen wurde eine Varianzanalyse mittels des ANOVA-Tests durchgeführt. Ergänzend wurde zur Überprüfung der Gleichheit der Varianzen der Schnittebenen ein Bartlett-Test durchgeführt.

Das Signifikanzniveau wurde auf $P=0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

3.1 Auswertbare OSCE-Prüfungsbögen und Gesamtpunktzahl in den beiden Gruppen

Für den Kurs wurden 96 Studierende aus dem 7. Semester eingeladen, wobei von 79 Studierenden (75,8%) die Prüfungsbögen ausgefüllt wurden. 77 Prüfungsbögen (42 aus dem Filmkurs und 35 aus dem Arztkurs) waren letztlich formal vollständig und konnten somit statistisch ausgewertet werden.

Die minimal erreichte Punktzahl lag bei 14, die höchste und gleichzeitig die maximale Punktzahl bei 40 Punkten. Das Maximum wurde insgesamt sieben Mal erreicht, fünf Mal im Filmkurs und zwei Mal im Arztkurs. Vier Studierende erreichten weniger als 50% der möglichen Punkte (N=3 im Filmkurs und N=1 im Arztkurs).

Studierende im Filmkurs erzielten im einen Mittelwert 31,3, Studierende in der Arztkurs-Gruppe 32,7 der maximal möglichen 40 Punkte (Abb. 3).

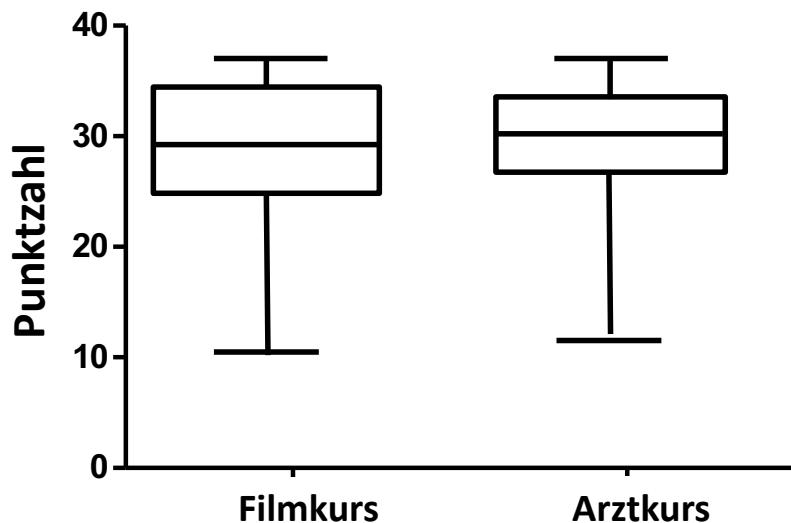


Abbildung 3. Vergleich Gesamtpunktzahlen des Filmkurses (neues Lehrkonzept) und des Arztkurses (klassisches Lehrkonzept)

Darstellung des Medians als Trennlinie; Standardabweichung in Boxplots; max./min. Punktzahl als Whisker.

3.2 Auswertung der Subkategorien

Tabelle 4 zeigt den Vergleich der erreichten Punktzahlen aufgeschlüsselt nach den neun Unterpunkten der Prüfung zwischen den beiden Gruppen. Da bei einigen der verschiedenen Schnittebenen unterschiedliche Punktzahlen für die jeweiligen Unterpunkte erreicht werden

konnten, wurden für den direkten Vergleich die Ergebnisse in Prozent der jeweils erreichbaren Gesamtpunktzahl angegeben. In keinem Unterpunkt zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Tabelle 4. Vergleich der erreichten Punktzahlen in den neun Unterpunkten der Prüfung zwischen dem Film- und Arztkurs

Prüfung	Filmkurs	Arztkurs	P-Wert
Schallkopforientierung	80,95 %	82,86 %	0,7684
Schallkopfpositionierung	75,00 %	75,71 %	0,9146
Schallkopfankopplung	97,62 %	95,71 %	0,5058
Adäquate Vergrößerung	80,95 %	84,29 %	0,5690
Patientenführung	73,87 %	77,08 %	0,6421
Untersuchung	79,01 %	82,67 %	0,4799
Messung	76,21 %	80,95 %	0,4368
Erläuterung	82,14 %	91,38 %	0,0916
Gesamtperformance	75,89 %	78,57 %	0,4538
Gesamtpunktzahl	78,27 %	81,64 %	0,3085

3.2.1 Grundkenntnisse

Bei den grundlegenden Fähigkeiten (Schallkopforientierung, -positionierung, -ankopplung und adäquate Vergrößerung) schnitten beide Gruppen bei der Schallkopfpositionierung mit 75% in dem Filmkurs bzw. 75,7% in dem Arztkurs am schlechtesten ab, gefolgt von der Schallkopforientierung mit 81% (Filmkurs) vs. 82,9% (Arztkurs).

Der Arztkurs schnitt bei allen Grundkenntnissen mit einer Ausnahme in allen Subkategorien der Grundkenntnisse besser ab als der Filmkurs (Abb. 4). Nur bei der Grundfähigkeit „Schallkopfankopplung“ konnte der Filmkurs im Vergleich höhere Punktzahlen erreichen. Bei diesem Unterpunkt wurde von 72 Studierenden die volle Punktzahl erreicht; nur fünf Studierende erhielten Punktabzüge. Bei der Patientenführung wurden mit 73,9% im Filmkurs und 77,1% im Arztkurs unterdurchschnittliche Werte erreicht.

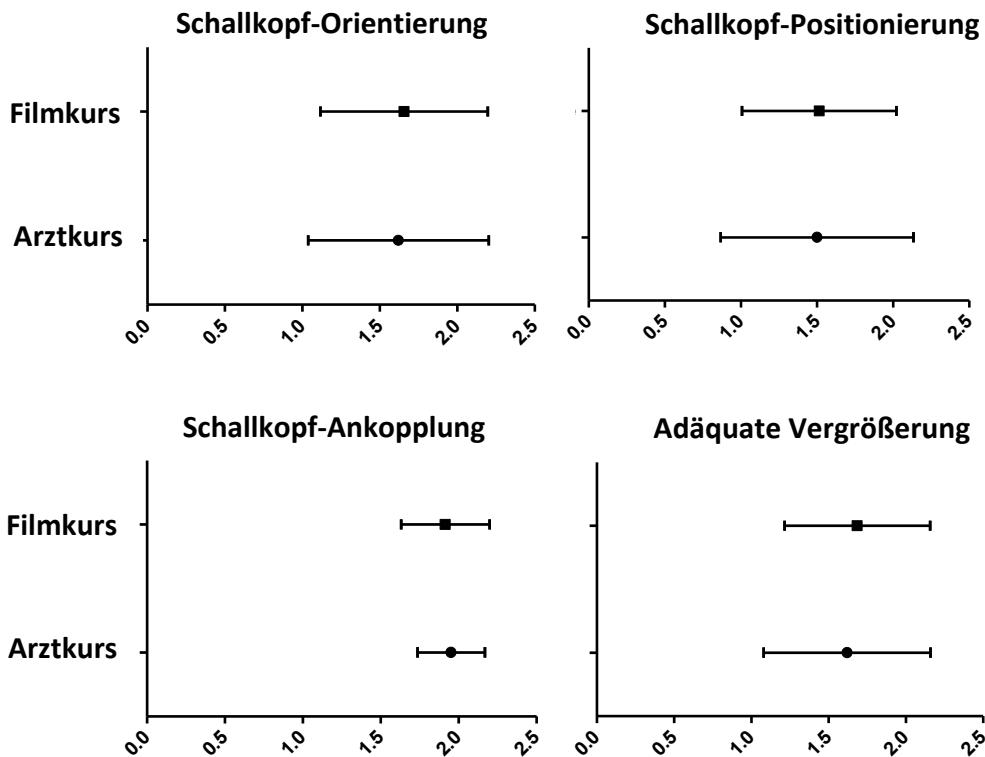


Abbildung 4. Vergleich der Grundkenntnisse der Sonographie des Filmkurses mit dem Arztkurs

Darstellung des Mittelwerts als Punktmarkierung; Standardabweichung als Whisker.

3.2.2 Untersuchung

Die Anzahl der pro Aufgabenstellung durchgeführten Prüfungen wies Unterschiede auf. Die Schnittebene „Harnblase“ wurde mit acht Mal am seltensten und das Herz mit jeweils 13 Mal im apikalen 4-Kammerblick und in der parasternalen, kurzen Achse am häufigsten geprüft.

