

Aus der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik
der Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Erwerb medizinisch-praktischer Kompetenzen der Sonographie in der klinischen
Ausbildung von Studierenden der Medizin: Eine Untersuchung zur Wirkung und
Nachhaltigkeit des Kurses „sonoforklinik-students“ der Universitätsmedizin Mainz
(UM)

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Nina Widmer
aus Mainz

Mainz, 2025

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Hansjörg Schild

1. Gutachter:



2. Gutachter:



Tag der Promotion: 07.03.2025

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	I
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	II
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund	1
1.1.1 Sonographie-Ausbildung an der UM vor S4K.....	4
1.1.2 Anforderungen an die Sonographie-Ausbildung.....	5
1.1.3 Sonographie-Ausbildung an der UM seit S4K	6
1.2. Problemstellung	7
1.3. Ziel der Studie.....	8
2 Literaturdiskussion	11
2.1 Ausbildungskonzepte zur nachhaltigen Kompetenzentwicklung	11
2.1.1 Masterplan Medizinstudium 2020 – Kompetenzorientierte Lehre.....	13
2.1.2 NKLM- Erwartungen an Studierende der Medizin	14
2.2 Sonographie in der Medizin	18
2.2.1 Entwicklungslinien der Sonographie.....	18
2.2.2 Weiterentwicklung und Grenzen der Sonographie	18
2.3 Stand der studentischen Sonographie-Ausbildung.....	21
2.3.1 Sonographie-Ausbildung in Deutschland.....	21
2.3.2 Nationale Kurskonzepte.....	22
2.3.3 Internationale Kurskonzepte	24
2.3.4 Referenz-Curricula in der Sonographie-Ausbildung	25
2.3.5 Dozierende in der sonographischen Lehre.....	26
2.3.6 Überprüfung des Lernerfolgs und der Kompetenz.....	27
2.4 Besonderheit und Ziele der Studie.....	28
3 Material und Methoden	30
3.1 Einführung.....	30
3.1.1 Hypothesen.....	31

3.1.2	Fragestellungen	32
3.2	Studiendesign	32
3.3	Durchführung der Studie	34
3.3.1	Rahmenbedingungen	34
3.3.2	Ablauf der Datenerhebung.....	34
3.3.3	Tutoren als Bewertende.....	35
3.4	Studienpopulation	35
3.5	Messmethoden zur Überprüfung der Sonographie-Kompetenz	36
3.5.1	Prä-Befragung	37
3.5.2	Messung der theoretischen Kompetenz	38
3.5.3	Messung der praktischen Kompetenz	39
3.5.4	Post-Befragung-1.....	44
3.5.5	Post-Befragung-2.....	44
3.6	Confounder	45
3.7	Datenauswertung.....	47
4	Ergebnisse	48
4.1	Stichprobenbeschreibung	48
4.1.1	Angaben zu den Vergleichsgruppen im Überblick.....	49
4.2	Deskriptive Statistik.....	51
4.2.1	Semesterbegleitender Kurs (S4K-S)	51
4.2.2	Kompaktkurs (S4K-K).....	52
4.2.3	Teilnehmersicht zur Nachhaltigkeit von S4K	53
4.2.4	Hintergrund des sonographischen Wissens	54
4.2.5	Gesamtergebnisse: Wissens- und praktischer Test	55
4.2.6	Studierendenperspektive: Erwartungen an die Sonographie-Lehre	56
4.2.7	Sonographie im Praktischen Jahr	57
4.3	Interferenzstatistik.....	59
4.3.1	Teilnehmervergleich – mit und ohne S4K.....	59

4.3.2	Analyse der Subgruppen	64
4.3.3	Ausschluss weiterer Confounder	65
4.3.4	Korrelationen	65
4.3.5	Regressionsanalyse	67
4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	67
5	Diskussion	69
5.1	Diskussion von Material und Methodik	69
5.1.1	Diskussion der Ein- und Ausschlusskriterien der Stichprobe	69
5.1.2	Studiendesign und Messmethoden	70
5.1.3	Tutoren als Bewerter	74
5.2	Zusammenfassung und Interpretation der relevantesten Ergebnisse	75
5.2.1	Diskussion der deskriptiven Statistik	76
5.2.2	Teilnehmervergleich – mit und ohne S4K.....	79
5.2.3	Interpretation der Zusammenhangsanalysen	86
5.3	Limitationen der Studie	87
5.4	Implementierung des Auffrischungskurses	88
5.4.1	Aufbau des Auffrischungskurses	88
5.4.2	Evaluation des Auffrischungskurses	90
5.5	Ausblick: Zukunft der Sonographielehre an der UM	90
6	Zusammenfassung.....	98
7	Literaturverzeichnis	100
	Anhang	IV
	Danksagung	XIX

Abkürzungsverzeichnis

ÄApprO	Ärztliche Approbationsordnung
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
HHUS	Handheld ultrasound
HNO	Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
E-FAST	Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
EFSUMB	European Federation for Societies for Ultrasound in Medicine and Biology
IMPP	Institut für medizinische und pharmazeutische Prüfungsfragen
MINERVA	Mainzer Initiative für eine novellierte, exzellente und richtungsweisende versatile Ausbildung
M1	Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung (= Physikum)
M2	Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
M3	Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
NKLM	Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin
OSCE	Objective Structured Clinical Examination
OSAUS	Objective Structured Assessment of Ultrasound Skills
PJ	Praktisches Jahr
POCUS	Point-of-care Ultrasound/Ultraschall
RFLK	Rudolf-Frey-Lernklinik
S4K	sonoforklinik-students
SkillsLab	Selbstlernzentrum der UM mit Kursen für Medizinstudierende zur praktischen Übung von ärztlichen Tätigkeiten
SoSe / WiSe	Sommersemester / Wintersemester
SP	Simulationspatient
TN	Teilnehmende
UE	Unterrichtseinheiten
UM	Universitätsmedizin Mainz
WFUMB	World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zeitstrahl - Vergleichsgruppen der Studie.....	31
Abbildung 2: Zeitstrahl - Erhebungszeitpunkte der Studie.....	32
Abbildung 3: Wissenstest: Theoriefragen Pathologie-Erkennung.....	39
Abbildung 4: Fallvignette L1 (Pleura/Lunge).....	39
Abbildung 5: Aufbau Untersuchungsraum A.....	40
Abbildung 6: Bewertungsbogen L1 (Pleura/Lunge).....	42
Abbildung 7: Ablaufskizze MINERVA-Sonographie-Station.....	44
Abbildung 8: Flussdiagramm zur Stichprobenbeschreibung.....	49
Abbildung 9: S4K-S - Seminareinheiten (Balkendiagramm).....	51
Abbildung 10: S4K-S - Vorlesung (Balkendiagramm).....	52
Abbildung 11: Abrufbares Wissen - Vergleich zu unmittelbar nach Kursteilnahme.....	53
Abbildung 12: Entwicklung der Kenntnisse seit Kursteilnahme.....	53
Abbildung 13: Ergebnis Wissenstest (Kreisdiagramme).....	55
Abbildung 14: Selbsteinschätzung der Kenntnisse – Vergleich Studien- und Kontrollgruppe (Boxplot).....	61
Abbildung 15: Objektive Messung der Kenntnisse – Vergleich Studien- und Kontrollgruppe (Boxplot).....	62
Abbildung 16: Wissenstest – Subgruppen (Boxplot).....	64
Abbildung 17: Praktischer Test – Subgruppen (Boxplot).....	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Demographische Daten und sonographische Vorkenntnisse - deskriptiv...	50
Tabelle 2: Quelle der eigenen Sonographie-Kompetenz.....	54
Tabelle 3: Praktischer Test - alle Studierende.....	55
Tabelle 4: Gewünschte Zusatzangebote - Kohorte 2.....	57
Tabelle 5: Sonographie im Praktischen Jahr - Kohorte 2.....	58
Tabelle 6: Demographische Daten und sonographische Vorkenntnisse - Vergleich Studien- und Kontrollgruppe.....	60
Tabelle 7: Subjektive Kompetenzeinschätzung - Vergleich Studien- und Kontrollgruppe.....	61
Tabelle 8: Praktische Tests im Vergleich - Vergleich Studien- und Kontrollgruppe.....	63

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Dissertation das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders gekennzeichnet – auf alle Geschlechter.

1 Einleitung

In diesem Kapitel erfolgt eine Einführung in das Thema der Dissertationsschrift: Die Sonographie und ihre Rolle in der ärztlichen Ausbildung an der Universitätsmedizin Mainz (UM). Trotz der wachsenden Bedeutung der Sonographie in der modernen Medizin spiegelt sich ihre Relevanz noch nicht ausreichend in der Ausbildung angehender Ärztinnen und Ärzte wider (1). An der UM existiert ein freiwilliger Kurs für Studierende namens „sonoforklinik-students“ (S4K), welcher das Ziel hat die praktische Anwendung der Sonographie nachhaltig zu vermitteln (2). Diese wissenschaftliche Arbeit geht der Frage nach, ob tatsächlich eine nachhaltige Kompetenzentwicklung durch diesen Kurs erreicht werden konnte oder ob die Kursinhalte im Verlauf des Studiums in Vergessenheit geraten. Zu diesem Zweck werden in dieser Lehrforschungsstudie die Kompetenzen von Studierenden „mit“ (Studiengruppe) und „ohne Kursteilnahme“ (Kontrollgruppe) gegenübergestellt. Zukünftig strebt die UM die Entwicklung eines Sonographiecurriculums an, das die praktische Anwendung der Sonographie frühzeitig und wiederholt vermittelt und sich durch Leistungsüberprüfungen zur nachhaltigen Kompetenzentwicklung auszeichnen soll. Nur auf diese Weise kann die medizinische Ausbildung den hohen Anforderungen an zukünftige Mediziner gerecht werden, die im „Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalog“ (NKLM¹) (3) festgelegt sind.

Zu Beginn werden zunächst Grundlagen der Sonographie und der heutige Stellenwert in der Medizin dargestellt. Nachfolgend werden die Erwartungen an Absolventinnen und Absolventen des Medizinstudiums erläutert. Abschließend werden noch einmal die Problemstellung und die Ziele der Dissertationsschrift zusammengefasst.

1.1 Hintergrund

Die Bildgebung mittels Ultraschall ist heute eines der wichtigsten diagnostischen Verfahren im klinischen Alltag der Medizin und spielt deshalb in vielen Fachdisziplinen eine immer entscheidendere Rolle (4). Die Begriffe Ultraschall und Sonographie werden im allgemeinen Sprachgebrauch häufig gleichgesetzt, dabei bezeichnet der Begriff „Ultraschall“ Schallwellen, deren Frequenz oberhalb der menschlichen Hörschwelle von 20.000 Hz liegt (5, 6). Werden diese Schallwellen und deren Reflexion an Grenzflächen unterschiedlicher Gewebe im Körper zur Beurteilung von

¹Der Nationale Kompetenzbasierte Lernzielkatalog Medizin (NKLM) definiert, welche Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen Studierende der Medizin während ihres Studiums erwerben sollten und dient als Leitfaden für medizinische Fakultäten. Die aktuellste Version „NKLM 2.0“ wurde am 27.4.2021 vom Medizinischen Fakultätentag (MFT) veröffentlicht.

Organen und pathologischen Strukturen genutzt, so wird diese Untersuchung bzw. das technische Verfahren als „Sonographie“ bezeichnet (6, 7). Wurde die Sonographie zu Beginn vermehrt von Fachärzten der Radiologie genutzt (8), ist sie heute auch in vielen anderen medizinischen Disziplinen ein fester Bestandteil der Diagnostik (9). Dazu gehören neben der Notfall- und Intensivmedizin auch die Innere Medizin mit ihren Teildisziplinen Kardiologie oder Gastroenterologie, aber auch die Chirurgie, die Gynäkologie, die Urologie und kleinere Fachrichtungen wie beispielsweise die Augenheilkunde (10-19).

Hierbei dient die Sonographie der Beantwortung verschiedenster klinischer Fragestellungen wie beispielsweise der Erkennung freier Flüssigkeit im Bereich des Abdomens, der Einschätzung der Hämodynamik des Patienten oder auch zur Feststellung von Gallenwegs- oder Harnwegspathologien (9). Dabei bringen auch eine ständige Weiterentwicklung der Ultraschallgeräte und eine Verbesserung der Einsatzbarkeit neue Vorteile für Arzt und Patienten. Mussten die Geräte vor einiger Zeit noch fest in einem Raum angeschlossen werden, kommen immer modernere Ultraschallgeräte auf den Markt, welche mobil am Patientenbett eingesetzt werden können. Durch ihre kleine Größe sowie den kabellosen Batteriebetrieb sind sie außerdem handlicher geworden (9, 20, 21). Sogenannte „Handheld Ultrasound (HHUS) Devices“, umgangssprachlich auch „Pocket-Geräte“ genannt, finden immer häufiger Anwendung und ermöglichen selbst präklinisch eine erste sonographische Einschätzung von Patienten (9, 21-23).

Durch den zunehmenden Einsatz der Sonographie in der Diagnostik ist es unabhängig von der Wahl des Fachgebiets sehr wahrscheinlich, dass Mediziner sie im klinischen Alltag von Beginn an im Rahmen ihrer ärztlichen Tätigkeit einsetzen müssen (9, 24). Laut einer Publikation von Nourkami-Tutdibi et al. ist jedoch davon auszugehen, dass viele Assistenzärzte zu Beginn ihrer Tätigkeit noch nicht in der Lage sind die Sonographie zielgerichtet zur Untersuchung von Patienten anzuwenden (4). Oftmals stellt die fehlende Expertise eine besondere Herausforderung dar, da sich im klinischen Alltag nur wenige Möglichkeiten für Aufbesserungen im Bereich der Grundlagenkenntnisse oder für das Sammeln medizinisch-praktischer Erfahrungen vor dem allerersten Patientenkontakt bieten (4). Eine naheliegende Schlussfolgerung ist eine Einführung in die Sonographie schon während des Studiums, um die nötigen medizinisch-praktischen Erfahrungen und theoretischen Grundlagenkenntnisse bereits vor der Assistenzzeit zu erlangen und um schlussendlich die

Patientenversorgung und den Klinikablauf zu verbessern. Dafür sprechen sich auch repräsentative Fachgesellschaften wie die „European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology“ (EFSUMB) und die „World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology“ (WFUMB) aus (25-27).

Mehrere Studien belegen, dass die Anwendung der Sonographie das theoretische Wissen der Studierenden u.a. in den Fächern Anatomie und Physiologie ergänzen und sogar verbessern kann (28-32). Ein Review von Neubauer et al. untersucht systematisch die Literatur zur Sonographie-Ausbildung von Medizinstudierenden, um evidenzbasierte Empfehlungen zu ihrer Gestaltung abgeben zu können. Der Artikel zeigt, dass Sonographie-Training die diagnostischen Fähigkeiten und das klinische Urteilsvermögen der Studierenden verbessert. Verschiedene Lehrmethoden, einschließlich praktischer Übungen und theoretischer Kurse, haben sich als effektiv erwiesen, allerdings wird betont, dass wiederholtes Üben und eine angemessene Rückmeldung an die Studierenden entscheidend für den Erfolg der Lehre sind. Die Integration von Sonographie in den Lehrplan erhöht, wie bereits zuvor beschrieben, das Verständnis für Anatomie und Physiologie. Die im Review analysierten Studien weisen jedoch auf eine große Variation in den Trainingsmethoden und Bewertungskriterien hin. Ein standardisiertes Curriculum und klar definierte Lernziele fehlen oft. Die Autoren empfehlen deshalb mehr qualitativ hochwertige Studien, um optimale Lehrstrategien entwickeln zu können. Insgesamt unterstützt der Review die Einbindung von Sonographie-Training im Medizinstudium als wertvolles pädagogisches Werkzeug. Eine weitere Studie von Dickerson et al. legt nahe, dass Pathologien, deren klinische Entstehung sowie Therapie von den Studierenden besser verstanden werden. Außerdem können die Studierenden ihre Fähigkeiten während der klinischen Semester und ihrer Famulaturen nutzen (33). Auch der Nationale Kompetenzbasierte Lernzielkatalog Medizin (NKLM 2.0), ein Erwartungshorizont der generellen Kompetenzen, die ein Absolvent des Medizinstudiums besitzen sollte, führt die Sonographie in seiner neuesten Ausgabe als eine wichtige Kompetenz, die schon während des Studiums angeeignet werden sollte und gibt gleich mehrere inhaltliche Empfehlungen ab (3). Dazu gehört beispielsweise die Durchführung einer *„orientierenden Sonographie des Abdomens, des Halses, eines Pleuraergusses sowie eine FAST-Sonographie“*.

Hartmut von Hentig prägte den Begriff „Kompetenz“, indem er ihn als *„eine komplexe Fähigkeit, die sich aus richtigem Wahrnehmen, Urteilen und Handelnkönnen*

zusammensetzt und darum notwendig das Verstehen der wichtigsten Sachverhalte voraussetzt“ definiert (34). Im medizindidaktischen Zusammenhang macht der NKLM bereits in seinem Titel durch den Begriff „kompetenzbasiert“ deutlich, dass Kompetenzen in der Struktur des Katalogs eine entscheidende Rolle spielen. Nach den Angaben des „Referentenentwurfes“ des Bundesministeriums für Gesundheit zur Neuregelung der ärztlichen Ausbildung soll der NKLM künftig fest in der Ärztlichen Approbationsordnung (ÄApprO) verankert werden (35). Zudem soll er als Ergänzung zum Gegenstandskatalog des Instituts für Medizinische und Pharmazeutische Prüfungsfragen (IMPP) gelten. Dieser nennt lediglich die erforderlichen Kenntnisse für die schriftlichen Teile der medizinischen Staatsexamina. Der Lernzielkatalog beschreibt, ähnlich wie auch die Definition von Hentig, vielmehr *„die Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie professionellen Haltungen“* und soll den Fakultäten Raum für Mitgestaltung bei der ärztlichen Ausbildung bieten (36).

Trotz der zunehmenden Bedeutung der Sonographie und mehrfacher Nennung ihrer Anwendung als eine wichtige Kompetenz der Absolventen im NKLM und in diversen Publikationen, gibt es weder in Deutschland (1), noch international (32) ein einheitliches Ausbildungskonzept in der Sonographie-Lehre der medizinischen Fakultäten. Dies bestätigen auch viele andere Studien im europäischen und weltweiten Vergleich (21, 25, 32). Es handelt sich um ein sehr heterogenes Bild, da einige deutsche Fakultäten die Sonographie fest in ihrer Pflichtlehre verankert haben und andere ausschließlich freiwillige, extracurriculare Kurse anbieten. Die vorhandenen Sonographie-Kurse unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht, beispielsweise in der Gruppengröße, im zeitlichem Umfang des Kurses und der Betreuung (1, 32).

1.1.1 Sonographie-Ausbildung an der UM vor S4K

Die curriculare, also „verpflichtende“, Lehre des Regelstudiengangs Humanmedizin der Universitätsmedizin Mainz (UM) beinhaltete bis zum Sommersemester 2017 und bis zum aktuellen Zeitpunkt (Wintersemester 2023) nur wenige Lehrangebote zum Thema Sonographie. Die Sonographie wird nur vereinzelt in Unterrichtseinheiten verschiedener Fachrichtungen gelehrt. Dazu zählen neben der Inneren Medizin, der Chirurgie, der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde (HNO) sowie der Radiologie in Form eines Querschnittsfachs (Q11) auch die Unterrichtsfächer Gynäkologie und Geburtshilfe sowie Urologie. Die Sonographie stellt allerdings in diesen Fächern lediglich einen Teilaspekt der Lehre der o.g. Fächer dar. In den meisten Fällen wird das Untersuchungsgeschehen vom Dozenten erklärt und nicht immer demonstriert.

Die Studierenden haben somit weitestgehend eine beobachtende Rolle und können selten praktische Erfahrungen sammeln.

Auch in der extracurricularen Lehre der Universitätsmedizin Mainz wurde die Sonographie bis Dezember 2016 in geringem zeitlichem Umfang in Form von Schnupperkursen ohne didaktisch fundiertes Konzept oder qualitative Lehrmaterialien gelehrt (37). Das gilt auch für das Wahlfach Sonographie und einen weiteren Kurs der Radiologie, welcher lediglich 20 Studierenden pro Semester Platz bot (37). Zudem gab es für die Studierenden ein Angebot zum Eigenstudium über das SkillsLab, wobei das Angebot zum Üben durch die Öffnungszeiten während des Semesters und durch die Verfügbarkeit lediglich eines Geräts für alle klinischen Semester eingeschränkt war (37). Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass die Studierenden der UM an freiwilligen Kursen teilnehmen konnten, die Plätze sowie der inhaltliche und methodische Umfang allerdings limitiert waren. Bis zur Einführung von „sonoforklinik-students“ (S4K) wurde die Sonographie sowohl curricular als auch extracurricular nur sporadisch unterrichtet und es fehlte somit ein systematisches Konzept für eine flächendeckende Sonographie-Lehre. Die genannten Angebote bestehen weiterhin, decken aber nicht die im NKLM geforderten Ansprüche.

1.1.2 Anforderungen an die Sonographie-Ausbildung

Mit dem eben aufgeführten Zustand der Sonographie-Lehre stand die UM im Vergleich zu anderen Fakultäten in der Bundesrepublik Deutschland bis zur Einführung von S4K nicht alleine da. Wie eine Untersuchung aus dem Jahr 2019 von Wolf et al. zeigt, fehlt auch anderenorts ein einheitliches Konzept in der Ultraschalllehre, welches Studierende systematisch an die Technologie sowie ihre Anwendung heranführt (1). Blickt man in die Zukunft der medizinischen Ausbildung, die durch die bereits eingeführte überarbeitete Fassung des Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs Medizin (NKLM 2.0) (3) und die neue Approbationsordnung geprägt sein wird, steigt die Bedeutung der Thematik Sonographie. So ist zu erwarten, dass sie als ein wichtiger Teilaspekt der medizinisch-praktischen Fertigkeiten angesehen wird, welche während des Medizinstudiums aufgebaut werden sollten (3). Der NKLM gibt in Stichpunktform übergeordnete Lernziele bzw. Kompetenzen an:

„den grundsätzlichen Ablauf einer abdominellen und zervikalen Sonografie erläutern und eine B-Bild-Sonografie durchführen“ (Abschnitt VII. 2.03.1.4) (3).

Gleichzeitig präzisiert er die Inhalte und Pathologien, die von den Studierenden

erkannt werden sollen. Außerdem wird zu den Lernzielen eine zeitliche Vorgabe in Form von Semestern angegeben, in denen das Kompetenzniveau erreicht werden soll. Zudem werden passende Fächer genannt, in denen die Vermittlung der speziellen Kompetenzen erfolgen sollte. Ein für diese Dissertation besonders wichtiger Teil des NKLM wurde aus Abschnitt VII.2.03.1.4 zitiert und fasst die Relevanz der sonographischen Ausbildung während des Studiums treffend zusammen:

„Jeder Absolvent/jede Absolventin sollte eine B-Bild-Sonographie in den Standard-Schnitten selbstständig durchführen können: Schilddrüse, Niere und harnleitende Systeme, Leber, Pankreas, Milz, Gallenblase, abdominelle Gefäße, E-FAST. Sollte praktisch z.B. i.R. eines OSCE geprüft werden. Essentiell für die weitere klinische Tätigkeit“ (3).

Es wird also zukünftig vorausgesetzt, dass die Studierenden nach dem Studium über die genannten praktischen Fähigkeiten verfügen. Wie in der bereits genannten Publikation von Wolf et al. beschrieben, bieten von den 28 untersuchten medizinischen Fakultäten insgesamt 26, also fast alle, einen Sonographie-Kurs an (1). Im Gegensatz zu den Erwartungen des NKLM sind die Kurse und ihr inhaltlicher Umfang sehr unterschiedlich entwickelt. Lediglich ein Drittel der Fakultäten bietet beispielsweise eine angemessene Leistungsüberprüfung am Ende des Sonographie-Kurses an (1), obwohl die Empfehlung dazu im NKLM beschrieben ist (3).

1.1.3 Sonographie-Ausbildung an der UM seit S4K

Um die Diskrepanz zwischen der aktuellen Ausbildung im Regelstudiengang und den zukünftigen Anforderungen an die Studierenden zu überwinden, hat die UM eine studentische Initiative mit dem Namen „sonoforklinik-students“ (S4K) unterstützt. Diese vermittelt Studierenden des ersten klinischen Semesters seit dem Sommersemester 2017 grundlegende Ultraschallkenntnisse, sowie praktische Fertigkeiten und Abläufe der Sonographie. Angesiedelt wurde das Projekt an der Rudolf-Frey-Lernklinik (RFLK), welche bis heute die Räumlichkeiten zur Verfügung stellt und die Finanzierung der Initiative übernimmt. Zu Beginn nur für etwa ein Drittel der Studierenden verfügbar, können mittlerweile alle Studierenden des ersten klinischen Semesters die Lehrveranstaltung besuchen und mit einer

FAST/E-FAST1: (Extended) Focused Assessment with Sonography for Trauma ist ein Sonographieprotokoll, das darauf abzielt schnell und gezielt Flüssigkeitsansammlungen im Bauchraum, Brustraum oder Herzbeutel bei Traumapatienten zu erkennen. Extended: Zusätzliche Beurteilung von Luft im Brustraum (Pneumothorax) und Blut im Brustraum (Hämatothorax).

Leistungsüberprüfung abschließen. Seitdem hat sich S4K von einem einzelnen Kurs zu einem systematischen Kurskonzept für Sonographie-Lehre weiterentwickelt, das ein umfassendes Skript, eine semesterbegleitende (digitale) Vorlesung, ein E-Learning-Modul sowie mehrere Arbeitshefte umfasst (2). Außerdem bietet S4K am Ende des Kurses eine Leistungsüberprüfung an, welche auch im NKLM beschrieben wird (3, 37). Des Weiteren werden zusätzliche Kursangebote, beispielsweise zum Thema Augensonographie (38) und Echokardiographie (39), angeboten. Der S4K-Kurs ist ein Angebot für alle Studierenden des ersten klinischen Semesters, das zu Beginn der Initiative nur eine begrenzte Teilnehmerzahl bieten konnte. Somit konnte das Angebot nicht von allen Studierenden genutzt werden. Auch die Prüfung am Ende des Semesters ist freiwillig. Es kann deshalb nicht sichergestellt werden, dass nach Beendigung des S4K-Kurses der gleiche Ausbildungsstand erreicht wird. Weiterhin kann aufgrund individueller Weiterbildungsmöglichkeiten nicht davon ausgegangen werden, dass alle Studierenden der Universitätsmedizin Mainz am Ende ihres Studiums denselben Ausbildungsstand im Bereich Sonographie besitzen.

1.2. Problemstellung

Trotz der positiven Rückmeldungen an der Universitätsmedizin zu S4K ist es wichtig zu klären inwieweit das didaktische Konzept tatsächlich zur Entwicklung einer sonographischen Kompetenz beiträgt. Besonders interessant ist die Frage, ob der Kompetenzaufbau auch langfristig, also „nachhaltig“ erzielt werden kann. Gemeinhin wird der Begriff „Nachhaltigkeit“ als längere Zeit anhaltende Wirkung definiert (40). Es bleibt also zu untersuchen, ob das gelernte Wissen und die praktischen Fertigkeiten über einen längeren Zeitraum hinweg wirksam sind oder nicht. Ist dies nicht gegeben muss das Konzept von S4K zukünftig optimiert werden, um das Ziel der dauerhaften sonographischen Kompetenzentwicklung zu erreichen. Maßnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von Lehrinhalten sind beispielsweise die mehrfache Wiederholung (41) oder das Verknüpfen der Inhalte mit zusammenhängenden Themen (42). Dabei könnte ein longitudinal angelegtes Ausbildungskonzept etabliert werden, wie es schon an anderen Universitäten, beispielsweise der University of South Carolina oder der Universität Bonn, zu finden ist (43, 44). Die Integration des S4K-Kurses in die Pflichtlehre könnte in Zukunft dazu beitragen, den Erwartungen an Medizinstudierende gerecht zu werden. Dieser Wunsch besteht auch seitens der Studierenden (37). Doch auch wenn der Kurs die Anforderungen des NKLM zum Kompetenzerwerb erfüllen würde (3), bedeutet das nicht automatisch, dass alle

Studierenden der UM dasselbe Ausbildungsniveau erreichen.

Es bleibt zu diskutieren, ob und welche Maßnahmen zur Verbesserung des aktuellen Kurskonzeptes von S4K zu berücksichtigen bzw. welche Faktoren zu optimieren sind. Das Kurskonzept für S4K muss effektiv sein, um das Ziel der nachhaltigen Kompetenzentwicklung zu erreichen. Deshalb muss auch eruiert werden welche Faktoren die Nachhaltigkeit der Kenntnisse gefährden. Weiterhin soll diskutiert werden wie sich ein longitudinal strukturiertes Ausbildungskonzept für die Sonographie-Lehre an der UM entwickeln lässt, das an mehreren Zeitpunkten im Studium ansetzt und somit dem Vergessen der Lehrinhalte entgegenwirkt.

Die aktuelle Situation stellt nicht nur für die Studierenden, sondern auch für die ärztlichen Dozenten eine Herausforderung dar. Durch das unterschiedliche Ausbildungsniveau der Studierenden ist eine Verbesserung der Sonographie-Kompetenzen während des Praktischen Jahres (PJ) schwer umsetzbar. Von den Anpassungen des Lehrkonzeptes würden demnach nicht nur die Studierenden für ihre berufliche Laufbahn profitieren, sondern auch die ärztlichen Dozenten, da sie ihre Lehrinhalte in den praktischen Kursen auf eine gute Grundlage stützen könnten. Dies dürfte ein höheres Ausbildungsniveau der Absolventen bewirken und in Folge dessen in der späteren ärztlichen Tätigkeit durch die breitere Verfügbarkeit der Sonographie zu einer besseren Patientenversorgung beitragen.

1.3. Ziel der Studie

Obwohl der Sonographie eine immer wichtigere Rolle beigemessen wird, spiegelt sich dies nicht hinreichend in der Lehre der Medizinstudierenden wider (1). Da ein strukturiertes Ausbildungskonzept in der Pflichtlehre der UM fehlt, besitzen die Studierenden der UM nach dem Studium aktuell eine sehr individuelle sonographische Kompetenz. Um den aktuellen Ausbildungsstand der Studierenden in diesem Bereich zu messen, wurde im Rahmen dieser Lehrforschungsstudie die Sonographie-Kompetenz zu einem spezifischen Zeitpunkt des Studiums gemessen. Mit Blick auf die Nachhaltigkeit der Lehrveranstaltung des fünften Semesters bot sich insbesondere der Zeitpunkt nach Beendigung des zweiten ärztlichen Abschnitts (M2) und zu Beginn des Praktischen Jahres an, da bis zu diesem Zeitpunkt die medizinische Ausbildung für alle Studierenden als vergleichbar angesehen werden konnte. Ein zeitlicher Abstand von zweieinhalb Jahren zwischen dem Sonographiekurs und der Datenerhebung, welcher für die Untersuchung der Nachhaltigkeit einer Intervention essenziell ist, war

ebenfalls gegeben. Dafür wurde die für alle PJ-Studierenden verpflichtende Lehrveranstaltung „MINERVA“ (Mainzer Initiative für eine novellierte, exzellente und richtungsweisende versatile Ausbildung) genutzt, die eine Schulung der UM und deren Lehrkrankenhäuser darstellt. Dabei handelt es sich um eine zweitägige Lehrveranstaltung in der wichtige PJ-Tätigkeiten gelehrt und praktisch geübt werden. Somit bot sich die Möglichkeit, alle Studierenden in einem engen Zeitfenster zu untersuchen. Die Veranstaltung MINERVA wird zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal im Detail beschrieben. Zwischen der M2-Prüfung und dem Beginn des praktischen Jahres konnte eine Untersuchung aller Studierenden nicht gewährleistet werden.

Um die Nachhaltigkeit des S4K-Kurses zu untersuchen, wurde der aktuelle Ausbildungsstand der Studierenden im Bereich Sonographie anhand theoretischer und praktischer Kompetenzmessungen ermittelt. Die Messungen wurden zu zwei Zeitpunkten erhoben. Somit gab es zwei Kohorten, die in die Gesamtstichprobe eingeschlossen wurden. Die erste Kohorte (Wintersemester 2019/20 = WiSe 19/20) konnte den semesterbegleitenden S4K-Kurs nicht besuchen, da er zu diesem Zeitpunkt noch nicht existierte. Das Kompaktformat dagegen konnte im Laufe des Studiums besucht werden. Die zweite Kohorte (Sommersemester 2021 = SoSe 21) bestand größtenteils aus Studierenden, die den semesterbegleitenden S4K-Kurs besucht hatten. Zunächst wurden die theoretischen Kenntnisse durch einen Wissenstest und die praktischen Fähigkeiten durch einen praktischen Test erfasst. Für die Auswertung wurden die Studierenden dann in zwei Gruppen eingeteilt: eine Gruppe mit Kursteilnahme (Studiengruppe) und eine ohne (Kontrollgruppe). In die Studiengruppe wurden sowohl Studierende mit Teilnahme am semesterbegleitenden Kurs (S4K-S) sowie Studierende mit Teilnahme am Kompaktkurs (S4K-K) eingeschlossen. Studien- und Kontrollgruppe wurden aus der Gesamtstichprobe, also aus beiden Kohorten gebildet, sodass in jeder Gruppe sowohl Studierende aus dem Wintersemester 2019/20 als auch aus dem Sommersemester 2021 vertreten waren. Durch den Vergleich dieser Gruppen konnte das Kompetenzniveau hinsichtlich der Teilnahme am S4K-Kurs analysiert werden, um die Nachhaltigkeit des Kompetenzaufbaus zu bewerten. Zusätzlich wurden die Studierenden dreieinhalb Jahre nach dem Kurs, nach Abschluss ihres Praktischen Jahres, erneut befragt, um ihre persönliche Einschätzung des Kompetenzerwerbs, dessen Erhalt und die Nützlichkeit im PJ zu ermitteln.

Das Vorhandensein einer Kontrollgruppe sowie der lange Zeitraum zwischen dem S4K-Kurs und der Datenerhebung hebt die hier dargestellte Studie von anderen Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von Sonographie-Kursen ab (4, 45, 46). Die Besonderheiten der Studie im Vergleich zu ähnlichen Beispielen aus der Literatur werden in Kapitel 2.4 ausführlich dargestellt.

2 Literaturdiskussion

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die relevante Literatur zum Thema Sonographie-Lehre im Medizinstudium gegeben. Zunächst werden aktuelle Ausbildungskonzepte in der (sonographischen) Ausbildung des Medizinstudiums beschrieben, bei der sich die kompetenzbasierte Lehre an den medizinischen Fakultäten in Deutschland zunehmend etabliert. Im weiteren Verlauf wird gezeigt, welchen Stellenwert die Sonographie in der heutigen Medizin einnimmt und wieso die Lehre dieses diagnostischen Mittels wichtig für die Ausbildung der zukünftigen Mediziner ist. Die Analyse der Literatur zeigt, dass es mittlerweile viele Konzepte für die studentische Sonographie-Lehre gibt, aber weiterhin fraglich ist, inwieweit das erlangte Wissen und die praktischen Fähigkeiten auch nachhaltig bestehen bleiben. Zusätzlich dazu werden Ideen, Konzepte und Strategien präsentiert, die bereits aktiv zur Förderung einer nachhaltigen Lehre in der Sonographie umgesetzt werden.

2.1 Ausbildungskonzepte zur nachhaltigen Kompetenzentwicklung

Da sich die Medizin stetig an gesellschaftliche, demographische, technische und wissenschaftliche Veränderungen anpassen muss, befindet sich auch das Medizinstudium in einem ständigen Wandel (47). Neben dem herkömmlichen Aufbau des Medizinstudiums als sogenannter „Regelstudiengang“ in Vorklinik und Klinik, sowie der klassischen Unterteilung der Unterrichtsfächer in Anatomie, Physiologie usw., wie es auch an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz noch der Fall ist, werden zunehmend „integrierte Modellstudiengänge“ an den Fakultäten entwickelt und zum nachhaltigen Kompetenzerwerb eingeführt. Zunächst als sogenannter „Reformstudiengang“ für einen Teil der Studierenden einer Universität wählbar (48), haben viele Universitäten mittlerweile ganz auf den „Modellstudiengang“ umgestellt. So auch beispielsweise das Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf oder die Charité-Universitätsmedizin Berlin. Die Modellstudiengänge sollen die ärztliche Ausbildung verbessern, indem sie theoretische und klinische Inhalte stärker verknüpfen und soziale sowie praktische Kompetenzen durch frühere praktische Erfahrungen nachhaltiger vermitteln (47). Das Studium ist dabei in Module aufgeteilt, die sich nicht mehr strikt an den einzelnen Fachdisziplinen orientieren, sondern zusammenhängende Themen miteinander verknüpfen, stufenweise vertiefen und wiederholen. Die Modellstudiengänge orientieren sich unter anderem an einem Prinzip, das die Lehrinhalte sowohl horizontal als auch vertikal in das Studium integriert und somit einfache sowie später komplexe Lehrinhalte unterrichtet (47). Eine

Publikation von Brauer et al. diskutiert ebenfalls, ob das Ausbildungskonzept des Medizinstudiums mit der Unterteilung in Basiswissen und klinisches Wissen, wie es aktuell noch an vielen Universitäten der Welt besteht, noch zeitgemäß ist (49). Vielmehr sollten die Inhalte in Verbindung miteinander, also komplexe Themen zusammenhängend und fächerübergreifend, unterrichtet werden (42). Dies ähnelt auch den Erkenntnissen von Guse et al. in ihrer Publikation über die Einführung der Modellstudiengänge, welche durch ihr sogenanntes „integriertes Lehrkonzept“ den Kompetenzerwerb nachhaltig verbessern können (47). Eine vertikale Integration der Inhalte bedeutet in diesem Zusammenhang, dass einzelne Themen im Laufe des Studiums durch Wiederholung und die Bearbeitung von Patientenfällen vertieft werden und die Grenzen zwischen Basiswissen und klinischen Fächern weniger strikt sind (49). Laut einer Publikation von Wijnen-Meijer et al. ist das Ziel dieses Konzepts eine bessere Verknüpfung des theoretischen und klinisch-praktischen Teils der medizinischen Ausbildung. Die Ergebnisse der Publikation zeigen außerdem, dass Absolventen von vertikal integrierten Curricula sich früher für eine Fachrichtung entscheiden als die Studierenden der traditionellen Studiengänge (42). Das Konzept der vertikal integrierten Curricula erinnert an den sogenannten „Spacing-Effekt“, welcher erstmals vom deutschen Philosophen Ebbinghaus beschrieben wurde (50). Jener Effekt besagt, dass sich Inhalte besser in das Langzeitgedächtnis einprägen, wenn sie in unterschiedlichen Zeitabständen wiederholt werden (50, 51). Eine Studie von Murphy et al. untersuchte die Auswirkungen von zeitlich gestaffelten Lerneinheiten im Vergleich zum „geballten“ Lernen. Die Ergebnisse der Experimente zeigen, dass mehrmaliges, aber dafür kürzeres Durcharbeiten von Inhalten zu einer besseren Merkfähigkeit führt als das einmalige, ausgiebige Lernen derselben Inhalte (41). Das Konzept des Spacing-Effekts spiegelt sich somit zunehmend in den Lehrkonzepten der medizinischen Curricula wider.

Neben der genannten vertikalen Strukturierung der Inhalte sollte laut Brauer et al. auch eine horizontale Strukturierung des Curriculums angestrebt werden. Das bedeutet, dass die Inhalte innerhalb eines begrenzten Zeitraumes interdisziplinär und fächerübergreifend unterrichtet und verknüpft werden, um so die Nachhaltigkeit der Lehrinhalte zu steigern (49). Bezieht man diese Erkenntnisse auf den in der vorliegenden Studie relevanten Themenbereich der Sonographie, dann bedeutet dies, dass die Sonographie „vertikal“ betrachtet bereits in der Vorklinik, beispielsweise in den Unterrichtsfächern Anatomie und Physiologie, integriert werden sollte. In der Publikation *„Anatomy teaching with portable ultrasound to medical students“* von

Meenakshi Swamy und Roger F. Searle wird beschrieben, dass die Sonographie als wirksames Mittel zur Unterstützung des Anatomieunterrichtes eingesetzt werden kann, um Bezüge zur klinischen Praxis herzustellen. Zudem erleichtert das kombinierte Unterrichten der Anatomie mit der Sonographie auch das Verständnis für anatomische Strukturen und die Orientierung im Ultraschallbild (52). Auch das Verständnis der Physiologie, wie in einer Studie aus dem Jahre 2015 anhand der Herzphysiologie gezeigt, kann durch den Einsatz der Sonographie verbessert werden (53). Im Rahmen einer vertikalen Ausrichtung der Lehrinhalte soll die Sonographie zu verschiedenen Zeitpunkten im Lehrplan integriert werden. Auch die „World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology“ (WFUMB) nimmt in einem Positionspapier ausführlich Stellung zum optimalen Aufbau eines Sonographie-Curriculums in der medizinischen Ausbildung. Dabei wird die vertikale und horizontale Integration der Sonographie in die Lehre als wichtiges Konzept empfohlen. Die Grundlagen sollten gemeinsam mit der Anatomie, Physiologie und körperlichen Untersuchung vermittelt werden. Im weiteren Verlauf des Studiums sollte die Sonographie zunehmend zur Diagnostik in Fachdisziplinen zu finden sein, in denen sie auch in der klinischen Praxis vorkommt. Bestenfalls sollte sie über mehrere klinische Semester verteilt immer wieder thematisiert werden (26). Ein besonderes Beispiel dafür bietet das Lehrkonzept der University of South Carolina. Dort kommen die Studierenden während ihres Studiums mehrfach mit der Sonographie in Berührung, etwa in den Fächern Anatomie, Physiologie, Pathologie, Notfallmedizin, Innerer Medizin, Gynäkologie, Radiologie und Pädiatrie (43).

2.1.1 Masterplan Medizinstudium 2020 – Kompetenzorientierte Lehre

Um das Medizinstudium in Deutschland an die Herausforderungen der zukünftigen Ärzte anzupassen, wurde am 31. März 2017 der Masterplan Medizinstudium 2020 verabschiedet (54). Entsprechend der Ziele des Masterplans ist

„eine an den künftigen ärztlichen Aufgaben und den dafür notwendigen Kompetenzen orientierte Ausbildung erforderlich, die es den Studierenden ermöglicht, neben Wissen auch Fähigkeiten, Fertigkeiten und Haltungen zu erwerben. Das soll vor allem fächerübergreifend erfolgen, um der Komplexität von Gesundheit und der Entstehung von Krankheit Rechnung zu tragen.“ (54).

Neben einer Neugestaltung des Zulassungsverfahrens soll das Medizinstudium kompetenzorientiert strukturiert werden, um den Anforderungen an zukünftige Ärzte zu entsprechen. Eine Orientierung für die nötigen Kompetenzen bietet wie bereits

beschrieben der NKLM, der 2021 in seiner zweiten Ausführung herausgegeben wurde und die Sonographie als eine wichtige Kompetenz thematisiert (3). Eine genauere Beschreibung dieser Kompetenzen erfolgt in dieser Arbeit im nachfolgenden Kapitel 2.1.2.