Bei geringer Stichprobengröße ist eine Aufteilung in den Arztkurs und den Filmkurs nach zu untersuchenden Organen/Schnittebenen nicht möglich. Es folgt ein Vergleich der 7 verschiedenen Schnitte innerhalb der gesamten Evaluation ohne die Aufteilung in Arzt- und Filmkurs. Die Mittelwerte der Punktzahlen für die verschiedenen Schnitte unterschieden sich in den Prüfungen zum Teil deutlich (Tab. 5). Mit im Mittel 28,6 Punkten wurden in den Prüfungen der Pfortader-Darstellung niedrigere Punktzahlen erreicht. Hier zeigte sich auch die größte Standardabweichung.

Die höchsten Punktzahlen wurden bei der Einstellung und Untersuchung der Harnblase erreicht.

Tabelle 5. Anzahl der Prüfungen je Organ bzw. Standardschnittebene

Schnitt	Gesamtanzahl (N)	Filmkurs (N)	Arztkurs (N)
Pfortader	9	5	4
Niere rechts	11	5	6
Milz	12	6	6
Harnblase	8	5	3
Herz: parasternal, lange Achse	11	7	4
Herz: apikal, 4-Kammerblick	13	7	6
Herz: parasternal, kurze Achse	13	7	6
Gesamt	77	42	35

Der Vergleich der Gesamtpunktzahl der Schnitte ergab im ANOVA-Test jedoch keinen signifikanten Unterschied ($P=0,071$). Allerdings zeigten sich signifikant unterschiedliche Varianzen im Bartlett-Test ($P=0,018$).

Bei der Untersuchung der Pfortader erreichten die Studierenden beider Kursgruppen mit 58,3% unterdurchschnittliche Ergebnisse im Vergleich zu den Untersuchungen der anderen Organe (Tab. 6).

Tabelle 6. Gesamtpunktzahl für die aufzusuchenden Organe bzw. die anatomischen Schnittebenen für beide Gruppen

Schnitt	Gesamtpunktzahl*	
	Mittelwert	Standardabweichung
Pfortader	28,6	8,3
Niere rechts	31,5	4,3
Milz	32,4	2,8
Harnblase	36,1	2,9
Herz: parasternal, lange Achse	34,3	5,2
Herz: apikal, 4-Kammerblick	31,9	6,7
Herz: parasternal, kurze Achse	29,7	5,9

*Eine Aufteilung in Film- und Arztkurs war bei der vorliegenden Stichprobengröße nicht zweckmäßig, Darstellung deshalb gruppenübergreifend.

3.2.3 (Doppler)Sonographische Messmethoden

Bei den Messungen erzielten die Teilnehmer des Filmkurses 76,2% und die Teilnehmer des Arztkurses 81%. Bei dem Untersuchungsablauf schnitten die Teilnehmer mit 79% (Filmkurs) bzw. 82,7% (Arztkurs) überdurchschnittlich gut ab.

In den Schnitten wurden unterschiedliche Messungen durchgeführt. Bei den Schnitten

„Niere“, „Milz“ und „Harnblase“ wurden die Abstände zwischen zwei definierten Punkten gemessen, bei der „Pfortader“ und „Herz: apikal, 4-Kammerblick“ wurden Flussgeschwindigkeiten im PW-Mode gemessen und bei „Herz: parasternal, lange Achse“ Ventrikel- und Septumdicke im M-Mode. Im Vergleich der Schwierigkeitsgrade zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($P=0,008$). Die höchsten Mittelwerte wurde in der Messung von Abständen erreichen, gefolgt von der Messung der Flussgeschwindigkeiten. Bei der Anwendung des M-Modes erreichten die Teilnehmer im Mittel die geringste Punktzahl.

3.2.4 Auswertung der Gesamtperformance

Bei der Gesamtperformance, die im Rahmen einer numerischen Bewertungsskala (siehe Kapitel 2.4.1) subjektiv geprüft wurde, zeigte sich eine unterdurchschnittliche Bewertung im Filmkurs mit 75,9% verglichen mit dem Arztkurs mit 78,6%. Es zeigte sich zudem eine größere Standardabweichung innerhalb der Bewertung des Filmkurses.

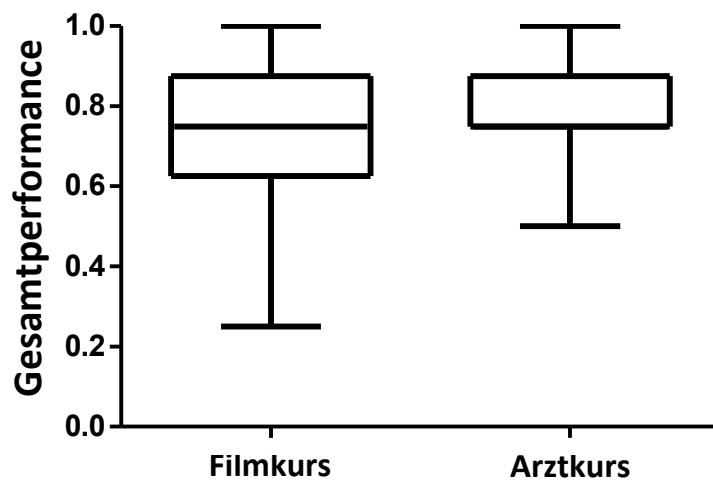


Abbildung 5. Vergleich der Gesamtperformance des Filmkurses mit dem Arztkurs

Darstellung des Medians als Trennlinie; Standardabweichung in Boxplots; max./min. Punktzahl als Whisker.

3.3 Auswertung nach Prüfern

Die Prüfungen wurden von zwei Anästhesisten durchgeführt. Aufgeschlüsselt nach den Prüfern wiesen die vergebenen Gesamtpunktzahlen mit $P=0,043$ einen signifikanten Unterschied in der Bewertung auf. Bei Prüfer 1 wurden im Mittel 30,33 Punkte vergeben, während Prüfer 2 durchschnittlich 33,55 Punkte vergab (Abb. 6).

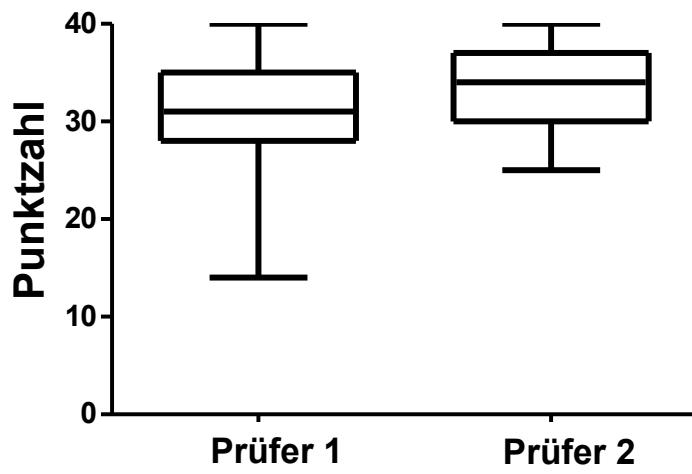


Abbildung 6. Vergleich der Gesamtpunktzahl nach Prüfern

Darstellung des Medians als Trennlinie; Standardabweichung in Boxplots; max./min. Punktzahl als Whisker.

4. Diskussion

4.1 Überblick

In der vorliegenden Arbeit sollte überprüft werden, ob ein neues, lehrfilmbasiertes Kurskonzept („Filmkurs“) hinsichtlich des Lernerfolges von Studierenden der Medizin verglichen mit einem klassischen, nicht-videobasierten und ärztlich angeleiteten Kurskonzept („Arztkurs“) gleichwertig ist. Übergeordnetes Ziel des neuen Lehrkonzeptes war, die Sonographie-Ausbildung einer größeren Anzahl von Medizinstudierenden zugänglich zu machen, da als limitierender Faktor des klassischen Lehrkonzeptes im wesentlichen die Kapazität der ärztlichen Betreuung ermittelt wurde. Das neue Lehrkonzept setzte sich zusammen aus 1) einem eigens dafür erstellten Lehrvideo für die Abdomen-Sonographie und Echokardiographie, welches den Kursteilnehmern präsentiert wurde sowie 2) einer zusätzlichen Praxis-Begleitung der Kursteilnehmer durch zuvor geschulte studentische Tutoren aus höheren Semestern. Das klassische, bereits etablierte Lehrkonzept war dagegen nicht videobasiert und der Unterricht wurde durch in der Sonographie erfahrene Ärzte als Lehrende begleitet.

Von den 96 teilnehmenden Studierenden konnten 77 Prüfungen statistisch ausgewertet werden (N=42 im Filmkurs, N=35 im Arztkurs), die sowohl objektiv anhand von Fragebögen als auch subjektiv von 2 Prüfern durchgeführt wurden. Der Filmkurs schnitt mit einer mittleren Punktzahl von 31,3 nur diskret und nicht-signifikant schlechter ab als der Arztkurs mit einer mittleren Punktzahl von 32,7.