Ein besonderer Fokus der medizinischen Ausbildung soll laut Masterplan 2020 künftig auf der Arzt-Patienten-Kommunikation liegen, die auch mit Blick auf die sonographische Ausbildung als übergeordnete Kompetenz von hoher Relevanz ist. Diese beeinflusst insbesondere das Gelingen der ärztlichen Behandlung und das Wohlergehen der Patienten (54). Laut Masterplan sollte die Fähigkeit zu einer guten ärztlichen Gesprächsführung schon frühzeitig erlernt und stetig ausgebaut werden. Der Erfolg der sonographischen Untersuchung ist häufig von der aktiven Mitarbeit des Patienten abhängig, weshalb eine gute Kommunikation auch während der Untersuchung nicht zu unterschätzen ist (54).

Auch laut der Publikation „*Competence-based assessment in the national licensing examination in Germany*“, welche im Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz veröffentlicht wurde, liegt die Zukunft des Medizinstudiums und der dazugehörigen Staatsexamina in einer kompetenzorientierten Gestaltung (55). Durch die Einführung des Masterplans werden die Anforderungen an das medizinische Ausbildungskonzept in Deutschland neu geordnet und definiert. Dementsprechend müssen laut der Verfasserin Prof. Dr. Jünger, ehemalige Direktorin des IMPP, sowohl die Gegenstandskataloge, als auch die Staatsexamina neu ausgerichtet werden. Zukünftig sollen naturwissenschaftliche Themen teilweise in ihrem Umfang gekürzt werden, um Platz für neue, eher anwendungsorientierte Themen zu schaffen. Neben einer Umstrukturierung des schriftlichen Teils der Prüfungen sollen außerdem bereits genannte OSCEs in die ärztliche Prüfung integriert werden. Somit kann der Fokus vermehrt auf klinisch relevante, praktische Fähigkeiten gelegt werden, sodass der Umgang mit dem Patienten und mit dessen Perspektive frühzeitig erlernt werden kann (55). Zu den praktischen Fähigkeiten könnte auch die sonographische Untersuchung zählen.

2.1.2 NKLM- Erwartungen an Studierende der Medizin

Die 37 Maßnahmen des Masterplans Medizinstudium 2020 gliedern sich in vier übergeordnete Ziele: Kompetenzorientierte Ausbildung, praxisnahe Ausbildung, Stärken der Allgemeinmedizin in der Ausbildung und praxisnahe Prüfungen. Im Rahmen der kompetenzorientierten Ausbildung spielt der NKLM eine wesentliche

Rolle. Er bietet eine Zusammenstellung der generellen Kompetenzen, welche ein Absolvent des Medizinstudiums nach Ende des Studiums besitzen sollte und befindet sich in ständiger Weiterentwicklung. Die aktuellste Version NKLM 2.0 wurde am 27.4.2021 vom Medizinischen Fakultätentag (MFT) veröffentlicht (3).

Er soll eine Orientierungshilfe für die Ausgestaltung des künftigen Medizinstudiums bieten und wurde von einer Arbeitsgruppe erstellt, die sich aus Vertretern verschiedenster Organisationen zusammensetzt. Dazu gehören neben der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung (GMA) auch die Bundesärztekammer (BÄK), das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie der Bundesvertretung der Medizinstudierenden in Deutschland (bvmd) und viele weitere Institutionen. Die erste Version wurde bereits am 04.06.2015 in Kiel auf der Mitgliederversammlung des 76. Ordentlichen Medizinischen Fakultätentages verabschiedet. Der NKLM dient seitdem als kompetenzbasiertes Kerncurriculum, das für die Öffentlichkeit online zugänglich ist.

Zukünftig sollen die medizinischen Fakultäten Deutschlands 80%, also einen Kernbereich ihrer Lehrinhalte, direkt am NKLM orientieren. Lediglich 20% der Inhalte können von jeder Fakultät selbst definiert und somit Schwerpunkte gesetzt werden (3, 56). Der Lernzielkatalog dient zwar als Orientierungshilfe für die medizinischen Fakultäten, ist bisher aber noch nicht verpflichtend. Dies soll sich in Zukunft ändern, sobald der NKLM durch Rückmeldungen aus den medizinischen Fakultäten und Anpassungen weiter ausgereift ist. Laut Masterplan „wird der weiterentwickelte NKLM verbindlicher Bestandteil der Approbationsordnung für Ärzte“ (Maßnahme 4 des Masterplans).

Als Teil seiner Maßnahmen zur Verbesserung des Medizinstudiums führt auch der bereits beschriebene Masterplan Medizinstudium 2020 eine stetige Weiterentwicklung des NKLM auf, welche durch eine eigens dafür geschaffene Kommission durchgeführt werden soll (54). Außerdem soll der Fokus auf den wesentlichen Inhalten des Studiums liegen und eine bessere Abstimmung der Inhalte zwischen den einzelnen Fakultäten erfolgen. Auch die Gegenstandskataloge des Instituts für medizinische und pharmazeutische Prüfungsfragen (IMPP), also die Prüfungsinhalte, unterliegen dementsprechend einer Anpassung an die Lernziele des NKLM (Maßnahme 5). Sie sollen außerdem einen näheren Bezug zur Praxis herstellen (Maßnahme 6). Zudem wird auch die Verbesserung und gezielte Schulung der kommunikativen Kompetenzen der Studierenden betont (Maßnahme 7).

Blickt man auf die in der neusten Version des NKLM 2.0 genannten Inhalte und Anforderungen an die Medizinstudierenden so findet man bezogen auf den für diese Dissertation relevanten Themenbereich folgende Beschreibung:

„Die Sonographie bietet sich als anwendungsorientiertes Wissensgebiet an, so dass bereits bei der Erlernung der technischen Prinzipien auch die praktische Anwendung (Sono-Kurs) vermittelt werden kann. Auch in Zusammenhang mit anatomischen Kenntnissen kann die Sonographie samt ihrer technischen Grundlagen gelehrt werden“ (VII.2-03.1.2.) (3).

Unter dem Abschnitt VII.2-03.1.4 des NKLM wird die Kompetenz *„Erläuterung und Durchführung einer zervikalen und abdominellen B-Bild-Sonographie“* beschrieben (3). Dabei werden, im Sinne der horizontalen Integration der Wissensinhalte (47, 49) die Fächer Anästhesiologie, Chirurgie, Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Innere Medizin, Kinderheilkunde, Urologie sowie Bildgebende Verfahren, Strahlenbehandlung, Strahlenschutz für die Vermittlung des geforderten Wissens empfohlen. Weiterhin gibt es eine Empfehlung zu den Studierenden der ersten klinischen Semester (5.-6. Semester):

„Parallel zu der Wissensvermittlung zu typischen sonographischen Indikationen und Befunden sollten die Grundlagen für den Erwerb praktischer Fähigkeiten der Sonographie gelegt werden (z.B. durch praktische Demonstrationen und erstes praktisches Üben). Die Bedienung des Sonographie-Gerätes sollte erlernt werden.“ (Abschnitt VII.2-03.1.4) (3)

Im Abschnitt des Praktischen Jahres sollte die sonographische Untersuchung der Schilddrüse, der Nieren und harnleitenden Systemen, der Leber, des Pankreas, der Milz, der Gallenblase, der abdominellen Gefäße sowie die Extended-FAST-Untersuchung in den Standard-Schnitten selbstständig ausgeführt werden können. In diesem Teil werden die OSCEs nicht mehr nur empfohlen, sondern es *„sollte“* eine Leistungsüberprüfung erfolgen, da die B-Bild-Sonographie von den Verfassern für die baldige klinische Tätigkeit als wichtig erachtet wird (3).

Neben der sonographischen Untersuchung sollen Medizinstudierende auch die Prinzipien der patientengerechten Kommunikation beherrschen. Dazu gehört neben dem *„Sprechen in verständlicher Weise gegenüber Nichtmediziner und fachfremden“* auch eine *„zugewandte Kommunikation, welche auf das Sprachverständnis des Empfängers adaptiert ist“* (Abschnitt VIII.5-01.3) (3). Dieser wichtige Faktor wurde im

Rahmen der Studie ebenfalls berücksichtigt, indem die Bewertungsbögen von Hofer et al. um einen Teil zur „Kommunikation“ ergänzt wurden (57). Dies ist in Kapitel 3.5.3 genauer beschrieben.

In einer Studie von Heinzow et al. wurde untersucht, ob eine studentische Ultraschallausbildung nach den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) überhaupt durchführbar ist. Die Autoren stellen dar, dass durchaus ein Wissenszuwachs erreicht und eine gewisse Expertise durch die Unterrichtseinheiten aufgebaut werden konnte (58). Es ist folglich sehr wahrscheinlich, dass die Grundkenntnisse, welche im NKLM erwartet werden, bereits im Medizinstudium vermittelt werden können.

Die Ultraschalluntersuchung wird im Rahmen des NKLM als ein sehr wichtiger Teilaspekt der medizinisch-praktischen und theoretischen Fertigkeiten eines Absolventen des Humanmedizinstudiums angesehen. Diese Relevanz spiegelt sich allerdings noch nicht in der Lehre der Medizinstudierenden wider. Es fehlt ein standardisiertes Konzept in der Lehre der deutschen Fakultäten, das die Studierenden systematisch an den Einsatz dieser Technologie heranführt und von allen Fakultäten gleich oder zumindest vergleichbar gelehrt wird (1).

Für die zukünftige Entwicklung des Medizinstudiums sind kompetenzorientierte Lehre (54) sowie ein vertikal und horizontal strukturiertes Ausbildungskonzept (26, 49) von essentieller Bedeutung. Wenn man dieses Konzept auf die im NKLM erwähnten Lernziele und Kompetenzen zum Thema Sonographie bezieht, wird deutlich wie wichtig es ist sie frühzeitig, fächerübergreifend, stetig und kompetenzorientiert zu unterrichten (36). Durch eine strukturierte Integration dieser Prinzipien in das Ausbildungskonzept der UM könnte die praktische Ausbildung der Studierenden in Zukunft gestärkt werden.

2.2 Sonographie in der Medizin

Bei der Sonographie handelt es sich um ein diagnostisches Verfahren, welches in der heutigen Form erst seit Mitte des letzten Jahrhunderts eingesetzt wird (7). Wie es dazu gekommen ist und weshalb es in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnt, wird im folgenden Kapitel beschrieben. Darüber hinaus werden aktuelle Trends und Fortschritte aufgezeigt und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben.

2.2.1 Entwicklungslinien der Sonographie

Die Anfänge der Ultraschall-Technologie in der Medizin lassen sich auf das Jahr 1880 zurückführen. In diesem Jahr entdeckten die Gebrüder Curie den piezoelektrischen Effekt, der bis heute die Grundlage für den Einsatz des Ultraschalls in der Bildgebung bildet. In den 1930er Jahren wurde die Ultraschalltechnologie erstmals für medizinische Zwecke eingesetzt. Damals wurde sie allerdings, aufgrund von Wärmeentwicklung, zur Therapie von Gelenk- und Muskelschmerzen eingesetzt. Als diagnostisches Mittel wurde die Ultraschall-Technologie erst viel später beschrieben (59). Inspiriert wurden die Wissenschaftler damals vom Einsatz des Ultraschalls in der Schifffahrt. Alexander Behm hatte Anfang des 20. Jahrhunderts das Echolot entwickelt, welches eine Schallquelle und die Reflexion des dort erzeugten Schalls am Meeresgrund ausnutzt, um die Tiefe des Ozeans zu messen (60). Später entwickelten einige Wissenschaftler die Idee, mithilfe von reflektiertem Ultraschall innere Körperstrukturen zu erkennen (61), jedoch schafften die tatsächliche Umsetzung erst Karl Theodor Dussik und sein Bruder Friedrich im Jahre 1947 (62). Sie erzeugten das früheste Ultraschallbild. Karl Theodor Dussik beschrieb ihre Arbeit in seinem Buch „Zum heutigen Stand der medizinischen Ultraschallforschung“ (63). In den folgenden Jahrzehnten entwickelte sich die Ultraschall-Technologie stetig weiter und wurde in den verschiedensten Bereichen der Medizin etabliert (4, 9, 20, 59). Sie gehört mittlerweile zu den wichtigsten diagnostischen Bildgebungsverfahren und dient in der Darstellung und Beurteilung innerer Körperstrukturen häufig als „first line“-Verfahren (64).

2.2.2 Weiterentwicklung und Grenzen der Sonographie

Innerhalb der letzten Jahrzehnte haben sich die Ultraschallgeräte stetig weiterentwickelt. Neben den mobilen Ultraschallgeräten, welche direkt an das Patientenbett transportiert werden können, werden auch die bereits genannten „Pocket“-Geräte oder auch HHUS devices genannt für die sonographische

Untersuchung genutzt (65, 66). Diese Geräte sind so klein, dass sie tatsächlich „in der Tasche“ verstaut werden können und dadurch schneller verfügbar sind (67, 68). Dies ist insbesondere in Notfallsituationen sinnvoll (69). Die Geräte bieten laut einer Studie von De Backer et al., trotz ihrer kleinen Größe und einer geringeren Bandbreite an Funktionen und Modi, mit den herkömmlichen Geräten vergleichbare Ergebnisse in der notfallmedizinischen Echokardiographie. Die Autoren kommen in ihrer Publikation zu dem Schluss, dass die Geräte auch in der Notaufnahme und sogar im Rettungswagen für die Echokardiographie eingesetzt werden könnten (67). Dadurch lässt sich neben der systolischen Pumpfunktion des Herzens beispielsweise auch eine Hypertrophie, ein Perikarderguss oder eine Einschätzung des Volumenstatus des Patienten vornehmen (67). Auch in der Abdomen-Sonographie kann durch die HHUS Devices eine für die Notfallsituation zufriedenstellende Bildqualität erreicht werden, welche das Erkennen einiger Pathologien ermöglicht (65). Trotzdem reicht die Bildqualität und die Eindringtiefe der Geräte noch nicht an die der herkömmlichen Sonographie-Geräte heran, sodass die Patienten noch einmal gründlich mit einem Standard-Gerät nachuntersucht werden sollten (70). Durch eine Weiterentwicklung der HHUS Devices könnte ihre Relevanz in der Medizin weiter steigen, sie könnten dabei als Erweiterung der körperlichen Untersuchung genutzt (26, 71) und bereits präklinisch (71) angewendet werden, da sie auch außerhalb der Klinik zum Patienten hin mitgenommen werden können (68). Dies gilt es in Zukunft noch einmal zu beleuchten. Zwar ist die Rolle der Sonographie als diagnostisches Mittel in der Medizin sehr unterschiedlich auf der Welt verteilt, da sie von finanziellen, ökonomischen, politischen und weiteren Ressourcen der jeweiligen Region abhängig ist, trotzdem wird sie durch den technischen Fortschritt immer flächendeckender verfügbar (26).

Dass die Sonographie heutzutage unverzichtbar in der Medizin ist, wird unter anderem damit begründet, dass sie gegenüber anderen bildgebenden Verfahren wie der Computertomographie (CT) oder der Magnetresonanztomographie (MRT) einige Vorteile bietet. Neben einer Bilddarstellung in Echtzeit und des Ausbleibens von ionisierender Strahlung, sind die Sonographie-Geräte vergleichsweise kostengünstig und flexibel innerhalb der Klinik anwendbar (64). So können sie beispielsweise zum Patientenbett hin transportiert und dort unmittelbar danach mithilfe einer gewöhnlichen Stromquelle eingesetzt werden. Somit ist das Verfahren schnell einsetzbar und demnach schonender für Patienten (21). Zudem ist es möglich die Bildinformationen mittels speziell für die Sonographie entwickelten Kontrastmitteln, wie „*Microbubble ultrasound contrast agents*“ (UCAs), zusätzlich zu steigern (72). Weiterhin werden

verschiedenste medizinische Interventionen, beispielsweise die Mikrowellenablation von Tumoren, unter sonographischer Kontrolle durchgeführt (73).

Mit dem Einsatz der Sonographie in der Medizin gehen auch Herausforderungen einher, welche die Bildqualität und den damit verbundenen Stellenwert dieses Verfahrens für die klinische Diagnostik beeinflussen können. Dazu zählt beispielsweise die Abhängigkeit der Bildqualität vom Untersucher, von patientenbezogenen Schallbedingungen sowie von Schallartefakten. Hinzu kommt die eingeschränkte Sicht hinter knöchernen Strukturen oder Luft, welche ebenfalls die Aussagekraft der Technologie und deren Relevanz für die Therapieentscheidung beeinflussen kann (64). Trotz alledem wird die Sonographie, gerade aufgrund der vielen bereits oben genannten Vorteile, wie beispielsweise der schnellen Verfügbarkeit und kostengünstigen Nutzung, immer häufiger in der klinischen Diagnostik eingesetzt. Gerade der Einsatz in der Akutbehandlung kritisch kranker Patienten nimmt stetig zu, da kardiale, pulmonale, respiratorische oder auch vaskuläre Erkrankungen schnell erkannt und dadurch schneller therapiert werden können (4, 9, 74).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Sonographie durch ihre Weiterentwicklung immer umfassender eingesetzt werden kann. In Zukunft könnte die Sonographie mithilfe der HHUS Devices bereits präklinisch für eine Ersteinschätzung des Patienten verwendet und für viele weitere Fragestellungen innerhalb und außerhalb der Klinik etabliert werden (22, 71). In einer Publikation von Bruce J. Kimura wurde gezeigt, dass außerdem die Genauigkeit der körperlichen Untersuchung durch die Ergänzung der Sonographie erhöht wird (22). Die Sonographie spielt in der Medizin also eine immer entscheidendere Rolle, wodurch es immer wahrscheinlicher wird, dass Mediziner im klinischen Alltag von Beginn an mit ihr in Berührung kommen (24). Andererseits ist davon auszugehen, dass viele Ärzte zu Beginn ihrer beruflichen Laufbahn nur sehr wenige Erfahrungen in der praktischen Anwendung der Sonographie haben, da ein systematisches Konzept in der Lehre dieser Technologie vor dem Einstieg in die ärztliche Tätigkeit fehlt (1). Für eine frühzeitige Ausbildung schon während des Studiums sprechen sich außerdem viele Fachgesellschaften und Föderationen, wie beispielsweise die EFSUMB (European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology) und die WFUMB (World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology), aus (25-27).

2.3 Stand der studentischen Sonographie-Ausbildung

Die Lehre der Sonographie ist im nationalen und internationalen Vergleich sehr unterschiedlich verankert. Im Folgenden wird der aktuelle Stand der studentischen Sonographie-Ausbildung beschrieben und dabei werden unterschiedliche Kurskonzepte vorgestellt. An manchen Universitäten existieren zum Teil sehr umfassende und strukturierte Curricula, die nachfolgend beschrieben werden.

Abschließend werden die optimalen Rahmenbedingungen für die sonographische Lehre erörtert, zu denen die ideale Auswahl der Dozierenden sowie die geeignete Methode zur Bewertung der Kompetenzen und des Lernerfolgs gehören.

2.3.1 Sonographie-Ausbildung in Deutschland

In einer Publikation von Wolf et al. (1) wurde der Status quo der studentischen Ultraschallausbildung an deutschsprachigen medizinischen Fakultäten analysiert. Dafür wurde ein standardisierter Fragebogen an 37 deutsche und vier österreichische medizinische Fakultäten versendet, um den aktuellen Stand der Sonographie-Lehre im deutschsprachigen Raum feststellen zu können. Die Autoren stellen fest, dass es zwar an 26 von 28 teilnehmenden Universitäten Ultraschallkurse gibt, diese allerdings in sehr unterschiedlicher Form umgesetzt werden. Die Konzepte werden häufig auf freiwilliger Basis angeboten (n=22 von insgesamt 28). Insgesamt bieten 25 Fakultäten obligatorische Kurse an, welche meist (72%) in Form von Wahlpflichtfächern angeboten werden. Lediglich ein paar wenige Universitäten (z.B. Düsseldorf, Münster und Gießen) bieten obligatorische Sonographie-Kurse an, bei denen der praktische Anteil angemessen ist (bis zu 20 Stunden Praxis). Der praktische Anteil, also die Zeit in der die Studierenden die Ultraschalltechnologie selbst anwenden und mit ihr üben können, variiert an den deutschsprachigen Fakultäten stark. Ebenfalls sehr unterschiedlich sind Dauer, Häufigkeit, Gruppengröße der Kurse sowie die Anzahl der Sonographie-Geräte und deren Verteilung auf die Studierenden. Ein weiterer Punkt, in dem sich die Sonographie-Kurse unterscheiden, ist die Betreuung. Die ideale Zusammensetzung aus Dozierenden und Studierenden sollte das Verhältnis von fünf Studierenden / einem Dozierenden nicht überschreiten (75). Trotzdem variiert das Verhältnis von Dozierenden zu Studierenden in der Befragung von Wolf et al. von einer 1:3 Betreuung bis zu einer Betreuung im Verhältnis von 1:60. Bei Vorlesungen variiert es von 1:10 bis 1:240 (1).

2.3.2 Nationale Kurskonzepte

Eines der ersten Sonographie-Lehrkonzepte in Deutschland beschrieben Hofer et al. im Jahr 2000 mit ihrer Publikation „Innovative Kurskonzepte für Kleingruppenpraktika in bildgebenden Verfahren“ (75). Die Autoren konzipierten, erprobten und evaluierten zwischen 1995 und 1998 ein innovatives Kurskonzept für Sonographie-Lehre und werteten dabei Daten von 2485 Studierenden der Medizin aus. Dabei wurden die Studierenden in Kleingruppen von fünf Studierenden eingeteilt und von studentischen Tutoren unterrichtet. Diese hatten zuvor ein mehrstufiges Ausbildungsprogramm durchlaufen, welches von den Autoren optimiert und zwei Jahre später in dem Artikel „Didaktiktraining für Ausbilder in Ultraschallkursen - Evaluation des Train-the-trainer-Programms des Medizindidaktischen Pilotprojektes Düsseldorf“ veröffentlicht wurde (76). In diesem Artikel wurde ein Kurskonzept für Tutoren von Sonographiekursen vorgestellt, das möglichst kostengünstig und gleichzeitig effizient sein sollte. Dabei durchliefen die angehenden Dozierenden ein mehrstufiges Ausbildungsprogramm, welches sich in der sich anschließenden Evaluation im Vergleich zur Kontrollgruppe als sehr wirksam erwies. Im Verlauf wurde das Ausbildungskonzept noch weiter verbessert und zeigte in einer Evaluation im Jahre 2005 eine signifikante Verbesserung der didaktischen Kompetenzen der Dozierenden in allen untersuchten Qualitätskriterien und das, obwohl sich die Schulung über wenige Tage erstreckte (45). Später wurde das Ausbildungskonzept weiter ausgebaut und dessen Ablauf, auch hinsichtlich Maximierung des Lernerfolges sowie Langzeiterhalt der Kenntnisse, optimiert. Dabei spielte auch eine Kompetenzüberprüfung am Ende des Sonographie-Kurses eine Rolle für die Leistungsverbesserung (77).

Angesichts der Covid-19-Pandemie stellte sich später die Frage wie eine effektive Sonographie-Lehre unter Pandemiebedingungen weiterhin umgesetzt werden kann. In ihrem Artikel zeigten die Autoren Nourkami-Tutdibi et al., dass mithilfe hygienischer Vorkehrungen, einer Verkleinerung der Gruppengröße und der Umstellung auf ein Kompaktkursformat auch in Pandemiezeiten ein sicherer Sonographiekurs durchgeführt werden kann. Dabei sei weiterhin das PAL-Konzept, also das „*peer assisted learning*“ ein wichtiger Bestandteil, bei dem Studierende als Lehrende eingesetzt werden. Es zeigte sich, dass die Ergebnisse der Abschlussprüfung und die Evaluationen der Kursteilnehmenden nicht schlechter waren, als vor der Pandemie (78). Im Jahre 2020 wurde außerdem eine prospektiv-randomisierte Studie von Eimer et al. publiziert, in der in einem Sonographiekurs für Medizinstudierende im vierten Jahr die Kombination aus Lehrvideos und studentischen Tutoren mit dem Unterricht

ärztlicher Lehrkräfte ohne Lehrvideos verglichen wurde. Es konnte gezeigt werden, dass die Teilnehmenden beider Kursformate sowohl subjektiv als auch objektiv einen vergleichbaren Wissenszuwachs erzielten. Die Lehrvideos wurden von den Teilnehmenden zwar positiv bewertet, eine zusätzliche Betreuung durch studentische Tutoren oder ärztliche Lehrkräfte wurde aber weiterhin als notwendig erachtet. Lehrvideos könnten also im Rahmen der Kurse und Curricula zusätzlich verwendet werden, um Ressourcen zu sparen und eine größere Flexibilität der Kursformate zu erreichen (79).

Nach dem „sechsstufigen Modell zur Planung medizinischer Curricula“ nach Kern wurde von Celebi et al. ein umfassendes Ultraschall-Curriculum entwickelt und getestet (80). Das Modell beinhaltet die Stufen Problemidentifikation, spezielle Bedarfsanalyse, übergeordnete und spezifische Lernziele, Lehrformate und -methoden, Implementierung und Evaluation. Das entwickelte Curriculum soll Grundlagenkenntnisse der Sonographie für Medizinstudierende des fünften Studienjahres vermitteln. Nach einer Vorlesung von 90 Minuten folgten drei praktische Unterrichtseinheiten in Kleingruppen mit einer Gesamtdauer von 12,5 Stunden. Zusätzlich wurde der Kurs von einem begleitenden Skript unterstützt, während die praktischen Einheiten von studentischen Tutoren betreut wurden. Das Curriculum wurde sowohl von den Studierenden als auch von den Dozenten sehr gut angenommen (80). In einer aktuellen Publikation der Universität Bonn aus dem Jahre 2023 wurde ebenfalls mithilfe des sechsstufigen Modells nach Kern ein strukturierter und kompetenzbasierter Lehrplan für die Ultraschallausbildung präsentiert. Die Autoren entwickelten den Lehrplan und die Lernziele nach Durchsicht der Literatur, Richtlinien der wichtigsten Föderationen (EFSUMB, WFUMB, DEGUM) und unter Rücksprache mit den Fachgesellschaften der Inneren Medizin, Chirurgie und Radiologie. Außerdem wurden für die Entwicklung mehrere medizinische Fachbereiche der Universität Bonn, andere medizinische Fakultäten und 1040 Medizinstudierende nach ihren Erfahrungen und Erwartungen an die Sonographie-Lehre befragt. Ziel des Curriculums war es den Studierenden des Praktischen Jahres durch wöchentliche Unterrichtseinheiten Grundlagenkenntnisse der Sonographie beizubringen. Die Komplexität der Kursinhalte wurde im Rahmen des Curriculums von der „generellen Orientierung im sonographischen Bild“ bis hin zur „Identifikation von selteneren Pathologien“ stetig gesteigert. Die Studierenden hatten dabei die Möglichkeit in weiterführenden Kurseinheiten fachspezifische Sonographie gemäß ihren Interessen zu erlernen. Zur Vermittlung der theoretischen Inhalte wurden bereits

etablierte Lehrmaterialien (Skripte, Vorlesungen) der DEGUM und EFSUMB verwendet. Die praktischen Fähigkeiten wurden in Kleingruppen vermittelt und von erfahrenen Dozenten im Bereich Sonographie betreut. Durch das Programm konnten grundlegende sonographische Kenntnisse erfolgreich vermittelt und somit eine Grundlage für die spätere ärztliche Tätigkeit geschaffen werden (44).

2.3.3 Internationale Kurskonzepte

Blickt man über die Grenzen des deutschsprachigen Raumes hinaus, erscheint zunächst eine Betrachtung der europäischen Sonographie-Lehre sinnvoll. Die Europäische Ultraschallgesellschaft EFSUMB (European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology) beschreibt in ihrem Positionspapier den aktuellen Stand von 2016 und die zukünftigen Anforderungen an die europäische Sonographie-Lehre. Sie empfiehlt darin eine Förderung der Sonographie-Ausbildung an den europäischen Fakultäten. Ziel sei eine Modernisierung der europäischen Lehrpläne, um die Qualität der medizinischen Ausbildung in Europa auf ein höheres Niveau zu bringen. Dabei betont die EFSUMB, dass die Sonographie-Lehre auf evidenzbasierten Prinzipien beruhen und eine ständige Weiterentwicklung sowie ein stetiger Ausbau der Ressourcen angestrebt werden soll. Dazu zählt neben einer Bereitstellung von Ultraschallgeräten und Lehrmaterialien die Integration der Sonographie in verschiedene Unterrichtsfächer des Medizinstudiums. Sinnvoll ist dabei die Etablierung eines Sonographie-Lehrkonzepts in die bereits bestehenden Kurse des Medizinstudiums, um eine umfassende Umstrukturierung der Curricula in Grenzen zu halten (25). Die EFSUMB betont, wie auch schon Celebi et al. in ihrer Publikation (81), den Nutzen studentischer Tutoren für die Sonographie-Lehre von angehenden Ärzten (25). Auch die The World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology (WFUMB) befürwortet in ihrem Positionspapier die frühe Einführung der Sonographie bereits im Rahmen des Medizinstudiums. Dabei beschreiben die Autoren des Positionspapiers ausführlich ihre Empfehlungen zur praktischen Umsetzung der Sonographie-Curricula. Die Empfehlungen enthalten Unterpunkte, beispielsweise zur Motivation der Studierenden, zur Zielsetzung, zu Lehrmedien, Lehrkräften und zur Beurteilung der Studierenden (26). Weltweit wurden bereits einige Sonographie-Kurse unterschiedlichen Inhaltes vorgestellt, die stetig weiterentwickelt und an die Erwartungen der Föderationen angepasst werden. Dazu zählen neben Kursen zum Thema Notfallsonographie (82-85) beispielsweise auch Kurse zur Echokardiographie (86), Urologie (16), zum muskuloskelettalen Ultraschall (87) oder aber zur Abdomensonographie (77, 81, 88, 89). Es werden weiterhin neue Point-of-Care-

Ultraschall-Lehrkonzepte eingeführt und deren Wirksamkeit evaluiert. Der Begriff Point-of-Care bezieht sich hierbei auf die flexible Anwendung tragbarer Ultraschallgeräte, beispielsweise zum Patientenbett hin oder die mobile Anwendung in Notfallsituationen (21). In dem Review von Tarique et al. werden die Bildungs- und Lehranwendungen des Point-of-Care-Ultraschalls näher beleuchtet (28). Außerdem wird die Evidenz der Lehrplangestaltung, -durchführung und -integration sowie die Bewertung der Kompetenz des Point-of-Care-Ultraschalls in der medizinischen Grundausbildung untersucht. Die Autoren fassen zusammen, dass die Einführung von Point-of-Care-Ultraschall-Curricula in die Programme der medizinischen Grundausbildung von den Medizinstudierenden positiv aufgenommen werden. Wichtig bei der Integration der Point-of-Care-Technologie in die medizinische Grundausbildung ist die Umsetzung eines konzipierten und standardisierten Lehrplans. Nur dadurch kann sichergestellt werden, dass die Ultraschalltechnologie einen Nutzen hat und nicht zu viel neue Information zur Verwirrung der Studierenden führt. Zusätzlich ist es sehr wichtig zu definieren, was von den Absolventen des Medizinstudiums erwartet wird, um das Curriculum darauf abstimmen zu können. In dem genannten Review kommen Tarique et al. zu dem Schluss, dass gemeinsame Standards aller Universitäten von großer Bedeutung sind. Sie könnten dazu beitragen, dass Studierende die notwendigen Fähigkeiten der Point-of-Care-Ultraschall-Anwendung richtig erlernen und anschließend effektiv einsetzen können (28).

2.3.4 Referenz-Curricula in der Sonographie-Ausbildung

Eines der am weitest entwickelten Sonographie-Lehrkonzepte für das Medizinstudium, welches den Themenbereich Sonographie an vielen Stellen des Kerncurriculums integriert, ist das „integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students“ der University of South Carolina. Das Curriculum wurde bereits im Jahre 2006 eingeführt und seitdem stetig evaluiert und weiterentwickelt. Hoppmann et al. publizierten ihre Fortschritte seitdem mehrfach (43, 90). Sie berichten in ihrer Publikation von einem zunehmenden Interesse an der Sonographie-Lehre, welche von ihnen durch die steigende Anzahl an Artikeln auf der Plattform PubMed belegt wird (43). Neben der wachsenden Anzahl an Publikationen auf PubMed betonen Hoppmann et al. ebenfalls die Zunahme an Veröffentlichungen in renommierten Fachzeitschriften (43). Dazu zählt beispielsweise die Publikation von Baltarowich et al. „National ultrasound curriculum for medical students“ (91). Das iUSC der University of South Carolina begleitet die Studierenden über vier Jahre ihres Medizinstudiums mit dem Ziel komplexe Sonographie-Lehrinhalte in verschiedenen Unterrichtsfächern zu

beleuchten und sie damit besser an die Studierenden heranzuführen. Dabei kommen die Studierenden im ersten Jahr über die Anatomie und Physiologie mit der Sonographie in Berührung, im zweiten Jahr durch die Lehre der Pathologie und in den darauffolgenden Jahren über die Notfallmedizin, Innere Medizin, Gynäkologie, Radiologie oder auch die Pädiatrie. Ziel des iUSC ist ein sowohl vertikales als auch longitudinales Lehrkonzept, das die Studierenden stetig begleitet und komplexe Lehrinhalte, wie beispielsweise die Herzinsuffizienz, aus unterschiedlichen Blickwinkeln beleuchtet. Dazu zählt in diesem Beispiel neben der Anatomie und Physiologie des Herzens das Verständnis der Pathologie der Herzinsuffizienz, die pharmakologische Intervention, die körperliche Untersuchung und zuletzt der Weg zur klinischen Diagnose und Behandlung dieses Krankheitsbilds. Diese Vorgehensweise erinnert an die Inhalte der Publikation von Brauer et al., welche eine vertikal und horizontal ausgerichtete Lehre des Medizinstudiums als besonders wirksam erachten (49). Ähnlich verhält es sich mit der Publikation von Guse et al. zum Konzept der Modellstudiengänge (47). Während des gesamten iUSC haben die Studierenden der University of South Carolina regelmäßig die Möglichkeit praktisch mit der Sonographie zu arbeiten. Dabei untersuchen sie sich entweder gegenseitig oder auch echte Patienten. Die Betreuung erfolgt durch Lehrende der Universität, welche für Rückfragen bereitstehen und die Studierenden bei der praktischen Anwendung der Sonographie unterstützen. Zu dem iUSC gehört außerdem eine regelmäßige Beurteilung der Leistungsverbesserung der Studierenden. Die Autoren beschreiben ihr Lehrkonzept als sehr weit entwickelt und betonen gleichzeitig, dass es sich in stetiger Weiterentwicklung befindet. Dieses Curriculum ist ein sehr gutes Beispiel für ein sehr ausgereiftes Sonographie-Ausbildungskonzept, das nachweislich gute Ergebnisse in den Kompetenzüberprüfungen erzielt und von den Studierenden positiv aufgenommen wird (43). In Deutschland ist man an den meisten medizinischen Fakultäten noch weit von einem so umfassenden Lehrkonzept zum Thema Sonographie entfernt, vielmehr handelt es sich bei hierbei um einzelne, zum Teil auch freiwillige, Kurse (1). Wie in Kapitel 1.1 beschrieben ist das verpflichtende sonographische Lehrangebot an der UM ebenfalls begrenzt.

2.3.5 Dozierende in der sonographischen Lehre

Im Hinblick auf eine Verbesserung des Lehrangebotes spielen auch die generellen Rahmenbedingungen eine entscheidende Rolle. Laut einer Studie von Hofer et al. sollte die ideale Zusammensetzung aus Dozierenden und Studierenden das Verhältnis von fünf Studierenden pro Dozierendem nicht überschreiten (75). Dennoch ist es

aufgrund limitierter personeller, zeitlicher und finanzieller Mittel nicht immer möglich nur ärztliche Dozierende in die Sonographie-Lehre einzubinden (81). Der Einsatz studentischer Tutoren sowie ihr Nutzen für das Unterrichten von Studierenden der Humanmedizin wurde in einer prospektiv randomisiert kontrollierten Studie von Celebi et al. untersucht. Studentische Tutoren stehen in Bezug auf die Vermittlung grundlegender Ultraschallkenntnisse an Medizinstudierende den ärztlichen Dozenten der medizinischen Fakultät in nichts nach. Liegt der Fokus allerdings auf der Interpretation physiologischer und pathologischer Befunde, sind studentische Tutoren aufgrund mangelnder Erfahrung den ärztlichen Dozierenden meist unterlegen (1). Um dies zu verbessern, sind sowohl didaktische als auch inhaltliche Schulungen für alle Dozierenden unerlässlich (81). Auch eine aktuelle Studie von Hofer et al. zeigt, dass die Lehre der studentischen Tutoren mit der Lehre erfahrener Dozierenden vergleichbar ist, sofern sie im Vorfeld hinreichend geschult wurden (92). Die Autoren Oberoi et al. zeigen in ihrer Studie aus dem Jahre 2021 erneut, dass studentische Tutoren aus dem zweiten Studienjahr mit ihrem Sonographie-Unterricht einen statistisch signifikanten Wissenszuwachs bei Studierenden aus dem ersten Studienjahr erzielen konnten (93). In einer Studie von Nourkami-Tutdibi et al. wurde zudem untersucht, ob Sonographie-Kurse für Studierende der Medizin, welche von studentischen Tutoren unterrichtet werden, auch Langzeit-Lerneffekte zeigen. Die Publikation zeigt, dass die Abdomen-Sonographie, als ein wichtiger Teil der klinischen Sonographie, erfolgreich von studentischen Tutoren vermittelt werden kann und zudem auch noch ein Jahr nach Beendigung des Kurses auf vergleichbar hohem Niveau bleibt (4).

2.3.6 Überprüfung des Lernerfolgs und der Kompetenz

Hinsichtlich der Methoden zur Überprüfung des Lernerfolgs der studentischen Sonographie-Kurse unterscheiden sich die deutschsprachigen medizinischen Fakultäten sehr (1). Ein Drittel der für die Studie von Wolf et al. befragten Fakultäten führte gar keine Überprüfung des Lernerfolgs durch. Lediglich an 32% der Fakultäten wurden standardisierte Kompetenzüberprüfungen durchgeführt. Dabei handelte es sich sowohl um OSCEs, auf die im weiteren Verlauf der Dissertation näher eingegangen wird, als auch das durch von Heinzow et al. etablierte praktische Bewertungsinstrument DOPS (Direct observation of procedural skills) (58). Beide Konzepte sind laut Wolf et al. geeignet, um die praktische Kompetenz der Studierenden festzustellen, da sie sowohl standardisiert, als auch reproduzierbar und objektiv sind (1). Auch in einem systematischen Review-Artikel zum Thema

Bewertungsmethoden in der medizinischen Ausbildung von Höhne et al. kommen die Autoren zu dem Schluss, dass es keinen Konsens über das beste Bewertungsinstrument gibt und demnach eine individuelle Entscheidung getroffen werden muss, welche Methode zum Ausbildungskonzept passt (94).

2.4 Besonderheit und Ziele der Studie

Im nachfolgenden Kapitel wird die auf dieser Arbeit beruhende Studie mit ähnlichen Studien in der Literatur verglichen. Dabei werden die Besonderheiten und die Ziele der Studie herausgearbeitet und dargestellt.

Der S4K-Kurs wird seit dem Sommersemester 2017 an der UM durchgeführt. Es stellt sich die Frage, ob das Konzept zu einem nachhaltigen Kompetenzzuwachs über einen Zeitraum von mehreren Jahren führt. Studien im Bereich der studentischen Lehre der Sonographie untersuchen meist die Leistungen derselben Studierenden nach Einführung eines Ultraschallkurses im zeitlichen Verlauf in Form von Prä- und Post-Tests (84, 95-101). Im Gegensatz dazu vergleicht die hier vorliegende Studie zwei Gruppen miteinander, die sich formal zunächst einmal durch die Teilnahme am S4K-Kurs unterscheiden. Zwar haben schon Dinh et al. eine Studie in ähnlichem Format, also mit einer Kontrollgruppe, durchgeführt (102), allerdings beinhaltete der Nachuntersuchungszeitraum lediglich ein Jahr. Die Autoren kommen durch ihre Untersuchung zu dem Schluss, dass ein longitudinales Sonographie-Lehrkonzept etabliert werden sollte, um die erlangten Fähigkeiten langfristig zu erhalten. Eine Publikation von Prats et al. untersuchte ebenfalls die Langzeiteffekte eines studentischen Sonographiekurses und dies zwar mithilfe einer Kontrollgruppe und nach einem Zeitraum von vier Jahren, allerdings nur anhand eines Fragebogens. Es wurde nicht die praktische Kompetenz bewertet, sondern der Einfluss des Kurses auf das Streben der Teilnehmenden die Sonographie in ihrem Beruf anzuwenden (103).

Eine weitere Studie, welche die Langzeiteffekte eines peer-gestützten Ausbildungsprogramms für Sonographie untersucht, wurde von Nourkami-Tutdibi et al. (4) publiziert. In dieser bereits mehrfach erwähnten Studie wurde der Wissenszuwachs von insgesamt 40 Studierenden der Medizin mittels Prä- und Post-Test in Form eines OSCE evaluiert. Davon wurden 15 Studierende ein Jahr nach dem Ultraschallkurs erneut getestet. Dabei unterschieden sich die Ergebnisse nicht signifikant von denen der Post-Untersuchung (Post-Test: 83.5 von 100 Punkten und nach einem Jahr 78.7 von 100 Punkten). Es konnte also gezeigt werden, dass die Kenntnisse der Studierenden auch ohne weiteres Training über ein Jahr lang erhalten

bleiben konnten. Die hier vorgestellte Studie untersucht im Gegensatz dazu eine größere Anzahl an Studierenden (n = 141 Studierende) und das nicht nur ein, sondern zweieinhalb Jahre nach dem Sonographiekurs an der UM. Die Messung des Kompetenzniveaus bot sich in der hier vorliegenden Studie zu Beginn des PJs an, da die curriculare Lehre mit Abschluss des klinischen Abschnitts endet und somit ein vergleichbares Ausbildungsniveau aller Studierenden zu erwarten ist. Zum Ausschluss von Confoundern wird zum Vergleich eine weitere Gruppe von Studierenden (n = 161) untersucht, welche zwar die gleiche studentische Ausbildung an derselben Universität erhielt, aber nicht am Kurs teilgenommen hat.

Bei einer weiteren Studie von Haidar et al. wurden ebenfalls zwei Gruppen miteinander verglichen, die sich in ihrer Teilnahme an einem Sonographiekurs unterschieden (n = 51 mit und n = 127 ohne Sonographiekurs). Dabei konnte gezeigt werden, dass die eine Gruppe unmittelbar nach der Teilnahme am Kurs ein signifikant besseres Ergebnis für die Prüfung der kardiovaskulären Anatomie erzielen konnte als die Vergleichsgruppe ohne Sonographiekurs (104). Die hier vorliegende Studie soll nicht den unmittelbaren, sondern den langfristigen Effekt des Kurses auf die Kompetenzen der Studierenden nach zweieinhalb Jahren messen.

Eine weitere Studie untersuchte den Langzeiteffekt eines Sonographiekurses, und zwar an der McGill University in Montreal, Kanada. Zunächst absolvierten 195 Studierende sechs einstündige Unterrichtseinheiten zum Thema Sonographie. Das Erreichen der Kursziele wurde sowohl von den Ausbildern als auch von den Studierenden selbst bewertet. Die Studierenden bewerteten ihre eigene Leistung durchschnittlich höher, als die Ausbilder es taten. Nach Beendigung des Kurses führte ein Teil der Studierenden (n = 65) nach acht Monaten eine erneute praktische Prüfung zum Thema Dyspnoe durch. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass die erworbenen Ultraschallkenntnisse über diesen Zeitraum von acht Monaten erhalten bleiben konnten (46). Im Gegensatz zur Studie der McGill University untersucht die hier dargestellte Studie den Langzeiteffekt nach einem längeren Zeitraum von zweieinhalb Jahren und das unter Hinzunahme einer Kontrollgruppe.

3 Material und Methoden

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über Aufbau und Ablauf der Studie. Nach einer Darstellung der Studien-Hypothesen wird im Anschluss das Studiendesign sowie dessen Durchführung erläutert. Anschließend wird die Stichprobe sowie deren Repräsentativität in Bezug auf die gestellten Hypothesen dargelegt. Schließlich werden die einzelnen Messmethoden und der Ablauf der Datenerhebung beschrieben.

3.1 Einführung

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine unizentrische und prospektive Studie, bei der die nachfolgenden Hypothesen und Fragestellungen mit Primärdaten geprüft werden. Verglichen werden dabei die Daten zweier Gruppen von Studierenden, welche sich durch die Teilnahme am Sonographie-Kurs S4K unterscheiden. An der UM existierten zum Zeitpunkt der Studie zwei unterschiedliche Kursformate. Der semesterbegleitende Kurs (S4K-S), bestehend aus neun praktischen Einheiten (Seminareinheiten) und einer parallel hierzu laufenden Vorlesung, wird seit dem Sommersemester 2017 im ersten klinischen Semester angeboten. Der Kompaktkurs (S4K-K) erstreckt sich über zweieinhalb Tage und beinhaltet die gleiche Anzahl an Seminareinheiten ohne Vorlesung. Dieses Format kann von allen Studierenden der klinischen Semester besucht werden. Somit war der Zeitpunkt der Teilnahme am Kompaktkurs (S4K-K) im Gegensatz zum semesterbegleitenden Kurs (S4K-S) nicht auf das erste klinische Semester beschränkt. Die Studierenden konnten sich während des gesamten klinischen Abschnitts freiwillig anmelden. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der Studie nach dem Zeitpunkt der Kursteilnahme gefragt. Ein Teil der Studierenden konnte zudem im Laufe des klinischen Studienabschnittes beide Kursformate besuchen (S4K-SK).

Die Datenerhebung erstreckte sich über zwei Semester (Wintersemester 2019/2020 und Sommersemester 2021). *Abbildung 1* zeigt schematisch eine Übersicht der zwei Kohorten (WiSe 19/20 grün und SoSe 21 dunkelblau) sowie der beiden Gruppen „mit“ (Studiengruppe) und „ohne Kurs“ (Kontrollgruppe). Für die Kohorte des WiSe 19/20 existierte der semesterbegleitende Kurs noch nicht, da sie das erste klinische Semester vor 2017 besuchte. Die Studierenden haben entweder gar nicht (Kontrollgruppe) oder in einem späteren klinischen Semester am Kompaktkurs (S4K-K) teilgenommen. Die Kohorte des SoSe 21 konnte sowohl am semesterbegleitenden (S4K-S), als auch am Kompaktkurs (S4K-K) teilnehmen.

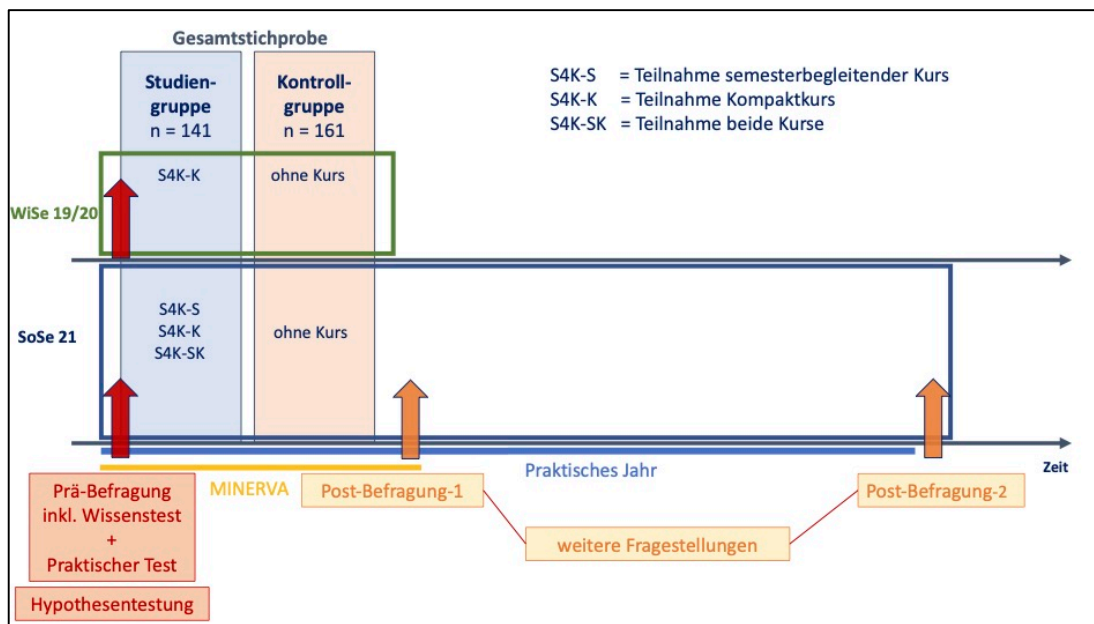


Abbildung 1: Zeitstrahl - Vergleichsgruppen der Studie

3.1.1 Hypothesen

Um die Nachhaltigkeit des S4K-Kurses zu testen, musste ein Studiendesign geschaffen werden, das zwei Gruppen miteinander vergleicht, die sich nur durch die Kursteilnahme unterscheiden. Vor Beginn der Studie war bekannt, dass sich die S4K-Teilnahme der beiden genannten Kohorten unterscheiden muss, da der semesterbegleitende S4K-Kurs für die erste Kohorte noch nicht existierte. Zwar wurde eine unmittelbare Verbesserung der sonographischen Kompetenz der teilnehmenden Studierenden durch einen Sonographiekurs im Vergleich zur Kontrollgruppe vermutet, da sie bereits in vielen Studien bewiesen wurde (84, 95-101), jedoch könnte dieser Effekt nach zweieinhalb Jahren wieder vollständig rückläufig und somit nicht nachhaltig sein. Dies würde bedeuten, dass eine Kompetenztestung beider Gruppen sich nicht signifikant unterscheidet. Zur genauen Gegenüberstellung der Studien- und Kontrollgruppe wurde nicht nach Kohorte, sondern anhand der Ergebnisse einer Befragung nach den Gruppen „mit Kurs“ (Studiengruppe) und „ohne Kurs“ (Kontrollgruppe) unterteilt. Dies führte zur Formulierung der folgenden Hypothesen:

H1: Die Studiengruppe „mit Kurs“, die den S4K-Kurs besucht hat, hat einen signifikant höheren Kompetenzlevel als die Kontrollgruppe „ohne Kurs“, die den S4K-Kurs nicht besucht hat. Dies gilt sowohl für den Bereich Wissen/ theoretische Kenntnisse als auch für die medizinisch-praktischen Fähigkeiten. (H1: $\mu_2 > \mu_1$)

H0: Die Leistungen der Studiengruppe „mit Kurs“ unterscheiden sich nicht von den Leistungen der Kontrollgruppe „ohne Kurs“ bzw. haben einen niedrigeren Kompetenzlevel als die Kontrollgruppe. ($H_0: \mu_2 \leq \mu_1$)

3.1.2 Fragestellungen

Weiterhin sollte analysiert werden, welche Unterrichtsformen aus Sicht der Studierenden die sonographische Kompetenz am meisten stärken. Außerdem sollte das Praktische Jahr und dessen Beitrag zur Sonographie-Ausbildung beleuchtet werden. Dies führte zur Formulierung weiterer Fragestellungen, welche nachfolgend aufgelistet werden.

1. Ist die angebotene peer-gestützte Lehrveranstaltung S4K aus Sicht der Studierenden maßgeblich für die Entwicklung der Sonographie-Kompetenzen im klinischen Abschnitt des Studiums verantwortlich?
2. Leistet das Praktische Jahr aus Sicht der Studierenden einen nennenswerten Beitrag für einen Kompetenzzuwachs im Bereich der Sonographie-Ausbildung?

3.2 Studiendesign

Das Design der Studie ist in der gezeigten *Abbildung 2* zu sehen. Es beinhaltet zur Überprüfung der Hypothesen insgesamt drei Befragungen zu verschiedenen Zeitpunkten (Prä-Befragung, Post-Befragung-1, Post-Befragung-2) sowie eine medizinisch-praktische Kompetenzmessung im Bereich der Sonographie (praktischer Test). Dabei wurden zwei Kohorten (WiSe 19/20 und SoSe 21) mit insgesamt 302 Studierenden zu Beginn ihres Praktischen Jahres an der Universitätsmedizin Mainz und ihren Lehrkrankenhäusern in die Studie eingeschlossen.

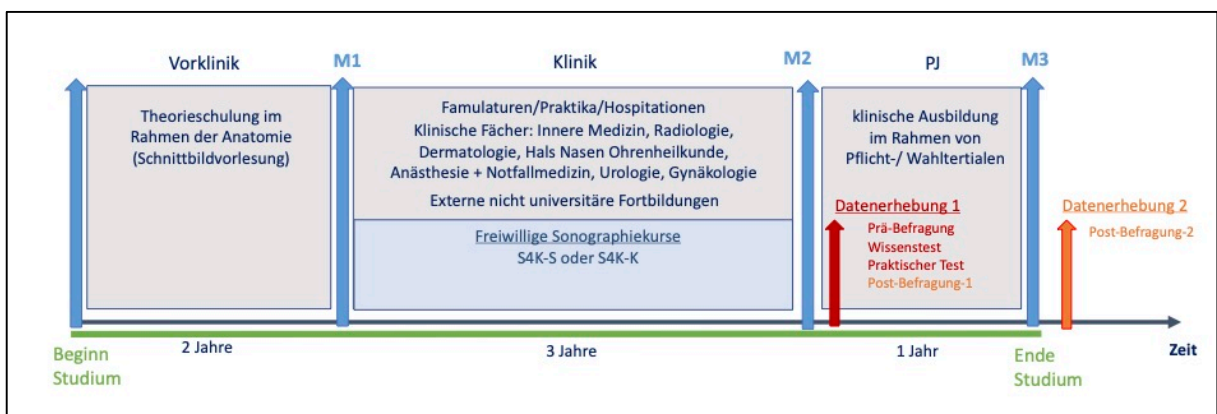


Abbildung 2: Zeitstrahl - Erhebungszeitpunkte der Studie (Abkürzungen: M1 = Erster, M2 = Zweiter, M3 = Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung, PJ = Praktisches Jahr, S4K-S = semesterbegleitender Kurs, S4K-K = Kompaktkurs)

Ursprünglich waren für die Studie insgesamt drei Erhebungszeitpunkte geplant. Leider musste die Datenerhebung im Sommersemester 2020 und Wintersemester 20/21 pandemiebedingt abgesagt werden, da keine Durchführung der Veranstaltung in Präsenz möglich war.

Der gesamte Erhebungszeitraum inklusive Befragung der zweiten Kohorte nach dem PJ erstreckte sich von November 2019 bis September 2022.

Einschlusskriterium für die Teilnahme an der Studie war die Teilnahme an der MINERVA-Sonographie-Station im WiSe 19/20 oder SoSe 21, die schriftliche Zustimmung zur Studienteilnahme und ein vollständiger Datensatz. Ein vollständiger Datensatz bezog sich insbesondere auf die Teilnahme an beiden praktischen Tests sowie an der Präbefragung. Fehlende Angaben in den Post-Befragungen wurden akzeptiert. Ausschlusskriterium war die Ablehnung der Studienteilnahme sowie ein unvollständiger Datensatz, beispielsweise durch die Bearbeitung von nur einer praktischen Prüfung statt zwei. Die klinische curriculare Ausbildung der Studierenden konnte für alle Teilnehmenden als gleich angesehen werden, da sich der Studienplan während der Datenerhebung nicht geändert hatte. Die individuelle Wahl von extracurricularen Kursen der Teilnehmenden kann selbstverständlich variieren. Diese Faktoren wurden im Rahmen der Prä-Befragung möglichst genau eruiert, um ein ganzheitliches Bild der sonographischen Vorkenntnisse darstellen zu können. Bezüglich des Ablaufs der Datenerhebung wurde in beiden Semestern analog verfahren.

Die Teilnehmenden nahmen im Rahmen der Prä-Befragung an einem theoretischen Wissenstest teil. Im Anschluss daran erfolgte die Teilnahme an einem praktischen Test, welcher sich in zwei Sonographie-Szenarien teilte. Von vier möglichen praktischen Tests wurden zwei randomisiert auf die Studierenden verteilt. Die Betreuung sowie die Bewertung der Studierenden während des Tests erfolgte durch erfahrene Tutoren des S4K-Kurses, welche zudem gesondert für ihre Tätigkeit bei dieser Studie geschult wurden.

Nach Ausschluss der Studierenden, welche die Einschlusskriterien nicht erfüllten konnten aus dem Zusammenschluss beider Kohorten (WiSe 19/20 und SoSe 21) die Gruppen „ohne Kurs“ (Kontrollgruppe n = 161) und „mit Kurs“ (Studiengruppe n = 141) differenziert werden (siehe *Abb. 1*).

3.3 Durchführung der Studie

3.3.1 Rahmenbedingungen

Realisiert wurde die Studie im Rahmen einer zweitägigen Veranstaltung für angehende PJ-Studierende namens MINERVA, welche seit 2011 in jedem Semester vom und im Simulationszentrum der UM mit Mitteln des Dekanats durchgeführt wird. In insgesamt zehn Stationen von einer Dauer von je zwei Unterrichtseinheiten (UE), also 90 Minuten, haben die Studierenden im Kleingruppenformat (4-6 Teilnehmende) die Möglichkeit, sich auf typische PJ-Tätigkeiten und Notfallsituationen vorzubereiten. Abgesehen von einem durch Corona bedingten Ausfall im Jahr 2020 können jedes Semester bis zu 180 Teilnehmende (TN) der Universitätsmedizin Mainz und der zugehörigen Lehrkrankenhäuser an der Veranstaltung teilnehmen. Zu MINERVA nicht eingeladen werden Studierende, die das PJ nicht an der UM oder einem der zugehörigen Lehrkrankenhäuser, sondern mit einem Auslandstertial oder in anderen Einrichtungen beginnen, bei denen der Aufwand für eine Anreise unangemessen erscheint.

Die Durchführung der hier dargestellten Studie erfolgte im Rahmen einer eigenen Sonographie-Station innerhalb von MINERVA. Die praktische Kompetenztestung wurde zu Beginn dieser Sonographie-Station durchgeführt, sodass die darauffolgende Übungszeit keinen Einfluss auf die Datenerhebung hatte.

3.3.2 Ablauf der Datenerhebung

Die Begrüßung der Teilnehmenden durch die Organisatoren der Studie erfolgte zu Beginn der Sonographie-Station im Konferenzraum des Simulationszentrums. Mithilfe einer kurzen Einführung wurde das Ziel sowie der Ablauf der Datenerhebung erläutert. Anschließend füllten die Studierenden die Einverständniserklärung aus, welche ebenfalls die Teilnahme an beiden Post-Befragungen enthielt. Aus einer Ableitung von biographischen Daten wurde ein nur den Teilnehmenden selbst bekannter Code generiert, um zu einem späteren Zeitpunkt die pseudonymisierten Daten unterschiedlicher Ergebniszeitpunkte zusammenzuführen. Anschließend wurden die Prä-Befragung und der Wissenstest ausgefüllt.

Für die Durchführung der Studie standen zwei Untersuchungsräume (Raum A und B) mit jeweils zwei Tutoren zur Verfügung, welche die Studierenden betreuten und während der praktischen Tests bewerteten. Jeder Studierende absolvierte insgesamt zwei praktische Tests: einen in Raum A und einen in Raum B.

3.3.3 Tutoren als Bewertende

Bei den im Zuge der Studie eingesetzten Tutoren handelte es sich um erfahrene Tutoren des S4K-Kurses. Diese absolvierten zunächst die allgemeine Ausbildung zu Sonographie-Tutoren und verfügten zudem über praktische Erfahrungen durch ihre Tutorentätigkeit im Rahmen des S4K-Kurses. Die genannte allgemeine Ausbildung beinhaltete mehrere Seminare, die praktische Durchführung von Sonographie-Kursen (S4K-S und S4K-K) sowie eine mehrwöchige Hospitation in der Sonographie-Abteilung einer Klinik. Dazu gehörte außerdem eine didaktische Schulung (Kompaktkurs über zwei Tage) durch dafür ausgebildete Tutoren und das Eigenstudium eines Skriptes für Didaktik. Die Tutoren wurden durch erfahrenere Tutoren zunächst angeleitet und unterstützt und dann stufenweise in ihre Tätigkeit eingeführt (37).

Zudem wurden sie für ihre Mithilfe an der Studie zusätzlich durch eine spezielle Schulung vorbereitet. Im Mittelpunkt stand dabei ein E-Learning-Kurs, welcher die korrekte Durchführung der Szenarien und deren korrekte Bewertungsmaßstäbe zeigt. Der E-Learning-Kurs beinhaltete sowohl Instruktionen in Textform, als auch ein ausführliches Video, in dem alle zuvor genannten Rollen von unterschiedlichen Studierenden dargestellt wurden. Gezeigt wurde sowohl die Einführung der Teilnehmenden vor Eintritt in den Untersuchungsraum als auch das Verhalten der einzelnen Rollen während der Kompetenztestung. Zudem wurde auch ein Beispiel eines angemessenen Feedbacks für die Teilnehmenden präsentiert. Im Rahmen des E-Learning-Kurses wurde anhand von Videos der Erwartungshorizont für das Erreichen der maximalen Punktzahl von 50 gezeigt. Diese zeigten die genaue Darstellung der jeweils zu erkennenden Strukturen in den Fallszenarien. Dadurch sollte, zusätzlich zu den standardisierten Bewertungsbögen, eine verbesserte Vergleichbarkeit der Studienergebnisse erreicht werden. Im praktischen Teil der Vorbereitung wurden die Tutoren unter realen Veranstaltungs- und Testbedingungen in den Räumlichkeiten des Simulationszentrums vorbereitet.

3.4 Studienpopulation

In der vorliegenden Studie wurden jeweils 150 Studierende im Wintersemester 2019/20 und 169 Studierende im Sommersemester 2021 vor ihrem Eintritt in das Praktische Jahr der Universitätsmedizin und ihrer Lehrkrankenhäuser hinsichtlich ihrer aktuellen Sonographie-Kompetenz untersucht.

Da die Lehrveranstaltung S4K erstmals im Sommersemester 2017 für die Studierenden des 1. klinischen Semesters angeboten wurde, konnten die

Studierenden des WiSe 19/20 noch nicht an der semesterbegleitenden Lehrveranstaltung von S4K (S4K-S) teilgenommen haben. Anders verhielt es sich bei den Teilnehmenden des SoSe 21, bei denen ein großer Teil der Studierenden teilnehmen konnte. In der statistischen Auswertung konnten durch die Angaben der Studierenden in der Prä-Befragung (siehe unten) zwei Untergruppen, „mit Kurs“ (Studiengruppe) und „ohne Kurs“ (Kontrollgruppe), unterschieden und bei der Auswertung berücksichtigt werden. Die Studierenden der Studiengruppe konnten in „semesterbegleitender Kurs“ (S4K-S) und „Kompaktkurs“ (S4K-K) unterteilt werden. Der S4K-S fand im ersten klinischen Semester einmal wöchentlich mit je zwei Unterrichtseinheiten à 45 Minuten (UE) und mit einer begleitenden Vorlesung über neun Wochen verteilt statt. Der S4K-K erstreckte sich über ein Wochenende von Freitag bis Sonntag (ebenfalls 18 UE).

Alle Studierenden haben an der regulären Lehre der Universitätsmedizin Mainz teilgenommen und gegebenenfalls zusätzliche Kenntnisse durch individuell ausgewählte Praktika, Kurse oder andere klinische Erfahrungen erwerben können. Um diese Unterschiede zwischen den Studierenden genauer eingrenzen zu können, wurden sie in der Prä-Befragung der Studie thematisiert und dort in ihrem Ausmaß eingeordnet. In Kapitel 3.5.1 erfolgt eine ausführliche Erläuterung.

3.5 Messmethoden zur Überprüfung der Sonographie-Kompetenz

Zum besseren Verständnis des Studienablaufs soll im Folgenden genauer auf die Messmethoden eingegangen werden. Zur Feststellung der theoretischen und der medizinisch-praktischen Sonographie-Kompetenz der Studierenden fanden grundlegend zwei Methoden Anwendung: Die erste Messmethode besteht aus drei für die Studie konzipierten Befragungen (Prä-Befragung inkl. Wissenstest, Post-Befragung-1 und Post-Befragung-2), welche im folgenden Kapitel genauer erläutert werden. Die zweite Messmethode, eine medizinisch-praktische Überprüfung der Sonographie-Kompetenz der Studierenden, diente der Einschätzung der praktischen Kompetenz der Studierenden im Bereich der Sonographie.

Der Erhebungszeitraum erstreckte sich von November 2019 bis September 2022.

Im Folgenden wird bei der Beschreibung der Messmethoden chronologisch vorgegangen. Dies dient dem besseren Verständnis des Studienablaufs.

- Prä-Befragung
- Messung der theoretischen Kompetenz: Wissenstest
- Messung der praktischen Kompetenz: Praktischer Test
- Post-Befragung-1
- Post-Befragung-2

3.5.1 Prä-Befragung

Wie *Abbildung 2* entnommen werden kann, wurde die Studie nach dem zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (M2) und zu Beginn des Praktischen Jahres begonnen. In der Prä-Befragung (siehe Anhang S. V) sollten theoretische Wissensaspekte der Ultraschallkompetenzen überprüft, sowie allgemeine und spezielle medizinische Erfahrungen im Bereich der Sonographie ermittelt werden. Darüber hinaus zielte die Prä-Befragung darauf ab, demographische Daten der Teilnehmenden und Daten zu medizinischen Vorkenntnissen zu erheben, die für weitergehende Fragestellungen als relevant erachtet wurden.

Die Fragen teilten sich in die Bereiche:

- Persönliche Daten
- Ausbildung/Studium/Beruf
- Teilnahme an Sonographiekursen
- Ultraschallvorerfahrungen
- Subjektive Kompetenzeinschätzung
- Zufriedenheit, Erwartungen und Bedarf

Begonnen wurde mit Fragen zu Alter, Geschlecht sowie zu Berufsausbildung oder Studium vor Beginn des Medizinstudiums. Anschließend folgten Fragen zur Teilnahme am semesterbegleitenden sonoforklinik-students Kurs (S4K-S) des 1. klinischen Semesters. Die Teilnehmenden sollten die Anzahl der wahrgenommenen Vorlesungen und Kurstage des praktischen Kurses angeben. Nachfolgend wurde das Ausmaß der Lernintensität und die Nutzung der Kursmaterialien genauer beleuchtet. Daraufhin folgte in der Prä-Befragung eine Einschätzung zur aktuellen Abrufbarkeit des ggf. durch den Kurs erworbenen Wissens. Für den Großteil der Teilnehmenden lagen zwischen dem Zeitpunkt der Messung nach dem M2 und der Teilnahme am S4K-S Kurs im 1. klinischen Semester mindestens fünf klinische Semester.

Im darauffolgenden Fragenblock wurde festgestellt, ob sich das Wissen seit Beendigung des Kurses eher verbessert, gar nicht verändert oder verschlechtert hat. Anschließend sollten die Teilnehmenden angeben, was die Gründe für diese Entwicklung (Verbesserung, gleicher Stand oder Verschlechterung) waren. Dabei wurden möglicherweise ursächliche Beispiele wie Famulatur, Nebenjob, praktische Anwendung an der Universität, hinzugewonnenes theoretisches Wissen, etc. abgefragt. Neben einem weiteren Fragenblock ähnlichen Inhaltes zu einem fakultativ absolvierten Wochenendkurs von sonoforklinik-students im Kompaktformat (S4K-K), wurde zusätzlich mittels dichtetomer Frage erhoben, ob weitere Ultraschallkurse, beispielsweise an einer anderen Universität, besucht wurden. Außerdem wurden Erfahrungen im Bereich der Sonographie durch Famulaturen und Praktika exploriert und dabei auch die zugehörigen Fachrichtungen erfragt, wie beispielsweise die Innere Medizin, die Gynäkologie oder auch die Radiologie. Dabei sollte annähernd die Anzahl der untersuchten Patienten angegeben werden, um das Ausmaß der praktischen Sonographie-Anwendung der Studierenden einordnen zu können.

Der darauffolgende Teil der Prä-Befragung zielte darauf ab, den aktuellen Stand der eigenen Sonographie-Erfahrung einzugrenzen. Dabei wurde zwischen theoretischem und medizinisch-praktischem Wissen unterschieden. Die Studierenden sollten dabei auf einer siebenstufigen Likert-Skala ihre Kenntnisse (1 = *sehr gut*, 7 = *sehr schlecht*) einschätzen. Anschließend sollten sie die Quellen ihres Wissens angeben, dabei standen den Studierenden mehrere Antwortmöglichkeiten zur Verfügung. Dazu zählten neben Kursen der Universität (Seminare, Praktika, Untersuchungskurse, Vorlesung), der S4K-Kurs, Lehrbücher, Online-Plattformen wie beispielsweise Amboss, Famulaturen, SkillsLab, Nebenjobs oder Sonstiges. Diese Angaben sollten jeweils für das theoretische und praktische Wissen separat angegeben werden.

Im Folgenden sollten die Studierenden mithilfe einer siebenstufigen Likert-Skala (1 = *sehr niedrig*, 7 = *sehr hoch*) ihre aktuelle Leistungsfähigkeit bezüglich der topographisch-anatomischen Kenntnisse, der räumlichen Wahrnehmung, der Handhabung des Sonographie-Geräts sowie der optimalen Bildeinstellung einschätzen.

3.5.2 Messung der theoretischen Kompetenz

Die Prä-Befragung enthielt zudem einen theoretischen Test, der sonographische Bilder von vier klinisch relevanten Pathologien darstellte (*Abbildung 3*). Diese sollten von den Studierenden schriftlich benannt werden (max. Punktzahl 4

Bewertungseinheiten). Als Hilfestellung wurde die Schallkopfposition angegeben (mittels Foto von Untersucher und Patient, siehe Anhang S. XI).

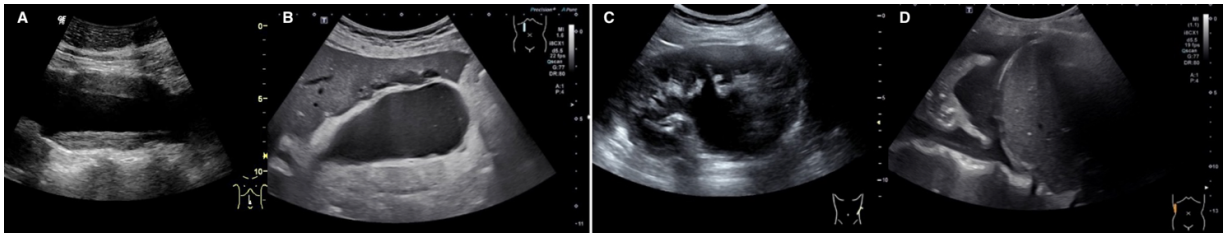


Abbildung 3: Wissenstest: Theoriefragen Pathologie-Erkennung

(A: Aortenaneurysma, B: Cholezystitis, C: Harnstau, D: Pleuraerguss)

3.5.3 Messung der praktischen Kompetenz

Für die Messung der praktischen Kompetenz der Studierenden standen vier verschiedene Testszenarien zur Verfügung, welche exemplarisch vier wichtige Untersuchungen der klinischen Sonographie-Diagnostik repräsentieren sollten. Diese entsprachen der systematischen Untersuchung derselben Organe aus dem theoretischen Test und wurden wie bereits beschrieben in „leicht“ und „schwer“ unterteilt (Pleura = L1, Gallenblase = L2, Aorta = S1, Niere = S2). Genauere Angaben zum Vorgehen und zur Fragestellung erhielten die Studierenden in einer Fallvignette vor Betreten des Raumes.

Dafür wurden die ersten beiden Studierenden einer Kleingruppe im Rahmen der Sonographie-Station zunächst vor die zwei Untersuchungsräume verteilt. Dort wurde ihnen die Fallvignette (Abbildung 4) ausgehändigt, welche eine kurze Einführung in das Fallszenario, Informationen zum Simulationspatienten sowie zu der geplanten Untersuchung enthielt.

<p><u>Vignette Pleuraerguss</u></p> <p>Fallbeschreibung:</p> <p>Du bist als PJ-ler/in auf der Notfallstation. Es wird dir eine Patientin (mit bekanntem Tumorleiden) vorgestellt, welche über seit mehreren Tagen zunehmende Luftnot klagt.</p> <p>Die Patientin wurde über die Untersuchung informiert und wartet im Untersuchungszimmer.</p> <p>Kleidungsstatus: Hemd, Shirt, freier Oberkörper</p> <p>Position: Bereits liegend.</p> <hr/> <p>Aufgabe:</p> <p>1) Eruiere bitte mit Hilfe der Sonographie (im Liegen), ob Pleuraergüsse als mögliche Ursache der Beschwerden in Betracht kommen.</p> <p>2) Freeze ein Bild und zeige den Recessus, das Diaphragma und die Leber!</p> <hr/>
--

Abbildung 4: Fallvignette L1 (Pleura/Lunge)

Material und Methoden

Der Ablauf des Szenarios ist in *Abbildung 5* schematisch dargestellt. In jedem Untersuchungsraum (Raum A bzw. Raum B) hielten sich für die Betreuung der Studierenden jeweils zwei Tutoren (T1A und T2A bzw. T1B und T2B) und ein Simulationspatient (SPA bzw. SPB) auf. Es wurden für die gesamte Studie bewusst Simulationspatienten gewählt, die gute Schallbedingungen aufwiesen. Somit sollte eine Vergleichbarkeit der Schallbedingungen gewährleistet werden. Einer der beiden Tutoren (T1A) empfing den Studierenden (Teilnehmer/in = TN, orange) vor dem ersten Untersuchungsraum, hier Raum A, und klärte zunächst Fragen zum Ablauf oder zur Fallvignette. Dies ist in *Abbildung 5* im weißen Teil links gezeigt. Anschließend ging Tutor 1A in den Raum, welcher hier hellgrau dargestellt ist und wartete auf den Eintritt des Studierenden (Kästchen 1 weiß). Dieser klopfte an die Tür und betrat den Raum in der Rolle als Arzt/Ärztin (Kästchen 2 orange, siehe *Abbildung 5*) für die Durchführung des praktischen Tests. Zur Steigerung der Objektivität wurde jede einzelne Kompetenztestung von beiden Tutoren, hier T1A und T2A, bewertet. Der Tutor 1A leitete die Studierenden an und übernahm eine führende Rolle, während sich Tutor 2A im Hintergrund hielt. Tutor 2A bewertete ebenfalls die Leistung und achtete auf das Einhalten der Zeitangabe von 8 Minuten. Er ist in *Abbildung 5* unten rechts dargestellt.

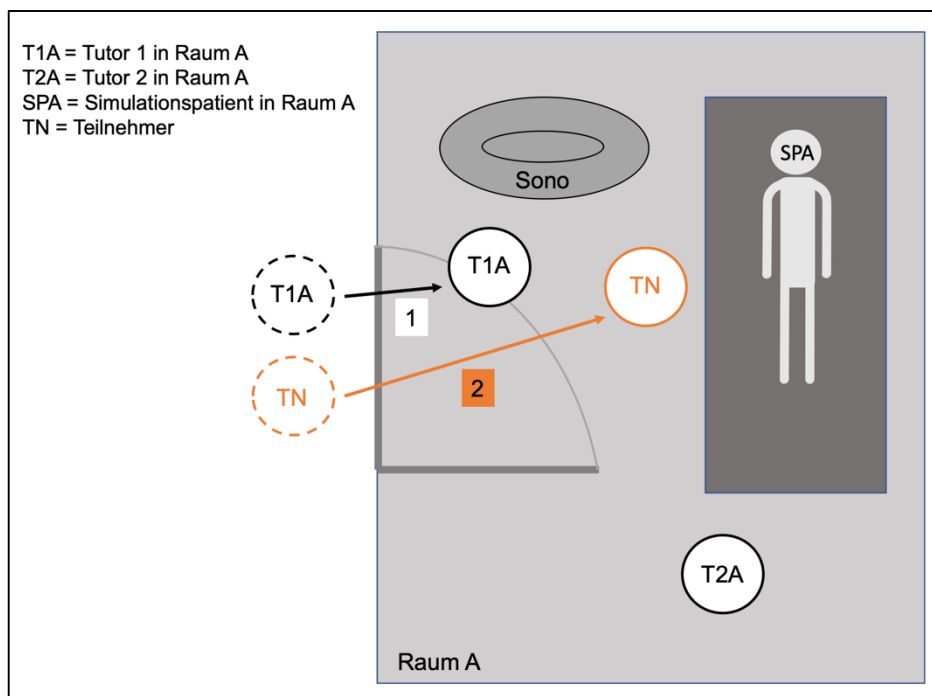


Abbildung 5: Aufbau Untersuchungsraum A

(T1 = Tutor 1, T2 = Tutor 2, TN = Teilnehmer/in, SP = Simulationspatient/in, Sono = Sonographie-Gerät)

Die für die Bewertung der medizinisch-praktischen Leistung verwendeten Bewertungsbögen wurden aus dem Journal „Evaluation of an OSCE Assessment Tool for Abdominal Ultrasound Courses“ von Hofer et al. (57) entnommen. Dort wurden sie bezüglich ihrer Umsetzbarkeit und Repräsentationsfähigkeit bereits getestet und evaluiert.

Klassische OSCEs werden in der Literatur als

“An assessment tool based on the principles of objectivity and standardisation, in which the candidates move through a series of time-limited stations in a circuit for the purposes of assessment of professional performance in a simulated environment. At each station candidates are assessed and marked against standardised scoring rubrics by trained assessors.” definiert (105).

Da es sich bei der Kompetenzüberprüfung in der Studie lediglich um zwei Sonographie-Tests und nicht um multiple Teststationen handelte, wurden die Bewertungsbögen nicht als OSCEs, sondern als praktischer Test bezeichnet.

Das Szenario Pleuraerguss (=L1) wurde nach dem Vorbild der anderen drei Bewertungsbögen erstellt und den vorhandenen drei Szenarien Gallenblase (=L2) Aorta (=S1), Niere (=S2) hinzugefügt (*Abbildung 6*). Durch diese Maßnahme sollte sichergestellt werden, dass auch Studierende, die bereits am Kurs teilgenommen haben und möglicherweise bereits Sonographie-Tests absolviert haben, mit einem unbekanntem Szenario konfrontiert werden.

<p>Sono OSCE-Zwischensprüfung Name, Vorname: _____ Datum: _____ Prüfer: _____</p> <p>Frage (Lunge, Pleuraergüsse) Du bist als PJ-ler auf der Notfallstation. Es wird dir eine Patientin (mit bekanntem Tumorleiden) vorgestellt, welche über seit mehreren Tagen zunehmende Lufnot klagt.</p> <p>1) Erläutere bitte mit Hilfe der Sonographie (im Liegen), ob Pleuraergüsse als mögliche Ursache der Beschwerden in Betracht kommen.</p> <p>2) Freizee ein Bild und zeige den Recessus, Diaphragma und die Leber!</p>	<p style="text-align: right;">Übertrag (max. 28): _____</p> <p>Fortsetzung</p> <p>Bildertätigung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeigt und benennt korrekt: Recessus (1), Diaphragma (1), Leber (1) (0 - 3) <p>Gesamtleistung</p> <p>Insgesamt souverän 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 deutliche Defizite (0 - 8)</p> <p>Kommunikation im Rahmen der (körperlichen) Untersuchung</p> <p>Rücksichtnahme auf den Patienten (Gesamteindruck)</p> <ul style="list-style-type: none"> • z.B. einfühlbare Kommunikation <input type="checkbox"/>, wahr Intimsphäre <input type="checkbox"/>, achtet beiderseits auf nonverbale und paraverbale Kommunikation <input type="checkbox"/>... (2) (1) (0) <p>Ergebnisorientierung der Kommunikation (Gesamteindruck)</p> <ul style="list-style-type: none"> • z.B. erläutert das eigene Handeln <input type="checkbox"/>, erklärt notwendig der Mitarbeit <input type="checkbox"/>, gibt klare Anweisungen <input type="checkbox"/>, achtet auf angemessene und verständliche Informationen <input type="checkbox"/> (2) (1) (0) <p>Theorie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wie lautet der Sonographische Algorithmus, der bei Trauma Patienten in der Notaufnahme angewandt wird? (e-FAST) (1), korrekte Benennung der Abkürzung (1) (0-2) • Nenne bitte sonographische Kriterien, die für eine Herzinsuffizienz sprechen: <i>Progressive Dilatation des Herzens (1), B-Linien (1) gestaute VCI (1), Pleuraergüsse(1), Ascites (1)</i> (0 - 5) <p style="text-align: right;">Zwischensumme 2 (max. 22): _____ Zwischensumme 1 (max. 28): _____ Gesamtpunktzahl (max. 50): _____</p>
--	--

<p>Herstellen einer Beziehung (Gesamteindruck)</p> <ul style="list-style-type: none"> • z.B. Begrüßung <input type="checkbox"/>, Vorstellung <input type="checkbox"/>, Name erfragen <input type="checkbox"/>, Befinden des Patienten <input type="checkbox"/>... (2) (1) (0) <p>Herstellen eine Struktur / Sachebene (Gesamteindruck)</p> <ul style="list-style-type: none"> • z.B. benennt Axiass <input type="checkbox"/>, erfragt die bisherigen Untersuchungserfahrungen <input type="checkbox"/>, benennt Vorgehen <input type="checkbox"/>, holt Zustimmung ein benennt Vorgehen <input type="checkbox"/>... (2) (1) (0) <p>Schallkopf-Handling zu Beginn</p> <p>Orientierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkloppeln • Korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung. <i>siehe Leitfaden Orientierung</i> • Findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (2) (1) (0) <p>Positionierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Richtig oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt • Korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung. <i>siehe Leitfaden Position</i> • Findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittenebene (2) (1) (0) <p>Ankloppung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Koppelt den Schallkopf gut an, behält Druck kontinuierlich bei (stabilisiert Schallkopf mit Fingern) (2) • Korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder nach Aufforderung. <i>siehe Leitfaden Ankloppung</i> (1) • Kein Appressdruck, SK halb in der Luft oder unkontrollierter Druck auf Rippe (0) <p>Adäquate Vergrößerung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stellt adäquat und selbstständig die Angemessene Vergrößerung ein (2) • Korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung. <i>siehe Leitfaden Vergrößerung</i> (1) • Keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0) <p>Patientenführung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Richtig: „Bitte tief Luft holen und die Luft anhalten!“ (4) • Unvollständig, anfängliche Schwierigkeiten oder Aufforderung. <i>siehe Leitfaden Atmung</i> (2) • Gar nicht oder nach Aufforderung wieder nicht oder immer noch unvollständig, vergisst im Verlauf (0) • Aufforderung zum Weiteratmen (2) <p>Durchmusterung des Recessus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komplette auf beiden Seiten (10) • Komplette auf beiden Seiten, Tempo inadäquat (8) • Nicht komplett auf beiden Seiten oder nur auf einer Seite komplett (6) • Nur eine Seite schlecht oder mit Hilfe (2) • Trotz Hilfe kann kein Bild eingestellt werden (0) <p style="text-align: right;">Zwischensumme 1 (max. 28): _____</p>	<p>Fortsetzung</p> <p>Bildertätigung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeigt und benennt korrekt: Recessus (1), Diaphragma (1), Leber (1) (0 - 3) <p>Gesamtleistung</p> <p>Insgesamt souverän 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 deutliche Defizite (0 - 8)</p> <p>Kommunikation im Rahmen der (körperlichen) Untersuchung</p> <p>Rücksichtnahme auf den Patienten (Gesamteindruck)</p> <ul style="list-style-type: none"> • z.B. einfühlbare Kommunikation <input type="checkbox"/>, wahr Intimsphäre <input type="checkbox"/>, achtet beiderseits auf nonverbale und paraverbale Kommunikation <input type="checkbox"/>... (2) (1) (0) <p>Ergebnisorientierung der Kommunikation (Gesamteindruck)</p> <ul style="list-style-type: none"> • z.B. erläutert das eigene Handeln <input type="checkbox"/>, erklärt notwendig der Mitarbeit <input type="checkbox"/>, gibt klare Anweisungen <input type="checkbox"/>, achtet auf angemessene und verständliche Informationen <input type="checkbox"/> (2) (1) (0) <p>Theorie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wie lautet der Sonographische Algorithmus, der bei Trauma Patienten in der Notaufnahme angewandt wird? (e-FAST) (1), korrekte Benennung der Abkürzung (1) (0-2) • Nenne bitte sonographische Kriterien, die für eine Herzinsuffizienz sprechen: <i>Progressive Dilatation des Herzens (1), B-Linien (1) gestaute VCI (1), Pleuraergüsse(1), Ascites (1)</i> (0 - 5) <p style="text-align: right;">Zwischensumme 2 (max. 22): _____ Zwischensumme 1 (max. 28): _____ Gesamtpunktzahl (max. 50): _____</p>
---	--

Abbildung 6: Bewertungsbogen L1 (Pleura/Lunge) – Angelehnt an die Bewertungsbögen von Hofer et al. (57)

Die vier Bewertungsbögen wurden außerdem um einen weiteren Teil ergänzt, welcher die Gesprächsführung, Kommunikation sowie die Rücksichtnahme auf Patienten während der Untersuchung bewertet. Dies erfolgte in Anlehnung an das Hand- bzw. Lehrbuch „Ärztliche Kommunikation - Praxisbuch zum Masterplan Medizinstudium

2020“ von Jana Jünger (106). Insgesamt konnten bei jedem praktischen Test maximal 50 Punkte (50 P) erreicht werden. Dabei wurden die „Gesprächseröffnung“, das „Schallkopfhänding“, die „Patientenführung“, der „Untersuchungsgang“, die „Gesamtpformance“, die „Kommunikation“ und das „theoretische Wissen“ separat beurteilt.