Beide Gruppen zeigten ähnliche Defizite bei der Anwendung von anspruchsvollerer Messungen, z.B. der Messung der Flussgeschwindigkeit der Pfortader oder den Messungen in der Echokardiographie. Ob die Gründe für die diskret schlechteren Prüfungsergebnisse des Filmkurses in der Ausbildung der Tutoren, einer Verständnisproblematik des Lehrfilms oder in der generellen Akzeptanz der neuen Lehrmethode lagen, konnte nicht festgestellt werden.

Die signifikanten Unterschiede der Varianz in den Prüfungsergebnissen wiesen jedoch auf eine größere Spannbreite des Prüfungserfolgs im Filmkurs hin, da sowohl überdurchschnittlich viele sehr gute als auch schlechte Prüfungsergebnisse vertreten waren. Für die teilweise sehr schlechten Ergebnisse (drei Teilnehmer erreichten weniger als 50% der Punkte) könnte eine mangelnde Akzeptanz auf Seiten einiger Teilnehmer mit konsekutiv

geringerer Motivation für die neue Lehrmethode ohne direkte ärztliche Betreuung sprechen.

4.2 Grundlegende Fähigkeiten

Die Ergebnisse unserer Evaluation zeigen einen Trend zu schlechteren Punktzahlen insbesondere im Bereich der Schallkopfpositionierung und -orientierung. Die Problematik in dieser Fähigkeit hat sich bereits bei der Entwicklung des Films in mündlichen Befragungen angedeutet. Statistisch können diese mündlichen Ergebnisse nicht berücksichtigt werden, liefern aber mögliche Erklärungsversuche für den beobachteten Trend der schlechteren Punktzahlen. Obwohl auf die Positionierung und Orientierung des Schallkopfs bei der Entwicklung des Films besonders Wert gelegt wurde, wiesen mehrere Studierende dabei auf die Schwierigkeit der Einstellung von dreidimensionalen Organen durch die Anleitung von zweidimensionalen Bildern - wie im Film - hin. Diese Problematik sollte durch die Anleitung von Tutoren reduziert werden.

Die Schallkopfankopplung erzielte in beiden Gruppen durchschnittlich hohe Punktzahlen und der Filmkurs konnte bei diesem Punkt sogar bessere Ergebnisse vorweisen als der Arztkurs.

4.3 Vergleich der Schnittbilder

Im Vergleich der einzustellenden Schnittebenen zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Kursen. Bestimmte Schnittebenen wurden jedoch tendenziell schlechter/besser bewertet wurden. Dies deutet auf verschiedenartige Schwierigkeitsgrade zwischen den einzelnen Schnittebenen-Einstellungen hin. Die Pfortader und das Herz in parasternaler, kurzer Achse galten als schwierig einzustufende Schnitte und die Harnblase und das Herz in parasternaler, langer Achse kursübergreifend als leichter einzustufende Schnitte.

Im Gegensatz zu den Gesamtpunktzahlen der Schnitte zeigten sich jedoch bei der Betrachtung der Unterpunkte „Untersuchung“, „Messung“ und „Erläuterung“ gruppenübergreifend signifikante Unterschiede. Bei der Einstellung der Pfortader konnten die Studierenden in beiden Kursen sowohl in der Untersuchung als auch in der Erläuterung nur deutlich unterdurchschnittliche Ergebnisse erzielen. Bei der Erläuterung mussten die Studierenden die Pfortader, einen Nebenast und im Vergleich dazu eine Lebervene zeigen. Die Darstellung und die Unterscheidungsmerkmale von der Pfortader

und der Lebervene wurden in dem Film ausführlich erläutert. Die unterdurchschnittlichen Prüfungsergebnisse sprechen für ein mangelhaftes Verständnis in diesem Bereich.

Um die Fähigkeit zur Erläuterung von Ultraschallbildern zu verbessern, kann der kurz- und insbesondere langfristige Lernerfolg z.B. dadurch erhöht werden, die Standardschnittebenen zu zeichnen und erkannte Strukturen zu beschriften (Hofer 2012).

4.4 Vergleich der Messmethoden

In den Prüfungen wurden verschiedene Messmethoden für verschiedene Schnitte gefordert. Durch die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade dieser Messungen wurde die Vergleichbarkeit der Prüfungen zwischen den Schnitten herabgesetzt. Dies wurde in Kauf genommen, um den Studierenden eine möglichst breite Ausbildung in verschiedenen Messmethoden zu gewährleisten. Bei mündlichen Rückmeldungen während der Entwicklung des Films gaben die Studierenden vor allem Schwierigkeiten bei den dopplersonographischen Messungen (Pulsed-Wave-Doppler zur Messung der Flussgeschwindigkeiten) und des M-Modes zur Konturenanalyse an. Die Messung von anatomischen Abständen wurde hingegen als einfacher bezeichnet. Die Prüfungsergebnisse bestätigen diese mündlichen Rückmeldungen. Im Vergleich der Messmethoden untereinander konnten bei der Messung von Abständen bessere Ergebnisse erreicht werden als bei der Messung der Flussgeschwindigkeit, welche wiederum bessere Ergebnisse erzielt als die Messungen im M-Mode. Jede Messmethode unterschied sich dabei signifikant anhand der vergebenen Punktzahlen. Der einzige Schnitt, bei dem die Anwendung des M-Modes gefordert wurde, war „Herz: parasternal, lange Achse“. Da in der Prüfung dieses Schnitts überdurchschnittliche Ergebnisse in der Untersuchung und Bilderläuterung erreicht wurden, ergibt sich selbst im Vergleich mit den unterdurchschnittlichen Messergebnissen die zweithöchste Gesamtpunktzahl.

4.5 Objektiviertes Punkteschema im Vergleich zu der subjektiven Bewertungsskala

Im Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den subjektiv als Teil einer numerischen Bewertungsskala durch die Prüfer vergebenen und den objektivierten Punkten im Prüfungsbogen. Dies könnte auf einen Prüferbias hindeuten. Bei erfahrenen Prüfern

konnte jedoch insbesondere bei praktischen Prüfungen teilweise eine höhere Validität und Reliabilität der Bewertung der Fähigkeiten durch die subjektive Bewertungsskala gezeigt werden, als es durch eine spezifische prozedurale Skala im Rahmen einer OSCE-Prüfung möglich war (Regehr et al. 1998, Aggarwal et al. 2008, Hofer et al. 2011).

4.6 Evaluationsverfahren für Sonographie-Kenntnisse im Vergleich

Das Testverfahren dieser Arbeit basierte auf dem OSCE-Modell. Als Alternative zu der OSCE-Prüfung gibt es die sogenannte OSAUS-Skala (*Objective Structured Assessment of Ultrasound Skills*), die von Tolsgaard et al. (2013) in einer konsentierten Delphi-Studie entwickelt wurde. Diese Skala kann fachbereichsübergreifend für die Bewertung von Sonographie-Kenntnissen benutzt werden.

Die Bewertung erfolgt anhand der Unterpunkte

- Indikation für die Untersuchung
- Technische Kenntnisse über das Ultraschallgerät
- Bildoptimierung
- Systematische Untersuchung
- Interpretation der Ultraschallbilder
- Dokumentation der Untersuchung
- Medizinische Entscheidung für das weitere Vorgehen

Die Unterpunkte „Indikation“ und „medizinische Entscheidung“ sind optional und wären für unseren Kurs nicht anwendbar gewesen. Die Bewertung erfolgt in einer Fünf-Punkte-Skala für jeden Unterpunkt (Tolsgaard et al. 2013). Todsen et al. (2015) konnten zeigen, dass die OSAUS-Skala sowohl zu Überwachung des Lehrerfolgs während der Kurse und als Abschlussprüfung eingesetzt werden kann. Die Einweisungszeit für die Prüfer konnte dabei gering gehalten werden. Dagegen sind in der OSCE-Prüfung die Einweisung und das Training der Prüfer ein großer zeitlicher Faktor (Hofer et al. 2011).

Für die Quantifizierung der Qualität von Ultraschallbildern wurde die *Brightness Mode Quality Ultrasound Imaging Examination Technique* (B-QUIET) entwickelt. Während die Ultraschall OSCE-Prüfung und die OSAUS-Skala den gesamten Untersuchungsablauf inklusive Führung des Schallkopfs bewerten, ist B-QUIET auf das Ultraschallbild beschränkt. Die wesentlichen Merkmale sind Identifikation/Orientierung, technische Bildqualität und

abgebildete Anatomie (Bahner et al. 2011).