Im Untersuchungsraum wurden die Studierenden (TNA) von Tutor 1A durch den praktischen Test geführt. Durch die Fallvignette (*Abbildung 4*) wussten die Studierenden bereits welche Untersuchung durchgeführt werden sollte und konnten trotzdem jederzeit Fragen stellen. Während des Tests wiederholte Tutor 1A die Fragestellungen bei Bedarf, unterstützte die Studierenden bei der Durchführung der sonographischen Untersuchung und bewertete sie anhand des vorgefertigten Bewertungsbogens (*Abbildung 6* und im Anhang S.XIII-XIV).

Nach Abschluss der ersten Kompetenztestung wechselten die beiden Studierenden vor den jeweils anderen Untersuchungsraum B/A, erhielten die Fallvignette des zweiten Szenarios und wurden dort von Tutor 1B/1A des anderen Untersuchungsraumes empfangen. Der Ablauf des zweiten praktischen Tests war zum ersten äquivalent, jedoch erhielten alle Teilnehmenden nach Abschluss des zweiten Szenarios ein kurzes und konstruktives Feedback zu ihrer Leistung von den Tutoren.

Alle Teilnehmenden bearbeiteten zwei von insgesamt vier Fallszenarien. Durch den Studienleiter, einen erfahrenen Arzt und Sonographie-Kurs-Dozenten, wurden vor Studienbeginn zwei „leichte“ (L1 und L2) und zwei „schwere“ (S1 und S2) Szenarien bestimmt. Jedem Studierenden wurde randomisiert ein „leichter“ und ein „schwerer“ Fall zugeteilt. Daraus ergaben sich die Kombinationen L1/S1, L1/S2, L2/S1 und L2/S2. Der genaue Inhalt und Aufbau der Fallszenarien sowie deren Bewertung durch die Tutoren wird in Kapitel 3.5. genauer erläutert. Die Bewertung der Leistung der PJ-Studierenden wurde von ausgebildeten Tutoren vorgenommen, die zum Zeitpunkt der Durchführung der Studie sowohl in der Lehre als auch in der Leistungsüberprüfung der Lehrveranstaltung des S4K-Kurses tätig waren und, wie bereits geschildert, für die Studententätigkeit durch eine gesonderte Schulung vorbereitet wurden.

Für die gesamte Studie wurden dieselben Sonographie-Geräte der Serie *LOGIQ* des Herstellers „GE Healthcare“ verwendet.

3.5.4 Post-Befragung-1

Die Post-Befragungen 1 und 2 wurden wie in *Abbildung 1* auf Seite 32 zu erkennen nur für die zweite Kohorte (SoSe 21) durchgeführt, da die weiteren Fragestellungen erst für die zweite Kohorte definiert wurden. In der Post-Befragung-1 sollten die Studierenden angeben, ob sie sich weitere Sonographie-Angebote während des Studiums gewünscht hätten. Dabei wurden mehrere Beispiele und ein offenes Textfeld für sonstige Vorschläge genannt. Abschließend hatten die Studierenden die Möglichkeit, Verbesserungsvorschläge für die Sonographie-Station anzugeben. Die Studierenden wurden während der Befragung beaufsichtigt und beantworteten diese für sich allein. *Abbildung 7* zeigt noch einmal zusammenfassend den Ablauf.

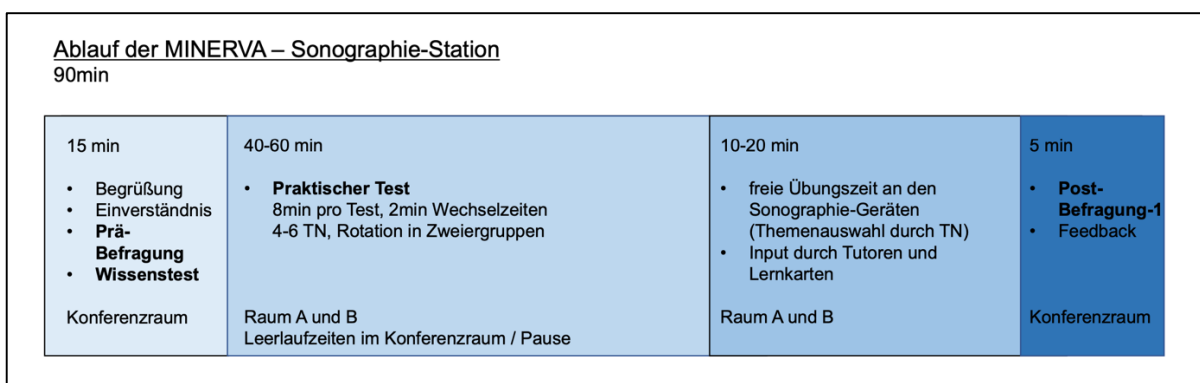


Abbildung 7: Ablaufskizze MINERVA-Sonographie-Station

3.5.5 Post-Befragung-2

Die letzte Befragung fand ein Jahr später, nach dem dritten Abschnitt der ärztlichen Prüfung (M3) und somit für die zweite Kohorte nach Beendigung des Studiums statt. Da viele Studierende einzelne oder alle Tertiale des Praktischen Jahres im Ausland oder in anderen Städten als die der Heimatuniversität absolvieren, bot sich das Online-Format für die Post-Befragung-2 an. Dafür wurde das Online-Tool „SoSci Survey“ verwendet. Das Anschreiben sowie der Einladungslink wurden nach dem Praktischen Jahr und nach der Lernphase für die Abschlussprüfung M3 über die studentische Email-Adresse von der Lernklinik an alle teilnehmenden Studierenden verschickt. Die Datenfreigabeerklärung für die Post-Befragung-2 wurde bereits im Rahmen der Einführungsveranstaltung zu Beginn der Studie eingeholt.

In der Befragung sollten sich die Teilnehmenden nach dem Praktischen Jahr an ihre persönlichen Leistungen in den Sonographie-Tests der MINERVA-Veranstaltung erinnern und den Übungserfolg kritisch reflektieren. Neben Selbsteinschätzungen zur Kompetenz zum Zeitpunkt der Messung und dem aktuellen Stand nach der PJ-Phase, wurden die Studierenden der zweiten Kohorte zudem zur Wirkung und zum Nutzen

des S4K-Kurses befragt. Hierbei sollten die Studierenden einschätzen, inwiefern sich die Inhalte des S4K-Kurses, der klinischen Semester, der individuellen Praktika und anderer medizinischer Erfahrungen auf ihre Kenntnisse ausgewirkt haben. Außerdem sollten die Studierenden speziell auf das Praktische Jahr bezogene Einschätzungen zu ihrem persönlichen Wissensgewinn während der Tertiale des Praktischen Jahres und zum eigenen Kenntnisstand im Bereich der Sonographie treffen. Dabei sollten sie, im Falle einer Teilnahme, die „persönliche“ Nachhaltigkeit und Wirksamkeit des Kurses für ihre eigenen medizinischen Kenntnisse reflektieren. Zum Schluss wurde noch einmal die Frage gestellt, ob ein longitudinales Sonographie-Lehrkonzept an der UM gewünscht ist und welche Ideen seitens der Studierenden für eine Verbesserung der Lehre zukünftig vorherrschen.

Im Rahmen der Post-Befragung-2 wurde außerdem das bereits im Abschnitt der Tutorenausbildung erwähnte E-Learning eingesetzt. Um die Teilnahmemotivation zu steigern, erhielten die Studierenden erst nach Abschluss der Post-Befragung-2 Zugang dazu. Außerdem wurden die Lernkarten aus der Sonographie-Station zur Verfügung gestellt, welche im Anhang zu finden sind. Somit konnten die Studierenden ihre Kenntnisse vor dem Berufsstart noch einmal aufbessern.

3.6 Confounder

Um Confounder, also Störfaktoren, zu berücksichtigen wurden im Rahmen der Prä-Befragung demographische Daten und medizinische Vorkenntnisse erfragt. Schließlich könnte eine Differenz in der sonographischen Kompetenz zwischen Studien- und Kontrollgruppe auch auf eine unterschiedliche vorherige Ausbildung oder Demographie zurückzuführen sein. In der Auswertung in Kapitel 4.3.1 werden die beiden Gruppen statistisch miteinander verglichen, um diesen Confounder auszuschließen.

Ein weiterer zu berücksichtigender Confounder ist die Möglichkeit der Weitergabe von Antworten des Wissenstests der Studierenden untereinander und somit die Verfälschung der Ergebnisse. Durch den Aufbau der MINERVA-Veranstaltung in Kleingruppen und die kurze Rotationszeit der Teilnehmenden zwischen den Räumen gab es nur wenige Möglichkeiten zum Austausch der Studierenden untereinander. Außerdem wurden die Studierenden im Rahmen der Einführung darum gebeten, keine Informationen über die Ergebnisse des Wissenstests zu teilen, um Störfaktoren zu vermeiden. Zu beachten wäre zudem ein Austausch zwischen den Gruppen unterschiedlicher Kurstage der MINERVA-Veranstaltung. Die Gruppen waren

homogen aus PJ-Studierenden derselben Lehrkrankenhäuser zusammengesetzt, sodass die Weitergabe von Inhalten und Ergebnissen der Tests aus der Studie zwischen Studierenden unterschiedlicher Krankenhäuser unwahrscheinlich ist. Ein Austausch zwischen den Studierenden des WiSe 19/20 und den Studierenden des SoSe 21 ist bei großem zeitlichen Abstand zwischen den Veranstaltungen ebenfalls unwahrscheinlich, aber natürlich möglich.

Die Tutoren hatten keine Einsicht in die Prä-Befragung und wussten zum Zeitpunkt der Bewertung nicht, welche Studierenden am S4K-Kurs teilgenommen haben und welche nicht. Dies diente dem Ziel, die Studierenden unvoreingenommen bewerten zu können. Durch beide Kursformate von S4K, „semesterbegleitender Kurs“ (S4K-S) und „Kompaktkurs“ (S4K-K), gab es in beiden Kohorten sowohl Studierende „mit“, als auch Studierende „ohne Kurs“. Somit wurde die einfache Verblindung seitens der Tutoren gewährleistet. Eine doppelte Verblindung war nicht möglich, da die Studierenden selbst von ihrer vorausgegangenen Kursteilnahme wussten.

Ein weiterer Confounder, der durch das Studiendesign berücksichtigt werden sollte, war der Einfluss des Schwierigkeitsgrades des praktischen Tests. Die vier Szenarien Pleura (L1), Gallenblase (L2), Aorta (S1) und Niere (S2) wurden zunächst so auf die Studierenden verteilt, dass jeweils ein „leichtes“ und ein „schweres“ Szenario abgefragt wurde, aber dennoch der Zufall über die jeweilige Kombination entschied. Somit sollte ausgeglichen werden, dass manche Studierende aufgrund unterschiedlicher Vorkenntnisse bestimmte Szenarien besser und andere schlechter bearbeiten. Der Wissenstest war für alle Studierenden identisch.

Ein weiterer Confounder ist die unterschiedliche Auseinandersetzung der Studierenden mit den Kursangeboten. Der S4K-Kurs umfasst Vorlesungen, Seminare, freies Üben und eine Abschlussprüfung, aber nicht alle Teilnehmenden erreichen denselben Ausbildungsstand, da Lernumfang und Praxiszeit individuell variieren. Aus diesem Grund wurden in der Prä-Befragung Fragen zur Kursteilnahme gestellt und eine lineare Korrelation zwischen Teilnahmeintensität und Kompetenz berechnet. Ein weiterer Confounder ist der unterschiedliche zeitliche Abstand zwischen der Teilnahme am Kompaktkurs (S4K-K) und der Datenerhebung. Die Anmeldung für den Kurs war zu jedem Zeitpunkt des klinischen Abschnitts möglich, sodass manche Studierende kurz vor der MINERVA-Veranstaltung den S4K-K-Kurs besucht haben könnten.

3.7 Datenauswertung

Die in Papierform erhobenen Daten wurden zunächst in Excel übertragen und dann in das statistische Auswertungsprogramm SPSS importiert. Dies gilt auch für die Daten der Online-Befragung (Post-Befragung-2), die entsprechend als Datensatz in Form eines Excel-Blatts zur Verfügung standen. Die statistische Analyse und Erstellung der Grafiken erfolgte mit *IBM SPSS Statistics* und die Regressionsanalyse mit *R Studio* (RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R. 2020).

Im Rahmen der deskriptiven Statistik werden binäre und kategoriale Ausgangsparameter als absolute Zahlen und Prozentsätze angegeben. Kontinuierliche Daten werden als Mittelwert (*MW*) und Standardabweichung (*SD*) als $MW \pm SD$ angegeben. Für die Interferenzstatistik wurde die Verteilung der Daten mit dem Shapiro-Wilk-Test geprüft. Da die Variablen nicht normalverteilt waren, wurden kategoriale Parameter mit dem *exakten Test nach Fisher* und kontinuierliche Parameter mit dem *Mann-Whitney-U-Test* ausgewertet. Die Korrelationen wurden mit der Pearson Produkt-Moment-Korrelation in SPSS berechnet und mit dem Korrelationskoeffizienten „*r*“ nach Cohen (1988) interpretiert. Ein *r* von 0.10 bedeutet demnach eine geringe / schwache Korrelation, ein *r* von 0.30 eine mittlere / moderate Korrelation und ein *r* von 0.50 eine große / starke Korrelation.

Um Einflussfaktoren auf die sonographische Kompetenz der Studierenden zu untersuchen und somit gezielt sinnvolle Teilschritte der sonographischen Ausbildung fördern zu können, wurde zuletzt eine multivariable lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Es wurden die Prädiktoren „Teilnahme am Sonographiekurs“, „Anzahl eigenständig durchgeführter Ultraschalluntersuchungen von mehr als 50“, „Ultraschall in der Famulatur gesehen/durchgeführt“, „Medizinische Vorerfahrungen“ und „andere Ultraschallerfahrungen“ hinsichtlich der erreichten Gesamtpunktzahl im praktischen Test betrachtet.

P-Werte < 0.05 wurden als statistisch signifikant angesehen. Aufgrund von Rundungen kann die Summe der Prozentwerte der Ergebnisse geringfügig von 100% abweichen.

4 Ergebnisse

Im nachfolgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Studie dargestellt. Hierbei erfolgt zunächst die Beschreibung der gesamten Stichprobe sowie die Darstellung der deskriptiven Analyse. Dazu gehört auch die Auswertung der Ergebnisse des Wissenstests und des praktischen Tests. Im Rahmen der Interferenzstatistik werden in Kapitel 4.3 die Hypothesen der Studie mittels statistischer Tests überprüft. Dabei erfolgt der statistische Vergleich der Studien- und Kontrollgruppe. Weiterhin erfolgt die Darstellung der selbst eingeschätzten Sonographie-Kenntnisse der Teilnehmenden sowie der objektiv bewerteten theoretischen und medizinisch-praktischen Fertigkeiten (Wissenstest und praktischer Test). Wünsche der Studierenden bezüglich der „Sonographie-Lehre“ an der UM wurden ebenfalls ausgewertet.

4.1 Stichprobenbeschreibung

Abbildung 8 zeigt den Teilnehmerfluss in der Studie anhand eines CONSORT-Diagramms. Aus insgesamt 319 Teilnehmenden der MINERVA-Veranstaltung, verteilt über zwei Kohorten, wurden 17 Personen ausgeschlossen, da sie die Einschlusskriterien nicht erfüllten oder die Teilnahme ablehnten. Dadurch verblieb eine Gesamtstichprobe von 302 Studierenden. Im Rahmen der Auswertung konnte die Studiengruppe mit 141 Studierenden, die am S4K-Kurs teilgenommen hatten, und eine Kontrollgruppe mit 161 Studierenden, die nicht am S4K-Kurs teilgenommen hatten, unterteilt werden. Innerhalb der Studiengruppe wurde weiter zwischen den Subgruppen semesterbegleitender Kurs (S4K-S $n = 90$), Kompaktkurs (S4K-K $n = 39$) und Teilnahme an beiden Kursen (S4K-SK $n = 12$) differenziert. Abschließend wurden die Studierenden der zweiten Kohorte ($n = 161$) in einem Follow-up unmittelbar nach Studienteilnahme sowie nach einem Jahr erneut ($n = 66$) befragt.

Von den 302 Studierenden der Stichprobe waren 165 weiblich (54.6%) und 136 männlich (45.0%), eine Person machte keine Angabe zu ihrem Geschlecht. Das Durchschnittsalter der gesamten Stichprobe betrug 27.98 Jahre ($SD = 3.38$, *Min* 23, *Max* 42).

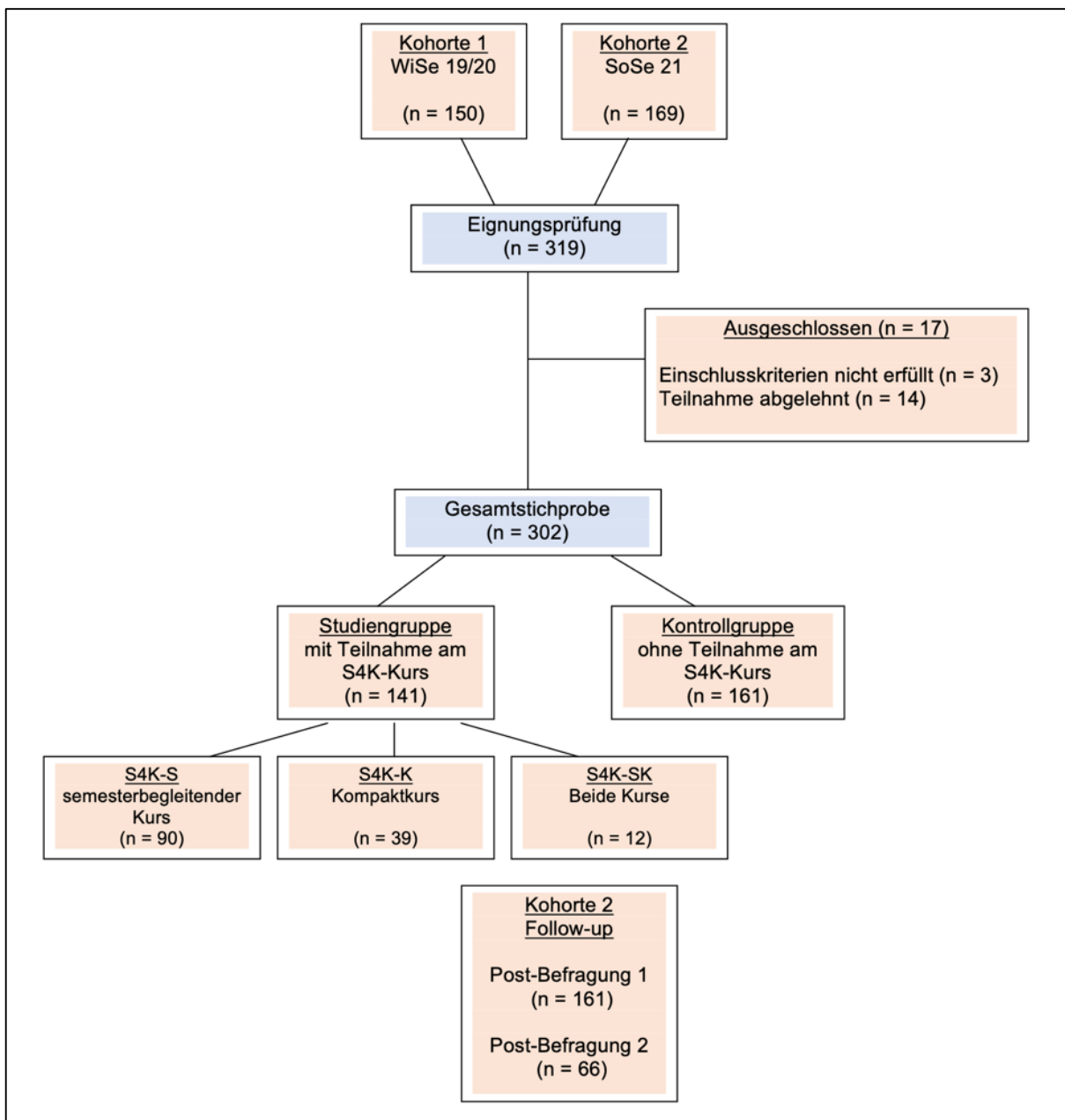


Abbildung 8: Flussdiagramm zur Stichprobenbeschreibung

4.1.1 Angaben zu den Vergleichsgruppen im Überblick

Im Folgenden werden in *Tabelle 1* die demographischen Daten, medizinischen Vorkenntnisse und Berührungspunkte der Studierenden mit der Sonographie gezeigt. Dabei wird die Gesamtstichprobe in die Gruppen „mit“ (Studiengruppe) und „ohne Kurs“ (Kontrollgruppe) unterteilt.

Beide Gruppen wiesen ein ähnliches demographisches Grundprofil auf, auch im Hinblick auf die medizinischen Vorkenntnisse. Die Mehrheit der Studierenden ist während der Famulaturen mit der Sonographie in Berührung gekommen (Kontrollgruppe 88.2% bzw. Studiengruppe 85.8%). Der Großteil hat laut eigener Angaben 0-50 Patienten eigenständig untersucht (Kontrollgruppe 82.0% bzw.

Ergebnisse

Studiengruppe 80.9%). Von der Grundgesamtheit von 302 Studierenden hatten 28 Studierende mehr als 50 Patienten eigenständig untersucht. Das entspricht 9.3%. Andere Ultraschall-Erfahrungen haben ebenfalls wenige Studierende gemacht (Kontrollgruppe 15.5% bzw. Studiengruppe 11.4%).

Tabelle 1: Demographische Daten und sonographische Vorkenntnisse - deskriptiv

	Kontrollgruppe (n = 161) n (%)	Studiengruppe (n = 141) n (%)
Demographische Daten und Medizinische Vorkenntnisse		
Geschlecht		
Weiblich	83 (51.6)	82 (58.2)
Männlich	77 (47.8)	59 (41.8)
divers	1 (0.6)	
Ausbildung vor dem Studium		
Ja	88 (54.7)	81 (57.5)
nein	73 (45.3)	60 (42.5)
Medizinische Vorerfahrung		
Ja	92 (57.1)	81 (57.5)
Nein	69 (42.9)	60 (42.5)
Teilnahme am Mediziner-test		
ja	71 (44.1)	75 (53.2)
nein	89 (55.3)	66 (46.8)
ohne Angabe	1 (0.6)	
Berührungspunkte mit der Sonographie		
in einer Famulatur		
Ja	142 (88.2)	121 (85.8)
Nein	18 (11.2)	19 (13.5)
Ohne Angabe	1 (0.6)	1 (0.7)
eigenständig untersuchte Patienten (Anzahl)		
0-50	132 (82.0)	114 (80.9)
50-100	10 (6.2)	12 (8.5)
100-150	1 (0.6)	2 (1.4)
150-200	0 (0.0)	0 (0.0)
>200	1 (0.6)	2 (1.4)
ohne Angabe	17 (10.6)	11 (7.8)
Andere Ultraschall-Erfahrungen		
Ja	25 (15.5)	16 (11.4)
Nein	134 (83.2)	122 (86.5)
Ohne Angabe	2 (1.2)	3 (2.1)

Gesamt n = 302

4.2 Deskriptive Statistik

In diesem Kapitel werden die deskriptiven Ergebnisse aus den Befragungen dargestellt. Zunächst wurden in der Prä-Befragung diejenigen Studierenden herausgefiltert, welche am S4K-Kurs teilgenommen haben. Dabei wurde zwischen dem semesterbegleitenden Kurs (S4K-S) und dem Kompaktkurs (S4K-K) unterschieden und spezifische Fragen zur Kursteilnahme gestellt.

Anschließend erfolgt die deskriptive Darstellung der Teilnehmersicht zur Sonographie-Lehre an der UM sowie zur Nachhaltigkeit von S4K. Zudem erfolgt die Darstellung der Ergebnisse des Wissens- und des praktischen Tests. Zuletzt werden die Ergebnisse aus den Post-Befragungen dargestellt. Dabei wurden in Post-Befragung-1 Wünsche der Studierenden für die Sonographie-Lehre berücksichtigt und im Post-Befragung-2 die Rolle der Sonographie im Praktischen Jahr beleuchtet.

Die Interferenzstatistik beschäftigt sich mit der Testung der Hypothesen und folgt im Anschluss in Kapitel 4.3.

4.2.1 Semesterbegleitender Kurs (S4K-S)

Zur Einordnung der Intensität der Auseinandersetzung der Studierenden mit den Kursinhalten wurde die Anzahl der besuchten Seminar- und Vorlesungsinhalte analysiert. Von 90 S4K-S-Teilnehmenden haben insgesamt 60% alle neun Seminareinheiten besucht. Nur ein sehr geringer Anteil der Studierenden besuchte weniger als 7 Seminareinheiten (*Abbildung 9*).

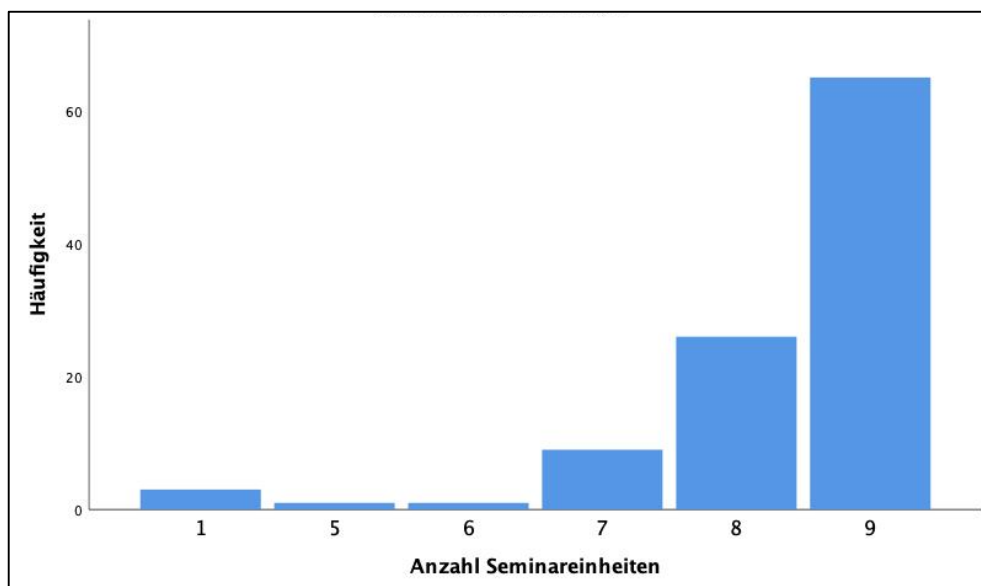


Abbildung 9: S4K-S – Seminareinheiten (Balkendiagramm)

Ergebnisse

Anders verhält es sich mit der Vorlesung des S4K-S Kurses. Wie in *Abbildung 10* zu sehen ist, war die Teilnahme an den verschiedenen Vorlesungsterminen sehr unterschiedlich. Insgesamt 17 Studierende (18.9%) gaben an alle neun Vorlesungen besucht zu haben. Ein nicht unerheblicher Teil der Studierenden besuchte die Hälfte oder weniger Vorlesungen.

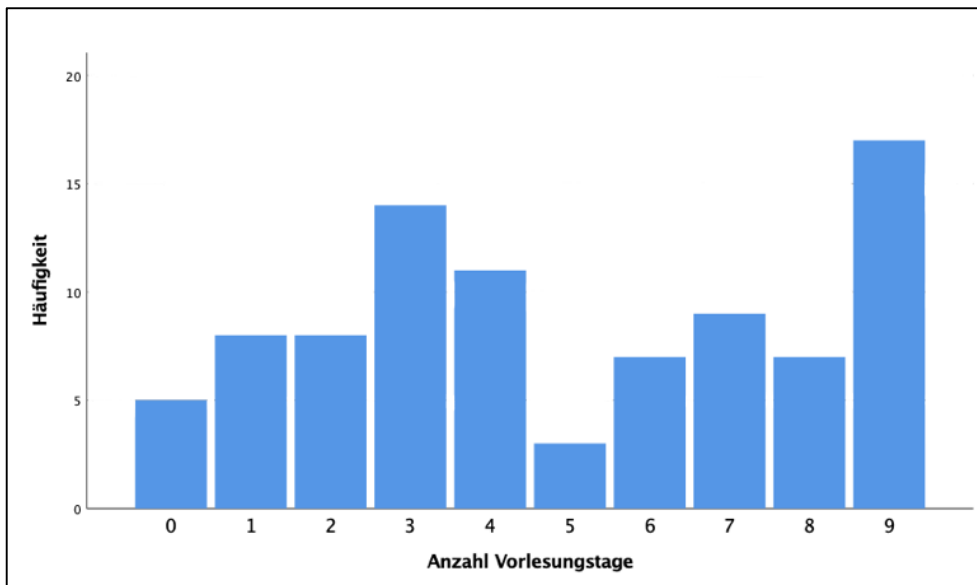


Abbildung 10: S4K-S - Vorlesung (Balkendiagramm)

Laut eigenen Angaben beendeten 91.1% den S4K-S Kurs mit einer Abschlussprüfung. Insgesamt acht Teilnehmende (8.9%) nahmen nicht an der Abschlussprüfung teil. Das sogenannte „freie Üben“, eine Möglichkeit für die Studierenden außerhalb der Kurszeiten selbstständig an den Sonographiegeräten ihre praktischen Fähigkeiten zu üben, wurde von 65 Studierenden (72.2%) genutzt. Insgesamt 24 Studierende (26.7%) gaben an das „freie Üben“ nicht genutzt zu haben.

Von 90 Studierenden gaben 89 (98.9%) an, die Nutzung des zur Verfügung gestellten Skriptes zur Vorbereitung auf den Kurs genutzt zu haben. Der Großteil davon, nämlich 83 Studierende (92.2%), nutzten zur Vorbereitung ausschließlich das Skript und keine anderweitigen Lehrmedien.

4.2.2 Kompaktkurs (S4K-K)

Am Kompaktkurs nahmen insgesamt 39 Studierende teil. Für den Großteil der Teilnehmenden (64.1%) waren seit dem Wochenendkurs über zwölf Monate vergangen. Insgesamt 28.2% hatten innerhalb der letzten sechs Monate vor der Studienteilnahme am Kompaktkurs teilgenommen, insgesamt 7.7% zwischen sechs und zwölf Monaten.

4.2.3 Teilnehmersicht zur Nachhaltigkeit von S4K

In der Prä-Befragung sollten die Studierenden „mit Kurs“ einschätzen wie viel Prozent des „Wissens von damals“, also des gewonnenen Wissens unmittelbar nach Kursteilnahme, zum Zeitpunkt der Datenerhebung noch abrufbar ist. Sie konnten dabei auf einer Skala zwischen 0% und 100% in 10%-Schritten ihre Antwort wählen. Die Auswertung ergab, dass die zwölf Studierenden, die an beiden Kursen teilgenommen hatten, die Nachhaltigkeit der Kursinhalte höher einschätzten, als jene, die nur einen der beiden Kurse besucht haben (*Abbildung 11*).

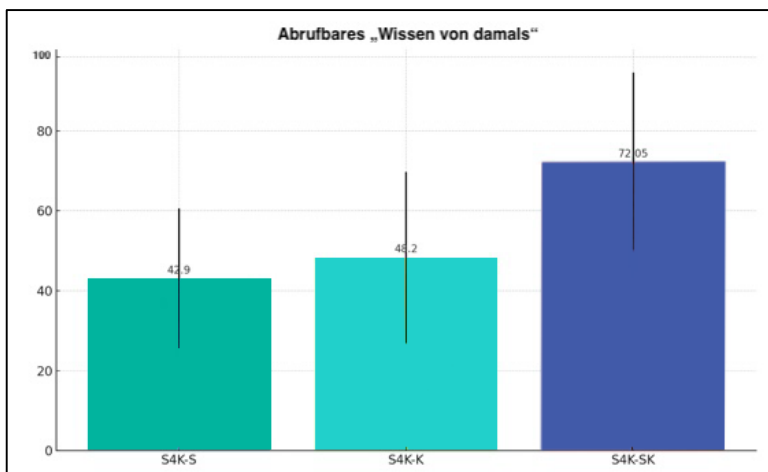


Abbildung 11: Abrufbares Wissen - Vergleich zu unmittelbar nach Kursteilnahme (Balkendiagramm)

Weiterhin sollte angegeben werden, ob seit Beendigung des Kurses eine Verbesserung, Verschlechterung oder keine Veränderung des Wissensstandes aufgetreten ist. Sowohl bei der Analyse des S4K-S-Kurses als auch bei der Analyse des S4K-K-Kurses zeigte sich, dass jeweils der größte Teil der Studierenden eine subjektiv eingeschätzte Verschlechterung des Wissens seit Beendigung des Kurses angab (*Abbildung 12*). Die Auswertung der Gründe hierfür zeigte am Beispiel des S4K-S-Kurses, dass 58 von 63 Studierenden als Grund für die Verschlechterung „fehlende Anwendung“ ankreuzten.

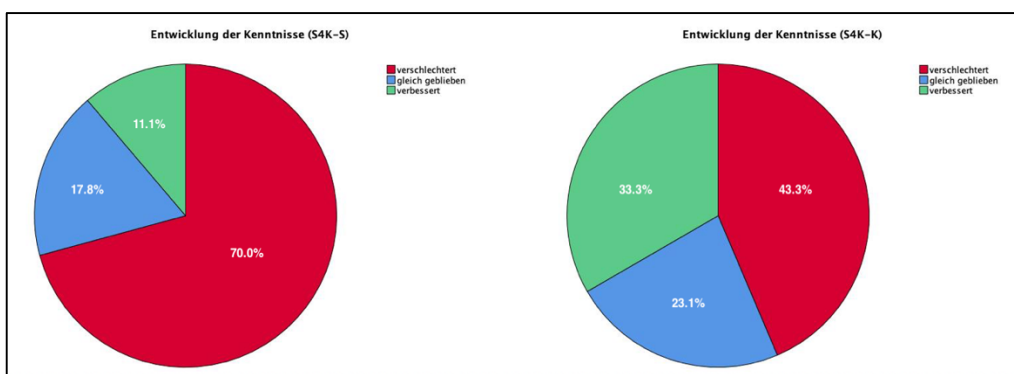


Abbildung 12: Entwicklung des Wissens seit Kursteilnahme (Kreisdiagramm: links S4K-S, rechts S4K-K)

4.2.4 Hintergrund des sonographischen Wissens

Die Ergebnisse von *Tabelle 2* dienen der Einordnung der Fragestellung 1 (*Ist die angebotene peer-gestützte Lehrveranstaltung S4K aus Sicht der Studierenden maßgeblich für die Entwicklung der Sonographie-Kompetenzen im klinischen Abschnitt des Studiums verantwortlich?*). Die Studierenden sollten hierbei anführen, aus welchen Quellen sie ihr sonographisches Wissen erworben haben. Wie in *Tabelle 3* zu erkennen, gaben die meisten Studierenden der Kontrollgruppe an, dass sie ihre Kenntnisse aus den universitären Kursen („Uni (Seminar, Praktikum, Untersuchungskurs)“) oder „Famulaturen“ erlangt haben. Die „Vorlesung“ sowie „Online Lernplattformen“ wurden häufiger genannt als beispielsweise „Lehrbücher“, das „SkillsLab“ oder ein „Nebenjob“. Betrachtet man die Ergebnisse der Studiengruppe, so zeigt sich, dass 88.7% ihr theoretisches und 89.4% ihr praktisches Wissen durch den S4K Kurs erlangt haben. Auch bei der Studiengruppe waren die Antwortmöglichkeiten „Uni (Seminar, Praktikum, Untersuchungskurs)“ und die „Famulatur“, hinter S4K, am häufigsten genannt. Interessanterweise nannten auch 3.7% der Studierenden der Kontrollgruppe S4K als Quelle ihres sonographischen Wissens.

Tabelle 2: Quelle der eigenen Sonographie-Kompetenz

Quelle der Sonographie-Kompetenz	Kontrollgruppe (n = 161) n (% von 161)	Studiengruppe (n = 141) n (% von 141)	Alle (n = 302) n (% von 302)
<i>Wo haben Sie dieses <u>theoretische</u> Wissen erlangt? (Mehrfachauswahl möglich)</i>			
Uni (Seminar, Praktikum, Untersuchungskurs)	107 (66.5)	63 (44.7)	170 (56.3)
Vorlesung	62 (38.5)	40 (28.4)	102 (33.8)
sonoforklinik-students (S4K)	6 (3.7)	125 (88.7)	131 (43.4)
Lehrbücher	30 (18.6)	18 (12.8)	48 (15.9)
Online Lernplattformen (z. B. Amboss, ...)	49 (30.4)	31 (22.0)	80 (26.5)
Famulatur	105 (65.2)	77 (54.6)	182 (60.3)
SkillsLab	24 (14.9)	10 (7.1)	34 (11.3)
Job	6 (3.7)	4 (2.8)	10 (3.3)
<i>Wo haben Sie dieses <u>praktische</u> Wissen erlangt? (Mehrfachauswahl möglich)</i>			
Uni (Seminar, Praktikum, Untersuchungskurs)	89 (55.3)	40 (28.4)	129 (42.7)
sonoforklinik-students (S4K)	5 (3.1)	126 (89.4)	131 (43.4)
Famulaturen	115 (71.4)	89 (63.1)	204 (67.5)
Andere Praktika	9 (5.6)	4 (2.8)	13 (4.3)
SkillsLab	21 (13.0)	12 (8.5)	33 (10.9)
Job	6 (3.7)	6 (4.3)	12 (4.0)

4.2.5 Gesamtergebnisse: Wissens- und praktischer Test

Im Zuge der Prä-Befragung sollten die Studierenden als Wissenstest vier Sonographie-Bilder von Pathologien erkennen und die korrekte Diagnose als Freitextantwort notieren. Vergleicht man die Ergebnisse der einzelnen Pathologien Pleuraerguss, Cholezystitis, Aortenaneurysma und Harnstau (Abbildung 13) aller Studierenden miteinander, so wurde die Pathologie Harnstau mit 83.1% von den meisten Studierenden erkannt. Die Pathologie Pleuraerguss wurde im Vergleich dazu nur von etwas mehr als der Hälfte (51.0%) der Studierenden korrekt benannt.

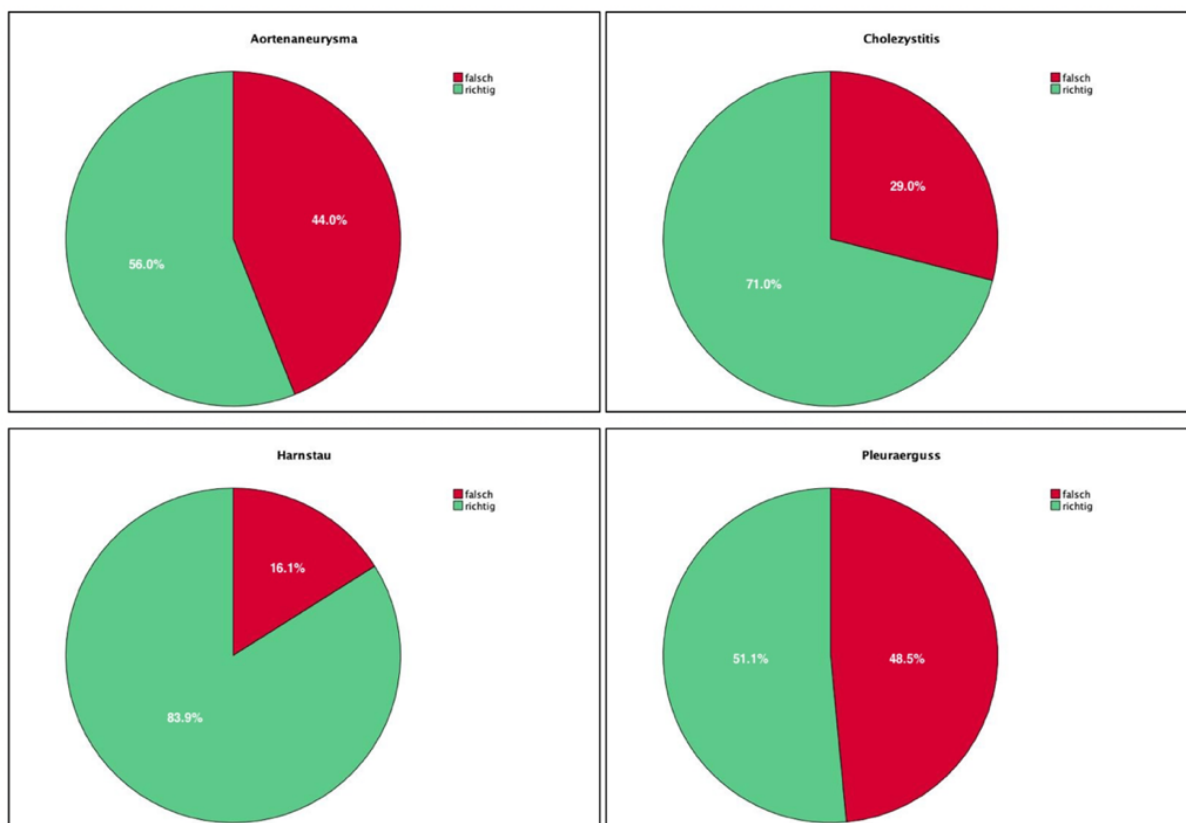


Abbildung 13: Ergebnis Wissenstest (Kreisdiagramme: Aortenaneurysma, Cholezystitis, Harnstau und Pleuraerguss, rot = falsch; grün = richtig)

Im Folgenden sind die Gesamtergebnisse der vier praktischen Tests gezeigt. Es konnten in allen vier Tests maximal 50 Punkte erreicht werden. Wie in Tabelle 3 erkennbar, wurden die meisten Punkte im Durchschnitt in Test S2 (Niere) und die wenigsten Punkte im Test S1 (Aorta) erreicht.

Tabelle 3: Praktischer Test - alle Studierende

Praktischer Test	n	Mittelwert	SD	Min.	Max.
L1 Pleura	126	32.6	8.2	9	50
L2 Gallenblase	120	30.0	7.6	11	49
S1 Aorta	101	27.6	8.8	7	50
S2 Niere	122	32.8	6.8	15.5	48

4.2.6 Studierendenperspektive: Erwartungen an die Sonographie-Lehre

In der Prä-Befragung wurde die Studiengruppe gefragt „für wie sinnvoll Sie einen »Auffrischkurs« vor dem PJ halten“. Dies erfolgte für die S4K-S- und S4K-K-Kurse separat. Auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = *sehr sinnvoll*, 7 = *gar nicht sinnvoll*) sollten die Studierenden den Grad ihrer Zustimmung angeben. Die meisten Teilnehmenden des S4K-S-Kurses (1.2 ± 0.6) und des S4K-K-Kurses (1.2 ± 0.7) hielten einen „Auffrischkurs“ vor dem PJ für „*sehr sinnvoll*“.

Außerdem wurden die Studierenden nach Erwartungen an die Sonographie-Lehre im Studium gefragt (*Zustimmung: überhaupt nicht = 1, voll und ganz = 7*). Es zeigt sich, dass sowohl die Studiengruppe (6.6 ± 1.0), als auch die Kontrollgruppe (6.6 ± 0.9) gleichermaßen den Wunsch hegt, dass die Kompetenz „Ultraschall“ bereits während des Studiums erlangt werden sollte (gesamte Stichprobe: 6.6 ± 1.0). Die Sonographie sollte nach Angaben der Studierenden in die Pflichtlehre des Studiums verankert werden (6.6 ± 0.9). Insgesamt 75.2% stimmten dieser Aussage „voll und ganz zu“.

Die Post-Befragung-1 wurde unmittelbar nach den beiden praktischen Tests von den Studierenden des Sommersemesters 2021 (zweite Kohorte) beantwortet. Für dieselben Studierenden erfolgte ein Jahr später die Post-Befragung-2 nach Abschluss des Studiums. Da für die Studierenden des WiSe 19/20 noch nicht alle Kursangebote existierten, wurden die Post-Befragungen nicht durchgeführt. Mit dem Ziel einer longitudinalen Betrachtung der S4K-Angebote und der Beantwortung der „weiteren Fragestellungen“ durchliefen die Studierenden des SoSe 21 alle Befragungen (Prä-Befragung, Post-Befragung-1 und Post-Befragung-2).

Die Post-Befragung-1 wurde von insgesamt 161 Studierenden ausgefüllt. Sie thematisierte Wünsche der Studierenden zum Thema Sonographie während des Studiums. Hierbei waren auch Mehrfachnennungen möglich. Die Antworten sind in folgender *Tabelle 4* aufgeführt. Es zeigt sich, dass sich nur 4 Studierende „keine zusätzlichen Angebote“ gewünscht hätten. Einen „Auffrischkurs von dem PJ“ (90.7%) und „Simulatoren zur besseren Pathologiedarstellung“ (63.4%) waren die am häufigsten genannten Wünsche. Auch ein „longitudinales Lehrkonzept mit Sonographie im regulären Curriculum“ (53.4%) sowie „weitere sonoforklinik-students Kurse“ (49.7%) wurden von vielen Studierenden genannt.

Ergebnisse

Tabelle 4: Gewünschte Zusatzangebote - Kohorte 2

Wunsch nach zusätzlichen Angeboten	n (% von 161)
Keine	4 (2.5)
Kurs-Angebote in der Vorklinik	32 (19.9)
Weitere freiwillige Übungsmöglichkeiten	65 (40.4)
Weitere sonoforklinik-students Kurse	80 (49.7)
Auffrischkurs vor dem PJ	146 (90.7)
Simulatoren zur besseren Normalbefund-Darstellung	75 (46.6)
Simulatoren zur besseren Pathologiedarstellung	102 (63.4)
longitudinales Lehrkonzept mit Sonographie im regulären Curriculum	86 (53.4)
Gesprächsführung bei der körperlichen Untersuchung	15 (9.3)

nur SoSe 21, n = 161

In den Freitextantworten nannten die Studierenden unterschiedliche Vorschläge zur Verbesserung der Sonographie-Lehre an der UM. Neben viel Lob für die Angebote von S4K wünschten sich die Studierenden beispielsweise Blockpraktika in den Funktionsabteilungen der Krankenhäuser, um echte Patienten und somit pathologische Befunde kennenzulernen. Häufig wurde außerdem eine Intensivierung der Übungszeit und der Kursangebote sowie die Bereitstellung des S4K-Skriptes in digitaler Form genannt. Die Resonanz der Studierenden zur Organisation und zum Ablauf der Sonographie-Station von MINERVA war insgesamt sehr positiv. Kritikpunkte waren u.a. eine zu kurze Einweisung in die Bedienung des Sonographie-Geräts sowie die Prüfungsatmosphäre durch die Bewertung während der praktischen Tests. Zusätzliche Themenwünsche für die Sonographie-Station waren am häufigsten die E-FAST-Sonographie und die Leberultraschall. Weitere waren der Herzultraschall, der gynäkologische und urologische Ultraschall und die Venenkompressionssonographie. Die Auswahl der Themen wurde von den Studierenden insgesamt als interessant und klinisch relevant empfunden, jedoch wurde der unterschiedliche Schwierigkeitsgrad der Szenarien kritisiert.

4.2.7 Sonographie im Praktischen Jahr

Die Post-Befragung-2 fand ein Jahr nach der ersten Datenerhebung, nach dem M3, über die Online-Plattform SoSci-Survey statt. Eine genauere Beschreibung hierzu findet sich in Kapitel 3.5.5. Die Teilnehmenden des SoSe 21 wurden nach Beendigung des Praktischen Jahres erneut aufgefordert einen follow-up-Fragebogen auszufüllen. Die Studierenden sollten ihren persönlichen Wissensgewinn zum Thema Sonographie durch das Studium und insbesondere durch das Praktische Jahr noch einmal reflektieren. Insgesamt wurde der Fragebogen 83 Mal beantwortet. Davon konnten elf Datensätze nicht mit dem ursprünglichen Datensatz zusammengeführt werden, da der

Ergebnisse

Code fehlte oder fehlerhaft war. Zwei Datensätze wurden weniger als bis zur Hälfte ausgefüllt, sodass sie ebenfalls ausgeschlossen werden mussten. Es konnten in vier Fällen jeweils zwei Datensätze der Post-Befragung-2 einem Teilnehmenden zugeordnet werden, von denen eine Version jeweils nur teilweise ausgefüllt wurde, sodass die vollständige Version eingeschlossen wurde. Im Rahmen der Post-Befragung-2 konnten dementsprechend die Daten von 66 Studierenden von insgesamt 161 Studierenden der zweiten Kohorte ausgewertet werden. Diese sind in *Tabelle 5* aufgeführt.

Vergleicht man die Erfahrungen der Studierenden während ihrer PJ-Tertiale (*Tabelle 5*), so fällt auf, dass die Sonographie im Innere-Tertial am ehesten repräsentiert wurde. Die Fragen wurden von allen 66 Studierenden beantwortet (n = 66).

Tabelle 5: Sonographie im Praktischen Jahr - Kohorte 2

Tertiale	Innere n (%)	Chirurgie n (%)	Wahlfach n (%)
<i>Wie haben sich Ihre Sonographiekennnisse in diesem Tertial verändert?</i>			
verbessert	44 (66.7)	22 (33.3)	37 (56.1)
gleich geblieben	20 (30.3)	37 (56.1)	28 (42.2)
verschlechtert	2 (3.0)	7 (10.6)	1 (1.5)
<i>Haben Sie selbst sonographische Untersuchungen durchgeführt?</i>			
ja	60 (90.9)	37 (56.1)	45 (68.2)
nein	6 (9.1)	29 (43.9)	21 (31.8)
<i>Wie viele Patienten haben Sie selbst sonographisch untersucht?</i>			
0	5 (7.6)	27 (40.9)	21 (31.8)
1-10	31 (47.0)	25 (37.9)	25 (37.9)
11-20	17 (25.8)	10 (15.2)	9 (13.6)
21-50	12 (18.2)	3 (4.5)	7 (10.6)
51-100	1 (1.5)	1 (1.5)	2 (3.0)
Über 100	0	0	2 (3.0)

n = 66

Von den 66 Befragten haben sich bei etwa zwei Drittel (66.7%) die subjektiv eingeschätzten Sonographiekennnisse während des Innere-Tertials verbessert. Im Vergleich dazu verbesserten sich die Kenntnisse im Chirurgie-Tertial nur bei etwa einem Drittel (33.3%), bei den meisten blieben sie während dieses Tertials gleich. Im Wahl-Tertial hat sich etwas mehr als die Hälfte der Studierenden verbessert (56.1%), insgesamt 42.2% gaben an, dass ihre Kenntnisse gleichgeblieben sind.

Im Rahmen des Innere-Tertials konnten 90.9% der Studierenden eigenständig sonographische Untersuchungen durchführen. In den anderen Tertialen waren es weniger (Chirurgie 56.1%, Wahlfach 68.2%). Wie im unteren Teil der *Tabelle 5* zu

sehen, untersuchte fast die Hälfte der Studierenden im Innere-Tertial nur 1-10 Patienten. Ein Großteil der Studierenden untersuchte 0 oder nur 1-10 Patienten (Chirurgie 78.8%, Wahlfach 69.7%). Mehr als 51 Patienten untersuchte nur ein sehr kleiner Teil der Studierenden (Innere 1.5%, Chirurgie 1.5%, Wahlfach 6.0%). Die beiden Studierenden, die mehr als 100 Patienten sonographisch untersucht haben, gaben in der Post-Befragung-2 das Wahlfach Urologie an.

Die Sonographie wurde am häufigsten im Rahmen des internistischen PJ-Unterrichtes behandelt (45.5%). In den übrigen Tertialen wurde sie nur bei etwa einem Fünftel der Studierenden thematisiert (Chirurgie 21.2%, Wahlfach 22.7%).

4.3 Interferenzstatistik

Die Interferenzstatistik dient der Überprüfung der Hypothesen. Dabei sollte in der Auswertung zunächst festgestellt werden, ob es neben der Kursteinahme andere signifikante Unterschiede zwischen Studien- und Kontrollgruppe gibt. Dafür wurden durch den statistischen Vergleich der Studien- und Kontrollgruppe Störfaktoren des demographischen Aufbaus und der sonographischen Vorkenntnisse ausgeschlossen.

4.3.1 Teilnehmervergleich – mit und ohne S4K

Die Hypothese H1 nimmt an, dass die Studierenden „mit Kurs“ bei gleichem Studienverlauf zu Beginn des PJs eine höhere theoretische und praktische Sonographie-Kompetenz besitzen als ihre Kommilitonen „ohne Kurs“. Um diese Hypothese zu testen wurde die Studienpopulation in der folgenden Auswertung in die Studiengruppe (n = 141) und Kontrollgruppe (n = 161) differenziert. Außerdem wurden wie nachfolgend beschrieben Störfaktoren (Confounder) ausgeschlossen.

In der Auswertung der Altersstruktur zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Kontrollgruppe 28.4 ± 3.6 , Studiengruppe 27.5 ± 3.1 , $p = 0.05$). Die weiteren demographischen Daten werden in *Tabelle 6* gezeigt. Auch bezüglich dieser Faktoren unterschieden sich die Gruppen nicht signifikant voneinander. Es zeigten sich weder Unterschiede bezüglich medizinischer noch sonographischer Vorerfahrungen außerhalb der universitären Kurse.

Ergebnisse

Tabelle 6: Demographische Daten und sonographische Vorkenntnisse – Vergleich Studien- und Kontrollgruppe

	Kontrollgruppe n = 161 n (%)	Studiengruppe n = 141 n (%)	p-Wert
Demographische Daten und Vorkenntnisse			
Geschlecht			0.30
Weiblich	83 (51.6)	82 (58.2)	
Männlich	77 (47.8)	59 (41.8)	
divers	1 (0.6)		
Ausbildung vor dem Studium			0.64
Ja	88 (54.7)	81 (57.5)	
nein	73 (45.3)	60 (42.5)	
Medizinische Vorerfahrung			1.0
Ja	92 (57.1)	81 (57.5)	
Nein	69 (42.9)	60 (42.5)	
Teilnahme am Mediziner-test			0.14
ja	71 (44.1)	75 (53.2)	
nein	89 (55.3)	66 (46.8)	
ohne Angabe	1 (0.6)		
Berührungspunkte mit der Sonographie			
in einer Famulatur („gesehen“)			0.60
Ja	142 (88.2)	121 (85.8)	
Nein	18 (11.2)	19 (13.5)	
Ohne Angabe	1 (0.6)	1 (0.7)	
eigenständig untersuchte Patienten (Anzahl)			0.66
0-50	132 (82.0)	114 (80.9)	
50-100	10 (6.2)	12 (8.5)	
100-150	1 (0.6)	2 (1.4)	
150-200	0 (0.0)	0 (0.0)	
>200	1 (0.6)	2 (1.4)	
ohne Angabe	17 (10.6)	11 (7.8)	
Andere Ultraschall-Erfahrungen			0.32
Ja	25 (15.5)	16 (11.4)	
Nein	134 (83.2)	122 (86.5)	
Ohne Angabe	2 (1.2)	3 (2.1)	

signifikant: $p < 0.05$

4.3.1.1 Teilnehmersicht des eigenen Kompetenzniveaus

Um die sonographischen Kenntnisse zu eruieren, sollten die Studierenden in der Prä-Befragung eine subjektive Einschätzung der eigenen Kompetenz angeben. Dabei sollten sie anhand einer 7-stufigen Likert-Skala angeben „wie gut sie ihre theoretischen bzw. praktischen Ultraschallkenntnisse aktuell einschätzen“ (1 = *sehr gut*, 7 = *sehr schlecht*). Bei der Auswertung wurde der *t-Test* verwendet. Die Skala wurde zur besseren Darstellung in der Auswertung und in den Graphiken invertiert (1 = *sehr schlecht*, 7 = *sehr gut*). Die Studiengruppe schätzte sowohl die eigene praktische Kompetenz (Studiengruppe 3.4 ± 1.3 vs. Kontrollgruppe 2.7 ± 1.3 , $p < 0.01$, *Abbildung 14 links*), als auch die theoretische Kompetenz (Studiengruppe 3.4 ± 1.4 vs.

Ergebnisse

Kontrollgruppe 2.9 ± 1.2 , $p < 0.01$, *Abbildung 14 rechts*) signifikant höher ein, als die Kontrollgruppe.

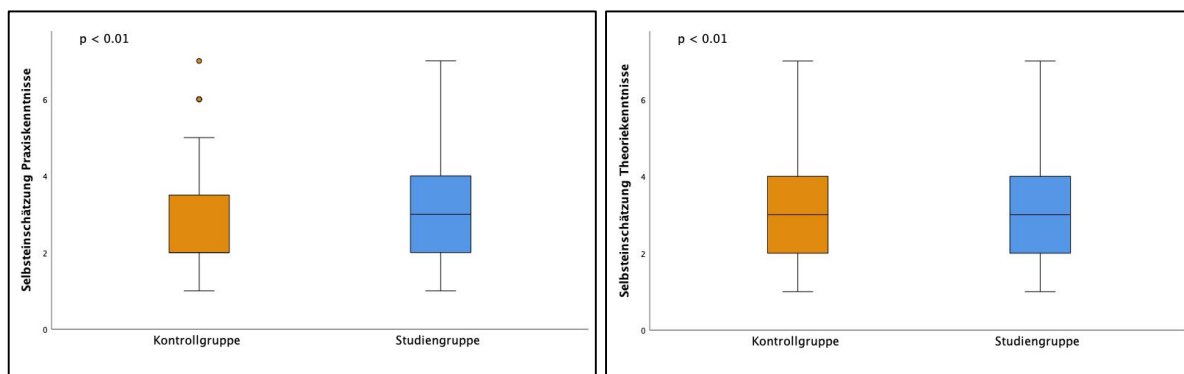


Abbildung 14: Selbsteinschätzung der Kenntnisse – Vergleich Studien- und Kontrollgruppe (Boxplot) links Praxiskennnisse, rechts Theoriekenntnisse

(1 = sehr schlecht, 7 = sehr gut)

Im Anschluss sollten die Studierenden ihre aktuelle Leistungsfähigkeit im Hinblick auf die in der Tabelle aufgeführten Bereiche bewerten (*Tabelle 7*). Auch in diesem Abschnitt der Befragung fiel die Selbsteinschätzung der Leistungsfähigkeit der Studiengruppe in allen vier Kategorien signifikant höher aus, als die ihrer Kommilitonen aus der Kontrollgruppe.

Tabelle 7: Subjektive Kompetenzeinschätzung – Vergleich Studien- und Kontrollgruppe

Subjektive Kompetenzeinschätzung	Kontrollgruppe MW (SD)	Studiengruppe MW (SD)	p-Wert
Topographisch anatomische Kenntnisse	3.7 (1.3)	4.1 (1.4)	0.01
räumliche Wahrnehmung / Orientierung im Bild	3.6 (1.4)	4.2 (1.4)	< 0.01
Handhabung eines Sonographie-Geräts	3.6 (1.2)	4.4 (1.4)	< 0.01
Optimale Einstellung des Bildes	2.8 (1.3)	3.5 (1.4)	< 0.01

(Likert-Skala: 1 = sehr niedrig – 7 = sehr hoch), signifikant: $p < 0.05$

4.3.1.2 Objektive Messung des Kompetenzniveaus

Für eine Vergleichbarkeit der „tatsächlichen“ Kompetenz der Studierenden untereinander und somit zur Überprüfung der Hypothesen H1 und H0 wurden die Ergebnisse des Wissenstests und des praktischen Tests miteinander verglichen. Der genaue Aufbau und Ablauf der Datenerhebung wurde bereits im Teil „Material und Methodik“ in Kapitel 3.5 beschrieben und beruht auf einem Punktesystem. Die Studierenden sollten vier sonographische Bilder benennen (Wissenstest) und führten zwei praktische Tests durch, welche ihnen aus vier möglichen Tests zugeteilt wurden. Dabei wurde aus zwei leichten (L1 / L2) und zwei schweren (S1 / S2) Tests jeweils ein Test randomisiert zugeteilt.

Ergebnisse

Das Ergebnis des Wissenstests der Studiengruppe unterschied sich signifikant von dem Ergebnis der Kontrollgruppe (Studiengruppe 2.8 ± 1.1 vs. Kontrollgruppe 2.4 ± 1.2 , $p < 0.01$, *Abbildung 15 links*). Auch für den praktischen Test zeigte sich im Vergleich ein signifikant höheres Ergebnis der Studiengruppe gegenüber der Kontrollgruppe (Studiengruppe 32.4 ± 6.9 vs. Kontrollgruppe 28.8 ± 7.8 , $p < 0.01$, *Abbildung 15 rechts*). In der Auswertung des praktischen Tests wurde eine mittlere Gesamtpunktzahl beider praktischen Tests für die Studierenden berechnet, um trotz unterschiedlicher Kombinationen (L1+S1, L1+S2, L2+S1, L2+S2) einen Wert zur Vergleichbarkeit der Studierenden zu ermöglichen.

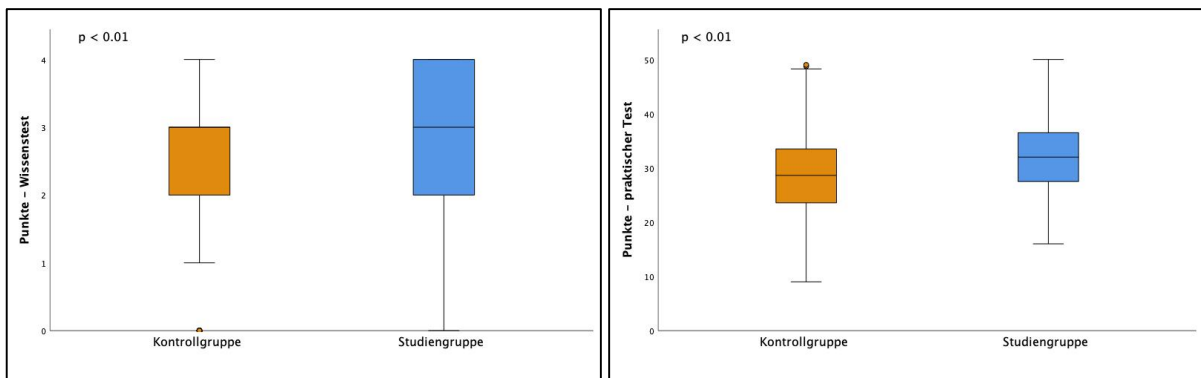


Abbildung 15: Objektive Messung der Kenntnisse – Vergleich Studien- und Kontrollgruppe (Boxplot) - Links Wissenstest (max. 4 P) – rechts praktischer Test (max. 50 P)

Die praktische Kompetenz wurde zuvor mithilfe eines Mittelwertes der zwei durchgeführten Tests definiert. Somit wurde nur ein kleiner Teil der tatsächlichen Punktwerte gezeigt. Es folgt nun die detaillierte Darstellung der vier praktischen Tests „Pleura“, „Gallenblase“, „Aorta“ und „Niere“ in *Tabelle 8*. Für jeden der praktischen Tests erfolgte sowohl die Auswertung der erreichten Gesamtpunktzahl, als auch eine Auswertung der einzelnen Unterkategorien. Zum statistischen Vergleich wurde der *Mann-Whitney-U-Test* verwendet.

Ergebnisse

Tabelle 8: Praktische Tests im Vergleich – Vergleich Studien- und Kontrollgruppe

		Kontrollgruppe MW (SD)	Studiengruppe MW (SD)	p-Wert
Praktischer Test (Gesamt)		28.8 (7.8)	32.4 (6.9)	< 0.01
Test 1 (L1) Pleura (n)		72	54	
Gesamt	(max. 50 P)	30.6 (8.3)	35.3 (7.3)	< 0.01
	Gesprächsführung (4)	3.3 (0.9)	3.2 (0.8)	0.14
	Schallkopfhänding (8)	4.7 (1.8)	5.5 (1.6)	< 0.01
	Patientenführung (6)	2.8 (2.1)	4.3 (1.9)	< 0.01
	Untersuchungsgang (13)	8.2 (3.0)	9.9 (2.1)	< 0.01
	Gesamtpformance (8)	4.6 (1.7)	5.4 (1.6)	0.01
	Kommunikation (4)	2.6 (1.2)	2.6 (1.0)	0.77
	Theoriefragen (7)	4.3 (1.1)	4.6 (1.2)	0.39
Test 2 (L2) Gallenblase (n)		71	50	
Gesamt	(max. 50 P)	28.5 (7.9)	32.1 (6.7)	< 0.01
	Gesprächsführung (4)	3.4 (0.7)	3.1 (0.7)	< 0.01
	Schallkopfhänding (8)	4.8 (1.7)	5.2 (1.4)	0.27
	Patientenführung (6)	2.9 (2.2)	4.1 (1.9)	< 0.01
	Untersuchungsgang (16)	8.7 (3.0)	10.4 (2.9)	< 0.01
	Gesamtpformance (8)	4.0 (1.7)	4.8 (1.4)	< 0.01
	Kommunikation (4)	2.4 (1.0)	2.4 (0.9)	0.93
	Theoriefragen (4)	2.1 (0.9)	2.2 (0.7)	0.55
Test 3 (S1) Aorta (n)		60	41	
Gesamt	(max. 50 P)	25.5 (8.2)	30.7 (8.3)	< 0.01
	Gesprächsführung (4)	3.3 (0.8)	3.0 (0.8)	0.02
	Schallkopfhänding (8)	5.1 (1.8)	6.0 (1.3)	0.02
	Patientenführung (6)	2.0 (2.1)	3.1 (2.1)	0.02
	Untersuchungsgang (13)	6.7 (3.1)	8.6 (2.7)	< 0.01
	Gesamtpformance (8)	4.0 (1.5)	5.0 (1.6)	< 0.01
	Kommunikation (4)	2.2 (1.0)	2.4 (0.9)	0.52
	Theoriefragen (7)	2.2 (1.4)	2.7 (2.0)	0.35
Test 4 (S2) Niere (n)		61	61	
Gesamt	(max. 50 P)	32.0 (7.6)	33.6 (5.9)	0.18
	Gesprächsführung (4)	3.2 (0.8)	3.1 (0.7)	0.34
	Schallkopfhänding (8)	5.4 (1.7)	5.8 (1.4)	0.24
	Patientenführung (6)	3.2 (2.2)	3.6 (2.0)	0.30
	Untersuchungsgang (14)	9.5 (2.6)	10.0 (2.5)	0.30
	Gesamtpformance (8)	5.1 (1.6)	5.3 (1.4)	0.37
	Kommunikation (4)	2.5 (0.9)	2.5 (0.9)	0.77
	Theoriefragen (6)	3.2 (0.9)	3.3 (0.9)	0.79

signifikant: $p < 0.05$, signifikante Werte in der Tabelle zur besseren Lesbarkeit fett markiert

Während die Studiengruppe in den ersten drei praktischen Tests im Gesamtdurchschnitt signifikant höhere Ergebnisse als die Kontrollgruppe erzielte, unterschieden sich die Ergebnisse im praktischen Test „Niere“ nicht signifikant voneinander. Betrachtet man die einzelnen Unterkategorien, so ist zu erkennen, dass die Unterkategorie „Gesprächsführung“ im praktischen Test 1 und 4 nicht signifikant anders bewertet wurde. Im praktischen Test 2 und 3 erreichte die Kontrollgruppe

signifikant höhere Ergebnisse. Bezüglich der „Kommunikation im Rahmen der (körperlichen) Untersuchung“ decken sich die erreichten Punktzahlen in allen vier praktischen Tests. Im Gegensatz dazu konnte, abgesehen vom praktischen Test 4, in den anderen drei praktischen Tests ein signifikanter Unterschied zwischen Studien- und Kontrollgruppe bei „Patientenführung“, „Untersuchungsgang“ und „Gesamtpformance“ gezeigt werden (siehe *Tabelle 8*). In der Unterkategorie „Theoriefragen“ gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen Studien- und Kontrollgruppe.

4.3.2 Analyse der Subgruppen

Um zu überprüfen, ob sich die Ergebnisse der Subgruppen der Studiengruppe untereinander unterscheiden wurde weiter in „semesterbegleitender Kurs“ (S4K-S), „Kompaktkurs“ (S4K-K) und „beide Kurse“ (S4K-SK) aufgeteilt. Mittels *t-Test* wurden die Ergebnisse miteinander verglichen. Wie auf *Abbildung 16* zu erkennen zeigte sich, dass die zwölf Studierenden, die an beiden Kursen teilgenommen haben, im Median höhere Ergebnisse als die anderen Untergruppen erreichten. Diese Unterschiede waren signifikant (S4K-SK 3.3 ± 1.1 vs. S4K-S 2.8 ± 1.1 , S4K-K 2.6 ± 1.0 , $p < 0.01$). Im praktischen Test zeigte sich der Unterschied wie in *Abbildung 17* zu erkennen deutlicher. Die Studierenden mit S4K-SK erreichten im Mittel 41.0 von insgesamt 50 Punkten (± 8.0). Sie erreichten signifikant höhere Ergebnisse als ihre Kommilitonen, welche nur den S4K-S (31.9 ± 6.6 , $p < 0.01$) bzw. S4K-K (31.1 ± 5.6 , $p < 0.01$) besucht hatten. Verglichen zur Kontrollgruppe erzielte die Studiengruppe in der Gesamtheit signifikant höhere Punktwerte in Wissenstest und praktischem Test (Wissenstest: 2.4 ± 1.2 , Praxistest: 28.8 ± 7.8 , $p < 0.01$).

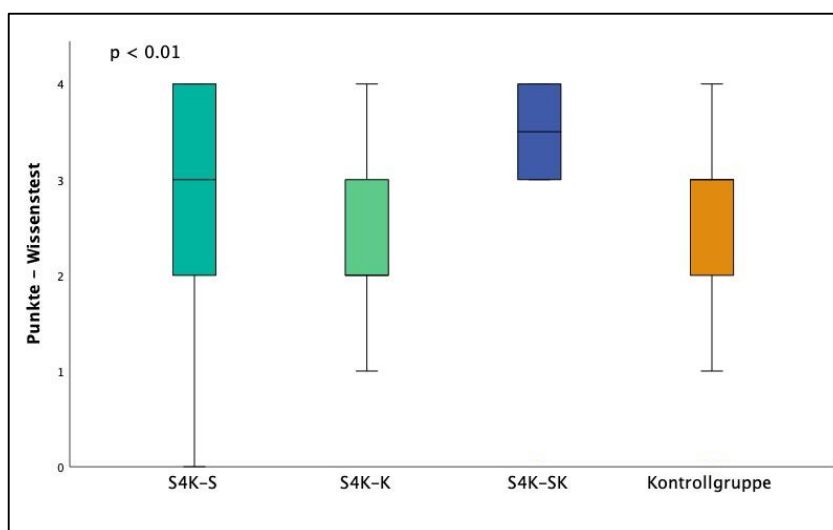


Abbildung 16: Wissenstest – Subgruppen (Boxplot)

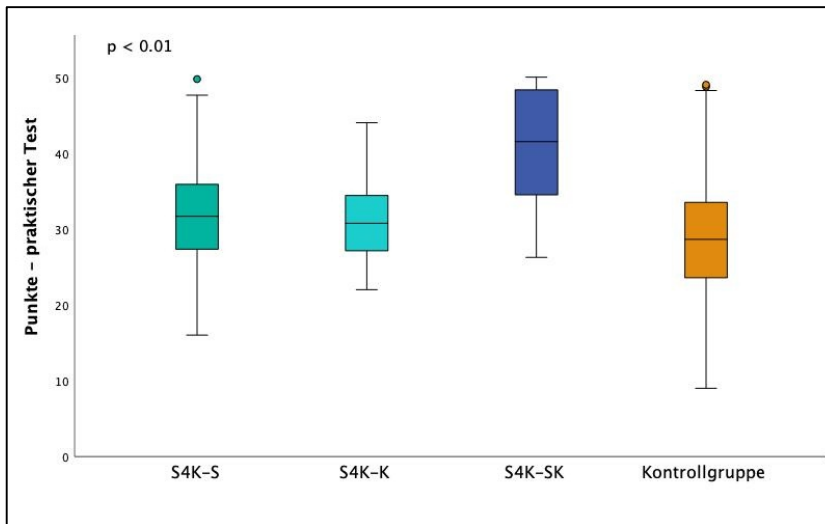


Abbildung 17: Praktischer Test – Subgruppen (Boxplot)

4.3.3 Ausschluss weiterer Confounder

Um zu verifizieren, ob der signifikante Unterschied der Kompetenz zwischen Studien- und Kontrollgruppe nach dem festen Zeitraum von zweieinhalb Jahren besteht, wurden die erreichten Punkte der Studierenden mit Teilnahme am semesterbegleitenden Kurs (S4K-S) im Wissenstest und Praxistest mit denen der Studierenden Kontrollgruppe mithilfe des *t-Test* verglichen. Dafür wurden die Studierenden des Kompaktkurses (S4K-K) sowie jene mit beiden Kursen (S4K-SK) ausgeschlossen. Dabei sollten die folgenden Confounder ausgeschlossen werden: Die Studierenden des S4K-K haben teilweise vor weniger als zweieinhalb Jahren am Kurs teilgenommen (siehe Kapitel 4.2.2). Die Studierenden mit beiden Kursen (S4K-SK) sind wie oben beschrieben durch ihre zweifache Teilnahme am Kurs besser trainiert und sollten deshalb ebenfalls ausgeschlossen werden. Auch unter Ausschluss dieser beiden Gruppen zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Punkten der Studierenden mit S4K-S-Kurs, also semesterbegleitendem Kurs, und der Kontrollgruppe (Praxistest: S4K-S 31.9 ± 6.6 vs. Kontrollgruppe 28.8 ± 7.8 , Wissenstest: S4K-S 2.8 ± 1.1 vs. Kontrollgruppe 2.4 ± 1.2 , $p < 0.05$).

4.3.4 Korrelationen

Um herauszufinden, ob der S4K-Kurs gleichermaßen theoretische Kenntnisse und praktische Fertigkeiten vermittelt, wurde im Rahmen der Auswertung die Korrelation zwischen der mittleren Gesamtpunktzahl des Wissenstests und der mittleren Gesamtpunktzahl des praktischen Tests berechnet. Die Punktzahl des Wissenstests korrelierte signifikant positiv mit der erreichten Punktzahl des praktischen Tests ($r =$

0.34, $p < 0.001$). Die Korrelation war auf dem Niveau von 0.01 zweizeitig signifikant und zeigte eine moderate Korrelation.

Um die Validität der Selbsteinschätzung der Studierenden zu untersuchen, wurde der Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung der eigenen Kenntnisse vor dem praktischen Test und der tatsächlichen Kompetenz in der objektiven Messung, also dem Ergebnis im Wissenstest bzw. praktischen Test, analysiert. Es ergab sich für die Praxis ein moderater ($r = 0.33$, $p < 0.001$) und für die Theorie ein geringer Zusammenhang ($r = 0.12$, $p = 0.046$). Die Selbsteinschätzung könnte demnach Hinweise auf die objektiv gemessene Kompetenz geben. Auch im Rahmen der Post-Befragung-1 wurden die Studierenden retrospektiv nach ihrem „Sicherheitsgefühl“ während des praktischen Tests gefragt. Diese Angabe korrelierte in beiden praktischen Tests (L1/2 und S1/2) signifikant positiv mit der mittleren Gesamtpunktzahl beider Tests (praktischer Test 1: $r = 0.49$, $p < 0.001$, praktischer Test 2: $r = 0.40$, $p < 0.001$).

Um zu evaluieren, ob eine intensivere Auseinandersetzung mit den Kursinhalten und somit ein ausgedehnteres Kursangebot mit einer höheren Kompetenz zusammenhängt, wurden die Studierenden des S4K-S ($n = 90$) separat analysiert. Nur sie hatten in der Prä-Befragung die Intensität ihres Lernaufwandes angegeben (Seminare, Vorlesungen, Abschlussprüfung). Für die Teilnehmenden des S4K-K war durch das Kompaktformat keine Vorlesung oder Abschlussprüfung vorgesehen. Die Seminareinheiten waren bei beiden Kursformaten verpflichtend. Die Anzahl der besuchten Seminareinheiten (von 0-9) des S4K-S-Kurses korrelierte nicht signifikant mit der praktischen Kompetenz der Studierenden im praktischen Test ($r = 0.08$, $p = 0.431$). Ebenso verhielt es sich mit den besuchten Vorlesungen ($r = 0.10$, $p = 0.408$). Dies gibt Hinweise darauf, dass ein umfangreicheres Kursangebot das Leistungsniveau nach zweieinhalb Jahren nicht unbedingt verbessern würde.

Untersucht man den Zusammenhang zwischen der Variable „Ultraschall in der Famulatur gesehen/durchgeführt“ und der „praktischen Kompetenz“ so zeigt sich eine geringe positive Korrelation ($r = 0.16$, $p = 0.006$). Mehr Berührungspunkte mit der Sonographie im Rahmen einer Famulatur könnten demnach mit einer höheren praktischen Kompetenz einhergehen. Dies wurde im Zuge der Regressionsanalyse genauer untersucht.

4.3.5 Regressionsanalyse

Ziel dieser Auswertung war es den Einfluss bestimmter Faktoren auf die praktische Kompetenz zu analysieren, um positive Faktoren in der sonographischen Ausbildung der UM gezielt fördern zu können. Es zeigten sich als signifikante Einflussfaktoren die "Teilnahme am Sonographiekurs" ($\beta = 3.40$, $p < 0.001$) und die "Anzahl eigenständig durchgeführter Ultraschalluntersuchungen von mehr als 50" ($\beta = 3.20$, $p = 0.04$). Keinen signifikanten Einfluss hatten die Faktoren "Ultraschall in der Famulatur gesehen/durchgeführt" ($\beta = 2.72$, $p = 0.11$), "Medizinische Vorerfahrung" ($\beta = 1.28$, $p = 0.13$) und "andere Ultraschallerfahrungen" ($\beta = 1.33$, $p = 0.33$).

4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Studiengruppe („mit Kurs“) ihre eigene Kompetenz im Themenbereich der Sonographie sowohl selbst besser einschätzte (Theoriekenntnisse: 3.4 ± 1.4 vs. 2.9 ± 1.2 , $p < 0.01$, Praxiskenntnisse: 3.4 ± 1.3 vs. 2.7 ± 1.3 , $p < 0.01$), als auch im Wissenstest sowie im praktischen Test bessere Ergebnisse erzielte (Wissenstest: 2.8 ± 1.1 vs. 2.4 ± 1.2 , $p < 0.01$, Praxistest: 33.2 ± 6.6 vs. 28.6 ± 7.8 , $p < 0.01$), als die Kontrollgruppe („ohne Kurs“).

Die Befragungen zeigten zudem, dass die Studiengruppe den S4K-Kurs als Hauptquelle ihres Wissens angibt (Theorie: 88.7%, Praxis: 89.4%). Im Vergleich dazu gewannen die Studierenden ihre sonographischen Kenntnisse zu geringerem Anteil aus den verpflichtenden universitären Kursen (Theorie: 44.7%, Praxis: 28.4%).

Des Weiteren ergab die Auswertung der Studierendenwünsche, dass eine hohe Nachfrage nach weiteren Sonographie-Angeboten während des Studiums besteht. Insbesondere den „Auffrischkurs vor dem PJ“ wünschten sich 90.7% der Studierenden. Weitere Wünsche waren „Simulatoren zur besseren Pathologiedarstellung“ (63.4%) sowie ein „longitudinales Lehrkonzept mit Sonographie im regulären Curriculum“ (53.4%). Laut Angaben der meisten Studierenden sollte die Sonographie außerdem in der Pflichtlehre des Studiums verankert werden (*Zustimmung: überhaupt nicht = 1, voll und ganz = 7*, 6.6 ± 0.9).

Die Post-Befragung-2 nach dem PJ zeigte, dass sich die Sonographiekenntnisse am ehesten während des Innere-Tertials verbesserten (66.7%). In diesem Tertial wurden zudem die meisten sonographischen Untersuchungen eigenständig durchgeführt (90.9%). Dabei zeigte sich allerdings, dass die meisten Studierenden (47.0%) nur 1-10 Patienten selbst untersucht haben. Nur 1.5% haben 51-100 Patienten und niemand

Ergebnisse

hat über 100 Patienten untersucht. Das internistische Tertial betreffend gaben 45.5% an, dass die Sonographie im PJ-Unterricht thematisiert wurde. In den anderen beiden Tertialen war dies seltener der Fall (Chirurgie 21.2%, Wahlfach 22.7%).

5 Diskussion

Die Ergebnisse der Literaturrecherche unterstreichen die Notwendigkeit einer Weiterentwicklung der universitären sonographischen Ausbildung in Deutschland, um die Kompetenzen der Studierenden den hohen Standards des Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs Medizin (NKLM) anzupassen und zukünftige Mediziner umfassend auf die Herausforderungen des Arztberufs vorzubereiten. Der Erfolg der Lehre wird dabei von verschiedenen Faktoren beeinflusst, darunter neben den Inhalten auch der strukturelle Aufbau und die zeitliche Gestaltung der Kurse (25, 77, 107). Es hat sich gezeigt, dass interdisziplinäre und longitudinal strukturierte Lehrkonzepte den größten langfristigen Effekt auf die Kompetenz der Studierenden haben (4, 43). Im Rahmen der vorliegenden Dissertationsschrift sollte in diesem Zusammenhang neben der Wirksamkeit auch die Nachhaltigkeit des S4K-Kurses an der Universitätsmedizin Mainz in Bezug auf den theoretischen und praktischen Kompetenzerwerb untersucht werden. Ziel war es Verbesserungsmöglichkeiten für das Lehrkonzept zu identifizieren und dieses zukünftig zu verbessern. Dazu werden in diesem Kapitel zunächst Material und Methodik diskutiert. Anschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst, im Hinblick auf die zuvor genannte Literatur bewertet und interpretiert und die Limitationen der Studie erläutert. Zum Abschluss wird ein Ausblick auf künftige Verbesserungsmöglichkeiten der Sonographielehre an der Universitätsmedizin Mainz sowie an anderen deutschen Universitäten gegeben und zukünftige Forschungsideen erläutert.

5.1 Diskussion von Material und Methodik

In diesem Kapitel werden die Ein- und Ausschlusskriterien, der Aufbau des Studiendesigns sowie die Methoden diskutiert. Außerdem wird der Einsatz der Tutoren als Bewertende für die Studie diskutiert. Zur Verbesserung der Leserlichkeit werden Zahlen in diesem Abschnitt ohne Nachkommastelle auf- oder abgerundet.

5.1.1 Diskussion der Ein- und Ausschlusskriterien der Stichprobe

Klare Ein- und Ausschlusskriterien erhöhen die Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Datenerhebungen und sollten klar festgelegt sein (108). Für Lehrforschungsstudien im Bereich Sonographie werden in der Literatur oft keine klaren Einschlusskriterien definiert (32, 43, 81, 90, 91, 109). Häufig wird lediglich die Auswahl der ausgewerteten Studierenden beschrieben. Diese umfasst oft eine bestimmte Kohorte (43, 90) oder eine zufällige Auswahl (81). Innerhalb dieser Arbeit konnte aufgrund der klaren Einschlusskriterien ein Großteil der PJ-Studierenden der PJ-

Jahrgänge WiSe 19/20 und SoSe 21 der Universitätsmedizin eingeschlossen und somit fast vollständig berücksichtigt und repräsentiert werden. In der Auswertung konnten zwei Gruppen gebildet werden, die hinsichtlich ihrer Größe vergleichbar waren.

Mit Blick auf ähnliche Studien von Haidar et al. und Nourkami-Tutdibi et al. (4, 104) mit 178 bzw. 40 Studierenden ist die hier ausgewertete Gruppengröße von 302 deutlich höher. Auch der Einschluss einer Kontrollgruppe, wie es in Vorstudien bisher nicht immer praktiziert wurde (4) stärkt die Aussagekraft der gewonnenen Daten.

5.1.2 Studiendesign und Messmethoden

Viele Studien zur Wirksamkeit sonographischer Kurse sind nach dem Prä-Post-Prinzip aufgebaut und vergleichen den theoretischen bzw. praktischen Wissensgewinn von Studierenden vor und direkt nach Sonographiekursen (84, 93, 95-101, 110). Ähnliche Erkenntnisse liefert auch der Review von Neubauer et al. zu Ultraschalllehrkonzepten an medizinischen Fakultäten. In der Auswertung zeigte sich, dass 40% der Studien keine Kontrollgruppe in die Auswertung einschlossen. Insgesamt 58% werteten die Kompetenz der Studierenden nicht vor, sondern lediglich nach der sonographischen Ausbildung aus und hatten somit keinen Vergleichswert (32). Selbst Studien mit Prä-Post-Auswertung ermöglichen zwar die Beurteilung der direkten Wirksamkeit von Sonographiekursen, liefern allerdings keine Hinweise auf deren langfristigen Effekt und die Nachhaltigkeit der erworbenen Kompetenzen. Die Autoren Celebi et al. wählten vergleichbare Messmethoden zur hier beschriebenen Studie. Sie beschreiben den Einsatz eines Fragebogens zur Erhebung demographischer Angaben, theoretische Fragen, allerdings im Multiple-Choice-Format, und eine praktische Kompetenzübertestung im OSCE-Format. Untersucht wurden dabei, anders als in der hier dargestellten Studie, nicht Studien- („mit“) und Kontrollgruppe („ohne Kursteilnahme“), sondern drei verschiedene Ausbildungsformate im Vergleich (88). Ein zu der hier dargestellten Studie ähnlicheres Studiendesign bietet die prospektive Beobachtungsstudie von Dinh et al. (102). Diese vergleicht ebenfalls die sonographische Kompetenz von Studierenden „mit“ und „ohne Kursteilnahme“ miteinander. Parallel zum hier beschriebenen Design erfolgte die Kompetenzprüfung ebenfalls mittels Fragebogen und OSCEs. Die Vergleichsgruppen setzten sich hierbei nicht aus demselben Jahrgang, sondern aus Studierenden des ersten bzw. zweiten Studienjahrs und Studierenden des dritten bzw. vierten Studienjahrs zusammen. Die Vergleichsgruppen hatten also kein direkt vergleichbares Niveau medizinischer

Vorkenntnisse und waren zudem nicht gleich groß. In der Studie wurden 174 Studierende mit 25 bzw. 19 Studierenden verglichen. Ein Teil der Studierenden meldete sich im Übrigen freiwillig per Einladung zur Studienteilnahme, sodass eine Stichprobenverzerrung nicht unwahrscheinlich ist (102). In der hier beschriebenen Studie absolvierten alle Studierenden denselben Ausbildungsabschnitt und Confounder wurden durch die Auswertung der demographischen Daten und sonographischen Vorkenntnisse weitestgehend ausgeschlossen. Bei der MINERVA-Veranstaltung handelte es sich außerdem um eine verpflichtende PJ-Veranstaltung, sodass ein repräsentativer Teil der PJ-Studierenden der UM-Lehrkrankenhäuser berücksichtigt wurde.