Während sich die B-QUIET zumindest nicht ohne Zusätze für eine Bewertung unseres Kurses eignen würde, könnte diese Technik zumindest ergänzend verwendet werden. Die OSAUS-Skala hingegen könnte ohne weitere Modifikationen für einen Vergleich hinzugezogen werden. Der Vergleich der Bewertungssysteme würde eine Beurteilung der Testgütekriterien ermöglichen. Eine nachträgliche Anwendung der OSAUS-Skala auf die Prüfungen ist nicht möglich, da hierfür eine komplette Videodokumentation der Ultraschalluntersuchungen notwendig gewesen wäre. Jedoch könnte ein Vergleich der Evaluationsverfahren in zukünftigen Prüfungen verwendet werden.

4.7 Aufgabenstellung

Im Gegensatz zum OSCE, in dem definitionsgemäß eine klinische Aufgabenstellung erfolgt, konzentrierte sich unser Kurs auf präklinische und damit physiologische Kenntnisse (Harden und Gleeson 1979). Um Studierende besser, also praxisbezogener auf den klinischen Alltag vorzubereiten, könnten erweiternd klinische Aufgabenstellungen mit konkreten Krankheitsbildern verwendet werden. Diese Form der Prüfung ermöglicht den Studierenden, selbstständig zu entscheiden in welchem Bereich die Ultraschallanwendung für die Diagnostik indiziert ist. Aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit der Prüfungsergebnisse wurde jedoch eine explizite Anweisung erteilt, indem die Studierenden genaue Vorgaben erhielten, welcher Ultraschallschnitt einzustellen war.

4.8 Bestehensgrenze

Da diese Prüfung zum ersten Mal durchgeführt wurde und es keine Pflichtveranstaltung war, gab es keine Bestehensgrenze. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass etablierte Bestehens- und Durchfallstandards zu einer höheren Motivation der Studierenden führen können (Kromann et al. 2009, Todsen et al. 2015) und zusätzlich der langfristige Lernerfolg gesteigert wird (Kromann et al. 2010). Bedingt durch einen signifikanten Unterschied in der Bewertung zwischen den Prüfern kann eine Bestehensgrenze jedoch erst bei höherer Testreliabilität etabliert werden.

In der Studie von Hofer et al. (2011) wurde die Prüfung entsprechend so ausgerichtet, dass 90% der Teilnehmer in gegebener Zeit alle gestellten Aufgaben bearbeiten konnten. Bei

einer Bestehensgrenze von 60% hätte in unserem Kurs somit die Durchfallrate 4,6% betragen, da fünf Teilnehmende des Filmkurses und ein Teilnehmer des Arztkurses weniger als 60% der Maximalpunktzahl erreichten.

4.9 Stichprobengröße und Ausschluss von Probanden

Für die Prüfungen gab es kein Protokoll zum Ausschluss von Probanden in der Funktion als „Patient“. Einzelne Probanden sind jedoch deutlich schwieriger zu untersuchen als andere und können somit das Testergebnis interindividuell verfälschen. Da es nicht möglich ist, alle Prüfungen an derselben Person durchzuführen, könnte ein Ausschlussprotokoll für die zu untersuchenden Probanden erstellt werden. Als Ausschlusspunkte könnten Adipositas oder Luftreflexionen des Gastrointestinaltrakts über relevanten anatomischen Strukturen definiert werden.

Da die Prüfungsbedingungen wie oben beschrieben je nach Schnitt diverse Unterschiede aufwiesen, wäre ein Vergleich des Film- und Arztkurses innerhalb der Schnitte interessant gewesen. Für einen solchen Vergleich war die Stichprobe jedoch nicht groß genug. Am häufigsten wurde das Herz mit jeweils 13 Mal im apikalen 4-Kammerblick und in der parasternalen, kurzen Achse geprüft, die Harnblase dagegen nur acht Mal. Folglich hätte im Fall der größten Stichprobe ein Vergleich zwischen sieben Prüfungen im Filmkurs und sechs Prüfungen im Arztkurs für zwei Schnitte stattfinden können. Im Fall der kleinsten Stichprobe hätte ein Vergleich von fünf versus drei Prüfungen resultiert. Für eine statistische Auswertung war die Probenmenge somit zu gering. Die Stichprobengröße wurde durch die begrenzte Kapazität des ärztlichen Personals limitiert.

4.10 Limitationen dieser Arbeit

Die Hauptgütekriterien eines Tests sind Objektivität, Reliabilität und Validität. Bei der für uns als Vorlage dienenden OSCE von Hofer et al. (2011) waren diese Kriterien bereits etabliert. Bei unserem Kurs wurden jedoch andere Schwerpunkte gesetzt. Unter anderem wurde statt einer Begrenzung auf die Abdomen- auch die Herzsonographie intensiv gelehrt und geprüft. Durch den anderen Prüfungsmodus und abweichende Lernziele mussten daher die Gütekriterien neu evaluiert werden.

Die grundlegenden Fähigkeiten „Schallkopfpositionierung, -orientierung, -ankopplung“ und „adäquate Vergrößerung“ wurden ohne Änderungen aus dem OSCE-Testverfahren von Hofer et al. (2011) übernommen. Auch der Unterpunkt „Patientenführung“ und die numerische Bewertungsskala für die subjektive Bewertung durch Experten wurden nicht verändert. Die Unterpunkte „Untersuchung“, „Messung“ und „Bilderläuterung“ mussten an die neuen Anforderungen der Prüfung angepasst werden.

4.10.1 Prüfer-Bias

Der nach Prüfern aufgeschlüsselte signifikante Unterschied der Gesamtpunktzahlen lässt auf eine reduzierte Testreliabilität schließen. In der Gesamtperformance, die sich nur aus den subjektiv vergebenen acht Punkten pro Prüfung zusammensetzt, konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Prüfern festgestellt werden. Das deutet auf eine unterschiedliche Interpretation des objektivierten Punkteschemas hin.

Um einen Prüfer-Bias auszuschließen oder zumindest zu reduzieren empfehlen sich explizite Prüferanweisungen. Hofer et al. (2011) entwarfen diesbezüglich Richtlinien für gegebenenfalls notwendige Interventionen während der Prüfungen mit exakten zeitlichen Anweisungen wann und in welcher Form diese auszuführen seien. Zusätzlich wurden Ausbildungseinheiten für die Prüfer durchgeführt um die korrekte Anwendung des Testverfahrens zu gewährleisten. Die Reliabilität zwischen verschiedenen Prüfern (Interrater-Reliabilität) kann anschließend durch den parallelen Einsatz von zwei Prüfern in jeder Prüfung getestet werden (Harden und Gleeson 1979). Das hätte in unserer Arbeit die doppelte Anzahl von Ärzten erforderlich gemacht und war logistisch nicht umsetzbar.

Darüberhinaus kann auch die Anzahl der Kursteilnehmenden und auswertbaren Prüfungsergebnisse als zu gering erachtet werden. Im Rahmen dieser als Pilotstudie geltenden Arbeit erachteten wir diese Anzahl jedoch als ausreichend.

4.11 Ausblick

Da das neue Kurskonzept dem klassisch ärztlich geleiteten Kleingruppenunterricht nahezu gleichwertig war, stellt das Lehrfilm-basierte Konzept mit studentischen Tutoren durchaus eine alternative Möglichkeit dar, die Problematik der personellen Ressource des Arztkurses zu lösen. Somit könnten mit dem neuen Konzept deutlich mehr Studierende einen Kurs

erhalten. Die dadurch freigewordene Kapazität des ärztlichen Personals kann in Zukunft für eine verbesserte und intensivere Ausbildung der Tutoren bzw. für die Supervision der größeren Anzahl angebotener Kurse verwendet werden. Mit zunehmender Erfahrung hat das neue Kurskonzept das Potential eine hohe Qualität bei einer größeren Anzahl von Teilnehmenden zu erzielen.

Da das neue Kurskonzept keine Pathologien lehrt, können die Studierenden nach Abschluss des Kurses noch keine eigenständigen Untersuchungen durchführen. Das war jedoch auch nicht der Zweck dieses Kurses. Die Studierenden haben die grundlegenden Fähigkeiten für ihre weiterführende Ausbildung erhalten ohne die Ausbildung auf einen Fachbereich zu begrenzen. Zusätzlich kann durch eine grundlegende Sonographie-Ausbildung die Fertigkeit für klinisch-körperliche Untersuchungen verbessert werden (Fodor et al. 2012). Für die Lehre von Pathologien stehen meist nicht genügend Patienten zur Verfügung. Zudem würde die Untersuchung von mehreren Studenten die klinische Diagnostik oder Therapie verzögern. Deshalb wurde bereits der Einsatz von Simulatoren zur Sonographie-Ausbildung getestet. Durch exakt gleiche Prüfungsbedingungen könnten Zertifizierungen standardisiert und objektiviert werden. Diese Simulatoren sind jedoch mit zum Teil hohen Anschaffungskosten verbunden und können allenfalls als ein zusätzliches Instrument zur Lehre der Pathologien im Anschluss an den Grundkurs eingesetzt werden (Hofer et al. 2011, Terkamp et al. 2003). Dennoch ist es durchaus denkbar, das Lehrfilm-basierte Konzept auch auf die Lehre pathologisch-sonographischer Kenntnisse zu erweitern.