Die Befragungen ermöglichten die Auswertung etwaiger Einflüsse auf die Kompetenzen der Studierenden und somit den Ausschluss vieler Confounder. Im Rahmen der Befragungen wurde außerdem die individuelle Auseinandersetzung der Studierenden mit dem Kursangebot und den Inhalten des S4K-Kurses evaluiert und dargestellt. Für die meisten Studierenden fand die Datenerhebung zweieinhalb Jahre nach dem Kurs statt, was bei der Untersuchung der Nachhaltigkeit einen langen Beobachtungszeitraum ermöglichte. Des Weiteren wurden Wünsche der Studierenden bezüglich Online- und Sonographie-Lehrangebot an der UM erörtert. Ein Teil der Studierenden wurde zudem in der Post-Befragung-2 im Sinne eines „follow-ups“ zu ihren Sonographie-Erfahrungen im Praktischen Jahr befragt und somit über eine längere Zeit hinweg longitudinal begleitet. Ein vergleichbar langer Beobachtungszeitraum wurde im Rahmen der Literaturrecherche für die Dissertation nicht gefunden. Sie bietet demnach einen Zugewinn bezüglich des Langzeiteffektes des S4K-Kurses.

5.1.2.1 Wissenstest

Die Kompetenzüberprüfung theoretischer Kenntnisse innerhalb der Sonographie-Ausbildung findet mit Blick auf die aktuelle Literatur häufig in Form von Multiple-Choice-Fragen statt (1, 82, 111). Celebi et al. erstellten in ihrer Studie einen theoretischen Test, welcher aus 10 Multiple-Choice Fragen zum Thema Ultraschall bestand (88). Auch Favot et al. (82), Arger et al. (96), Blackstock et al. (83) und Price et al. (111) wählten für den theoretischen Test ein Multiple-Choice Design. Es hat sich gezeigt, dass Multiple-Choice-Fragen das Auswendiglernen von Inhalten fördern und Befragten wenig Gelegenheit bieten eigene Stärken oder Ideen zu zeigen. Eine sinnvolle Alternative bieten sogenannte „very short answer questions“ (112) wie sie

auch in dieser Dissertationsschrift verwendet wurden. Die theoretische Kompetenzüberprüfung bestand aus vier Theoriefragen, bei denen die Studierenden sonographische Bilder von Pathologien (Niere: Harnstau, Pleura: Pleuraerguss, Aorta: Aortenaneurysma und Gallenblase: Cholezystitis) erkennen und korrekt im Freitextformat benennen sollten. Sie repräsentieren klinisch relevante sonographische Krankheitsbilder, welche im NKLM als vorauszusetzende Kompetenzen genannt werden (3). Trotzdem sind vier Theoriefragen sehr wenig, um ein vollständig repräsentatives Bild der theoretischen Sonographiekompetenz der Studierenden darstellen zu können. Ein ausführlicherer Fragebogen mit einem größeren Anteil theoretischer Fragen, zum Beispiel in Kombination mit zusätzlichen Multiple-Choice-Fragen, hätte in der hier beschriebenen Studie möglicherweise die Repräsentativität in Bezug auf das theoretische Kompetenzniveau gesteigert. Der Theorietest hätte beispielsweise um mehr Pathologiefragen oder Fragen zur Anatomie erweitert und somit umfangreicher gestaltet werden können, wie es Vorstudien wie beispielsweise Blackstock et al. umgesetzt haben (83). In der Studie von Celebi et. al. sollten die Teilnehmenden 15 anatomische Strukturen wie zum Beispiel die Leberarterie, die obere Mesenterialarterie oder die Milzvene erkennen und beschriften (81). Weiterhin wären Multiple-Choice Fragen zu Grundlagen der Sonographie eine Möglichkeit die Bilddarstellung, Schallartefakte oder Normwerte, wie zum Beispiel die Größe der Milz oder der unteren Hohlvene, zu überprüfen. Da die Prä-Befragung bereits durch viele andere Fragen umfassend gestaltet war, bot sie keinen Platz für einen ausführlicheren Wissenstest.

5.1.2.2 Überprüfung medizinisch-praktischer Fertigkeiten

Es existieren verschiedenste Methoden das Kompetenzniveau in der sonographischen Ausbildung von Medizinstudierenden zu messen. Eine übersichtliche Zusammenstellung hierzu bietet der Review von Höhne et al. „Assessment Methods in Medical Ultrasound Education“ (94). Die bereits beschriebenen OSCE-Prüfungen wurden demnach am häufigsten verwendet und bewährten sich bereits in verschiedensten anderen Studien mit praktischer Kompetenztestung (16, 43, 90, 97, 98, 102). Die praktische Kompetenzüberprüfung im Rahmen der hier beschriebenen Studie erfolgte in Form von angepassten Bewertungsbögen, die zuvor bereits in einer Publikation von Hofer et al. hinsichtlich Umsetzbarkeit und Repräsentationsfähigkeit untersucht wurden (57). Da der NKLM zunehmend kommunikative Fähigkeiten der Absolventen thematisiert und dabei insbesondere einen „*taktvollen, wertschätzend-*

aner kennenden Umgang mit Patienten, Angehörigen, Kollegen sowie anderen Gesundheitsberufen“ fordert (3), wurden die Bewertungsbögen an diese Erwartungen angepasst. Angesichts der zunehmenden Bedeutung dieser Kompetenzen für den Arztberuf wurden zwei neue Abschnitte namens „Gesprächseröffnung“ und „Kommunikation im Rahmen der körperlichen Untersuchung“ integriert und während der praktischen Tests bewertet. Von den Absolventen des Medizinstudiums wird eine menschlich zugewandte Kommunikation erwartet, die an den Patienten und seinen Wissensstand angepasst sein sollte. Komplizierte Zusammenhänge sollten demnach verständlich formuliert sowie verbale und nonverbale Kommunikation und Reaktionen der Patienten berücksichtigt werden. Zudem wird der Arzt-Patienten-Beziehung im Allgemeinen eine immer wichtigere Rolle zugesprochen. Eine bewusste Stärkung dieser Beziehung durch eine Verbesserung der Kommunikation wird zunehmend in den Curricula und somit seitens der Ärzte und Ärztinnen erwartet (3). Die Integration dieser Unterkategorie ermöglichte einerseits die Berücksichtigung der wichtigen Fähigkeit „Kommunikation“, allerdings wurde der Anteil der „tatsächlichen medizinisch-praktischen Kompetenz“ dadurch im Vergleich zu den OSCE-Bögen von Hofer et al. anteilig weniger berücksichtigt. Von insgesamt 50 Punkten waren 8 von der kommunikativen Leistung geprägt. In der Auswertung der Ergebnisse wurden alle Unterkategorien der praktischen Kompetenztestung deshalb in Kapitel 4.3.1.2 noch einmal separat dargestellt, um die praktische Kompetenz der Studierenden unabhängig von der Kommunikation zu betrachten.

Inhaltlich wurden übereinstimmend zu anderen bereits etablierten Sonographie-Kursen vier wichtige Organe (Niere, Pleura, Aorta und Gallenblase) thematisiert (98, 113, 114). Obwohl diese lediglich einen Teil des großen Spektrums der gesamten Sonographie darstellen, repräsentieren sie dennoch wichtige Untersuchungsinhalte der klinischen Diagnostik (115-118), welche zudem im NKLM Erwähnung finden (3). Ähnlich zur Studie von Nourkami-Tutdibi bearbeiteten die Studierenden jeweils zwei Fallszenarien (4). Diese wurden aus vier möglichen Szenarien zufällig verteilt (L1+S1, L1+S2, L2+S1 oder L2+S2) und die übrigen konnten sich die Studierenden anschließend in einem E-Learning-Modul erarbeiten.

Für einen künftig geplanten Auffrischkurs an der UM wäre es wünschenswert durch die Bearbeitung von mehr als zwei Szenarien weitere Organsysteme und dazu passende Pathologien zu unterrichten. Für die praktische Kompetenzüberprüfung können zwei Szenarien als angemessen angesehen werden. Auch in der Studie von

Nourkami-Tutdibi führten die Studierenden jeweils zwei praktische Tests durch (4). Der Wunsch nach mehr Themen spiegelte sich auch in den Evaluationen der hier beschriebenen Studie wider, in denen beispielsweise die E-FAST-Sonographie, die Leber-sonographie und die Echokardiographie häufig als weitere Themen von den Studierenden gewünscht wurden.

Eine Alternative zur OSCE-Methode von Hofer et al., welche klinisch-praktische sonographische Kompetenzen bewertet, wären die sogenannten „*Direct Observation of Procedural Skills (DOPS)*“ oder „*Objective Structured Assessment of Ultrasound Skills (OSAUS)*“. Beide stellen ebenfalls eine validierte und strukturierte Beurteilungsmethode in der Sonographieausbildung dar (94). Das Ziel der Verwendung der DOPS-Methode besteht in der Beobachtung der praktischen Leistung der Teilnehmenden und der Formulierung eines strukturierten Feedbacks (119). Die Autoren Profanter et al. kamen in ihrer Publikation zu dem Schluss, dass die Ergebnisse von DOPS und OSCEs zur Beurteilung studentischer Kompetenzen vergleichbar sind (120). Während OSCEs medizinische Fähigkeiten im Allgemeinen bewerten konzentrieren sich OSAUS ausschließlich auf Fertigkeiten im Umgang mit Sonographie-Geräten, der Bildgebung im Allgemeinen und mit der Interpretation von Ultraschallbildern. Dabei steht neben der Anwendung und Interpretation auch die Indikationsstellung im Vordergrund (94).

Vorteile der OSCEs waren bei der Planung der Studie, dass die Bewertungsbögen bereits von Beginn an in das Lehrkonzept der S4K-Kurse integriert und die Tutoren demnach damit geschult waren. Außerdem beinhalteten die OSCE-Bögen standardisierte Unterkategorien „Schallkopfhandling“, „Patientenführung“, „Untersuchungsgang“, „Gesamtpformance“ und „Theorie“, welche die Anwendung für die Tutoren und eine Standardisierung vereinfachte. Hinzugefügt wurden die Kategorien „Gesprächseröffnung“ und „Kommunikation im Rahmen der körperlichen Untersuchung“, welche wie zuvor beschrieben als relevant erachtet und im Aufbau passend zu den bekannten Unterkategorien mit Ankreuzmöglichkeit formuliert wurden.

5.1.3 Tutoren als Bewerter

Viele Publikationen untersuchten bereits den Einsatz studentischer Tutoren für den Sonographie-Unterricht als „Peer-Assisted-Learning“ (4, 76, 81, 88, 93, 98). Demnach können Grundlagenkenntnisse der Sonographie von studentischen Tutoren ebenso gut wie von ärztlichen Dozenten vermittelt werden (81). Durch ihren Einsatz werden Ressourcen gespart und ein besseres Betreuungsverhältnis von maximal fünf

Studierenden pro Dozent ermöglicht (75). Andere Studien bewerteten studentische Tutoren für Sonographie-Kurse ebenfalls als positiv (93, 98). Die Autoren Griksaitis et al. merken allerdings in ihrer Publikation kritisch an, dass ärztliche Dozenten aufgrund der klinischen Erfahrung bei der Interpretation und Vermittlung physiologischer und pathologischer Befunde überlegen sind (121). Da im Rahmen der Studie ein praktischer Sonographie-Test an gesunden Probanden durchgeführt wurde und nicht an Patienten, konnte die Überlegenheit der ärztlichen Dozenten in diesem Fall außer Acht gelassen werden. Die Tutoren des S4K-Kurses waren außerdem mit den Bewertungstools und den Sonographie-Geräten vertraut und ihr Einsatz für die Studie deshalb sinnvoll. Zudem wurden sie bereits im Rahmen einer Evaluation durch die Studierenden als fachlich und didaktisch kompetent bewertet (122). Die Publikation von Barth et al. befasst sich ebenfalls mit den unterschiedlichen Akteuren und deren Rolle in der Sonographie-Lehre. Die Autoren legen dar, dass die Lehre durch ein interdisziplinäres Team aus studentischen Tutoren, Radiologen, Internisten und Anatomen und Medizintechnikern in enger Zusammenarbeit erfolgen sollte. Somit kann neben den praktischen Fertigkeiten auch das technische Wissen adäquat unterrichtet werden (123). Zur Qualitätssicherung wurden die Tutoren im Rahmen der MINERVA-Studie durch eine Schulung auf ihre Tätigkeit im Rahmen der Studie vorbereitet. Durch die Vorbereitung konnte der genaue Ablauf verinnerlicht und die Tutoren für Beurteilungsfehler sensibilisiert werden. Außerdem sollte das Feedback zur Leistung der Studierenden erst nach Abschluss des zweiten praktischen Tests gegeben werden, um Störfaktoren zu vermeiden. Um zu testen, ob die Tutoren in der hier beschriebenen Studie vergleichbar gearbeitet haben, wurde die Interrater-Reliabilität ausgewertet. Es wurde keine vergleichbare Studie gefunden, die im Rahmen eines studentischen Kurses ebenfalls die Interrater-Reliabilität der Bewertenden vergleicht.

5.2 Zusammenfassung und Interpretation der relevantesten Ergebnisse

Bislang existieren nur wenige Daten, welche die langfristige Wirksamkeit und Nachhaltigkeit von Peer-gestützten-Sonographiekursen untersuchen (4, 46, 102, 103, 124). Zudem werden meist nur wenige Studierende berücksichtigt (4) oder die Wirksamkeit anhand von Fragebögen statt mittels praktischer Kompetenzüberprüfung untersucht (103). Außerdem sind Nachbeobachtungszeiträume mit acht Monaten bzw. einem Jahr (46, 102) häufig kürzer als der Nachbeobachtungszeitraum von

zweieinhalb Jahren bzw. dreieinhalb Jahren, wenn man die Post-Befragung-2 der hier beschriebenen Studie mit einbezieht. Die Ergebnisse der Studie, die Thema dieser Dissertationsschrift ist, deuten darauf hin, dass die Integration von peer-gestützten Sonographiekursen in den frühen klinischen Teil des Medizinstudiums langfristig zu einem nachhaltigen Kompetenzerwerb führen kann. Zu Beginn ihres Praktischen Jahres und damit zweieinhalb Jahre nach Kursteilnahme verfügt die Studiengruppe über signifikant höhere praktische und theoretische Sonographiekenntnisse, als die Kontrollgruppe. Dies zeigt sich ebenso in der subjektiven Einschätzung der eigenen Kompetenz der Studierenden. Darüber hinaus wird deutlich, dass die Gesamtkompetenzen der Studierenden noch Raum für Weiterentwicklung bieten und eine Nachfrage nach einer Erweiterung des Angebots im Bereich der Sonographie, insbesondere in Form eines „Auffrischkurses vor dem Praktischen Jahr“, auch seitens der Studierenden besteht.

5.2.1 Diskussion der deskriptiven Statistik

In der Auswertung fiel auf, dass die Mehrheit der Studierenden zwar während der Famulaturen mit der Sonographie in Berührung kam (87%), insgesamt 82% der Studierenden dabei aber keine bzw. wenige Patienten (0-50) selbst untersuchten. Nur eine Minderheit untersuchte mehr als 50 Patienten selbst. Dies könnte darauf hindeuten, dass bei vielen Studierenden der untersuchten Stichprobe die Routine bei einer sonographischen Untersuchung von echten Patienten fehlt. Auch Nourkami-Tutdibi et al. beschrieben in ihrer Studie zum Langzeiteffekt eines Peer-gestützten Ultraschall-Kurses, dass die meisten jungen Ärzte zu Beginn ihrer beruflichen Laufbahn noch nicht in der Lage seien eine gezielte sonographische Untersuchung durchzuführen (4). Bei einer begrenzten Anzahl an eigenständig durchgeführten Untersuchungen an echten Patienten ist eine potenzielle Einschränkung der praktischen Erfahrung in der sonographischen Untersuchung zu erwarten. Insgesamt drei Studierende gaben an über 200 Patienten untersucht zu haben. Dabei waren zwei der drei Studierenden selbst Tutoren des S4K-Kurses und somit erfahrener im Umgang mit der Sonographie. Für die Tutoren-Ausbildung ist eine vierwöchige Hospitation in der Funktionsabteilung eines Krankenhauses verpflichtend, sodass ein großer Teil der 200 Patienten vermutlich darauf zurückzuführen ist. Die Regressionsanalyse zeigte, dass die beiden Prädiktoren „Teilnahme am Sonographiekurs“ und die „Anzahl eigenständig durchgeführter Ultraschalluntersuchungen von mehr als 50“ einen positiven Einfluss auf die Sonographie-Kompetenz der Studierenden hat. Dies zeigt zwar keine Kausalität,

bekräftigt aber die Hypothese H1, dass der sonoforklinik-students (S4K)-Kurs einen nachhaltigen Effekt auf die Sonographiekenntnisse der Studierenden zu haben scheint. Insbesondere die praktische Anwendung an Patienten in Famulaturen oder Praktika scheint die sonographische Kompetenz zu steigern.

Die Auswertungen zeigen, dass ein Großteil der Teilnehmenden des SFK-S-Kurses (semesterbegleitend) alle bzw. fast alle Seminareinheiten und kein Teilnehmender weniger als die Hälfte besucht hat. Obwohl es sich um einen freiwilligen Kurs handelt, der sich über das gesamte erste klinische Semester erstreckt, zeigte sich also eine sehr hohe Teilnahme- und Lernbereitschaft der Studierenden. Laut eigenen Angaben beendeten über 90% den Kurs mit einer Abschlussprüfung. Die Bereitschaft die Vorlesungen zu besuchen war weitaus geringer, nur weniger als ein Fünftel der Studierenden besuchte alle Vorlesungen des semesterbegleitenden Kurses. Diese Erkenntnis stimmt mit den Ergebnissen von Emahiser et al. überein, die zeigen, dass die Teilnahme an medizinischen Vorlesungen kontinuierlich abnimmt und diese Unterrichtsform im Vergleich zu anderen zunehmend an Beliebtheit verliert (125). Interessant wäre eine Auswertung dazu wie Vorlesungen für die Studierenden wieder reizvoll gestaltet werden können. Dabei wäre beispielsweise der Einsatz von Online-Vorlesungen oder Beispielvideos denkbar. Alternativ könnte der Einbau eines interaktiven Frage-Antwort-Teils die Motivation und Aufmerksamkeitsspanne der Studierenden steigern. Weiterhin könnte das „problembasierte Lernen“ im Rahmen der praktischen Einheiten Anwendung finden, welches sich in der medizinischen Ausbildung bereits als sinnvolle Lernmethode erwiesen hat (126, 127). Dabei handelt es sich um eine Unterrichtsmethode, bei der Studierende in Kleingruppen durch die Auseinandersetzung mit realen und komplexen Problemen medizinische Inhalte erlernen, anstatt durch Frontalunterricht (127). Dadurch kann die Fähigkeit für kritisches Denken und lösungsorientiertes Handeln gefördert werden, eine Kernkompetenz für den späteren Arztberuf (126), welche auch im Nationalen Lernzielkatalog mehrfach Erwähnung findet (3). Die praktischen Tests wurden im Rahmen der Studie mithilfe von Fallvignetten bewusst als medizinische Fälle gestaltet, um das problembasierte Lernen einzubinden. Diese waren in der Beschreibung der Symptomatik allerdings sehr auf das Organ fokussiert, das untersucht werden sollte. Im Rahmen des geplanten Auffrischkurses wäre es sinnvoll, die Fragestellung auf der Grundlage der bereits vorhandenen Kenntnisse der Studierenden offener zu formulieren. Dadurch könnte ein „interaktiver Abschluss“ der praktischen Einheit geschaffen werden, bei dem eine strukturierte Untersuchung durchgeführt wird, um

alle Bauchorgane zu betrachten und mögliche Ursachen für übergeordnete Symptome wie „Bauchschmerzen“ zu identifizieren. Es wäre in diesem Zusammenhang lohnenswert zu untersuchen, ob diese neue Unterrichtsform bzw. E-Learning-Module besser angenommen werden. Das „freie Üben“ wurde von fast zwei Drittel der Studierenden genutzt, was eine hohe Lernmotivation seitens der Studierenden und eine hohe Akzeptanz dieses Lernformats zeigt. Trotzdem wurde dieses freiwillige Angebot nicht von allen Studierenden gleich genutzt. Die Mehrheit der Kursteilnehmenden nutzte für die Kursvorbereitung nur das Kursskript. Nur ein sehr geringer Teil nutzte zusätzlich Lehrbücher oder Online-Lernplattformen. Dies könnte darauf hindeuten, dass das Skript hinreichend auf den Kurs vorbereitet und die Inhalte zum Thema Sonographie besonders lehrreich sind. Die DIvAN-Studie von Horn et al. vergleicht digitale und analoge Lernmethoden im Rahmen des sonoforklinik-students-Projektes der UM miteinander. Die Autoren gelangen zu der Erkenntnis, dass E-Learning-Angebote vor allem in der Vorbereitungsphase auf den Kurs sinnvoll sind und somit mehr Raum für praktische Übungen während der Präsenzveranstaltungen bieten (128). Das digitale Angebot der DIvAN-Studie existierte für die Teilnehmenden der hier beschriebenen MINERVA-Studie noch nicht und wurde deshalb nicht einbezogen.

Zusammenfassend zeigt die deskriptive Analyse der Kursteilnahme, dass die Kursadhärenz bis zum Ende hoch war, obwohl es sich um einen freiwilligen Kurs handelt. Verglichen zu der Situation an der UM vor Einführung des S4K-Kurses, bei der noch kein Lehrkonzept oder Kursunterlagen etabliert waren und mit nur wenigen Geräten und Übungsmöglichkeiten unterrichtet wurde, zeigen die Daten eine sehr gute Annahme des Kurses durch die Studierenden der UM. Einen „Auffrischkurs vor dem PJ“ hielten sowohl die Teilnehmenden des S4K-S-, als auch die des S4K-K-Kurses für sinnvoll. Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass neben einer guten Akzeptanz des Kurses auch der weitere Ausbau des Lehrangebots von den Studierenden gewünscht ist. Dies spiegelt sich außerdem in den Befragungen wider, bei denen sich ebenfalls 90% einen „Auffrischkurs vor dem PJ“ und fast die Hälfte der Studierenden „weitere S4K-Kurse“ während des Studiums wünschten. Dies deckt sich mit der Auffassung der Föderationen EFSUMB und WFUMB, welche in ihren Positionspapieren betonen, dass ein Ausbau des bestehenden Sonographie-Lehrangebots erfolgen sollte (25-27). Dieses neu geschaffene Kursformat vor dem PJ sollte sowohl als Wiederholung, als auch als Erweiterung des S4K-Kurses etabliert werden und viele praktische Einheiten sowie problembasiertes Lernen beinhalten (126).

In der weiteren Analyse der Daten zeigte sich, dass die Studiengruppe mit großem Abstand am häufigsten den „S4K-Kurs“ als Quelle Wissens angibt. Dies lässt zumindest Hinweise zur Beantwortung der Fragestellung 1 zu (*Ist die angebotene peer-gestützte Lehrveranstaltung sonoforklinik-students (S4K) aus Sicht der Studierenden maßgeblich für die Entwicklung der Sonographie-Kompetenzen im klinischen Abschnitt des Studiums verantwortlich?*). Interessanterweise wird der freiwillige S4K-Kurs häufiger als Quelle des sonographischen Wissens angegeben, als die universitären Kurse. Dies stärkt die Relevanz des Kurses für die UM und die Notwendigkeit, das curriculare Angebot weiter auszubauen.

Eine Mehrheit der Studierenden gab in den Befragungen der hier beschriebenen Studie an, dass die diagnostische Kompetenz „Ultraschall“ bereits während des Studiums verpflichtend erlangt werden sollte. Der Wunsch besteht unabhängig von einer Teilnahme am S4K-Kurs und wurde ebenso von der Kontrollgruppe geäußert. Die positive Annahme von Sonographiekursen durch Studierende wurde bereits durch mehrere Studien beschrieben (82, 90, 114, 129), jedoch werden Wünsche für eine künftige Sonographielehre oft nicht im Detail ausgewertet. Weiterhin wurden im Rahmen der Studie Wünsche nach zusätzlichen Angeboten zum Thema Sonographie erfragt. Weniger als 3% der befragten Studierenden kreuzten die Antwortoption „keine zusätzlichen Sonographie-Angebote“ an, was eine hohe Nachfrage an weiteren Angeboten seitens der Studierenden betont. Dies spiegelt sich auch im übrigen Teil der Befragungen wider. Ein „Auffrischkurs vor dem PJ“ und „Simulatoren zur besseren Pathologiedarstellung“ wünschte sich ein Großteil der Studierenden.

5.2.2 Teilnehmervergleich – mit und ohne S4K

Der wesentliche Unterschied zwischen Studien- und Kontrollgruppe lag wie eingangs erwähnt in der S4K-Kursteilnahme. Die Auswertung der demographischen Daten und sonographischen Vorkenntnisse zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Studierenden „mit“ und „ohne Kurs“. Die Gruppe „ohne Kurs“ konnte deshalb in der Auswertung als „Kontrollgruppe“ betrachtet werden.

5.2.3.1 [Selbsteinschätzung im Vergleich](#)

Die Kompetenz von Studierenden kann, wie beispielsweise in der Studie von Celebi et al., durch objektive Kriterien wie Multiple-Choice-Fragen und OSCEs gemessen (88) oder durch Selbsteinschätzung bewertet werden. Eine Selbsteinschätzung wählten auch Heinzow et al. in ihrer prospektiven Studie (58). Dabei wurde die Differenz der

durch die Studierenden selbst eingeschätzten Werte vor und nach der Teilnahme an einem Sonographiekurs getestet (58). Der Unterschied in der Kompetenzeinschätzung und Selbstsicherheit durch die Intervention war in der Studie signifikant (58). In der Studie, die Thema dieser Dissertation ist, wurde die Selbsteinschätzung nicht zwischen zwei Zeitpunkten, sondern zwischen zwei Gruppen verglichen. Die Studierenden bewerteten ihr eigenes Kompetenzniveau und ihre Kenntnisse in Bezug auf mehrere Unterkategorien. Die Studiengruppe schätzte ihre eigene Leistung sowohl für die theoretische, als auch für die praktische Kompetenz signifikant höher ein, als die Kontrollgruppe. Dies gilt auch für die Unterkategorien „Topographisch anatomische Kenntnisse“, „räumliche Wahrnehmung/ Orientierung im Bild“, „Handhabung eines Sonographie-Geräts“ und „Optimale Einstellung des Bildes“. Die Ergebnisse zeigen, dass nicht nur die objektiv gemessenen Kenntnisse in der Studiengruppe höher waren, sondern auch die Einschätzung der eigenen Kompetenz. Auch Heinzow et al. wählten ähnlich zum hier beschriebenen Studiendesign zusätzlich zur Selbsteinschätzung eine objektive Messung der Kompetenz in Form von DOPS (58). Eine positive Selbsteinschätzung könnte das Selbstbewusstsein steigern die Sonographie tatsächlich anzuwenden und somit ihren Einsatz im späteren Berufsalltag fördern.

5.2.3.2 Vergleich – Ursprung des Wissens

Die Studierenden sollten in der hier beschriebenen Studie zusätzlich zu ihrer Selbsteinschätzung angeben wo sie ihre Kenntnisse erlangt haben. Dabei gaben die meisten Studierenden aus der Kontrollgruppe in der Mehrfachauswahl an ihre theoretischen bzw. praktischen Kenntnisse aus universitären Kursen oder Famulaturen erlangt zu haben. Mit fast 90% gaben mit Abstand die meisten Studierenden bei dieser Frage den S4K-Kurs als Quelle ihres Wissens an. Universitäre Kurse und Famulaturen wurden ebenfalls genannt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Teilnahme am S4K-Kurs einen großen Einfluss auf die Sonographiekenntnisse der Studierenden zu haben scheint. Interessanterweise gaben 6 Studierende aus der Kontrollgruppe an, ihre Kenntnisse aus dem Kurs gewonnen zu haben. Falls es sich hierbei nicht um eine Fehlangebe handelt, könnte dies darauf hindeuten, dass diese Studierenden das Kursskript gekauft und es unabhängig von der Kursteilnahme genutzt haben. Dass auch einzelne Studierende ohne Kursteilnahme das Kursskript in der Vergangenheit erworben haben, ist an der UM bekannt. Diese Möglichkeit bestand auch für Nicht-Teilnehmende während des gesamten Studiums. Eine Auswertung hierzu wäre wünschenswert. Es zeigt sich

außerdem, dass vor allem praktische Kenntnisse im Rahmen von Famulaturen ausgebaut werden. Diese Antwortoption wurde in der Auswertung aller Studierenden gemeinsam am häufigsten gewählt. Es zeigte sich zudem ein schwacher, aber signifikant positiver Zusammenhang zwischen der Variable „Ultraschall in der Famulatur gesehen/durchgeführt“ und der „praktischen Kompetenz“. Dies könnte ebenfalls darauf hindeuten, dass die Anwendung in Famulaturen zu einer Steigerung der praktischen Kompetenz beiträgt. Dieselbe Variable scheint in der Regressionsanalyse kein Prädiktor für eine hohe praktische Kompetenz im Bereich Sonographie zu sein. Vermutlich spielen dabei weitere Faktoren eine Rolle.

5.2.3.3 Gemessene Kompetenz im Vergleich

Um annähernd die „tatsächliche“ Kompetenz der Studierenden zu messen, erfolgte die Messung der theoretischen und medizinisch-praktischen Kompetenz in der hier dargestellten Studie anhand eines Wissens- und eines praktischen Tests. Andere Studien zeigten bereits, dass sich OSCEs für die Kompetenzmessung eignen (16, 43, 57, 90, 97, 98, 102). Diese Form der Kompetenztestung wird außerdem durch den aktuellen NKLM gefordert (3).

Ein gutes Beispiel für eine ähnliche Untersuchung stellt die Publikation von Dinh et al. dar, welche ebenfalls die Kompetenz von Studierenden „mit“ und „ohne Kurs“ gegenüberstellt (102). In diesem Fall haben die beiden Gruppen allerdings nicht denselben Ausbildungsstand. Die Studierenden „mit Kurs“ waren Medizinstudierende der ersten beiden Studienjahre, während die Studierenden „ohne Kurs“ im Studium schon weiter fortgeschritten waren (drittes und viertes Studienjahr). Zudem meldeten sie sich freiwillig zur Studienteilnahme. Dies könnte bewirkt haben, dass vor allem besonders motivierte Studierende berücksichtigt wurden. Die Studierenden „mit Kurs“ erreichten ebenfalls signifikant höhere Ergebnisse, als ihre Kommilitonen „ohne Kurs“. Die Autoren Dinh et al. untersuchten die Nachhaltigkeit der Kursinhalte, indem die Kompetenzen von Studierenden des zweiten Studienjahres mit denen des ersten Studienjahres verglichen wurden. Es wurde also nicht dieselbe Kohorte zu einem späteren Zeitpunkt untersucht, sondern eine andere Gruppe von Studierenden, bei denen seit dem Kurs ein Jahr vergangen war. Es zeigte sich eine Verschlechterung der Leistung von 93.5% auf 76.7%, sodass in der Studie die Empfehlung für einen Ausbau des Sonographie-Angebots ausgesprochen wird (102). Im Gegensatz zur Studie von Dinh et al. hatten in der hier beschriebenen Studie alle Studierenden denselben Ausbildungsstand zu Beginn des praktischen Jahres, wodurch eine

Vergleichbarkeit ermöglicht wurde. Die Datenerhebung fand für den Großteil der Studierenden zweieinhalb Jahre nach Kursteilnahme statt. Die Studiengruppe erreichte im Wissenstest und im praktischen Test signifikant höhere Punktwerte, als die Kontrollgruppe. Der S4K-Kurs scheint demnach einen nachhaltigen Effekt auf die Sonographiekenntnisse der Medizinstudierenden der UM zu Beginn des PJs zu haben. Die Nullhypothese H_0 (*Die Leistungen der Studiengruppe „mit Kurs“ unterscheiden sich nicht von den Leistungen der Kontrollgruppe „ohne Kurs“ bzw. haben einen niedrigeren Kompetenzlevel als die Kontrollgruppe. ($H_0: \mu_2 \leq \mu_1$)*) kann also vorläufig verworfen werden. Gleichzeitig erfolgt die vorläufige Annahme der Hypothese H_1 (*Die Studiengruppe „mit Kurs“, die den S4K-Kurs besucht hat, hat einen signifikant höheren Kompetenzlevel als die Kontrollgruppe „ohne Kurs“, die den S4K-Kurs nicht besucht hat. Dies gilt sowohl für den Bereich Wissen/ theoretische Kenntnisse als auch für die medizinisch-praktischen Fähigkeiten. ($H_1: \mu_2 > \mu_1$)*).

5.2.3.4 Subgruppen im Vergleich

Eine weitere Unterteilung der Studiengruppe in die Subgruppen ermöglichte den Blick auf die Kursformate „semesterbegleitender Kurs“ (S4K-S) und „Kompaktkurs“ (S4K-K). Die Ergebnisse der Teilnehmenden des S4K-S-Kurses unterschieden sich nicht signifikant von denen des S4K-K-Kurses. Die beiden Kursformate scheinen also einen ähnlichen Effekt auf die Kompetenzentwicklung zu haben. Hier stellt sich die Frage, welches der beiden Kursformate zum nachhaltigen Kompetenzerwerb besser geeignet ist. Eine Untersuchung von Weimer et al. hat beide Kursformate miteinander verglichen und gezeigt, dass in einer Messung unmittelbar nach Kursteilnahme der semesterbegleitende Kurs zu einem höheren Kompetenzerwerb führt (2). Nach zweieinhalb Jahren scheint sich diese Differenz wieder ausgeglichen zu haben. Dies könnte dadurch bedingt sein, dass die Nachhaltigkeit der erworbenen Kompetenzen auch von weiteren Faktoren wie der praktischen Anwendung nach Kursteilnahme abhängt.

Die besten Ergebnisse erzielten die Studierenden mit Teilnahme an beiden Kursen (S4K-SK). Die hohen Punktzahlen dieser Subgruppe könnten durch die mehrmalige Teilnahme an den Sonographie-Kursen bedingt sein. Diese Vermutung wird auch von der Literatur unterstützt, die ebenfalls zeigt, dass die Wiederholung von Kursinhalten eine höhere Nachhaltigkeit bewirkt. Studien zum *Spacing Effekt* zeigen, dass insbesondere ein zeitlicher Abstand zwischen den Wiederholungen effektiv für das Langzeitgedächtnis ist (50, 51). Das mehrmalige, aber dafür kürzere Durcharbeiten

von Inhalten führt außerdem laut Murphy et al. zu einer besseren Merkfähigkeit, als das einmalige, ausgiebige Lernen derselben Inhalte (41). Diese Prinzipien könnten bei den S4K-SK-Studierenden zum Tragen gekommen sein. Auf der anderen Seite könnte die hohe Kompetenz dieser Subgruppe auch darauf zurückzuführen sein, dass besonders motivierte Studierende nicht nur einen, sondern sogar einen zweiten Kurs besuchen und sich zudem unabhängig von S4K intensiver mit der Sonographie beschäftigen. Die signifikante Differenz der Punktwerte zwischen im Mittel 41.0 Punkten in der praktischen Kompetenztestung bei Teilnahme an beiden Kursen im Vergleich zu den Teilnehmenden des S4K-S-Kurses mit etwa 32 Punkten bzw. des S4K-K-Kurses mit etwa 31 Punkten bei maximal 50 Punkten ist trotzdem hervorhebenswert. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der S4K-K-Kurs (Kompaktkurs) bei etwa einem Drittel der Studierenden weniger als 6 Monate her war und somit der Effekt überschätzt werden könnte (Kapitel 4.2.2). Aufgrund der sehr unterschiedlichen Gruppengröße von 12 Personen (S4K-SK) verglichen zu 39 (S4K-K) bzw. 90 (S4K-S) Studierenden ist der Vergleich der Gruppen untereinander nicht repräsentativ. Andere Studien haben bereits Untergruppen mit kleinen Fallzahlen von $n = 11$ (109), $n = 5$ (24) oder $n = 10$ (130) untersucht und daraus signifikante Unterschiede abgeleitet, sodass wir unsere Subgruppe ebenfalls in den Analysen berücksichtigt, ihr aber keine größere Bedeutung zugemessen haben. Die Ergebnisse in der hier dargestellten Studie bieten Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der mehrfachen Teilnahme und einer höheren Kompetenz. Dies könnte in einer zukünftigen randomisiert kontrollierten Studie untersucht werden, in der beispielsweise eine Hälfte der Studierenden einen weiteren Kurs vor dem Praktischen Jahr besucht und die andere Hälfte nicht.

5.2.3.5 [Evaluation der Tutoren](#)

Um ein möglichst repräsentatives Bild der praktischen Kompetenz der Studierenden zu erhalten, wurde jeder praktische Test von zwei Tutoren, Tutor 1 und Tutor 2, bewertet und anschließend der Mittelwert gebildet. Zur Sicherung der Objektivität hatten die Tutoren keine Kenntnis über eine mögliche Kursteilnahme. Die Tutoren durchliefen sowohl das reguläre Ausbildungsprogramm für den S4K-Kurs als auch eine separate Schulung für ihren Einsatz im Rahmen der MINERVA-Studie. Die fachliche und didaktische Kompetenz der Tutoren wurde durch insgesamt 2385 Studierende evaluiert und als hoch eingeschätzt (122). Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse in der MINERVA-Studie zu überprüfen wurde die Interrater-Reliabilität,

also die Zuverlässigkeit der Tutoren als Beobachter bzw. Bewerter getestet. Die Auswertung ergab eine mäßige Übereinstimmung. Zur Qualitätssicherung wurde, wie in Kapitel 3.3.3 beschrieben, zusätzlich zur regulären Tutorenausbildung eine Schulung für die MINERVA-Studie angeboten und ein E-Learning entwickelt, das den Erwartungshorizont und den Umgang mit den standardisierten Bewertungsbögen vermittelt. Zusätzliche Schulungsangebote für die Tutoren oder die gegenseitige Beobachtung der Tutoren bei ihrer Arbeit hätte zu einer höheren Übereinstimmung im Verlauf führen können.

5.2.3.6 Praktische Tests im Vergleich

Die praktische Kompetenz wurde in der Gesamtauswertung mithilfe eines Mittelwertes beider Tests definiert. Um eine detaillierte Darstellung der vier praktischen Tests und deren Unterkategorien darzustellen, wurden sie im Ergebnisteil noch einmal einzeln aufgeschlüsselt. Während die Studiengruppe in den ersten drei Praxistests im Gesamtdurchschnitt signifikant höhere Ergebnisse erzielte, unterschieden sich die Ergebnisse der Studien- und Kontrollgruppe im praktischen Test „Niere“ nicht signifikant voneinander. Der Themenbereich „Niere“ wurde sowohl im Wissenstest, als auch im praktischen Test durchschnittlich am besten bearbeitet. In etwa 84% der Studierenden erkannten das sonographische Bild des Harnstaus (Wissenstest). Im Vergleich dazu wurde die Cholezystitis mit 71% ebenfalls von einem Großteil der Studierenden erkannt. Das Bild des Aortenaneurysmas und des Pleuraergusses erkannten nur etwa die Hälfte der Studierenden. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Sonographie das wichtigste Verfahren zur Beurteilung der Nieren darstellt (116) und ihre Rolle in der klinischen Diagnostik von Erkrankungen der Niere und der ableitenden Harnwege zunehmend wichtiger wird (131). Die Darstellung des Harnstaus war zwar klinisch relevant und dessen Abbildung im Rahmen des Wissenstests richtig, aber scheinbar leicht zu erkennen. In künftigen Studien könnten schwerere Abbildungen gewählt werden. Im praktischen Test zum Thema Nierenultraschall erreichten die Studierenden mehr Punkte als in den anderen Themenbereichen (32.8 P im Vergleich zu 32.6 P, 30.0 P und 27.6 P) und zwar unabhängig von der Kursteilnahme. Die erreichten Punkte der Studien- und Kontrollgruppe unterschieden sich in diesem Test nicht signifikant voneinander. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Nierenultraschalllehre unabhängig von S4K im Rahmen des universitären Curriculums ausführlicher gelehrt wird als andere Inhalte. Grund dafür könnte sein, dass es an der UM im Rahmen des curricularen Urologie-

Kurses eine ganze Unterrichtseinheit zur Sonographie gibt, bei der die Sonographie der Nieren sowie der ableitenden Harnwege von den Studierenden angewendet wird. Das Ergebnis könnte auch durch individuelle Famulaturen geprägt oder darauf zurückzuführen sein, dass die Anwendung der Nierenultraschall einfacher ist als die der anderen Organsysteme. Eine zukünftige Untersuchung mit Studierenden, die den subjektiven Schwierigkeitsgrad der verschiedenen sonographischen Untersuchungsschritte miteinander vergleicht, wäre sinnvoll.

Betrachtet man die Auswertung der einzelnen Unterkategorien des praktischen Tests, so lässt sich erkennen, dass die Abschnitte „Gesprächseröffnung“ und „Kommunikation im Rahmen der (körperlichen) Untersuchung“ der Studien- und Kontrollgruppe in fast allen praktischen Tests ähnlich bewertet wurde. Dies könnte damit zusammenhängen, dass der Kurs „ärztliche Gesprächsführung“ schon seit dem Wintersemester 2014/15 verpflichtend im Curriculum der UM etabliert ist und davon ausgegangen werden kann, dass alle Studierenden daran teilgenommen haben. Im Rahmen des Kurses wird die Fähigkeit zur zugewandten und beziehungsorientierten Patientenkommunikation, welche an den Wissensstand des Patienten angepasst sein soll, trainiert. Außerdem üben Studierende das Überbringen schlechter Nachrichten sowie ausführliche Aufklärungsgespräche mit Simulationspatienten. Dabei wird insbesondere die verständliche Formulierung komplizierter Zusammenhänge geübt. Die genannten Fähigkeiten, welche im „Kurs für ärztliche Gesprächsführung“ vermittelt werden, haben zudem einen hohen Stellenwert in der medizinischen Ausbildung als „übergeordnete Kompetenz“ und werden zunehmend von den Absolventen erwartet (3). Der Kurs könnte sich bereits auf die kommunikativen Fähigkeiten der Studierenden ausgewirkt haben.

Abgesehen vom praktischen Test 4 zum Thema Niere erreichte die Studiengruppe in den anderen drei praktischen Tests ein signifikant höheres Ergebnis in den Unterkategorien „Patientenführung“, „Untersuchungsgang“ und „Gesamtpformance“. Diese Unterkategorien können für die medizinisch-praktische Kompetenz „Sonographie“ als besonders relevant erachtet werden, da sie den Hauptteil der Untersuchung am Patienten darstellen. Bei der Unterkategorie „Theoriefragen“ gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen Studien- und Kontrollgruppe. Dies deutet darauf hin, dass die Beantwortung theoretischer Fragestellungen durch den S4K-Kurs nicht ausreichend vermittelt wird. Den größeren Nutzen scheint der Kurs für den Ausbau der praktischen Kompetenzen zu haben.

5.2.3 Interpretation der Zusammenhangsanalysen

In der erweiterten Statistik zeigte sich in allen vier praktischen Tests ein zweizeitig signifikanter Zusammenhang und eine starke (L1 und S1) bzw. moderate (L2 und S2) Korrelation zwischen der Gesamtpunktzahl und dem Theorieteil des praktischen Tests. Eine moderate Korrelation ließ sich zudem auch zwischen dem praktischen Test und dem Wissenstest finden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es einen Zusammenhang zwischen der theoretischen und der praktischen Kompetenz gibt. Studierende, die im Wissenstest hohe Punktwerte erzielten, erreichten auch hohe Punktwerte im praktischen Test und umgekehrt. Eine moderate Korrelation besteht zudem zwischen der subjektiven Einschätzung der eigenen praktischen Kompetenz und dem Ergebnis des praktischen Tests. Die Studierenden, welche ihre eigenen Sonographiekenntnisse als gut einschätzten, erreichten also auch ein besseres Ergebnis. Dieser Zusammenhang ließ sich auch in der Post-Befragung-1 finden. Studierende, die sich während des Tests „sehr sicher“ fühlten, hatten auch ein besseres Ergebnis im praktischen Test erzielt. Dabei bestand eine moderate Korrelation. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Studierenden ihre eigene sonographische Kompetenz adäquat einschätzen können. Die Anzahl der besuchten Kurseinheiten (Seminar oder Vorlesung) korrelierten in den Analysen nicht mit der praktischen Kompetenz. Dies widerspricht der Erwartung, dass insbesondere die Seminareinheiten die praktische Kompetenz vermitteln.

In der Regressionsanalyse zeigte sich, dass lediglich die „Teilnahme am Sonographiekurs“ und die „Anzahl eigenständig durchgeführter Ultraschalluntersuchungen von mehr als 50“ einen signifikanten Einfluss auf die Leistung im praktischen Test hatten. Das Untersuchen vieler Patienten und somit das Praktizieren und Üben der sonographischen Untersuchung scheint die praktische Kompetenz nachhaltig zu steigern. Viele weitere Studien zeigten bereits, dass Studierende durch die Teilnahme an einem Sonographiekurs bessere Ergebnisse erzielen (84, 95-101). Untersuchungen zur Nachhaltigkeit von Sonographiekursen über einen längeren Zeitraum gibt es nur wenige. Die Studie von Nourkami-Tutdibi et al., bei der die Kompetenz von insgesamt 15 Studierenden ein Jahr nach der ursprünglichen Untersuchung erneut getestet wurde, zeigt stabile Ergebnisse nach einem Jahr (4). Auch die Ergebnisse der hier beschriebenen Studie zeigen noch zweieinhalb Jahre nach Kursteilnahme einen nachhaltigen Effekt im Vergleich zur Kontrollgruppe. Es zeigt sich jedoch, dass noch deutliches Verbesserungspotential besteht, da durchschnittlich lediglich 60% der Punkte im praktischen Test erreicht

wurden. Eine Wiederholung und ein Ausbau der Inhalte vor Antritt des Praktischen Jahres ist somit sinnvoll und wird ausdrücklich seitens der Studierenden erwünscht.

5.3 Limitationen der Studie

Eine zentrale Limitation der hier dargestellten Studie stellt die Tatsache dar, dass es sich um eine unizentrische Studie handelt, bei der lediglich Studierende der Universitätsmedizin Mainz eingeschlossen wurden. Somit ist fraglich, ob sich die Ergebnisse ohne Einschränkungen auch auf Medizinstudierende anderer Universitäten übertragen lassen. Wie bereits in der Publikation von Wolf et al. gezeigt, wird die Sonographie-Lehre an deutschsprachigen Universitäten sehr unterschiedlich gehandhabt (1). Inhalt einer zukünftigen Multicenterstudie könnte der Vergleich praktischer Sonographiekompetenzen von Studierenden unterschiedlicher Universitäten sein. Dazu könnten ebenfalls die bereits bewährten OSCEs verwendet werden.

Zudem ist die Studie dadurch limitiert, dass Teilnehmende jeweils nur zwei von insgesamt vier praktischen Kompetenztests zu absolvieren hatten. Gewisse Unterschiede in der erreichten Gesamtpunktzahl könnten somit auch auf den leicht variablen Schwierigkeitsgrad der praktischen Tests zurückzuführen sein. Individuelle Stärken bzw. Schwächen könnten daher unabhängig von einer Kursteilnahme die Testergebnisse beeinflussen, wenngleich die randomisierte Zuteilung der Szenarien dem entgegenwirken sollte. Zudem variierten die Tutoren als Bewerter der praktischen Tests, sodass auch hier eine Variabilität in der Punktevergabe besteht. Um in dieser Hinsicht die Variabilität zu minimieren wurde jeder praktische Test von zwei Personen bewertet (Tutor 1 und 2) und die Ergebnisse beider Tutoren gemittelt.

Eine weitere Limitation der hier beschriebenen Studie ist die Tatsache, dass vermutlich eher motivierte Studierende am freiwilligen S4K-Kurs teilgenommen haben. Somit könnte der beschriebene signifikante Unterschied in der Leistung der Studierenden zwischen der Studien- und der Kontrollgruppe auch darauf zurückzuführen sein, dass motivierte Studierende sich mehr mit der Sonographie beschäftigen und eher an Sonographie-Kursen teilnehmen. Da das Kursangebot zu Beginn limitiert war, konnten nicht alle interessierten Studierenden am S4K-Kurs teilnehmen. Für den ersten S4K-S-Kurs gab es lediglich 60 Plätze bei einer Semestergröße von über 100 Studierenden. Die Plätze wurden über ein Zufallsprinzip über das Studienbüro vergeben, sodass ein Großteil der interessierten Studierenden unfreiwillig Teil der Kontrollgruppe wurde. Außerdem konnten die getesteten PJ-Studierenden des Wintersemesters 2019/20

nicht am S4K-S-Kurs teilnehmen, da er zum Zeitpunkt ihres ersten klinischen Semesters noch nicht existierte.

Im Nachgang wäre es wünschenswert gewesen die „Anzahl an selbst untersuchten Patienten“ als direkte Zahl anzugeben. In der Befragung wurden die Unterkategorien sehr groß gewählt und die Kategorie „keine bzw. null Patienten“ nicht separiert. Die Kategorie 0-50 Patienten wurde vorab so groß definiert, dass keine hinreichende Unterscheidung mehr zwischen keinen (0), sehr wenigen (10) oder einigen Patienten (50) möglich war. Das Ergebnis dieser Frage ist deshalb nur eingeschränkt gültig.

Zudem wurde nicht hinreichend auf die Gleichheit der Likert-Skalen geachtet. Die Fragen „Wie gut würden Sie Ihre theoretischen bzw. praktischen Ultraschallkenntnisse aktuell einschätzen?“ wurden zwar genauso in der Post-Befragung-2 wieder aufgegriffen, um eine longitudinale Betrachtung der subjektiven Kompetenzeinschätzung zu erreichen, allerdings wechselte die 7-stufige Likert-Skala versehentlich auf eine 5-stufige Likert-Skala, sodass das Ergebnis nur eingeschränkt vergleichbar war.

5.4 Implementierung des Auffrischungskurses

In der Post-Befragung-1 wurden die Wünsche der Studierenden für die Sonographie-Lehre an der UM abgefragt. Der am häufigsten genannte Wunsch war mit über 90% ein „Auffrischungskurs vor dem PJ“. Dieser wurde im darauffolgenden Semester in die MINERVA-Veranstaltung integriert und dessen Ablauf wird im Folgenden beschrieben. Während des Auffrischungskurses wiederholten die Studierenden anhand der vier Szenarien aus der Studie sonographische Grundlagen und übten ihre Wunschthemen mit den Tutoren. Des Weiteren wurde ein Sonographie-Simulator (*CAE Vimedix ultrasound simulator* der Firma *CAE Healthcare*) zur Visualisierung von Pathologie- und Normalbefunden bereitgestellt, welcher von etwa zwei Drittel der Studierenden gewünscht wurde. Weitere Wünsche waren ein „longitudinales Lehrkonzept mit Sonographie im regulären Curriculum“ sowie „weitere sonoforklinik-students Kurse“. Die genannten Maßnahmen könnten in Zukunft etabliert und im Rahmen der Reformierung der Approbationsordnung gemäß Masterplan 2020 umgesetzt werden, um das Sonographie-Angebot an der UM weiter auszubauen.

5.4.1 Aufbau des Auffrischungskurses

Der Auffrischungskurs, welcher im Rahmen der MINERVA-Veranstaltung des Wintersemesters 2021/2022 etabliert wurde, umfasste zwei Stationen. Dadurch

konnten die Kleingruppen von 4-6 Studierenden weiter aufgeteilt und eine Steigerung der praktischen Übungszeit an den Sonographie-Geräten ermöglicht werden. Bei der ersten Station sollten sich die Studierenden mithilfe eines Sonographie-Gerätes gegenseitig untersuchen und dabei die vier Fallszenarien aus der Studie bearbeiten sowie die E-FAST-Untersuchung üben. Hierbei erfolgte im Gegensatz zur Studie keine Bewertung der praktischen Leistung. Wie von den Studierenden im Rahmen der Evaluationen gewünscht, leisteten die Tutoren mehr Unterstützung bei der Gerätebedienung und der praktischen Durchführung der Untersuchung. Für die Bearbeitung der Fallszenarien wurden außerdem unterstützende Lernkarten mit Lernzielen, Aufgaben und Standardebenen erstellt. Diese sind ergänzend im Anhang zu finden. Zudem konnten die Studierenden Wünsche für weitere Themen äußern und somit andere Facetten der sonographischen Untersuchung kennenlernen. Das Spektrum reichte dabei von den Grundlagen der abdominellen Untersuchung bis hin zur Kopf-Hals-Sonographie, zur E-FAST-Untersuchung und zur Sonographie der Beinvenen zum Ausschluss einer tiefen Beinvenenthrombose. Die Tutoren waren durch die Tutorenausbildung von S4K bereits auf die alternativen Themen vorbereitet.

Anhand einer randomisiert kontrollierten Studie von Le et al. konnte gezeigt werden, dass der Einsatz eines Simulators sowohl die visuellen, als auch die praktischen Kenntnisse der Studierenden steigern kann (132). Terkamp et al. verglichen in einer direkten cross over Vergleichsstudie, ob ein Sonographie-Simulator die Patientensituation adäquat darstellen kann. Es zeigte sich, dass zwar das Handling etwas schlechter bewertet wurde, aber eine Simulation zuverlässig und reproduzierbar erreicht werden kann (133). Bei der zweiten Station des Auffrischkurses kam deshalb der Sonographie-Simulator *CAE Vimedix ultrasound simulator* von der Firma *CAE Healthcare* zum Einsatz, welcher auf seinem Bildschirm sowohl ein sehr anschauliches Sonographie-Bild, als auch parallel dazu die Anatomie darstellen kann. Darüber hinaus kann der Simulator neben einer physiologischen Darstellung der Organe auch verschiedenste Pathologien darstellen. Der Tutor bzw. die Tutorin konfigurierte am Simulator eine Pathologie und die Studierenden sollten diese durch eine strukturierte sonographische Untersuchung finden und benennen.

Es wurde bewusst eine Kombination aus ärztlichen und studentischen Dozenten gewählt, um den Anforderungen von Studierenden im letzten Studienjahr gerecht zu werden. In der Literatur zeigte sich bereits, dass Ärzte bei der Interpretation und Lehre pathologischer Befunde den studentischen Tutoren überlegen sind (121). Für den Kurs

standen zwei Räume mit Sonographie-Geräten zur Verfügung. Die studentischen Tutoren sollten Grundlagenkenntnisse, Anatomie sowie Handling des Sonographie-Gerätes mit den PJ-Studierenden wiederholen. Die ärztlichen Dozenten erklärten klinische Beispiele und Fälle. Wünschenswert wäre sicherlich die sonographische Untersuchung echter Patienten und somit echter Pathologien gewesen. Dieser Punkt ließ sich zum damaligen Zeitpunkt nicht umsetzen, könnte aber in Zukunft in das Sonographie-Angebot für PJ-Studierende bzw. schon vor Beginn des PJs in das Sonographie-Curriculum integriert werden. Dabei könnten die Studierenden im Rahmen des Innere-Tertials in die Sonographie-Abteilung rotieren und dort standardisierte und vollständige sonographische Untersuchungen an Patienten üben. Während die behandelnden Ärzte mit dem Verfassen des Befundberichtes des vorherigen Patienten beschäftigt sind, entstehen nicht selten freie Übungskapazitäten. Um Pathologien und deren klinische Darstellung zumindest annähernd zu vermitteln, wurde der Sonographie-Simulator zur Veranschaulichung genutzt.

5.4.2 Evaluation des Auffrischungskurses

Im Rahmen der Evaluation sollten die Studierenden die Sonographie-Übungsstation bewerten. Es beantworteten insgesamt nur 20 Studierende die Evaluation vollständig, sodass sie bei einer Teilnahme von 150 Studierenden an der Veranstaltung nicht als repräsentativ angesehen werden kann. Die Resonanz der Evaluation war positiv. Über 95% bewerteten die Sonographie-Station sowie die Themenauswahl als „*sehr gut*“ oder „*gut*“. Ebenso verhielt es sich mit den beiden anderen Kategorien „Leistung der Tutoren“ und „Lehrmaterial“. Über die Hälfte der Studierenden wünschte sich zudem eine verpflichtende Integration des Auffrischungskurses in das Studium. Den Einsatz eines Simulators empfanden 55% der Studierenden als „*sehr sinnvoll*“ und weitere 40% als „*sinnvoll*“. Alle Studierenden hielten die verpflichtende Integration eines Auffrischungskurses zum Thema Sonographie in ähnlichem Format für „*sinnvoll*“. Eine objektive Messung der Wirksamkeit des Auffrischungskurses könnte in weiteren Studien untersucht werden.

5.5 Ausblick: Zukunft der Sonographielehre an der UM

In diesem Kapitel wird ein Ausblick auf die Möglichkeiten der zukünftigen Sonographielehre an der UM erläutert. Außerdem werden Ideen für eine Vereinheitlichung und Weiterentwicklung der nationalen Kurskonzepte präsentiert. Ziel des Kapitels ist es zu beantworten wie die Sonographie-Lehre an deutschen Universitäten zukünftig aufgestellt und eine nachhaltige Kompetenzentwicklung in der

Sonographie erreicht werden kann. Dabei sollten im besten Falle die Empfehlungen des NKLM erreicht und die Absolventen optimal auf den Berufsstart vorbereitet werden. Das Kompetenzniveau, welches von den Studierenden im 7.-10. Semester und im PJ erwartet wird ist das Level 3a. Dies bedeutet die eigenständige Durchführung von sonographischen Untersuchungen unter Anleitung (3).

Die Sonographie nimmt, wie eingangs beschrieben, in der Medizin einen stetig wachsenden Stellenwert ein. Dies spiegelt sich allerdings noch nicht ausreichend in der studentischen Lehre des Humanmedizinstudiums wider (1). Laut dem NKLM und den darin beschriebenen Anforderungen an Absolventen des Medizinstudiums, sollten PJ-Studierende eine sonographische Untersuchung eigenständig durchführen können und dabei die Standardschnitte der harnleitenden Systeme, der Leber, der Bauchspeicheldrüse, der Milz, der Gallenblase, der abdominalen Gefäße, der Schilddrüse, der Niere und der E-FAST-Untersuchung finden können. Diese Tätigkeiten sollten auch praktisch im Rahmen einer OSCE-Prüfung getestet werden, da sie für die praktische Tätigkeit als Arzt bzw. Ärztin entscheidend sind (3). Betrachtet man die curriculare Lehre der Universitätsmedizin Mainz, so sind diese Anforderungen noch nicht flächendeckend etabliert. Wie eine Untersuchung von Wolf et al. zeigt, gilt dies ebenfalls für viele andere medizinische Fakultäten im deutschsprachigen Raum (1). Die Lehre der genannten Tätigkeiten wird an der UM durch den freiwilligen S4K-Kurs abgedeckt, welcher die oben genannten Themen sowohl theoretisch, als auch praktisch lehrt und sich dabei am Curriculum der DEGUM orientiert (37). Zudem findet im Rahmen des Kurses, wie im NKLM gefordert (3), eine Testung der Kompetenzen nach Beendigung des Kurses statt. Es blieb allerdings offen, ob der Kurs zu einer nachhaltigen Kompetenzentwicklung führt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass zweieinhalb Jahre nach der Kursteilnahme noch ein Effekt messbar ist, da die Studiengruppe mit Kursteilnahme signifikant höhere Ergebnisse erzielt, als die Kontrollgruppe. Dies deutet darauf hin, dass der S4K-Kurs zu einem nachhaltigen Kompetenzerwerb im Themenbereich Sonographie führt. Trotzdem wären bei einer maximalen Punktzahl von 50 und den erreichten Punktwerten von im Mittel 33.2 Punkten (± 6.6) „mit Kurs“ bzw. 28.6 Punkten (± 7.8) „ohne Kurs“ insgesamt höhere Ergebnisse wünschenswert. Schließlich bedeutet selbst der höhere Wert von 33.2 Punkten von 50 bei der Studiengruppe nur ein Erreichen von 66.4% und somit zwar das Bestehen der Aufgabe, aber laut den Vorgaben des IMPP mit der Note „ausreichend“. Dies entspricht nicht den hohen, im NKLM verankerten Anforderungen an zukünftige Ärzte. Durch die hier beschriebene Studie konnte eine langfristige

Steigerung der Sonographie-Kompetenz durch den S4K-Kurs gezeigt werden. Eine verpflichtende Integration des Kurses würde sich sicherlich leistungsfördernd auf die Kompetenz der Studierenden der UM auswirken. Sinnvoll ist in diesem Zusammenhang die Formulierung von Lernzielen, die im besten Falle an die Vorgaben des NKLM angepasst sind.

Die hier dargestellte Studie zeigt, dass die Sonographie während des PJs nicht umfassend gelehrt wird. Auch die praktische Anwendung variierte je nach Tertial und Lehrkrankenhaus. Somit ist womöglich keine große Steigerung der Kompetenz durch das PJ zu erwarten. In diesem Zusammenhang wäre eine erneute Überprüfung nach dem PJ, also nach Abschluss des Studiums, interessant. Zudem könnte in einer späteren Studie die Kompetenz der Studierenden nach der Teilnahme am neu eingeführten „Auffrischkurs“ getestet und die Ergebnisse mit der hier vorliegenden Studie verglichen werden.

Da es sich bei sonoforklinik-students (S4K) aktuell um ein freiwilliges Kursangebot handelt, kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle Studierenden denselben Ausbildungsstand und die genannten Anforderungen des NKLM erfüllen. Außerdem besteht noch deutliches Verbesserungspotential nach oben. Ziel wäre sicherlich ein Erreichen von mindestens 40 Punkten (80%). Dies würde nach den Vorgaben des IMPP der Note „gut“ entsprechen. Aus den Ergebnissen der Studie lässt sich ableiten, dass weiterer Handlungsbedarf besteht, um das Curriculum der UM an die Anforderungen des NKLM anzupassen. Die Analyse der Befragungen hat zudem ergeben, dass eine verpflichtende Integration eines Sonographiekurses in das Studium von den Studierenden der UM hohe Zustimmung findet. Einen „Auffrischkurs vor dem PJ“ sowie ein „longitudinales Lehrkonzept mit Sonographie im regulären Curriculum“ waren sehr beliebte Wünsche der Studierenden für die Sonographie-Lehre an der UM. Ein longitudinales Konzept mit vielen Berührungspunkten und Kurseinheiten könnte langfristig zu einer nachhaltigen Kompetenzentwicklung führen und sollte in späteren Studien untersucht werden.

Am Beispiel der wenigen Studierenden, welche an beiden Kursen teilgenommen haben (S4K-SK), zeigt sich eine besonders hoch eingeschätzte subjektive Nachhaltigkeit der Kursinhalte. Dies spiegelt sich auch in den objektiv gemessenen Kriterien wider, wo die Studierenden in Theorie und Praxis hohe Punktzahlen erreichten. Es handelt sich hierbei allerdings um lediglich 12 Studierende, wodurch eine Repräsentativität und Übertragbarkeit auf weitere Studierende fraglich ist.

Trotzdem könnte die Tendenz zu erkennen sein, dass sich das Wissen durch Wiederholung im Rahmen einer erneuten Kursteilnahme nachhaltiger verankert. Diese Hypothese kann durch die Publikation von Tabibian et al. gestützt werden, welche ebenfalls besagt, dass sich Inhalte durch mehrfache Wiederholung besser einprägen (134). Auch die integrierten Ausbildungscurricula verfolgen das Ziel durch Wiederholung und interdisziplinäre Abstimmung der Lehrinhalte zwischen Grundlagenwissenschaften und klinischen Fächern über das gesamte Medizinstudium hinweg einen nachhaltigen Kompetenzaufbau zu erreichen (49). Zudem soll eine frühzeitige Integration von klinischen Fallbeispielen zum Verständnis und zur nachhaltigen Verankerung des Wissens beitragen (49). Dass die mehrfache Wiederholung von Wissensinhalten in zunehmenden Abständen zu einem langfristigen Wissensgewinn führt, belegen zudem Studien (50, 51). Medizinische Inhalte könnten nachhaltiger erlernt werden, wenn sie an mehreren Zeitpunkten des Curriculums behandelt und später erneut aufgegriffen werden. Das bedeutet im Zusammenhang mit der Sonographie, dass sonographische Grundlagen bereits frühzeitig in den ersten Semestern des Medizinstudiums vermittelt und später mehrfach wiederholt werden sollten. Ein Beispiel für ein sehr gut funktionierendes longitudinales Sonographie-Ausbildungskonzept bietet die „University of South Carolina“, welche ein integriertes Ultraschallcurriculum (iUSC) entwickelt und etabliert hat. Das Curriculum vereint die genannten Voraussetzungen für nachhaltigen Kompetenzerwerb, indem die Sonographie über vier Jahre des Medizinstudiums hinweg im Rahmen verschiedenster universitärer Kurse immer wieder unterrichtet und vertieft wird (43). Die Resonanz zum iUSC war insgesamt sehr positiv. Über 90% der Studierenden waren in einer Auswertung von Hoppmann et al. der Ansicht, dass das Curriculum die medizinische Ausbildung verbessert hat. Etwa 75% wünschten sich, ähnlich zu den Ergebnissen der MINERVA-Studie, zusätzliche Sonographie-Angebote im Rahmen der medizinischen Ausbildung (90). Ein ähnliches Modell könnte in Zukunft auch an der UM etabliert und in den Pflichtunterricht integriert werden. Die Sonographie wird bereits im Rahmen der Schnittbildanatomie in den vorklinischen Semestern als „Exkurs“ eingeführt. Mehrere Studien belegen, dass das Verständnis für Anatomie, Physiologie und Sonographie durch gemeinsame Vermittlung positiv beeinflusst wird (29, 31, 53). Das bestehende vorklinische Kursangebot an der UM sollte deshalb noch weiter ausgebaut werden, indem Grundlagen der Sonographie bereits frühzeitig und in Verbindung mit der Anatomie und Physiologie unterrichtet werden. Auch der NKLM empfiehlt die Vermittlung von sonographischem

„Faktenwissen“ bereits während der ersten vier Semester (3). Nach dem Physikum sollte die Möglichkeit bestehen, die Grundlagen im Rahmen eines Grundkurses weiter auszubauen und zu vertiefen. Hierbei bietet sich das bestehende Kursmodell „semesterbegleitender Kurs“ (S4K-S) an, das wöchentliche praktische Sitzungen in Kleingruppen beinhaltet. Vorbereitend auf die praktischen Einheiten hat sich an der UM bereits ein E-Learning-Modul bewährt (128). In mehreren Studien haben sich studentische Tutoren als fähige Dozenten erwiesen und bieten sich in diesem Studienabschnitt zur Vermittlung der Grundlagen an (75, 81, 93, 98). Durch eine interdisziplinäre Abstimmung mit den medizinischen Fächern des klinischen Studienabschnitts könnten in Zukunft multiple Berührungspunkte mit der Sonographie geschaffen werden. Sinnvolle Schnittstellen wären die im NKLM aufgelisteten Fächer Anästhesiologie, Chirurgie, Innere Medizin, Kinderheilkunde, Orthopädie, Urologie, Notfallmedizin, Klinische Pharmakologie/ Pharmakotherapie und Bildgebende Verfahren, Strahlenbehandlung, Strahlenschutz (3). Dabei wird mit Sicherheit eine intensive Zusammenarbeit zwischen den Lehrbeauftragten dieser Fächer notwendig werden. Durch die mehrfache Wiederholung der Inhalte könnte das Wissen nachhaltiger verankert werden (50). Wichtig wäre dabei vor allem die praktische Anwendung der Sonographie und das zunächst an gesunden Probanden und später an echten Patienten. Dabei sollte die Lehre pathologischer Befunde von ärztlichen Dozenten übernommen werden, da sie aufgrund ihrer klinischen Erfahrung den studentischen Tutoren überlegen sind (121).

Um die Einführung eines „longitudinal angelegten Ausbildungskonzeptes“ an der UM ermöglichen zu können, sollte gemeinsam mit den Lehrbeauftragten eine ausführliche Evaluation der Lernziele für den Studierendenunterricht der UM anhand der Vorgaben des NKLM erfolgen. Gleichzeitig sollten Ressourcen wie Räumlichkeiten, Simulatoren sowie ausreichende Sonographie-Geräte zur Verfügung gestellt werden. Die Studierenden könnten diese Mittel weiterhin für das „freie Üben“ nutzen, welches im Zuge der Studie von den Studierenden als sehr positiv bewertet wurde und die praktischen Fertigkeiten stärkt. Die gewonnenen Grundlagenkenntnisse könnten durch spezielle und von den Studierenden zusätzlich und individuell wählbare Kurse ergänzt werden, welche schon in die Richtung der persönlichen Interessen bzw. der späteren Fachrichtung gehen. Dies würde der stetig an Bedeutung gewinnenden Rolle der Sonographie in der Medizin nachkommen.

Angelehnt an die Wünsche der Studierenden könnten die wichtigsten sonographischen Fertigkeiten im Rahmen eines „Auffrischkurses vor dem Praktischen Jahr“ erneut wiederholt werden. Dafür könnte das bereits etablierte Kurskonzept „Kompaktkurs“ (S4K-K) genutzt und eine ausführliche Wiederholung aller Kurseinheiten in zwei Tagen erreicht werden. Neben der Untersuchung gesunder Probanden wäre in diesem Zusammenhang eine Verwendung von Simulatoren zur Darstellung von Pathologien oder sogar das Untersuchen echter Patienten wünschenswert. Im Praktischen Jahr sollten die Studierenden ihre Kenntnisse vertiefen und für einen längeren Zeitraum, beispielsweise eine Woche, in die Funktionsabteilungen der Kliniken eingeteilt werden. Dort sollten sie möglichst viele echte Patienten untersuchen und dabei Pathologien und deren klinisches und sonographisches Erscheinungsbild kennenlernen. Ein ähnliches Lehrkonzept könnte in allen Lehrkrankenhäusern in Deutschland ermöglicht werden, um eine gewisse Standardisierung der Lehre zu erreichen. Eine weitere Idee wäre die Einführung eines „Logbuches für Sonographie“, welches über das PJ hinweg ausgefüllt werden soll und Lernziele beinhaltet. Dies würde eine Standardisierung der Lernziele ermöglichen und gleichzeitig die Möglichkeit zur Reflexion des Gelernten nach Beendigung des PJs bieten. Unterstützend könnten Lernmaterialien wie beispielsweise das Kursskript von S4K, ein E-Learning-Modul oder die Lehrmaterialien der DEGUM bereitgestellt werden. Zudem wäre die Thematisierung der Sonographie in zumindest einer PJ-Unterrichtseinheit pro Tertial sinnvoll. Aktuell ist dieses Thema nach Auswertung der Post-Befragung-2 sowohl im Praktischen Jahr selbst als auch im PJ-Unterricht eher unterrepräsentiert.

Eine aktuelle Publikation von Dietrich et al. befasst sich mit dem aktuellen Stand und den Debatten rund um die Ultraschallausbildung von Medizinstudierenden. Sie betont ebenfalls die Notwendigkeit der Integration der Sonographie in die medizinische Ausbildung aufgrund der zunehmenden Anwendung in der klinischen Praxis (135). Eine frühe Exposition gegenüber der Sonographie wird heute als entscheidend für die Verbesserung diagnostischer und klinischer Fähigkeiten angesehen. Viele medizinische Fakultäten suchen bereits nach Möglichkeiten die sonographische Ausbildung effektiv umzusetzen. Diskutiert wird dabei im Rahmen der Publikation neben Inhalt und Strukturierung des Curriculums auch der Einsatz der Dozenten sowie die Art der Ultraschallgeräte. Das Peer-assisted-learning (PAL) spielt dabei eine große Rolle, wobei ärztliche Dozenten die studentischen Tutoren vor allem unterstützen sollten, wenn die Lehre über das Basiswissen hinausgeht. Inhaltlich sollen neben

einem frühzeitigen Einsatz der Sonographie im Rahmen der Anatomie- und Physiologie-Lehre auch die Untersuchungstechnik, die Geräteeinführung, die Terminologie und die relevantesten Pathologien gelehrt werden. Eine zentrale Rolle in der Sonographie-Lehre sollten von Beginn an „Hands-on-sessions“, also die praktische Anwendung der Sonographie, spielen (135). Dies deckt sich mit den Ergebnissen der hier beschriebenen Studie, dass gerade die praktischen Einheiten von den Studierenden als sehr lehrreich wahrgenommen werden und auch intensiver gewünscht sind. Weiterhin wird im Rahmen der Publikation von Dietrich et al. die „Society for Ultrasound Medical Education“ (SUSME) vorgestellt, welche sich aus zahlreichen Experten auf dem Themengebiet Sonographie-Lehre zusammensetzt und sich für eine Strukturierung und Zertifizierung von Kursformaten an den medizinischen Fakultäten einsetzt (135).

In der aktuellen Literatur wird zunehmend die wachsende Bedeutung fortschrittlicher Technologien wie Künstliche Intelligenz, Virtuelle Realität und Telemedizin für die Sonographie-Lehre diskutiert (136). Diese Technologien bieten innovative Möglichkeiten zur Verbesserung der Lehre, darunter die Unterstützung der Studierenden bei der Interpretation von Pathologien, die Steigerung der Lerneffizienz durch unmittelbares Feedback sowie die Förderung und den Ausbau von Patientensimulationen (136). Auch an der UM werden bereits digitale Lehrmedien und Simulatoren verwendet und von den Studierenden sehr positiv bewertet (128). Künftig könnte ein weiterer Ausbau dieser Angebote erfolgen, um Pathologien und deren klinisches Erscheinungsbild noch vor dem ersten Patientenkontakt besser erlernen zu können. Gleichzeitig werden in der Publikation von Daum et al. auch Herausforderungen in Bezug auf Kosten, Zugänglichkeit und das Risiko einer übermäßigen Abhängigkeit von den genannten Technologien diskutiert. (136). Eine Integration der neusten Technologien ist in Zukunft sicherlich sinnvoll, jedoch sollte der Fokus zunächst auf der Implementierung eines strukturierten und vor allem verpflichtenden sonographischen Ausbildungskonzeptes liegen.

Eine vollständige Standardisierung der Sonographie-Lehre aller deutschen Universitäten gestaltet sich als schwierig in der praktischen Umsetzung, da bereits unterschiedlichste Lehrkonzepte unterschiedlichen Niveaus etabliert sind (1). Eine flächendeckende Orientierung der Lehrkonzepte an den Empfehlungen und Lernzielen des NKLM könnte langfristig dazu beitragen eine Annäherung der Lehre und somit der Kompetenzen der Studierenden zu erreichen. Beispielsweise wäre die verpflichtende

Integration einer vorgegebenen Anzahl an Unterrichtseinheiten zu den wichtigsten Themengebieten sinnvoll, um die Ausbildungsqualität zu steigern. Weiterhin wird durch die SUSME eine Strukturierung und Zertifizierung der Sonographie-Lehre gefordert, um die Kompetenzen der Medizinstudierenden zu fördern (135). Eine Kombination aus Praktikumsteil im Rahmen des Anatomiekurses, semesterbegleitendem Kurs zu Beginn des klinischen Abschnitts und Kompaktkurs vor dem PJ könnte im Sinne eines „longitudinal angelegten Ausbildungskonzepts“ nicht nur an der UM, sondern auch an anderen medizinischen Fakultäten Verwendung finden. Unterstützend könnten innovative Technologien wie die Künstliche Intelligenz und Simulatoren in die Lehre integriert werden, um personelle Ressourcen zu sparen und den Unterricht gleichzeitig spannend und lehrreich zu gestalten (136). Dies könnte zu einer Verbesserung der Kompetenzentwicklung aller Studierenden und langfristig zu einer besseren Patientenversorgung führen.

6 Zusammenfassung

Einleitung Die Sonographie hat sich als eines der wichtigsten diagnostischen Verfahren in der Medizin etabliert, jedoch spiegelt sich diese Relevanz noch nicht im Medizinstudium wider. In Deutschland gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Lehrkonzepte an medizinischen Fakultäten, darunter auch der Kurs von sonoforklinik-students (S4K) im 5. Semester an der Universitätsmedizin Mainz (UM). Der Kurs existiert seit 2017 und wird als freiwilliges Angebot von der überwiegenden Mehrheit der Studierenden angenommen und sehr gut bewertet. Bisher blieb allerdings die Frage offen, ob der Kurs zu einer nachhaltigen Kompetenzentwicklung führt. Das Ziel dieser Studie besteht darin, die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit des S4K-Kurses über einen bisher noch nicht untersuchten Zeitraum von zweieinhalb Jahren und das im Vergleich zu einer Kontrollgruppe zu messen.

Material und Methoden Zu Beginn des Praktischen Jahres wurden alle Studierenden des Wintersemesters 2019/2020 und des Sommersemesters 2021 in die Untersuchung einbezogen. Da der S4K-Kurs im ersten klinischen Semester angeboten wird, waren zum Zeitpunkt der Messung für die meisten Studierenden zweieinhalb Jahre vergangen. Die Studierenden wurden in zwei Gruppen, die Studiengruppe „mit Kurs“ und die Kontrollgruppe „ohne Kurs“, unterteilt. Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurde die Kompetenz der Studierenden anhand eines Wissenstests und zweier praktischer Tests gemessen. Hierbei wurden den Studierenden zufällig zwei von vier möglichen Tests zugeteilt, die die Bereiche Pleura, Gallenblase, Aorta, Niere abdeckten. Ein Jahr später wurden dieselben Studierenden erneut befragt, um rückblickend den persönlichen Nutzen des S4K-Kurses und des Praktischen Jahres für ihren Kompetenzzuwachs im Themenbereich Sonographie zu ermitteln und Aussagen zum longitudinalen Aufbau des Sonographie-Angebots an der UM zu treffen.

Ergebnisse Insgesamt wurden die Daten von 302 Studierenden ausgewertet. Abgesehen von der Teilnahme am Kurs ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf demographische Merkmale und Vorkenntnisse zwischen beiden Gruppen. Die Studiengruppe (n=141) zeigte sowohl in einer Selbsteinschätzung der eigenen Kompetenz, als auch in den objektiven Messungen im Wissens- und praktischen Test signifikant bessere Ergebnisse im Vergleich zur Kontrollgruppe (n=161). Die Mehrheit der Studierenden äußerte den Wunsch nach zusätzlichen Kursangeboten mit hohem praktischem Übungsanteil während des Studiums. Es

wurde kein wesentlicher Wissenszuwachs im Bereich Sonographie während des Praktischen Jahres festgestellt.

Schlussfolgerung Die Teilnahme am freiwilligen Sonographiekurs S4K führt zu einem signifikanten Anstieg der sonographischen Kompetenz, welcher auch nach zweieinhalb Jahren nachhaltig messbar bleibt. Eine verpflichtende Integration des Kurses in das medizinische Curriculum der UM könnte zu einer nachhaltigen Steigerung der theoretischen und praktischen sonographischen Fähigkeiten der Medizinstudierenden führen. Das angestrebte Ziel besteht darin, ein longitudinal strukturiertes Kurskonzept zu etablieren, das nicht nur den Wünschen der Studierenden entspricht, sondern sich am besten an den Empfehlungen des Nationalen Kompetenzbasierten Lernzielkatalogs (NKLM) orientiert. Wichtigster Baustein der Sonographie-Lehre sollten vor allem praktische Einheiten am Sonographie-Gerät in Kleingruppen sein, die zunehmend von Innovationen wie E-Learning und Simulatoren unterstützt werden können.

7 Literaturverzeichnis

1. Wolf R, Geuthel N, Gnatzy F, Rotzoll D. Undergraduate ultrasound education at German-speaking medical faculties: a survey. *GMS journal for medical education*. 2019;36(4):Doc34-Doc.
2. Weimer J, Dionysopoulou A, Strelow KU, Buggenhagen H, Weinmann-Menke J, Dirks K, et al. Undergraduate ultrasound training: prospective comparison of two different peer assisted course models on national standards. *BMC Med Educ*. 2023;23(1):513.
3. MFT MFdBD. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog - Version 2.0 2021 [Available from: <https://nklm.de/zend/objective/list/orderBy/@objectivePosition/studiengang/PF1/freitextFilterText/c29ubw%3D%3D/freitextFilterKontext-in20/1>].
4. Nourkami-Tutdibi N, Tutdibi E, Schmidt S, Zemlin M, Abdul-Khaliq H, Hofer M. Long-Term Knowledge Retention after Peer-Assisted Abdominal Ultrasound Teaching: Is PAL a Successful Model for Achieving Knowledge Retention? *Ultraschall Med*. 2020;41(1):36-43.
5. Delorme S DJ, Jenderka K. *Duale Reihe Sonografie*. 3 ed. Stuttgart: Thieme; 2012.
6. Michels G JN. *Sonographie – organ- und leitsymptomorientiert Grundlagen, Diagnostik, Differentialdiagnostik, Befundung, Dokumentation*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.
7. Dietrich CF, Bolondi L, Duck F, Evans DH, Ewertsen C, Fraser AG, et al. History of Ultrasound in Medicine from its birth to date (2022), on occasion of the 50 Years Anniversary of EFSUMB. A publication of the European Federation of Societies for Ultrasound In Medicine and Biology (EFSUMB), designed to record the historical development of medical ultrasound. *Med Ultrason*. 2022;24(4):434-50.
8. Campos MS, Donaldson CJ, Rajeswaran G, Ahmad I. The role of ultrasound teaching in the undergraduate medical curriculum. *Clin Teach*. 2019;16(5):539-40.
9. Schreiber M, Greim CA. [Focused Abdominal Ultrasound in Emergency, Perioperative and Intensive Care Medicine]. *Dtsch Med Wochenschr*. 2020;145(2):104-17.
10. Whitson MR, Mayo PH. Ultrasonography in the emergency department. *Crit Care*. 2016;20(1):227.
11. Bøtker MT, Jacobsen L, Rudolph SS, Knudsen L. The role of point of care ultrasound in prehospital critical care: a systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2018;26(1):51.
12. Blaivas M, Theodoro D, Sierzenski PR. A study of bedside ocular ultrasonography in the emergency department. *Acad Emerg Med*. 2002;9(8):791-9.
13. Breikreutz R, Walcher F, Seeger FH. Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: concept of an advanced life support-conformed algorithm. *Crit Care Med*. 2007;35(5 Suppl):S150-61.
14. Breikreutz R, Price S, Steiger HV, Seeger FH, Ilper H, Ackermann H, et al. Focused echocardiographic evaluation in life support and peri-resuscitation of emergency patients: a prospective trial. *Resuscitation*. 2010;81(11):1527-33.
15. Recker F, Weber E, Strizek B, Gembruch U, Westerway SC, Dietrich CF. Point-of-care ultrasound in obstetrics and gynecology. *Arch Gynecol Obstet*. 2021;303(4):871-6.
16. Olszynski P, Anderson J, Trinder K, Domes T. Point-of-Care Ultrasound in Undergraduate Urology Education: A Prospective Control-Intervention Study. *J Ultrasound Med*. 2018;37(9):2209-13.