Die sonographischen Fähigkeiten korrelieren stark mit der Anzahl der durchgeführten Untersuchungen. Um die Tutoren besser zu schulen bieten sich deshalb außer Aufbaukursen auch sogenannte Ultraschall-Famulaturen an, wie sie bereits an den Universitäten Heidelberg und Düsseldorf angeboten werden. In diesen Famulaturen können zukünftige Tutoren oder auch andere Medizinstudierende in Ultraschall-Ambulanzen in verschiedenen Fachbereichen unter der Anleitung von Ärzten praktische Erfahrungen sammeln. Insbesondere können sich die Medizinstudierenden auf den Umgang mit schwer zu untersuchenden Patienten und Pathologien fokussieren.

Außerhalb von freiwilligen Famulaturen bietet sich auch eine Integration der Sonographie-Ausbildung in das Curriculum von praktischen Untersuchungskursen, Blockpraktika oder das praktische Jahr an (Hoppmann et al. 2011). Fernández-Frasselton et al. (2007) konnten dabei

zeigen, dass Sonographie-Kurse für fortgeschrittene Medizinstudierende in Praxisphasen, vergleichbar mit dem Praktischen Jahr, von Vorteil sind. Während viele Studierende in diesen praktischen Phasen bereits mit dem Ultraschall in Kontakt kommen, besteht noch kein einheitliches Ausbildungskonzept (Rao et al. 2008).

Zuletzt ist auch der präklinische Einsatz der sonographischen Lehre im Medizinstudium in Erwägung zu ziehen. Bereits in der Vorklinik kann die Sonographie in der Lehre von Anatomie und Physiologie effektiv eingesetzt werden. Langfristig könnte so ein Curriculum entstehen, dass die Ultraschallanwendung über das gesamte Medizinstudium ermöglicht (Hoppmann et al. 2011, Dinh et al. 2016a). Ergänzend kann durch Prüfungen im OSCE-Format der Lernfortschritt überwacht werden.

5. Zusammenfassung

In der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel gibt es Ultraschallkurse in Kleingruppen für Studierende der Medizin. Zuletzt war die Nachfrage nach Kursplätzen jedoch zu groß, um allen Kursinteressierten eine Teilnahme zu ermöglichen. Vor diesem Hintergrund wurde ein innovatives, lehrfilmbasiertes Kurskonzept für die sonographische Ausbildung von Medizinstudierenden gemeinsam mit der Fachhochschule Kiel entwickelt.

In der vorliegenden Arbeit sollte überprüft werden, ob dieses neue, lehrfilmbasierte Konzept („Filmkurs“) hinsichtlich des Lernerfolges der Studierenden verglichen mit dem klassischen, nicht-videobasierten und ärztlich angeleiteten Kurskonzept („Arztkurs“) gleichwertig ist. Übergeordnetes Ziel des neuen Lehrkonzeptes war, die Sonographie-Ausbildung einer größeren Anzahl von Medizinstudierenden zugänglich zu machen, da als limitierender Faktor des klassischen Lehrkonzeptes im wesentlichen die Kapazität der ärztlichen Betreuung ermittelt wurde.

Das neue Lehrkonzept setzte sich zusammen aus 1) einem eigens dafür erstellten Lehrvideo für die Abdomen-Sonographie und Echokardiographie, welches den Kursteilnehmern präsentiert wurde sowie 2) einer zusätzlichen Praxis-Begleitung der Kursteilnehmer durch zuvor geschulte studentische Tutoren aus höheren Semestern. Das klassische, bereits etablierte Lehrkonzept war dagegen nicht videobasiert und der Unterricht wurde durch in der Sonographie erfahrene Ärzte als Lehrende begleitet.

Insgesamt nahmen 96 Medizinstudierende des 7. Semesters der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel teil, die in die Gruppen "Filmkurs" oder "Arztkurs" randomisiert wurden. Alle Teilnehmer beider Gruppen absolvierten nach Abschluss der Kurse eine Prüfung basierend auf dem OSCE-Konzept, in der die erworbenen sonographischen Fähigkeiten der Studierenden anhand definierter Kriterien geprüft und nach einem Punkteschema (maximal 40 Punkte) bewertet wurden. Die Probanden mussten dafür einen von sieben vorgegebenen, zufällig ausgewählten Ultraschallschnitt einstellen, entsprechende Messungen durchführen und das Bild anschließend erläutern.

Von den 96 teilnehmenden Studierenden konnten 77 Prüfungen statistisch ausgewertet werden (N=42 im Filmkurs, N=35 im Arztkurs). Beide Gruppen erreichten bei der OSCE-Prüfung im Mittel nahezu identische Punktzahlen (Filmkurs 31,3/40 Punkte versus Arztkurs

32,7/40 Punkte). Im Hinblick auf den Lernerfolg insgesamt zeigte sich also kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Beide Gruppen zeigten dabei ähnliche Defizite bei der Anwendung von anspruchsvolleren Messungen, z.B. der Messung der Flussgeschwindigkeit der Pfortader oder den Messungen in der Echokardiographie. Unsere Ergebnisse zeigen also, dass der „Filmkurs“ verglichen mit dem klassisch-ärztlich geleiteten Unterricht nahezu gleichwertig ist und dieses Kurskonzept somit durchaus eine Alternative darstellt. Insbesondere bei fortgeschrittenen Ultraschallmessungen ist jedoch die Hilfestellung durch in der Ultraschalluntersuchung erfahrener Experten unerlässlich. Es besteht jedoch das Potential, mit einer erweiterten Ausbildung der (studentischen) Tutoren und einer Modifikation bzw. Optimierung der medialen Unterstützung eine qualitativ hochwertige Sonographie-Ausbildung für Medizinstudierende bei größeren Teilnehmerzahlen zu ermöglichen.

6. Literaturverzeichnis

- Aggarwal, R., Grantcharov, T., Moorthy, K., Milland, T., Darzi, A. (2008): Toward feasible, valid, and reliable video-based assessments of technical surgical skills in the operating room. *Ann. Surg.*, 247, 2, 372-379
- Dinh, V. A., Fu, J. Y., Lu, S., Chiem, A., Fox, J. C., Blaivas, M. (2016a): Integration of ultrasound in medical education at United States medical schools. A national survey of directors' experiences. *J. Ultrasound Med.*, 35, 413-419
- Dinh, V. A., Lakoff, D., Hess, J., Bahner, D. P., Hoppmann, R., Blaivas, M., Pellerito J. S., Abuhamad, A., Khandelwal, S. (2016b): Medical student core clinical ultrasound milestones. A consensus among directors in the United States. *J. Ultrasound Med.*, 35, 421-434
- Anastasi, A., Urbina, S. (1997): Psychological testing. 7. ed. Upper Saddle River, Prentice Hall, USA
- Angtuaco, T. L., Hopkins, R. H., DuBose, T. J., Bursac, Z., Angtuaco, M. J., Ferris, E. J. (2007): Sonographic physical diagnosis 101. Teaching senior medical students basic ultrasound scanning skills using a compact ultrasound system. *Ultrasound quarterly*, 23, 157-160.
- Arger, P. H., Schultz, S. M., Sehgal, C. M., Cary, T. W., Aronchick, J. (2005): Teaching medical students diagnostic sonography. *J. Ultrasound Med.*, 24, 1365-1369
- Bahner, D. P., Adkins, E. J., Hughes, D., Barrie, M., Boulger, C. T., Royall, N. A. (2013): Integrated medical school ultrasound. Development of an ultrasound vertical curriculum. *Crit. Ultrasound J.*, 5, 6
- Bahner, D. P., Adkins, E. J., Nagel, R., Way, D., Werman, H. A., Royall, N. A. (2011): Brightness mode quality ultrasound imaging examination technique (B-QUIET). Quantifying quality in ultrasound imaging. *J Ultrasound Med.*, 30, 1649-1655
- Baltarowich, O. H., Di Salvo, D. N., Scoutt, L. M., Brown, D. L.; Cox, C. W., DiPietro, M. A., Glazer, D. I., Hamper, U. M., Manning, M. A., Nazarian, L. N., Neutze J. A., Romero, M., Stephenson, J. W., Dubinsky, T. J. (2014): National ultrasound curriculum for medical students. *Ultrasound Q.*, 30, 13-19
- Bloom B. A., Gibbons R. C. (2019): Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST). StatPearls Publishing, Treasure Island, Florida, USA. Abgerufen am 22. September 2019 von <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470479/>
- Cantisani, V., Dietrich, C. F., Badea, R., Dudea, S., Prosch, H., Cerezo, E., Nuernberg, D., Serra, A. L., Sidhu, P. S., Radzina, M., Piscaglia, F., Bachmann Nielsen, M., Ewertsen, C., Săftoiu, A., Calliada, F., Gilja, O. H. (2016): EFSUMB statement on medical student education in ultrasound [long version]. *Ultrasound Int Open*, 2, E2-7

Carraccio, C., Wolfsthal, S. D., Englander, R., Ferentz, K., Martin, C. (2002): Shifting paradigms. From flexner to competencies. *Acad. Med*, 77, 361-367

Chiem, A. T., Soucy, Z., Dinh, V. A., Chilstrom, M., Gharahbaghian, L., Shah, V., Medak, A., Nagdev, A., Jang, T., Stark, E., Hussain, A., Lobo, V., Pera, A., Fox, J. C. (2016): Integration of ultrasound in undergraduate medical education at the California medical schools. A discussion of common challenges and strategies from the UMeCali experience. *J. Ultrasound Med*, 35, 221-233

DEGUM e.V. - Arbeitsgruppe "Studierende in der DEGUM" (2018): Arbeitsgruppe "Studierende in der DEGUM". Abgerufen am 16. Oktober 2019 von <https://www.degum.de/aktivitaeten/studenten/arbeitsgruppe-studierende-der-degum.html>

Dickerson, J., Paul, K., Vila, P., Whiticar, R. (2017): The role for peer-assisted ultrasound teaching in medical school. *Clin Teach*, 14, 170-174

Dietrich, C. F. (2017): Ultrasound student education. *Med. Ultrason*, 19, 131-133

Fernández-Frakelton, M., Peterson, M., Lewis, R. J., Pérez, J. E., Coates, W. C. (2007): A bedside ultrasound curriculum for medical students. Prospective evaluation of skill acquisition. *Teach Learn Med*, 19, 14-19

Fodor, D., Badea, R., Poanta, L., Dumitrescu, D. L., Buzoianu, A. D., Mircea, P. A. (2012): The use of ultrasonography in learning clinical examination - a pilot study involving third year medical students. *Med Ultrason*, 14, 177-181

Frey Tirri, B., Troeger, C., Holzgreve, W., Tercanli, S. (2007): Quality management of nuchal translucency measurement in residents. *Ultraschall Med*, 28, 484-488

Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2017): Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern, 2017. Abgerufen am 30. Juli 2019 von http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_init?gbe.isgbetol/xs_start_neu/&p_aid=i&p_aid=1017819&nummer=662&p_sprache=D&p_indsp=99999999&p_aid=18515249

Gracias, V. H., Frankel, H. L., Gupta, R., Malcynski, J., Gandhi, R., Collazzo, L., Nisenbaum H, Schwab CW. (2001): Defining the learning curve for the Focused Abdominal Sonogram for Trauma (FAST) examination. Implications for credentialing. *Am. Surg*, 67, 364-368

Guze, P. A. (2015): Using Technology to Meet the Challenges of Medical Education. *Trans. Am. Clin. Climatol. Assoc*, 126, 260-270

Harden, R. M., Gleeson, F. A. (1979): Assessment of clinical competence using an objective structured

clinical examination (OSCE). *Med. Educ.*, 13, 41-54

Hempel, D., Haunhorst, S., Sinnathurai, S., Seibel, A., Recker, F., Heringer, F., Michels, G., Breitkreutz, R. (2016): Social media supplement point-of-care ultrasound courses: the “sandwich e learning” approach. A randomized trial. *Crit. Ultrasound J.*, 8, 3

Hertzberg, B. S., Kliewer, M. A., Bowie, J. D., Carroll, B. A., DeLong, D. H., Gray, L., Nelson, R. C. (2000): Physician training requirements in sonography. How many cases are needed for competence? *Am. J. Roentgenol.*, 174, 1221-1227.

Hofer, M., Jansen, M., Soboll, S. (2006): Verbesserungspotenzial des Medizinstudiums aus retrospektiver Sicht von Facharztprüflingen. *Dtsch. Med. Wochenschr.*, 131, 373-378

Hofer, M., Kamper, L., Sadlo, M., Sievers, K., Heussen, N. (2011): Evaluation of an OSCE assessment tool for abdominal ultrasound courses. *Ultraschall Med.*, 32, 184-190

Hofer, M. (2012): *Sono Grundkurs. Ein Arbeitsbuch für den Einstieg.* Thieme, Stuttgart

Hoppmann, R., Blaivas, M., Elbarbary, M. (2012): Better medical education and health care through point-of-care ultrasound. *Acad. Med.*, 87, 134

Hoppmann, R. A., Rao, V. V., Poston, M. B., Howe, D. B., Hunt, P. S., Fowler, S. D., Paulman, L. E., Wells, J. R., Richeson, N. A., Catalana, P. V., Thomas, L. K., Britt Wilson, L., Cook, T., Riffle, S., Neuffer, F. H., McCallum, J. B., Keisler, B. D., Brown, R. S., Gregg, A. R., Sims, K. M., Powell, C. K., Garber, M. D., Morrison, J. E., Owens, W. B., Carnevale, K. A., Jennings, W. R., Fletcher, S. (2011): An integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students. 4-year experience. *Crit Ultrasound J.*, 3, 1-12

Jung, A. (2019): Entwicklung und Evaluation zweier Lehrfilme für die Sonographie-Ausbildung von Studierenden. *Med. Diss.*, Kiel

Khandelwal, A., Devine L. A., Otremska, M. (2017): Quality of widely available video instructional materials for point-of-care ultrasound-guided procedure training in internal medicine. *J. Ultrasound Med.*, 36, 1445-1452

Kromann, C. B., Bohnstedt, C., Jensen, M. L., Ringsted, C. (2010): The testing effect on skills learning might last 6 months. *Adv. Health. Sci. Educ. Theory Pract.*, 15, 395-401

Kromann, C. B., Jensen, M. L., Ringsted, C. (2009): The effect of testing on skills learning. *Med. Educ.*, 43, 21-27

Malone, F. D. (2005): Nuchal translucency-based Down syndrome screening. Barriers to implementation. *Semin. Perinatol.*, 29, 272-276

Mercaldi, C. J., Lanes, S. F. (2013): Ultrasound guidance decreases complications and improves the cost of care among patients undergoing thoracentesis and paracentesis. *Chest*, 143, 532-538

Minimum training recommendations for the practice of medical ultrasound (2006): Education and Practical Standards Committee, European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology. *Ultraschall Med*, 27, 79-105

Mircea, P. A., Badea, R., Fodor, D., Buzoianu, A. D. (2012): Using ultrasonography as a teaching support tool in undergraduate medical education - time to reach a decision. *Med. Ultrason*, 14, 211-216

Rao, S., van Holsbeeck, L., Musial, J. L., Parker, A., Bouffard, J. A., Bridge, P., Jackson, M., Dulchavsky, S. A. (2008): A pilot study of comprehensive ultrasound education at the Wayne State University School of Medicine. A pioneer year review. *J. Ultrasound Med*, 27, 745-749

Regehr, G., MacRae, H., Reznick, R. K., Szalay, D. (1998): Comparing the psychometric properties of checklists and global rating scales for assessing performance on an OSCE-format examination. *Acad. Med*, 73, 993-997

Sisley, A. C., Johnson, S. B., Erickson, W., Fortune, J. B. (1999): Use of an Objective Structured Clinical Examination (OSCE) for the assessment of physician performance in the ultrasound evaluation of trauma. *J. Trauma*, 47, 627-631

Terkamp, C., Kirchner, G., Wedemeyer, J., Dettmer, A., Kielstein, J., Reindell, H., Bleck, J., Manns, M., Gebel, M. (2003): Simulation of abdomen sonography. Evaluation of a new ultrasound simulator. *Ultraschall Med*, 24, 239-4

Todsen, T., Tolsgaard, M. G., Olsen, B. H., Henriksen, B. M., Hillingsø, J. G., Konge, L., Jensen, M. L., Ringsted, C. (2015): Reliable and valid assessment of point-of-care ultrasonography. *Ann. Surg*, 261, 309-315

Tolsgaard, M. G., Todsen, T., Sorensen, J. L., Ringsted, C., Lorentzen, T., Ottesen, B., Tabor, A. (2013): International multispecialty consensus on how to evaluate ultrasound competence. A Delphi consensus survey. *PLoS one*, 8, e57687

Walzak, A., Bacchus, M., Schaefer, J. P., Zarnke, K., Glow, J., Brass, C., McLaughlin, K., Ma, I. W. (2015): Diagnosing technical competence in six bedside procedures. Comparing checklists and a global rating scale in the assessment of resident performance. *Acad. Med*, 90, 1100-1108