17. Blaivas M, Brannam L. Testicular ultrasound. *Emerg Med Clin North Am.* 2004;22(3):723-48, ix.
18. Studer M, Studer P. [Focused surgical bedside ultrasound: E-FAST (focused assessment with sonography in trauma) - abdominal aortic aneurysm - cholecystolithiasis - acute appendicitis]. *Praxis (Bern 1994).* 2014;103(12):697-703.
19. Michels G, Zinke H, Möckel M, Hempel D, Busche C, Janssens U, et al. [Recommendations for education in ultrasound in medical intensive care and emergency medicine: position paper of DGIIN, DEGUM and DGK]. *Med Klin Intensivmed Notfmed.* 2017;112(4):314-9.
20. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med.* 2011;364(8):749-57.
21. Dietrich CF, Goudie A, Chiorean L, Cui XW, Gilja OH, Dong Y, et al. Point of Care Ultrasound: A WFUMB Position Paper. *Ultrasound Med Biol.* 2017;43(1):49-58.
22. Kimura BJ. Point-of-care cardiac ultrasound techniques in the physical examination: better at the bedside. *Heart.* 2017;103(13):987-94.
23. Nielsen MB, Cantisani V, Sidhu PS, Badea R, Batko T, Carlsen J, et al. The Use of Handheld Ultrasound Devices - An EFSUMB Position Paper. *Ultraschall Med.* 2019;40(1):30-9.
24. Syperda VA, Trivedi PN, Melo LC, Freeman ML, Ledermann EJ, Smith TM, et al. Ultrasonography in Preclinical Education: A Pilot Study. *The Journal of the American Osteopathic Association.* 2008;108(10):601-5.
25. Cantisani V, Dietrich C, Badea R, Dudea S, Prosch H, Cerezo E, et al. EFSUMB Statement on Medical Student Education in Ultrasound [long version]. *Ultrasound International Open.* 2016;02(01):E2-E7.
26. Dietrich CF, Hoffmann B, Abramowicz J, Badea R, Braden B, Cantisani V, et al. Medical Student Ultrasound Education: A WFUMB Position Paper, Part I. *Ultrasound Med Biol.* 2019;45(2):271-81.
27. Hoffmann B, Blaivas M, Abramowicz J, Bachmann M, Badea R, Braden B, et al. Medical Student Ultrasound Education, a WFUMB Position Paper, Part II. A consensus statement of ultrasound societies. *Med Ultrason.* 2020;22(2):220-9.
28. Tarique U, Tang B, Singh M, Kulasegaram KM, Ailon J. Ultrasound Curricula in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine.* 2018;37(1):69-82.
29. Tshibwabwa ET, Groves HM. Integration of ultrasound in the education programme in anatomy. *Med Educ.* 2005;39(11):1148.
30. Kondrashov P, Johnson JC, Boehm K, Rice D, Kondrashova T. Impact of the clinical ultrasound elective course on retention of anatomical knowledge by second-year medical students in preparation for board exams. *Clin Anat.* 2015;28(2):156-63.
31. Smith CF, Barfoot S. Implementation of Ultrasound in Anatomy Education. *Adv Exp Med Biol.* 2021;1317:111-30.
32. Neubauer R, Bauer CJ, Dietrich C, Strizek B, Schäfer V, Recker F. Evidence-based Ultrasound Education? – A Systematic Literature Review of Undergraduate Ultrasound Training Studies. *Ultrasound International Open.* 2024;10.
33. Dickerson J, Paul K, Vila P, Whitarcar R. The role for peer-assisted ultrasound teaching in medical school. *Clin Teach.* 2017;14(3):170-4.
34. Hentig Hv. Einführung in den Bildungsplan 2004 2004 [Available from: https://www.ph-heidelberg.de/fileadmin/migrated/content/uploads/Einfuehrung_Bildungsplan_2004_H.v.Hentig.pdf].
35. Gesundheitsministerium. Referentenentwurf - Verordnung zur Neuregelung der ärztlichen Ausbildung Bundesministerium für Gesundheit; [Available from:

https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/Gesetze_und_Verordnungen/GuV/A/Referentenentwurf_AEApprO.pdf.

36. MFT Medizinischer Fakultätentag der Bundesrepublik Deutschland e.V. Nationaler Kompetenzbasierter Lernzielkatalog Medizin 2015 [Available from: <http://www.nklm.de/download.html>].

37. Weimer JM. Die Etablierung und der Vergleich verschiedener Ultraschallkursformate an der Universitätsmedizin Mainz. 2020.

38. Weimer JM, Rink M, Vieth T, Lauff J, Weimer A, Müller L, et al. Development and evaluation of a point-of-care ocular ultrasound curriculum for medical students - a proof-of-concept study. BMC Med Educ. 2023;23(1):723.

39. Weimer J, Rolef P, Müller L, Bellhäuser H, Göbel S, Buggenhagen H, et al. FoCUS cardiac ultrasound training for undergraduates based on current national guidelines: a prospective, controlled, single-center study on transferability. BMC Med Educ. 2023;23(1):80.

40. Dudenredaktion. Duden - Die deutsche Rechtschreibung Berlin: Cornelsen Verlag GmbH; 2023 [Available from: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Nachhaltigkeit>].

41. Murphy DH, Bjork RA, Bjork EL. Going beyond the spacing effect: Does it matter how time on a task is distributed? Q J Exp Psychol (Hove). 2022;17470218221113933.

42. Wijnen-Meijer M, Cate OT, Rademakers JJ, Van Der Schaaf M, Borleffs JC. The influence of a vertically integrated curriculum on the transition to postgraduate training. Med Teach. 2009;31(11):e528-32.

43. Hoppmann RA, Rao VV, Bell F, Poston MB, Howe DB, Riffle S, et al. The evolution of an integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 9-year experience. Crit Ultrasound J. 2015;7(1):18.

44. Recker F, Schäfer VS, Holzgreve W, Brossart P, Petzinna S. Development and implementation of a comprehensive ultrasound curriculum for medical students: The Bonn internship point-of-care-ultrasound curriculum (BI-POCUS). Front Med (Lausanne). 2023;10:1072326.

45. Hofer M, Abanador N, Mödder U. [Effective didactic skills training for teachers in continuing medical education]. Rofo. 2005;177(9):1290-6.

46. Steinmetz P, Oleskevich S, Lewis J. Acquisition and Long-term Retention of Bedside Ultrasound Skills in First-Year Medical Students. J Ultrasound Med. 2016;35(9):1967-75.

47. Guse AH, Kuhlmeier A. [Model study programs in medicine : Innovations in medical education in Hamburg and Berlin]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2018;61(2):132-40.

48. Richter EA. Reformstudiengänge Medizin: Mehr Praxis, weniger Multiple Choice. Dtsch Arztebl International. 2001;98(31-32):2020-.

49. Brauer DG, Ferguson KJ. The integrated curriculum in medical education: AMEE Guide No. 96. Med Teach. 2015;37(4):312-22.

50. Yuan X. Evidence of the Spacing Effect and Influences on Perceptions of Learning and Science Curricula. Cureus. 2022;14(1):e21201.

51. Kim ASN, Wong-Kee-You AMB, Wiseheart M, Rosenbaum RS. The spacing effect stands up to big data. Behav Res Methods. 2019;51(4):1485-97.

52. Swamy M, Searle RF. Anatomy teaching with portable ultrasound to medical students. BMC Med Educ. 2012;12:99.

53. Bell FE, Wilson LB, Richard A, Hoppmann. Using ultrasound to teach medical students cardiac physiology. 2015;39(4):392-6.

54. bmbf BfBuF. Masterplan Medizinstudium 2020 Berlin2017 [„Masterplan Medizinstudium 2020“

beschlossen am 31. März 17 in einer gemeinsamen Konferenz der Ministerinnen und

Minister, Senatorinnen und Senatoren für Gesundheit von Bund und Ländern sowie den

Bundestagsfraktionen von CDU/CSU und SPD]. Available from: https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/2017-03-31_masterplan-beschlusstext.pdf?blob=publicationFile&v=1.

55. Jünger J. [Competence-based assessment in the national licensing examination in Germany]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2018;61(2):171-7.

56. MFT MFdBD. Kompetenzbasierte Lernzielkataloge (NKLM, NKLZ) – aus den Fakultäten und für die Fakultäten 2021 [Available from: <https://medizinische-fakultaeten.de/themen/studium/nklm-nklz/>].

57. Hofer M, Kamper L, Sadlo M, Sievers K, Heussen N. Evaluation of an OSCE assessment tool for abdominal ultrasound courses. Ultraschall Med. 2011;32(2):184-90.

58. Heinzow HS, Friederichs H, Lenz P, Schmedt A, Becker JC, Hengst K, et al. Teaching ultrasound in a curricular course according to certified EFSUMB standards during undergraduate medical education: a prospective study. BMC Med Educ. 2013;13:84.

59. Frentzel-Beyme B. [From echo-sounding to color doppler sonography. The history of diagnostic ultrasonic diagnosis]. Radiologe. 2005;45(4):363-70.

60. Behm A. Das Behm-Echolot. Ann Hydrogr. 1921;49:241.

61. Edler I, Lindström K. The history of echocardiography. Ultrasound Med Biol. 2004;30(12):1565-644.

62. Heynemann H. Sonographie: Schallen will gelernt sein. Deutsches Ärzteblatt. 2015.

63. Dussik KT. Zum heutigen Stand der medizinischen Ultraschallforschung. 1949.

64. Brattain LJ, Telfer BA, Dhyani M, Grajo JR, Samir AE. Machine learning for medical ultrasound: status, methods, and future opportunities. Abdom Radiol (NY). 2018;43(4):786-99.

65. Weimer JM, Beer D, Schneider C, Yousefzada M, Gottwald M, Züllich TF, et al. Inter-System Variability of Eight Different Handheld Ultrasound (HHUS) Devices-A Prospective Comparison of B-Scan Quality and Clinical Significance in Intensive Care. Diagnostics (Basel). 2023;14(1).

66. Merkel D, Züllich TF, Schneider C, Yousefzada M, Beer D, Ludwig M, et al. Prospective Comparison of Handheld Ultrasound Devices from Different Manufacturers with Respect to B-Scan Quality and Clinical Significance for Various Abdominal Sonography Questions. Diagnostics (Basel). 2023;13(24).

67. De Backer D, Fagnoul D. Pocket ultrasound devices for focused echocardiography. Crit Care. 2012;16(3):134.

68. Frederiksen CA, Juhl-Olsen P, Sloth E. Advances in imaging: ultrasound in every physician's pocket. Expert Opin Med Diagn. 2012;6(3):167-70.

69. Mancusi C, Carlino MV, Sforza A. Point-of-care ultrasound with pocket-size devices in emergency department. Echocardiography. 2019;36(9):1755-64.

70. Tse KH, Luk WH, Lam MC. Pocket-sized versus standard ultrasound machines in abdominal imaging. Singapore Med J. 2014;55(6):325-33.

71. Sicari R, Galderisi M, Voigt JU, Habib G, Zamorano JL, Lancellotti P, et al. The use of pocket-size imaging devices: a position statement of the European Association of Echocardiography. Eur J Echocardiogr. 2011;12(2):85-7.

72. Chong WK, Papadopoulou V, Dayton PA. Imaging with ultrasound contrast agents: current status and future. Abdom Radiol (NY). 2018;43(4):762-72.

73. Kloth C, Kratzer W, Schmidberger J, Beer M, Clevert DA, Graeter T. Ultrasound 2020 - Diagnostics & Therapy: On the Way to Multimodal Ultrasound: Contrast-

- Enhanced Ultrasound (CEUS), Microvascular Doppler Techniques, Fusion Imaging, Sonoelastography, Interventional Sonography. *Rofo*. 2021;193(1):23-32.
74. Deshpande R, Akhtar S, Haddadin AS. Utility of ultrasound in the ICU. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2014;27(2):123-32.
75. Hofer M, Schiebel B, Hartwig H, Garten A, Mödder U. Innovative Kurskonzepte für Kleingruppenpraktika in bildgebenden Verfahren: Ergebnisse einer Längsschnitt-2-Kohorten-Studie im Rahmen des medizindidaktischen Pilotprojektes Düsseldorf. *Deutsche Medizinische Wochenschrift - DEUT MED WOCHENSCHR*. 2000;125:717-23.
76. Hofer M, Schiebel B, Hartwig HG, Mödder U. Didaktiktraining für Ausbilder in Ultraschallkursen. *Ultraschall Med*. 2002;23(04):267-73.
77. Hofer M, Kamper L, Miese F, Kropil P, Naujoks C, Handschel J, et al. Quality indicators for the development and didactics of ultrasound courses in continuing medical education. *Ultraschall Med*. 2012;33(1):68-75.
78. Nourkami-Tutdibi N, Hofer M, Zemlin M, Abdul-Khaliq H, Tutdibi E. TEACHING MUST GO ON: flexibility and advantages of peer assisted learning during the COVID-19 pandemic for undergraduate medical ultrasound education - perspective from the "sonoBYstudents" ultrasound group. *GMS J Med Educ*. 2021;38(1):Doc5.
79. Eimer C, Duschek M, Jung AE, Zick G, Caliebe A, Lindner M, et al. Video-based, student tutor- versus faculty staff-led ultrasound course for medical students - a prospective randomized study. *BMC Med Educ*. 2020;20(1):512.
80. Celebi N, Griewatz J, Malek NP, Krieg S, Kuehnl T, Muller R, et al. Development and implementation of a comprehensive ultrasound curriculum for undergraduate medical students - a feasibility study. *BMC Med Educ*. 2019;19(1):170.
81. Celebi N, Zwirner K, Lischner U, Bauder M, Dittthard K, Schürger S, et al. Student tutors are able to teach basic sonographic anatomy effectively - a prospective randomized controlled trial. *Ultraschall Med*. 2012;33(2):141-5.
82. Favot M, Courage C, Mantouffel J, Amponsah D. Ultrasound Training in the Emergency Medicine Clerkship. *West J Emerg Med*. 2015;16(6):938-42.
83. Blackstock U, Munson J, Szyld D. Bedside ultrasound curriculum for medical students: report of a blended learning curriculum implementation and validation. *J Clin Ultrasound*. 2015;43(3):139-44.
84. Krause C, Krause R, Krause R, Gomez N, Jafry Z, Dinh VA. Effectiveness of a 1-Hour Extended Focused Assessment With Sonography in Trauma Session in the Medical Student Surgery Clerkship. *J Surg Educ*. 2017;74(6):968-74.
85. Gogalniceanu P, Sheena Y, Kashef E, Purkayastha S, Darzi A, Paraskeva P. Is basic emergency ultrasound training feasible as part of standard undergraduate medical education? *J Surg Educ*. 2010;67(3):152-6.
86. Wittich CM, Montgomery SC, Neben MA, Palmer BA, Callahan MJ, Seward JB, et al. Teaching cardiovascular anatomy to medical students by using a handheld ultrasound device. *Jama*. 2002;288(9):1062-3.
87. Wright SA, Bell AL. Enhancement of undergraduate rheumatology teaching through the use of musculoskeletal ultrasound. *Rheumatology (Oxford)*. 2008;47(10):1564-6.
88. Celebi N, Griewatz J, Malek NP, Hoffmann T, Walter C, Muller R, et al. Outcomes of three different ways to train medical students as ultrasound tutors. *BMC Med Educ*. 2019;19(1):125.
89. Black H, Sheppard G, Metcalfe B, Stone-McLean J, McCarthy H, Dubrowski A. Expert Facilitated Development of an Objective Assessment Tool for Point-of-Care Ultrasound Performance in Undergraduate Medical Education. *Cureus*. 2016;8(6):e636.

90. Hoppmann RA, Rao VV, Poston MB, Howe DB, Hunt PS, Fowler SD, et al. An integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 4-year experience. *Crit Ultrasound J.* 2011;3(1):1-12.
91. Baltarowich OH, Di Salvo DN, Scoutt LM, Brown DL, Cox CW, DiPietro MA, et al. National ultrasound curriculum for medical students. *Ultrasound Q.* 2014;30(1):13-9.
92. Hofer M, Kamper L, Heussen N, Martin O, Heverhagen J. Influence of Clinical Expertise Between Clinician-Instructors Versus Student-Instructors on the Effectiveness of Ultrasound Courses. *Ultraschall Med.* 2020.
93. Oberoi MK, Perera NC, Reynaga J, Yoo BR, Miller CC, Lockhart W, et al. Students Teaching Students: Student-Led Ultrasound Curriculum in Medical School Education. *Cureus.* 2021;13(11):e19332.
94. Höhne E, Recker F, Dietrich CF, Schäfer VS. Assessment Methods in Medical Ultrasound Education. *Front Med (Lausanne).* 2022;9:871957.
95. Ang J, Doyle B, Allen P, Cheek C. Teaching bedside ultrasound to medical students. *Clin Teach.* 2018;15(4):331-5.
96. Arger PH, Schultz SM, Sehgal CM, Cary TW, Aronchick J. Teaching medical students diagnostic sonography. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine.* 2005;24(10):1365-9.
97. Wong I, Jayatilleke T, Kendall R, Atkinson P. Feasibility of a Focused Ultrasound Training Programme for Medical Undergraduate Students. *The clinical teacher.* 2011;8:3-7.
98. Garcia-Casasola G, Sánchez FJ, Luordo D, Zapata DF, Frías MC, Garrido VV, et al. Basic Abdominal Point-of-Care Ultrasound Training in the Undergraduate: Students as Mentors. *J Ultrasound Med.* 2016;35(11):2483-9.
99. Mullen A, Kim B, Puglisi J, Mason NL. An economical strategy for early medical education in ultrasound. *BMC Med Educ.* 2018;18(1):169.
100. Shapiro RS, Ko PK, Jacobson S. A pilot project to study the use of ultrasonography for teaching physical examination to medical students. *Comput Biol Med.* 2002;32(6):403-9.
101. Rempell JS, Saldana F, DiSalvo D, Kumar N, Stone MB, Chan W, et al. Pilot Point-of-Care Ultrasound Curriculum at Harvard Medical School: Early Experience. *West J Emerg Med.* 2016;17(6):734-40.
102. Dinh VA, Dukes WS, Prigge J, Avila M. Ultrasound Integration in Undergraduate Medical Education: Comparison of Ultrasound Proficiency Between Trained and Untrained Medical Students. *J Ultrasound Med.* 2015;34(10):1819-24.
103. Prats MI, Royall NA, Panchal AR, Way DP, Bahner DP. Outcomes of an Advanced Ultrasound Elective: Preparing Medical Students for Residency and Practice. *J Ultrasound Med.* 2016;35(5):975-82.
104. Haidar DA, Kessler R, Khanna NK, Cover MT, Burkhardt JC, Theyyunni N, et al. Association of a longitudinal, preclinical ultrasound curriculum with medical student performance. *BMC Med Educ.* 2022;22(1):50.
105. Khan KZ, Ramachandran S, Gaunt K, Pushkar P. The Objective Structured Clinical Examination (OSCE): AMEE Guide No. 81. Part I: an historical and theoretical perspective. *Med Teach.* 2013;35(9):e1437-46.
106. Jünger J. *Ärztliche Kommunikation - Praxisbuch zum Masterplan Medizinstudium 2020.* 1. Auflage ed. Stuttgart: Schattauer Verlag; 2018.
107. Celebi N, Griewatz J, Riessen R, Malek N, Schmidt T, Fröhlich E. Three different ways of training ultrasound student-tutors yield significant and comparable gains in tutee's scanning-skills – Weiterentwicklung curricularer Ultraschallkurs Innere Medizin um Notfallsonografie2018.

108. Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, Grady DG, Newman TB. *Designing Clinical Research*: Wolters Kluwer Health; 2013.
109. Hempel D, Stenger T, Campo dell' Orto M, Stenger D, Seibel A, Röhrig S, et al. Analysis of trainees' memory after classroom presentations of didactical ultrasound courses. *Critical Ultrasound Journal*. 2014;6(1):10.
110. Afonso N, Amponsah D, Yang J, Mendez J, Bridge P, Hays G, et al. Adding new tools to the black bag--introduction of ultrasound into the physical diagnosis course. *J Gen Intern Med*. 2010;25(11):1248-52.
111. Price S, Ilper H, Uddin S, Steiger HV, Seeger FH, Schellhaas S, et al. Periresuscitation echocardiography: training the novice practitioner. *Resuscitation*. 2010;81(11):1534-9.
112. Puthiaparampil T, Rahman MM. Very short answer questions: a viable alternative to multiple choice questions. *BMC Med Educ*. 2020;20(1):141.
113. Dinh VA, Lakoff D, Hess J, Bahner DP, Hoppmann R, Blaivas M, et al. Medical Student Core Clinical Ultrasound Milestones: A Consensus Among Directors in the United States. *J Ultrasound Med*. 2016;35(2):421-34.
114. Siegel-Richman Y, Kendall J. Establishing an Ultrasound Curriculum in Undergraduate Medical Education: How Much Time Does It Take? *J Ultrasound Med*. 2018;37(3):569-76.
115. Reuss J. Sonography of the pleura. *Ultraschall Med*. 2010;31(1):8-22, quiz 3-5.
116. Al Salmi I, Al Hajriy M, Hannawi S. Ultrasound Measurement and Kidney Development: a Mini-Review for Nephrologists. *Saudi J Kidney Dis Transpl*. 2021;32(1):174-82.
117. Miyoshi H, Inui K, Katano Y, Tachi Y, Yamamoto S. B-mode ultrasonographic diagnosis in gallbladder wall thickening. *J Med Ultrason (2001)*. 2021;48(2):175-86.
118. Sienz M, Ignee A, Dietrich CF. [Sonography today: reference values in abdominal ultrasound: aorta, inferior vena cava, kidneys]. *Z Gastroenterol*. 2012;50(3):293-315.
119. Chuan A, Thillainathan S, Graham PL, Jolly B, Wong DM, Smith N, et al. Reliability of the direct observation of procedural skills assessment tool for ultrasound-guided regional anaesthesia. *Anaesth Intensive Care*. 2016;44(2):201-9.
120. Profanter C, Perathoner A. DOPS (Direct Observation of Procedural Skills) in undergraduate skills-lab: Does it work? Analysis of skills-performance and curricular side effects. *GMS Z Med Ausbild*. 2015;32(4):Doc45.
121. Griksaitis MJ, Scott MP, Finn GM. Twelve tips for teaching with ultrasound in the undergraduate curriculum. *Med Teach*. 2014;36(1):19-24.
122. Schiestl L, Ille C, Müller L, Büchner H, Strelow K-U, Buggenhang H, et al. Evaluation of a structured training concept for sonography peer-tutors2023.
123. Barth G, Prosch H, Blaivas M, Gschmack AM, Hari R, Hoffmann B, et al. Student Ultrasound Education, Current Views and Controversies; Who Should be Teaching? *Z Gastroenterol*. 2024;62(10):1718-23.
124. Boivin Z, Carpenter S, Lee G, Chimileski B, Harrison J, Choudhary D, et al. Evaluation of a Required Vertical Point-of-Care Ultrasound Curriculum for Undergraduate Medical Students. *Cureus*. 2022;14(10):e30002.
125. Emahiser J, Nguyen J, Vanier C, Sadik A. Study of Live Lecture Attendance, Student Perceptions and Expectations. *Med Sci Educ*. 2021;31(2):697-707.
126. Trullàs JC, Blay C, Sarri E, Pujol R. Effectiveness of problem-based learning methodology in undergraduate medical education: a scoping review. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):104.
127. Jin J, Bridges SM. Educational technologies in problem-based learning in health sciences education: a systematic review. *J Med Internet Res*. 2014;16(12):e251.

128. Horn CL, Müller L, Dirks K, Weinmann-Menke J, Weimer A, Diorio F, et al. Comparison of two different (digital vs. analog) ultrasound learning devices – the „DivAN-study“. *Ultraschall Med.* 2022;43(S 01):78.
129. Rao S, van Holsbeeck L, Musial JL, Parker A, Bouffard JA, Bridge P, et al. A pilot study of comprehensive ultrasound education at the Wayne State University School of Medicine: a pioneer year review. *J Ultrasound Med.* 2008;27(5):745-9.
130. Di Pietro S, Falaschi F, Bruno A, Perrone T, Musella V, Perlini S. The learning curve of sonographic inferior vena cava evaluation by novice medical students: the Pavia experience. *J Ultrasound.* 2018;21(2):137-44.
131. O'Neill WC. Sonography of the kidney and urinary tract. *Semin Nephrol.* 2002;22(3):242-53.
132. Le CK, Lewis J, Steinmetz P, Dyachenko A, Oleskevich S. The Use of Ultrasound Simulators to Strengthen Scanning Skills in Medical Students: A Randomized Controlled Trial. *J Ultrasound Med.* 2019;38(5):1249-57.
133. Terkamp C, Kirchner G, Wedemeyer J, Dettmer A, Kielstein J, Reindell H, et al. Simulation of abdomen sonography. Evaluation of a new ultrasound simulator. *Ultraschall Med.* 2003;24(4):239-4.
134. Tabibian B, Upadhyay U, De A, Zarezade A, Schölkopf B, Gomez-Rodriguez M. Enhancing human learning via spaced repetition optimization. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2019;116(10):3988-93.
135. Dietrich CF, Sirli RL, Barth G, Blaivas M, Daum N, Dong Y, et al. Student ultrasound education - current views and controversies. *Ultraschall Med.* 2024;45(4):389-94.
136. Daum N, Blaivas M, Goudie A, Hoffmann B, Jenssen C, Neubauer R, et al. Student ultrasound education, current view and controversies. Role of Artificial Intelligence, Virtual Reality and telemedicine. *Ultrasound J.* 2024;16(1):44.

Anhang

Prä-Befragung (inkl. Wissenstest).....	V
Praktischer Test – Beispiel L2 Gallenblase.....	XIII
Lerntafel - Beispiel Gallenblase.....	XV
Post-Befragung-1.....	XVII
Post-Befragung-2.....	XVIII



1 Persönliche Daten

1. Ihr persönlicher Code lautet?

2. Wie alt sind Sie?

 Jahre

3. Ihr Geschlecht ist

männlich weiblich

Ausbildung / Studium / Beruf

4. Haben Sie vor dem Medizinstudium eine andere Ausbildung begonnen oder abgeschlossen?

ja nein

Haben Sie..

a) mit einem anderen Studium begonnen?

ja nein

b) ein Studium abgeschlossen?

ja nein

c) eine Berufsausbildung angefangen?

ja nein

d) eine Berufsausbildung abgeschlossen?

ja nein

5. Verfügen Sie über medizinische Vorerfahrungen, die Sie vor dem Medizinstudium erworben haben?

ja nein

Wenn ja, durch welche Tätigkeit?

- im Rettungsdienst
- in der Pflege
- in anderen medizinischen Assistenzberufen
- in anderen Bereichen, und zwar _____

6. Haben Sie am Mediziner-Test teilgenommen

ja nein

2 Teilnahme am Sono-for-Klinik Kurs (Wochenkurs)

7. Haben Sie am semesterbegleitenden Kurs im 5. Semester teilgenommen?

ja nein → bei nein bitte bei Frage 16 auf Seite 4 fortfahren

8. Wie viele der insgesamt 9 Seminar-Einheiten des Ultraschallkurses haben Sie besucht? (wenn Sie es nicht genau wissen, dann bitte ungefähr ankreuzen)

1 2 3 4 5 6 7 8 9

9. Wie viele der insgesamt 9 Vorlesungstage des Ultraschallkurses haben Sie besucht?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

10. Haben Sie den Kurs mit einer Prüfung beendet?

ja nein

11. Womit haben sie sich auf den Ultraschallkurs vorbereitet?

- Skript
- Lehrbuch
- online Videos
- sonstiges _____

12. Haben Sie das Angebot zum „freien Üben“ genutzt?

ja nein

- SkillsLab
- Job _____

- Sonstiges _____

22. Wie gut würden Sie Ihre praktischen Ultraschallkenntnisse aktuell einschätzen?

	sehr						sehr
	gut						schlecht
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wo haben Sie diese praktischen Fertigkeiten erlangt?

- Uni (Seminar, Praktikum, Untersuchungskurs)
wenn ja, in welchem Fach: _____ (auch mehrere Antworten möglich)
- Sono for Klinik
- Famulaturen
- andere Praktika
- SkillsLab
- Job _____

- Sonstiges _____

23. Würden Sie sagen, dass Sie im Hinblick auf das kommende PJ einen Vorteil gegenüber Studenten ohne Kurs haben? (wenn sie einen Wochen- und/oder Wochenendkurs belegt haben)

ja nein

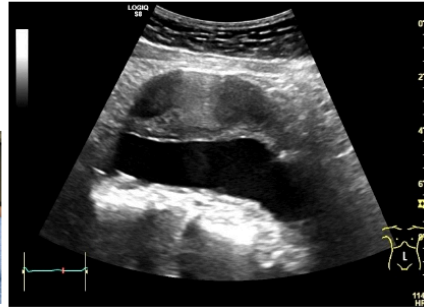
24. Wie würden Sie Ihre aktuelle Leistungsfähigkeit im Hinblick auf nachfolgende Bereiche bewerten?

	sehr niedrig				sehr hoch			
Topographisch anatomische Kenntnisse (Strukturen erkennen ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
räumliche Wahrnehmung / Orientierung im Bild	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Handhabung eines Sono-Geräts (Schallkopf)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Optimale Einstellung des Bildes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

25. Welche Verdachtsdiagnose kommt Ihnen bei den folgenden Ultraschallbildern in den Sinn?

25a. Diagnose _____

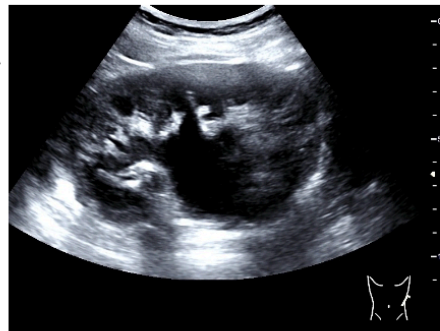
(paramedian links)



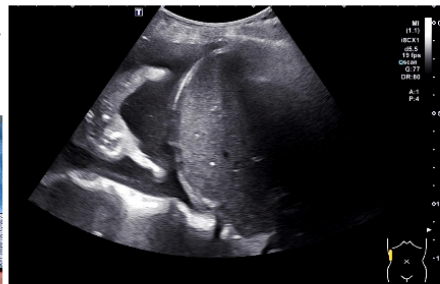
25b. Diagnose _____



25c. Diagnose: _____



25d. Diagnose: _____



26. Einsatz Digitaler Lehrmedien im Ultraschallunterricht

		voll und ganz				überhaupt nicht			
26.1	In wie weit stimmen Sie der Aussage zu, dass digitale Lehrmedien (Live-Schall, Power-Points, Lernsoftware am Ultraschallgerät, Apps) zur Vermittlung ultraschallspezifischer Inhalte in den Unterricht integriert werden sollten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26.2	In wie weit konnten sie von dem Einsatz digitaler Lehrmedien profitieren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26.3	In wie weit stimmen Sie der Aussage zu, dass eine Weiterentwicklung digitaler Lehrmedien sinnvoll ist?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26.4	In wie weit setzen Sie aktuell digitale Lernmedien zur Erarbeitung von Lerninhalten/ im Studium ein?								
	sehr häufig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gar nicht	<input type="checkbox"/>
26.5	Wie häufig würden Sie eine Lern-App zum Thema Ultraschall für Ihr Eigenstudium nutzen?								
	sehr häufig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gar nicht	<input type="checkbox"/>

27. Erwartungen und Bedarf

		voll und ganz				überhaupt nicht			
	In wie weit stimmen Sie der Aussage zu, dass die diagnostische Kompetenz „Ultraschall“ im Hinblick auf den Arztberuf bereits während des Studiums erlangt werden soll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	In wie weit stimmen Sie der Aussage zu, dass die diagnostische Kompetenz „Ultraschall“ innerhalb der <u>Pflichtlehre</u> im Studium verankert werden soll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sono OSCE-Zwischenprüfung	Name, Vorname:
Datum:	Prüfer:

Frage (Gallenblase)

„Ein(e) Patient(in) stellt sich nach einem Mittagsbuffet mit Druckschmerz subcostal in der re. MCL vor.

1.) Untersuche bitte die komplette Gallenblase.

2.) Miss bitte die Gallenblase sowie ihre Wand aus.

Später vorlesen bei Bilderläuterung: 3.) Wie lauten zwei artifiziellen Zystenkriterien, die man auch bei der Gallenblase findet? Zeige eines davon im eingefrorenen Bild.

Gesprächseröffnung

Herstellen einer Beziehung (Gesamteindruck)

- z.B. Begrüßung , Vorstellung , Name erfragen , Befinden des Patienten ,... (2)
- (1)
- (0)

Herstellen eine Struktur / Sachebene (Gesamteindruck)

- z.B. benennt Anlass , erfragt die bisherigen Untersuchungserfahrungen ,
benennt Vorgehen , holt Zustimmung ein benennt Vorgehen ,... (2)
- (1)
- (0)

Schallkopf-Handling

Orientierung

- Richtig, oder sofort selbst überprüft anhand der Bildbewegung bzw. durch Abkoppeln (2)
- Korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung: *siehe Leitfaden Orientierung* (1)
- Findet nur mit manueller Hilfe die richtige Orientierung (0)

Positionierung

- Richtig oder sofort selbst aus einem anderen Schnitt überführt (2)
- Korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung: *siehe Leitfaden Position* (1)
- Findet nur mit manueller Hilfe die richtige Schnittebene (0)

Ankopplung

- Koppelt den Schallkopf gut an, behält Druck kontinuierlich bei (2)
- Korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung: *siehe Leitfaden Ankopplung* (1)
- Kein Anpressdruck, SK halb in der Luft oder unkontrollierter Druck auf Xiphoid/Rippe (0)

Adäquate Vergrößerung

- Stellt adäquat und selbstständig die Angemessene Vergrößerung ein (2)
- Korrigiert nach anfänglichen Schwierigkeiten oder der Aufforderung: *siehe Leitfaden Vergrößerung* (1)
- Keine adäquate Vergrößerung trotz Aufforderung (0)

Patientenführung

- Richtig: „Bitte tief Luft holen und die Luft anhalten!“ (4)
- Unvollständig, anfängliche Schwierigkeiten oder Aufforderung: *siehe Leitfaden Atmung* (2)
- Gar nicht oder nach Aufforderung wieder nicht oder immer noch unvollständig, vergisst im Verlauf (0)
- Aufforderung zum Weiteratmen (2)

Untersuchung

Durchmusterung des Organs:

- Kompl. Durchmustert in 2 Ebenen, gleichmäßig und adäquates Tempo (8)
- Kompl. Durchmustert in 2 Ebenen, Tempo inadäquat (6)
- Nicht komplett in 2 Ebenen oder nur eine Ebene komplett (4)
- Nur eine Ebene schlecht oder mit Hilfe (2)
- Nur Gar nicht gesehen; trotz Hilfe kann kein Bild gehalten werden (0)

Messung der Organgröße

- Richtige Messpunkte, im größten Durchmesser, Wand ventral gemessen (6)
- Falsche Messpunkte oder erst nach Aufforderung (4)
- Nur schlecht und mit manueller Hilfe (2)
- Falsch gemessen trotz manueller Hilfe (0)

Zwischensumme 1 (max. 32): _____

Übertrag (max. 32): _____

Fortsetzung

Bilderläuterung

Dorsale Schallverstärkung (1), Randschattenphänomen (1), betontes Ein-/Austrittsecho, 1 Artefakt korrekt (0-2) gezeigt (1)

Gesamtpformance

Insgesamt souverän 8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 3 - 2 - 1 deutliche Defizite (0-8)

Kommunikation im Rahmen der (körperlichen) Untersuchung

Rücksichtnahme auf den Patienten (Gesamteindruck)

- z.B. einfühlsame Kommunikation , wahrt Intimsphäre , achtet beiderseits auf nonverbale und paraverbale Kommunikation ,... (2)
- (1)
- (0)

Ergebnisorientierung der Kommunikation (Gesamteindruck)

- z.B. erläutert das eigene Handeln , erklärt notwendig der Mitarbeit , gibt klare Anweisungen , achtet auf angemessene und verständliche Informationen (2)
- (1)
- (0)

Theorie

- **Welche Befunde sprechen für die Verdachtsdiagnose Cholezystitis?**
Mehrschichtige Wand (1), pericholezystärer Flüssigkeitsraum (1); Unscharfe Abgrenzung zur Leber (1); Druckschmerz in der rechten MCL (1); Wanddicke: prä. >4mm, post >7mm (1) (0-4)

Zwischensumme 2 (max. 18): _____

Zwischensumme 1 (max. 32): _____

Gesamtpunktzahl (max. 50): _____

Stationslerntafel Gallenblase

1. Klinische Symptome einer akuten Cholezystitis

- Schmerzen rechter Oberbauch, ggf. mit Ausstrahlung in die rechte Schulter
- Ggf. Zeichen einer lokalen Peritonitis:
Zunahme der Schmerzen bei Erschütterung oder tiefer Inspiration
- Begleitsymptome: Appetitlosigkeit, Brechreiz/Erbrechen, Ikterus (anfangs eher selten, ggf. im Verlauf), Fieber bzw. leicht erhöhte Temperatur oder Schüttelfrost, Meteorismus
- Positives Murphy-Zeichen bei körperl. Untersuchung, ggf. gespanntes Abdomen (rechter oberer Quadrant)

2. Differentialdiagnosen:

Pankreatitis, Gastritis/Ulcus, Appendizitis, Nephrolithiasis, Hinterwandinfarkt, Lungenembolie, akute Hepatitis,...

3. Mögliche Sono-Befunde der Gallenblase:

3.1.

Gallensteine



GB-Karzinom



Polyp

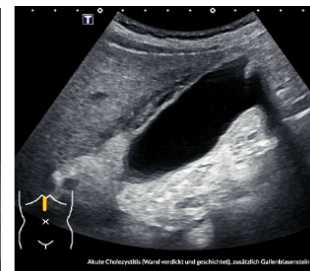
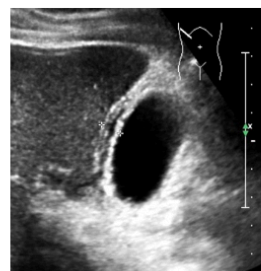


Sludge



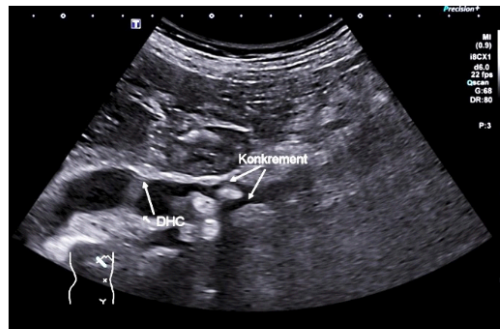
3.2 Akute Cholezystitis sonographische Darstellung

Wandödem,
Wandverdickung,
Dreischichtige Wand,
unscharfe Begrenzung,
pericholezystärer Flüssigkeitssaum



Komplikationen: Perforation, Leberabszess, Gallenblasempyem, „Porzellangallenblase“, „Schrumpfgallenblase“, Gallensteinileus, Pankreatitis biliärer Genese

3.3. Choledocholithiasis mit Zeichen der Cholangitis



4. Therapiemöglichkeiten:

- **Bei Gallenkolik:** Analgesie! (leichte: Butylscopolamin/Metronidazol, NSAR, Nitroglycerin, schwere: Opioide + Butylscopolamin)
- **Bei V. a. Infektion:** akute Cholezystitis oder Cholangitis:
Antibiotika-Therapie (häufigste Erreger E. coli und Enterokokken)
→ Ceftriaxon, wenn V. a. auf Anaerobierinfektion + Metronidazol dazu (=Kombitherapie)
→ Bei Zeichen einer Sepsis: Initial breiteres Spektrum (Piperacillin/Tazobactam)
- **Bei akuter Cholezystitis:**
→ frühzeitige laparoskopische Cholezystektomie (binnen 24h)
→ nur in Ausnahmefällen rein konservative Therapie
(bei schwer kranken Pat. Mit hohem OP-Risiko, dann Analgesie und Nahrungskarenz, OP in entzündungsfreiem Intervall)
- **Bei Verschlussikterus durch Gallensteine:**
bei Cholestase durch Steine im Ductus Choledochus:
→ ERC mit Steinextraktion, endsokopische Papillotomie (EPT)
Bei Cholangitis im Rahmen des Verschlussikterus (+ Entzündungszeichen wie z. B. Fieber)
→ Notfall-ERCP (Gefahr der letalen Cholangiosepsis)

Quellen: Herold Innere Medizin 2020, Amboss, Doccheck,

Bilder: <https://sonographiebilder.de/>, <https://sono.gallery/>, <https://sonographie.org/>
(für Lehrzwecke freigegeben)

Bitte hier den persönlichen Code eintragen: _____



Nachbefragung Sono for Klinik students - Studie

1. **Wie sicher** haben Sie sich während der klinisch-praktischen Fallbearbeitung gefühlt?

1.1. Scenario 1 (bitte jeweils das entsprechende Thema einkreisen)

Thema:	Aorta	Gallenblase	Niere	Pleura
Sehr sicher		neutral		Gar nicht sicher
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.2. Scenario 2 (bitte jeweils das entsprechende Thema einkreisen)

Thema:	Aorta	Gallenblase	Niere	Pleura
Sehr sicher		neutral		Gar nicht sicher
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Welche **zusätzlichen Angebote zum Thema Sonographie** hätten Sie sich während des Studiums gewünscht? (Mehrfachnennungen möglich)

- keine _____.
- Kurs-Angebote schon in der Vorklinik _____.
- weitere freiwillige Übungsmöglichkeiten an den Sonographie-Geräten _____.
- weitere sonoforklinik-students Kurse _____.
- „Auffrischungskurs“ vor dem PJ _____.
- Simulatoren zur besseren Normalbefund-Darstellung _____.
- Simulatoren zur besseren Pathologie-Darstellung _____.
- eLearning-Module zum Thema Sonographie _____.
- longitudinales Lehrkonzept mit Sonographie im regulären Curriculum _____.
- sonstige Vorschläge _____

3. Anregungen, Kritik, Wünsche zur Verbesserung der Minerva-Sonographie-Station

3.1. Organisation / Ablauf

3.2. Themen

3.3. Sonstiges

1. Sonographie nach Minerva und im Praktischen Jahr (PJ)

1.1. Minerva

Wie haben sich Ihre Ultraschallkenntnisse durch die Minerva-Veranstaltung verändert?

- verschlechtert
- gleich geblieben
- verbessert

1.2. Innere-Tertial

1. Haben Sie das Innere-Tertial bereits belegt?

Falls Sie es noch nicht belegt haben, dann springen Sie bitte auf das nächste Tertial (1.3. Chirurgie).

- ja
- nein

An welcher Klinik haben Sie Ihr Innere Tertial absolviert?

Falls Sie das Tertial auf zwei Krankenhäuser aufgeteilt haben, dann wählen Sie bitte „Mehrere“ und notieren beide.

[Bitte auswählen] ▼

Wie haben sich Ihre Sonographiekenntnisse in Ihrem Innere Tertial verändert?

- verschlechtert
- gleich geblieben
- verbessert

Haben Sie praktisch mit Sonographie gearbeitet?

- ja
- nein

Wie viele Patienten haben Sie selbst sonographisch untersucht?

nur auf dieses Tertial bezogen (ungefähre Angabe)

[Bitte auswählen] ▼

Danksagung

Vielen Dank [REDACTED], dass Sie mich von der Planung und Durchführung des Forschungsvorhabens bis hin zur Verfassung der Dissertation stets unterstützend begleitet haben.

Mein besonderer Dank gilt meinen beiden Betreuern [REDACTED] und [REDACTED]. Ihr hattet die Idee zur MINERVA-Studie, welche die Grundlage meiner Dissertation bildet. Trotz der Herausforderungen durch die Corona-Pandemie, habt Ihr die Durchführung der Studie stets unterstützt. Während der Datenerhebung und des Schreibprozesses habt Ihr mir die Betreuung geboten, die für den erfolgreichen Abschluss einer Dissertation unverzichtbar ist. Dafür danke ich Euch aufrichtig.

Ebenfalls möchte ich [REDACTED] sowie dem gesamten Team der Rudolf Frey Lernklinik für die Finanzierung und Unterstützung im Rahmen der Studie danken. Auch [REDACTED], [REDACTED] und [REDACTED] möchte ich hier explizit nennen.

Mein Dank gilt zudem allen teilnehmenden Studierenden, Tutoren und Schauspielpatienten. Ohne Euren Einsatz wäre die Durchführung der Studie nicht möglich gewesen.

Zuletzt möchte ich mich bei meinen Liebsten, nämlich meiner ganzen Familie, meinem Lebensgefährten [REDACTED] und bei meinen Freunden bedanken. Ihr habt mir nicht nur während der Promotion, sondern während des gesamten Studiums und Berufseinstiegs den Rücken freigehalten und mich bedingungslos unterstützt. Danke, dass Ihr immer für mich da seid.