Weyrich, P., Celebi, N., Schrauth, M., Möltner, A., Lammerding-Köppel, M., Nikendei, C. (2009): Peer-assisted versus faculty staff-led skills laboratory training. A randomised controlled trial. *Med. Educ*,

43, 113-120

Yoo, M. C., Villegas, L., Jones, D. B. (2004): Basic ultrasound curriculum for medical students. Validation of content and phantom. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A*, 14, 374-379

Young, N., Kinsella, S., Raio, C. C., Nelson, M., Chiricolo, G., Johnson, A., Malcolm, G., Drumheller, B. C., Ward, M. F., Sama, A. (2010): Economic impact of additional radiographic studies after registered diagnostic medical sonographer (RDMS)-certified emergency physician-performed identification of cholecystitis by ultrasound. *J. Emerg. Med.*, 38, 645-651

7. Anhang

Prüfungsbögen aller Standardschnittebenen mit Bewertungsskala für Echokardiographie und Abdomen-Sonographie

Vena portae

1. Beurteilen Sie bitte sonographisch die Pfortader mit ihren beiden Hauptästen.
2. Messen Sie bitte die Flussgeschwindigkeit in der Pfortader.

erreichte Punkte	max. Punkte
------------------	-------------

Schallkopf-Handling zu Beginn

Orientierung:

- richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkoppeln (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (0)

	2
--	---

Positionierung:

- richtig, oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt mit optimaler Schwenktechnik (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (2)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittebene (0)

	2
--	---

Ankopplung:

- koppelt den Schallkopf mit Gel und Druck an, variiert den Druck (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- kein Anpressdruck und/oder kein Gel + Schallkopf in der Luft und/oder unkontrollierter Druck auf Xiphoid/Rippe (0)

	2
--	---

Adäquate Vergrößerung:

- stellt adäquat und selbstständig die angemessene Vergrößerung ein (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0)

	2
--	---

Patientenführung:

- richtig:
 - „Bitte tief Luft holen und die Luft anhalten!“ (4)
 - und Aufforderung zum Weiteratmen (2)
- unvollständig, anfängliche Schwierigkeiten oder Aufforderung (2)
- gar nicht oder nach Aufforderung wieder nicht oder immer noch unvollständig (0)

	6
--	---

Untersuchung

Einstellen der Vena portae:

- Ausführung selbstständig, sichere Darstellung der V. portae im Längsschnitt (8)
- inkomplett oder nur schräg angeschnitten dargestellt (4)
- nur mit manueller Hilfe (2)
- gar nichts gesehen; trotz manueller Hilfe keine adäquate Einstellung (0)

	8
--	---

Messung:

- Messpunkt korrekt gesetzt (6)
- Falscher Messpunkt oder Aufforderung (4)
- Messung nur mit manueller Hilfe (2)
- daneben gemessen trotz manueller Hilfe (0)

	6
--	---

Bildererläuterung

- Zeigt korrekt die Pfortader (2)
- Zeigt korrekt die Aufzweigung der Pfortader mit Hauptast (re/li) (1)
- Zeigt korrekt einen Ast einer Lebervene (1)

	4
--	---

Gesamtperformance

insgesamt souverän 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 deutliche Defizite

	8
--	---

Gesamtpunktzahl:

	40
--	----

Niere rechts

1. Beurteilen Sie bitte sonographisch die rechte Niere.
2. Messen Sie bitte den Resistance Index (RI).

erreichte Punkte	max. Punkte
------------------	-------------

Schallkopf-Handling zu Beginn

Orientierung:

- richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkoppeln (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (0)

	2
--	---

Positionierung:

- richtig, oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt mit optimaler Schwenktechnik (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittebene (0)

	2
--	---

Ankopplung:

- koppelt den Schallkopf mit Gel und Druck an, variiert den Druck (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- kein Anpressdruck und/oder kein Gel + Schallkopf in der Luft und/oder unkontrollierter Druck auf Xiphoid/Rippe (0)

	2
--	---

Adäquate Vergrößerung:

- stellt adäquat und selbstständig die angemessene Vergrößerung ein (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0)

	2
--	---

Patientenführung:

- richtig:
 - „Bitte tief Luft holen und die Luft anhalten!“ (4)
 - und Aufforderung zum Weiteratmen (2)
- unvollständig, anfängliche Schwierigkeiten oder Aufforderung (2)
- gar nicht oder nach Aufforderung wieder nicht oder immer noch unvollständig (0)

	6
--	---

Untersuchung

Durchmusterung

- komplett und in zwei Ebenen, gleichmäßiges und adäquates Tempo (6)
- inkorrekt in zwei Ebenen oder eine Ebene komplett oder Tempo inadäquat (4)
- nur eine Ebene schlecht oder mit Hilfe (2)
- gar nichts gesehen; trotz manueller Hilfe keine adäquate Einstellung (0)

	6
--	---

Messung:

- Messpunkt des RI korrekt gesetzt auf eine Arterie an der Mark-Rinden-Grenze im Längsschnitt mit korrektem Flussprofil (8)
- RI Messung an der Mark-Rinden-Grenze (4)
- Messung nur mit manueller Hilfe (2)
- daneben gemessen trotz manueller Hilfe (0)
- Korrektes Ausmessen des Flussprofils zur Bestimmung des RI (2)

	10
--	----

Bildererläuterung:

- zeigt korrekt die Mark-Rinden-Grenze (2)

	2
--	---

Gesamtperformance

Insgesamt souverän 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 deutliche Defizite

	8
--	---

Gesamtpunktzahl:

	40
--	----

Milz

1. Beurteilen Sie bitte sonographisch die Milz.
2. Messen Sie bitte die Milzgröße aus.
3. Stellen Sie bitte den Koller-Pouch ein.

erreichte Punkte	max. Punkte
------------------	-------------

Schallkopf-Handling zu Beginn

Orientierung:

- richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkoppeln (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (0)

	2
--	---

Positionierung:

- richtig, oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt mit optimaler Schwenktechnik (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittebene (0)

	2
--	---

Ankopplung:

- koppelt den Schallkopf mit Gel und Druck an, variiert den Druck (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- kein Anpressdruck und/oder kein Gel + Schallkopf in der Luft und/oder unkontrollierter Druck auf Xiphoid/Rippe (0)

	2
--	---

Adäquate Vergrößerung:

- stellt adäquat und selbstständig die angemessene Vergrößerung ein (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0)

	2
--	---

Patientenführung:

- Aufforderung zur optimierender Atmung, Einstellung in Atemmittellage oder Expiration (2)
- Korrekte Lagerung mit linkem Arm hinter dem Kopf (2)

	4
--	---

Untersuchung

Durchmusterung

- Einstellung mit jeweils:
 - oberem Milzpol (2)
 - unterem Milzpol (2)
 - Hilus (2)
 - mit Koller-Pouch in einem Extraschnitt (2)
- Einstellung ohne die o.g. Anhaltspunkte (0)

	8
--	---

Messung:

- richtige Messpunkte an den Polen, beide Messungen im 90° Grad Winkel zueinander auf Höhe des Hilus (8)
- richtige Messpunkte an den Polen, beide Messungen nicht im 90° Grad Winkel zueinander auf Höhe des Hilus (6)
- richtige Messpunkte an den Polen, beide Messungen nicht im 90° Grad Winkel zueinander und nicht auf Höhe des Hilus (4)
- Messung nur mit manueller Hilfe (2)
- daneben gemessen trotz manueller Hilfe (0)

	8
--	---

Bildererläuterung:

- Zeigt und benennt die Milz-Pole (1), den Hilus (1) und den Koller-Pouch (2)

	4
--	---

Gesamtperformance

insgesamt souverän 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 deutliche Defizite

	8
--	---

Gesamtpunktzahl:

	40
--	----

Harnblase

1. Beurteilen Sie bitte sonographisch die Harnblase.
2. Messen Sie bitte die Größe der Harnblase im Querschnitt.
3. Zeigen Sie bitte den Douglasraum/ die Excavatio rectovesicalis.
4. Zeigen Sie bitte die Prostata/Uterus in einer Ebene.

erreichte Punkte	
max. Punkte	

Schallkopf-Handling zu Beginn

Orientierung:

- richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkoppeln (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (0)

	2
--	---

Positionierung:

- richtig, oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt mit optimaler Schwenktechnik (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittebene (0)

	2
--	---

Ankopplung:

- koppelt den Schallkopf mit Gel und Druck an, variiert den Druck (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- kein Anpressdruck und/oder kein Gel + Schallkopf in der Luft und/oder unkontrollierter Druck auf Xiphoid/Rippe (0)

	2
--	---

Adäquate Vergrößerung:

- stellt adäquat und selbstständig die angemessene Vergrößerung ein (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0)

	2
--	---

Untersuchung

Durchmusterung

- komplett in 2 Ebenen über die lateralen Ränder hinaus durchmustern, gleichmäßiges, adäquates Tempo (8)
- nicht komplett in 2 Ebenen oder nur eine Ebene komplett oder Tempo inadäquat (4)
- nur eine Ebene schlecht oder mit manueller Hilfe (2)
- gar nichts gesehen; trotz manueller Hilfe keine adäquate Einstellung (0)

	8
--	---

Messung:

- vier richtige Messpunkte auf Höhe der maximalen Ausdehnung (8)
- zwei bis drei richtige Messpunkte (4)
- Messung nur mit manueller Hilfe (2)
- daneben gemessen trotz manueller Hilfe (0)

	8
--	---

Bildererläuterung:

- zeigt Uterus bzw. Prostata korrekt (3)
- zeigt Douglasraum/ Excavatio rectovesicalis (3)
- Erläutert klinische Relevanz des Douglasraums/ Exc. rectovesicalis (2)

	8
--	---

Gesamtperformance

insgesamt souverän 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 deutliche Defizite

	8
--	---

Gesamtpunktzahl:

	40
--	----

Parasternal, lange Achse

1. Stellen Sie bitte den Schnitt in der parasternalen, langen Achse ein.
2. Benutzen Sie bitte den M-Mode zur Beurteilung der abgebildeten Strukturen.

erreichte Punkte	
max. Punkte	

Schallkopf-Handling zu Beginn

Orientierung:

- richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkoppeln (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (0)

	2
--	---

Positionierung:

- richtig, oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt mit optimaler Schwenktechnik (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittebene (0)

	2
--	---

Ankopplung:

- koppelt den Schallkopf mit Gel und Druck an, variiert den Druck (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- kein Anpressdruck und/oder kein Gel + Schallkopf in der Luft und/oder unkontrollierter Druck auf Xiphoid/Rippe (0)

	2
--	---

Adäquate Vergrößerung:

- stellt adäquat und selbstständig die angemessene Vergrößerung ein (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0)

	2
--	---

Patientenführung:

- Lagerung in Linksseitenlage (1)
- mit linkem Arm angewinkelt unter dem Kopf (1)

	2
--	---

Untersuchung

Schnittebene

- korrekte Darstellung
 - beider Ventrikel (5)
 - Aorta- und Mitralklappe (5)
 - in horizontaler Einstellung: Schallwellen treffen in 90° auf den linken Ventrikels und das Interventrikularseptum (2)
- Einstellung der richtigen Ebenen nur mit mündlicher Hilfestellung (4)
- Einstellung nur mit manueller Hilfe (2)
- Schnittebene kann trotz manueller Hilfe nicht gehalten werden (0)

	12
--	----

M-Mode:

- korrekte Anwendung des M-Mode (3)
- korrekte Benennung der Ventrikel, des Septums und der Ventrikelseiten im M-Mode (3)

	6
--	---

Bildererläuterung:

- korrekte Benennung: Ventrikel li/re (1), Septum (1), Aorten- und Mitralklappe (2)

	4
--	---

Gesamtperformanceinsgesamt souverän **8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1** deutliche Defizite

	8
--	---

Gesamtpunktzahl:

	40
--	----

Herz: apikaler 4-Kammerblick

1. Stellen Sie bitte den apikalen 4-Kammerblick ein.
2. Benutzen Sie bitte den PW-Mode um die Flussgeschwindigkeit über der Mitralklappe zu messen.

erreichte Punkte	
max. Punkte	

Schallkopf-Handling zu Beginn

Orientierung:

- richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkoppeln (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (0)

	2
--	---

Positionierung:

- richtig, oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt mit optimaler Schwenktechnik (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittebene (0)

	2
--	---

Ankopplung:

- koppelt den Schallkopf mit Gel und Druck an, variiert den Druck (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- kein Anpressdruck und/oder kein Gel + Schallkopf in der Luft und/oder unkontrollierter Druck auf Xiphoid/Rippe (0)

	2
--	---

Adäquate Vergrößerung:

- stellt adäquat und selbstständig die angemessene Vergrößerung ein (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0)

	2
--	---

Patientenführung:

- Lagerung in Linksseitenlage (1)
- mit linkem Arm angewinkelt unter dem Kopf (1)

	2
--	---

Untersuchung

Schnittebene

- Darstellung
 - beider Ventrikel, AVKlappen und Vorhöfe (6)
 - Einstellung mit senkrechtem Septum (2)
 - Herzspitze auf 12 Uhr (2)
 - kaudale Ansicht für die Schnittebene auf Höhe der maximalen Ventrikelausdehnung (2)
- Einstellung der richtigen Ebenen nur mit mündlicher Hilfestellung (4)
- Einstellung nur mit manueller Hilfe (2)
- Schnittebene kann trotz manueller Hilfe nicht gehalten werden (0)

	12
--	----

Messung:

- richtiger Messpunkt mit
 - PW-Mode auf Höhe Mitralklappe (4)
 - und korrektem Flussprofil (2)
- Messung nur mit manueller Hilfe (2)
- falsche Messpunkte mit manueller Hilfe (0)

	6
--	---

Bildererläuterung:

- korrekte Benennung: Ventrikel li/re (1), Septum (1), AVKlappen (1), Atrium li/re (1)

	4
--	---

Gesamtperformance

insgesamt souverän 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 deutliche Defizite

	8
--	---

Gesamtpunktzahl:

	40
--	----

Herz: parasternal, kurze Achse

1. Schwenken Sie bitte in der parasternalen, kurzen Achse durch das Herz.
2. Zeigen und benennen Sie bitte alle Strukturen.

erreichte Punkte	max. Punkte

Schallkopf-Handling zu Beginn

Orientierung:

- richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkoppeln (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Auforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (0)

	2
--	---

Positionierung:

- richtig, oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt mit optimaler Schwenktechnik (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittebene (0)

	2
--	---

Ankopplung:

- koppelt den Schallkopf mit Gel und Druck an, variiert den Druck (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- kein Anpressdruck und/oder kein Gel + Schallkopf in der Luft und/oder unkontrollierter Druck auf Xiphoid/Rippe (0)

	2
--	---

Adäquate Vergrößerung:

- stellt adäquat und selbstständig die angemessene Vergrößerung ein (2)
- korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung (Leitfaden) (1)
- keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0)

	2
--	---

Patientenführung:

- Lagerung in Linksseitenlage (1)
- mit linkem Arm angewinkelt unter dem Kopf (1)

	2
--	---

Untersuchung

- Durchmustern des Herzens von der Spitze zur Basis in adäquatem Tempo (2)
- Schnitt auf Höhe der Papillarmuskeln
 - Darstellung (4)
 - Bilderläuterung (2)
- Schnitt auf Höhe der Mitralklappe
 - Darstellung (4)
 - Bilderläuterung (2)
- Schnitt auf Höhe der Aortenklappe
 - Darstellung (6)
 - Bilderläuterung (2)

	2
--	---

	6
--	---

	6
--	---

	8
--	---

Bildererläuterung:

- siehe Untersuchung

Gesamtperformance

insgesamt souverän 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 deutliche Defizite

	8
--	---

Gesamtpunktzahl:

	40
--	----

Danksagung

Ich möchte mich ganz besonders bei Herrn Prof. Dr. med. Norbert Weiler, akademischer Vertreter der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, UKSH, Campus Kiel für die Überlassung dieses interessanten Themas bedanken. Diese Arbeit wäre ohne seine fortwährende Unterstützung nicht zustande gekommen.

Mein weiterer besonderer Dank gilt auch meinem Betreuer Herrn PD Dr. med. Gunnar Elke, Oberarzt der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, UKSH, Campus Kiel für die fachliche Unterstützung, die engagierte Betreuung sowie seine große Hilfsbereitschaft.

Außerdem bin ich Herrn Dr. med. Günther Zick, Oberarzt der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, UKSH, Campus Kiel für seine stetige tatkräftige Unterstützung und Weitergabe seiner Expertise in der Sonographie zu Dank verpflichtet.

Des Weiteren möchte ich Herrn Prof. Dr. Markus Steinfath, kommissarischer Direktor der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, UKSH, Campus Kiel herzlich für die Möglichkeit der Durchführung dieser Arbeit danken.

Auch möchte ich meinem Freund und Kommilitonen Andreas Jung, mit dem zusammen ich den Film entwickelt habe, danken. Danke für die gegenseitige Unterstützung.

Nicht zuletzt gilt mein Dank Herrn PD Dr. med. Matthias Hofer, Leiter der AG Medizindidaktik, Studiendekanat Medizin der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf für die Expertise in OSCE-Prüfungen in der Sonographie und die Überlassung der Prüfungsbögen.